RAPPORT

Toelichting aanvraag vergunning pijpleiding

Aanleg pijpleiding vanaf productieplatform L7-F naar de NOGAT-leiding op de Noordzee, Nederland

Klant:	Eni Energy Netherlands B.V.
Referentie:	BH5808-146 pijpleiding
Status:	Definitief/02
Datum:	30 oktober 2025

Haskoning
Enhancing Society Together

HASKONING NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
E-mail: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Toelichting aanvraag vergunning pijpleiding
Ondertitel:	Aanleg pijpleiding vanaf productieplatform L7-F naar de NOGAT-leiding op de Noordzee, Nederland
Referentie:	BH5808-146 pijpleiding
Status:	Definitief/02
Datum:	30 oktober 2025
Projectnaam:	North Sea location L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Opgesteld door:	SF
Gecontroleerd door:	Haskoning, Eni
Datum:	16/05/2025
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	30/10/2025
Classificatie:	Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	**Algemene gegevens**	**1**
1.1	Gegevens aanvrager	1
1.2	Activiteit	1
1.3	Tijdvak van de vergunning	1
1.4	Tracé van de aangevraagde leiding	2
1.5	Wettelijk kader en bevoegd gezag	2
2	**Kenmerken, eigenschappen en aanpak**	**4**
2.1	Specificaties van de pijpleiding	4
2.2	Aanlegmethode	4
2.3	Beschrijving tracé	6
2.4	Geotechnische gegevens	6
2.5	Corrosiebescherming	7
2.6	Testen voor ingebruikname	9
2.7	Monitoring	9
2.8	Archeologisch onderzoek	9
2.9	Uitvoerder van de werkzaamheden	10
2.10	Flow assurance	10
2.11	Beveiligingssystemen	10
2.12	Bedrijfsvoering	10
2.13	Buitengebruikstelling en verwijdering	10
2.14	Risicoanalyse	10
2.15	Milieueffecten	11
3	**Verwijzingstabel Mijnbouwregeling**	**12**

Tabellen

Tabel 2-1. Specificaties van de pijpleiding. 4

Tabel 3-1. Kruistabel indieningsvereisten Mijnbouwregeling 12

Figuren

Figuur 1-1. Ligging projectlocatie platform L7-F in het Friese Front. 1

Figuur 1-2. Het platform L7-F nabij productieput L7-F1 (beginpunt) en de route van de pijpleiding tot aan de 'sidetap' bij de NOGAT-leiding in L9 (eindpunt). 2

Figuur 2-1. Weergave van de speciale voorziening die wordt gemaakt op locaties waar de pijpleiding niet kan worden ingegraven. 5

Bijlagen

1. Milieueffectrapportage gaswinning L7-F
2. Publieksvriendelijke samenvatting milieueffectrapportage gaswinning L7-F
3. L07-F Subsea Pipeline Design Report
4. Certificaat E&P12635-C-2025-001 Rev.0
5. F237682-REP-003 L7-17 to TP-001 ST KP58 Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey
6. F237682-REP-001 L7-17 to ST 58.4 Route Survey
7. L7-F_PP-151-0002 Steady State Flow Assurance report

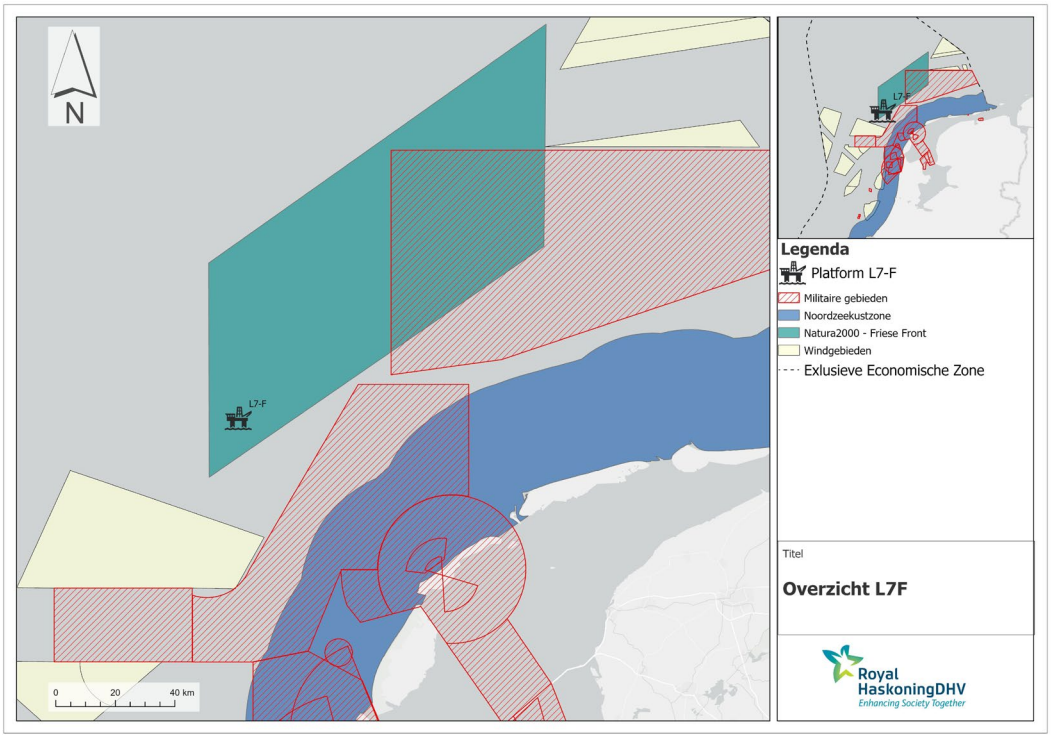
1 Algemene gegevens

1.1 Gegevens aanvrager

Onderdeel	Details	Invulling
Gegevens aanvrager	Naam aanvrager:	Eni Energy Netherlands B.V.
	Adres:	Prinses Beatrixlaan 5, 2595AK 's-Gravenhage
	Inschrijvingsnummer Kamer van Koophandel:	27113806
	KvK-vestigingsnummer:	000016427386

1.2 Activiteit

Aanleg van een pijpleiding voor het transport van droog aardgas en aardgascondensaat van het nieuwe gaswinningsplatform L7-F (zie **Figuur 1-1**) naar de bestaande NOGAT-pijpleiding (via een beschikbaar aansluitpunt 'sidetap' bij L09).



Figuur 1-1. *Ligging projectlocatie platform L7-F in het Friese Front.*

1.3 Tijdvak van de vergunning

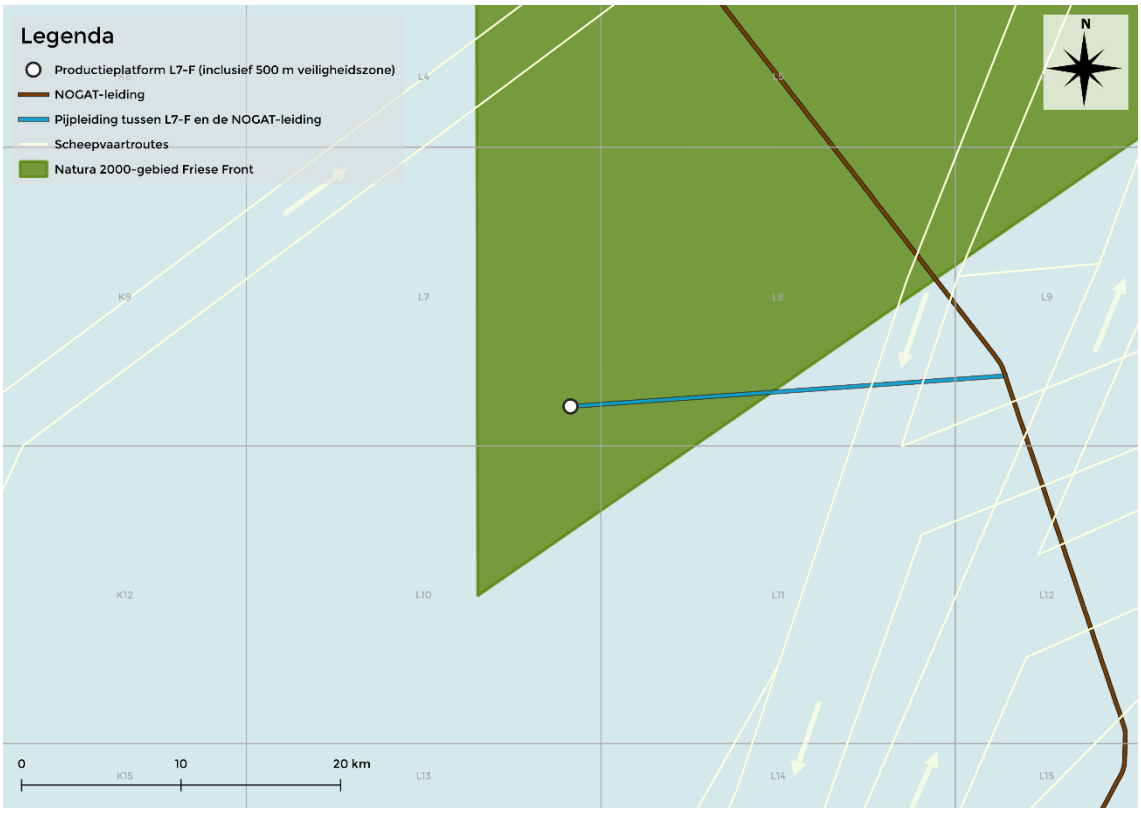
Deze vergunning in het kader van de Mijnbouwwet wordt aangevraagd voor onbepaalde tijd. De aanlegwerkzaamheden starten in 2026 en nemen ongeveer tien tot twaalf weken in beslag.

1.4 Tracé van de aangevraagde leiding

De pijpleiding wordt aangelegd op het Nederlands Continentaal Plat tussen de volgende coördinaten (ETRS89, UTM-zone 31):

- Beginpunt (productieput L7-F1, i.e. proefboring L7-17): 586404, 5931092 (waterdiepte 25 m LAT).
- Eindpunt ('sidetap' bij de NOGAT-leiding in L9): 613478, 5933521 (waterdiepte 26 m LAT).

De keuze voor dit tracé is onderbouwd in het MER (bijlage 1 en 2) dat is opgesteld voor de gaswinning bij L7-F.



Figuur 1-2. *Het platform L7-F nabij productieput L7-F1 (beginpunt) en de route van de pijpleiding tot aan de 'sidetap' bij de NOGAT-leiding in L9 (eindpunt).*

1.5 Wettelijk kader en bevoegd gezag

Deze vergunningaanvraag betreft de aanleg van een pijpleiding tussen het nieuw te realiseren platform L7-F en de bestaande NOGAT-pijpleiding ten behoeve van het transport van droog aardgas en aardgascondensaat. Op grond van de definitie in artikel 1, onder ag, van de Mijnbouwwet valt deze pijpleiding onder de Mijnbouwwet, omdat dit een leiding betreft die twee of meer mijnbouwwerken met elkaar verbindt ten behoeve van het vervoer van stoffen. De relevante wet- en regelgeving met betrekking tot mijnbouwpijpleidingen is geregeld in het Mijnbouwbesluit en de Mijnbouwregeling.

- Paragraaf 6.2 van het Mijnbouwbesluit regelt de vergunningplicht voor pijpleidingen. Op grond van paragraaf 6.2, artikel 94, van het Mijnbouwbesluit is het verboden zonder vergunning van de Minister van Klimaat en Groene Groei een pijpleiding aan te leggen in de territoriale zee, op het continentaal plat of in een ander gebied waarvoor op grond van bijlage V bij het Omgevingsbesluit het maken van een milieueffectrapport nodig is. De Minister van Klimaat en Groene Groei is het bevoegd gezag.

- Paragraaf 1.7.2 van de Mijnbouwregeling regelt de inhoud van de vergunningsaanvraag. Hoofdstuk 2 gaat in op de in artikel 1.7.1 van de Mijnbouwregeling gevraagde gegevens met betrekking tot de vergunningsaanvraag. Hoofdstuk 10 regelt de technische eisen.

De aanvraag volgt de reguliere voorbereidingsprocedure.

Hoofdstuk 3 van onderhavige aanvraag bevat een verwijzingstabel die aangeeft waar in deze aanvraag de gegevens en bescheiden te vinden zijn die volgens de Mijnbouwregeling bij een aanvraag voor een vergunning moeten worden verstrekt.

2 Kenmerken, eigenschappen en aanpak

2.1 Specificaties van de pijpleiding

Tabel 2-1. *Specificaties van de pijpleiding.*

Parameter	Specificatie
Lengte	Circa 27,2 km
Materiaal	Staal, staalkwaliteit L360NE
Buitendiameter	323,8 mm (circa 12¾ inch)
Wanddikte	15,9 mm
Ontwerpdruk	120 barg
Bedrijfsdruk	97 bara
Ontwerptemperatuur	-1°C tot 50°C
Maximale bedrijfstemperatuur	36,5°C
Thermische expansiecoëfficiënt	1,17 x 10-5 m/m °C
Corrosietoeslag	3,0 mm
Ontwerplevensduur	25 jaar
Te transporteren medium	Droog aardgas en aardgascondensaat
Transportcapaciteit	2,5 tot 3 miljoen m^3/dag (~900 tot ~1000 miljoen m^3/jaar)

De uitvoering van de pijpleiding is gedetailleerd uitgewerkt in het "L07-F Subsea Pipeline Design Report" (december 2024; bijlage 1), dat de basis vormt voor het ontwerp en de aanleg van de pijpleiding. Het ontwerp is technisch gecontroleerd en gecertificeerd door Bureau Veritas Marine & Offshore (Certificaat E&P12635-C-2025-001 Rev.0; bijlage 2). De leiding voldoet aan de eisen opgenomen in hoofdstuk 10 van de Mijnbouwregeling.

2.2 Aanlegmethode

De pijpleiding wordt aangelegd tussen het platform L7-F en de ‘sidetap’ bij de NOGAT-leiding in blok L9. De waterdiepte bedraagt hierbij 25 meter LAT ter hoogte van L7-F en neemt geleidelijk toe tot 26 meter LAT bij de aansluiting op de NOGAT-leiding.

Voor de aanleg van de pijpleiding zijn in het MER twee ingravingsmethoden onderzocht: ingraven met een mechanical trencher en ingraven met een jet sled (‘jetting’). Voor dit project wordt gebruik gemaakt van een jetting-variant, waarbij de pijpleiding wordt ingegraven door middel van hogedrukwaterjets. Deze methode valt binnen de range van milieueffecten die in het MER zijn onderzocht.

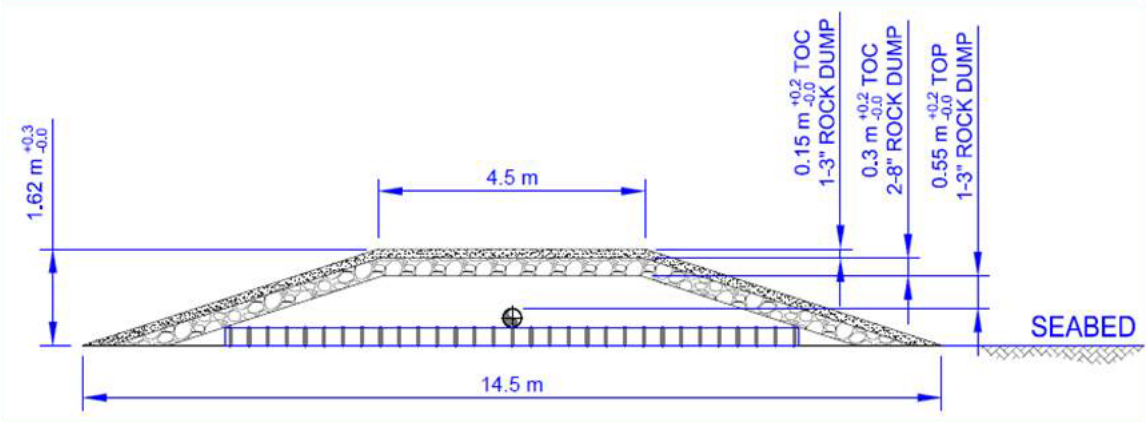
De pijpleiding wordt door een speciaal pijpenlegschip gelegd. De leiding wordt in segmenten aangevoerd die aan boord van het pijpenlegschip aan elkaar worden gelast. Deze segmenten zijn in de fabriek al voorzien van een uitwendige anticorrosiecoating van kunststof. Na het inspecteren en coaten van de lassen legt het pijpenlegschip de pijpleiding op de zeebodem, waarna de pijpleiding wordt ingegraven door middel van 'jetten'. De jet-machine beweegt zich voort op rupsbanden langs de pijpleiding. Deze methode maakt gebruik van hogedrukwaterjets die het zand onder en naast de leiding 'fluïdiseren'. Het zand wordt voor het overgrote deel niet weggespoten, maar door het inspuiten van water verandert het in drijfzand. Door het fluïdiseren zakt de leiding door zijn eigen gewicht in de sleuf, die een diepte van ongeveer 1,3 meter bereikt. Deze methode veroorzaakt nauwelijks vertroebeling van het water en er

ontstaat een lichte daling van de zeebodembodem ter plaatse van de sleuf; er zijn geen zandophopingen langs de sleuf.

De pijpleiding wordt in de zeebodem ingegraven conform de norm NEN 3656[1]. Leidingen moeten zo diep ingegraven liggen dat:

- bij beperkte beroering van de bodem (sleepnetvisserij of ondiep ankeren) geen problemen ontstaan; en
- gedurende de levensduur het noodzakelijke onderhoud aan de leidingen nihil blijft. De leiding dient dus altijd overvisbaar te zijn.

Aan deze criteria wordt voldaan. De minimale begraafdiepte van de leiding bedraagt 1,0 m onder het zeebed, gemeten tot aan de top van de leiding. De pijpleiding kan niet worden ingegraven op locaties waar de leiding kruist met producten van derden. Op deze locaties wordt een speciale voorziening gemaakt, bestaande uit betonblokkenmatten en een afdekking bestaande uit verschillende gradaties stortsteen (zie **Figuur 2-1**). De toplaag van deze stortsteen (de 'sprinkler layer') heeft een gradatie die kleiner is dan de voorgeschreven maaswijdte van de sleepnetten en is dus 'overvisbaar'.



Figuur 2-1. *Weergave van de speciale voorziening die wordt gemaakt op locaties waar de pijpleiding niet kan worden ingegraven.*

Op plaatsen waar de vereiste diepte niet is bereikt, zal de trencher nogmaals een 'remedial' slag doen, waarbij — afhankelijk van de situatie — naast het jetten ook tot toepassing van de mechanical methode wordt besloten. Dit gebeurt met dezelfde machine, maar dan met graafarmen ('grabbing arms'). Deze zwaarden met kettingen zijn bedoeld voor hardere ondergrond (zoals klei of veen). Het losmaken van de bodem vindt dan voornamelijk in de diepere laag plaats, met weinig beroering aan de oppervlakte omdat de sleuf nog gevuld is met gefluïdeerd zand. Toepassing van deze methode ligt echter niet in de lijn der verwachting.

De aansluiting op de NOGAT-leiding wordt beschermd met een kooiconstructie. Het maken van deze aansluiting neemt ongeveer twee maanden in beslag, waarbij een duikondersteunend vaartuig (DSV) met drukkamers aan boord voor duikers wordt gebruikt.

Tijdens de aanleg- en boorfase worden er geen activiteiten verricht in het Friese Front in de periode juli tot en met oktober. Ook in de productiefase worden regulier en groot onderhoud buiten deze periode gepland.

[1] *Norm NEN 3656:2022: Eisen voor stalen buisleidingsystemen op zee. NEN 3656 geeft minimumeisen die met betrekking tot veiligheidsaspecten voor mens, milieu en goederen aan het ontwerp, de aanleg, het in gebruik nemen, de bedrijfsvoering en de bedrijfsbeëindiging van buisleidingsystemen voor het vervoer van stoffen ter zee worden gesteld.*

2.3 Beschrijving tracé

Het tracé heeft een totale lengte van 27,2 km en loopt van het nieuwe L7-F platform naar de aansluiting op de NOGAT-pijpleiding. Vanaf het platform L7-F ligt de pijpleiding over een afstand van ongeveer 13 km in de zeebodem van het Natura 2000-gebied Friese Front.

Het tracé kruist vier bestaande infrastructurele elementen (drie pijpleidingen en één kabel/pijpleiding) buiten het Natura 2000-gebied:

- 16" gasleiding van L9-P4 naar L11-NGT sidetap.
- 14" gasleiding van L8-G naar L11b-A.
- Kruising met de NOGAT-pijpleiding nabij het aansluitpunt.
- Een ongeïdentificeerde kabel of pijpleiding.

Bij kruisingen met bestaande kabels en leidingen worden betonmatrassen en steenstort toegepast conform de normen en richtlijnen voor pijpleidingkruisingen op zee (NEN 3656 of gelijkwaardig).

Ook kruist de pijpleiding een ‘clearway’ voor scheepvaart. Omdat de pijpleiding deze kruist, moet rekening worden gehouden met enkele criteria:

- De pijpleiding moet de clearway zoveel mogelijk haaks kruisen en volgens de kortste route, waardoor de scheepvaart zo kort mogelijk wordt gehinderd.
- De pijpleiding moet op minimaal 1,5 mijl afstand van kruisingen liggen.

Op **Figuur 1-2** is de leiding in blauw aangegeven. Zichtbaar is dat de leiding aan beide voorwaarden voldoet:

- Er is sprake van een zoveel mogelijk haakse kruising met de scheepvaartroute volgens de kortste route.
- Er is sprake van een minimale afstand tot een kruising van 1,5 nM (2,75 km). Meer specifiek geldt dat de afstand van de leiding tot de ten noorden gelegen dichtstbijzijnde kruising 3,925 km bedraagt en het eindpunt van de leiding (het bestaande aansluitpunt op de NOGAT-leiding) 2,75 km ten noordwesten van de dichtstbijzijnde kruising ligt.

2.4 Geotechnische gegevens

Langs het tracé is een bovenlaag aanwezig van zeer los tot los zand met een variërende dikte van 0,20 m tot 0,95 m. Daaronder bevindt zich middeldicht tot zeer dicht zand. De relevante eigenschappen van de bodem waar de pijpleiding in begraven wordt zijn:

- Los zand: onderwatergewicht 9 kN/m^3, interne wrijvingshoek 30°.
- Ongeconsolideerd zand: onderwatergewicht 8,5 kN/m^3, interne wrijvingshoek 28°.
- Steenstort-afdekking (bij kruisingen/aansluitpunten, die niet begraven kunnen worden): onderwatergewicht 10 kN/m^3, interne wrijvingshoek 40°.

Voor gedetailleerde informatie over de stratigrafie van de zeebodem en de analyse en kwaliteit van de bodemmonsters en sonderingen wordt verwezen naar de rapporten “F237682-REP-003 L7-17 to TP-001 ST KP58 Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey" en “F237682-REP-001 L7-17 to ST 58.4 Geophysical Route Survey” (maart 2024; respectievelijk bijlage 3 en 4). Deze rapporten bevatten alle informatie over het profiel van de zeebodem, grondmechanische eigenschappen, stratigrafie en de resultaten van CPT en vibrocore metingen langs het voorgenomen tracé.

2.5 Corrosiebescherming

De pijpleiding wordt voorzien van de volgende corrosiebescherming:

- Uitwendige coating: Drie-laags polypropyleen (PP) coating met een dikte van 3 mm.
- Kathodische bescherming: De pijpleiding wordt voorzien van opofferingsanoden (half shell bracelet van aluminium-zink legering) ter bescherming van onderdelen die niet gecoat zijn of waarvan de coating beschadigd is.
    - In totaal worden 140 anoden met een totale massa van 2.352 kg geïnstalleerd aan de pijpleiding.
    - De anoden worden geplaatst met een variabele tussenafstand, afhankelijk van de sectie van de pijpleiding:
        - Sectie 1 (KP 0-3.074): 21 anoden met een afstand van 146,4 m (12 leidingdelen).
        - Sectie 2 (KP 3.074-7.174): 24 anoden met een afstand van 170,8 m (14 leidingdelen).
        - Sectie 3 (KP 7.174-11.858): 24 anoden met een afstand van 195,2 m (16 leidingdelen).
        - Sectie 4 (KP 11.858-27.450): 71 anoden met een afstand van 219,6 m (18 leidingdelen).

Op de pijpleiding worden zogenaamde opofferingsanoden aangebracht bestaande uit een aluminium-zink legering. Aluminium (Al) en Zink (Zn) komen van nature voor in de Noordzee. Daarnaast is het voorkomen een gevolg van menselijke activiteiten. Natuurlijke bronnen betreffen bijvoorbeeld verwering van zinkhoudende mineralen. Aluminium komt van nature voor in vrijwel alle sedimenten. Een voorbeeld van menselijke activiteit betreft roestbescherming (of corrosiebescherming) met opofferingsanoden die worden aangebracht op de pijpleiding. Deze anodes bestaan uit onedele metalen (een legering van aluminium en zink) die eerder corroderen dan het staal waarop ze zijn aangebracht. Op deze wijze wordt het staal tegen corrosie beschermd. Dit heet ‘kathodische corrosiebescherming’. Omdat de anodeblokken geleidelijk oplossen wordt de term ‘opofferingsanoden’ gehanteerd. De legering bevat een geringe hoeveelheid indium (In). De werking van de anodes bestaat eruit dat de aluminium-zink legering eerder corrodeert dan het onbeschermde, aan zeewater blootgestelde staal. Het toepassen van kathodische bescherming is stand der techniek in aanvulling op de uitwendige bekleding (zoals een coating), die de eerste bescherming vormt en is vereist op grond van NEN 3656 voor offshore stalen buisleidingen. Indium wordt toegevoegd om de reactiviteit van de anodes te verbeteren.

Door het geleidelijk oplossen komen de metalen waaruit de legering is opgebouwd vrij in het zeewater. Deze emissie treedt op tijdens de hele levensduur van de pijpleiding. Voor het inschatten van de emissies wordt uitgegaan van het volgende.

Op de pijpleiding worden opofferingsanoden van ~17 kg geplaatst.

- Levensduur: 30 jaar.
- Samenstelling: aluminium (94,25 tot 97,5%), zink (5,75 tot 2,5%) en indium (0,04 tot 0,016%).
- Bescherming is berekend voor een aan zeewater blootgesteld stalen oppervlak van 4% van de totale oppervlakte van de buisleiding.

Op basis van deze uitgangspunten, zou dit per anode van ~17 kg in een maximale jaarlijkse emissie naar zeewater van ~0,54 kg Al en ~0,03 kg Zn kunnen resulteren. Deze emissie treedt op bij de pijpleiding.

Op basis van de ECHA CHEM database is de PNEC (‘Predicted No-Effect Concentration’: de concentratie van een chemische stof waarbij geen nadelige effecten in een ecosysteem worden waargenomen) voor

zink in mariene wateren 7,7 µg/l[2]. Voor aluminium zijn geen gevaren geïdentificeerd en daarom is voor deze stof geen PNEC vastgesteld.

In de literatuur (Tamis et al.[3]) wordt specifiek ingegaan op de effecten van de offshore olie- en gaswinningsindustrie en opofferingsanoden:

"Er is berekend dat bij een gemiddelde aluminium-zink anode met een gewicht van 250 kg en een levensduur van 20 jaar, de metaalconcentratie op een afstand van minder dan 1,5 m van de anode onder de drempelwaarde zal liggen (Elf Petroland B.V. et al., 2000). De gevolgen voor het milieu door het gebruik van de anoden is dus beperkt tot lokale effecten op het platformoppervlak en dragen op die manier bij aan de aangroeiwering. Er moet echter worden opgemerkt dat, hoewel de effecten beperkt zijn tot een klein gebied rond de anode, de corrosiepreventie een bijdrage levert aan de totale zink vracht naar de Noordzee. Er zijn echter momenteel geen realistische alternatieven voor aangroei en corrosiepreventie."

De berekening kan voor de specifieke omstandigheden van het L7-F project gevalideerd worden op basis van de volgende werkwijze, waarbij wordt aangenomen dat één anodeblok zich in één kubieke meter water bevindt:

- Nabij de zeebodem is de gemiddelde effectieve stroomsnelheid ongeveer 0.25 m/s[4] wat betekent dat een kubieke meter water nabij de bodem elke vier seconden een meter opschuift. Hoger in de waterkolom is de stroomsnelheid en de menging groter.
- Per seconde lost ~1 µg Zn op:
  - 30 gram Zn per jaar.
  - 30 / 365 / 24 / 3600 ≈ 0,000001 g ≈ 1 µg Zn). In vier seconden lost ~4 µg Zn op in één kubieke meter. Per liter is dat ~0,004 µg Zn.
- De achtergrondconcentratie van zink in de Noordzee is vastgesteld op 0,15 µg/l[5].
- De totale concentratie nabij de anode is dus ~0,154 µg/l, wat ver onder PNEC voor zink in mariene wateren van 7,7 µg/l[2] ligt.

Er worden 140 opofferingsanoden van elk ~17 kg toegepast op de pijpleiding. Aangezien de pijpleiding een veel groter volume zeewater omvat dan 135 m^3, is de totale zinkbelasting van de anoden op iedere m^3 zeewater maximaal ~0,154 µg/l: veel lager dan de PNEC voor zink in mariene wateren.

Uit bovenstaande beschouwing blijkt dat binnen een meter van een anodeblok de zinkconcentratie al ver beneden de PNEC voor zink in mariene wateren ligt. Gezien de definitie van de PNEC kunnen dus hoogstens op een anodeblok nadelige effecten in een ecosysteem worden waargenomen, maar direct daarnaastin de waterkolom niet. Dit bevestigt de bevinding van Tamis et al.

Omdat voor aluminium geen gevaren zijn vastgesteld, is de beschouwing alleen voor zink uitgevoerd.

---

[2] https://chem.echa.europa.eu/100.028.341/dossier-view/a2d9b11c-d84f-4f16-976e-57fb2d16463d/40b1a3fa-b2f6-468f-a760-1c868f898976_07b48ac7-0dc0-4df3-aeea-ddce076d40f6?searchText=231-175-3.
[3] Offshore olie- en gasactiviteiten en Natura 2000, inventarisatie van mogelijke gevolgen voor de instandhoudingsdoelen, Tamis et al, Imares Wageningen UR, januari 2011, rapportnr. C144/10.
[4] De stroming op de Noordzee is opgebouwd uit twee componenten, een heen en weer gaande eb- en vloedstroming en een constante stroming vanuit het Kanaal richting Noorwegen. Per saldo resulteert dit op de zuidelijke Noordzee in een noordelijke stroming. Dit is verbeeld in https://odnature.naturalsciences.be/marine-forecasting-centre/nl/graphs/bottom_sea_water_velocity/W04
[5] https://rvs.rivm.nl/sites/default/files/2020-04/Achtergrondconcentraties-metalen.pdf

2.6 Testen voor ingebruikname

De pijpleiding wordt hydrostatisch getest om de sterkte te verifiëren en te garanderen dat het systeem lekvrij is. De testdruk wordt bepaald in overeenstemming met NEN3656 sectie 10.18.3. Voor de verschillende wanddiktes zijn de volgende testdrukken berekend:

- Minimale hydrostatische testdruk: 156 barg.
- Maximale hydrostatische testdruk: 323 barg (15,9 mm wanddikte).
- Mill testdruk: 318 barg (15,9 mm wanddikte).

2.7 Monitoring

Conform NEN3656 worden gedurende de bedrijfsfase periodieke tracé-inspecties uitgevoerd om de horizontale en verticale positie en begravingsdiepte van de zeeleiding vast te stellen. De controle bestaat minimaal uit het vaststellen van positie en afmetingen van blootliggingen, onderspoelingen en op of in de nabijheid van de leiding achtergelaten voorwerpen (bijvoorbeeld afkomstig van scheepvaart of visserij) die een bedreiging zijn of kunnen worden voor de integriteit van de pijpleiding. Het doel is het vaststellen of de vereiste diepteligging dan wel gronddekking aanwezig is en aantonen dat eventuele vrije overspanningen de maximaal toelaatbare waarde niet overschrijden. De meetresultaten worden vastgelegd in een adequaat plaatsbepalingsysteem en gedocumenteerd.

Daarnaast wordt er een risicomanagementsysteem (RMS) opgesteld om te zorgen voor een veilige bedrijfsvoering voor mens en milieu gedurende de totale levensduur. Het RMS wordt gebaseerd op gedocumenteerde doelen op het gebied van risicomanagement.

2.8 Archeologisch onderzoek

Bij werkzaamheden op de Noordzee kunnen archeologische en cultuurhistorische waarden worden aangetast. Deze waarden bestaan uit scheeps- en vliegtuigwrakken, maar ook uit oudere sporen van menselijke activiteit die in de zeebodem bewaard zijn gebleven. Verstoring van archeologische waarden kan worden veroorzaakt door bodemingrepen tijdens de aanleg van de pijpleiding, i.e. het graven van de sleuf tot een diepte van circa 1,3 meter.

Er is een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd in verband met de oprichting van het productieplatform L7-F en de pijpleiding. Hieruit blijkt dat in het onderzoeksgebied geen archeologische waarnemingen bekend zijn, maar dat onontdekte historische scheepswrakken, resten van gevechtsvliegtuigen uit WOI en WOII en prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde resten wel kunnen voorkomen.

Aanvullend is een survey uitgevoerd. De uitkomst hiervan is dat het gebied, met uitzondering van twee aangetroffen magnetische contacten van potentiële archeologische waarde, geschikt is voor de geplande route. Het leidingtracé is zodanig aangepast dat deze locaties van potentiële archeologische waarde op veilige afstand worden gepasseerd. In overleg met Rijkswaterstaat is vastgesteld dat deze magnetische contacten (of anomalieën) geen belemmering vormen voor het tracé van de pijpleiding.

Vanuit archeologisch perspectief is het gebied dus vrijgegeven voor werkzaamheden. Bij de werkzaamheden bestaat altijd de kans dat archeologische resten worden aangetroffen. Indien dat het geval is, worden deze vondsten conform de Omgevingswet en de Erfgoedwet gemeld bij het bevoegd gezag, waarna zo nodig maatregelen kunnen worden genomen.

2.9 Uitvoerder van de werkzaamheden

De werkzaamheden voor de aanleg van de pijpleiding tussen platform L7-F en de NOGAT-leiding worden uitgevoerd door Allseas Engineering B.V., gevestigd aan de Poortweg 12, 2612 PA Delft, Nederland.

2.10 Flow assurance

Er is een 'flow assurance'-onderzoek uitgevoerd, gedocumenteerd in rapport “L7-F_PP-151-0002 Steady State Flow Assurance report” (juni 2024; bijlage 5). De pijpleiding is ontworpen om te zorgen voor de benodigde transportcapaciteit onder alle verwachte operationele condities.

2.11 Beveiligingssystemen

Onafhankelijk van het regelsysteem is een beveiligingssysteem geïnstalleerd dat de installatie naar een veilige situatie brengt in geval het regelsysteem uitvalt. Tijdens een 'Emergency Shut Down' (ESD) worden de installaties ingesloten en onder druk gehouden. De leiding wordt aan beide zijden voorzien van automatische veiligheidskleppen waarmee de leiding kan worden ingesloten. Bij lekkages worden platform en leidingen geïsoleerd. Het platform is beschermd op maximaal 136,5 barg met zogenaamde ‘hoge druk trips’ en ‘Pressure Shutdown Valves’ (PSV’s). Ook de uitgaande pijpleiding is beschermd met een hoge druk trip. Door de drukverhouding van de ontwerpdrukken van platform en pijpleiding (136,5/120 = 1,14) biedt dit afdoende bescherming, ook volgens NEN 3656.

2.12 Bedrijfsvoering

De pijpleiding tussen het L7-F platform en de NOGAT-leiding is ontworpen voor het transport van droog aardgas en aardgascondensaat. Het gas wordt op het L7-F platform behandeld tot de vereiste specificaties voor transport door de NOGAT-pijpleiding. De druk en temperatuur van het aardgas worden op het platform gemeten. Met regelkleppen wordt het debiet van het aardgas en daarmee de druk in de leiding gereguleerd.

Het L7-F platform beschikt over veiligheidssystemen en veiligheidsplannen. Voor de topside van de nieuwe L7-F mijnbouwinstallatie wordt gebruik gemaakt van de bestaande E17-A topside. Dit platform is ontworpen in overeenstemming met de eisen van de Mijnbouwregelgeving en industriestandaards, en voldoet daarmee aan de eisen op het gebied van veiligheid en procesbeveiliging. Dit omvat ook de bescherming tegen te hoge druk in de leiding. Er zijn onderhouds- en inspectieplannen en calamiteiten- en reddingsplannen, waarin ook communicatie met andere platforms, het hoofdkwartier, de Kustwacht en andere relevante partijen wordt geadresseerd, inclusief de aangesloten leidingen.

2.13 Buitengebruikstelling en verwijdering

De pijpleiding heeft een ontwerplevensduur van 25 jaar. Aan het einde van de levensduur of zoveel eerder als nodig, wordt deze buiten gebruik gesteld. De buitengebruikstelling en eventuele verwijdering worden uitgevoerd in overeenstemming met de dan geldende wet- en regelgeving.

2.14 Risicoanalyse

De aanleg en het gebruik van de pijpleiding brengt bepaalde veiligheidsrisico's met zich mee. De uitgebreide risicoanalyse en bijbehorende beheersmaatregelen zijn opgenomen in het voorontwerprapport (bijlage 1 – ingediend bij het Staatstoezicht op de Mijnen op 11 april 2025). De pijpleiding wordt ontworpen en aangelegd conform NEN 3656, ingegraven tot circa 1,3 meter diepte ter bescherming tegen externe factoren, en voorzien van corrosiebescherming en kathodische bescherming. Voor ingebruikname wordt

de integriteit verzekerd door hydrostatische testen, waarna regelmatige inspectie plaatsvindt van de ligging en toestand van de pijpleiding (surveys en wanddiktebepalingen). Wanddiktebepalingen worden uitgevoerd conform RBI-principes (‘Risk Based Inspection’) waarbij de frequentie van wanddiktebepalingen wordt vastgesteld op basis van mediumsamenstelling en ‘operational performance compliance’. Tijdens de aanlegwerkzaamheden worden nautische risico's beheerst door inzet van wachtschepen en uitgifte van berichten aan zeevarenden. Door toepassing van deze maatregelen worden de veiligheidsrisico's tot een aanvaardbaar niveau beperkt.

2.15 Milieueffecten

De milieueffecten die samenhangen met de aanleg en het gebruik van de pijpleiding tussen platform L7-F en de NOGAT-pijpleiding zijn uitgebreid onderzocht in het milieueffectrapport dat voor het L7-F-project is opgesteld.

Vanwege de ligging in het Natura 2000-gebied Friese Front is bijzondere aandacht besteed aan de effecten op natuur. Er is door Haskoning een ecologische effectbeoordeling uitgevoerd, waarin de effecten op beschermde gebieden en soorten zijn onderzocht.

3 Verwijzingstabel Mijnbouwregeling

Dit hoofdstuk beschrijft de gegevens en bescheiden die verstrekt moeten worden bij een aanvraag voor een vergunning voor het aanleggen van een pijpleiding, bedoeld in artikel 94 van het Mijnbouwbesluit.

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de locaties in deze aanvraag waar de eisen uit de Mijnbouwregeling terug te vinden zijn.

Tabel 3-1. *Kruistabel indieningsvereisten Mijnbouwregeling*

Artikel	Lid	Vereisten	Hoofdstuk / paragraaf in onderhavige aanvraag
1.7.1	1, a	Het tijdvak waarvoor de vergunning wordt gevraagd.	1.3
1.7.1	1, b	Het traject van de pijpleiding.	1.4
1.7.1	1, c	De wijze waarop de pijpleiding wordt aangelegd en de diepte waarop de pijpleiding in de bodem wordt gelegd.	2.2
1.7.1	1, d	De resultaten van het onderzoek van het voorgenomen traject in een strook van 600 meter, waarvan de as van de strook samenvalt met het gekozen traject, en waarin is beschreven:	
1.7.1	1°	het profiel van de zeebodem	2.4, bijlage 3 en bijlage 4
1.7.1	2°	de aanwezige obstakels	2.8, bijlage 3 en bijlage 4
1.7.1	3°	de ligging van bestaande pijpleidingen en kabels	2.3, bijlage 3 en bijlage 4
1.7.1	4°	de grondmechanische eigenschappen	2.4, bijlage 1, bijlage 3 en bijlage 4
1.7.1	5°	de stratigrafie van de zeebodem	2.4, bijlage 3 en bijlage 4
1.7.1	6°	de analyse en kwaliteit van de bodemmonsters en sonderingen	2.4, bijlage 3 en bijlage 4
1.7.1	1, e	Een rapport van het voorontwerp van de pijpleiding waarin is beschreven:	
	1°	de eigenschappen en diameter van de pijpleiding	2.1 en bijlage 1
1.7.1	2°	de stoffen die erin worden vervoerd	2.1 en bijlage 1
1.7.1	3°	een analyse van de veiligheids- en milieurisico's	2.14 en bijlage 1
1.7.1	4°	de tijd gedurende welke de pijpleiding wordt gebruikt voor het vervoer van die stoffen	2.1 en bijlage 1
1.7.1	2	De gegevens, bedoeld in het eerste lid, worden in viervoud ingediend.	-

Bijlage

1. Milieueffectrapportage gaswinning L7-F

Blok L7e/L8f Noordzee

Haskoning
Enhancing Society Together

RAPPORT

Milieueffectrapportage gaswinning L7-F

Blok L7e/L8f Noordzee

Klant:	Eni Energy Netherlands B.V.
Referentie:	BH5808-146 MER L7-F 20251030
Status:	Definitief/02
Datum:	30 oktober 2025

Haskoning
Enhancing Society Together

HASKONING NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 70 00
E-mail: info@rhdhv.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Milieueffectrapportage gaswinning L7-F
Ondertitel:	Blok L7e/L8f Noordzee
Referentie:	BH5808-146 MER L7-F 20251030
Uw kenmerk	
Status:	Definitief/02
Datum:	30 oktober 2025
Projectnaam:	MER L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Auteur(s):	MGi, SF, JP
Opgesteld door:	Haskoning
Gecontroleerd door:	Eni, Haskoning
Datum:	22 oktober 2025
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	30 oktober 2025
Classificatie:	Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Haskoning
Enhancing Society Together

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel en aanleiding	2
1.3	Reikwijdte van het MER	2
1.4	Leeswijzer	3
2	**Het voornemen**	**4**
2.1	Doelstelling en activiteiten	4
2.2	Het projectgebied	5
2.3	Kenmerken van het projectgebied	9
3	**Milieueffectrapportage en wettelijk kader**	**15**
3.1	Waarom een MER?	15
3.2	De mer-procedure	15
3.3	Participatie	17
3.4	Zienswijzen (formele procedure)	18
3.5	Projectbesluit en coördinatiebesluit	18
3.6	Besluiten op grond van de mijnbouwwetgeving	19
3.7	Besluiten op grond van de Omgevingswet	20
3.8	Overige relevante regels L7-F project	20
3.8.1	Het Natura 2000-beheerplan Friese Front	20
3.8.2	Methaanverordening	23
3.9	Samenvatting benodigde besluiten L7-F project	25
4	**Nut en noodzaak**	**27**
4.1	Introductie	27
4.2	Het Nederlandse energiebeleid	27
4.3	Ligging L7-F in het Friese Front	33
5	**De voorgenomen activiteit**	**35**
5.1	Inleiding	35
5.2	Aanlegfase	36
5.3	Boorfase	42
5.4	Productiefase	45
5.4.1	Ondersteunende voorzieningen	49
5.4.2	Onderhoud van het productieplatform	51
5.4.3	Transportactiviteiten tijdens de productiefase	52
5.4.4	HSE-maatregelen tijdens de productiefase	53

5.5 Ontmantelingsfase 54
5.6 Naburige activiteiten 56
5.7 Standaardvoorzieningen, natuurbeschermende maatregelen en natuurversterkende maatregelen 58

6 Totstandkoming voorkeursalternatief 61
6.1 Algemeen 61
6.2 Alternatieven en varianten 62
6.2.1 De aanlegfase 63
6.2.2 De boorfase 73
6.2.3 Afgevallen varianten 75
6.3 Samenstelling voorkeursalternatief 79

7 Effectbeoordeling voorkeursalternatief 80
7.1 Algemeen 80
7.2 Referentiesituatie 82
7.3 Effecten op natuur 82
7.3.1 Bovenwatergeluid 82
7.3.2 Onderwatergeluid 84
7.3.3 Waterkwaliteit: vertroebeling en emissies 86
7.3.4 Verstoring zeebodem 95
7.3.5 Emissies naar de lucht 98
7.3.6 Samenvatting beoordeling effecten op natuur 99
7.4 Ecologische effectbeoordeling 100
7.4.1 Beschrijving van de effecten 101
7.4.2 Passende Beoordeling en Soortentoets 107
7.4.3 Conclusie Natuurtoets 110
7.4.4 Cumulatie 111
7.5 Archeologie en cultuurhistorie 114
7.6 Energie en klimaat 115
7.7 Afval 116
7.8 Bodembeweging 117

8 Onvoorziene voorvallen, beheersmaatregelen en monitoring 119

9 Leemten in kennis en informatie 124

10 Conclusie effectbeoordeling voorkeursalternatief 125

Tabellen

Tabel 3-1: Categorieën in bijlage V bij het Ob. 15
Tabel 3-2: Overzicht vereiste informatie MER 16
Tabel 3-3: Overzicht besluiten die aan de orde zijn voor L7-F. 26
Tabel 6-1: Afweging type productie-installatie. 65
Tabel 6-2: Afweging nieuw of hergebruikt platform. 67
Tabel 6-3: Afweging afvoerroute gewonnen aardgas. 69
Tabel 6-4: Lozen of afvoeren van WBM boormateriaal. 74
Tabel 6-5: Afweging verankering platform. 76
Tabel 6-6: Overzicht per fase van het voorkeursalternatief. 79
Tabel 7-1: Maatlat effectbeoordeling. 81
Tabel 7-2: Beoordelingskader van de onderzochte aspecten. 81
Tabel 7-3. Afstand in m van geluidsbronnen tot de 60 dB geluidcontour. 84
Tabel 7-4: Geluidsniveau en verstoringsoppervlak per geluidsbron (impulsgeluid). 86
Tabel 7-5: Schatting van de emissies naar zee tijdens de boorfase. 87
Tabel 7-6: Achtergrondwaarden stoffen in de Noordzee, in µg/l 91
Tabel 7-7: Overzicht verwachte jaarlijkse emissies naar zee van stoffen tijdens productiefase. 91
Tabel 7-8: EU MAC-MKE JG-MKE in µg/l 92
Tabel 7-9: Conclusie Voortoets. 102
Tabel 7-10: Effecten van activiteiten in de aanlegfase. 106
Tabel 7-11: Effecten van activiteiten in de boorfase. 106
Tabel 7-12: Effecten van activiteiten in de productiefase. 106
Tabel 7-13: Effecten van transport tijdens alle fasen. 107
Tabel 7-14: Conclusie Effectbeoordeling Natura 2000 (Passende Beoordeling) 111
Tabel 7-15: Conclusie Effectbeoordeling Flora en Fauna (Soortentoets). 111
Tabel 7-16: Effectbeoordeling archeologie 115
Tabel 7-17: Verbruik van fossiele energie en emissies van broeikasgas per fase. 116
Tabel 7-18: Effectbeoordeling energie en klimaat 116
Tabel 7-19: Totale hoeveelheid afval tijdens de aanlegfase (incl. boorfase). 117

Figuren

Figuur 2-1: Ligging gasveld van L7-F ten opzichte van het Friese Front. 6
Figuur 2-2: Ligging projectlocatie platform L7-F in het Friese Front. 7
Figuur 2-3: Verdeling blokken in Nederlandse EEZ. 8
Figuur 2-4: Het platform L7-F en de mogelijke routes van de pijpleiding. 9
Figuur 2-5: Ligging projectgebied ten opzichte van Natura 2000-gebieden. 11
Figuur 2-6: Fasen in de ontwikkeling van een (mogelijk) gasveld. 12
Figuur 2-7: Dwarsdoorsnede en bovenaanzicht (linksboven) diepe ondergrond L7-F-veld. 13
Figuur 3-1: Overzicht mer-procedure en projectprocedure. 19
Figuur 4-1: Afname aardgasproductie — historie en prognose (uit Kamerbrief 15 juli 2022). 30

Figuur 4-2: Aardgas, herkomst en emissies (bron: EBN). 31
Figuur 4-3: Energiebronnen en energieverbruikers gevisualiseerd in energieketens (bron: NPE). 32
Figuur 4-4: Programma Energiehoofdstructuur. 33
Figuur 5-1: Fasering en doorlooptijden. 35
Figuur 5-2: Afbeelding van de plaatsing van een platform op een onderbouw (ter illustratie). 37
Figuur 5-3: Transport van een onderbouw (samen met een 2e jacket voor een andere locatie). 39
Figuur 5-4: Plaatsing van een onderbouw. 39
Figuur 5-5: Eén van de heipalen die een onderbouw in de zeebodem verankert. 40
Figuur 5-6: Plaatsing van een bovenbouw op een onderbouw. 40
Figuur 5-7: Het schip dat de pijpleiding legt (op de afbeelding tussen D18 en D15). 41
Figuur 5-8: Een drilling rig (op de afbeelding: bij het D18a-A platform). 43
Figuur 5-9: (1) verwijdering van een bovenbouw; (2) en (3) verwijdering van een jacket. 55
Figuur 5-10: Platform L7-F ten opzichte van gebiedsreserveringen in de Nederlandse EEZ. 57
Figuur 6-1: Overzicht van alternatieven (groen) en varianten (paars). 63
Figuur 6-2: Overzicht van de drie onderzochte pijpleidingroutes voor het L7-F gasveld. 71
Figuur 6-3: Overzicht van het voorkeurstracé van de pijpleiding (oranje). 72
Figuur 6-4: Weergave van speciale voorziening voor locaties waar de pijpleiding niet kan worden ingegraven. 73
Figuur 7-1: Effectbeoordeling voor gegroepeerde activiteiten. 82
Figuur 7-2: Verdunning van opgeloste stoffen; scenario juli (links) en november (rechts). 88
Figuur 7-3: Verdunning van opgeloste stoffen bij de boorlocatie; scenario juli. 88
Figuur 7-4: Concentratie van bariet; scenario juli. 89
Figuur 7-5: Concentratie van bariet bij de boorlocatie; scenario juli. 89
Figuur 7-6: Concentratie van fijn sediment. 97
Figuur 7-7: Effectbeoordeling voor thema's natuur voor aanleg- en productiefase. 100
Figuur 10-1: Effectbeoordeling voorkeursalternatief aanleg- en boorfase zonder mitigerende maatregelen. 126
Figuur 10-2: Effectbeoordeling voorkeursalternatief aanleg- en boorfase met mitigerende maatregelen. 126
Figuur 10-3: Effectbeoordeling voorkeursalternatief productiefase zonder mitigerende maatregelen. 127
Figuur 10-4: Effectbeoordeling voorkeursalternatief productiefase met mitigerende maatregelen. 127

Bijlagen

Bijlage 1: Afkortingen en verklarende woordenlijst
Bijlage 2: Wet- en regelgeving en beleid
Bijlage 3: Het Noordzeeakkoord; natuurbescherming en natuurversterking
Bijlage 4: Ecologische effectbeoordeling
Bijlage 5: Bovenwatergeluid
Bijlage 6: Onderwatergeluid
Bijlage 7: Morfodynamiek
Bijlage 8: Pluimmodellering diepboringen
Bijlage 9: Pluimmodellering pijpleiding
Bijlage 10: Notitie stikstofberekening
Bijlage 11: Archeologisch rapport
Bijlage 12: Marin aanvaringsstudie

1 Inleiding

Het project 'L7-F' van Eni Energy omvat de winning van aardgas onder de Noordzee. De aardgaswinning zal plaatsvinden uit een zogenaamd 'klein veld'.

Het project van Eni Energy richt zich op de gaswinning in blokdelen L07e/L08f uit maximaal drie putten. Deze putten worden aangesloten op het platform L7-F, dat zal bestaan uit een nieuwe onderbouw en hergebruik van de bovenbouw van het bestaande E17-A productieplatform. Voor de winning wordt de bestaande exploratieput omgezet in een productieput. Eni Energy is voornemens nog maximaal 2 productieputten te boren. Op het platform L7-F wordt het aardgas behandeld. Het platform wordt met een nieuwe onderzeese aardgasleiding verbonden met de bestaande NOGAT-leiding die het behandelde aardgas naar land transporteert.

Dit milieueffectrapport beschrijft de effecten van de aanleg van de putten, het platform en de onderzeese leiding en de fase waarin sprake is van gaswinning. De winning uit een 'klein offshore veld' past in het Nederlandse energiebeleid.

1.1 Algemeen

Dit document vormt het Milieueffectrapport (verder: MER) voor de voorgenomen gaswinning op het Nederlands Continentaal Plat (verder: NCP) in de Exclusieve Economische Zone (verder: EEZ)[1] door Eni Energy Netherlands B.V. (verder: Eni Energy). Het MER onderzoekt de verwachte effecten op het milieu van de voorgenomen activiteit. Hierdoor kunnen deze effecten volwaardig worden meegewogen bij de besluitvorming door het bevoegd gezag. In dit geval ziet die besluitvorming op de vaststelling van het projectbesluit (de minister van Klimaat en Groene Groei - KGG, en de minister van Volkshuisvesting en Ruimte Ordening - VRO) en de verlening van de benodigde (omgevings)vergunningen (KGG en de minister van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur - LVVN).

Eni Energy
Eni Energy is een wereldwijd actief energiebedrijf dat toegang verschaft tot energie in de landen waar ze actief is. Op dit moment is Eni Energy de grootste aardgasproducent in het Nederlandse deel van de Noordzee en daarmee belangrijk voor het bieden van energiezekerheid in Nederland. Met het oog op de energietransitie onderschrijft Eni Energy inspanningen om de energiezekerheid en duurzame energieproductie te vergroten. Eni Energy werkt voortdurend aan het duurzamer maken van de energiemix, met als doel een eerlijke en inclusieve transitie[2] en volledige klimaatneutraliteit in 2050. Zolang er aardgas in Nederland nodig is, is het de slimme keuze om dit gas zoveel als mogelijk op de Nederlandse Noordzee te produceren. Dit geeft Nederland maximale onafhankelijkheid van andere landen. Bovendien komen de gasbaten ook ten goede aan de Nederlandse staatskas.

Eni Energy ziet nog voldoende kansen om gasvelden in Nederland te ontwikkelen. Er zijn onder de Nederlandse Noordzee nog belangrijke aardgasreserves aanwezig. Het gebruik van geavanceerde offshore-winningstechnologieën zorgt voor een hoge binnenlandse gasproductie, zodat de invoer van aardgas van elders wordt verminderd.

[1] *Beide gebieden (EEZ en NCP) geven Nederland exclusieve rechten om natuurlijke hulpbronnen te exploiteren en daardoor belangrijk voor de economische en ecologische belangen. Het NCP is beperkt tot het onderzeese gebied, terwijl de EEZ een veel groter zeegebied omvat.*
[2] *Een inclusieve energietransitie betekent dat iedereen kan deelnemen aan de overgang naar duurzame energie met als doel om te zorgen dat de voordelen van de energietransitie eerlijk worden verdeeld en dat niemand wordt buitengesloten. Daardoor is er aandacht voor de betaalbaarheid en toegankelijkheid van duurzame energieoplossingen voor alle huishoudens.*

Eni Energy is van mening dat aardgas uit de Nederlandse Noordzee bijdraagt aan het betaalbaar houden van energie (bestaanszekerheid) voor de Nederlandse samenleving. Binnenlands aardgas heeft een 30% kleinere CO_2 uitstoot dan geïmporteerd gas en is daarom te verkiezen boven het importeren van aardgas en LNG.

1.2 Doel en aanleiding

Eni Energy wil aardgas winnen uit een zogenaamd ‘klein veld’ onder het Nederlandse deel van de Noordzee. Winning van aardgas uit kleine velden onder de Noordzee is door het Rijk aangewezen als activiteit van nationaal belang. Aardgas wordt in het rijksbeleid gezien als een belangrijke brandstof in de transitie naar een energievoorziening op basis van hernieuwbare bronnen. Hierop wordt in hoofdstuk 4 verder ingegaan.

Sinds het staken van de winning van aardgas uit het Groningerveld is de noodzaak om gas te winnen uit kleine velden onder de Noordzee toegenomen. Door gaswinnen uit ‘eigen’ velden wordt de import van aardgas van elders beperkt en blijft de kennis van de Nederlandse ondergrond behouden. Ook is binnenlandse gaswinning gunstig voor de Nederlandse schatkist. De aanwezigheid van aardgas in een winbare hoeveelheid is door Eni Energy aangetoond met een proefboring (L7-17-ST1). Eni Energy wil het aardgas winnen met een nieuw te plaatsen mijnbouwinstallatie (platform). Het platform wordt aangeduid als ‘L7-F’.

1.3 Reikwijdte van het MER

Het doel van het MER is om de effecten van de gaswinning op het milieu c.q. de biosfeer te beschrijven. De biosfeer is het gedeelte van de aarde waar leven mogelijk is, inclusief de bodem, het oppervlaktewater en de atmosfeer. Voor dit MER wordt de grens van 100 meter diepte gehanteerd, overeenkomstig artikel 2, tweede lid van de Mijnbouwwet (verder: Mbw). Deze wet stelt dat delfstofwinning dieper dan 100 meter onder het aardoppervlak onder de Mbw valt. Daarom wordt de zone tot 100 meter diepte als relevant beschouwd voor de beoordeling van milieueffecten op de biosfeer.

Dit MER gaat in op de volgende activiteiten voor L7-F:

- Het ombouwen van de exploratieput tot een productieput (‘re-entry’).
- Het boren van twee nieuwe putten.
- Het plaatsen van het platform.
- De aanleg van de pijpleiding naar de NOGAT-leiding.
- De winning en behandeling van aardgas.
- Het beëindigen van de winning.
- Het afsluiten van de putten.
- Het verwijderen van het platform.

De omgevingseffecten waar dit MER op ingaat zijn:

- Effecten op het milieu ten gevolge van ombouwen van een put, het boren van twee nieuwe putten, het plaatsen van het productieplatform, het aanleggen van een pijpleiding, de winning van aardgas en te zijner tijd de ontmanteling van het platform, putten en gasleiding.
- Invloed op natuur, waterkwaliteit en archeologie.
- Effecten voor geluid, lichtuitstraling, luchtkwaliteit en veiligheid.

Dit MER behandelt de wijze waarop omgegaan wordt met hulp- en afvalstoffen en gaat in op energieverbruik en klimaat. Gelet op de afstand tot de vaste wal zijn gezondheidseffecten op de leefomgeving niet beschreven.

1.4 Leeswijzer

Het MER bestaat uit dit hoofdrapport en een publiekssamenvatting.
Dit hoofdrapport geeft een samenvattend overzicht van de informatie in de bijbehorende (onderzoeks)rapporten. Het focust vooral op de conclusies van de onderzoeksrapporten, en de milieuoverwegingen die Eni Energy op grond daarvan gemaakt heeft en is als volgt ingedeeld:

- Hoofdstuk 2 licht de achtergrond van de voorgenomen activiteit toe en plaatst de activiteit in het Nederlandse energiebeleid en de wettelijke kaders. Ook bevat dit hoofdstuk achtergrondinformatie waarin de achtergrond rondom gaswinning wordt toegelicht.
- Hoofdstuk 3 geeft een kort overzicht van de ligging en de kenmerken van het gebied waar de activiteiten plaatsvinden.
- Hoofdstuk 4 gaat in op het nut en de noodzaak van de gaswinning bij L7-F.
- Hoofdstuk 5 licht de voorgenomen activiteiten – aanleg, boren, productie en ontmanteling - toe.
- Hoofdstuk 6 beschrijft hoe het voorkeursalternatief tot stand is gekomen. De activiteiten zijn beschreven met de eventueel geschikte alternatieven of varianten. Om tot een realistische keuze te komen, zijn de alternatieven of varianten beoordeeld op (milieu)technische en economische haalbaarheid.
- In hoofdstuk 7 vindt de (milieu)beoordeling plaats van het voorkeursalternatief. Alle relevante milieuthema's komen aan de orde.
- Hoofdstuk 8 gaat in op onvoorziene voorvallen en te treffen beheersmaatregelen en behandelt monitoring.
- Leemten in kennis en informatie komt aan bod in hoofdstuk 9.
- De conclusies zijn opgenomen in hoofdstuk 10.

Dit rapport heeft de volgende bijlagen:

1. Lijst van afkortingen en verklarende woordenlijst.
2. Het van toepassing zijnde wettelijk kader en beleidskader.
3. Het Noordzeeakkoord; natuurbescherming en natuurversterking.

De uitgevoerde onderzoeken en studies zijn als bijlagen toegevoegd aan dit MER.

2 Het voornemen

2.1 Doelstelling en activiteiten

Eni Energy wil het aardgasveld in de blokdelen[3] L7e/L8f op het NCP in ontwikkeling brengen door het winnen van het aardgas. Het L7-F-gasveld ligt onder het Nederlandse deel van de Noordzee en betreft een zogenaamd ‘klein veld’.

Om het aardgas te winnen, wil Eni Energy een productieplatform genaamd 'L7-F' op de zeebodem plaatsen. Dit platform zal bestaan uit een nieuwe onderbouw (jacket: het deel van het platform dat op de zeebodem wordt geplaatst en wordt verankerd aan de zeebodem) en de bovenbouw (topside: het deel dat op het jacket wordt geplaatst en installaties, kwartieren en opslagen bevat) van het huidige E17-A platform. Het E17-A platform wordt op korte termijn uit gebruik genomen en de topside zal worden hergebruikt op de L7-F locatie. Het hergebruik van het E17-A platform is de uitkomst van de in paragraaf 6.2.1 gepresenteerde afweging.

Met een boorplatform (‘jack-up rig’), dat tijdelijk naast het productieplatform geplaatst wordt, wil Eni Energy de al geboorde exploratieput L7-17-ST1 ombouwen tot een productieput. Na afronding van deze ombouw (en de aanleg van de pijpleiding, zie hieronder) kan de winning van aardgas starten. Daarnaast zal het boorplatform worden ingezet om nog twee putten te boren. Na afronding van het boren, kan de aardgaswinning uit de putten plaatsvinden. Met het oog op de afvoer van het aardgas wordt een pijpleiding aangelegd. Het gewonnen aardgas wordt met die pijpleiding afgevoerd naar de bestaande NOGAT-pijpleiding[4]. Eni Energy verwacht tien tot vijftien jaar aardgas te winnen uit het veld (op 29 juli 2024 heeft Eni Energy bij de minister van KGG een aanvraag voor een winningsvergunning tot en met 2040 ingediend). Na afloop worden alle installaties opgeruimd volgens de dan geldende regelgeving.

De doelstelling van het project dat in dit MER beschreven wordt, is het winnen van naar schatting tussen de 1,5 en 4,5 miljard Nm^3 aardgas uit het aardgasveld onder blokdelen L7e/L8f. Om dit te bereiken zijn de volgende stappen nodig:

- Het installeren van een mijnbouwinstallatie L7-F.
- Het ombouwen van exploratieput L7-17-ST1 tot productieput L7-F1.
- Het boren en testen van twee nieuwe putten.
- Het aanleggen en onderhouden van een pijpleiding van 27 km.
- Het produceren van 2,5 tot 3 miljoen Nm^3 aardgas per dag met de mijnbouwinstallatie L7-F.
- Het behandelen en op specificatie brengen van het aardgas.
- Het behandelen en lozen van vrijkomend water.
- Het afvoeren van het geproduceerde aardgas samen met het meegeproduceerde aardgascondensaat per pijpleiding naar het bestaande NOGAT-gastransport systeem en het gastransportnetwerk op het vasteland.

Voorafgaand aan deze activiteiten worden ter plaatse van de platformlocatie en het traject van de pijpleiding surveys uitgevoerd. Deze kortdurende surveys (naar het voorkomen van vast gesteente ‘boulder’ en niet gesprongen explosieven ‘UXO’) zijn voorzien in Q1 2026, ruim voor bovengenoemde activiteiten. Om deze reden zijn de effecten van de surveys onderdeel van de cumulatietoets (zie

[3] *Het Nederlandse deel van de Noordzee is opgedeeld in blokken, die weer onderverdeeld zijn in blokdelen.*
[4] *De NOGAT-pijpleiding is een bestaande offshore hoofdtransportleiding en wordt geëxploiteerd door Eni Energy en strekt zich uit van Eni’s F3-FB-platform op het Nederlands Continentaal Plat tot een gasverwerkingsfabriek in Den Helder. De maximale capaciteit is 32 miljoen Nm^3 gas per dag. NOGAT transporteert aardgas van een groot aantal productie-installaties op het Nederlandse deel van de Noordzee naar een bewerkingsinstallatie in Den Helder. In Den Helder wordt het aardgas vervolgens nabehandeld om aan de specificaties van het onshore transportnetwerk van Gasunie Transport Services (GTS) te kunnen voldoen.*

paragraaf 7.4.4). Zij maken geen deel uit van de activiteiten waarvan de milieueffecten zijn beoordeeld. Die activiteiten onderverdeeld in een aanleg- en boorfase, productiefase en ontmantelingsfase.

De aanwezigheid van economisch winbare gasreserves is aangetoond met proefboring L7-17-ST1, uitgevoerd in de periode april–mei 2023. Voor die boring is op 8 maart 2023 een mijnbouwmilieuvergunning (inmiddels: omgevingsvergunning milieubelastende activiteit) verleend door de Staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat (kenmerk: PDGGO-DTDO / V32-199).

Eni Energy laat de precieze invulling en uitvoering van de plannen mede afhangen van de uitkomsten van dit MER. Het MER onderzoekt welke — technisch en economisch haalbare — combinatie van activiteiten, alternatieven, uitvoeringsvarianten en mitigerende maatregelen zorgt voor de minste belasting van natuur, milieu en de omgeving. Deze optimale invulling van de voorgenomen activiteit wordt het voorkeursalternatief genoemd. Hiervoor wordt door de minister van KGG samen met de minister van VRO een projectbesluit genomen en hiervoor zal Eni Energy de benodigde (omgevings)vergunningen aanvragen. Onderdeel van het project is het treffen van natuurversterkende maatregelen door Eni Energy met het oog op de natuurwaarden in het projectgebied.

2.2 Het projectgebied

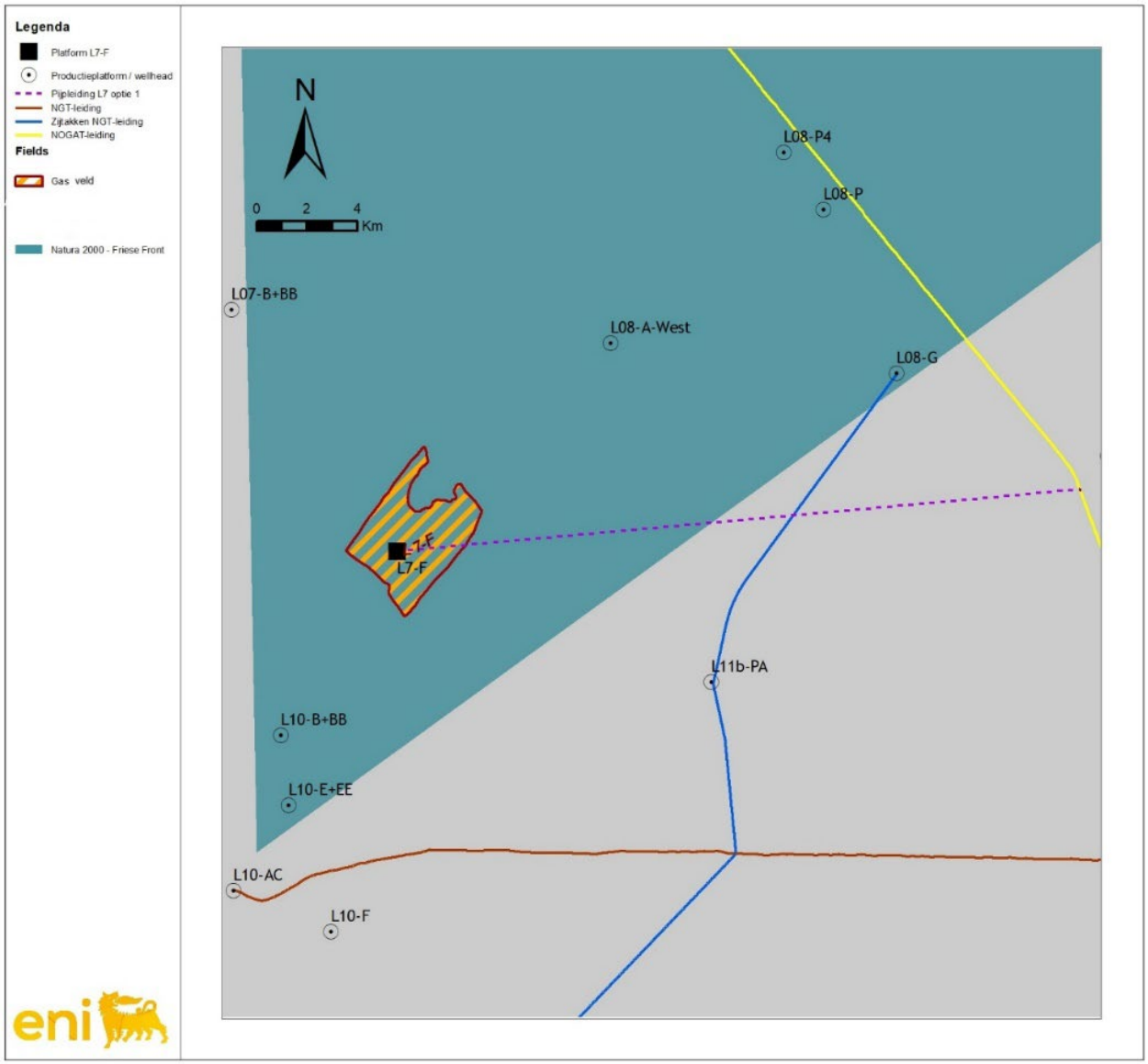
Het gebied in de Noordzee waar het gasveld zich bevindt, ligt op het NCP in de EEZ, ongeveer 70 km ten noordwesten van Den Helder, zie Figuur 2-2. Op deze kaarten zijn de militaire gebieden, Natura 2000-gebieden en windenergiegebieden aangegeven. Op de Noordzee is hiernaast sprake van onder andere scheepvaart en visserij. Het productieplatform zal geplaatst worden in een Natura 2000-gebied, namelijk het 'Friese Front' (aangewezen als vogelrichtlijngebied). Het gasveld ligt onder het Natura 2000-gebied, zie Figuur 2-1. Het projectgebied is het gebied waar de gaswinning, de behandeling van het aardgas en de afvoer van het gewonnen aardgas plaatsvindt.

De voorziene positie van het L7-F-platform is:

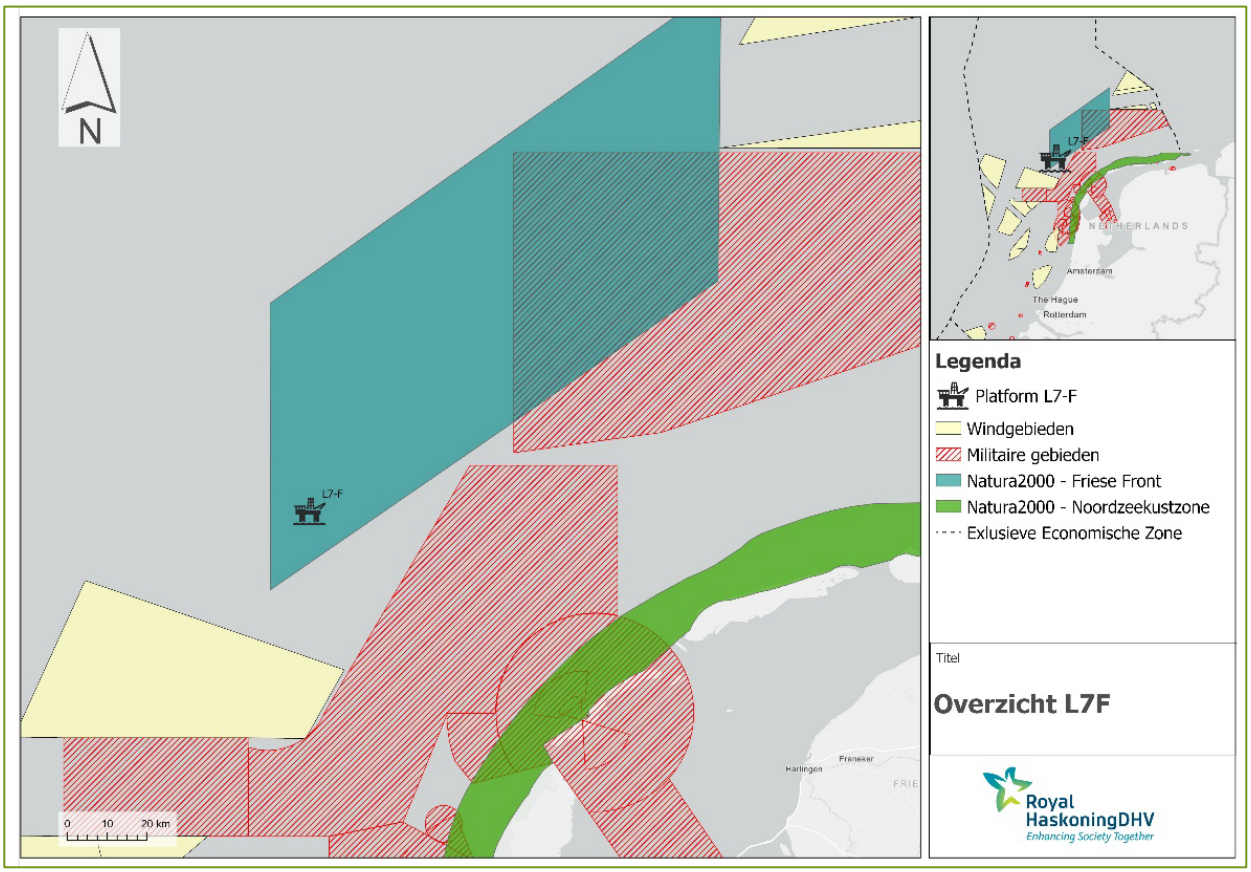
ED50:
N – 53°31'20.5126";
E – 4°18'16.8935"
N – 53.522365;
E – 4.304693

ETRS89:
N – 53°31'17.805";
E – 4°18'11.944"
N – 53.521613;
E – 4.303318

RDNAP18:
X: 83108.7967m;
Y: 615597.2126m



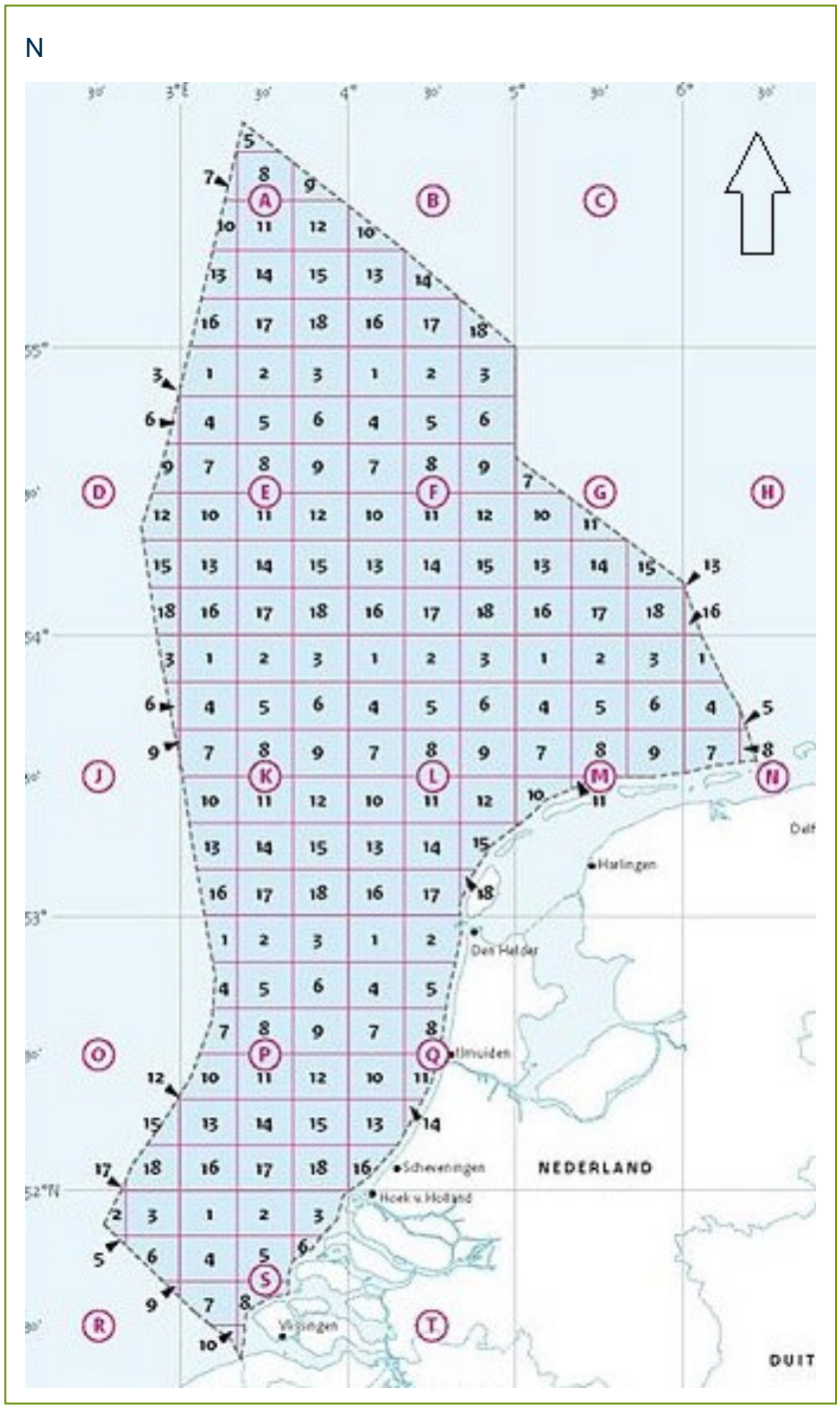
Figuur 2-1: Ligging gasveld van L7-F ten opzichte van het Friese Front.



Figuur 2-2: Ligging projectlocatie platform L7-F in het Friese Front.

Hieronder volgt een beschrijving van het projectgebied. De beoordeling van effecten (hoofdstuk 7) heeft betrekking op het projectgebied en de onmiddellijke omgeving.

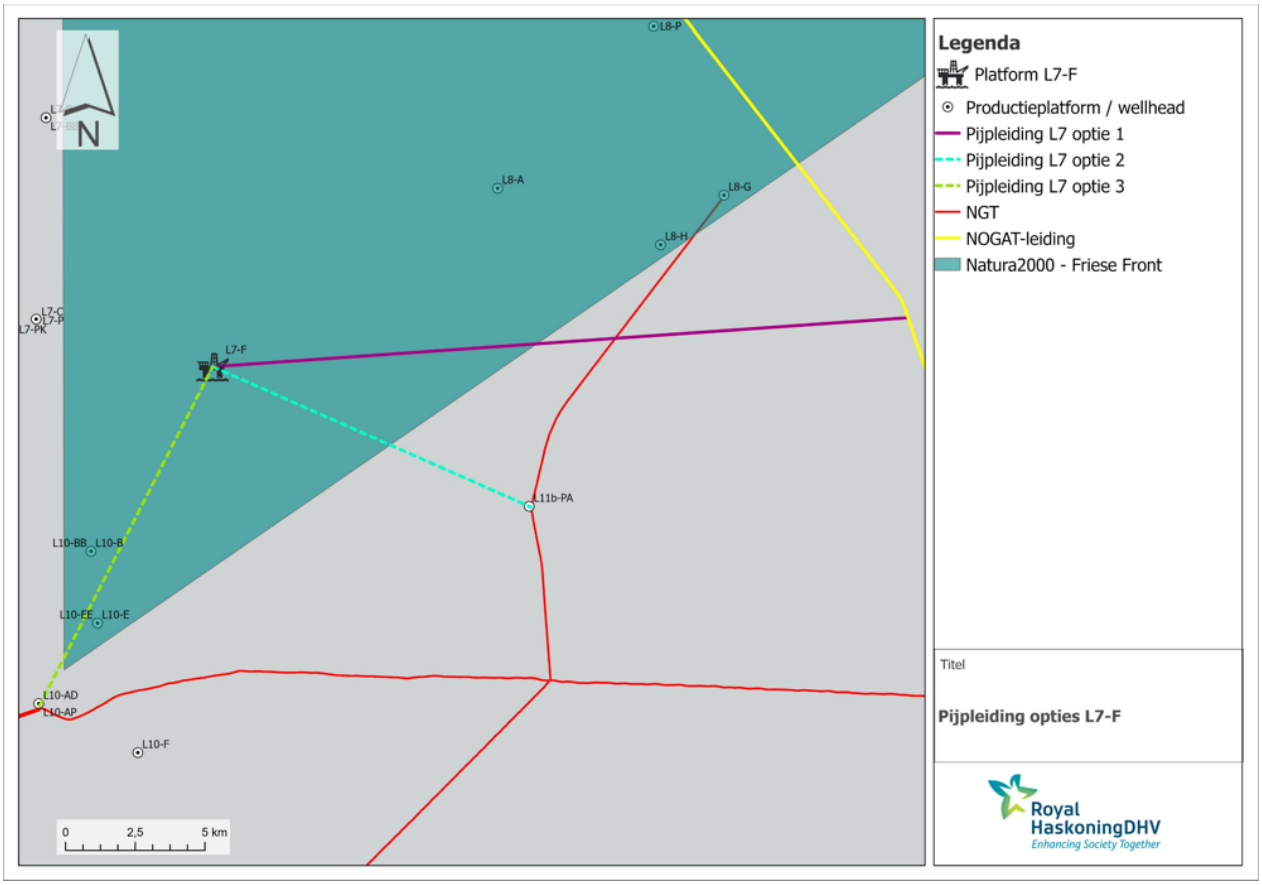
In Figuur 2-3 is de verdeling van blokken in de Noordzee aangegeven. Zichtbaar is dat het Nederlandse deel van de Noordzee is onderverdeeld in blokken (alfabetisch) die onderverdeeld zijn in genummerde vakken. Deze vakken kennen ook weer een onderverdeling met letters (niet weergegeven). Het Nederlandse deel van de Noordzee wordt aangeduid als de Nederlandse Exclusieve Economische Zone. Het winningsplatform wordt geplaatst in blok L7.



Figuur 2-3: Verdeling blokken in Nederlandse EEZ.

De kaart in Figuur 2-4 geeft de mogelijke routes weer van de pijpleiding waarmee gewonnen gas wordt afgevoerd van het L7-F-platform naar het bestaande NOGAT-gastransportsysteem. De keuze in de routering van de pijpleiding wordt in hoofdstuk 6 nader beschreven.

In de paragraaf met achtergrondinformatie (bladzijden 12-14) wordt de wijze toegelicht waarop een gasveld wordt opgespoord en hoe de winning wordt voorbereid.



Figuur 2-4: Het platform L7-F en de mogelijke routes van de pijpleiding.

2.3 Kenmerken van het projectgebied

De Noordzee biedt ruimte voor verschillende functies. Hierna wordt in relatie tot het project per functie een korte toelichting gegeven en wordt ingegaan op windparken, visserij, mijnbouwinstallaties, gaswinning, zand- en schelpenwinning, recreatie en toerisme, defensie, natuur en archeologie.

Stroming en zeebodem
De overheersende stroomrichting van zeewater in het projectgebied is noordelijk. Gaande van zuid naar noord bestaat de zeebodem uit (fijn) zand tot steeds fijner slibrijk materiaal. De waterdiepte bedraagt ~25 meter over het hele traject van het NOGAT-gastransportsysteem tot aan de L7-F-platformlocatie.

Windparken
Het projectgebied bevindt zich op ruime afstand (> 40 km) van bestaande en gereserveerde zones voor windparken.

Scheepvaart en visserij
Het projectgebied ligt in een matig intensief bevaren deel van de Noordzee voor de scheepvaart en door de visserij. Zowel oostelijk als westelijk van de planlocatie voor het platform zijn scheepvaartroutes aanwezig op circa 20 km afstand. Schepen in het projectgebied moeten zich houden aan de veiligheidszone van 500 meter rond het nieuw te plaatsen platform (art. 60 UNCLOS[5]).

[5] *United Nations Convention on the Law of the Sea, oftewel het Verdrag van de Verenigde Naties inzake het recht van de zee.*

Mijnbouwinstallaties
Op enige afstand van de voorgenomen locatie van het L7-F-platform bevinden zich diverse bestaande mijnbouwinstallaties en liggen kabels en leidingen op de zeebodem. Deze installaties, kabels en leidingen hangen voornamelijk samen met de bestaande gasactiviteiten van Eni Energy in de blokken L10, K9 en K12. Zo bevindt zich in het zuidwesten, op enkele kilometers afstand, het L10-gasveld. Hier wordt in de toekomst CO_2 geïnjecteerd, in het opslagvoorkomen L10-ALBE. De put van de winning bij L08-A-west is met een leiding verbonden met productieplatform L8-P4. Daarmee is ook satelliet platform L8-P verbonden. Deze platforms liggen op een afstand van meer dan 21 km van L7-F. Platform L08-G is verwijderd. De winningen bij L7 (L7-B, L7-BB, L7-P, L7-C) zijn allen gestaakt.

Gaswinning
Het beleid is erop gericht om de aanwezige gasvoorraden op zee zoveel mogelijk te benutten (zie paragraaf 4.2). Naar verwachting zal nog tientallen jaren aardgas worden geproduceerd uit de kleine velden op de Noordzee wat wordt ingezet voor de binnenlandse gasvoorziening. De productie zal in deze periode geleidelijk afnemen door de uitputting van de producerende velden.

In het projectgebied bevinden zich geen andere installaties voor de winning van aardgas of aardolie.

Zand- en schelpenwinning
Het gebied wordt niet gebruikt voor de winning van oppervlaktedelfstoffen. In 1991 (en hoogstwaarschijnlijk in de jaren daarvoor en mogelijk daarna) heeft in een relatief klein deel van het Friese Front zandwinning plaatsgevonden (Noordzeeatlas 1992; IHM Viewer[6]).

Recreatie en toerisme
Het gebied wordt niet gebruikt voor recreatie en toerisme.

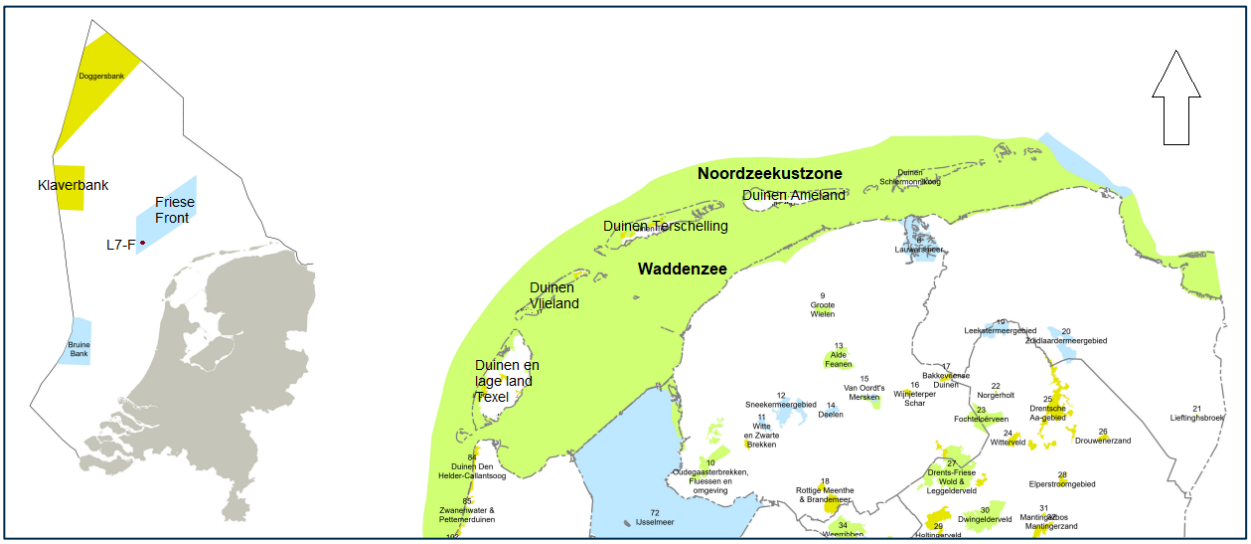
Defensie
Er moeten voldoende militaire oefengebieden beschikbaar zijn op de Noordzee. In oefengebieden wordt medegebruik toegestaan, voor zover dit te verenigen is met de militaire oefeningen. In militaire oefengebieden is het verboden om vaste objecten te plaatsen die boven het wateroppervlak steken, zoals mijnbouwplatforms of windturbines. Het projectgebied is geen militair oefengebied.

Natuur
Volgens Europees en Nederlands beleid moeten Natura 2000-gebieden in het mariene ecosysteem van de Noordzee worden behouden en beschermd. Daarnaast is het wenselijk een samenhangend en representatief netwerk van beschermde gebieden op de Noordzee te realiseren.

Het platform en een deel van de pijpleiding komen te liggen in het Natura 2000-gebied het ‘Friese Front’ (VR, Figuur 2-5). Het Friese Front wordt door de zeekoet gebruikt als foerageer- en rustgebied om jongen groot te brengen en te ruien. In het kader van dit MER is dit gebied op dit punt nadrukkelijk in kaart gebracht.

In het projectgebied kunnen het gehele jaar door zeezoogdieren voorkomen zoals de bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond en in incidentele gevallen dwergvinvissen, witsnuitdolfijnen en tuimelaars. Daarnaast kunnen er beschermde trekvissen in zeer lage dichtheden in het gebied aanwezig zijn. Ook de aanwezigheid van grote groepen rustende vogels en migrerende vleermuizen kan niet worden uitgesloten. Het Natura 2000-gebied ‘Noordzeekustzone’ ligt op 44 km afstand van het projectgebied. Het meest nabije Natura 2000-gebied op land is ‘Duinen en Lage Land Texel’ dat op circa 50 km afstand ligt.

[6] *URL: https://viewer.openearth.nl/ihm-viewer/?layers=85222897&folders=85223021,DlnACI8oSGKEuCVfrL9JlQ&layerNames=Sand%20mining%20areas%20abandoned%20NZ*



Figuur 2-5: Ligging projectgebied ten opzichte van Natura 2000-gebieden.

Het Friese Front bevindt zich op het grensvlak van het noordelijke, diepe en ‘s zomers gelaagde gebied en het altijd gemengde water ten zuiden ervan. Op dit grensvlak ontstaat een zogenaamd getijdenfront, een overgangszone tussen verschillende watermassa’s.

Archeologische en cultuurhistorische waarden
Een belangrijk deel van het Nederlandse maritieme erfgoed ligt onder water. Het is mogelijk om scheepswrakken, vliegtuigwrakken uit WOI en WOII aan te treffen. Ook prehistorische landschappen en structuren en vondsten die daarmee samenhangen kunnen aangetroffen worden.

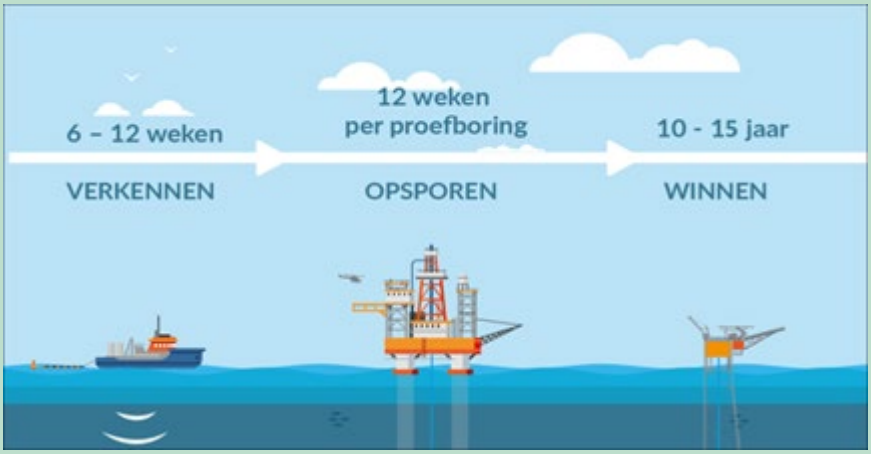
Effecten op archeologische waarden in de grond kunnen optreden door graafwerkzaamheden tijdens de aanlegfase. Graafwerkzaamheden in de zeebodem gaan tot circa 1 meter diep voor het pijpleidingtracé. Bij de geplande activiteiten dient rekening gehouden te worden met de bekende archeologische waarden. Hiervoor dienen de stappen gevolgd te worden conform de eisen van de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA 4.2). Bij de werkzaamheden bestaat altijd de kans dat er archeologische resten worden aangetroffen. Indien dit het geval is moet er een melding aan het bevoegd gezag gedaan worden conform de Omgevingswet en Erfgoedwet, waarna maatregelen genomen kunnen worden.

Achtergrond: Hoe wordt een gasveld opgespoord en ontwikkeld?

De vorming van aardgas onder de Noordzee is een geologisch proces dat miljoenen jaren nodig heeft gehad. Het ontstaan van aardgas onder de Noordzee begint bij steenkoollagen die zich op grote diepte bevinden; bij de locatie van het L7-F-veld liggen deze op ongeveer vier kilometer diepte. Door extreem hoge temperaturen op deze diepte wordt een deel van de steenkool omgezet in aardgas. Dit aardgas stijgt vervolgens op door de ondergrond totdat het terechtkomt in poreuze zandsteenformaties, zoals het L7-F-veld. In deze zandsteenlagen wordt het aardgas vastgehouden doordat er een ondoordringbare laag van zout of kleisteen bovenop ligt. Deze natuurlijke afdichting zorgt ervoor dat het aardgas niet verder kan migreren en opgesloten blijft in de poriën van het gesteente.

De ondergrondse gasreservoirs zijn echter niet continu. Door tektonische activiteit in de aardkorst zijn de zandsteenpakketten en afsluitende lagen over miljoenen jaren gebroken en verschoven. Als gevolg hiervan is veel aardgas naar het aardoppervlak ontsnapt. Hierdoor bevat slechts een beperkt aantal locaties nog significante hoeveelheden aardgas. De kans op het vinden van een aanzienlijk gasreservoir op een willekeurige plek is daarom zeer klein. Voordat er wordt geboord, wordt er dan ook uitgebreid geologisch vooronderzoek uitgevoerd.

De complete ontwikkeling van een gasveld bestaat uit verschillende stappen: het verkennen van de ondergrond, het opsporen van winbaar aardgas met proefboring(en) en uiteindelijk de gaswinning zelf. Tussen deze fasen zitten meestal periodes van één tot enkele jaren. Deze tijd is nodig voor het analyseren van data, het maken van investeringsbeslissingen en het verkrijgen van de benodigde vergunningen. Een schematisch overzicht van dit proces is te zien in Figuur 2-6. De aangegeven lengte van de fasen (in jaren) zijn gemiddelden. In de laatste fase van een gasveld worden de geïnstalleerde installaties volgens de wettelijke regels schoon gemaakt en verwijderd of veilig achtergelaten.



Figuur 2-6: Fasen in de ontwikkeling van een (mogelijk) gasveld.

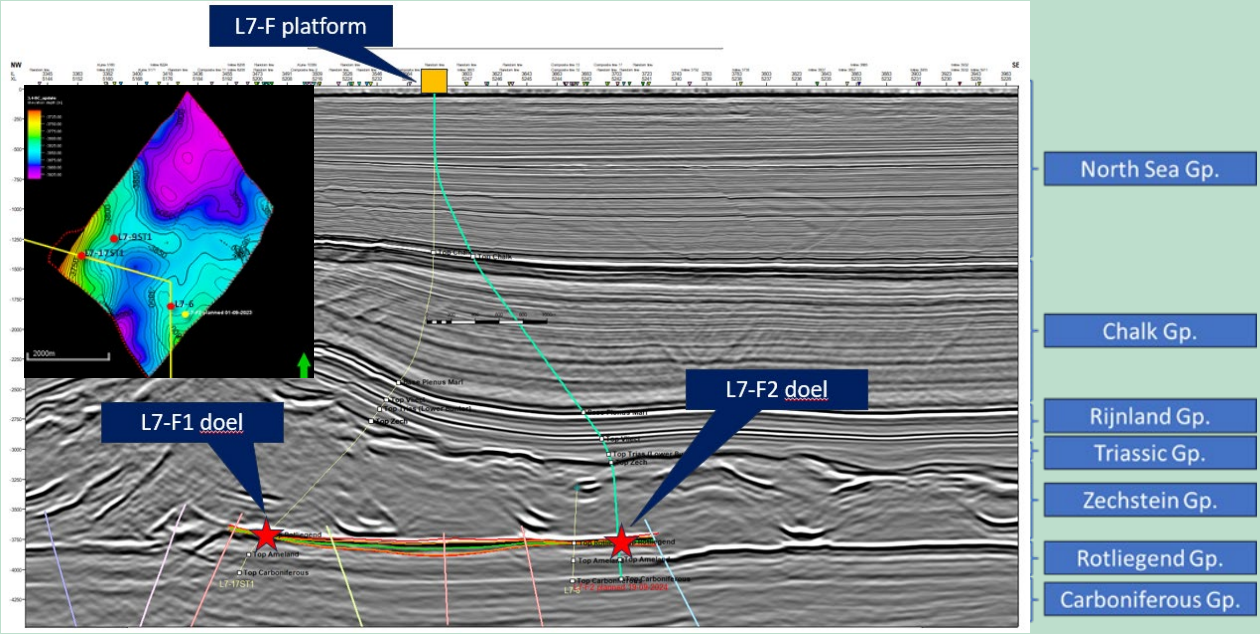
De eerste fase: Verkennen met behulp van seismisch onderzoek
Het proces om gasvelden te ontwikkelen start met een seismisch onderzoek. Dit houdt in dat men geluidsgolven gebruikt om de opbouw van de ondergrond in kaart te brengen. De gedetailleerde geologische doorsnede in Figuur 2-7 toont de verschillende aardlagen bij de locatie van het L7-F-veld. De verschillende lijnen vertegenwoordigen verschillende gesteentelagen in de ondergrond, die gezamenlijk een geologische groep vormen. Voor een volledige interpretatie van deze doorsnede is geologische vakkennis vereist. Dit complexe figuur is opgenomen om de lezer een volledig beeld te geven van de geologische structuren die we hier bespreken.

In Figuur 2-7 is de Rotliegend Groep te zien, die boven op de Carboon Groep is afgezet. Een zandsteenformatie in het Rotliegend, de Formatie van Slochteren, bevat het potentiële aardgasreservoir. Deze bevindt zich in het Boven-Slochteren Laagpakket. Ook enkele breuklijnen en verschuivingen in deze laag zijn zichtbaar; zo wordt het L7-F-reservoir begrensd door breuken aan beide zijden. De bovenliggende Zechstein-formatie bestaat uit ondoordringbaar zout dat als natuurlijke afsluiting fungeert.

Deze data van het seismisch onderzoek maakt het mogelijk om een geologisch 3D-model te creëren (zie het plaatje linksboven in Figuur 2-7). Dit model helpt bij het lokaliseren van potentiële gasreservoirs in zandsteenlagen, het identificeren van ondoordringbare aardlagen, en het detecteren van eventuele breuklijnen. Deze informatie is cruciaal voor het kiezen van geschikte locaties voor (proef)boringen.

De tweede fase: Opsporen door middel van een proefboring
Lagen in de ondergrond kunnen lokaal sterk verschillen in vorm en omvang. Dit betekent dat er een reëel risico bestaat dat een boring geen gas oplevert. Ook als er wel gas wordt aangetroffen, kan de hoeveelheid significant afwijken van de verwachtingen. Proefboringen zijn daarom onmisbaar in het exploratieproces.

Bij het opsporen van aardgas spelen proefboringen een cruciale rol. Voordat er besloten wordt tot gaswinning, moet er eerst bewijs zijn via deze boringen; geologische kennis en seismisch onderzoek alleen zijn onvoldoende. Een proefboring kent twee belangrijke doelen. Allereerst zijn ze noodzakelijk om met zekerheid vast te stellen of er winbaar aardgas aanwezig is aangezien de proefboring een nauwkeurig beeld geeft van de daadwerkelijke aanwezigheid, ligging en structuur van gasreserves in een bepaald gebied. In de tweede plaats helpen de resultaten bij het valideren en verfijnen van het geologische model. Dit leidt tot aanpassingen van eerdere veronderstellingen, waardoor een steeds betrouwbaarder beeld ontstaat van de ondergrondse structuren. De gegevens uit een geslaagde proefboring helpen ook bij het bepalen waar productieplatforms het beste kunnen komen en hoe de boorputten ontworpen moeten worden.



Figuur 2-7: Dwarsdoorsnede en bovenaanzicht (linksboven) diepe ondergrond L7-F-veld.

Het lichtgroene tracé in Figuur 2-7 geeft het voorgenomen boortracé van een put (L7-F2) van L7-F weer; het witgele tracé geeft het boortracé van proefboring L7-17-ST1 weer; de overige gekleurde lijnen geven breuken weer. De gele lijn in het bovenaanzicht geeft de locatie van de dwarsdoorsnede aan, op circa vier

kilometer diepte. Let op: dit is een complexe geologische doorsnede; voor een volledige interpretatie is geologische vakkennis vereist. Dit complexe figuur is opgenomen om de lezer een volledig beeld te geven van de geologische structuren die hier worden besproken.

De derde fase: Het winningsproces
De daadwerkelijke gaswinning gebeurt via een productieplatform dat boven het gasveld wordt geplaatst. Dit platform ontsluit het gasreservoir met één of meerdere productieputten. Over het algemeen duurt het tussen de 10 en 35 jaar voordat een winbaar gasveld leeg geproduceerd is.

3 Milieueffectrapportage en wettelijk kader

3.1 Waarom een MER?

De mer[7] is een hulpmiddel bij de besluitvorming over grote projecten of (ruimtelijke) plannen. De initiatiefnemer van een project (in dit geval Eni Energy) moet in dit kader onderzoek uitvoeren naar de verwachte milieueffecten van het voorgenomen project en eventuele alternatieven. In dit onderzoek moet ook aandacht worden besteed aan maatregelen die genomen kunnen worden om milieueffecten te voorkomen of, indien dit niet mogelijk is, te beperken. Het resultaat van dit onderzoek is vastgelegd in dit milieueffectrapport (MER). Hierdoor krijgen belanghebbenden inzicht in de milieueffecten van het project en kan het milieubelang, naast de overige belangen, een volwaardige rol spelen bij de besluitvorming over het projectbesluit en de omgevingsvergunning(en).

3.2 De mer-procedure

De milieueffectrapportage en -procedure zijn wettelijk geregeld in afdeling 16.4 Milieueffectrapportage van de Omgevingswet (verder: Ow) en hoofdstuk 11 Milieueffectrapportage van het Omgevingsbesluit (verder: Ob). In Bijlage V bij het Ob is bepaald in welke gevallen een milieueffectrapportage moet worden opgesteld en in welke gevallen een mer-beoordelingsplicht geldt. Voor het L7-F project zijn de onderdelen van Bijlage V, zoals weergegeven in Tabel 3-1, van belang.

Tabel 3-1: Categorieën in bijlage V bij het Ob.

Categorie	Omschrijving activiteit in Bijlage V Ob	Beknopte vergelijking met de voorgenomen activiteit
B3	Ondergrondse mijnbouw, met inbegrip van oppervlakte-installaties: een winning die betrekking heeft op een gewonnen hoeveelheid van > 500.000 m^3 aardgas/dag.	Voor L7-F is sprake van de winning van aardgas in een volume dat groter is dan 0,5 miljoen m^3 per dag. Om die reden is er een MER-plicht.
B4	Diepboringen.	Voor het maken van de putten worden diepboringen uitgevoerd. Voor een diepboring geldt een plicht tot mer-beoordeling. De diepboringen komen evengoed aan bod in dit MER, waardoor de plicht tot een separate mer-beoordeling vervalt.
J9	(De aanleg van een) Buisleiding voor het transport van aardgas met een diameter van meer dan 0,8 m en een lengte van meer dan 40 km.	De diameter en lengte van de aan te leggen buisleiding is kleiner respectievelijk korter. Er geldt een plicht tot mer-beoordeling. De buisleiding komt evengoed aan bod in dit MER, waardoor de plicht tot een separate mer-beoordeling vervalt.

[7] *Er is onderscheid gemaakt tussen de termen 'mer' (kleine letters) en 'MER' (hoofdletters). De term 'mer' staat voor de milieueffectrapportageprocedure en de term 'MER' betreft het milieueffectrapport.*

Dit MER bevat de informatie zoals aangegeven in artikel 11.16 van het Ob. Tabel 3-2 geeft een overzicht waar in dit document de in artikel 11.16 gevraagde informatie te vinden is.

Tabel 3-2: Overzicht vereiste informatie MER

Re	Vereiste informatie project-MER	Verwijzing
a.	Een beschrijving van het project;	H 2, 5
b.	Een beschrijving van de redelijke alternatieven voor het project en de specifieke kenmerken ervan, met inbegrip van een vergelijking van de milieueffecten, en een motivering voor de gekozen optie in het licht van de milieueffecten;	H 6
c.	Een beschrijving van de relevante aspecten van de bestaande staat of kwaliteit van het milieu en de mogelijke ontwikkelingen daarvan als het project niet wordt uitgevoerd voor zover natuurlijke veranderingen redelijkerwijs kunnen worden beoordeeld op basis van beschikbare milieu-informatie en wetenschappelijke kennis;	H 77
d.	Een beschrijving van de factoren bevolking, gezondheid, biodiversiteit, land, bodem, water, lucht, klimaat, materiële goederen, cultureel erfgoed en landschap, waarop het project aanzienlijke milieueffecten kan hebben, en de samenhang daartussen;	H 77
e.	Een beschrijving van de mogelijk aanzienlijke milieueffecten van het project;	H 77
f.	Een beschrijving van de methoden of bewijsstukken die zijn gebruikt voor de identificatie en de beoordeling van de aanzienlijke milieueffecten, met inbegrip van de moeilijkheden die bij het verzamelen van de vereiste informatie zijn ondervonden;	H 7, 97
g.	Een beschrijving van de kenmerken van het project en de voorgenomen maatregelen om alle beschreven aanzienlijke nadelige milieueffecten te vermijden, te voorkomen, te beperken en, als dat mogelijk is, te compenseren en, voor zover van toepassing, van voorgestelde monitoringsmaatregelen en procedures voor monitoring;	H 5, 57 en 88
h.	Een beschrijving van de verwachte aanzienlijke nadelige milieueffecten van het project die voortvloeien uit de kwetsbaarheid van het project voor risico's op zware ongevallen of rampen;	H 88
i.	Een niet-technische samenvatting van de op grond van de onderdelen a tot en met h verstrekte informatie;	Publieks-samenvat-ting
j.	Een referentielijst waarin de bronnen worden vermeld die zijn gebruikt voor de in het milieueffectrapport opgenomen beschrijvingen en beoordelingen.	Bijlage 1

In dit MER onderzoekt Eni Energy de milieueffecten van de voorgenomen activiteit. Hierbij worden de effecten beschouwd van de aanleg van de offshore installatie, de pijpleiding en van de winning van het gas. Daarnaast wordt ingegaan op de beëindiging van de gasproductie en afsluiting van de putten. Voor het project L7-F zijn — gelet op de ligging en de verwachte milieueffecten — geen grensoverschrijdende effecten aan de orde. De minister van KGG en de minister van VRO zijn het bevoegd gezag voor het projectbesluit en daarmee ook voor het MER. Het MER is een openbaar document waarop inspraak door het publiek mogelijk is. De minister van KGG en de minister van LVVN zijn het bevoegd gezag voor de verbonden vergunningen.

De projectprocedure en de mer-procedure voor L7-F doorlopen een aantal stappen:

- De kennisgeving inzake het projectvoornemen, de kennisgeving participatie en de concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (concept-NRD) worden gepubliceerd.

- De zienswijzen, reacties en adviezen op de c-NRD worden meegenomen bij het vaststellen van de NRD door de Minister van KGG.
- De vaststelling van de NRD wordt bekendgemaakt door kennisgeving in de Staatscourant.
- Opstellen van het MER.
- Opstellen van de vergunningsaanvragen.
- Het definitieve MER wordt tezamen met ontwerp-vergunningen en het ontwerp-projectbesluit ter inzage gelegd. Eenieder kan hierop zienswijzen indienen en de Commissie voor de mer kan advies geven.
- Met inachtneming van de ontvangen zienswijzen en het advies van de Commissie voor de mer, neemt de Minister van KGG samen met de minister van VRO het projectbesluit en worden de (omgevings)vergunningen verleend.

3.3 Participatie

Participatie is een belangrijke pijler onder de Ow en houdt in dat belanghebbenden (burgers, bedrijven, maatschappelijke organisaties en bestuursorganen) in een vroegtijdig stadium worden betrokken bij het proces van de besluitvorming over een project of activiteit. Door participatie kunnen tijdig belangen en meningen ter tafel worden gebracht. Eni Energy hecht waarde aan participatie en past dit toe bij project L7-F.

In september 2022 heeft Eni Energy een presentatie gegeven aan het Noordzeeoverleg (NZO) over de exploratieboring L7-17-ST1. Het NZO is een overlegorgaan van de relevante ministeries en de twaalf voornaamste belanghebbenden op de Noordzee in de sectoren energie, voedsel en visserij, natuur en zeevaart. Vanuit de Rijksoverheid nemen de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (verder: I&W), KGG en LVVN deel. In de presentatie heeft Eni Energy ook een doorkijk gegeven naar de winningsfase, voor het geval de exploratieboring succesvol zou zijn. Vanuit het NZO zijn toen (september 2022) geen zorgen geuit of aandachtspunten naar voren gekomen.

Nadat de exploratieboring succesvol was en Eni Energy de locatie wilde ontwikkelen tot een productielocatie, heeft Eni Energy in augustus 2023 informatief overleg gevoerd met verschillende betrokken partijen: Ministerie van KGG, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), de Kustwacht, Rijkswaterstaat (RWS), en Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE) om de ontwikkeling aan te kondigen en toe te lichten.

In oktober 2023 heeft Eni Energy een participatieplan opgesteld. Het voornemen en voorstel voor participatie is te vinden op de website van Bureau Energieprojecten van de RVO: https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/gaswinning-l7-f.
Conform dit plan heeft Eni Energy in de loop van 2025, voor indiening van vergunningaanvragen, vooroverleggen gepleegd met de ministeries van KGG en LVVN en met Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (verder: RVO). In deze periode organiseert Eni Energy een bespreking om de ontwikkeling van de locatie aan het NZO toe te lichten. De zorgen en wensen uit deze besprekingen, kunnen worden meegenomen.

Gelet op de ligging op de Noordzee zijn er geen mensen die in het gebied wonen en dus geen omwonenden die bij de participatie kunnen worden betrokken. Burgers en overige organisaties (en al benaderde partijen) kunnen gebruik maken van de formele inspraakmomenten.

Eni Energy verwacht hiermee te bereiken dat eventuele zorgen en wensen in het voortraject kunnen worden meegenomen, zodat het project geen vertraging ondervindt in de uitvoering.

3.4 Zienswijzen (formele procedure)

Ten aanzien van de mer-procedure kunnen belanghebbenden gedurende een termijn van zes weken zienswijzen indienen op de volgende momenten:

- Bij de publicatie van de concept-NRD:
- Bij de publicatie op het ontwerpbesluit en MER door het bevoegd gezag.

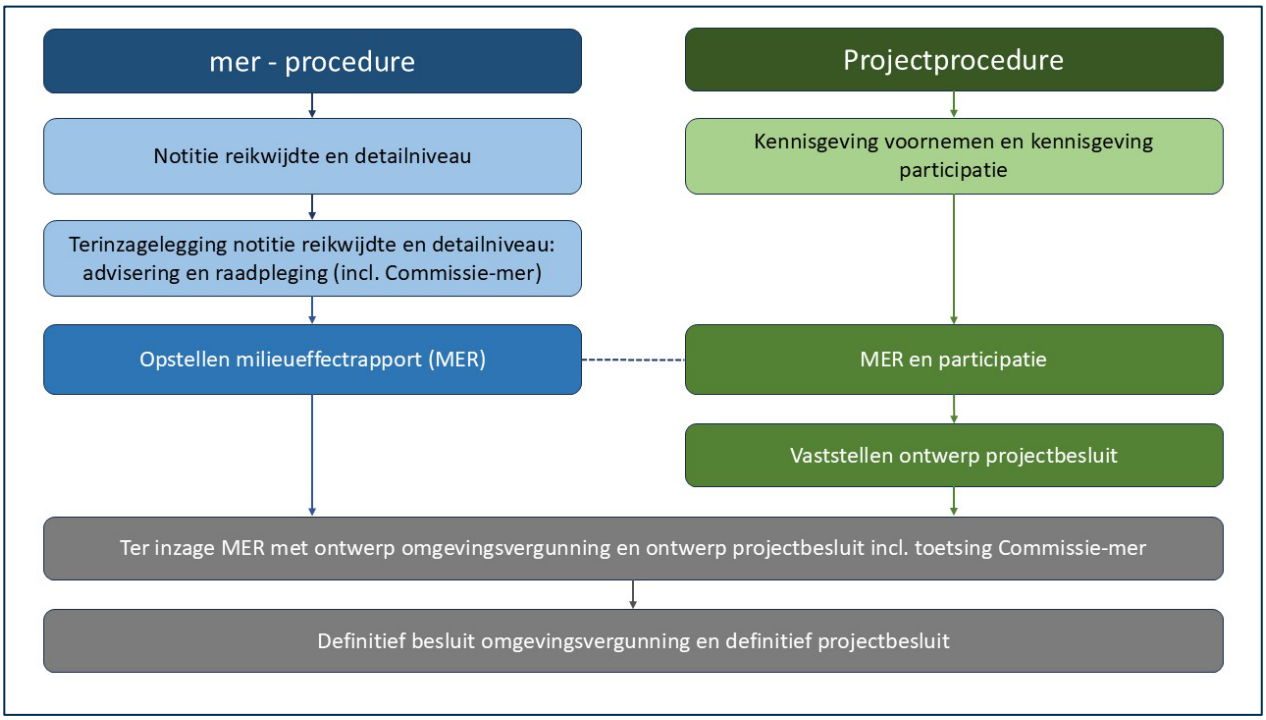
Daarnaast kunnen belanghebbenden beroep aantekenen tegen de besluiten door het bevoegd gezag. Voorafgaand aan een zienswijzenmoment publiceert het bevoegd gezag via een formele publieke kennisgeving de stukken waarop zienswijzen kunnen worden ingediend. Eni Energy heeft contact gehad met de Commissie voor de mer, die heeft aangegeven advies te zullen uitbrengen op basis van het MER als ondersteunend document voor het ontwerp-projectbesluit en de ontwerp-vergunningen.

3.5 Projectbesluit en coördinatiebesluit

Sinds de inwerkingtreding van de Ow op 1 januari 2024 is een projectbesluit vereist voor de aanleg van een mijnbouwwerk ten behoeve van de winning van koolwaterstoffen in of onder een Natura 2000-gebied (artikel 141a, lid 1 onder a van de Mbw en afdeling 5.2 van de Ow). Het projectbesluit is bedoeld om complexe projecten met een publiek belang, zoals de winning van aardgas, mogelijk te maken. Het bevoegd gezag kan vergunningsplichtige activiteiten meteen in het projectbesluit regelen, maar de omgevingsvergunningen kunnen ook door het reguliere bevoegd gezag worden afgehandeld. Bij besluiten ter uitvoering van een verplicht projectbesluit is toepassing van de coördinatieregeling verplicht (artikel 5.45, lid 2 en artikel 5.46 van de Ow). Bij projectbesluiten waarbij een minister in overeenstemming met de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO) bevoegd gezag is, is de eerstgenoemde minister het coördinerend bestuursorgaan (artikel 5.45 van de Ow).

In het onderhavige geval geldt dat een projectbesluit verplicht is en dat benodigde vergunningen door het regulier bevoegd gezag worden afgehandeld. In dit geval zijn dat de ministers van KGG en VRO (voor het projectbesluit) en KGG en LVVN (voor de vergunningen). Daarbij heeft de minister van KGG een coördinerende rol. Bureau Energieprojecten van het RVO coördineert de vergunningverlening van grote energieprojecten, waaronder dit voornemen van Eni Energy.

Voor de uitgebreide mer-procedure en de projectprocedure moeten onderstaande stappen doorlopen worden (Figuur 3-1).



Figuur 3-1: Overzicht mer-procedure en projectprocedure.

Voor het realiseren van de gaswinning L7-F ('het voornemen') zijn vergunningen op grond van zowel de Mbw als de Ow vereist.

3.6 Besluiten op grond van de mijnbouwwetgeving

Omdat de gaswinning dieper reikt dan 100 meter beneden maaiveld, valt dit deel van de activiteit onder de Mbw.

Op grond van artikel 94 van het Mijnbouwbesluit (verder: Mbb) is een vergunning vereist voor de aanleg van de pijpleiding. Omdat de pijpleiding onderdeel uitmaakt van het L7-F project worden de gevolgen van de aanleg van de pijpleiding in dit MER behandeld. De vergunning wordt verleend door de minister van KGG.

Voordat kan worden begonnen met gaswinning, dient Eni Energy ook te beschikken over enkele andere toestemmingen op grond van de Mbw en het Mbb. Deze instemmingen volgen een afzonderlijke procedure en vallen buiten de reikwijdte van dit MER. Om een volledig beeld te schetsen, worden deze instemmingen hier wel genoemd:

- Een winningsvergunning. In aanvulling op de op 11 april 2022 verleende opsporingsvergunning heeft Eni Energy op 29 juli 2024 een aanvraag ingediend voor een winningsvergunning. Een opsporingsvergunning geeft de houder van deze vergunning het recht om in een bepaald gebied delfstoffen op te sporen en een winningsvergunning geeft de houder van deze vergunning het recht om deze te winnen. Dit zijn zogeheten marktreguleringsvergunningen. De Minister van KGG heeft de winningsvergunning verleend op 12 juni 2025.
- Instemming met een winningsplan. Het feitelijk winnen van aardgas onder de winningsvergunning is pas toegestaan nadat de Minister van KGG heeft ingestemd met een zogenaamd winningsplan. Een winningsplan is een document dat de uitvoering en de effecten van de aardgaswinning beschrijft. Een winningsplan gaat onder meer in op de verwachte totale hoeveelheid te winnen aardgas, de jaarlijks te winnen hoeveelheid, de gevolgen van de winning en de maatregelen om

schade te voorkomen. Daarnaast beschrijft een winningsplan de technische aspecten van de winning, zoals de geologie, de kenmerken van het reservoir, de putontwerpen en de monitoring. Een winningsplan moet voldoen aan de voorwaarden die zijn vastgelegd in de Mbw en het Mbb.
- Instemming met het gebruik van de pijpleiding. Deze instemming wordt afgegeven door SodM.
- Een verwijderingsplan (Mbw artikel 44, lid 3). Het verwijderingsplan beschrijft hoe het voorkomen en de putten na afloop van de winning worden afgesloten (Mbb, art. 40a, eerste lid, art 40c). Het verwijderingsplan wordt ingediend bij de Minister van KGG en behoeft de goedkeuring van de Minister van KGG.

3.7 Besluiten op grond van de Omgevingswet

Op grond van de Ow zijn de volgende besluiten nodig:

- Een omgevingsvergunning voor milieubelastende activiteiten (mba) voor:
  - Het aanleggen en exploiteren van een mijnbouwwerk. Deze vergunning is nodig voor het oprichten van het L7-F-platform, voor het ombouwen van exploratieput L7-17-ST1 tot productieput L7-F1 en voor het boren van twee nieuwe putten (L7-F2 en L7-F3);
  - Andere milieubelastende activiteiten die worden verricht op dezelfde locatie die het aanleggen en exploiteren functioneel ondersteunen.
- Een omgevingsvergunning voor een Natura 2000-activiteit die betrekking heeft op het realiseren van een project zoals bedoeld in artikel 6, derde lid, van de habitatrichtlijn dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van een Natura 2000-gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied.
- Een omgevingsvergunning voor een flora- en fauna-activiteit. Dit is een activiteit met mogelijk gevolgen voor van nature in het wild levende dieren of planten.

De omgevingsvergunning voor de mba wordt in dit geval verleend door de minister van KGG. De minister van LVVN is verantwoordelijk voor de omgevingsvergunningen voor de Natura 2000-activiteit en de flora- en fauna-activiteit. Omdat voor het L7-F-project de procedure van het projectbesluit wordt gevolgd, coördineert de minister van KGG de procedure en de besluitvorming.

3.8 Overige relevante regels L7-F project

3.8.1 Het Natura 2000-beheerplan Friese Front

Om de specifieke natuurwaarden van het Natura 2000-gebied het Friese Front te beschermen, is het Natura 2000-beheerplan Friese Front (2023-2029) (het Beheerplan) opgesteld. Het Friese Front is een open zeegebied in de EEZ ten noorden van de Waddeneilanden op een afstand van ongeveer 75 km uit de kust. Het gebied heeft een oppervlakte van circa 2.880 km^2. Het Friese Front is op 15 juni 2016 door de minister van Economische Zaken in overeenstemming met de minister van Infrastructuur en Waterstaat aangewezen als Vogelrichtlijngebied voor de vogelsoort zeekoet. Binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied geldt als algemene exclavering dat bestaande bebouwing of bouwwerken, waaronder mijnbouwinstallaties ten behoeve van olie- en gaswinning (inclusief pijpleidingen), geen deel uitmaken van het aangewezen gebied.

Menselijke activiteiten op het Friese Front hebben in meer of mindere mate invloed op de natuurwaarden in het gebied. In het Natura 2000-gebied Friese Front bestaan die activiteiten voornamelijk uit scheepvaart, visserij en mijnbouwwerkzaamheden met betrekking tot gaswinning.

Huidige en toekomstige activiteiten
Natura 2000-beheerplannen gaan in principe over huidige activiteiten, de effecten daarvan op de instandhoudingsdoelstellingen en maatregelen om de instandhoudingsdoelstellingen te realiseren. Om te bepalen of de realisatie van de doelstelling wordt belemmerd door menselijke activiteiten in het gebied zijn de huidige activiteiten geïnventariseerd en is getoetst wat de effecten van deze activiteiten zijn op de Natura 2000-instandhoudingsdoelstelling. Activiteiten die op het moment van toetsing ten behoeve van het beheerplan geen significant negatieve effecten hadden, kunnen ongewijzigd worden voortgezet, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat hun mogelijke negatieve effect nog niet tot uiting gekomen kan zijn in de actuele lokale toestand waarin de betreffende soort zich bevindt.

Voor ieder toekomstig initiatief moet een ecologische voortoets worden uitgevoerd. Indien op basis daarvan niet met zekerheid kan worden uitgesloten dat significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van een Natura 2000-gebied optreden, is een passende beoordeling vereist en moet een natuurvergunning worden aangevraagd. Als uit deze beoordeling blijkt dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet worden aangetast, kan een vergunning worden verleend, eventueel onder voorwaarden, zoals de verplichte toepassing van mitigerende maatregelen. Indien ook met mitigerende maatregelen nog sprake is van mogelijke significante effecten, dan kan de vergunning alleen worden verleend indien wordt voldaan aan de voorwaarden van de ADC-toets: er zijn geen alternatieven, er is sprake van dwingende redenen van groot openbaar belang en er wordt adequate compensatie getroffen.

Olie – en gaswinning in het Beheerplan
Ten behoeve van gaswinning zijn enkele tientallen boven- en onderwaterplatforms aanwezig in en rondom het Natura 2000-gebied Friese Front. De aanwezigheid van deze platforms zorgt, naast het ruimtegebruik, ook voor meer scheepvaart- en vliegverkeer (helikopters). Het is de verwachting dat olie- en gaswinning op de Noordzee op de langere termijn zal afnemen. Enerzijds door het uitputten van olie- en gasvoorraden, anderzijds is in het Noordzeeakkoord afgesproken dat gaswinning in Natura 2000-gebieden wordt uitgefaseerd. In de toekomst wordt, in verband met de energietransitie, meer energie uit wind op zee ontwikkeld. In de toekomstscenario's is rekening gehouden met CO_2-opslag in de velden op zee. Offshore winning van olie en gas neemt in de scenario's af tot nul in 2050. Dit is in overeenstemming met de huidige inzichten over winning van gas uit de zogenoemde kleine velden.

Bestaande platforms
Om te bepalen of de realisatie van de doelstelling van het Beheerplan wordt belemmerd door menselijke activiteiten in het gebied zijn de huidige activiteiten geïnventariseerd en is getoetst wat de effecten van deze activiteiten zijn op de Natura 2000-instandhoudingsdoelstelling. Het merendeel van de huidige activiteiten in het Natura 2000-gebied Friese Front die gereguleerd worden via de Omgevingswet, heeft geen significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstelling. Activiteiten waarvan niet uitgesloten kan worden dat ze significant (negatieve) effecten veroorzaken op de instandhoudingsdoelstelling, zijn in beginsel vergunningplichtig in het kader van de Omgevingswet.

In een Natura 2000-beheerplan bestaat de mogelijkheid om dergelijke activiteiten van deze vergunningplicht vrij te stellen indien in een (als passende beoordeling te beschouwen) toets is vastgesteld dat, al dan niet dankzij mitigerende voorwaarden, dergelijke significante effecten uitgesloten kunnen worden. Om duidelijk te maken wat op een activiteit van toepassing is, zijn activiteiten ingedeeld in categorieën. Het gaat om de volgende vier categorieën:

1. Vrijgestelde vergunningplichtige activiteiten, zonder specifieke voorwaarden;
2. Vrijgestelde vergunningplichtige activiteiten, mét specifieke voorwaarden;
3. Vergunningplichtige activiteiten die (afzonderlijk) vergunningplichtig blijven;
4. Niet-vergunningplichtige activiteiten, wel mitigatie vereist.

De normale bedrijfsvoering van bestaande mijnbouwinstallaties valt in categorie 2. Onder de normale bedrijfsvoering van productieplatforms wordt verstaan: de ‘dagelijkse activiteiten’ waarbij geluid en licht worden geproduceerd en activiteiten zoals de lozing van regen-, spoel- en schrobwater, aangroeiwering, corrosiepreventie en lozing van sanitair afvalwater. Het onderwatergeluid tijdens de productiefase is gering en beperkt zich tot de zeer directe omgeving van het platform. Voor de aan- en afvoer van materiaal en voor onderhoud van de installaties worden schepen en helikopters ingezet. Helikopters en schepen gaan enkele malen per week naar productieplatforms, waarbij zoveel mogelijk wordt geprobeerd om vluchten en vaartuigen te combineren om kosten te sparen en effecten te voorkómen. De aan- en afvoer van mensen en materieel door schepen en helikopters vindt regelmatig plaats, maar is doorgaans kortdurend en beperkt zich tot de directe omgeving van het platform. Daarbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van scheepvaart- en vliegroutes en zo min mogelijk lager gevlogen dan 450 m.

Zoals gesteld in het Beheerplan voor het Natura 2000-gebied Friese Front zijn de effecten van de normale bedrijfsvoering van de mijnbouwsector klein wanneer de volgende voorwaarden worden opgevolgd:

- De concentraties van olie en chemicaliën in lozing van productiewater, regen-, spoel- en schrobwater en sanitair afvalwater dienen te voldoen aan artikel 9.1 van de Mijnbouwregeling (verder: Mbr) en artikel 80 van het Mbb.
- Afval (zoals o.a. plastic en huishoudelijk afval) en andere afvalstoffen (met uitzondering van productiewater en regen-, spoel- en schrobwater) mogen niet geloosd of gestort worden. Deze voorwaarde is gebaseerd op voorschriften uit bestaand beleid zoals vastgesteld in het Mbb art. 80.
- Vaarbewegingen van werkverkeer naar en van de platforms vinden zoveel mogelijk buiten de periode van juli tot en met oktober plaats.
- Wanneer het toch noodzakelijk is om voor aan- en afvoer van materiaal of voor onderhoud de installaties in het Natura 2000-gebied Friese Front met een schip te bezoeken in de periode juli-oktober, dan wordt gebruik gemaakt van de scheepvaartroute en de route daarbuiten zo kort mogelijk gehouden. Wanneer dit niet mogelijk is, wordt omgevaren om het Natura 2000-gebied Friese Front zo kort mogelijk te doorkruisen.

Nieuwe platforms
Er zijn ook vergunningplichtige activiteiten die niet zijn vrijgesteld in dit beheerplan en dus vergunningplichtig blijven. Deze activiteiten vallen in categorie 3 (zie hierboven). Voor de Mijnbouw gaat het dan, onder meer, om (proef)boringen en het plaatsen en verwijderen van platforms.

Alle mijnbouwactiviteiten die gerelateerd zijn aan het opsporen van aardgas- en aardolievoorraden en de aanleg van nieuwe constructies zijn vergunningplichtig. Bij (proef)boringen en plaatsen of verwijderen van platforms, inclusief het aanleggen en verwijderen van kabels en leidingen kan sprake zijn van ernstige verstoring door geluid op de zeekoet. Daarnaast kunnen de werkzaamheden leiden tot verstoring van de zeekoet door de aanwezigheid van menselijke activiteiten, met name door vaarbewegingen. De mate van impact op de instandhoudingsdoelstelling kan per activiteit en locatie verschillen. Daarom blijven deze activiteiten vergunningplichtig in het kader van de Omgevingswet.

De aanleg en verwijdering van kabels en leidingen is een vergunningplichtige activiteit. De verwijderingsplicht is onderdeel van de vergunning. Door de werkzaamheden kan onder andere sprake zijn van verstoring van zeekoeten en van vertroebeling, wat weer een effect kan hebben op de voedselbeschikbaarheid van de zeekoet. De mate van impact op de instandhoudingsdoelstelling kan per activiteit en locatie verschillen. Daarom blijven ook deze activiteiten vergunningplichtig in het kader van de Omgevingswet.

Gaswinning L7-F
Het Beheerplan staat niet in de weg aan de ontwikkeling van een nieuw platform, zoals het L7-F platform. Uit het Beheerplan volgt immers expliciet dat nieuwe mijnbouwactiviteiten in categorie 3 vallen en vergunningplichtig zijn. Eni Energy doorloopt thans de procedures om de vergunningen te verkrijgen. Realisatie van het project is evenmin in strijd met de verwachting dat olie- en gaswinning op de Noordzee op de langere termijn zal afnemen. Eni Energy gaat ervan uit dat de winning van het L7-F platform 10 tot 15 jaar zal duren. Dit betekent dat het platform begin jaren 2040 weer zal worden verwijderd. Dit is passend binnen de in het Beheerplan genoemde doorkijk dat offshore winning van gas is afgenomen tot nul in 2050.

3.8.2 Methaanverordening

Op 15 juli 2024 is de Methaanverordening gepubliceerd in het publicatieblad van de Europese Unie (EU). Het doel van de verordening is om de methaanuitstoot in de energievoorzieningsketen in de EU effectief te verminderen. De regels die in de verordening staan, zijn rechtstreeks werkend en gelden vanaf 4 augustus 2024.

De focus van deze verordening ligt in eerste instantie op het verminderen van methaan omdat methaanemissies sterk bijdragen aan het versterkte broeikaseffect van onze atmosfeer. De verordening richt zich op het terugdringen van deze emissies door eisen te stellen aan installaties. Tevens bevat de verordening eisen ten aanzien van het monitoren van methaanemissies, en vervolgens op het opsporen en dichten van methaanlekkages. De verordening is onder andere van toepassing op de productie, behandeling en transport van aardgas. Methaanemissies moeten worden gerapporteerd bij een toezichthouder en er zullen maatregelen moeten worden genomen om methaanemissies tot een minimum te beperken. Hierdoor is de toepassing van enkele technieken met methaanuitstoot verboden als er een schoner alternatief bestaat.

De voorbereidingen voor de uitvoering van de verordening in Nederland lopen. Het ministerie van KGG werkt aan een zogenoemd Besluit voorlopige aanwijzing bevoegde instanties methaanverordening. Met dit besluit wordt duidelijk hoe het toezicht en de handhaving in het kader van de Methaanverordening in Nederland wordt ingericht. De verordening stelt dat Nederland tot 6 maanden na inwerkingtreding van de verordening de tijd heeft om de Europese Commissie op de hoogte te stellen van welke toezichthouders Nederland zal inzetten. Toezichthouders hebben op hun beurt tijd nodig om hun toezicht en handhaving in te richten. Zij zullen hierover met de betrokken sectoren (waaronder de sector waar Eni Energy deel van uit maakt) in nauw contact staan. Dit neemt niet weg dat de verordening van toepassing is op de activiteiten van Eni Energy bij L7-F en dat Eni Energy daaraan uitvoering geeft.

In de EU Methaanverordening (2024/1787) is als uitgangspunt opgenomen dat routinematig affakkelen (en afblazen) verboden is (artikel 15, eerste lid). Afblazen of affakkelen is alleen toegestaan in een noodgeval of bij een defect (artikel 15, tweede lid). Gelet op het derde lid bij artikel 15 van de EU Methaanverordening is affakkelen slechts toegestaan indien dit onvermijdbaar en strikt noodzakelijk is en onderworpen is aan de rapportageverplichtingen van artikel 16. Afblazen en affakkelen worden als onvermijdbaar en strikt noodzakelijk beschouwd in de specifieke situaties als genoemd onder sub a t/m k, waarin afblazen of affakkelen, naargelang het geval, niet volledig kan worden uitgesloten of om veiligheidsredenen noodzakelijk is.

Als eerste stap in het proces om het afblazen van methaan zoveel mogelijk te voorkomen, heeft Eni Energy de afgelopen jaren diverse maatregelen getroffen op de (voor L7-F bestemde) E17-A topside:

- De vloeistoffen (water en condensaat) worden snel verdampt. Het vrijkomende gas wordt als brandstof voor de generatoren wordt gebruikt.
- De vents worden schoongemaakt met stikstof.

- Het flash gas wat vrijkomt in het glycol process wordt verbrand in de “overhead vapour combuster” (OVC). De warmte die hierbij vrijkomt wordt nuttig gebruikt in het glycol process.

Deze maatregelen hebben ertoe geleid dat op de E17-A topside, op één uitzondering na, geen sprake meer is van continue methaanemissies. Ook deze laatste stroom wordt aangepakt en nuttig gebruikt in de OVC.

Wat resteert zijn incidentele methaanemissies die vrijkomen bij reparaties en onderhoudswerkzaamheden, waarbij het gasvrij maken van installaties om veiligheidsredenen noodzakelijk is. Eni Energy acht deze emissies onvermijdbaar en strikt noodzakelijk in de zin van artikel 15, lid 3, sub e, van de Verordening. Eni Energy zet zich er onverminderd voor in om te onderzoeken of ook de resterende incidentele emissies door middel van technische aanpassingen kunnen worden voorkomen. Dit is een doorlopend proces dat afhankelijk is van voortschrijdende inzichten in en verbeteringen van de stand der techniek. Als zich een technische mogelijkheid voordoet om het afblazen van methaan ook in deze situaties te voorkomen, zal Eni Energy bezien of het treffen van aanvullende maatregelen mogelijk is.

Zoals aangegeven staat de Verordening afblazen bij uitzondering toe, maar geeft zij de voorkeur aan affakkelen. In Nederland is het echter bestendige praktijk dat in de jaren ’90 van de vorige eeuw de meeste fakkels op offshore platformen zijn verwijderd, mede om verstoring van de vogeltrek te voorkomen. Dit betekent dat op de meeste platformen geen vaste fakkelinstallaties aanwezig zijn (zie o.a. de concept-Memorie van Toelichting op de Uitvoeringswet methaanverordening, p. 6; Tweede Kamer, vergaderjaar 2021–2022, 22 112, nr. 3351, p. 5, 7; Tweede Kamer, vergaderjaar 2022–2023, 21 501-33, nr. 996, p. 3–4). Deze praktijk is ook in lijn met Europese natuurregelgeving. Gelet hierop zal op het L7-F platform geen vaste fakkelinstallatie aanwezig zijn en is Eni Energy niet voornemens een dergelijke installatie te plaatsen.

Hierbij heeft Eni Energy onderstaande overwegingen in acht genomen op grond van artikel 15, lid 6 van de Methaanverordening:

- **Opnieuw injecteren van methaan**
  Het her-injecteren van gas is op een offshore platform over het algemeen niet mogelijk vanwege ruimtegebrek. De putten die aangesloten zijn op het L7-F platform staan allemaal onder hoge druk. Om her-injectie mogelijk te maken is een compressor nodig die enige honderden bars kan produceren om het gas, dat vrijkomt bij het afblazen in geval van onderhoud of reparatie, op eenzelfde hoge druk te brengen. In dit proces wordt zo veel warmte geproduceerd dat er ook extra koelers en vaten geïnstalleerd moeten worden. Een dergelijke installatie is dusdanig groot dat dit niet inpasbaar is op het L7-F platform.

- **Gebruiken op locatie en opslaan voor later gebruik**
  Het uitgangspunt is dat tijdens onderhouds- en reparatiewerkzaamheden het platform drukvrij wordt gemaakt en er dus geen koolwaterstoffen op het platform aanwezig zijn. Dit is een belangrijke maatregel die ervoor zorgt dat alle werkzaamheden veilig kunnen worden uitgevoerd. Omdat het platform in deze periode vrij is van koolwaterstoffen, is er dus ook geen gas nodig voor gebruik op locatie. Los van de technische en ruimtelijke beperkingen voor de extra opslag van gas op offshore platforms, introduceert het opslaan van ventgas op een offshore platform tijdens onderhouds- en reparatiewerkzaamheden een extra veiligheidsrisico dat Eni Energy niet verantwoord acht.

- **Verzenden naar een markt**
  Het exporteren van gas en/of condensaat vanaf het platform is slechts mogelijk via de bestaande pijpleiding. Om dit mogelijk te maken voor het vrijgekomen ventgas zou een additionele compressor geïnstalleerd moeten worden, die het gas comprimeert en vervolgens in de leiding perst. Om een dergelijke druk te creëren is een multi-traps compressor nodig met vaten en koelers in iedere stap. Hoewel deze installatie

kleiner is dan de hiervoor genoemde installatie voor her-injectie van gas, zal een dergelijke compressor nog steeds een significante beperking zijn van de beschikbare ruimte op een offshore platform en zeker op L7-F. Dit betekent minder loopruimte en minder ruimte voor opslag van materialen, waardoor er meer logistieke bewegingen plaats moeten vinden met additionele emissies van dien. Bovendien zal ook vanwege de veiligheid het gas uit de compressor installatie weer afgeblazen moeten worden bij het drukvrij maken van het platform voorafgaand aan onderhouds- en reparatiewerkzaamheden

3.9 Samenvatting benodigde besluiten L7-F project

Tabel 3-3 bevat een overzicht van de belangrijkste besluiten die nodig zijn om het project te realiseren. Dit MER dient ter onderbouwing van de **vetgedrukte** besluiten in het eerste deel; de overige besluiten worden weergegeven voor de volledigheid.

Tabel 3-3: Overzicht besluiten die aan de orde zijn voor L7-F.

Besluit / vergunning	Wetgeving	Bevoegd gezag	Toelichting
Projectbesluit	Mijnbouwwet art. 141a, lid 1, sub a Omgevingswet art. 5.44, lid 1	Minister van KGG en VRO	Een projectbesluit is aan de orde voor gaswinning onder een Natura 2000-gebied.
Coördinatiebesluit	Omgevingswet art. 5.45, lid 2 en art. 5.46	Minister van KGG	Van toepassing is de coördinatieregeling uit de Algemene wet bestuursrecht (afd. 3.5).
Omgevingsvergunning milieubelastende activiteit: • **Aanleggen en exploiteren van een mijnbouwwerk** • **Functioneel ondersteunende activiteiten**	Omgevingswet art. 5.1, lid 2, sub b, Besluit activiteiten leefomgeving: art. 3.320, lid 1 en lid 2	Minister van KGG	-
Omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit	Omgevingswet art. 5.1, lid 1, sub e	Minister van LVVN	
Omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit	Omgevingswet art. 5.1, lid 2, sub g	Minister van LVVN	
Vergunning voor aanleg pijpleiding	Mijnbouwbesluit art. 94	Minister van KGG	Pijpleiding tussen platform L7-F en NOGAT-leiding.
Overige besluiten			
Winningsvergunning	Mijnbouwwet art. 6, sub b	Minister van KGG	Vergunning om aardgas te winnen in het aangegeven gebied.
Winningsplan	Mijnbouwwet art. 34	Minister van KGG	Een beschrijving van de winningsactiviteit, reservoirkenmerken, risico's en beheersmaatregelen tijdens de winning, onderhoud, abandonnering en zorg na beëindiging.
Instemming gebruik pijpleiding	Mijnbouwbesluit art. 97	Minister van KGG; Inspecteur-generaal der mijnen	Verbinding tussen platform L7-F en NOGAT-leiding.
Instemming plaatsen uitsluitend voor winning bestemde mijnbouwinstallatie	Mijnbouwbesluit art. 55, lid 1	Minister van KGG	-
Verwijderingsplan	Mijnbouwwet art. 44 lid 3 Mijnbouwbesluit art. 40a lid 1	Minister van KGG	Beschrijving van het abandonneren van locatie en reservoir en de wijze waarop.

4 Nut en noodzaak

4.1 Introductie

Dit hoofdstuk gaat in op het nut en de noodzaak voor de gaswinning L7-F. Gestart wordt met een beschrijving van het Nederlandse energiebeleid. Dat energiebeleid vormt de drager voor gaswinning uit kleine velden onder de Noordzee. Hierna wordt ingegaan op de ligging van L7-F in het Natrura2000 gebied Friese Front.

Aardgas speelt een cruciale rol in het Nederlands energiesysteem. Aardgas is de belangrijkste primaire energiebron. Het wordt gebruikt om huizen te verwarmen, elektriciteit te genereren en dient als grond- en brandstof in de industrie. Aardgas wordt gezien als een belangrijke brandstof in de transitie naar een energievoorziening op basis van hernieuwbare bronnen, omdat aardgas flexibel inzetbaar is en een relatief schone fossiele energiebron is. Het gebruik van aardgas — en dan met name Nederlands gas — geeft minder uitstoot van CO_2 en minder vervuilende stoffen dan het gebruik van steenkool of olie.

De winning van aardgas is maatschappelijk en politiek een onderwerp waar veel aandacht voor is. De gaswinning uit het Groningerveld is definitief gestopt, maar de binnenlandse vraag naar aardgas is nog steeds hoog. Nederland is hierdoor afhankelijk geworden van import uit het buitenland. Dit ondanks dat mijnbouwbedrijven nog steeds aardgas winnen uit meer dan tweehonderd kleine Nederlandse gasvelden op land en op zee. Het beleid is erop gericht om deze gasvelden economisch rendabel te maken en zo de Nederlandse gasproductie te versterken en de afhankelijkheid van buitenlands gas te verminderen. In het kleineveldenbeleid is onder andere geregeld dat mijnbouwbedrijven gas mogen winnen uit kleine gasvelden, zolang dat veilig kan. Het toezicht op de gaswinning in Nederland wordt uitgeoefend door Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

4.2 Het Nederlandse energiebeleid

Het Rijk streeft ernaar om – binnen randvoorwaarden van veiligheid, natuur, milieu en ruimte – de binnenlandse gasproductie de komende jaren zoveel mogelijk op peil te houden. Die productie moet komen door winning van gas uit de kleine velden onder de Noordzee. In dit kader heeft de minister van (toen nog) Economische Zaken en Klimaat (EZK) in zijn Kamerbrief van 30 mei 2018 aangegeven dat hij inzet op verdere gaswinning uit kleine velden in Nederland en op het NCP om import van gas te beperken:

"*zelf winnen is beter voor het klimaat, beter voor de werkgelegenheid en de economie, beter voor het behoud van de aanwezige kennis van de diepe ondergrond en van de aanwezige gasinfrastructuur, en ook beter geopolitiek*".

Door het ontwikkelen van nieuwe velden op de Noordzee wordt bereikt dat Nederland minder afhankelijk is van geïmporteerd aardgas. Zo worden de negatieve milieueffecten van de buitenlandse productie en de import van aardgas (deels) vermeden. In een brief aan de Tweede Kamer van maart 2020 heeft de minister nogmaals benadrukt dat:

"het kabinet voorkeur geeft aan gaswinning uit de Nederlandse kleine velden, zowel op land als op zee, omdat dit beter is voor klimaat, werkgelegenheid, economie, behoud van kennis van de diepe ondergrond en aanwezige gasinfrastructuur".

Akkoord voor de Noordzee (2020)
Het Akkoord voor de Noordzee bevat belangrijke afspraken over aardgaswinning in de Noordzee. Volgens dit akkoord blijft gaswinning op de Noordzee mogelijk, echter onder strikte voorwaarden. Een kernpunt is dat de Nederlandse gaswinning op de Noordzee altijd onder het niveau van de binnenlandse

aardgasvraag moet blijven. Het akkoord erkent dat winning van eigen aardgas beter is dan het importeren van buitenlands gas, vanwege klimaatvoordelen en voordelen voor de economie en energieleveringszekerheid. Tegelijkertijd stelt het akkoord dat het Nederlandse energie- en klimaatbeleid, inclusief aardgasgebruik en -winning, te allen tijde in lijn moet zijn met de doelen van het Parijse klimaatakkoord (2016). Voor de gaswinning die nog kan plaatsvinden, gelden strenge ecologische en milieuhygiënische voorwaarden. Ten aanzien van Natura 2000-gebieden staat in het Akkoord onder meer:

"De huidige praktijk dat onder strikte voorwaarden [aardgas] kan worden gewonnen in Natura 2000-gebieden wordt voortgezet. Deze voorwaarden voldoen aan de te formuleren bovenwettelijke Best Beschikbare Technieken voor milieubeschermend en natuurversterkend bouwen en exploiteren zoals in de governance structuur van het NZO periodiek zal worden vastgelegd."

Programma Noordzee 2022-2027
Sinds de definitieve sluiting van het Groningerveld is de noodzaak om de aardgaswinning op de Noordzee te ontwikkelen alleen maar groter geworden. De productie van aardgas uit de kleine velden op de Noordzee is in het Programma Noordzee 2022-2027 aangewezen als een activiteit van nationaal belang. In het Programma Noordzee (2022-2027) staat onder voortzetting bestaand beleid:

"Olie- en gaswinning. Zo veel mogelijk winning van aardgas en -olie uit de Nederlandse velden op de Noordzee zodat het potentieel van voorraden wordt benut, binnen de grenzen van de afspraken van het Parijse Klimaatakkoord."

Met het Programma Noordzee is verder invulling gegeven aan de het beleid rondom aardgaswinning op de Noordzee. Hierin worden voor de gaswinning doel (in termen van omvang) en nut en noodzaak (in het kader van de energietransitie) beschreven. Het programma bevestigt het kabinetsstreven om zo snel mogelijk over te gaan naar een klimaatneutrale energievoorziening, maar dat tot die tijd de voorkeur bestaat voor gaswinning uit Nederlandse velden boven import, vanwege voordelen voor klimaat, werkgelegenheid, economie en kennisbehoud. Verder wordt de opruimplicht voor uitgeproduceerde platforms aangehouden, tenzij deze kunnen worden hergebruikt voor de opslag van waterstof of CO_2. Uitvloeisel van het Programma Noordzee is het rapport 'De Staat van de Noordzee' (2023) waarin ecologische staat van de Noordzee op basis van nationaal en internationaal wetenschappelijk onderzoek is beschreven.

Het rapport beschrijft de staat van de Noordzee en maakt inzichtelijk hoe huidige en toekomstige ontwikkelingen in menselijk gebruik de natuur en ecologie van de Noordzee beïnvloeden. Uit de Staat van de Noordzee blijkt dat onderdelen van het ecosysteem op de Noordzee onder invloed van verschillende factoren, zoals klimaatverandering, vervuiling, windparken en visserij, onder druk staan en dat beschermingsmaatregelen geboden zijn. Ten aanzien van olie- en gaswinning staat in het rapport dat hoewel de winning van delfstoffen is afgenomen, andere activiteiten als visserij, aquacultuur, toerisme en recreatie en hernieuwbare energie zijn toegenomen. Er wordt verwacht dat deze activiteiten richting 2030 nog verder toenemen. Sommige activiteiten (zoals olie- en gaswinning) worden verwacht te stabiliseren. Voor weer andere activiteiten (visserij, scheepvaart en delfstofwinning) is de verwachte ontwikkeling onbekend.

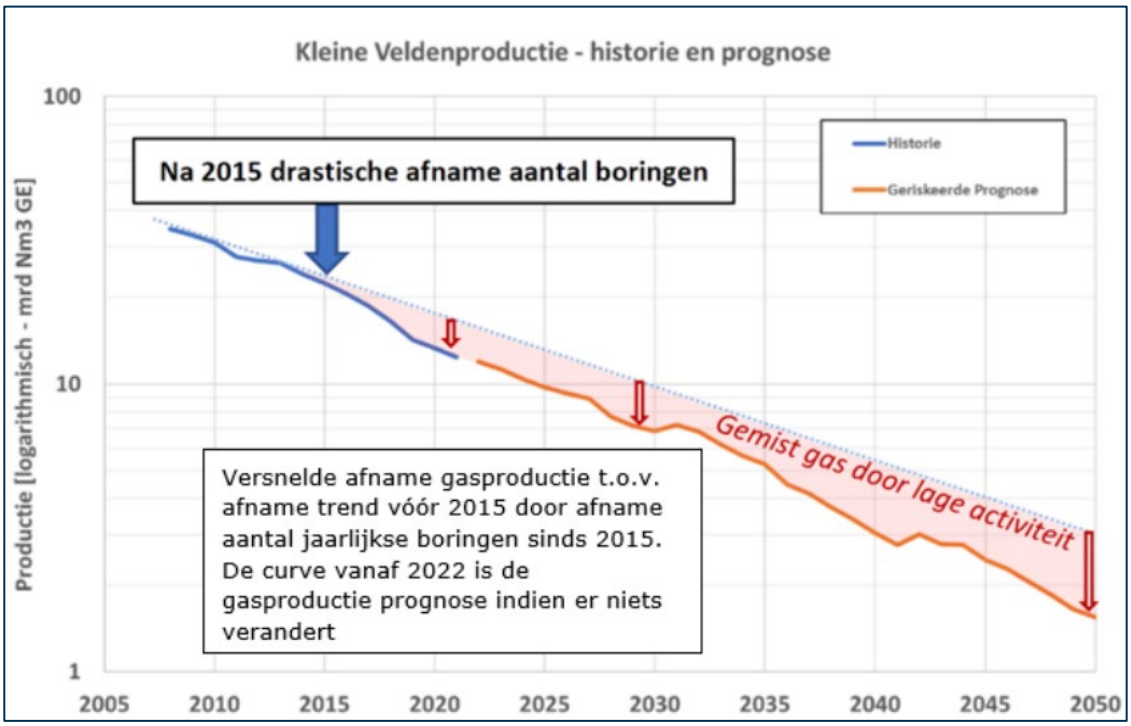
Het L7-F project moet worden gezien in perspectief van de afnemende winning van delfstoffen en de stabiliserende trend van de olie- en gaswinningsactiviteiten op de Noordzee. Eni Energy herkent zich in ieder geval in die afname, omdat het totale aantal putten dat Eni Energy beheert op de Noordzee al enkele jaren daalt en het aantal putten dat wordt verwijderd door Eni Energy groter is dan het aantal nieuwe putten dat wordt geboord. Dit neemt niet weg dat Eni Energy bij de ontwikkeling van het L7-F project gelijktijdig een kans ziet om natuurversterkende maatregelen te nemen (zie paragraaf 5.7).

Het Versnellingsplan gaswinning Noordzee
De leveringszekerheid van aardgas staat onder druk door de oorlog in Oekraïne. De staatsecretaris van EZK beschrijft in zijn Kamerbrief van 15 juli 2022 (DGKE-WO / 22261964) het Versnellingsplan gaswinning Noordzee. Naast besparing is er het opwekken van duurzame energie en vervanging van fossiele energie door andere fossiele energie. Het kabinet kiest er daarbij voor om de daling van de binnenlandse productie van aardgas op de Noordzee af te remmen, de zogenoemde versnelling. Gas gewonnen in Nederland vervangt de import van fossiele energie uit andere landen. Eigen geproduceerd gas heeft als voordeel dat het een aanzienlijk lager niveau van uitstoot van broeikasgassen kent dan geïmporteerd gas.

"*Om de productie uit de Nederlandse kleine velden op zee te vergroten heb ik de afgelopen maanden gewerkt aan een versnellingsplan voor de gaswinning op de Noordzee. In gesprekken met de brancheorganisatie, winningsbedrijven, EBN[8], TNO[9], de Mijnraad en SodM is vastgesteld dat er nog veel mogelijkheden voor gaswinning op de Noordzee zijn. Met een versnelling kan een additionele productie van 2 tot 4 miljard m³ per jaar over een periode van 10 jaar worden bereikt. Het maximale effect kan worden bereikt op een termijn van circa 5 jaar, maar binnen 1 tot 3 jaar is al een versnelling van circa 1 miljard m³ per jaar mogelijk.*"

Ter referentie, in 2021 werd er 12,7 miljard m³ uit de kleine velden geproduceerd (dat is exclusief productie uit het Groningenveld). Met het versnellingsplan kan de verwachte afname van productie op de Noordzee worden beperkt en kan de importafhankelijkheid van aardgas worden verminderd. Zowel TNO als EBN geven aan dat de snel teruggelopen gaswinning van de afgelopen jaren met name komt door een sterke daling in het aantal exploratieboringen. Onderstaande grafiek van EBN toont de dalende trend van de gaswinning uit de kleine velden en bovendien een versnelde afname door een vermindering van het aantal boringen.

[8] *Energiebeheer Nederland, onderneming met de Nederlandse staat als enig aandeelhouder.*
[9] *Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek.*



Figuur 4-1: Afname aardgasproductie — historie en prognose (uit Kamerbrief 15 juli 2022).

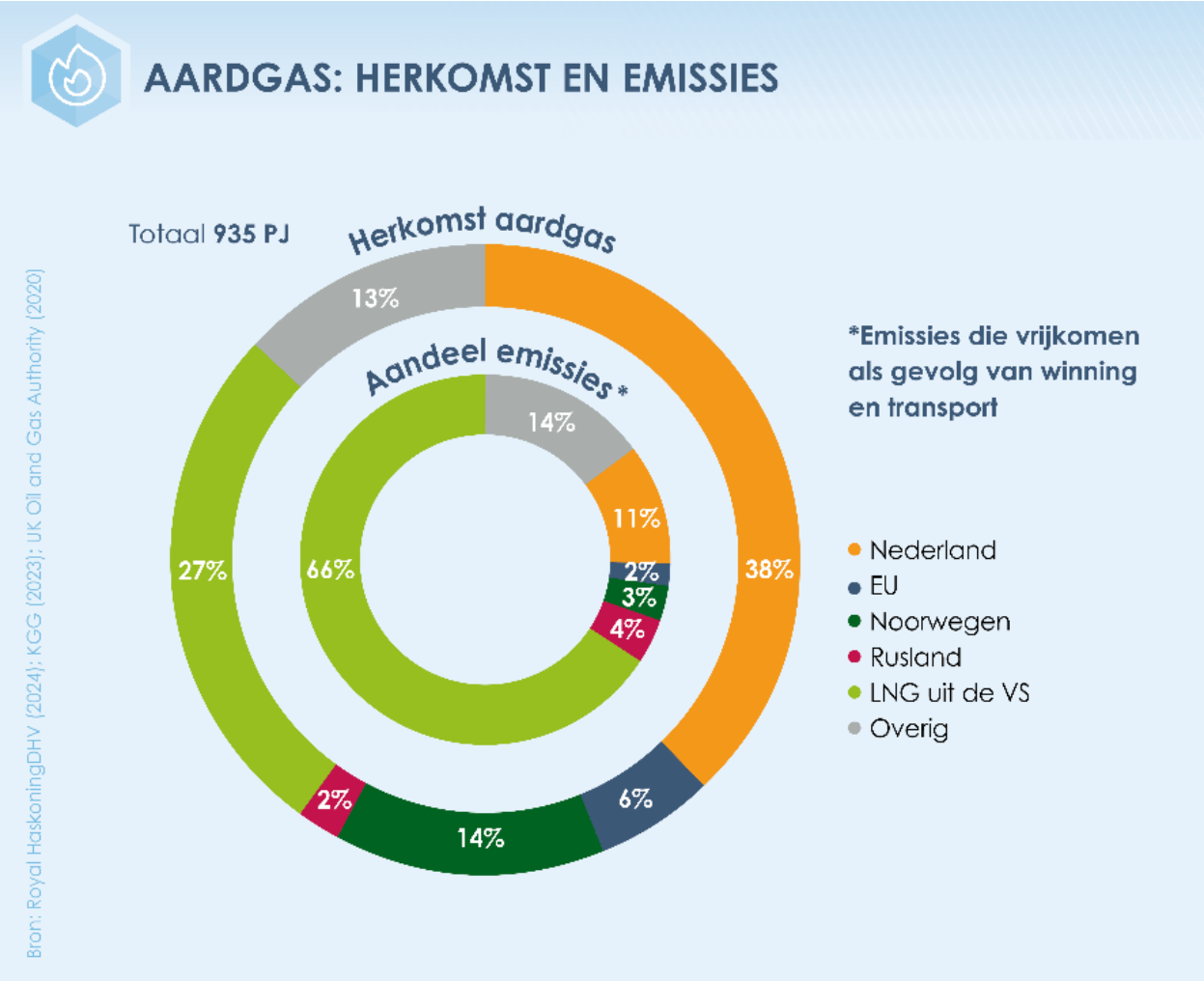
Daarnaast geldt dat de meest economisch aantrekkelijke gasvelden reeds zijn ontwikkeld. De Noordzee heeft niettemin nog veel potentie, maar het ontwikkelen van gasvelden op zee kost tijd en vergt investeringsbereidheid voor de langere termijn. Maatschappelijke weerstand kan leiden tot onvoorspelbare en langdurige vergunningstrajecten met oplopende kosten tot gevolg. Internationale mijnbouwondernemingen geven hierdoor soms de voorkeur aan projecten in andere landen die sneller en met meer zekerheid opgestart kunnen worden, en mede daardoor economisch gunstiger zijn.

De Minister van EZK bestendigt het bestaande beleid in de zogenaamde Contourennota voor de nieuwe Mbw (Kamerbrief van 20 januari 2023, 32 849, nr. 214). Hierin staat:

“In de energietransitie wordt ingezet op besparing en de ontwikkeling van duurzame energie. Gas zal echter, als transitiebrandstof, de komende jaren noodzakelijk blijven. Aardgas speelt nog een belangrijke rol in de Nederlandse energiehuishouding. In (…) De Nederlandse gaswinning op land en op zee levert de komende jaren een belangrijke bijdrage aan de leveringszekerheid. (…) Gas gewonnen in Nederland vervangt deels de import van fossiele energie uit andere landen. Eigen geproduceerd gas heeft in de huidige omstandigheden als voordeel dat het een aanzienlijk lager niveau van uitstoot van broeikasgassen kent dan de alternatieven. (…) Het meest aardgaspotentieel zit op de Noordzee. Het is noodzakelijk dat de winning van aardgas op de Noordzee gestimuleerd wordt. Als dit niet nu gebeurt, dan zal de infrastructuur snel verdwijnen en worden nieuwe ontwikkelingen te duur. Het kabinet heeft uw Kamer daarom deze zomer geïnformeerd over het versnellingsplan op zee”.

In een brief aan de Kamer van 31 januari 2023 (PDGGO-DTDO / 22570040) gaat de staatssecretaris van EZK in op het rapport ‘Gaswinning op de Noordzee - En de afspraken daarover in het Akkoord voor de Noordzee’. De staatssecretaris onderschrijft het rapport. Onderzoek geeft aan dat de Nederlandse aardgasproductie onder de binnenlandse vraag zal blijven. Daarnaast benadrukt het onderzoek dat de emissie die gepaard gaat met de productie en transport van binnenlands geproduceerd aardgas vele malen (zo’n 5 tot 6 keer) lager is dan het meeste gas dat wordt geïmporteerd uit andere landen.

De enige uitzondering hierop vormt aardgas via pijpleidingen uit Noorwegen. Daarom is het beter voor het klimaat om het benodigde gas in Nederland te winnen in plaats van importeren. Onderstaande graphic bevestigt die stelling.



Figuur 4-2: Aardgas, herkomst en emissies (bron: EBN).

Onderwerp in de kamerbrief van 27 september 2023 (PDGGO-DTDO / 37261143) van de staatssecretaris van EZK is het versnellingsplan voor gaswinning Noordzee. Door de oorlog in Oekraïne is de markt verstoord.

Het kabinet *"… kiest er daarom voor om de daling van de binnenlandse productie van aardgas op de Noordzee zoveel mogelijk af te remmen, de zogenoemde versnelling (Kamerstuk 29023-289)." "Met het versnellingsplan […] wordt een bijdrage geleverd aan het beperken van de importafhankelijkheid van aardgas…. [Dit] vergt met name een bestendig beleid met politiek en maatschappelijk draagvlak in combinatie met een gestroomlijnd en voorspelbaar vergunningenproces."*

Recentelijk is het voorgaande (nogmaals) bestendigd in de Kamerbrief van 6 december 2024 (Tweede Kamer, vergaderjaar 2024-2025, 33 529, nr. 1264):

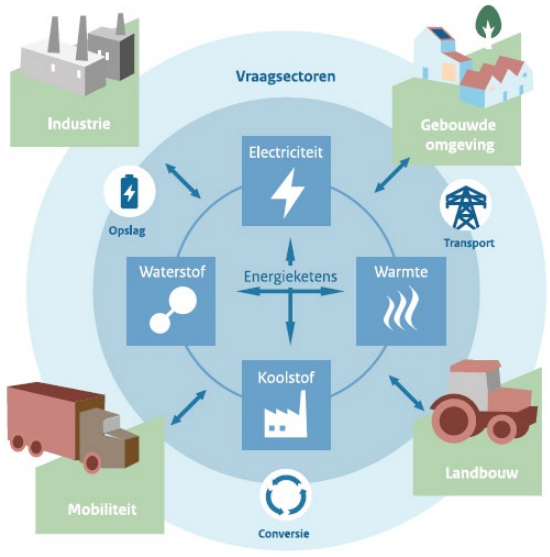
In een drukbevolkt land als Nederland is maatschappelijk draagvlak voor de gaswinning op land niet meer vanzelfsprekend. Het kabinet zet daarom in op gaswinning op de Noordzee. (...) Er is op dit moment

helaas nog niet voldoende duurzame energie beschikbaar en daarbij vormt ook het overvolle elektriciteitsnet een bottleneck om helemaal te stoppen met het gebruik van aardgas. We hebben in Nederland nu nog gas nodig om thuis te koken, douchen en huizen in de winter te verwarmen. Ook de Nederlandse industrie kan nog niet zonder. Door de sluiting van het Groningenveld vervullen de kleine velden een steeds belangrijkere rol in de gasvoorziening van ons land. Op korte termijn stoppen met gaswinning uit kleine velden zonder dat er nog voldoende andere energiebronnen zijn, zou de afhankelijkheid van Nederland van de import van gas uit landen buiten Europa verder vergroten. De Russische aanvalsoorlog in Oekraïne maakt duidelijk dat we risicovolle strategische afhankelijkheden als gevolg van import van fossiele energiedragers zoveel mogelijk willen voorkomen. De gaswinning uit de kleine velden levert een belangrijke bijdrage aan het beperken van deze importafhankelijkheid. Het significante effect van deze bijdrage komt voort uit het cumulatieve effect van de winning uit meerdere kleine velden. Daarnaast is de CO2-uitstoot van de winning en transport van gas dat wordt gewonnen uit Nederlandse kleine velden enkele malen lager dan de uitstoot van geïmporteerd aardgas. Tenslotte kan de infrastructuur voor gaswinning in de toekomst mogelijk hergebruikt worden voor opwek of opslag van duurzame energie zoals waterstof.

Nationaal Plan Energiesysteem (1 december 2023)

In het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) maakt de overheid richtinggevende keuzes in de energietransitie. Deze keuzes staan aan de basis van het energiesysteem van de toekomst (tot 2050). Het NPE maakt duidelijk wat er op ons afkomt. Ten aanzien van fossiele brandstoffen en gaswinning merkt het NPE het volgende op:

"Het kabinet wil een verantwoorde afbouw van de fossiele ketens. Aardgas heeft op dit moment een belangrijke rol in het energiesysteem: van gaswinning tot gebruik als energiedrager in vrijwel alle sectoren en als grondstof in de industrie. Aardgas zal ook nog in de transitiefase een belangrijke rol blijven spelen. Zo is nationale aardgaswinning en import van LNG nu nog nodig om in onze vraag te voorzien. Het tempo van de opbouw van duurzame alternatieven is voor een groot deel bepalend voor het tempo van de afbouw. In sommige sectoren zal aardgas de komende jaren nog een belangrijke terugvaloptie zijn. In lijn met de afbouw van het aardgasverbruik zal ook de Nederlandse aardgasproductie richting 2050 worden afgebouwd."



Figuur 4-3: Energiebronnen en energieverbruikers gevisualiseerd in energieketens (bron: NPE).

Programma Energiehoofdstructuur (2024)

Het Programma energiehoofdstructuur (PEH) presenteert energiescenario's voor 2050 en gaat niet in op gaswinning.

Figuur 4-4: Programma Energiehoofdstructuur.

Conclusie: gaswinning L7-F past in Nederlands energiebeleid
De winning door Eni Energy bij L7-F betreft een zogenaamd klein veld. Geconcludeerd wordt dat de gaswinning uit het aardgasveld bij L7-F onder de Noordzee in lijn is met het Nederlandse energiebeleid. De gaswinning bij L7-F kan invulling geven aan de gewenste versnelling van gaswinning op de Noordzee. Bij het ontwikkelen van de L7-F locatie houdt Eni Energy rekening met de afspraken die in het Akkoord voor de Noordzee zijn gemaakt ten aanzien van activiteiten in Natura 2000-gebieden op de Noordzee.

4.3 Ligging L7-F in het Friese Front

Het L7-F-veld ligt onder het Natura 2000-gebied het Friese Front. Het Friese Front is aangewezen als Natura2000 gebied onder de vogelrichtlijn voor de zeekoet.

- Er is geen wettelijk verbod om gas te winnen in of onder het Natura2000 gebied Friese Front. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld Noordzeekustzone waar dat wel het geval is. Het Programma Noordzee 2022-2027 sluit aan bij het beleid aardgas onder de Noordzee zoveel mogelijk te benutten.
- Het Noordzeeakkoord geeft nadrukkelijk ruimte aan gaswinning op de Noordzee, waar dat veilig kan en in het kader van de doelstellingen van Parijs[10]. Gaswinning uit offshore kleine velden is gewenst, zie het aangehaalde beleid in paragraaf 4.2.
- Er is een uitgebreid ecologisch onderzoek (inclusief passende beoordeling) uitgevoerd om te onderzoeken of het L7-F-project de instandhoudingsdoelstellingen van het gebied niet in gevaar brengt. Er blijkt dat, mits maatregelen en voorzorgen worden uitgevoerd, gaswinning haalbaar is. Deze maatregelen staan in Tabel 7-14 van dit document. De maatregelen worden geborgd in aan te vragen omgevingsvergunningen voor Natura2000 activiteiten en flora en fauna activiteiten. Hierop wordt in paragraaf 7.4 ingegaan. Het ecologisch onderzoek is bijlage 1 van dit MER.

In de periode april–juni 2023 is proefboring L7-17-ST1 uitgevoerd. Deze boring was het resultaat van uitgebreid vooronderzoek, waarvoor een opsporingsvergunning voor blokdelen L7e/L8f was verleend (besluit van 11 april 2022). Het vooronderzoek bestond uit seismische studies van de ondergrond en analyse van beschikbare geologische data uit omliggende gebieden om de locaties voor gasvoorkomens in kaart te brengen. De proefboring heeft aangetoond dat er economisch winbare gasreserves aanwezig zijn in het voorkomen.

De locatie van een gaswinningsplatform wordt bepaald door de ligging van het aardgasveld in de diepe ondergrond. De aanwezigheid van dat aardgasveld op die plek is een geologisch en onveranderlijk gegeven. Voor de productie is het gewenst dat een platform zodanig boven het gasveld wordt geplaatst dat de productie technisch uitvoerbaar is en een groot volume gas kan leveren. Als een platform niet boven het veld wordt geplaatst, moeten de putten naar het veld schuin (gedevieerd) worden geboord.

[10] *Deze doelstellingen hebben betrekking op het in Parijs gesloten klimaatakkoord.*

Dit is slechts beperkt technisch haalbaar: hiermee is het mogelijk om de platformlocatie enkele honderden meters tot een kilometer te verschuiven. De optimale locatie is afhankelijk van onder meer:

- De ecologische waarden.
- De aanwezigheid van archeologische waarden op de zeebodem.
- Het beperken van de lengte van de te boren putten om projectkosten en -risico's te limiteren.

In het onderhavige geval zal het gasproductieplatform L7-F op een centrale locatie worden geïnstalleerd ten opzichte van het gebied van de ondergrondse structuur waarin het gas zich bevindt. Het westelijke en oostelijke deel van het gasvoorkomen liggen hoger dan het middelste gedeelte (zie Figuur 2-7). De opbrengst uit het gasveld wordt gemaximaliseerd door naar elk van de hoger gelegen delen één put te boren. Door gas te produceren vanuit de hoger gelegen delen van het gasveld, wordt bovendien het risico dat water wordt meegeproduceerd verkleind, wat de productie ten goede komt.

Alleen wanneer het platform boven het midden van het veld wordt geplaatst, kunnen beide putten vanaf dezelfde oppervlaktelocatie worden aangeboord. Het reservoir wordt dan onder een relatief kleine hoek (gedevieerd) aangeboord. De nu gekozen locatie maakt het technisch mogelijk om de boorputten te realiseren. Als het platform op een andere plek wordt neergezet, is het niet meer mogelijk om vanuit datzelfde platform beide gewenste punten in het reservoir te bereiken.

Een wezenlijk andere locatie is in het onderhavige geval technisch niet mogelijk. Het is niet de verwachting dat een verplaatsing van het gaswinningsplatform in dit deel van de Noordzee leidt tot noemenswaardig andere milieueffecten. De locatie maakt deel uit van het Natura 2000-gebied Friese Front; een verschuiving van een kilometer maakt daarin geen verschil. Een geheel andere locatie, gelegen buiten het Natura 2000-gebied, is door de technische beperkingen geen realistisch alternatief.

Het succes van een proefboring is nooit vanzelfsprekend. Na een proefboring wordt het beoogde gasveld geëvalueerd. In dit geval heeft L7-17-ST1 na tests en evaluatie een economisch winbaar gasvoorkomen aangetoond. De locatie van het beoogde gaswinningsplatform L7-F wordt bepaald door de ligging van dit aangetoonde gasveld in de diepe ondergrond. Het feit dat deze locatie zich in het Natura 2000-gebied Friese Front bevindt, is dan ook geen willekeurige keuze. Het is een keuze die het resultaat is van de locatie van het aangetoonde gasreservoir. Er is geen andere locatie waarop deze gaswinning, die past binnen het Nederlandse energiebeleid en bijdraagt aan de gewenste versnelling van gaswinning op de Noordzee, uitgevoerd kan worden.

5 De voorgenomen activiteit

5.1 Inleiding

Voor de gaswinning, de behandeling van het aardgas en de afvoer van het gewonnen aardgas uit het L7-F-veld op het NCP zijn verschillende activiteiten nodig, waaronder de plaatsing van een productieplatform in zee — het L7-F-platform — voor het winnen en behandelen van aardgas, het boren en gebruiksklaar maken van putten en de aanleg van een pijpleiding voor de afvoer van het gewonnen aardgas. Het L7-F-platform krijgt een maximale behandelcapaciteit van 2,5 tot 3 miljoen kubieke meter aardgas per dag. Het gewonnen gas wordt via een nieuw aan te leggen pijpleiding afgevoerd. Mogelijke tracés en aansluitingen op het bestaande gasnetwerk worden in kaart gebracht bij de totstandkoming van het voorkeursalternatief (paragraaf 6.2.1).

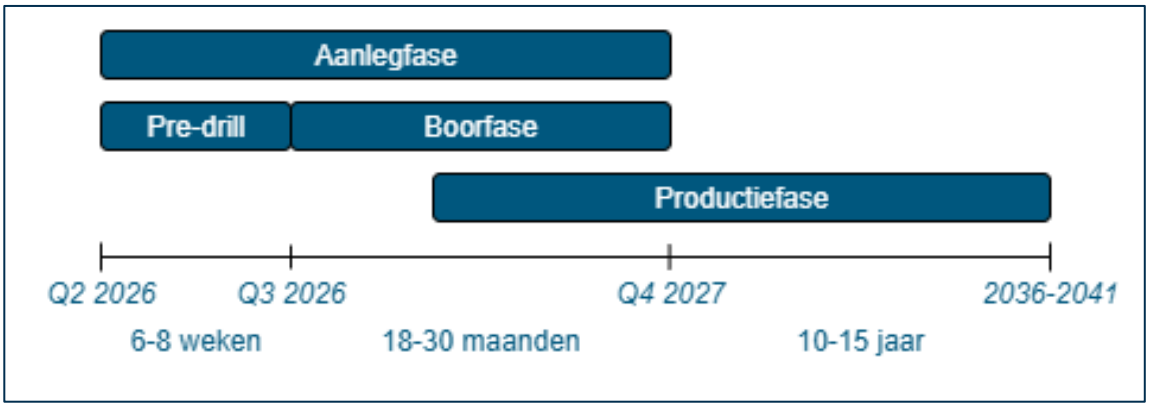
De putten voor L7-F worden geboord vanaf een verplaatsbaar mijnbouwwerk. In de praktijk wordt gesproken van een zelfheffend (tijdelijk) boorplatform, ofwel een ‘jack-up rig’. In dit MER wordt hierna aangesloten bij de in praktijk gebruikte termen en wordt de term 'boorplatform' gehanteerd. Naast de ombouw van de bestaande exploratieput naar een productieput worden er twee nieuwe productieputten geboord. De eerste put zal in 2026 worden geboord, de tweede naar verwachting in 2028.

De gasproductie vindt plaats vanaf het L7-F-platform. Naar verwachting zal het veld na 10–15 jaar leeggeproduceerd zijn. Na afloop van die periode worden de putten afgeplugd volgens de wettelijke richtlijnen en beneden de zeebodem afgesneden. Daarna wordt het platform verwijderd. De nieuwe leiding zal worden verwijderd, tenzij een afweging leert dat het verwijderen per saldo ongunstiger is dan het laten liggen. De precieze ontmantelingsaanpak wordt duidelijk als de daadwerkelijke buitengebruikstelling aan de orde is. De uitvoering van de ontmanteling zal naar verwachting 15 tot 20 jaar na start winning plaatsvinden.

Fasen
Het project doorloopt verschillende fasen: de aanlegfase, boorfase, productiefase en ontmantelingsfase, zoals weergegeven in Figuur 5-1. De tijdslijn is indicatief en kan wijzigen.

Het heien en boren zal alleen plaatsvinden buiten de kwetsbare periode voor de zeekoet (juli tot en met oktober). Hierdoor wordt het boren van de putten waarschijnlijk verdeeld over twee perioden.

De productiefase start nadat de eerste put klaar is en wordt uitgebreid na afronding van het boren van de andere putten.



Figuur 5-1: Fasering en doorlooptijden.

5.2 Aanlegfase

In de aanlegfase worden de volgende werkzaamheden uitgevoerd. Allereerst wordt er een nieuw jacket geplaatst op de L7-F-locatie. Vervolgens wordt de bovenbouw van E17-A getransporteerd naar de locatie, waar deze op het jacket wordt geïnstalleerd. De pijpleiding wordt aangelegd, gevolgd door het aansluiten van de putten op het platform. Tot slot worden de installaties op het productieplatform getest en opgestart.

Offshore platforms, zoals het beoogde platform van Eni Energy, bestaan uit een onderbouw ('jacket') en een bovenbouw ('topside'). De onderbouw fungeert als draagconstructie van het platform, terwijl de bovenbouw (het eigenlijke platform) de aansluiting van de putten, de gasbehandelingsinstallatie en ondersteunende installaties bevat. Ter voorbereiding wordt de onderbouw op land zo compleet mogelijk gebouwd om werkzaamheden op de locatie L7-F te beperken. De nieuwe onderbouw wordt opgebouwd uit buizen en krijgt vier poten met daartussen dwarsverbanden waardoor een stijve constructie ontstaat. Ter bescherming tegen corrosie worden op de onderbouw zogenaamde opofferingsanodes[11] van een aluminium-zinklegering geplaatst. Deze anodes lossen geleidelijk op in zeewater en beschermen daardoor de stalen constructie waarvan ze deel uitmaken. Het effect op de zeewaterkwaliteit is in paragraaf 7.3.3 toegelicht. De onderbouw wordt op land zo compleet mogelijk gebouwd en op een transportschip naar de L7-F-locatie gebracht en daar met een kraanschip geïnstalleerd. De onderbouw wordt met heipalen in de zeebodem verankerd.

Hergebruik E17-A-platform
Voor de bovenbouw van L7-F wordt gebruik gemaakt van de bestaande E17-A bovenbouw. Het E17-A-platform bevindt zich in mijnbouwblok E17 op N – 54°05'52.894"; E – 3°21'36.882" (WGS-84) / 54.098021608°N; 3.360238765°E (ETRS89). De bovenbouw wordt op zijn bestaande locatie geschikt gemaakt voor transport. Dit houdt onder meer in dat de aardgasproductie wordt beëindigd, de aan E17-A verbonden putten worden afgedicht en de E17-A-bovenbouw gereed wordt gemaakt voor transport. Om lekkages tijdens transport te voorkomen, worden eerst alle schadelijke vloeistoffen afgetapt. Tot slot wordt de bovenbouw met een kraanschip op het dek van het kraanschip gezet en naar de L7-F-locatie vervoerd om op de nieuw geplaatste onderbouw te worden gezet (zie ter illustratie Figuur 5-2). De activiteiten op de E17-A-locatie maken geen deel uit van de omvang van dit MER. Waar nodig worden voor die activiteiten separate procedures doorlopen.

Het bestaande E17-A-productieplatform is een productieplatform waar het gewonnen aardgas op specificatie wordt gebracht voor transport door de bestaande NOGAT-hoofdgastransportleiding. Aangezien E17-A op dit moment nog in gebruik is en in een goede staat van onderhoud verkeert, is het niet noodzakelijk om het E17-A platform (inclusief de daarop aanwezige installaties) te repareren of vergaand te modificeren. De keuze voor het hergebruik van de bovenzijde van het platform E17-A wordt ingegeven door het feit dat het platform beantwoordt aan de eisen die gesteld worden aan de gaswinning en gasbehandeling op de L7-F-locatie (zie paragraaf 6.2.1 voor meer informatie over de afweging). De bovenzijde van het platform E17-A is voorzien van een helikopterdek.

[11] *De term opofferingsanode slaat op het feit dat de anodeblokken langzaam oplossen en dus worden opgeofferd ter bescherming van de stalen constructie.*

Figuur 5-2: Afbeelding van de plaatsing van een platform op een onderbouw (ter illustratie).

Pijpleiding

Om het gewonnen aardgas samen met de meegeproduceerde vloeistoffen te transporteren wordt een pijpleiding op de zeebodem aangelegd. De meegeproduceerde vloeistoffen zijn afkomstig uit het aardgasreservoir en bestaan in hoofdzaak uit water en condensaat. Condensaat is een vloeibaar mengsel van koolwaterstoffen. Water komt deels in dampvorm en deels als vloeistof voor in de vorm van druppeltjes in het gas.

De aanleg van de pijpleiding gebeurt met behulp van een pijpenlegschip. Op dit schip wordt de leiding opgebouwd door leidingsegmenten aan elkaar te lassen en vervolgens op de zeebodem gelegd. Opties voor het tracé van de pijpleiding en aansluiting op een bestaand gasnetwerk zoals de NOGAT-leiding worden toegelicht in de totstandkoming van het voorkeursalternatief (paragraaf 6.2.1). Voor het tracé van de pijpleiding is gekozen voor afvoer naar L09 via een bestaande 'sidetap' op de NOGAT-leiding. Doordat de pijpleiding rechtstreeks wordt aangesloten op de reeds bestaande NOGAT-leiding op zee, zijn er geen wijzigingen op het vaste land in verband met de aanleg van de pijpleiding. Er is vooraf een 'Route Survey' uitgevoerd waarbij de zeebodem en ondergrond zijn onderzocht om het tracé in kaart te brengen.

De pijpleiding zal naar verwachting een diameter krijgen van nominaal 12 inch (buitendiameter van circa 32 cm). Conform de norm NEN 3656 moeten pijpleidingen met een diameter van minder dan 40 centimeter worden ingegraven. Aangezien de aan te leggen leiding een diameter van 32 cm heeft, is ingraven wettelijk verplicht. Het ingraven van de leiding in de zeebodem dient om risico's op beschadiging door externe oorzaken zoals ankers of vistuig te beperken.

Voor de aanleg van de nieuwe gastransportpijpleiding tussen het behandelingsplatform en de NOGAT-hoofdtransportleiding zijn, gezien de zandige bodemgesteldheid in het gebied, twee ingravingsmethoden geschikt:

1. Ingraven met een mechanical trencher: Bij deze methode wordt de pijpleiding eerst door het pijpenlegschip op de zeebodem gelegd. Vervolgens wordt de leiding ingegraven met een mechanische ingraafmachine (‘mechanical trencher’), die op rupsbanden over de zeebodem rijdt en vanaf een schip wordt bestuurd. De trencher graaft een V-vormige sleuf onder de pijpleiding met graafarmen, waarna de pijpleiding in de sleuf zakt. De sleuf heeft een diepte van ongeveer 1,5 meter met wanden onder een hoek van 45°. De totale sleufbreedte is ongeveer vier meter, maar in totaal leidt het ingraven tot een verstoorde strook zeebodem van ongeveer tien meter breed. Dit wordt veroorzaakt door de sleuf zelf, zandophoping langs de sleuf en de spoorbreedte van de rupsbanden van de trencher. Bij deze methode komt relatief weinig sediment vrij, wat resulteert in een beperkte en tijdelijke vertroebeling van het zeewater.
2. Ingraven met een jet sled (jetting): Ook bij deze methode wordt de pijpleiding eerst op de zeebodem gelegd door het pijpenlegschip. Bij het jetten wordt het sediment op de zeebodem losgemaakt door middel van hogedrukwaterjets ('fluïdiseert' in vaktermen). De losgemaakte grond kan daarna via een eductorsysteem uit de sleuf worden gezogen. Tijdens het jetten zakt de leiding door zijn eigen gewicht in de sleuf. Deze methode creëert een lichte bodemdaling boven de pijpleiding die zich door de zeestroming vrij snel weer met sediment vult. Verder resulteert deze methode in een relatief smalle sleuf (ongeveer drie meter breed), maar veroorzaakt wel meer vertroebeling in het water doordat veel sediment wordt opgewerveld. Bij jetten worden echter geen zandhopen langs de sleuf gevormd, maar valt het grove sediment deels terug in de sleuf en sedimenteert voor de rest in een dunne laag langs de sleuf. De sleuf die gegraven wordt, heeft een diepte van ongeveer 1,5 meter. Omdat de jet sled boven de te graven sleuf hangt, is verstoring door rupsbanden niet aan de orde.

In beide gevallen wordt aangenomen dat de sleuf niet actief wordt dichtgegooid ('back-filling'), maar door de zeestroming geleidelijk weer met sediment wordt opgevuld. De verstoring van de zeebodem is in beide gevallen tijdelijk.

Andere methodes zoals het ingraven met behulp van een ploeg of het niet ingraven van de pijpleiding zijn overwogen maar afgewezen. De ploegmethode is niet geschikt voor de losse, zandige zeebodem in het plangebied omdat de sleuf direct zou instorten. Het niet ingraven van de pijpleiding is geen optie omdat ingraven wettelijk verplicht is voor leidingen met een diameter kleiner dan 40 cm, zoals in dit geval. Een niet-ingegraven leiding loopt een onaanvaardbaar risico op beschadiging door externe factoren zoals visserijactiviteiten en scheepvaart.

Zowel de mechanical trencher als jetting voldoen aan alle selectiecriteria. Op dit moment is nog niet bekend met welke methode de leiding wordt ingegraven. Voor de pluimmodelleringsstudie wordt daarom uitgegaan van de relatief sterke vertroebeling van jetting (zie paragraaf 7.3.4). Deze methode representeert een ‘worst-case’ vergeleken met een trencher, omdat opwerveling van sediment en vertroebeling een sterker milieueffect is vergeleken met de grotere breedte van de werkstrook bij een trencher.

Voor het maken van de aansluiting op de NOGAT-leiding wordt een periode van ongeveer twee maanden in beslag genomen, waarbij een mobiel werkplatform en een drukkamer voor duikers worden gebruikt. Bij kruisingen met bestaande kabels en leidingen worden betonmatrassen en steenstort toegepast.

Tijdsduur
De plaatsing van het platform neemt naar verwachting minder dan twee weken in beslag. De benodigde tijd voor het aanleggen van de pijpleiding is afhankelijk van de lengte en route van de leiding en vergt in dit geval circa tien tot twaalf weken. Deze activiteiten vallen niet noodzakelijkerwijs samen. De werkzaamheden worden continu (24 uur per dag, 7 dagen per week) uitgevoerd.

De aanlegfase van het L7-F-platform is gevisualiseerd in de volgende serie afbeeldingen (Figuur 5-3 t/m Figuur 5-7).

Figuur 5-3: Transport van een onderbouw (samen met een 2e jacket voor een andere locatie).

Figuur 5-4: Plaatsing van een onderbouw.

Figuur 5-5: Eén van de heipalen die een onderbouw in de zeebodem verankert.

Figuur 5-6: Plaatsing van een bovenbouw op een onderbouw.

Figuur 5-7: Het schip dat de pijpleiding legt (op de afbeelding tussen D18 en D15).

Transportactiviteiten

Tijdens de aanlegwerkzaamheden vindt transport per helikopter en schip plaats voor de aan- en afvoer van personeel, materialen, brandstof en afval. Transporten worden meestal uitgevoerd vanuit en naar Den Helder, maar zware werkschepen zoals het kraanschip en de pijpenlegger komen doorgaans rechtstreeks vanaf hun vorige opdrachtlocatie. Tijdens de plaatsing van het behandelingsplatform treedt gedurende enkele weken een toename van de transportactiviteiten van en naar de platformlocatie op. Deze activiteiten betreffen:

- Het kraanschip dat wordt gebruikt voor de plaatsing van de onder- en bovenbouw van het platform.
- Transportschip voor de aanvoer van de onderbouw.
- Constructieschip (‘support vessel’) voor het bellenscherm (indien nodig).
- Sleepboten voor de aanvoer van pontons en ter assistentie voor het kraanschip.
- Een wachtschip dat tijdens deze werkzaamheden aanwezig is om scheepvaart op een veilige afstand te houden en eerste hulp tijdens ongevallen te bieden.
- Bezoeken van helikopters en een bevoorradingsschip voor de aan- en afvoer van personeel, materiaal, brandstof en afvalstoffen vanuit en naar Den Helder.

Ook tijdens de aanleg van de pijpleiding treedt gedurende enkele weken een toename van de transportactiviteiten langs het tracé van de leiding op. Deze activiteiten betreffen:

- Een survey schip voor één dag ter controle van de aanleg van de pijpleiding.
- Een of twee werkschepen voor het aanleggen van de pijpleiding.
- Een of meerdere wachtschepen voor het op veilige afstand houden van scheepvaart.
- Een ondersteuningsvaartuig bij duikwerkzaamheden.
- Bezoeken van helikopters en bevoorradingsschepen voor de aan- en afvoer van personeel, materiaal en afvalstoffen vanuit en naar Den Helder.

HSE[12]-studie tijdens de aanlegfase
In het kader van een veilige en milieuverantwoorde uitvoering van de werkzaamheden (Health, Safety & Environment – HSE) worden onder andere de volgende studies uitgevoerd:

- Identificatie van risico's en gevaren met veiligheidsstudies zoals HAZID (Hazard Identification) en HA-ZOP (Hazard and Operability Study).
- Brand- en explosieveiligheid, inclusief een rook- en gasverspreidingsstudie.
- Een onderzoek naar de noodsystemen om zeker te stellen dat deze operabel blijven bij calamiteiten.
- Evacuatie-, ontsnappings- en reddingstudies.
- Studie naar risico op aanvaring.
- Kwantitatieve risicoanalyses.

De resultaten van deze veiligheidsstudies worden onder andere vastgelegd in het wettelijk verplichte Veiligheids- en Gezondheidsdocument (V&G) en in het Rapport inzake Grote Gevaren (RiGG). Het RiGG wordt opgesteld volgens de richtlijnen uit de mijnbouwwetgeving en wordt iedere vijf jaar geactualiseerd.

5.3 Boorfase

De werkzaamheden in de boorfase zijn onderverdeeld in de volgende deelactiviteiten:

- Ombouwen van L7-17-ST1 tot productieput L7-F1.
- Boren van twee nieuwe gaswinningsputten, waarbij geldt dat de productielocatie al in bedrijf is vanwege L7-F1.

De putten worden geboord met behulp van een mobiele boorinstallatie, een zogenaamd zelfheffend boorplatform of 'jack-up rig'. Een typisch boorplatform bestaat uit een boortoren waarmee de boorwerkzaamheden worden uitgevoerd met verschillende ondersteunende voorzieningen. Het boorplatform wordt gehuurd van een gespecialiseerd bedrijf, inclusief specialisten om het boorplatform te bedienen en te onderhouden. In de bovenbouw van het behandelingsplatform zijn uitsparingen ('slots') aanwezig voor het boren van de putten. De putten worden vanaf het boorplatform door deze uitsparingen geboord.

Nadat het platform is geïnstalleerd, wordt de bestaande exploratieput L7-17-ST1 omgezet naar productieput L7-F1. Deze put is reeds geboord, maar is momenteel tijdelijk verlaten (gesuspendeerd) en met een cementplug afgedicht. Er hoeft bij deze put geen conductor te worden geheid; er vindt alleen een ombouw plaats tot productieput. Het heropenen van deze put gebeurt met behulp van het boorplatform, waarbij de cementpluggen worden uitgeboord.

Naast de ombouw van de bestaande L7-17-ST1-put, boort Eni Energy twee nieuwe putten naar het gasveld L7-F (L7-F2 en L7-F3). L7-F2 zal in 2026 worden geboord, L7-F3 naar verwachting in 2028. Voor de effectbeschrijving in het MER is uitgegaan van een gemiddelde gasput (afgeleid van L7-17-ST1), die model staat voor de geplande putten vanaf de platformlocatie. Dit uitgangspunt is voldoende representatief, maar door omstandigheden kunnen de daadwerkelijk geboorde putten afwijken van deze typische put en kunnen zij korter, dieper of langer zijn. Bij onzekerheid over de effecten is uitgegaan van een 'worst-case' situatie (conservatieve benadering).

Een gasput is opgebouwd uit meerdere secties met een naar de diepte toe een steeds kleinere diameter. De putten worden geboord tot een verticale diepte van ongeveer vier kilometer onder het zeebed. Omdat de putten schuin worden geboord (gedevieerd), kan de totale putlengte echter vijf kilometer of langer zijn.

[12] *HSE=Health, Safety and Environment.*

Figuur 5-8: Een drilling rig (op de afbeelding: bij het D18a-A platform).

Boortechniek
Eni Energy heeft decennialange ervaring op het gebied van offshore gaswinning in Nederland. Bij het ontwerp van een put wordt als uitgangspunt gehanteerd dat deze veilig is en geen schade aan natuur en milieu veroorzaakt.

Voorafgaand aan het boren wordt een conductor in de zeebodem geheid, wat maximaal een etmaal in beslag neemt. Deze conductor, een zware metalen buis met een diameter van dertig inch (ruim 75 centimeter) en een lengte van ongeveer 80 tot 100 meter, vormt de verbinding tussen de boorvloer van het boorplatform en het eigenlijke boorgat. De diepboring wordt binnen deze conductor uitgevoerd, die stabiliteit geeft aan het bovenste deel van het boorgat (eerste tientallen meters) en het afschermt van de zeebodem, het grondwater en het zeewater.

De conductor wordt, zoals gebruikelijk, de zeebodem ingeheid. Bij deze hei-methode wordt een zwaar heiblok ingezet dat de conductorbuis stapsgewijs de zeebodem indrijft. De methode is de standaardinstallatiemethode voor Eni Energy in de Nederlandse Noordzeesector en biedt de meeste stabiliteit in de ongeconsolideerde, losse zandige structuur die kenmerkend is voor de bovenste lagen van de Noordzeebodem.

Het boren vindt plaats met een boorbeitel die aan de onderkant van een serie boorpijpen is bevestigd. De serie boorpijpen wordt rondgedraaid en de beitel vermaalt het gesteente tot gruis. De serie boorpijpen bestaat uit een aantal zware holle stangen (zware boorpijpen) waarop met toenemende diepte steeds nieuwe boorpijpen worden aangebracht. De aandrijving van de boorpijpen (en beitel) bevindt zich in de boortoren, de zogeheten ‘top drive’. De top drive drijft de boorpijpenserie direct aan. Verder bevindt zich in de toren een hijsinstallatie voor de boorpijpen en ruimte om segmenten van de serie boorpijpen tijdelijk neer te zetten. De boorpijpen worden gedurende het boorproces meerdere keren uit het boorgat getrokken om onder andere metingen uit te voeren of de boorbeitel te verwisselen. Tijdens het boren wordt spoeling, onder andere voor koeling van de beitel, door de boorpijpen naar beneden gepompt.

Aanbrengen van de verbuizing
Om te voorkomen dat het boorgat instort, wordt de geboorde sectie 'verbuisd' met stalen bekledingsbuizen ('casings' in vaktermen) die in het boorgat worden vastgecementeerd. Hierdoor wordt het boorgat gestabiliseerd en afgedicht en worden de doorboorde aardlagen beschermd tegen boorvloeistoffen. Deze verbuizing voorkomt ook dat er stroming tussen verschillende aardlagen plaatsvindt en beschermt zwakkere formaties tegen mogelijk hogere drukken die dieper in de put kunnen voorkomen. Op de put wordt een ‘well head’ en een ‘Blow-out Preventer’ (BOP) geïnstalleerd. De BOP is een beveiligingsinstallatie die de put, indien nodig, op elk moment kan afsluiten.

Afronding van de boring
Bij een succesvolle boring wordt de put afgewerkt als productieput. Het afwerken bestaat onder andere uit het installeren van de productiestijgbuis (de ‘completion string’) in de put. Als onderdeel van de productiestijgbuis wordt in de put een veiligheidsklep geplaatst die de put in geval van calamiteiten automatisch insluit. De putopening op het platform wordt voorzien van een zogenaamd spuitkruis (de 'X-mas tree' in vaktermen). De put kan met behulp van dit spuitkruis op afstand worden bediend.

De put wordt in gebruik genomen door het aardgas via de productiestijgbuis naar de oppervlakte te voeren. De productie van een put wordt verder geregeld met een smoorklep (een ‘choke valve’ in vaktermen). Ook wordt iedere put voorzien van druk- en temperatuursensoren ten behoeve van de procesvoering en de aanwezige alarmerings- en beveiligingssystemen.

Na het aanboren van het aardgasreservoir moet de put voor de productiefase worden gereinigd (‘schoongeproduceerd’). Het schoonproduceren is een eenmalige activiteit voor aanvang van de productie. Het doel ervan is om de put te ontdoen van boorvloeistoffen, cementresten en andere vervuilingen die mogelijk zijn achtergebleven. Door de put schoon te maken, wordt de doorstroming van gas naar de oppervlakte geoptimaliseerd. Het aardgas dat hierbij vrijkomt, wordt (kortdurend) afgefakkeld op het boorplatform. Met het oog op artikel 15 lid h, i en j van de methaanverordening (paragraaf 3.8.2) is affakkelen toegestaan:

- h) tijdens een productietest die minder dan 24 uur duurt;
- i) wanneer het methaan niet voldoet aan de specificaties van de verzamelpijpleiding, mits de exploitant de methaansteekproeven twee keer per week analyseert om te bepalen of aan de specificaties is voldaan en het methaan naar een verzamelpijpleiding voert zodra aan de specificaties voor de pijpleiding is voldaan;
- j) tijdens de ingebruikname van pijpleidingen, apparatuur of faciliteiten, slechts zolang dit noodzakelijk is om veroorzaakte onzuiverheden in de pijpleiding of apparatuur te reinigen.

Eni Energy hanteert voor het reinigen ('schoonproduceren') van putten een werkwijze waarbij de tijdsduur per put beperkt blijft tot minder dan 24 uur. Deze activiteit wordt als onvermijdbaar en strikt noodzakelijk beschouwd.

Tijdsduur
Gebruikelijk is om de conductor in de zeebodem te heien. Hierbij wordt onderwatergeluid geproduceerd. Het heien van een enkele conductor neemt maximaal een etmaal in beslag.
Het boren vindt continu plaats (24 uur per dag, 7 dagen per week). Het ombouwen van L7-17-ST1 tot productieput L7-F1 duurt circa 60 dagen. Het boren van de L7-F2- en L7-F3-putten duurt naar verwachting in beide gevallen circa 80-85 dagen per put.

Demobilisatie van het boorplatform
Na het voltooien van de booractiviteiten wordt het boorplatform gereed gemaakt voor transport. Het platform wordt hiervoor langs de poten neergelaten tot aan het wateroppervlak, zodat het boorplatform weer drijft en met behulp van een of twee sleepboten kan worden afgevoerd.

Transportactiviteiten tijdens de boorfase
Tijdens het uitvoeren van de boorwerkzaamheden treedt een toename van de transportactiviteiten van en naar de platformlocatie op. Deze activiteiten betreffen:

- De aan- en afvoer van het boorplatform met behulp van meerdere sleepboten.
- Een wachtschip voor het op veilige afstand houden van scheepvaart tijdens de werkzaamheden.

- Bezoeken van helikopters en bevoorradingsschepen voor de aan- en afvoer van personeel, materiaal, hulpstoffen, brandstof en afvalstoffen vanuit en naar Den Helder. Hoewel de intensiteit van de transportactiviteiten nog nader wordt bekeken, wordt op dit moment uitgegaan van gemiddeld zes helikoptervluchten per week en maximaal vier tot zes scheepsbezoeken per week.

HSE-maatregelen tijdens de boorfase
Het HSE-managementsysteem van Eni Energy beschrijft de specifieke HSE-procedures die gehanteerd worden tijdens de boorfase.

Eni Energy stelt voor iedere boring een werkprogramma op dat de technische uitvoering van de boring beschrijft. Een onafhankelijke, externe controleur (de 'well examiner' in vaktermen) beoordeelt het werkprogramma. Bij goedkeuring geeft hij een certificaat, inclusief controlelijst ('Well Examination Check Sheet', ofwel WECS, in vaktermen), af. Afwijken van de WECS mag alleen na het doorlopen van een uitgebreide procedure (een 'Management of Change'-procedure in vaktermen).

In aanvulling op het werkprogramma wordt een veiligheid- en gezondheidsdocument ('Activity Specific HSE Document' in vaktermen) opgesteld waarin staat beschreven hoe de organisatie rondom de boring is ingericht, waar de verantwoordelijkheden liggen en hoe dit gecontroleerd wordt. De procedures van de boormaatschappij en Eni Energy worden hierin aan elkaar gekoppeld en de beheersing van gelijktijdige werkzaamheden ('concurrent operations') op het boorplatform en het productieplatform wordt beschreven. Dit document bevat ook een inventarisatie van de belangrijkste risico's en de maatregelen om hiermee om te gaan. Het werkprogramma en veiligheids- en gezondheidsdocument worden voorafgaand aan de werkzaamheden toegestuurd aan SodM voor commentaar.

Tijdens het uitvoeren van boringen is altijd een expert van Eni Energy aanwezig op het boorplatform om een veilige en verantwoorde uitvoering van de werkzaamheden te bewaken. Deze zorgt ervoor dat de boring volgens het boorprogramma uitgevoerd wordt en staat in contact met het Eni Energy-kantoor. Er is dagelijks overleg tussen de bedrijfsleiding van het boorplatform en Eni Energy.

Na de boring wordt een eindrapport, een zogenaamd 'End of Well Report' (EOWR), gemaakt dat aan SodM wordt toegestuurd ter afronding.

5.4 Productiefase

Tijdens de productiefase wordt aardgas geproduceerd uit het aardgasveld L7e/L8f. Het gewonnen gas wordt op het platform L7-F behandeld en vervolgens via de nieuwe pijpleiding naar de NOGAT-leiding afgevoerd. Hulpstoffen worden via een transportschip en personeel per helikopter aangevoerd. Het L7-F-platform is bemand. Gedurende de nacht kan het platform op afstand worden bediend. Het platform biedt onder meer plaats aan:

- De bovengrondse afwerking van de putten bestaande uit veiligheids- en regelkleppen ('X-mas tree').
- De procesinstallaties waarmee aardgas, condensaat en productiewater worden behandeld.
- Injectie van corrosie-inhibitor (corrosiebeschermer) in de uitgaande pijpleiding om corrosie te voorkomen.
- Gasmotor gedreven generatoren voor de elektriciteitsopwekking op het platform en een back-up dieselgenerator als er geen gas is.
- Een controlekamer, bemanningsverblijven, een kraan en een helikopterdek.
- Hulpsystemen waaronder regel- en beveiligingssystemen, reddingsmiddelen en een brandblussysteem.

Onderhoud en inspecties
Het platform wordt robuust (onder meer in roestvast staal) uitgevoerd. Hiernaast wordt door automatisering van processen bereikt dat het aantal bemanningsleden op het platform beperkt kan blijven. De bescherming en staat van stalen constructies, technische installaties, putten en pijpleiding worden periodiek geïnspecteerd en onderhouden om ze in een goede en veilige conditie te houden.

Het onderhoud aan de pijpleiding bestaat uit inspectie van de technische staat, monitoring van de ingraafdiepte in de zeebodem en waar nodig activiteiten om een leidingdeel opnieuw in te graven. Periodiek onderzoek naar de staat van onderhoud en de (diepte)ligging vindt plaats conform artikel 99 van het Mbb.

Tijdsduur
Voor de gaswinning bij L7-F gaat Eni Energy uit van een productieduur van tien tot vijftien jaar.

Het productieproces
Het productieproces op het behandelingsplatform bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:
- Scheiding van aardgas, water en condensaat.
- Gasbehandeling.
- Waterbehandeling.
- Compressie.

Deze onderdelen worden hieronder verder toegelicht.

Scheiding van aardgas, water en condensaat
Het ruwe aardgas uit de putten wordt verzameld in het productiemanifold (verdeelsysteem met buizen). Bij een koude opstart (‘cold start-up’) van een put wordt methanol in de put geïnjecteerd om hydraatvorming[13] te voorkomen. Het aardgas stroomt daarna achtereenvolgens door een gas-vloeistof-scheider en een vloeistof-vloeistof-scheider (ook wel condensaat-water-scheider genoemd) om het aardgas, aardgascondensaat en water te scheiden. Het platform heeft twee sets van productiemanifolds en scheiders; één voor productie en één voor tests.

Gasbehandeling
Het toe te passen gasbehandelingsproces wordt in hoge mate bepaald door de eigenschappen van het gas en de afleveringsvoorwaarden.

Na de initiële gas-vloeistofscheiding volgt de gasdroging en verdere behandeling. De droging is noodzakelijk om corrosievorming in de transportleidingen te voorkomen. Het aardgas afkomstig uit de scheider bevat nog kleine resten waterdamp. Om het water te verwijderen wordt het gas gedroogd door het gas in een absorptiekolom in contact te brengen met TEG (tri-ethyleenglycol). Het TEG neemt hierbij het water uit het gas op. In zo’n kolom of toren vindt de uitwisseling van waterdamp in het gas naar TEG plaats.

Op enig moment kan de TEG geen water meer opnemen, omdat het verzadigd is. Die met water verzadigde TEG wordt geregenereerd (‘vernieuwd’) waarna het opnieuw gebruikt wordt voor de gasdroging. Het regenereren gebeurt in een TEG-regeneratie-unit die op het platform aanwezig is. De verzadigde TEG wordt eerst voorverwarmd door warmte-uitwisseling met al geregenereerde TEG. Vervolgens wordt de druk van de TEG verlaagd in het TEG-flashvat, waarbij vrijkomend gas wordt gebruikt als stookgas. De TEG wordt daarna aan de TEG-regenerator toegevoerd, waar het verder wordt verhit met een op gasgestookt fornuis, waarbij de TEG nog verder wordt ontdaan van water. Na koeling wordt de geregenereerde TEG weer ingezet in de gasdroging.

[13] *Een hydraat is een stof waarin een sterke binding met watermoleculen aanwezig is, bijvoorbeeld soda.*

De afgassen van de TEG-regenerator bevatten naast waterdamp ook koolwaterstoffen. Om de emissie hiervan te voorkomen worden alle afgassen samen met de gassen van de waterontgassing (zie sectie over 'Waterbehandeling') verbrand in de OVC ('Overhead Combustion Chamber') van het TEG-fornuis. Door verbranding wordt de emissie van koolwaterstoffen van het platform sterk gereduceerd.
De vrijkomende verbrandingswarmte wordt weer gebruikt voor het verhitten van TEG in de TEG-regeneratie. De OVC is onderdeel van het genoemde fornuis van de TEG-regenerator. Het is een verbrandingskamer waarmee een efficiënte verbranding kan worden bereikt.

Het gedroogde gas wordt gemeten, waarna het afgescheiden condensaat na meting weer aan het droge gas wordt toegevoerd samen met een kleine hoeveelheid corrosie-inhibitor. Hierna voldoet het aardgas aan de aflevervoorwaarden. Vervolgens wordt het aardgas samen met het condensaat via de onderzeese pijpleiding naar de NOGAT-pijpleiding en naar de wal getransporteerd.

Condensaatafscheiding
Met het gewonnen aardgas komt vloeistof mee. Op het platform wordt de vloeistof (die bestaat uit condensaat en water) afgescheiden van het aardgas. De vloeistofstroom wordt vervolgens gesplitst in condensaat en water. Het condensaat wordt op het L7-F-platform na meting weer bij het gedroogde gas gevoegd en gezamenlijk via de NOGAT-transportleiding afgevoerd naar Den Helder. Het water wordt na debietmeting geloosd in de zee. Het oliegehalte van het geloosde water zal voldoen aan de wettelijke richtlijnen (< 30 ppm).

Waterbehandeling
Tezamen met het gas zal een hoeveelheid condensaat en water worden geproduceerd. De waterproductie zal deels uit condensatiewater (vloeibaar mengsel van koolwaterstoffen) en deels uit formatiewater bestaan. Formatiewater is water dat van nature aanwezig is in het reservoirgesteente waaruit het gas wordt gewonnen. Dit water komt tijdens de gaswinning mee omhoog.

Formatiewater is water uit het gasreservoir dat in vloeibare vorm samen met het aardgas naar het oppervlak wordt gevoerd. Formatiewater bevat van nature stoffen die uit het reservoir in het water zijn opgelost, waaronder zout en sporen van zware metalen. Vooral tegen het einde van de levensduur van een gasveld komt er veel formatiewater mee omhoog.

De fractie formatiewater zal in het begin laag tot zelfs nul zijn en kan tegen het eind van de gasproductie, als de gas-waterspiegel in de buurt van de put omhoog komt, oplopen. Indien mogelijk worden de perforaties die het water produceren dan afgesloten, zodat de gasproductie voortgezet kan worden.

Initieel zal het waterdebiet, voornamelijk bestaand uit het condensatiewater, 4-8 m^3 per miljoen m^3 gas zijn. Later kan het watergehalte (sterk) oplopen, maar omdat tegen die tijd ook de gasproductiesnelheid is afgenomen, zal de waterproductie naar verwachting onder de 130 m^3 per dag blijven voor het L7-F-platform.

Omdat de waterproductie over het grootste deel van het putleven laag is en omdat het platform relatief klein is, is er bij L7-F voor gekozen het water niet terug in het reservoir te injecteren. Waterherinjectie zou een extra (injectie)put vergen en een injectie-installatie met voorzieningen op het productieplatform om de constructie en veiligheid van de injectieput te garanderen. Onderdeel hiervan zijn injectiepompen voorzien van een atmosferische buffertank. Aandachtspunt daarbij is te voorkomen dat er zuurstof in het injectiewater komt.

Het is op dit moment vrijwel niet te voorspellen wanneer formatiewater doorbreekt en hoeveel dat dan zal zijn. Om die reden wordt - zeer conservatief - rekening gehouden met een kortdurende maximale hoeveelheid van 130 m^3/dag. Ervaring met vergelijkbare putten leert dat bij een waterhoeveelheid van

meer dan 15 m^3/dag per put, de productie van zo'n put binnen een paar dagen stopt. De gemiddelde waterproductie zal dus orde grootte lager zijn dan de maximale piekproductie. De gemiddelde waterproductie aan het eind van de productieperiode is veel lager dan de instantane piekwaterproductie en van een dusdanig volume, dat het boren van een waterinjectieput een onevenredige en niet doelmatige maatregel is.
Omdat de putten worden afgewerkt met zogenaamde 'open hole gravel packs' zijn ze ongeschikt voor waterherinjectie. Overigens kan een put om verschillende redenen stoppen met produceren. Als verstopping van perforaties door sediment de oorzaak is, is de put niet meer geschikt voor waterinjectie.

De vloeistof afkomstig uit de gas-vloeistof-scheider wordt in de hoge druk vloeistof-vloeistof-scheider (ook wel condensaat-water-scheider genoemd) gescheiden in een condensaat- en een waterfase. De scheiding in de condensaat-water-scheider gebeurt op basis van het verschil in zwaartekracht tussen condensaat en water. Het condensaat wordt in de gastransportleiding geïnjecteerd en samen met het aardgas via de NOGAT-pijpleiding naar de wal getransporteerd.

Het water afkomstig uit de hoge druk condensaat-water-scheider wordt van druk afgelaten en ontgast in de productiewaterontgasser. Het water wordt vervolgens naar een olie-water-scheider gevoerd voor het afscheiden van (eventueel) aanwezige olieresten. Het water hieruit wordt na debietmeting geloosd in de zee. Het oliegehalte van het geloosde water zal voldoen aan de wettelijke richtlijnen (< 30 ppm). De afgescheiden koolwaterstoffen worden afgevoerd.

Methanolgebruik
Op het L7-F platform wordt methanol opgeslagen in een opslagtank. De methanol wordt gebruikt bij het opstarten van gaswinning uit de putten om hydraatvorming te voorkomen. Hydraatvorming is een ijsachtige verbinding die een leiding geheel kan blokkeren.

Bij koude opstart ('cold start-up') van een put wordt methanol in de put geïnjecteerd. De geïnjecteerde methanol komt vervolgens mee met het gewonnen gas. In de gas-vloeistofscheiding komt methanol vrijwel volledig in de waterfase terecht. De vrijkomende methanol wordt geloosd op zee.

Compressie
Bij de start van de gaswinning is de druk in de putten voldoende hoog om het aardgas op eigen druk naar de NOGAT-leiding te laten stromen. Als gevolg van de gaswinning daalt de druk in het reservoir geleidelijk. Om de productie op het gewenste druk- en capaciteitsniveau te houden is het noodzakelijk om na een aantal jaar de gasdruk te verhogen met behulp van compressoren. Het moment van de daadwerkelijke inzet van de compressoren hangt samen met druk waarmee het gewonnen gas uit het reservoir stroomt. De druk van het gas en de volumestroom zijn afhankelijk van het gedrag van het reservoir. Door evaluatie daarvan wordt bepaald wanneer de compressoren worden ingezet. Het her te gebruiken E17-A-platform is al voorzien van gasmotorgedreven compressoren.

Afvalstromen
Tijdens de normale bedrijfsvoering worden de in het proces vrijkomende afgasstromen zoveel mogelijk opgevangen en als brandstof gebruikt. De afgassen van de TEG-regenerator en waterontgassing worden verbrand in de OVC van het TEG-fornuis. Hierdoor wordt niet alleen de emissie naar de lucht gereduceerd, maar wordt de vrijkomende warmte ook nuttig ingezet bij de TEG-regeneratie.

Het platform kent verschillende waterstromen die worden behandeld:

1. Productiewater: Water dat vrijkomt bij de gas-vloeistof- en condensaat-water-scheiding wordt behandeld in de olie-water-scheider. Na controle op oliegehalte wordt het geloosd in zee, waarbij het oliegehalte voldoet aan de wettelijke richtlijnen (< 30 ppm).

2. Hemel-, schrob- en spoelwater: Het platform is voorzien van een open afvoersysteem voor mogelijk vervuild hemel-, schrob- en spoelwater. Een ‘skimmer’ (olie-water-scheider) zorgt voor scheiding van de olie- en waterfase. Het water wordt, indien het voldoet aan de lozingseisen, geloosd in zee. Uit veiligheidsoverwegingen wordt het water van het helidek direct geloosd.
3. Huishoudelijk afvalwater: Afvalwater van de accommodatie, inclusief sanitair water, wordt in zee geloosd.

Reststoffen en afval worden in containers verzameld en gescheiden per boot afgevoerd naar het vasteland voor verwerking door een erkende verwerker.

5.4.1 Ondersteunende voorzieningen

Naast de beschreven productie-installaties zijn op het behandelingsplatform ook diverse ondersteunde voorzieningen aanwezig. De belangrijkste voorzieningen worden hieronder beknopt beschreven.

Elektriciteitsopwekking en -distributie
Voor de elektriciteitsvoorziening van het L7-F-platform is gekozen voor het hergebruik van de bestaande gasturbines en compressoren van het E17-A platform. Deze keuze biedt de meest praktische, kosteneffectieve en betrouwbare oplossing voor de energievoorziening. Alternatieven zoals elektriciteitslevering vanaf de wal zijn niet haalbaar vanwege de grote kabellengte en bijbehorende hoge kosten. Levering vanaf een ander platform biedt geen voordelen omdat de elektriciteit daar ook met gas wordt opgewekt, het vermogen van de gasmotoren op een ander platform zich beperkt tot de elektriciteitsvraag van dat platform, de afstand tot een ander geschikt platform te groot is (> 15 km) om een kosteneffectieve inzet (bijvoorbeeld extra gasmotoren en onderzeese kabel) mogelijk te maken.

Als back-up systeem wordt een dieselgenerator gebruikt die in werking treedt wanneer de primaire energievoorziening uitvalt of geen stookgas beschikbaar is. Een 'no break set' (of UPS: uninterruptible power supply) is aanwezig om de voeding van essentiële (nood)systemen door middel van accu's te waarborgen tijdens het opstarten van de dieselgenerator. Tijdens normale werking wordt de op het platform aanwezige netspanning gebruikt om de batterijen opgeladen te houden. Dat gebeurt via een gelijkrichter, die wisselstroom omzet in gelijkstroom.
De elektrische verbruikers zijn ingedeeld in twee categorieën:

- Normale systemen, waaronder niet-kritische motoren, verlichting en hulpsystemen.
- Essentiële (nood)verbruikers, waaronder: brand- en gasdetectie, ESD, instrumentatie, communicatie en navigatiesystemen.

Stookgassysteem
Stookgasverbruikers zijn onder andere het TEG-fornuis, de gasmotor van de elektriciteitsopwekking en de gasmotor van de gascompressie. Allereerst worden vrijkomende afgassen zoveel mogelijk gebruikt als stookgas, met name in de OVC van het TEG-fornuis. Voor zover nodig wordt het stookgas aangevuld met geproduceerd gas. Het stookgas voor het stookgassysteem wordt eerst op specificatie gebracht met behulp van een gas-vloeistofscheider en door het verwarmen van het gas. Zo wordt voorkomen dat het stookgas vloeistof bevat.

Hemel-, schrob- en spoelwater
Hemel-, schrob en spoelwater wordt verzameld in een open afvoersysteem. Olieresten worden verwijderd met een olie-water-scheider en bij de condensaatstroom gevoegd. Het gezuiverde water wordt gemeten, en indien het voldoet aan de emissie-eisen, geloosd op zee. Als het niet aan de eisen voldoet wordt het water verder gezuiverd door een filterinstallatie en opnieuw gemeten.

Opslag van hulpstoffen
Op het behandelingsplatform worden diverse hulpstoffen gebruikt, zoals diesel voor de noodgenerator en kraan, TEG voor de gasbehandeling, corrosie-inhibitor voor bescherming van de exportpijpleiding en methanol ter voorkoming van hydraten bij het opstarten van putten. Daarnaast zijn diverse andere stoffen aanwezig zoals smeerolie, verf en schoonmaakmiddelen.

Alle hulpstoffen worden in principe opgeslagen conform de wettelijke eisen, waaronder de PGS-richtlijnen. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat in offshore situaties strikte naleving van de PGS-regels soms technisch niet mogelijk is of kan conflicteren met regels die in de offshore-industrie gangbaar zijn. In situaties waar volledig voldoen aan de PGS-richtlijnen niet mogelijk is, worden gelijkwaardige maatregelen getroffen, bedoeld in artikel 4.7 van de Ow, die hetzelfde veiligheidsniveau waarborgen.

Voor de opslag worden zowel opslagtanks gebruikt die voldoen aan relevante offshore veiligheidseisen (voor grotere hoeveelheden) als speciale verpakkingen (voor kleinere hoeveelheden). De totale hoeveelheid verpakte gevaarlijke stoffen op het platform, zoals geregeld in PGS 15, blijft onder de 10 ton.

Afblaassystemen
Tijdens de normale bedrijfsvoering worden de in het proces vrijkomende afgasstromen zoveel mogelijk opgevangen en als brandstof gebruikt, met name in de OVC van het TEG-fornuis. De afgassen van de TEG-regenerator en waterontgassing worden hierin verbrand, waardoor de emissie van koolwaterstoffen wordt gereduceerd en de vrijkomende warmte nuttig wordt ingezet.

Voor de afvoer van gassen bij het van druk aflaten van de installaties bij calamiteiten en bij gepland onderhoud is een gescheiden hoge en lage druk afblaassysteem aanwezig. Gassen worden via een hoge en lage druk afblaaspijp afgeblazen, welke op een voor werknemers veilige locatie uitmonden.

Brandblussysteem
Het productieplatform is voorzien van diverse brandblussystemen. Deze omvatten elektrische brandbluspompen, leidingwerk, sprinklers en aansluitingen om brand te bestrijden. Het platform wordt daarnaast voorzien van vlam- en gasdetectoren om brand en het vrijkomen van brandbare gassen vroegtijdig te detecteren. Ook worden verspreid over het platform draagbare brandblussers geplaatst. De sprinklerinstallatie wordt geactiveerd bij het detecteren van hitte en bij het detecteren van gas.

Op het helideck van het productieplatform wordt uitgegaan van het toepassen van fluorvrij blusschuim (in geval van een brand door helifuel). Dit blusschuim voldoet aan de regelgeving (EU 2024/2462).

Besturings- en beveiligingssystemen
Voor het aansturen van de diverse processen is het productieplatform voorzien van een uitgebreid meet-, regel- en controlesysteem. Dit systeem maakt het mogelijk om alle processen te besturen via de controlekamer op het platform zelf of op afstand via een centrale controlekamer op land. Het platform wordt bestuurd en gecontroleerd door een DCS (‘Distributed Control System’). Bij ernstige procesverstoringen grijpt het veiligheidssysteem in. Het veiligheidssysteem kan een deel of het gehele proces insluiten om escalatie te voorkomen.

Het platform is zo ontworpen dat bij falen van het veiligheidssysteem alle afsluiters van het platform in de veilige positie komen te staan: ESDV-kleppen (‘Emergency Shut Down Valves’) sluiten en EBD-kleppen (‘Emergency Blow Down’) gaan open. In het geval van brand of grote lekkage wordt het platform ingesloten en kan de installatie worden afgeblazen. Om ingesloten delen van het platform te beschermen zijn er ‘Proces Safety Valves’ (PSV’s) geïnstalleerd om de overdruk af te laten.

Overige platformvoorzieningen
Op het platform is een accommodatie voor maximaal tien personen voorzien, aangevuld met een TLQ (‘Temporary Living Quarter’) of ALQ (‘Additional Living Quarter’) met capaciteit voor nog eens vier personen. De accommodatie bestaat uit slaap- en verblijfruimten, sanitaire voorzieningen, een keuken en een opslagruimte. De accommodatie is zo gesitueerd dat personeel altijd een veilige vluchtroute heeft. Vanuit de accommodatie leiden vluchtwegen naar, bijvoorbeeld het helidek, de veiligheidscapsule en de reddingsboot-lanceerlocaties met afdaalsystemen. Bovendien heeft een accommodatie een zogenaamde ‘blast wall’ die de bemanning beschermt bij explosies en brandwerende wanden die brand voor een bepaalde periode tegenhouden.

Voor de overslag van goederen van en naar bevoorradingsschepen is het platform voorzien van een hijskraan. Deze kraan wordt ook gebruikt voor het verplaatsen van goederen op het platform zelf en bij onderhoudswerkzaamheden.

Het platform heeft een helikopterdek ten behoeve van het personenvervoer. Personeel kan daarnaast ook per schip van en naar het platform worden vervoerd. Bij noodsituaties op het platform wordt in principe geëvacueerd met behulp van helikopters. Aanvullend kan worden geëvacueerd met behulp van de op het platform aanwezige reddingsboot, afdalers en reddingsvlotten.

5.4.2 Onderhoud van het productieplatform

Het platform vereist periodiek onderhoud. Om het platform en alle installaties in goede staat te houden, wordt in een onderhoudsprogramma vastgelegd welke periodieke inspecties en onderhoudsactiviteiten nodig zijn per installatie of onderdeel van de installatie. De inspecties en onderhoudsactiviteiten met bijbehorende frequenties en instructies worden door Eni Energy vastgelegd in het ‘Computerized Maintenance Management System’ (CMMS). Een verificatiebureau (een ‘Independent Verifier’ of ‘IVB’ in vaktermen) geeft goedkeuring aan de inspectie- en onderhoudsprogramma’s. Een deel van het onderhoud aan het platform moet, indien nodig, kunnen worden uitgevoerd met behulp van een (tijdelijk) onderhoudsplatform met ondersteuning van een ‘jack-up barge’.

Een specifiek onderdeel in het onderhoudsprogramma zijn pijpleidingen. De onderhouds- en inspectie-werkzaamheden en frequenties voor de controle van de pijpleidingen zijn opgenomen in het ‘Pipeline Integrity Management System’ (PIMS). De onderhoudsactiviteiten en de bijbehorende frequenties zijn afgestemd op ervaringen uit het verleden van de verschillende operators op de Noordzee. De EU Methaan verordening (EU 2024/1787) verplicht het regelmatig meten van methaanemissies uit aardgasleidingen en het daarover rapporteren.

Tijdens de productie van aardgas kan slib ophopen in procesinstallaties of kan ‘scaling’ (aanslag van ketelsteen) zich tegen de wanden afzetten. Het slib en ketelsteen zijn meestal verontreinigd met koolwaterstoffen en/of zware metalen, waaronder mogelijk kwik, en worden als gevaarlijk afval afgevoerd. Sommige aardgasreservoirs in de diepe ondergrond geven in de loop van de productie NORM-materiaal (‘van nature voorkomende radioactief materiaal’) af. In dat geval wordt een platform NORM-besmet verklaard en gelden specifieke eisen en procedures. Het platform E17-A is NORM-besmet en valt onder deze eisen en procedures. Voor het gebruik van het platform voor L7-F gelden dezelfde eisen en procedures. Eni Energy beschikt over procedures en vergunningen voor het omgaan met deze stoffen, inclusief de wijze van verwijdering, verpakking en afvoer naar het vasteland. Aan land wordt dit afval, evenals ander afval van het platform, verwerkt door een erkende verwerker.

Vergunningplicht onderhoud
Vanuit het ministerie van KGG is aanvrager op 1 juli 2025 geïnformeerd dat het verrichten van onderhoud aan een platform met een jack-up barge niet vergunningplichtig is, omdat dit een vanzelfsprekendheid is.

Het uitgangspunt is dat het onderhoud bij de omgevingsvergunning milieubelastende activiteit mijnbouw onder de vergunde milieubelastende activiteit valt.
Voor het uitvoeren van onderhoud aan het platform met een jack-up barge geldt wel de verplichting om SodM in kennis te stellen van de activiteit conform artikel 45p van de Mbw (gecombineerde activiteit).

Onderhoud aan de putten
De verwachte productiviteit van L7-F is op basis van de exploratieboring L7-17-ST1 ingeschat als ruim voldoende zodat het niet noodzakelijk is om de productieputten te stimuleren.

Gedurende de operationele fase van een put kan het voorkomen dat aanslag (zogenaamde 'scaling', bijvoorbeeld kalk of zout) optreedt aan de binnenkant van de verbuizing. Om deze scaling te verwijderen kan de put met zoet water of een zuuroplossing behandeld worden. Dit is een routinehandeling, waarbij geen overdruk gebruikt wordt en geen boortoren nodig is.

Tijdens de operationele fase van de put kan het nodig zijn om de putafwerking (bijvoorbeeld de diameter van de tubing) aan te passen. Deze operatie gebeurt met een kleine installatie (een zogenaamde 'workover unit', geen boorplatform).

Tenslotte zullen er gedurende de levensduur van een put divers ander regulier onderhoud plaatsvinden aan verbuizingen, kleppen, etc.

5.4.3 Transportactiviteiten tijdens de productiefase

Tijdens de productiefase wordt het productieplatform vanuit Den Helder periodiek bezocht door helikopters en schepen:

- Het platform is voorzien van een helikopterdek, conform artikel 51, eerste lid, van het Mbb. Eni Energy heeft, in lijn met het Noordzeeakkoord, onderzocht of transport van personeel en goederen allebei per boot mogelijk is, of dat helikoptervervoer noodzakelijk blijft. Uit deze afweging blijkt dat helikoptertransport onvermijdelijk is. Het L7-F-platform ligt circa 70 km ten noordwesten van Den Helder (vaarafstand: 100 km). In noodsituaties, zoals ziekte of een ongeval, is deze afstand met een boot niet snel genoeg te overbruggen. Voor de veiligheid van het personeel is een helikopter daarom noodzakelijk. Ook voor reguliere vluchten biedt de helikopter voordelen: minder afhankelijkheid van weersomstandigheden en een hogere zekerheid van continu transport. Dit is essentieel, omdat het platform bemand zal zijn en er wettelijk verplichte bemanningswissels om de twee weken plaatsvinden (ARBO wetgeving). Bij groot onderhoud neemt de bezoekfrequentie toe. Een alternatief, zoals de inzet van een 'Walk to Work'-vaartuig, is vanuit milieuperspectief onwenselijk omdat het vaartuig bij onderhoud stand-by zou moeten liggen in de buurt van het platform. Daarnaast is een vaartuig vaak niet inzetbaar bij slechte weersomstandigheden. Daarom heeft een helikopterdek de voorkeur. Vooralsnog wordt uitgegaan van een gebruiksintensiteit van gemiddeld vier vluchten per week.
- Goederen en afvalstoffen worden per bevoorradingsschip aan- en afgevoerd. Er is gemiddeld één scheepsbezoek per twee weken. Wanneer deze schepen het platform aandoen, zullen zij zoveel als mogelijk de kortste weg nemen vanaf de dichtstbijzijnde vaargeul om impact op de omgeving zoveel als mogelijk te beperken.

Voor zowel de bevoorradingshaven als de luchthaven is gekozen voor Den Helder. Als grootste Nederlandse supply base wordt Den Helder momenteel gebruikt voor de bevoorrading van ongeveer 160 offshore productie- en boorplatforms op de Nederlandse Noordzee, waaronder die van Eni Energy.

Een belangrijke factor in deze keuze is het 'Southern North Sea Pool' (SNS Pool) concept dat in Den Helder wordt toegepast. Hierbij combineren negen operators hun maritieme en helikoptervereisten door uitbesteding aan één logistieke facilitator. Deze aanpak zorgt voor een efficiëntere operatie door centralisatie van offshore logistieke activiteiten. De facilitator verzorgt niet alleen opslag-, haven- en luchthavenfaciliteiten, maar is ook verantwoordelijk voor het charteren en veiligheidsmanagement van de bevoorradingsschepen, het plannen van de routes en het organiseren van de rondreizen voor alle schepen en helikopters.

Verder biedt Den Helder Airport als grootste Nederlandse offshore heliport alle benodigde faciliteiten. De luchthaven beschikt over voorzieningen voor navigatie op instrumenten ('Instrument Flight Rules' of IFR), waardoor vluchten ook in het donker en onder slechte weersomstandigheden kunnen worden uitgevoerd, evenals hangars voor het parkeren van helikopters.

5.4.4 HSE-maatregelen tijdens de productiefase

Tijdens de productiefase dient het gasbehandelingsproces op het platform aangestuurd te worden en de installaties dienen te worden onderhouden. Beide activiteiten worden door Eni Energy volgens goed uitgewerkte systemen en procedures uitgevoerd, waarbij HSE-aspecten een belangrijk onderdeel vormen. Voor specifieke handelingen zijn daarnaast HSE-procedures beschikbaar zoals hijswerkzaamheden, werken op hoogte en het omgaan met gevaarlijke stoffen en ‘heet werk’/open vuur.

Het platform wordt bediend door het productiepersoneel van Eni Energy. Het operating manual beschrijft de werking van het platform en bevat de bedieningsinstructies. Routinematige taken zoals het vervangen van filters zijn vooraf beoordeeld op risico’s in een taak-risico analyse. Alle niet routinematige werkzaamheden (bijvoorbeeld bouwen van een steiger) kunnen pas plaatsvinden na het verkrijgen van een werkvergunning.

Het onderhouds- en inspectieschema aan de installatie is vastgelegd in een ‘Computerized Maintenance Management System’ (CMMS). Onderhoud aan veiligheids- en milieukritische onderdelen (bijvoorbeeld gasdetectie systeem en reddingsmiddelen) is beschreven in het Verificatie Schema (VES), de uitvoering hiervan wordt jaarlijks beoordeeld door een externe verificateur. De VES is bovendien onderdeel van het Rapport inzake Grote Gevaren (RiGG) waarvoor instemming moet worden verkregen van SodM. Het onderhoud en de inspectie worden uitgevoerd door gespecialiseerde bedrijven en door de bemanning (‘operators’) van het platform zelf.

De bekwaamheid en de training van de bemanning is beschreven in functieprofielen en trainingseisen. Deze trainingseisen worden centraal door de brancheorganisatie Element NL opgesteld. Noodsituaties zoals brandbestrijding en het gebruik van reddingsmiddelen worden periodiek getraind in speciale trainingscentra. Eni Energy beschikt daarnaast over een calamiteiten organisatie die op ieder tijdstip het beheersen van noodsituaties kan coördineren.

Bijna-ongevallen en incidenten zonder schade (‘near misses’) worden gemeld aan de HSE-afdeling van Eni Energy. De oorzaken worden geanalyseerd en verbeteracties worden besproken met alle betrokkenen. Het melden van near misses is een belangrijke component in het continue verbeteringsproces van Eni Energy.

5.5 Ontmantelingsfase

De abandonnering (buitengebruikstelling) vindt plaats na beëindiging van de gaswinning. Wanneer het gasveld is leeggeproduceerd, worden de putten veilig afgesloten en wordt het platform verwijderd (Figuur 5-9).
Na het staken van de gaswinning worden de installatieonderdelen drukloos gemaakt, worden alle koolwaterstoffen verwijderd en worden de leidingen en systemen gespoeld en grondig gereinigd. Vervolgens kan het platform in de 'warm suspension', i.e. tweede fase worden gebracht, waarbij de meeste systemen worden losgekoppeld en buiten gebruik worden gesteld, en de putten worden gesuspendeerd. Gedurende deze periode kan de platformbezoekfrequentie drastisch worden verlaagd. Het op afstand monitoren van de putten blijft vereist totdat de putten permanent zijn afgesloten (‘Plugged and Abandoned’). Deze fase kan kort zijn, maar kan ook enkele jaren duren. De tijdsduur zal onder andere afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van (boor)installaties om de putten definitief te kunnen verwijderen.

De putten worden volgens de geldende regels (op dit moment de Mbw) afgedicht en de verbuizingen van de putten zal tot beneden de zeebodem worden verwijderd. Nadat de putten permanent zijn afgesloten, gaat het platform in de 'cold suspension’ modus tot aan de verwijdering. Het platform of delen daarvan worden zo mogelijk elders weer gebruikt. Niet herbruikbare delen worden gerecycled of anderszins verwerkt.

Onderzocht wordt of de leiding veilig en schoon kan worden achtergelaten, dan wel dat delen van de leiding moeten worden verwijderd. Een en ander is afhankelijk van de dan geldende wetgeving. Bij buitengebruikstelling wordt de leiding geconserveerd en blijft in dezelfde staat liggen. Het conserveren vindt plaats - eventueel na inwendige schoonmaak - door de leiding op overdruk met stikstof te vullen, waardoor de inwendige integriteit wordt geborgd. Voor de uitwendige integriteit is kathodische bescherming aanwezig. Bij verwijdering wordt de leiding (of delen ervan) – na schoonmaak – ontgraven, in delen gezaagd en afgevoerd. Buisdelen worden mogelijk hergebruikt of anders als afval verwerkt. Als alle installatiedelen zijn verwijderd, wordt de zeebodem geïnspecteerd en zo nodig opgeruimd om zeker te zijn dat geen afval en (gevaarlijke) obstakels achterblijven.

Figuur 5-9: (1) verwijdering van een bovenbouw; (2) en (3) verwijdering van een jacket.

Tijdsduur

De tijdsduur van de totale verwijdering van de putten, het platform en eventueel de pijpleiding wordt ingeschat op circa een jaar. De verwachting is dat dit binnen drie jaar na beëindiging van de productie plaatsvindt. Er zijn geen plannen voor opslag van CO_2.

Effecten

Omdat de ontmanteling naar verwachting over meer dan vijftien jaar van nu plaatsvindt, is nog niet bekend hoe de ontmanteling exact wordt uitgevoerd en wat de eisen daarvoor zijn. Om deze reden worden de activiteiten in de ontmantelingsfase niet separaat beoordeeld. De verwachting is dat de activiteiten en effecten vergelijkbaar zijn met de aanlegwerkzaamheden maar dat minder onderwatergeluid wordt gegenereerd omdat bij ontmanteling niet geheid wordt. Gedurende de verwijderingsfase zijn de transportbeweging naar verwachting vergelijkbaar met die van de aanlegfase.

5.6 Naburige activiteiten

Als meerdere activiteiten met dezelfde milieueffecten gelijktijdig optreden in of in de nabijheid van het projectgebied, kan cumulatie van effecten optreden. Bij cumulatie overlappen de effecten van verschillende activiteiten elkaar, in tijd en ruimte. Dit kan aanvullende nadelige effecten veroorzaken. Het kan zowel gaan om activiteiten van anderen als om activiteiten van Eni Energy zelf.

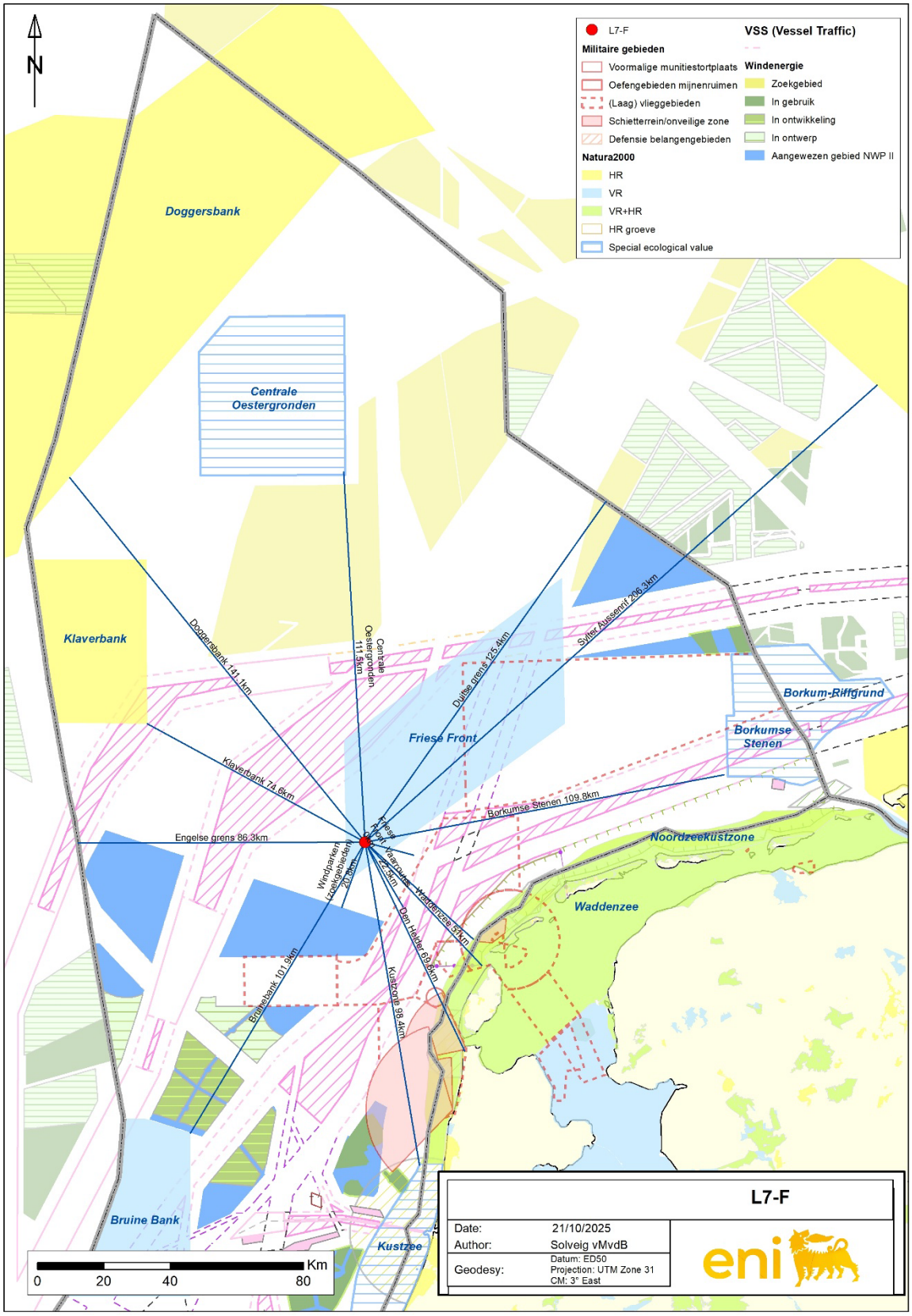
Het al dan niet optreden van cumulatie is afhankelijk van de effectafstanden, de planning en de locatie van de andere activiteiten.

Bij het inventariseren van die activiteiten is gekeken naar projecten waar een vergunning voor is verleend, maar die nog niet zijn uitgevoerd of die ten dele zijn uitgevoerd. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor windparken en aanleg van kabels/leidingen. Ook is gelet op toekomstige projecten, waarvoor nog geen vergunning is verleend.

Op enige afstand van de voorgenomen locatie van het L7-F-platform bevinden zich bestaande mijnbouwinstallaties van Eni Energy en bevinden zich kabels en leidingen op de zeebodem. Deze installaties, kabels en leidingen hangen voornamelijk samen met de bestaande olie- en gasactiviteiten van Eni Energy in de blokken L10, K9 en K12. Ten zuidwesten van L7-F, op 10-16 kilometers afstand, is gasveld L10-CDA gelegen. Hier wordt na 2028 CO_2 geïnjecteerd (CCS-project Aramis), in het voorkomen L10-ALBE. Daaraan voorafgaand worden putten voor injectie geboord en bestaande gaswinputten afgesloten.

Voor de milieuthema's die in dit MER aan de orde worden gesteld geldt dat 'naburige' activiteiten op grote afstand liggen dan wel geen overlappende periode van uitvoering hebben met L7-F. Er treedt geen samenloop van effecten op. Bij natuur treden mogelijk aanvullende negatieve effecten op door cumulatie. Daarop wordt in paragraaf 7.4.4 ingegaan.

Figuur 5-10 geeft een overzicht van alle gebiedsreserveringen in de EEZ (militair, natuur, windenergie), afstanden vanaf L7-F en scheepvaartroutes.



Figuur 5-10: Platform L7-F ten opzichte van gebiedsreserveringen in de Nederlandse EEZ.

5.7 Standaardvoorzieningen, natuurbeschermende maatregelen en natuurversterkende maatregelen

Eni Energy gebruikt een uitvoeringsmethodiek waarmee de effecten van de activiteiten op de omgeving en natuur zo veel mogelijk worden beperkt. De volgende standaardvoorzieningen voor verschillende onderwerpen worden genomen als onderdeel van de activiteit.

Optische verstoring en lichthinder (verstoring)

- Eni Energy maakt standaard gebruik van een vogeltrekexpert tijdens het flaren.
- Voor het fakkelen heeft Eni Energy een Bird Monitoring protocol.
- Het fakkelen start altijd overdag om de aantrekkende werking van de vlam op vogels te beperken. Het affakkelen kan door technische eisen voortduren tot na het einde van de astronomische schemering.
- De put zal worden schoon geproduceerd middels horizontale fakkel(s). De vlam van een horizontale fakkel komt minder hoog dan een verticale fakkel.
- Een vogelwachter volgt vóór en tijdens het affakkelen de vogeltrek en bepaalt of het affakkelen moet worden onderbroken of gestopt.
- De verlichting op zowel het boor- als het productieplatform wordt zo veel mogelijk gereduceerd en afgeschermd. Eni Energy stelt als voorwaarde dat de eigenaar van het boorplatform voldoet aan internationale standaarden tegen onnodige lichtuitstraling. Op het productieplatform is de verlichting in de meeste gevallen beperkt tot de wettelijk vereiste navigatieverlichting. Alleen tijdens inspecties en werkzaamheden op het productieplatform wordt meer verlichting toegepast om het werk veilig uit te kunnen voeren.

Schadelijke stoffen/afvalstoffen

- Oliehoudend boorgruis voert Eni Energy standaard af naar de wal.
- Voor projecten op de Noordzee maakt Eni Energy gebruik van drilling rigs met motoren die draaien op ‘marine gas oil’. Dit is een ultra-laagzwavelige brandstof. Het gebruik hiervan is verplicht in de van toepassing zijnde regelgeving (MARPOL annex VI).
- Bij het fakkelen maakt Eni Energy standaard gebruik van high efficiency burners, zodat de kans op het uitvallen van vloeistoffen uit de flare zoveel mogelijk wordt beperkt.
- Afvalwater wordt tot beneden de wettelijk vastgelegde concentraties ontdaan van koolwaterstoffen alvorens er wordt geloosd. Geloosd water voldoet aan de emissie-eisen van hoofdstuk 9 van de Mbr (< 30 ppm olie in water).
- Geproduceerd condensaat wordt in tanks afgevoerd, niet verbrand.
- Reststoffen en afval worden in containers verzameld en gescheiden afgevoerd.

Maatregelen productieplatform

- Het platform is uitgerust met een OVC waardoor emissies van koolwaterstoffen naar de lucht tijdens normaal bedrijf nagenoeg volledig worden voorkomen. De restwarmte van de OVC wordt nuttig gebruikt bij de TEG-regeneratie.
- Het platform wordt ontworpen om gas uit putten met verschillende drukniveaus te verwerken. Hierdoor hoeven hoge druk putten niet eerst in druk verlaagd te worden tot de druk van lagere putten en vervolgens weer te worden gecomprimeerd. Dit leidt tot een aanzienlijke energiebesparing ten opzichte van de gebruikelijke offshore werkwijze.
- De condensaat-waterscheiding vindt plaats bij hoge druk, waardoor de olie-waterscheiding beter verloopt en er minder ventgas vrijkomt.
- Het hoge druk afblaassysteem is explosiebestendig uitgevoerd zodat het niet nodig is het systeem continu te spoelen (i.e. ‘purgen’) met gas ter voorkoming van het optreden van explosieve mengsels.

- De afblaaspijp van het lage druk afblaassysteem wordt voorzien van een ‘flame arrestor’ (i.e. vlamdover), waardoor het terugslaan van een vlam in het afblaassysteem wordt voorkomen. Bovendien wordt een spoelgassysteem met stikstof toegepast.
- Als de installaties worden stilgelegd, worden ze zoveel mogelijk op druk gehouden om te voorkomen dat aardgas onnodig wordt afgeblazen naar de atmosfeer.
- Door de toepassing van luchtkoelers is geen koelwater nodig en kan ook de koelwaterbehande beling achterwege blijven.
- Het elektriciteitsverbruik wordt zoveel mogelijk gereduceerd onder andere door besparingsmaatregelen bij de verlichting en andere elektriciteitsgebruikers. Hierdoor kan worden volstaan met kleine generatoren, waarvan het vermogen vergelijkbaar is met een vrachtautomotor.

Onderwatergeluid

- Bij windstilte geldt dat het verstoorde oppervlak ongeveer tweemaal zo groot is als bij gemiddelde wind (Heinis, 2018)[14]. Om die reden voert Eni Energy standaard geen heiwerkzaamheden uit als het windstil is (windstil is bij windkracht < 1 Beaufort).
- Bij het heien maakt Eni Energy gebruik van lagere energiesystemen.

Natuurbeschermende en natuurversterkende maatregelen

Met het oog op de natuurlijke kenmerken van het gebied worden door Eni Energy voor platform L7-F verschillende natuurbeschermende en natuurversterkende maatregelen getroffen. Deze maatregelen zijn afgestemd op de ecologische context van het Friese Front en dragen bij aan het beschermen en versterken van de lokale biodiversiteit en het functioneren van het ecosysteem. De maatregelen sluiten aan bij de afspraken zoals verwoord in het Noordzeeakkoord. Voor een uitgebreidere toelichting op de natuurbeschermende en natuurversterkende maatregelen wordt verwezen naar bijlage 4.

De natuurbeschermende maatregelen omvatten:

- Het optimaliseren van lichtgebruik om lichtvervuiling te minimaliseren;
- Het uitvoeren van werkzaamheden in ecologisch gunstige seizoenen (i.e. seizoensgebonden werken);
- Het aanpassen van begraafmethoden voor kabels en leidingen om schade te beperken;
- Het toepassen van een ‘Acoustic Deterrent Device’ (ADD) onder water indien nodig, om zeezoogdieren te verjagen en daarmee fysieke gehoorschade te voorkomen;
- Het hanteren van heiprotocollen met een soft start om geluid geleidelijk op te bouwen en daarmee zeezoogdieren de gelegenheid te geven om weg te zwemmen en zo fysieke gehoorschade te voorkomen;
- Het toepassen van geluidsvermindering bij én rondom de bron tijdens heiwerkzaamheden.

De volgende concrete natuurversterkende elementen worden geïmplementeerd:

- Installatie van vishotels (kunstmatige riffen in de waterkolom) op verschillende dieptes (tussen 2 meter onder het wateroppervlak en 1 meter boven de zeebodem) aan de jacket-constructie om bij te dragen aan de voedselvoorziening van beschermde soorten. Deze worden gepositioneerd in de luwte van de constructie om goede condities te creëren voor de vestiging van marine organismen. Kanttekening hierbij is dat deze constructies de integriteit van het jacket niet mogen aantasten.
- De vishotels worden voorzien van ‘Biohuts’ met drie compartimenten, waarvan één gevuld wordt met stortsteen of oesterschelpen. Deze structuren bieden beschutting en een kraamkamerfunctie voor verschillende vissoorten, waaronder sprot, die een belangrijke voedselbron vormen voor de zeekoet en andere beschermde soorten in het gebied. Doordat de vishotels met daarin de

[14] *Heinis, F. (2018). Offshore windenergiegebied Hollandse Kust (noord): Effecten van aanleg op zeezoogdieren. HWE.*

biohutten vastzitten aan de constructie, is sprake van een tijdelijke maatregel. Als de constructie wordt verwijderd, worden ook de vishotels verwijderd.
- Toepassing van natuur-inclusieve erosiebescherming, waarbij niet alleen erosie wordt tegengaan, maar ook wordt bijgedragen aan habitatvorming voor mariene soorten.

De natuurversterkende maatregelen:
- Versterken de voedselketen in het gebied,
- Creëren schuilplaatsen en kraamkamerfuncties voor verschillende vissoorten,
- Verhogen de lokale biodiversiteit door het aanbieden van gevarieerde habitats, en
- Gaan niet ten koste van de integriteit van het jacket.

Eni Energy onderzoekt op welke wijze de effectiviteit van deze maatregelen kan worden gemonitord. Het meest waarschijnlijk is dat monitoringsmaatregelen worden opgenomen in een monitoringsprogramma en dat de uitvoering van deze maatregelen plaatsvindt in samenwerking met een onderzoeksinstituut.

Aan het eind van de periode van gaswinning is er de verplichting om het productieplatform en de daarop aanwezige installaties (de topside) te verwijderen (art. 44, lid 2, Mbw). Daaronder is ook begrepen de verwijdering van het jacket (de onderbouw). Doordat Eni Energy bepaalde natuurversterkende maatregelen treft aan het jacket, is denkbaar dat de verwijdering van het jacket van invloed is op ontstane natuurwaarden. Als blijkt dat de genoemde wet- en regelgeving ten tijde van verwijdering is gewijzigd, kan Eni Energy dan beoordelen of verwijdering van het jacket opportuun is.

6 Totstandkoming voorkeursalternatief

6.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt het voorkeursalternatief samengesteld aan de hand van keuzes tussen alternatieven voor de productie-installatie en (uitvoerings-)varianten. Het voorkeursalternatief beschrijft de voorgenomen activiteit zoals die door de initiatiefnemer is ontwikkeld. Om te komen tot het voorkeursalternatief zijn milieueffecten en haalbaarheid van realistische alternatieven voor de productie-installatie en (uitvoerings-) varianten onderzocht. Eni Energy vraagt voor het voorkeursalternatief de vergunningen aan.

Een alternatief is een wezenlijk andere invulling van de voorgenomen activiteit, zoals het type productie-installatie. Een variant is een andere uitvoeringsmogelijkheid binnen een gekozen alternatief, bijvoorbeeld voor de aanleg van de pijpleiding.

Het is belangrijk te benadrukken dat het aantal alternatieven en varianten inherent beperkt is vanwege de specifieke aard van dit project. Zoals in paragraaf 4.3 is uitgelegd, zijn er geen realistische alternatieven ten aanzien van de locatie voor het platform. Dit komt doordat het gaat om de ontwikkeling van een gasvoorkomen op een specifieke locatie in de diepe ondergrond. Dit gasvoorkomen komt niet elders voor, alleen daar waar de proefboring heeft uitgewezen dat er winbaar aardgas aanwezig is.

Daarnaast brengen de specifieke omstandigheden op de Noordzee mee dat bepaalde alternatieven en varianten op voorhand als niet-realistisch kunnen worden aangemerkt, omdat zij technisch niet kunnen worden gerealiseerd op de productielocatie of zo kostbaar zijn dat gaswinning niet meer rendabel is. Niet-realistische alternatieven en varianten worden in de mer-procedure niet verder onderzocht, omdat ingeval van een niet-realistische ontwikkeling op voorhand vaststaat dat het project niet uitvoerbaar is voor Eni Energy.

Het onderzoeken van alternatieven en varianten heeft drie doelen:

- Het opmerken en verduidelijken van verschillen in milieueffecten.
- Het mogelijk maken van een gemotiveerde keuze voor het voorkeursalternatief[15].
- Het optimaliseren van het voorkeursalternatief ten aanzien van de effecten op het milieu en de omgeving.

Afhankelijkheden en afwegingen van opties
Bij het samenstellen van het voorkeursalternatief is het belangrijk om te benadrukken dat bepaalde keuzes afhankelijk zijn van andere keuzes. Dit houdt in dat de selectie van een bepaald alternatief of bepaalde variant invloed kan hebben op de haalbaarheid en geschiktheid van andere opties. Bijvoorbeeld, de keuze voor een specifiek type productie-installatie kan bepaalde uitvoeringsvarianten uitsluiten vanwege technische of milieutechnische beperkingen.

Voor de volledigheid worden echter alle opties gepresenteerd en behandeld, zelfs als een keuze een andere keuze uitsluit. Dit zorgt ervoor dat alle mogelijke alternatieven en varianten in overweging worden genomen, i.e. dat de afweging volledig is.

De methode van selecteren van realistische alternatieven en varianten
Per onderdeel van de voorgenomen activiteit heeft Eni Energy onderzocht welke alternatieven en/of varianten beschikbaar zijn.

[15] *Het voorkeursalternatief betreft de door de initiatiefnemer gewenste combinatie van realistische alternatieven, varianten en mitigerende maatregelen.*

Voor de beoordeling of deze alternatieven en varianten ook realistisch zijn, sluit het MER aan bij de Ow. Artikel 16.52, tweede lid, onder b, van de Ow stelt dat het MER een beschrijving moet geven van de ‘redelijke alternatieven voor het project’. De Ow definieert niet wat de term 'redelijk’ inhoudt. Daarom is op de website van het IPLO[16] een interpretatie van deze term opgenomen. Een redelijk alternatief:

- Draagt bij aan het behalen van de doelstellingen van het project of plan.
- Geeft informatie die nuttig is voor de besluitvorming over het project of plan.
- Is niet strijdig met wettelijke kaders of harde beleidsuitgangspunten.

Aanvullend voor projecten: een redelijk alternatief:

- Kan door de initiatiefnemer worden gerealiseerd. Dat betekent dat een initiatiefnemer een alternatief ook kan uitvoeren. Het moet binnen de competentie van de initiatiefnemer vallen.
- Kan uitvoeringstechnisch (men moet het kunnen maken).
- Mag niet te veel afwijken van het projectbudget.

Om waardevol te zijn moet een alternatief tevens:

- Relevante milieueffecten hebben: het heeft alleen zin om alternatieven of varianten te ontwikkelen als die leiden tot andere milieueffecten.
- Bijdragen aan de besluitvorming: een alternatief of variant moet bijdragen aan het besluitvormingsproces over de gevraagde toestemmingen voor het project. Hierbij geldt dat het alternatief vergunbaar moet zijn op basis van de geldende wetgeving.

Beoordelingsmethode voor alternatieven en varianten
In dit MER is eerst een beschrijving gemaakt van de kenmerken van alternatieven en varianten. Vervolgens zijn deze voor de praktische beoordeling getoetst aan drie hoofdcriteria:

- Technische haalbaarheid: Is het alternatief of de variant technisch uitvoerbaar?
- Milieueffecten: Wat zijn de te verwachten effecten op het milieu?
- Economische haalbaarheid: Leidt het alternatief of de variant niet tot excessieve kosten?

Bij de beoordeling van deze criteria heeft Eni Energy een afweging gemaakt. Alternatieven of varianten die technisch of economisch niet haalbaar bleken, zijn afgevallen. Voor de resterende alternatieven en varianten is een inschatting gemaakt van de milieueffecten. Deze inschatting heeft geleid tot de keuze voor het voorkeursalternatief, dat maakbaar, betaalbaar en probleemoplossend is.

In de tabellen worden alleen de criteria beschreven die van belang zijn bij de keuze.

6.2 Alternatieven en varianten

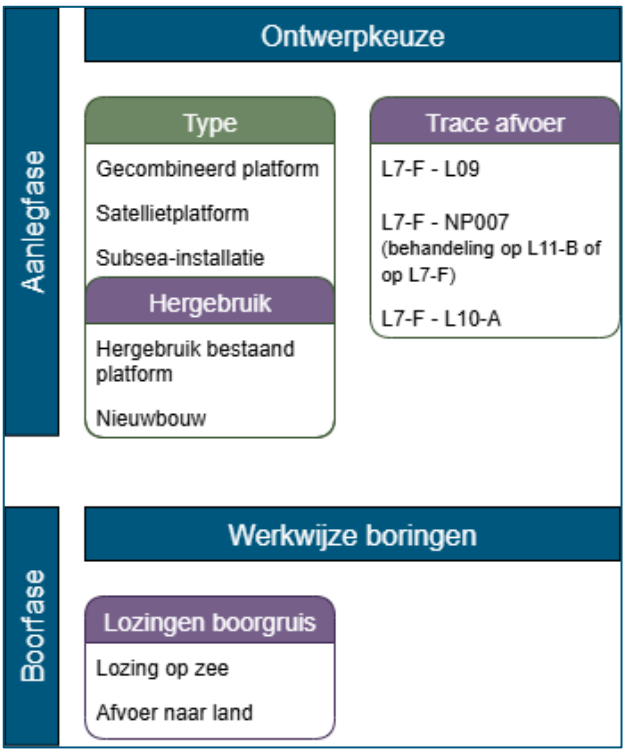
De voorgenomen activiteit kan op verschillende manieren ontworpen en uitgevoerd worden. Na de exploratieboring in 2023 is Eni Energy gestart met het verkennen van de mogelijkheden voor de aanlegfase, het boren, de productie en afvoer van het aardgas. In dit ontwerpproces zijn alternatieven en (uitvoerings)varianten naar voren gekomen. Deze paragraaf beschrijft welke alternatieven en varianten zijn overwogen, welke keuze Eni Energy heeft gemaakt en waarom. Hierbij geldt dat met de publicatie van het Voornemen en Participatieplan en de vastgestelde NRD het voorkeursalternatief is komen vast te staan en dat duidelijk is welke alternatieven en varianten zijn afgevallen. Hierna wordt dit nader toegelicht.

Om te komen tot het voorkeursalternatief zijn er drie stappen doorlopen:

- Voor de verschillende onderdelen binnen de voorgenomen activiteit is bepaald welke realistische alternatieven/varianten er bestaan. Onder ‘realistisch’ wordt verstaan: technisch en economisch haalbaar, waarschijnlijk vergunbaar en maatschappelijk/milieutechnisch aanvaardbaar.

[16] *Bron: In de praktijk: reikwijdte en detailniveau MER | Informatiepunt Leefomgeving*

- Van deze realistische alternatieven/varianten zijn de milieueffecten ingeschat en met elkaar vergeleken.
- Met de uitkomst van deze vergelijking is bepaald welke combinatie van varianten de voorkeur heeft. Hiermee is het voorkeursalternatief ontstaan.



Figuur 6-1: Overzicht van alternatieven (groen) en varianten (paars).

Er is onderscheid gemaakt in de verschillende fasen van de voorgenomen activiteit. Niet-realistische alternatieven zijn niet in dit figuur opgenomen De paragrafen hieronder beschrijven de alternatieven en varianten, de kenmerken daarvan, de overwegingen en de keuzes die gemaakt zijn.

6.2.1 De aanlegfase

De aanlegfase kent mogelijk realistische alternatieven binnen ontwerpkeuzes en varianten in de manier waarop het platform wordt aangelegd. In het ontwerp worden keuzes gemaakt over het type platform, het wel of niet hergebruiken van een bestaand platform, de energievoorziening en het afvoeren van het aardgas. Bij het aanleggen van het platform bestaan varianten in de manier van verankering van het platform en hoe de pijpleiding wordt ingegraven.

Type productie-installatie (alternatieven afweging)
Voor afvoer naar een hoofdgastransportleiding, in dit geval de NOGAT-pijpleiding voor L7-F, moet het aardgas op specificatie gebracht worden (‘NOGAT-specificatie’). Dit betekent dat het aardgas behandeld moet worden om het te drogen en op de juiste druk te brengen voordat het afgevoerd kan worden. Deze noodzakelijke behandeling is bepalend voor het type productie-installatie dat gekozen moet worden.

Voor het type productie-installatie zijn drie technisch bewezen alternatieven beschikbaar:

1. Een satellietplatform: een platform met minimale faciliteiten waarop uitsluitend aardgas wordt gewonnen, dat vervolgens via een pijpleiding naar een behandelingsplatform elders wordt getransporteerd.

2. Een ‘subsea’-installatie: volledig onderzeese gaswinningsinstallatie die in combinatie met een bestaand of nieuw behandelingsplatform functioneert. Het gewonnen aardgas wordt per pijpleiding naar dit behandelingsplatform getransporteerd.
3. Een gecombineerd platform: een installatie die zowel de winning als de behandeling van aardgas op één locatie mogelijk maakt.

De eerste twee alternatieven omvatten alleen winningsinstallaties en vereisen een nabijgelegen behandelingsplatform waar het gas op specificatie voor een hoofdgastransportleiding wordt gebracht. Het derde alternatief omvat een gecombineerd winnings- en behandelingsplatform. De keuze tussen deze alternatieven wordt daarom bepaald door de cumulatieve milieueffecten en andere kenmerken van zowel het winnings- als het behandelingsplatform. Voor L7-F is L10-A het meest nabijgelegen behandelingsplatform (16 km) waar gas van een ander winningsplatform kan worden behandeld. Er zijn geen andere behandelingsplatformen in de nabijheid. In de referentiesituatie wordt verwacht dat het L10-A-platform tot 2030 in productie blijft, aangezien de hierop aangesloten velden dan leeggeproduceerd zullen zijn. Indien L10-A wordt ingezet voor de behandeling van gas uit het L7-F-veld, moet dit platform hiervoor in stand worden gehouden, waarbij de volledige milieueffecten (en kosten) aan L7-F worden toegerekend.

Voor de ontwikkeling van het L7-F-gasveld heeft Eni Energy drie verschillende opties voor het type productie-installatie overwogen. De voor- en nadelen van elke optie zijn afgewogen en in Tabel 6-1 weergegeven.

Tabel 6-1: Afweging type productie-installatie.

Beschrijving	Detail	Afwegingen
Satellietplatform Een relatief klein platform voor winning van aardgas. Behandeling vindt grotendeels elders plaats.	Het platform is opgebouwd uit een jacket en een kleine bovenbouw. Het bevat beperkte procesinstallaties voor de scheiding van ruw aardgas en productiewater. Aardgas en condensaat worden afgevoerd naar een nabijgelegen behandelingsplatform. Het platform is doorgaans onbemand, met hooguit een noodverblijf voor onderhoudspersoneel. Voor L7-F is L10-A het dichtstbijzijnde behandelingsplatform (16 km afstand).	▪ Een satellietplatform bevat beperkte voorzieningen, vooral gericht op gaswinning. ▪ Het gas gaat onbehandeld van L7-F naar het hoofdplatform L10-A (op 16 km afstand) voor verdere behandeling. ▪ Door minimale technische voorzieningen is de impact van het satellietplatform op het milieu en de natuur relatief klein (minder schepen, minder helikopters). ▪ De gasbehandeling op L10-A stopt rond 2030. Dat past niet bij een winning gedurende 10-15 jaar bij L7-F.
Subsea-installatie Volledige onderzeese installatie voor winning aardgas op zeebodem. Behandeling vindt elders plaats.	Een installatie op de zeebodem, waarbij voldoende waterdiepte nodig is. Grote subsea-installaties voor meerdere gasvelden hebben diverse gasputten die door pijpleidingen en umbilicals zijn verbonden met een hoofdplatform. Aardgas en condensaat worden afgevoerd naar een nabijgelegen behandelingsplatform. Onderhoud wordt uitgevoerd door duikers. De installatie wordt beschermd door een kooiconstructie.	▪ Theoretisch mogelijk op de locatie van L7-F. ▪ Subsea-putten worden vaak eerder afgesloten dan bovenzeese putten omdat interventies en onderhoudswerkzaamheden om de putleeftijd te verlengen kostbaar zijn (vereisen een ‘light drill-rig’) en een grotere milieu-impact (met name verstoring door geluid, aanwezigheid) hebben. Deze hoge kosten leiden tot een lager winningspercentage dan bij bovenzeese putten, waardoor meer aardgas in het reservoir achterblijft. ▪ Gasbehandeling op L10-A, die rond 2030 zal stoppen.
Gecombineerd gaswinnings- en behandelings-platform Een relatief groot platform voor winning en behandeling van aardgas.	Het platform bestaat uit een bovenbouw op een onderbouw. Op de bovenbouw staan de proces- of behandelingsinstallaties. Een platform is doorgaans bemand. Voor de bovenbouw wordt uitgegaan van hergebruik van platform E17-A. Op het platform wordt het aardgas gedroogd tot de NOGAT-specificatie. Hierdoor kan het gas in de NOGAT-gasleiding ingevoegd worden. Ook is het vaak vereist om het gas met compressoren te comprimeren om het op de vereiste druk te brengen om het te kunnen invoeden.	▪ De gasbehandelingsinstallatie op L7-F is aanzienlijk milieuvriendelijker door drie voordelen: - Moderne compressiesystemen met lagere emissiewaarden. - Waterbehandeling zonder schadelijke chemicaliën. - E17-A heeft een kleinere installatie dan L10-A met lagere emissies (operationeel en bij onderhoud). ▪ Voorkomt het in stand houden van L10-A uitsluitend ten behoeve van L7-F na 2030, financieel onverantwoord is. Keuze voor hergebruik E17-A is zowel vanuit milieu- als financieel perspectief logisch.

Slotsom afweging
De afweging tussen een satellietplatform met behandeling op L10-A tegenover een gecombineerd platform valt in het voordeel uit van de laatste. De bestaande gasbehandelingsinstallatie op L10-A is een oudere installatie dan die van E17-A, die kan worden hergebruikt. Dit resulteert in negatieve milieueffecten (met name emissies naar de lucht) voor L10-A. Daarnaast heeft de installatie op L10-A een te grote capaciteit voor alleen L7-F, wat leidt tot inefficiënt energieverbruik. Een doorslaggevende reden is dat de gasbehandeling op het L10-A platform naar verwachting rond 2030 zal worden gestaakt, terwijl op de L7-F locatie tien tot vijftien jaar gas geproduceerd kan worden (2037–2042). Het L10-A platform kan de gasbehandeling niet gedurende de gehele productieduur van L7-F faciliteren. Het is niet-realistisch om gedurende de productiefase de gasbehandeling te verleggen naar een ander gasbehandelingsplatform. Bovendien zou het uitsluitend operationeel houden van L10-A voor L7-F na het einde van de levensduur van L10-A financieel onverantwoord zijn.

Een subsea-installatie brengt aanzienlijke nadelen met zich mee: hoge kosten, negatieve milieueffecten (geluid en aanwezigheid) om de levensduur op peil te houden en praktische beperkingen. De onderhouds- en interventiewerkzaamheden maken deze optie kostbaar, terwijl de benodigde zware apparatuur leidt tot hogere emissies dan bij bovenzeese alternatieven. Noodzakelijk putonderhoud (bijvoorbeeld bij een storing die invloed heeft op de productie) is daarom vrijwel onuitvoerbaar in de kritische periode voor de zeekoet. Bovendien resulteert een subsea-installatie in een lager winningspercentage doordat de winning vanwege hoge onderhoudskosten vroegtijdig wordt beëindigd, waardoor meer aardgas in het reservoir achterblijft. Voor een subsea-installatie geldt verder dat die zou moeten worden aangesloten op het L10-A platform voor gasbehandeling, wat dezelfde beperkingen met zich meebrengt als hierboven beschreven voor het satellietplatform.

Met de vaststelling van het Voornemen en Participatieplan en de NRD is gegeven dat en waarom de alternatieven ‘satellietplatform’ en ‘subsea-installatie’ niet voldoen aan de selectiecriteria minimale milieueffecten, technische uitvoerbaarheid en economische haalbaarheid. De alternatieven 'satellietplatform' en 'subsea-installatie' worden niet meegenomen in dit MER. Het gecombineerd gaswinnings- en behandelingsplatform voldoet wel aan de selectiecriteria van milieueffecten, technische uitvoerbaarheid en economische haalbaarheid en wordt daarom als enige alternatief onderzocht in het MER.

Hergebruik van een bestaand platform versus een nieuw platform (variant afweging)
Voor de wijze van realisatie van het behandelingsplatform bestaan twee mogelijk uitvoerbare varianten:

- Nieuwbouw van een behandelingsplatform.
- Hergebruik van een bestaand behandelingsplatform.

De afweging tussen beide mogelijkheden staat in Tabel 6-2.

Alleen de topside van een bestaand platform is geschikt voor hergebruik en moet worden geplaatst op een nieuwe onderbouw. De bestaande onderbouw (‘jacket’) van een platform, bijvoorbeeld het E17-A platform, kan vanwege de volgende redenen niet worden hergebruikt:

- Verschil in waterdiepte. Door verschillen in waterdiepte tussen de E17-A en L7-F locaties, is het fundatie-ontwerp niet geschikt voor L7-F.
- Verminderde betrouwbaarheid. Door jarenlange blootstelling aan de Noordzee is er een kans dat de onderbouw tekenen van metaalmoeheid vertoont. Deze materiaaldegradatie vermindert de betrouwbaarheid van de constructie en vormt een risico voor de veiligheid als deze wordt hergebruikt op een nieuwe locatie.
- Hogere onderhoudskosten. Hergebruik van het jacket zou inspectie- en onderhoudsactiviteiten vereisen. De kosten hiervoor zouden een stuk hoger zijn dan die van een nieuwe onderbouw.

Eni Energy heeft twee mogelijkheden onderzocht voor het hergebruik van een topside: het D18-A platform en het E17-A platform. Uit de vergelijking bleek dat het E17-A platform om de volgende redenen de voorkeur verdient:

- Een robuuster platform en eenvoudiger renovatieproces.
- Mogelijkheid tot grotere winbare hoeveelheid gas uit het reservoir door de aanwezigheid van compressoren gedurende langere tijd.
- Lagere CO_2-uitstoot.
- Snellere uitvoering en directe geschiktheid voor gasproductie inclusief droging (zowel droging als compressie is aanwezig).
- Lagere operationele kosten.

Tabel 6-2: Afweging nieuw of hergebruikt platform.

Beschrijving	Detail	Afwegingen
Nieuwbouw behandelingsplatform Een nieuw behandelingsplatform wordt ontworpen conform eisen en wensen voor het project.	Een nieuw ontwerp kan rekening houden met de huidige stand van techniek op het vlak van milieu- en veiligheid. Verder zijn er mogelijkheden tot elektrificatie, bediening op afstand en mogelijke aanvullende mitigerende maatregelen in het kader van de omgeving.	Het nieuw ontwerpen van de topside voor L7-F leidt tot: ▪ Vertraging start gasproductie: Ontwerpen en bouwen van een nieuw platform duurt langer dan het hergebruik van een bestaande platform. ● Nieuwbouw heeft als milieunadelen het gebruik van materiaal en energie bij constructie en als mogelijke milieuvoordelen in de gebruiksfase minder emissies door nieuwe technieken. Nieuwbouw van een topside zou leiden tot 4.345 ton CO2 equivalent meer uitstoot dan hergebruik van, in dit geval, de E17-A topside. ▪ Hogere kosten: Veel hogere kosten dan hergebruik (CAPEX).
Hergebruik bestaand behandelingsplatform De bovenzijde van het bestaande E17-A platform wordt hergebruikt voor L7-F.	E17-A is momenteel in gebruik voor aardgasproductie. De beoogde beëindiging van aardgasproductie in blok E17 valt samen met realisatie van L7-F waardoor het platform hergebruikt zou kunnen worden. Het formaat en capaciteit van het E17-A platform zijn geschikt voor L7-F. Het betreft een operationeel veilig platform met een bekend ontwerp, wat risico's vermindert. Het platform is in goede conditie, goed onderhouden en voldoet aan geldende wet- en regelgeving. Bovendien is het zonder aanpassing geschikt voor aansluiting op de NOGAT-pijpleiding.	Hergebruik van de topside bij L7-F leidt tot: ▪ Versnelde gasproductie: Door snelle beschikbaarheid kan het project eerder worden uitgevoerd; dit past bij het Versnellingsplan. ▪ Milieuvoordelen: Hergebruik van bestaande infrastructuur en constructie zorgt voor lagere CO_2-uitstoot (circa 7.250 ton) ten opzichte van bouw van nieuwe constructies en installaties en is daarmee duurzamer. Bij deze vergelijking is rekening gehouden met transport. ▪ Milieunadelen: Mogelijke milieunadelen in de gebruiksfase door oudere technieken. Gelet op de lengte van de productiefase is dat nadeel (veel) minder dan 7.250 ton CO_2, namelijk circa 2.500 ton CO_2 (gemiddelde CO_2-reductie in de periode 2015-2025 door technologische innovatie van generatoren en verbrandingsmotoren is 20%). ▪ Kostenefficiëntie: Veel lagere kapitaalkosten (CAPEX) dan nieuwbouw. ▪ De in de toekomst noodzakelijke compressiefaciliteiten (compensatie drukverlies voor drukdaling in gasreservoir) zijn al aanwezig.

Slotsom afweging
In de vergelijking slaat de balans door naar hergebruik van de topside van het bestaande platform E17-A. De topside van dit platform is zonder kostbare en tijdrovende modificaties toepasbaar en geschikt voor de gaswinning bij L7-F. Daarnaast biedt dit de mogelijkheid om een bestaand platform her te gebruiken, en kan uitstoot gerelateerd aan de bouw van een nieuw platform worden vermeden. De voordelen van hergebruik zijn groter dan de nadelen die door een nieuw ontworpen en gebouwd platform kunnen worden weggenomen.

Tracé van de pijpleiding voor de afvoer van gas (variant afweging)
Eni Energy legt een nieuwe pijpleiding aan om het geproduceerde aardgas af te voeren. De keuze voor het tracé van de afvoerroute van het geproduceerde aardgas en condensaat werkt door in andere onderdelen van de voorgenomen activiteit. Zo vragen bepaalde afvoerroutes om voorbehandeling van aardgas, wat alleen met bepaalde typen productie-installaties mogelijk is. De mogelijkheden voor de voorbehandeling zijn dus afhankelijk van de keuze van de afvoerroute.

Er zijn drie tracés getoetst die in aanmerking komen voor de export van het gas:

- Optie 1: L7-F naar L09 (‘side tap’ NOGAT; paarse route in Figuur 6-2). Bij deze optie wordt het gas behandeld op het L7-F platform en vervolgens afgevoerd naar een ‘side tap’ bij L09 op de NOGAT-leiding.
- Optie 2: L7-F naar L11-B (lichtblauwe route in Figuur 6-2). Onder deze optie vallen twee methodes: (1) het gas wordt onbehandeld van L7-F naar de NP-007-leiding afgevoerd en vervolgens behandeld op het L11-B platform van ONE-Dyas B.V; (2) het gas wordt behandeld op L7-F en afgevoerd naar de NP-007-leiding.
- Optie 3: L7-F naar L10-A (lichtgroene route in Figuur 6-2). Bij deze optie wordt onbehandeld gas van L7-F naar L10-A afgevoerd om daar (op platform L10-A) behandeld te worden.

De afweging is opgenomen in Tabel 6-3.
Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat er nog een alternatieve aansluiting is op NOGAT-leiding ten noorden van de paarse route in Figuur 6-2. Het tracé van deze route loopt echter geheel door het Natura 2000-gebied Friese Front en is om die reden niet onderzocht als realistisch alternatief.

Tabel 6-3: Afweging afvoerroute gewonnen aardgas.

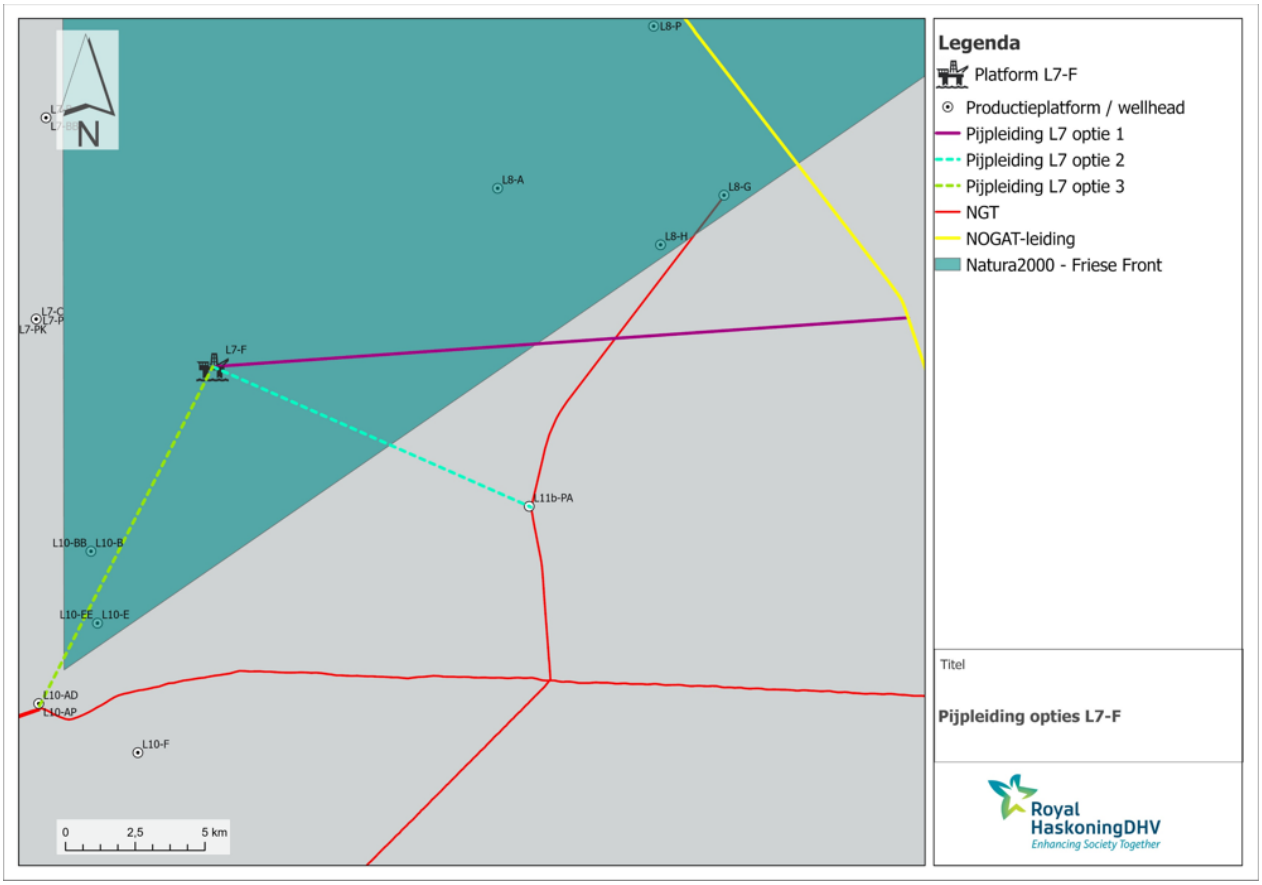
Beschrijving	Detail	Afwegingen
Optie 1: Tracé afvoer naar L09 ('side tap' NOGAT) Het ruwe aardgas wordt op het L7-F-platform behandeld en via een nieuwe leiding direct afgevoerd naar het NOGAT-gastransportsysteem.	Om het ruwe aardgas op specificatie voor NOGAT te brengen wordt het aardgas behandeld in de productie-installatie L7-F. Voor het aansluiten op NOGAT zijn een nieuwe pijpleiding en aansluitpunt op NOGAT nodig. Deze aansluiting wordt beschermd met een kooiconstructie. De leiding wordt in de bodem ingegraven conform de norm NEN 3656. Bij kruisingen met bestaande kabels en leidingen worden betonmatrassen en steenstort toegepast. De lengte van de leiding door het Friese Front is 13 km. Het maken van de aansluiting op de NOGAT-leiding neemt ongeveer twee maanden in beslag, waarbij een mobiel werkplatform en een drukkamer voor duikers worden gebruikt. De nieuwe pijpleiding naar de NOGAT-leiding moet een aantal pijpleidingen en een kabel kruisen.	Er is een gasproductie-installatie nodig op L7-F; uitgangspunt is de aanwezigheid daarvan. Het aanleggen van een compleet nieuwe pijpleiding en aansluiting brengt werkzaamheden met zich mee die milieu-impact kunnen hebben en tijd en geld kosten.
Optie 2: Tracé afvoer naar NP-007 nabij L11-B Het ruwe aardgas wordt vanaf de winning bij L7-F via de NP-007-leiding afgevoerd, dat aansluit op het NGT-gastransportsysteem. Voor de behandeling kan het bestaande platform L11-B worden gebruikt of het L7-F platform.	Bij deze variant wordt het ruwe aardgas afgevoerd via een nieuwe leiding naar de NP-007 aansluiting op de NGT-gastransportleiding. Voorafgaand aan de afvoer via de nieuwe leiding kan de behandeling van het gas plaatsvinden op het L7-F platform of de behandeling kan plaatsvinden op het bestaande L11-B platform waarop de nieuwe leiding kan worden aangesloten. De NP-007-leiding is verbonden met een flexibele pijpleiding met beperkte capaciteit. De lengte van de leiding door het Friese Front is 8 km.	Er bestaat een aanzienlijk risico dat de bestaande flexibele NP-007 leiding de additionele gasstroom van L7-F niet voldoende kan verwerken. Dit risico houdt verband met de integriteit van de flexibele pijpleiding en de kans op scheuren/ breuken. Dit risico maakt deze optie ongeschikt. Voorts ontstaat er een risico op complicaties (een zogenaamde 'black-out' bij gebruik van bestaande infrastructuur als gevolg van verschillende gasdrukken in de leidingen. Er geldt dat de investeringskosten en operationele kosten van een satelliet wel lager zijn dan van een behandelingsplatform. Er zal een tarief verschuldigd zijn voor behandeling van aardgas op het bestaande platform, en er ontstaat een afhankelijkheid van een bestaand platform bij technische problemen of abandonneren.

Beschrijving	Detail	Afwegingen
Optie 3: Tracé afvoer naar L10-A Het ruwe aardgas wordt vanaf L7-F naar het bestaande platform L10-A afgevoerd voor behandeling. Op dit platform wordt het gas behandeld, waarna het wordt afgevoerd naar het NGT-gastransportsysteem.	Bij deze variant wordt het gas gewonnen met een satellietplatform en vindt de verdere gasbehandeling op een nabijgelegen bestaand platform plaats. Het daar behandelde aardgas wordt vervolgens samen met het gas van dat bestaande platform via de afvoerleiding van dat platform via de NGT-leiding naar de wal gevoerd. Voor deze afvoerroute is de aanleg van een nieuwe pijpleiding tussen de productie-installaties L7-F en een bestaand behandelingsplatform noodzakelijk. De lengte van de leiding door het Friese Front is 13,2 km. De verwachting is dat de gasbehandeling op L10-A rond 2030 buiten gebruik wordt gesteld.	De investeringskosten en operationele kosten van een satelliet zijn lager dan van een behandelingsplatform. Wel zal een tarief verschuldigd zijn voor de behandeling van het aardgas op het bestaande platform. Ook ontstaat een afhankelijkheid van een bestaand platform bij technische problemen of abandonneren. Verder is er een risico op complicaties (een zogenaamde 'black-out'[17] bij gebruik bestaande infrastructuur als gevolg van verschillende gasdrukken. De route naar het L10-A platform is niet toekomstbestendig. De verwachte buitengebruikstelling van gasbehandeling op L10-A rond 2030 maakt deze optie ongeschikt voor de langetermijnplanning van L7-F.

Slotsom afweging
Bij de ontwikkeling van het L7-F gasveld zijn drie opties overwogen voor de behandeling en export van het geproduceerde gas. Deze opties omvatten verschillende routes en aansluitpunten op bestaande infrastructuur.

Gekozen is voor optie 1: gasbehandeling op het L7-F platform en afvoer naar een 'side tap' bij L09 op de NOGAT-leiding. Deze behandeling en route biedt de meest betrouwbare en toekomstbestendige oplossing voor de gasexport van L7-F. De lengte van pijpleiding door het Friese Front is groter dan die van optie 2, zodat de daarmee gepaard gaande impact op de zeebodem groter is bij optie 1. Echter, de toekomstige technische belemmeringen van opties 2 en 3 wegen zwaarder, waardoor de keuze op optie 1 valt.

[17] Een 'black-out' treedt op wanneer gasstromen met verschillende drukken door één systeem worden verwerkt. Het gas met de hoogste druk verdringt hierbij de stromen met een lagere druk, wat resulteert in productieverlies van de lagedrukbronnen. Zonder voldoende compressiecapaciteit om deze drukverschillen te overbruggen, kan dit leiden tot aanzienlijke inefficiënties in de gasproductie.



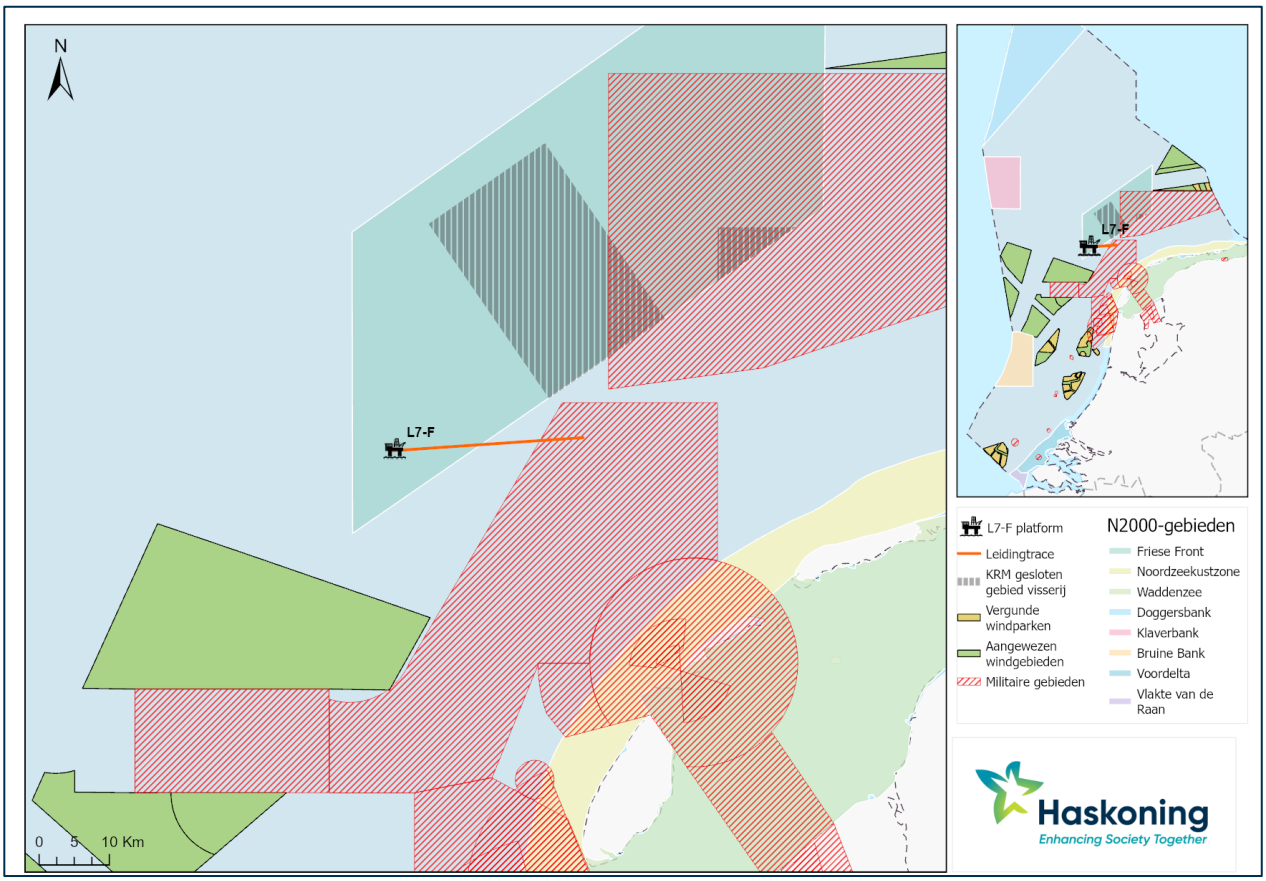
Figuur 6-2: Overzicht van de drie onderzochte pijpleidingroutes voor het L7-F gasveld.

Omdat de pijpleiding een clearway voor scheepvaart kruist, moet rekening worden gehouden met enkele criteria:

- De pijpleiding moet de clearway zoveel mogelijk haaks kruisen en volgens de kortste route, waardoor de scheepvaart zo kort mogelijk wordt gehinderd.
- De pijpleiding moet op minimaal 1,5 mijl afstand van kruisingen liggen.

Op Figuur 6-3 is de leiding in oranje aangegeven. Zichtbaar is dat de leiding aan beide voorwaarden voldoet:

- Er is sprake van een zoveel mogelijk haakse kruising met de scheepvaartroute volgens de kortste route.
- Er is sprake van een minimale afstand tot een kruising van 1,5 nM (2,75 km). Meer specifiek geldt dat de afstand van de leiding tot de ten noorden gelegen dichtstbijzijnde kruising 3,925 km bedraagt en het eindpunt van de leiding (het bestaande aansluitpunt op de NOGAT-leiding) 2,75 km ten noordwesten van de dichtstbijzijnde kruising ligt.

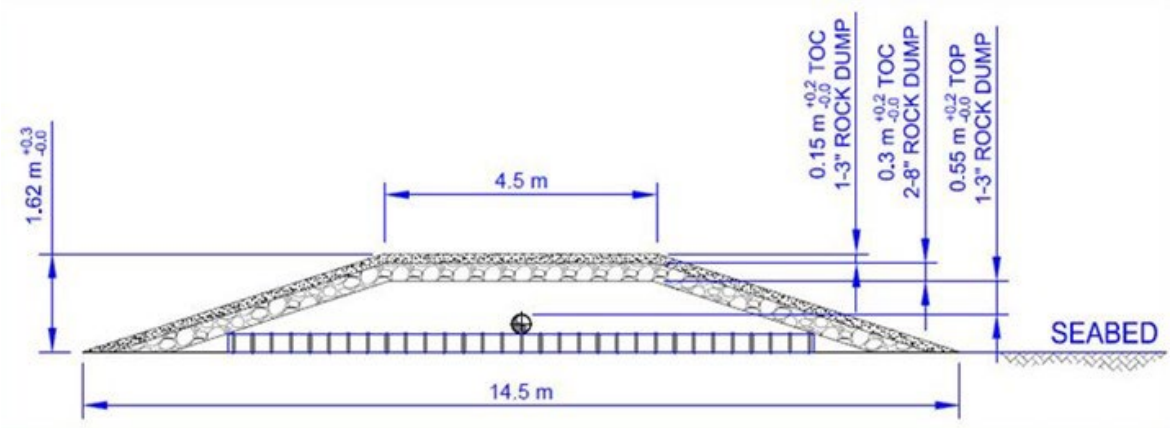


Figuur 6-3: Overzicht van het voorkeurstracé van de pijpleiding (oranje).

Verder moeten leidingen zo diep worden ingegraven liggen dat:

- Bij beperkte beroering van de bodem (sleepnetvisserij of ondiep ankeren) geen problemen ontstaan; en
- Gedurende de levensduur het noodzakelijke onderhoud aan de leidingen nihil blijft. De leiding dient dus altijd overvisbaar te zijn.

Ook aan deze criteria wordt voldaan. De minimale begraafdiepte van de leiding bedraagt 1,0 m onder het zeebed, gemeten tot aan de top van de leiding. De pijpleiding kan niet worden ingegraven op locaties waar de leiding kruist met producten van derden. Deze situatie is onderkend in de NEN 3656. Op deze locaties wordt een speciale voorziening gemaakt, bestaande uit betonblokkenmatten en een afdekking bestaande uit verschillende gradaties stortsteen (zie Figuur 6-4). De toplaag van deze stortsteen (de sprinkler layer) heeft een gradatie die kleiner is dan de voorgeschreven maaswijdte van de sleepnetten en is dus ‘overvisbaar’.



Figuur 6-4: Weergave van speciale voorziening voor locaties waar de pijpleiding niet kan worden ingegraven.

6.2.2 De boorfase

Boorgruis en boorspoeling: lozen of afvoeren (variant afweging)
Bij iedere diepboring wordt gebruik gemaakt van boorspoeling. Met behulp van deze vloeistof wordt vermalen gesteente (boorgruis) uit de put afgevoerd naar de oppervlakte. Tegelijkertijd zorgt de spoeling voor smering en koeling van de boorbeitel en voor voldoende druk en daarmee stabilisatie van het boorgat. Eni Energy maakt zoveel mogelijk gebruik van boorspoeling op waterbasis (Water Based Mud[18], ofwel WBM in vaktermen). Alleen voor trajecten waar dat vanwege de te doorboren aardlagen nodig is, wordt boorspoeling op oliebasis gebruikt (Oil Based Mud[19], ofwel OBM in vaktermen). Boorgruis en boorspoeling die vrijkomen bij het boren met OBM worden niet op zee geloosd en altijd per schip afgevoerd naar de wal en daar als afvalstof verwerkt.

Boorgruis wordt op het boorplatform uit de WBM gezeefd. De spoeling wordt vervolgens hergebruikt. Boorgruis, afkomstig van putsecties die met WBM zijn geboord, mag (na melding bij SodM) vanaf het platform op zee worden geloosd. Een variant is dat al het WBM en de overblijvende boorspoeling per schip worden afgevoerd naar de wal. De afweging is weergegeven in Tabel 6-4.

[18] Water Based Mud (WBM) is een mengsel van water en klei (bentoniet). Aan dit mengsel worden hulpstoffen toegevoegd, zoals zetmeel, bariet, kalk, zout en smeermiddelen.
[19] Oil Based Mud (OBM) kan, naast dezelfde componenten als WBM, tot 75% minerale olie bevatten.

Tabel 6-4: Lozen of afvoeren van WBM boormateriaal.

Beschrijving	Detail	Afwegingen
Lozing WBM-boorgruis en boorspoeling	Tijdens een boring wordt het boorgruis afkomstig van WBM op zee geloosd, evenals de WBM zelf wanneer voor het boren van een volgende putsectie een ander type spoeling nodig is. Het lozen van het boorgruis en de boorspoeling leiden tot een tijdelijke vertroebeling van de waterkolom en voor sedimentatie rondom het boorplatform. Geloosde boorspoeling met boorgruis vormt een troebele pluim in het zeewater. De grove fractie van het boorgruis vormt een laag sediment op de zeebodem. De mate en duur van deze effecten zijn afhankelijk van de hoeveelheid geloosd materiaal, de stroomsnelheid van het water en de diepte van de zee ter plaatse.	De troebele pluim in het zeewater verstoort de rond de boorlocatie aanwezige organismen en habitattypen. Het lozen leidt tot tijdelijke vertroebeling van de waterkolom en sedimentatie rondom het boorplatform (paragraaf 7.3.3). Uit modelberekeningen blijkt dat tijdens de boorfase verhoogde concentraties van bariet, boorgruis en opgeloste hulpstoffen optreden, met de hoogste concentraties direct bij de boorlocatie. De barietconcentraties in het zeewater variëren tussen 0,1-0,7 mg/l, een toename van 3–35% ten opzichte van de natuurlijke achtergrondconcentratie. Na maximaal acht dagen keren concentraties terug naar het oorspronkelijke niveau. De sedimentatie is verwaarloosbaar vergeleken met de natuurlijke dynamiek van de zeebodem. Het lozen levert dus hooguit kortstondige nadelen op.
Afvoer per schip naar de wal van WBM-boorgruis en boorspoeling	Boorgruis en de boorspoeling wordt niet geloosd maar per schip afgevoerd naar de vaste wal voor verdere verwerking. Het proces verloopt systematisch en gecontroleerd. Het boorgruis wordt opgevangen in speciale containers. Een supply vessel, uitgerust om zowel de containers met boorgruis als de tanks met boorspoeling veilig te transporteren, vervoert de afvalstromen. Dit vereist extra scheepsbewegingen van en naar L7-F. Aan de wal worden de afvalstromen overgedragen aan een erkende afvalverwerker. Deze methode zorgt ervoor dat alle boorresiduen op een gecontroleerde manier worden afgevoerd en verwerkt, wat potentiële milieurisico's op zee minimaliseert. Het vereist echter wel een logistieke planning en extra transportbewegingen tussen het boorplatform en de kust.	Door de afvoer van WBM-materiaal is er extra uitstoot door een toename van scheepsbewegingen. Voorts is er beperkte opslagruimte op een boorplatform, dit is vooral een probleem bij de bovenste secties van een boorgat waarbij grote volumes boorgruis vrijkomen. Er is een risico op vastlopen van transportschroeven door de losse aard van het gesteente met vertragingen en extra uitstoot tot gevolg. Het leidt tot inefficiëntie in de booroperatie, resulterend in langere operatietijden en daardoor meer uitstoot van helikoptervluchten, bevoorrading en stroomverbruik. Met name bij het boren van de grootste putsecties komen binnen korte tijd grote hoeveelheden boorgruis en boorspoeling vrij. Bij deze variant bestaat het risico dat bij slecht weer de overslag tijdelijk moet worden gestaakt. Bij langdurig slecht weer kan dit ertoe leiden dat met boren gestopt moet worden omdat de opslagruimte voor afvalstoffen beperkt is op een boorplatform. Daarnaast zorgt de afvoer per schip en verder op land per vrachtwagen voor emissies naar lucht.

Slotsom afweging

Concluderend kan gesteld worden dat, hoewel het lozen van WBM-houdend boorgruis en boorspoeling op zee op het eerste gezicht minder milieuvriendelijk lijkt, het in de praktijk minder nadelige gevolgen kent dan het afvoeren naar land. Deze conclusie is gebaseerd op verschillende overwegingen. Ten eerste blijkt uit modelberekeningen dat de ecologische impact van WBM-lozing beperkt is aangezien de verhoogde concentraties (vertroebeling) in het zeewater na maximaal acht dagen volledig terugkeren naar het oorspronkelijke niveau. Ook is de sedimentatie verwaarloosbaar vergeleken met de natuurlijke dynamiek van de zeebodem.

Daartegenover staat dat afvoer naar land leidt tot aanzienlijke extra CO_2-uitstoot door toegenomen scheepsbewegingen en vrachtwagentransport, logistieke problemen door de beperkte opslagcapaciteit op het boorplatform, en het risico op aanzienlijke vertragingen bij slecht weer wanneer overslag tijdelijk moet worden gestaakt. Deze vertragingen veroorzaken op hun beurt weer extra emissies door verlengde booroperaties, extra helikoptervluchten en stroomverbruik. De afweging tussen een kortdurende, lokale en verwaarloosbare verstoring van het zeemilieu versus langdurige milieubelasting door emissies en inefficiënties maakt de lozing van WBM op zee in dit geval de verantwoorde keuze. Bovendien heeft lozing van WBM boorgruis en boorspoeling minder impact op de beschermde zeekoet in het Friese Front dan intensivering van transport door schepen. De (tijdelijke) effecten zijn in hoofdstuk 7 beschreven.

Gezien de relatief beperkte gevolgen van lozen voor natuur en milieu en de geringe voordelen van afvoer heeft Eni Energy besloten om bij de gangbare werkwijze te blijven en het boorgruis en de boorspoeling op waterbasis op zee te lozen. Het onderste deel van de putten wordt geboord met boorvloeistof op oliebasis (OBM). Zoals opgemerkt wordt oliehoudende boorvloeistof altijd afgevoerd naar land.

6.2.3 Afgevallen varianten

Naast de alternatieven en varianten die zijn behandeld in dit hoofdstuk zijn in de voorbereidingsfase van het project diverse andere varianten onderzocht, maar al in het voortraject om diverse redenen afgevallen. Deze afgevallen (of niet-realistische) varianten komen naar voren door het maken van een vergelijking met realistische varianten en hebben betrekking op de volgende aspecten van de voorgenomen activiteit:

- Het verankeren van het productieplatform: heipalen of zuigankers.
- Het installeren van de conductors: heien of voorboren en cementeren.

Verankering van het productieplatform
De onderbouw wordt als eerste met een kraanschip op de zeebodem geplaatst en verankerd in de zeebodem. De onderbouw van het productieplatform moet in de zeebodem worden verankerd om de krachten van wind en golven op te kunnen vangen. Rond de poten worden zo nodig stenen gestort om erosie door de zeestroming te voorkomen. De bovenbouw wordt daarna met het kraanschip op de onderbouw geplaatst en vastgezet aan de onderbouw.
Voor het verankeren van het productieplatform zijn twee technisch bewezen technieken beschikbaar:

- Verankering met behulp van heipalen. Hierbij worden heipalen door de poten of door een constructie onderaan de poten van het platform geslagen. Het heien veroorzaakt boven- en onderwatergeluid.
- Verankering door het boren van de heipalen.
- Verankering door het intrillen van heipalen.
- Verankering met behulp van zuigankers (suction piles in vaktermen). Zuigankers, ook bekend als ‘suction piles’, zijn grote cilindrische ankers in de vorm van een omgekeerde emmer met een diameter van 5-10 meter. Deze worden onder iedere jacket-poot gelast. De ankers worden op de bodem geplaatst, waarna het water eruit wordt gepompt om deze vacuüm tegen de bodem te trekken. Hierbij worden ze meerdere meters de zeebodem ingezogen, waarna de poten — afhankelijk van geometrie en samenstelling zeebodem — een goede fundatie voor het platform kunnen vormen. Het grote voordeel van zuigankers is dat er bij aanleg weinig tot geen boven- en onderwatergeluid geproduceerd wordt.

Tabel 6-5 presenteert de afweging.

Tabel 6-5: Afweging verankering platform.

Beschrijving	Detail	Afwegingen
Verankering met heipalen De onderbouw van het platform wordt verankerd met heipalen die door of langs ieder poot van het platform de zeebodem in worden geheid.	Voor een platform als L7-F worden 4 palen met een diameter van 1,8 m tot een diepte van ongeveer 50 meter in de zeebodem geheid. Het ontwerp van heipalen kan relatief eenvoudig aangepast worden aan de eigenschappen van de ondergrond. Dit maakt de methode flexibel en geschikt voor verschillende bodemtypes die op het NCP voorkomen, zoals zand, silt en klei en ook stenen tot een bepaalde grootte. Het heiblok bevindt zich onder water, waardoor onderwatergeluid wordt geproduceerd. Dit kan rond de platformlocatie een tijdelijke verstoring veroorzaken.	Heipalen zijn bewezen effectief en betrouwbaar. Ze bieden sterke verankering die bestand is tegen zware belastingen waaraan offshore platforms worden blootgesteld. Het heien zelf produceert onderwatergeluid dat schadelijk is voor dieren. Er bestaan wel mitigerende maatregelen zoals: ▪ Het gebruik van afschrikmethodes om zeedieren de tijd te geven het projectgebied te verlaten weg te jagen voordat het heien begint. ▪ Een 'soft start' procedure, waarbij het heien geleidelijk wordt opgebouwd. ▪ Het toepassen van bellenschermen of geluidwerende mantels om de geluidsverspreiding te beperken.
Boren van heipalen De onderbouw van het platform wordt verankerd met heipalen die op diepte worden gebracht door boren.	Heipalen kunnen in de zeebodem worden geboord, als de zeebodem bestaat uit steen of rots. Op de L7-F locatie bestaat de ondergrond uit, zoals veelvoorkomend op het NCP, (een combinatie van) zand, silt en/of klei.	Omdat de zeebodem ter plaatse bestaat uit los sediment en niet uit gesteente is het verankeren van heipalen door boren geen realistisch en haalbaar alternatief.
Intrillen van heipalen De onderbouw van het platform wordt verankerd met heipalen die op diepte worden gebracht door intrillen.	Met het de zeebodem intrillen van heipalen is onvoldoende ervaring op het NCP. Deze methode is gebruikt voor palen met kleinere diameters	Door het gebrek aan gegevens over het effect van de plaatsingsmethode op de draagcapaciteit van de palen voor L7-F is deze methode niet geschikt voor axiaal (verticaal) belaste palen (ISO 19901-4) en wordt de methode niet geaccepteerd door een onafhankelijke verificateur.

Beschrijving	Detail	Afwegingen
Verankering met zuigankers De onderbouw wordt verankerd met zuigankers. Deze ankers worden op de zeebodem geplaatst en vacuüm tegen de zeebodem getrokken.	Zuigankers zijn toepasbaar in zeebodems die voornamelijk zijn opgebouwd uit zand en klei. Ze zijn niet geschikt voor zeebodems die een aanzienlijke hoeveelheid grof sediment (grind, keien) en/of harde kleilagen bevatten.	Zuigankers worden met relatief weinig onderwatergeluid geïnstalleerd, wat de verstoring van het mariene leven minimaliseert. Ze zijn vooral toepasbaar in zand- en kleibodems. De effectiviteit van zuigankers is echter sterk afhankelijk van de waterdiepte. In ondiep water (~25 meter bij L7-F) is de beschikbare inperskracht beperkt, zeker in combinatie met de stevige zandlaag op de zeebodem. Hierdoor bestaan er grote risico's bij de installatie wat betreft het bereiken van de vereiste penetratiediepte. Voor een platform van het formaat van L7-F zouden zuigankers met een diameter van 7 meter en een inzuigdiepte van 10–14 meter nodig zijn. De beperkte afmetingen van de onderbouw biedt echter geen mogelijkheid om zuigankers met deze afmetingen onder de poten op zeebedniveau te plaatsen, vooral niet in combinatie met de vereiste ruimte voor conductors. Hiermee is gegeven dat zuigankers voor het L7-F jacket niet mogelijk zijn. De plaatsingsoperatie van zuigankers is ook complex, vooral vanwege de nauwkeurige positionering die vereist is ten opzichte van de bestaande put/conductor. Uit ervaringen van Eni Energy met het Q13-A platform blijkt dat hiervoor mogelijk additionele templates en heipalen voor positionering nodig zijn. De aanpak leidt tot een aanzienlijke intensivering van materiaalgebruik, transport- en plaatsingswerkzaamheden, waarmee de milieuvoordelen van zuigankers in de gegeven situatie aanzienlijk verminderen. Het vereist bijvoorbeeld veel staal om de zuigankers parallel te houden en aan de relatief lichtere onderbouw te verbinden.

Slotsom afweging
Na evaluatie van beide methoden is geconcludeerd dat het heien van verankeringspalen de voorkeursmethode is, ondanks de geluidsoverlast. Boren is ter plaatse technisch niet uitvoerbaar en met intrillen is te weinig ervaring opgebouwd, zodat daar geen vertrouwen voor is.

Alhoewel zuigankers minder onderwatergeluid veroorzaken, is hun effectiviteit sterk afhankelijk van de waterdiepte. In ondiep water (~25 meter bij L7-F) is de inperskracht te beperkt, wat risico's oplevert voor de installatie. Voor een platform van het formaat van L7-F zijn grote zuigankers nodig. Praktisch gegeven is dat de onderbouw het gebruik van zuigankers niet toelaat in de zeebodem ter plaatse. Bovendien vereist de plaatsing van zuigankers complexe positionering en extra materiaal.

Verankering met heipalen wordt daarom in het MER verder onderzocht. De beproefde effectiviteit en de aanpasbaarheid aan verschillende bodemcondities maken heipalen tot de meest praktische keuze. Om onderwatergeluid te beperken, worden mitigerende maatregelen toegepast.

Het installeren van de conductors: heien of voorboren en cementeren
Voorafgaand aan het boren van een put wordt op de locatie een conductor geïnstalleerd. Dit gebeurt doorgaans door de conductor met een heiblok in de zeebodem te heien, wat geluid en tijdelijke verstoring veroorzaakt. Als alternatief is onderzocht of voorboren en cementeren mogelijk is. In dat geval wordt eerst het bovenste deel van de put geboord, waarna de conductor in het boorgat wordt neergelaten en met cement aan de omliggende grondlagen wordt bevestigd.

Het voorboren en cementeren van de conductors is in dit type zeebodem technisch niet haalbaar. Door de ongeconsolideerde, losse zandige structuur van de bovenste lagen van de Noordzeebodem en de aanwezigheid van keien en grind is de kans groot dat de put tijdens het voorboren instort. Door in deze losse zandbodem te boren zal zich bovendien een grote krater vormen. Deze krater:

- Heeft een negatieve invloed op de habitat van de zeebodem;
- Vormt een risico voor de stabiliteit van het boor- en het productieplatform; en
- Veroorzaakt een hoog risico op het mislukken van de boring, waarbij de put als verloren moet worden beschouwd.

Dit laatste risico wordt nog vergroot wanneer meerdere putten vereist zijn; als een put instort, is het niet meer mogelijk op dezelfde locatie te boren en moet een stuk verderop een nieuwe poging worden gedaan.

Gezien deze omstandigheden biedt het voorboren en cementeren van de conductors geen oplossing en wordt dit niet verder onderzocht in het MER. Het heien van conductors voor deze installaties in de Nederlandse Noordzee is de enige optie.

6.3 Samenstelling voorkeursalternatief

Samengevat bestaat het voorkeursalternatief uit de in Tabel 6-6 genoemde onderdelen.

Tabel 6-6: Overzicht per fase van het voorkeursalternatief.

Projectfase	Onderdelen en activiteiten van het voorkeursalternatief
Aanlegfase	▪ Plaatsen van een nieuw gecombineerd gaswinnings- en behandelingsplatform op de gekozen locatie. Dit omvat de plaatsing van een nieuw jacket, het hergebruik van de E17-A-topside en het heien van verankeringspalen. ▪ Leggen en aansluiten van een pijpleiding naar het bestaande L09 platform om via een 'side tap' aan te sluiten op de NOGAT-hoofdtransportleiding. De leiding wordt ingegraven door middel van mechanical trenchen of jetten.
Boorfase	▪ Om het gasveld L7-F in productie te brengen wordt de exploratieput omgezet tot een productieput en worden twee nieuwe gasputten geboord. ▪ De putten worden geboord met een boorplatform. ▪ Voorafgaand aan het boren van de twee nieuwe putten (L7-F2 en L7-F3) wordt een conductor in de zeebodem geheid. ▪ Boorgruis en boorspoeling op oliebasis wordt per schip afgevoerd naar de wal; boorgruis en boorspoeling op waterbasis wordt geloosd in zee.
Productiefase	▪ Winnen en op het L7-F-platform behandelen van aardgas. ▪ Het afvoeren van het geproduceerde aardgas per pijpleiding naar de bestaande NOGAT-leiding.
Transporten	▪ Bevoorrading van het L7-F-platform met bevoorradingsschepen vanuit Den Helder. ▪ Bezoeken van het L7-F-platform per helikopter vanuit Den Helder.
Beëindiging en ontmanteling	▪ Afsluiten van de putten en verwijdering tot onder de zeebodem. ▪ Schoonmaken en verwijdering van het platform. ▪ Verwijderen of laten liggen van de gasleiding, afhankelijk van de dan geldende regelgeving.

Eni Energy houdt bij het ontwerp en de uitvoering van zijn plannen zoveel mogelijk rekening met, en draagt waar mogelijk bij, aan de natuurlijke waarden en maatschappelijke belangen in het gebied.

7 Effectbeoordeling voorkeursalternatief

7.1 Algemeen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de belangrijkste verwachte effecten op het milieu en de omgeving van L7-F en het bijbehorende voorkeursalternatief.

Projectgebied en studiegebied
Het MER maakt onderscheid tussen het projectgebied en het studiegebied. Het projectgebied is het gebied waarbinnen de ontwikkelingen (platform, putten en leiding) plaatsvinden. Het studiegebied is het gebied waar effecten kunnen optreden als gevolg van de voorziene ontwikkeling. Daarmee bestaat het studiegebied uit het projectgebied en de aangrenzende gebieden waar mogelijk effecten kunnen optreden. Het studiegebied kan per milieuaspect verschillen.

Referentiesituatie en referentiejaar
De effecten van de voorgenomen activiteiten, i.e. de aanleg en winning, worden vergeleken met de situatie waarin deze niet plaatsvinden. Dit noemen we in het MER de ‘referentiesituatie’. De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie plus de autonome ontwikkeling.

Onder de autonome ontwikkeling wordt de situatie verstaan die in de toekomst ontstaat als er geen gaswinning bij L7-F zou plaatsvinden. Tot de autonome ontwikkeling behoren, behalve de huidige situatie, alle toekomstige ontwikkelingen waarover in oktober 2025 reeds een besluit is genomen (bijvoorbeeld overheidsbeleid en verleende vergunningen). Als referentiejaar wordt uitgegaan van 2035. Dat jaar vormt een goede referentie, omdat er dan sprake zal zijn van de productiefase. De effecten van alle fasen (aanleg-, boor- en productiefase) kunnen dan meegenomen worden in de beoordeling.
Bij de beschrijving van de referentiesituatie wordt slechts ten dele rekening gehouden met klimaatverandering. De onderliggende processen en mechanismen van klimaatverandering en de interactie met zeeën en oceanen zijn onderwerp van uitgebreide studieprogramma’s en vrijwel niet te vertalen naar de effecten van de gaswinning bij L7-F.

Beoordelingskader
De voorgenomen activiteiten kunnen zowel positieve als negatieve effecten hebben op het milieu. In het MER zijn de effecten van het voorkeursalternatief op verschillende aspecten in beeld gebracht en vergeleken met de referentiesituatie. Per aspect worden één of meer criteria gebruikt voor de effectbeoordeling. De effecten zijn zowel kwalitatief als kwantitatief beoordeeld volgens een zeven punts-beoordelingsschaal, variërend van zeer positief (+++) tot zeer negatief (---). In Tabel 7-1 is de maatlat voor de effectbeoordeling gegeven.

De effecten worden per thema beschreven en beoordeeld voor verschillende fasen: de aanlegfase, productiefase en ontmanteling. Transporten naar en van de L7-F-locatie zijn apart beschouwd. Tabel 7-2 geeft themagewijs een overzicht van de relevante aspecten en criteria voor de beoordeling van de voorgenomen activiteit.

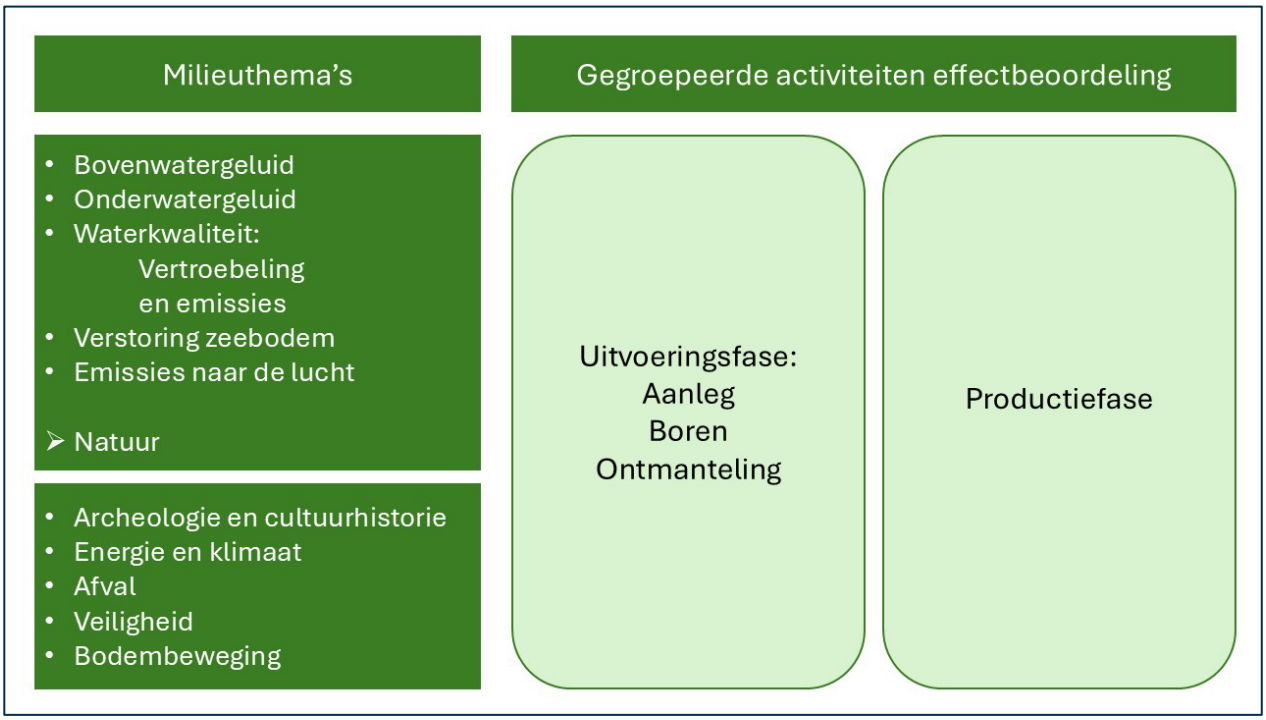
Tabel 7-1: Maatlat effectbeoordeling.

Score	Toelichting
+3	Sterk positief effect, groot effect of in een groot gebied.
+2	Positief effect, relatief groot of in een bijzonder gebied.
+1	Licht positief effect, maar relatief beperkt, kortdurend of lokaal.
0	Neutraal, geen (netto) effect.
-1	Licht negatief effect, maar relatief beperkt of lokaal.
-2	Negatief effect, relatief groot, in een kritieke periode of bijzonder gebied.
-3	Belangrijk negatief effect, met zo'n grote overschrijding van de regelgeving of beleid, dat de activiteit niet toelaatbaar is en ook geen vergunning kan worden verkregen.
nvt	Niet van toepassing.

Tabel 7-2: Beoordelingskader van de onderzochte aspecten.

Thema	Aspect	Criterium/Criteria
Effecten op natuur § 7.3	Bovenwatergeluid	Grenswaarden (kwantitatief).
	Onderwatergeluid	Grenswaarden (kwantitatief).
	Vertroebeling van het zeewater	Kwantitatief
	Emissies naar het zeewater	Sedimentconcentraties (kwalitatief). Dikte van de boorgruisafzetting (kwantitatief). Lozing van afvalwater
	Verstoring van de zeebodem	Bodemverstoring, sedimentatie.
	Emissies naar de lucht	Grenswaarden voor fijnstof, NO_X.
Natuur § 7.4	Beschermde soorten en habitats	Significant negatieve effecten: beïnvloeding flora en fauna en beschermde natuurgebieden.
Archeologie § 7.5	Archeologie	Aantasting archeologische waarden (kwalitatief).
Energie en klimaat § 7.6	Energiebalans, emissie broeikasgas	Efficiëntie (%; kwantitatief). CO_2-uitstoot (kwantitatief).
Afval § 7.7	Aard, (her)gebruik en hoeveelheid van stoffen en afvalwater.	Werkwijze overeenkomstig wettelijke procedures (kwantitatief en/of kwalitatief).
Bodembeweging § 7.8	Bodemdaling en bodemtrillingen.	Aard van het effect (kwalitatief).
Onvoorziene voorvallen § 8	Calamiteiten.	Gebeurtenissen en maatregelen (kwalitatief).

Bij het beoordelen van effecten wordt onderscheid gemaakt in de uitvoeringsfase en in de productiefase. In Figuur 7-1 is aangegeven dat vijf onderzochte thema's betrekking hebben op natuur. Deze thema's zijn in paragraaf 7.3 achtereenvolgens behandeld. De beoordeling van deze thema's vindt plaats in paragraaf 7.4.



Figuur 7-1: Effectbeoordeling voor gegroepeerde activiteiten.

Voor de volledigheid is in Figuur 7-1 ook ontmanteling genoemd. De effecten van de uitvoering daarvan zijn vergelijkbaar met of kleiner dan die van de aanlegfase.
Landschappelijke effecten worden op voorhand uitgesloten. De zichtbaarheid van het te plaatsen platform vanaf de wal is nihil.

7.2 Referentiesituatie

Op de voorgenomen locatie en de directe omgeving van L7-F op de Noordzee is in de referentiesituatie geen sprake van mijnbouwactiviteiten c.q. gaswinning. Het Friese Front heeft – zoals eerder aangegeven – een beschermde status als Natura 2000-gebied (Vogelrichtlijngebied). Vaarroutes liggen op kilometers afstand van de voorgenomen locatie. De huidige status van het gebied is het ijkpunt om te onderzoeken of de gaswinning veranderingen teweegbrengt. Autonome ontwikkeling betreft de projecten (windparken, CO_2-opslag) die op afstand van de L7-F locatie (en de pijpleiding) worden gerealiseerd. De meest nabije ontwikkeling betreft het project Aramis, een CO_2-opslagproject, dat op een afstand van 10-16 km ligt.

In de referentiesituatie wordt verwacht dat het L10-A-platform tot 2030 in productie blijft, aangezien de hierop aangesloten velden dan leeggeproduceerd zullen zijn.

7.3 Effecten op natuur

7.3.1 Bovenwatergeluid

Bovenwatergeluid is geluid dat zich boven het zeeoppervlak voortplant en door mensen en dieren kan worden gehoord. Bij offshore activiteiten zoals gaswinning is bovenwatergeluid een belangrijk milieuaspect dat aandacht verdient. Bovenwatergeluid kan namelijk door mensen en dieren als storend worden ervaren. Tijdens de aanleg, het boren en de productiefase wordt door verschillende bronnen geluid veroorzaakt.

In de referentiesituatie wordt de geluidsbelasting op de geplande platformlocatie vooral veroorzaakt door het natuurlijke geluid van wind en golven en door scheep- en luchtvaart. De grootste geluidsemissie van het voorkeursalternatief treedt op tijdens de aanlegfase en de boorfase. Tijdens de andere fasen is de geluidsuitstraling lager. Gelet op de afstand is in geen van de onderscheiden fasen het geluid hoorbaar op de vaste wal. Er kunnen echter wel effecten optreden op de fauna in de omgeving van het platform.

De gaswinning bij platform L7-F is voorzien vanaf 2026/2027 uit drie putten. De verwachte productieduur bedraagt minimaal tien jaar. Voor bovenwatergeluid zijn de aanlegfase, boorfase, productiefase, ontmantelingsfase en transportbewegingen in beschouwing genomen:

- Aanlegfase: De belangrijkste geluidsbronnen bij de aanleg zijn (1) het heien van de verankeringspalen van het platform, en (2) de aanleg van de pijpleiding met twee schepen. De werkschepen voor de plaatsing van het productieplatform en de aanleg van de pijpleiding zijn een tijdelijke bron van geluid. Deze werkzaamheden beslaan een aaneensluitende periode van ongeveer twee maanden, waarbinnen het heien ongeveer twee dagen duurt.
- Boorfase: De belangrijkste geluidsbronnen bij de boringen zijn (1) het heien van de conductors, (2) de booractiviteiten, en (3) het testen van de putten. De tijdsduur voor het heien van de conductors bedraagt ongeveer drie dagen per put, terwijl het boren meerdere weken per put in beslag neemt. Het testen duurt ongeveer 24 uur per put.
- Productiefase: Gedurende de totale duur van de gaswinning wordt geluid veroorzaakt door de gasbehandelingsinstallaties. De belangrijkste geluidsbronnen tijdens de productiefase zijn gasbehandeling, compressoren, koelers en generatoren. Incidenteel treedt beperkte geluidemissie op door onderhoudswerkzaamheden.
- Ontmantelingsfase: Bij de ontmanteling van het platform worden de putten afgesloten en installaties verwijderd. De exacte geluidsproducerende activiteiten en geluidsniveaus zijn nog niet bekend omdat de ontmanteling pas over 15 tot 20 jaar plaatsvindt, maar de geluidsniveaus zullen naar verwachting lager zijn dan tijdens de aanleg- en boorfase.
- Transport (alle fasen): De transporten per schip en helikopter om mensen en goederen van en naar het boor- en productieplatform te brengen, veroorzaken geluid. Vooral landende en stijgende helikopters zijn een belangrijke — maar kortdurende — bron van geluid. De geluidsemissie van schepen is aanmerkelijk minder. De frequentie van de bezoeken is afhankelijk van de fase. Er zijn maximaal vier tot zes scheepsbezoeken per week en gemiddeld zes helikoptervluchten per week in de boorfase. Gemiddeld is er in de productiefase slechts één scheepsbezoek per twee weken en vier heavy lift per week (met uitzondering van de kritische periode van de zeekoet, zie paragraaf 7.4.2).

Het belangrijkste effect betreft verstoring van zeevogels die een gebied gaan mijden waar veel geluid is, i.e. geluidsniveaus boven 60 dB(A). Deze grenswaarde wordt door ecologen gehanteerd om effecten op zeevogels te bepalen, en is opgenomen in het Bal (art. 4.1121a). Er zijn immers geen geluidsgevoelige objecten (e.g. woningen). Voor elke activiteit zijn de afstanden tot deze 60 dB(A) contour bepaald. Zeezoogdieren ondervinden in mindere mate hinder van bovenwatergeluid. In Tabel 7-3 zijn voor de verschillende geluidsbronnen de afstanden van de geluidsbron tot aan de genoemde geluidcontour van 60 dB(A) weergegeven.

Tabel 7-3. Afstand in m van geluidsbronnen tot de 60 dB geluidcontour.

Geluidsbron	Tijdsduur	Afstand [m] tot geluidcontour 60 dB(A) LA_{eq}, 24u
Aanlegfase		
Werkschepen plaatsing platform	Circa 2 weken	100 m
Heien verankeringspalen	Circa 2 dagen	600 m
Werkschepen aanleg leiding	Circa 2 maanden	200 m
Boorfase		
Heien conductors	Circa 3 dagen	850
Boren putten	Totaal 0,5 – 1 jaar[1]	210
Fakkelen	Maximaal 3 dagen	200
Productiefase		
Productie-installaties	Productiefase, continu	160
Transporten		
Schip	Periodiek[2]	100
Helikopter	Periodiek[2]	1.700

[1] Deze tijdsduur geeft de totale tijdsduur aan indien de drie putten achtereenvolgens zouden worden geboord
2 De frequentie van de bezoeken is afhankelijk van de fase. Er zijn maximaal vier tot zes scheepsbezoeken per week en gemiddeld zes helikoptervluchten per week in de boorfase. Gemiddeld is er in de productiefase slechts één scheepsbezoek per twee weken en vier helikoptervluchten per week (met uitzondering van de kritische periode van de zeekoet, zie paragraaf 7.4.2).

De effecten van deze geluidsbelastingen op fauna zijn nader onderzocht in de Natuurtoets (zie paragraaf 7.4). Daaruit blijkt dat het bovenwatergeluid een kleine en tijdelijke verstoring veroorzaakt bij de vaar- en vliegroutes. Het totale verstoorde oppervlak is klein en vissen, zeezoogdieren en de meeste vogels kunnen deze plekken mijden.

Voor de meeste soorten kunnen significante effecten van bovenwatergeluid tijdens alle fasen van het project op voorhand worden uitgesloten. Voor de zeekoet kunnen significante effecten van bovenwatergeluid, in combinatie met optische verstoring en licht, door transportbewegingen en de aanwezigheid van het platform echter niet op voorhand worden uitgesloten, met name tijdens de kritische ruiperiode (juli tot en met oktober) wanneer de soort beperkt vliegvermogen heeft. Hiervoor zijn mitigerende maatregelen vereist. Deze maatregelen zijn beschreven in paragraaf 7.4.2.

Geconcludeerd wordt dat het effect van bovenwatergeluid negatief is voor de aanleg- en boorfase en negatief voor de productiefase. Er zijn voor de zeekoet mitigerende maatregelen noodzakelijk.

7.3.2 Onderwatergeluid

De studie naar onderwatergeluid is input voor de effectbepaling bij het thema natuur. De geluiduitstraling wordt bepaald aan de hand van standaard hinderafstanden voor het in te zetten materieel.

Onderwatergeluid wordt deels veroorzaakt door natuurlijke processen zoals wind, golven en neerslag, maar vooral door menselijke activiteiten op zee, zoals scheepvaart en heiwerkzaamheden in zee. Onderwatergeluid kan effect hebben op de natuur. Veel zeedieren gebruiken geluidsignalen voor communicatie, het vinden van voedsel en de oriëntatie onder water. Onderwatergeluid kan dit verstoren

en daardoor leiden tot de verstoring van zeezoogdieren, vissen en vogels. Afhankelijk van het geluidsniveau kan het ook leiden tot gehoorschade.
In de studie naar onderwatergeluid wordt betrokken:

- Geluidsemissies van schepen in de aanlegfase en in de productiefase.
- Effecten van onderwatergeluid door aanlegwerkzaamheden bij de pijpleiding en het platform (inclusief heien).
- Geluid boorfase.
- Geluid tijdens bijzondere situaties (hijskraan) bij transport.
- Geluidsemissies van materieel en activiteiten tijdens de ontmanteling van installaties en het platform.

De geluidsbronnen, het niveau van geluid met geluidsfrequentie, de duur van geluidsproductie en jaargetijden zijn bepalend voor de mogelijke effecten. Zoals opgemerkt, de effecten worden beoordeeld onder het thema ‘Natuur’.

De voorgenomen activiteit produceert in verschillende fasen onderwatergeluid. Relevante geluidbelasting door onderwatergeluid doet zich vooral voor tijdens de aanleg- en boorfase. Tijdens de andere fasen is de geluidsbelasting gering. Menselijke activiteiten die aanzienlijk onderwatergeluid veroorzaken bij dit project zijn onder meer scheepvaart, het heien van palen en conductors, en het gebruik van specifieke werkschepen zoals pijplegschepen en ‘heavy lift’ schepen.

Aanlegfase: Het heien van de verankeringspalen bij de plaatsing van het productieplatform is de belangrijkste bron van onderwatergeluid. Dit duurt ongeveer twee dagen. Bij de aanleg van de pijpleiding ontstaat onderwatergeluid, door de werkschepen (o.a. een pijplegschip en een ‘heavy lift’ schip) en het materieel dat wordt gebruikt bij de aanleg. Deze werkzaamheden duren bij elkaar ongeveer twee maanden. In de ecologische effectbeoordeling (bijlage 4) zijn hiervoor verstoringsafstanden gegeven.

Boorfase: de belangrijkste geluidsemissies in de boorfase wordt veroorzaakt door het heien van de conductors. Voor elke nieuw te boren put is een conductor nodig. De tijdsduur voor het heien van conductors bedraagt maximaal vier dagen in totaal, waarbij geldt dat L7-F2 en L7-F3 niet aansluitend worden geboord, maar met geruime tijd ertussen (circa 2 jaar). De verstoringsafstand door het onderwatergeluid van de overige activiteiten in de boorfase, zoals het boren van de putten, is beperkt.

Met name zeezoogdieren als bruinvissen en zeehonden zijn gevoelig voor impulsgeluiden (e.g. hei- en survey-werkzaamheden). Hard geluid kan tijdelijk of permanent het gehoor van de dieren aantasten en daarnaast kan onderwatergeluid leiden tot verstoring bij het foerageren en communiceren. Hoe dichter zeezoogdieren zich bevinden bij de geluidsbron, hoe groter de verstoring en kans op letsel.

In Tabel 7-4 is het berekende geluidsniveau voor de verschillende activiteiten op 750 meter van de geluidsbron weergegeven. De geluidsniveaus zijn gebaseerd op eerder onderzoek van TNO bij een vergelijkbaar project: N05-A van ONE-Dyas. Bij dit onderzoek zijn zowel modelberekeningen met Aquarius-4 uitgevoerd als daadwerkelijke geluidsmetingen tijdens het heien van conductors. Uit deze metingen, uitgevoerd op 3 maart 2020, bleek dat het Aquarius-model een conservatieve schatting geeft met een onzekerheid van tenminste 3 dB.

Het maximale geluidsniveau op een afstand van 750 meter mag volgens de Nederlandse wetgeving[20] dB re 1 µPa²s SELss bedragen. Gezien de vergelijkbare projectomstandigheden en het conservatieve karakter van de berekeningen, kunnen deze resultaten met vertrouwen worden toegepast op dit project. Uit Tabel 7-4 blijkt dat voor het heien van de verankeringspalen niet aan deze eisen wordt voldaan.

[20] *Kavelbesluit kavel Beta windenergiegebied IJmuiden Ver.*

Om de verstoring van bruinvissen en zeehonden te bepalen is voor elke geluidsbron bepaald hoeveel vierkante kilometer van hun leefgebied wordt verstoord. De gehoordrempel van de bruinvis is lager dan bij de zeehonden, daarom verschillen de verstoringsoppervlakken voor deze twee soorten.

Tabel 7-4: Geluidsniveau en verstoringsoppervlak per geluidsbron (impulsgeluid).

Geluidsbron	Tijdsduur	Geluidsniveau (dB) op 750 meter van de geluidsbron	Verstoringsoppervlak (km^2)	
			Bruinvis	Zeehond
Heien verankeringspalen	Ca. 2 dagen	171 dB	610 km^2	231 km^2
Heien conductors	Max. 4 dagen	164 dB	94 km^2	54 km^2
Survey pijpleiding	Eén dag	-	29,7 km^2	0 km^2

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat de geluidbelasting bij het heien van de verankeringspalen onacceptabel hoog is als er niets aan gedaan wordt. De Nederlandse norm van 164 dB op 750 meter afstand van de geluidsbron wordt overschreden met 7 dB. Daarom worden tijdens het heien van de verankeringspalen mitigerende maatregelen getroffen. Bij het heien van de conductors voldoet de geluidbelasting wel aan de wettelijke normen en is mitigatie niet nodig. Eenzelfde conclusie volgt voor het uitvoeren van de survey, waarbij de technieken hetzelfde zijn zoals uitvoerig onderzocht in het Kader Ecologie en Cumulatie (KEC 5.0). Zonder het toepassen van mitigerende maatregelen te nemen is het effect van onderwatergeluid sterk negatief (-3) voor de aanleg- en boorfase en neutraal (0) voor de productiefase.

Mitigatie van effect van onderwatergeluid
Voor het reduceren van (de impact van) onderwatergeluid kunnen verschillende technieken worden toegepast, waaronder afschrikmethodes, ‘soft start’-procedures en bellenschermen. Bij het toepassen van een bellenscherm wordt tijdens het heien van de verankeringspalen een bellenscherm rond het platform aangelegd om de uitstraling van onderwatergeluid naar de omgeving te verminderen. Het bellenscherm wordt gecreëerd door via slangen op de zeebodem lucht in het water te blazen. De luchtbelletjes houden het geluid deels tegen waardoor de uitstraling van onderwatergeluid naar de omgeving wordt verminderd. Ook is het mogelijk om dubbele of drievoudige bellenschermen toe te passen. In het onderdeel natuur, paragraaf 7.4, wordt hier nader op ingegaan. Alternatieve heimethoden zijn onderzocht, maar zijn niet toepasbaar.

7.3.3 Waterkwaliteit: vertroebeling en emissies

Deze paragraaf gaat in op vertroebeling en verontreiniging van het zeewater. De effecten zijn onderzocht met een bureaustudie.

De waterkwaliteit van de Noordzee wordt bepaald door de natuurlijke omstandigheden en de invloed van de mens daarop. Verontreinigende stoffen worden aangevoerd via rivieren, depositie vanuit de lucht, scheepvaart en olie- en productieplatforms. Ook door de activiteiten bij L7-F komen verontreinigende stoffen in zee terecht. Deze emissies kunnen effect hebben op de natuur.

De emissies naar het zeewater doen zich vooral voor tijdens de boor- en productiefase. In de andere fasen zijn de emissies gering.

- **Boorfase**: Emissies naar water worden vooral veroorzaakt door de lozing van boorgruis en boorspoeling op waterbasis (boorspoeling op oliebasis wordt afgevoerd). De boorspoeling of boorvloeistof bevat fijne bariet-, zand- en slibdeeltjes en diverse opgeloste hulpstoffen met lage

concentraties chemicaliën[21]. Lozing hiervan in de Noordzee kan leiden tot verhoogde concentraties van deze stoffen (i.e. vertroebeling) en meer sedimentatie in de omgeving. Deze vertroebeling verspreidt zich als een pluim rond het lozingspunt. Ook sanitair water en regenwater dat van de dekken afspoelt, wordt geloosd. Voordat er wordt geloosd, wordt het water eerst getest om te verifiëren dat het voldoet aan de eisen in de Mbr.

- **Productiefase**: Emissies naar water worden voornamelijk veroorzaakt door de lozing van productiewater dat vrijkomt bij de gasbehandeling. Ook sanitair water en regenwater dat van de dekken afspoelt komt in zee. Na verloop van enkele jaren komt met het aardgas formatiewater mee omhoog, dat geloosd zal worden. Voordat er wordt geloosd, wordt het water eerst getest om te verifiëren dat het voldoet aan de eisen in de Mbr. Indien nodig wordt het water eerst gefilterd. Omdat luchtkoeling wordt toegepast, is er geen lozing van koelwater naar het zeewater.

Boorfase

Verstoring van het mariene milieu treedt met name op tijdens het boorproces, wanneer boorspoeling en boorgruis worden geloosd. Deze materialen kunnen zich verspreiden door de waterkolom en sedimenteren op de zeebodem.

Tijdens de boorfase worden twee typen stoffen geloosd:

- Boorgruis.
- Boorvloeistof op waterbasis onder meer bestaande uit bentoniet, bariet en andere hulpstoffen.

In Tabel 7-5 zijn de emissies naar het zeewater weergegeven tijdens de boorfase.

Tabel 7-5: Schatting van de emissies naar zee tijdens de boorfase.

Afvalstof	Hoeveelheid
Boorgruis WBM	1.500 – 4.500 ton per nieuwe boring
Cementeringsvloeistoffen en cementresten	140 ton per boring
Hemel-, was-, schrob- en sanitairwater	1.000 – 5.000* m^3 gedurende de boorfase

* Gebaseerd op een inschatting van opgevangen water in de skimmer tank en ervaringscijfers.

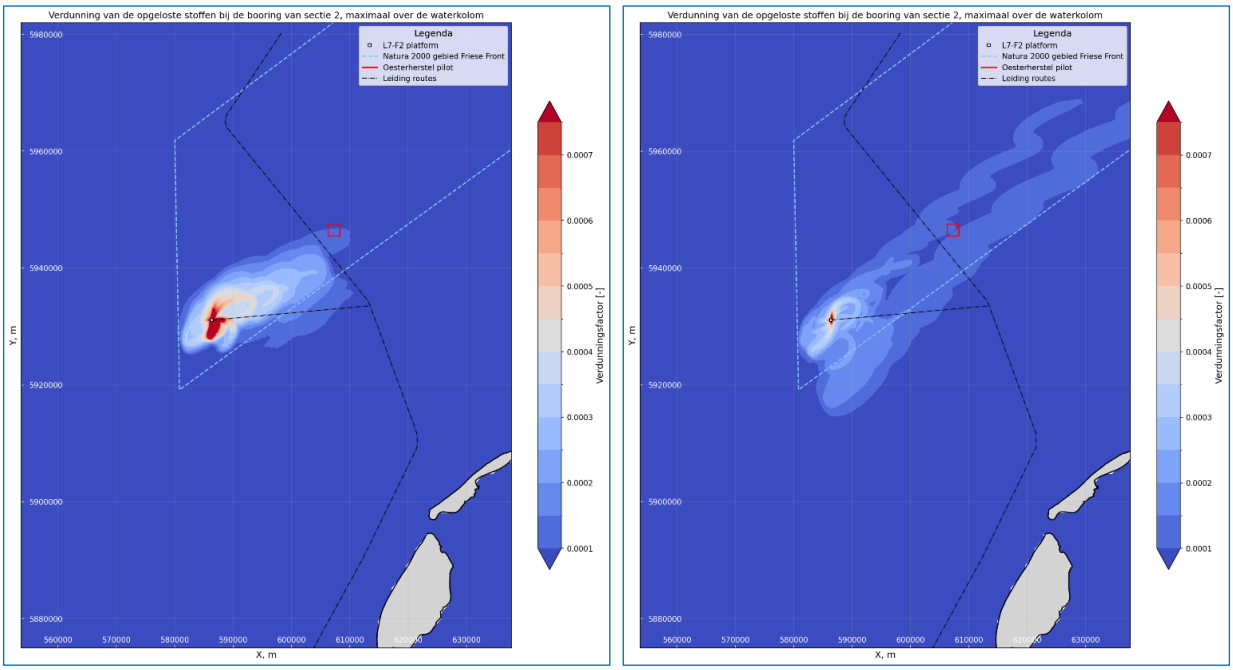
De natuurlijke slibconcentratie in het studiegebied varieert sterk, zowel ruimtelijk als temporeel. Aan het wateroppervlak bedraagt de concentratie jaargemiddeld ongeveer 3–4 mg/l ter hoogte van de platformlocatie. In de wintermaanden zijn de concentraties gemiddeld hoger (4–5 mg/l) dan in de zomer (ongeveer 3 mg/l). Tijdens en vlak na stormen kunnen de concentraties oplopen tot ongeveer 10 mg/l, terwijl ze in rustige periodes kunnen dalen tot ongeveer 2 mg/l.

De verspreiding van de geloosde stoffen is voor één boring gemodelleerd in twee scenario's: een rustige zomerperiode (juli[22]) en een stormachtige periode (november), waarbij 2017 is geselecteerd als jaar vanwege de meest recente beschikbare randvoorwaarden van het model. Dit biedt een representatieve uitgangssituatie. Daarnaast is een conservatieve hoeveelheid geloosde stoffen aangenomen in het model.

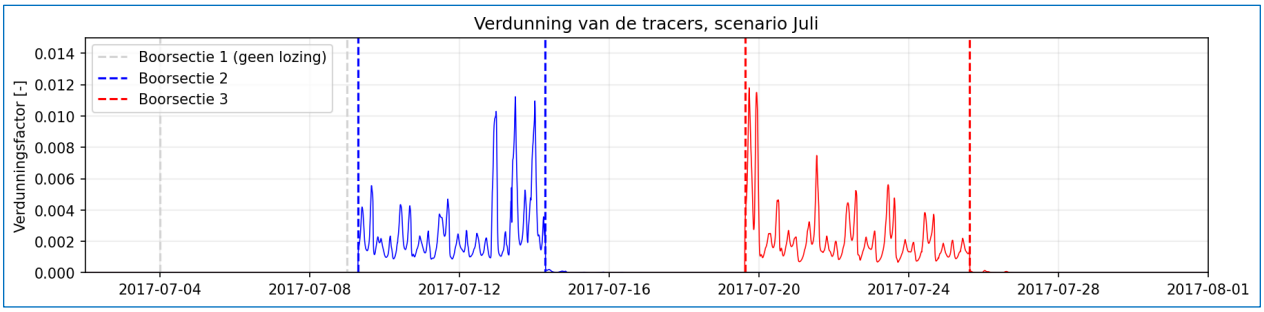
Uit de modelresultaten blijkt dat de hoogste concentraties direct nabij de boorlocatie worden waargenomen, met een snelle afname naarmate de afstand tot de bron toeneemt. De grootste verspreiding vindt plaats in noordoostelijke richting, overeenkomend met de residuele getijdenstroming en

[21] *Het gebruik en de lozing van oliehoudende mengsels en chemicaliën vanaf mijnbouwinstallaties zijn geregeld in hoofdstuk 9 van de Mbr.*
[22] *De maand juli is hier gekozen voor het model, omdat het de meest geschikte maand is om een 'rustige zomerperiode' te simuleren. Echter heeft dit geen relatie met de daadwerkelijke uitvoering van het project: in de ruiperiode (juli t/m oktober) van de zeekoet vinden er namelijk geen activiteiten plaats (zie paragraaf 7.4).*

windrichting (zie Figuur 7-2 voor de maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom tijdens het boren van sectie 2). Door een lage mengingsgraad worden tijdens kalme zomeromstandigheden de hoogste concentraties waargenomen maar is de verspreiding klein; tijdens stormachtige condities is de verspreiding groter maar zijn de concentraties lager. Na maximaal zes dagen treedt de concentratie van opgeloste hulpstoffen weer terug naar de oorspronkelijke concentratie (zie Figuur 7-3 voor de maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom bij de boorlocatie).



Figuur 7-2: Verdunning van opgeloste stoffen; scenario juli (links) en november (rechts).



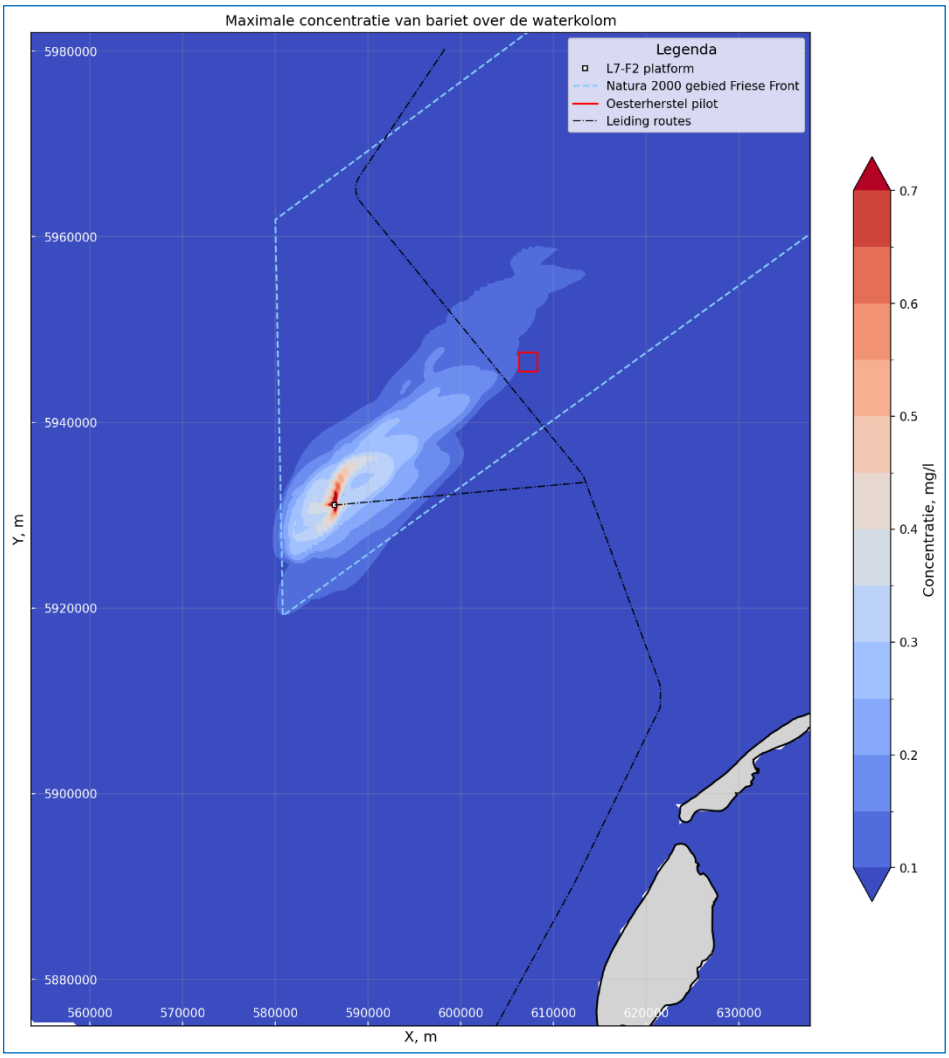
Figuur 7-3: Verdunning van opgeloste stoffen bij de boorlocatie; scenario juli.

In de zomerperiode variëren de barietconcentraties[23] in het zeewater tussen 0,1 en 0,7 mg/l. Dit komt overeen met een 3–35% toename van de concentratie van fijn sediment ten opzichte van de natuurlijke achtergrondconcentratie tijdens de rustige zomerperiode, die ongeveer 2–3 mg/l is (zie Figuur 7-4 voor de maximale concentratie van bariet over de gehele waterkolom).

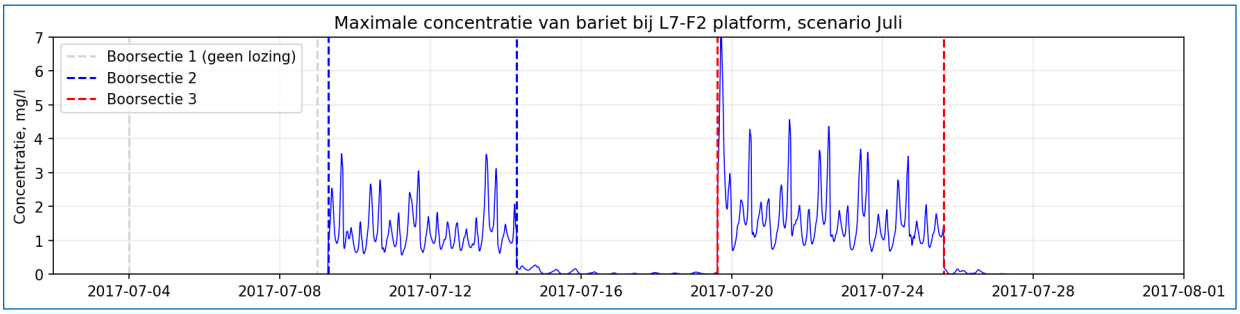
Voor sedimenttransportberekeningen wordt over het algemeen een onzekerheidsmarge van een factor 2 aangehouden. De daadwerkelijke concentraties in het zeewater liggen dus tussen de helft en het dubbele van de berekende waarden.

[23] *Bariet is een van de stoffen in de boorspoeling.*

De sedimentatie is beperkt. Bij de booractiviteiten bedraagt de maximale sedimentatie niet meer dan 0,002 mm in de zomer en 0,0005 mm tijdens het stormseizoen. Op de oesterherstellocatie zijn de effecten zeer klein met een maximale sedimentatie van 0,001 mm bij de booractiviteiten. Voor bodemdieren wordt een kritische ecologische grens van 1,5 cm gehanteerd. De berekende sedimentdiktes blijven hier ruim onder.



Figuur 7-4: Concentratie van bariet; scenario juli.



Figuur 7-5: Concentratie van bariet bij de boorlocatie; scenario juli.

Activiteiten aanlegfase
Tijdens de aanlegfase vindt ook vertroebeling en emissie plaats vlak voor het de ingebruikname van de pijpleiding, waarbij de pijpleiding wordt voorbereid op gasproductie. Hierbij wordt de inhoud van de pijpleiding, die gevuld is met een mengsel van gefilterd zeewater, pijpleiding-beschermingsmiddelen (corrosie inhibitoren) en mogelijk wat ijzeroxide, vanaf het aansluitpunt bij de NOGAT-leiding in de richting van het platform geduwd. De pijpleiding heeft een volume van circa 1.830 m^3. Voor het reinigen en gebruiksklaar maken komt in totaal een volume van 3.660 m^3 vrij (1x spoelen en 1x maal met gas vullen). Bij het platform wordt deze vloeistof (boorspoeling of boorvloeistof) via een tijdelijk leidingsysteem in zee geloosd. Hiervoor wordt een separate vergunning aangevraagd in samenhang met de aanleg van de pijpleiding.

De effecten van de aanleg- en boorfase lijken beperkt, gezien de tijdelijke aard van de boringen en de snelle verdunning van de geloosde stoffen. De modellering suggereert dat de natuurlijke processen in het gebied voldoende robuust zijn om de tijdelijke verstoring te accommoderen zonder blijvende effecten.

Vertroebeling en sedimentatie kunnen effect hebben op de natuur. Verhoogde vertroebeling kan leiden tot minder algengroei of hinder voor vissen en vogels die op zicht jagen. Deeltjes in het water kunnen ook leiden tot een fysiek effect, door het verstoppen van ademhalingsorganen (zoals kieuwen). Door sedimentatie kunnen organismen die op de bodem leven onder het sediment raken. Zowel vertroebeling als sedimentatie zijn onderzocht in de ecologische effectbeoordeling (zie paragraaf 7.4).

Productiefase
De Mbr stelt regels voor lozing van verontreinigende stoffen op zee, zoals een maximum voor de olieconcentratie in geloosd water. Eni Energy zorgt dat aan de eisen wordt voldaan. In Tabel 7-7 zijn de te verwachten jaarlijkse emissies van stoffen naar zee weergegeven tijdens de productiefase voor het voorkeursalternatief. De verwachte jaarlijkse emissies zijn gebaseerd op ervaringsgetallen van grote gasplatformen en lozingseisen uit de Mbr. Voor de emissies van aromaten is een klein gasplatform representatief, omdat L7-F met een OVC alle uitgedampte aromaten opvangt die vrijkomen bij de TEG-regeneratie. Zoals beschreven in paragraaf 5.4 worden deze afgassen, samen met de gassen van de waterontgassing, verbrand in de OVC, waardoor de emissie van koolwaterstoffen (inclusief aromaten) sterk wordt gereduceerd.

Om inzicht te krijgen in de effecten van het lozen van productiewater (inclusief formatiewater) van L7-F is een bureaustudie uitgevoerd. Er zijn diverse bronnen die (natuurlijke) achtergrondconcentraties in de zeeën en oceanen geven, inclusief die in de Noordzee. Onderstaande Tabel 7-6 geeft de achtergrondconcentraties voor benzeen, cadmium, lood en kwik. Dat zijn de bepalende stoffen.

Tabel 7-6: Achtergrondwaarden stoffen in de Noordzee, in µg/l

Stoffen	Noordzee (Neff et al., 2011)	Noordzee OSPAR regio II (OSPAR, 2004)	Andere zeewaterdata
Benzeen	0,001	n.b.	< 0,005 – 89,4 [1] 0,000876 - 0,0876 [2] 0,876 - 8,76 [3]
Cadmium	0,001 - 0,1	0,006 – 0,034	0,03[4]
Lood	0,001 - 0,1	0,02 – 0,03	0,02[4]
Kwik	0,7e-04 – 0,6e-02	0,5e-04 – 0,13e-02	n.o.

n.b. = niet beschikbaar
n.o. = niet onderzocht vanwege andere aanwezige bron
[1] uit EU RAR, 2008
[2] uit Echeverria, 1980
[3] uit Korn et al, 1976
[4]Uit Ten Hulscher, 2014[24]

In Tabel 7-7 zijn de verwachte lozingshoeveelheden door de gaswinning van L7-F aangegeven, voorafgaand aan het passeren van de olie-water-scheider. Door de olie-water-scheider wordt het olie-gehalte verlaagd tot onder de vereiste 30 ppm.

Tabel 7-7: Overzicht verwachte jaarlijkse emissies naar zee van stoffen tijdens productiefase.

Stoffen		Concentratie		Vracht (kg / jaar)
		mg/l	µg/l	
Olie	Gedispergeerd[1] en opgelost[2]	95	95.000	475
waarvan				
Aromaten	ca. 80% benzeen	50	50.000	270
Metalen	Metallisch kwik	0,0011	1,1	0,00594
	Cadmium	0,0025	2,5	0,0135
	Lood	0,03	30	0,162
	Zink	2,00	2.000	10,8
	Nikkel	0,03	30	0,162
Methanol	2/jaar, 900 l/put/start-up	-		4270*

**Vracht (kg/jaar) = 0,79 (kg/l; soortelijk gewicht van methanol) * 900 (l; per put/ start-up) * 2 (start-ups/jaar) * 3 (aantal putten).*

1) *Minerale oliefracties (conform OSPAR 2005-15).*
2) *Vluchtige verbindingen: benzeen; en vluchtige verbindingen BTEX: tolueen, ethylbenzeen, M/P-xyleen, O-xyleen (respectievelijk conform WAC/IV/A/016 en ISO 11423-2).*

In Tabel 7-8 zijn de algemene normwaarden voor mariene oppervlaktewateren weergegeven, afkomstig uit de EU Water Framework Directive. Deze normwaarden zijn vastgesteld op grond van beschikbare data van allerlei taxonomische soorten. Voor acute, kortdurende blootstellingen wordt de MilieuKwaliteitsEis voor de Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKE) gehanteerd als toetswaarde. Voor langdurige blootstellingen is de JaarGemiddelde-MilieuKwaliteitsEis (JG-MKE) relevant.

[24] *Memo, definitieve vaststelling natuurlijke achtergrondconcentraties zware metalen, RWS, 21 januari 2014.*

Alleen voor Nederland is een specifieke aanpassing vanwege doorvergiftiging gemaakt voor kwik, waardoor de JG-MKE op 0,07 ng/l is vastgesteld.

Tabel 7-8: EU MAC-MKE JG-MKE in µg/l

Stoffen	MAC-MKE µg/l (zoutwater)	JG-MKE µg/l (zoutwater)	Opmerkingen/referentie
Benzeen	50	8	EC WFD, 2013; Directive 2013/39/EU
Cadmium	1,5	0,2	EC WFD, 2013
Lood	14	1,3	EC WFD, 2013
Kwik	0,07 0,07	 0,7e-04 [1)]	EC WFD, 2013 wetten.nl - Regeling - Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 - BWBR0027061 (overheid.nl)

[1)] Met doorvergiftiging. Voor deze stof heeft Nederland met het oog op het toezicht op de naleving van de milieukwaliteitseis voor biota, een waarde voor de concentratie van de stof in oppervlaktewater afgeleid, waarmee hetzelfde niveau van bescherming wordt geboden dat is beoogd met de milieukwaliteitseis voor biota.

Voor het bepalen van de schadelijkheid van de lozing van het productiewater met het formatiewater zijn de volgende studies geraadpleegd:

Peijnenburg et al. (2007) onderzochten milieurisico's van benzeen, afkomstig van platforms in de Noordzee. Conservatief gemodelleerde lozingen van gaswinningsplatforms leverden nauwelijks risico's op buiten 500 meter van het platform. Vanwege de onderzochte locatie en benzeenvracht (2975 kg/jaar) is het gemodelleerde gasplatform L09-FF-1 van NAM voor de studie relevant. In de studie van Peijnenburg werden consequenties voor drie lozingsdieptes doorgerekend (1, 5 en 10 meter onder het wateroppervlak). Resultaten toonden aan, dat benzeenconcentraties boven de WFD JG-MKE (8 µg/l) tot een maximum afstand van 466 meter van het platform reikten (bij 1 meter lozingsdiepte). Een diepere lozing betekende kortere risico-afstanden. Bij een strengere toetswaarde (negligible concentration) van 2 µg/l bleek de risico-afstand bij 1 meter lozingsdiepte maximaal 925 meter van het platform. Opmerkelijk is dat de pluimmodellering geen impact modelleerde onder de 6 meter lozingsdiepte.

Vergelijking leert dat de jaarlijkse lozing van benzeen bij L7-F (circa 220 kg) circa 7,5% bedraagt van de geloosde hoeveelheid benzeen in deze studie.

Neff et al. (2011) concluderen dat effecten op waterorganismen van productiewater vooral lokaal rond het lozingspunt verwacht kunnen worden en beperkt van aard zullen zijn, afhankelijk van meerdere factoren. De meeste aandacht gaat uit naar aromatische koolwaterstoffen, alkylfenolen en enkele metalen. De in deze review vermelde studies betreffen verdunningen van productiewater, waarvan een klein aantal effecten geeft bij 0,1%, enkele zijn nauwelijks schadelijk (35-40%), maar de meeste studies geven acute en chronische toxiciteit tussen de 2 en 10% voor crustaceeën en 5-20% voor vissen.

Veel aangehaalde studies in de review van **Beyer et al. (2020)** gaan in op biomarkers (bijv. enzyminductie en/of DNA-adductvorming) en besteden veel aandacht aan PAK's, maar niet aan benzeen en/of metalen. Dat komt omdat de PAK's door hen als zeer belangrijke componentgroep voor ecologische effecten wordt beschouwd. De belangrijkste bevindingen zijn dat:

- Effecten in mosselen en vissen die enkele weken waren blootgesteld aan productiewater in de nabijheid van boorlocaties, relatief mild waren;

- In de gal van gekooide vissen petrogene metabolieten zijn aangetroffen op 10 km afstand van de productiewaterlozingslocatie;
- Schelvis sterkere effecten laat zien bij blootstelling aan petrogene blootstellingen dan andere vissoorten (maar niet noodzakelijkwijs gecorreleerd is aan productiewater).

Schmeichel (2017) vermeldt dat BTEX nauwelijks wordt meegewogen in de beoordeling van ecotoxicologische effecten van productiewater. Dat komt voornamelijk doordat ze weinig accumuleren in mariene soorten en omdat ze snel verdunnen, vervluchtigen en worden omgezet in het ontvangende water na lozing.

Schuldt (2020) onderzocht effecten van productiewater van vijf locaties (concentraties 10, 50 en 100%) op de larven van de snotolf *Cyclopterus lumpus*. De organische fractie van het productiewater werd verantwoordelijk bevonden voor de verscheidenheid aan afwijkingen en sterfte, hoewel er ook andere (niet GC-MS gedetecteerde) stoffen zouden bijdragen aan de effecten. Identificatie van stoffen heeft echter niet plaatsgevonden.

Deze bovenstaande studies naar effecten van productiewater op waterorganismen zijn niet specifiek gericht geweest op de aanwezigheid van benzeen, lood, kwik en cadmium in het lozingswater van platforms. De samenstelling van productiewater verschilt weliswaar per platform c.q. locatie, de resultaten vormen een indicatie voor optredende effecten.

Het risico op schadelijke effecten op individuele organismen en bredere ecologische consequenties is gerelateerd aan de samenstelling van het productiewater, de eigenschappen en het gedrag van de daarin aanwezige afzonderlijke componenten.

In een risicobeoordeling[25] voor een Noordzee platform is de lozing van componenten en de verspreiding bepaald. Er is daarbij een conservatieve benadering gehanteerd voor de situatie waarbij vergelijkbare jaarvrachten als bij L7-F worden geloosd. Bij L7-F zal vooralsnog geen sprake zijn van het gebruik van een actief koolfilter. In de risicobeoordeling wordt verondersteld dat in de onderste waterlaag alleen de maximale verwachte concentraties voorkomen. Deze maximale concentraties zijn in een uitgevoerde pluimmodellering verdubbeld, om tegemoet te komen aan onzekerheid over de concentraties. Deze benadering doorstaat de vergelijking met L7-F. Er zijn naast de EU MAC-MKE's en JG-MKE's, ook de meest kritische ecotoxiciteitswaarden en laagste achtergrondconcentraties vergeleken met deze verdubbelde verwachte maximale concentraties in de onderste waterlaag.

De uitkomst is dat er geen onacceptabele risico's of overschrijdingen worden verwacht. Aangetoond is dat de bijdrage van het productiewater (met formatiewater) aan de achtergrondconcentraties voor cadmium, lood en kwik gering is (maximaal 1 %), behalve voor benzeen. Gezien de fysisch-chemische eigenschappen van benzeen en de (snelle) biologische afbreekbaarheid is het zeer onwaarschijnlijk dat de hier gebruikte verdubbelde maximale concentraties gehaald zullen worden. Daarmee is voor benzeen sprake van een aanzienlijke overschatting.

Omdat in de onderste waterlaag geen ecotoxicologische onacceptabele concentraties worden berekend, zullen de risico's in de onderste waterlaag op grotere afstanden vrijwel afwezig zijn voor de beschreven stoffen.

[25] *Ecotoxicologische evaluatie benzeen, kwik, cadmium en lood door verspreiding vanuit productiewater, RHDHV, 9-12-2021.*

In het licht van de literatuur en de elders uitgevoerde risicobeoordeling wordt geconcludeerd dat de lozing van stoffen vanaf L7-F niet leidt tot schadelijke effecten op de ecologie buiten een straal van 500 meter rond het platform. Deze 500 meter straal is een in bestaande literatuur[26] geaccepteerde grens waarbinnen nog effecten op de ecologie kunnen zijn.

Opofferingsanodes
Op de stalen constructies (zoals het jacket en de pijpleiding) worden zogenaamde opofferingsanodes aangebracht bestaande uit een zink-aluminium legering. Zink (Zn) en aluminium (Al) komen van nature voor in de Noordzee en zijn het gevolg van menselijke activiteiten. Natuurlijke bronnen betreffen bijvoorbeeld verwering van zinkhoudende mineralen. Aluminium komt van nature voor in vrijwel alle sedimenten. Een voorbeeld van menselijke activiteit betreft roestbescherming (of corrosiebescherming) met opofferingsanodes die worden aangebracht op onderwatergelegen stalen constructies (zoals het jacket en de pijpleiding). Deze anodes bestaan uit onedele metalen (een legering van zink en aluminium) die eerder corroderen dan het staal waarop ze zijn aangebracht. Op deze wijze wordt het staal tegen corrosie beschermd. Dit heet kathodische corrosiebescherming. Omdat de anodeblokken geleidelijk oplossen wordt de term opofferingsanodes gehanteerd. De legering bevat een geringe hoeveelheid indium (In). De werking van de anodes bestaat eruit dat de Zn-Al legering eerder corrodeert dan staal.

Het toepassen van kathodische bescherming is stand der techniek in aanvulling op de uitwendige bekleding (zoals een coating), die de eerste bescherming vormt en is vereist op grond van NEN 3656 voor offshore stalen buisleidingen. Indium wordt toegevoegd om de reactiviteit van de anodes te verbeteren.

Door het geleidelijk oplossen komen de metalen waaruit de legering is opgebouwd vrij in het zeewater. Deze emissie treedt op tijdens de hele levensduur van het jacket en pijpleiding. Voor het inschatten van de emissies wordt uitgegaan van het volgende.

Op het jacket worden blokken van 240 kg geplaatst.
- Levensduur: 30 jaar.
- Samenstelling: aluminium (94,25 tot 97,5%), zink (5,75 tot 2,5%) en indium (0,04 tot 0,016%).

Op basis van deze uitgangspunten, resulteert dit per anodeblok van 240 kg in een jaarlijkse emissie naar water van 7,6 kg Al en 0,42 kg Zn. Deze emissie treedt op bij het jacket.

Op basis van de ECHA CHEM database is de PNEC (predicted no-effect concentration: de concentratie van een chemische stof waarbij geen nadelige effecten in een ecosysteem worden waargenomen) voor zink in mariene wateren 7,7 µg/l[27]. Voor aluminium zijn geen gevaren geïdentificeerd en daarom is voor deze stof geen PNEC vastgesteld.

In de literatuur (Tamis et al.[28]) wordt specifiek ingegaan op de effecten van de offshore olie- en gaswinningsindustrie en opofferingsanoden:

[26] *Eerder genoemde literatuur en: Manual to proposed Dutch implementation of OSPAR's risk-based approach to the management of produced water discharges, P. de Vries and J.E. Tamis, C057.14 A, 27 juni 2014.*
[27] *https://chem.echa.europa.eu/100.028.341/dossier-view/a2d9b11c-d84f-4f16-976e-57fb2d16463d/40b1a3fa-b2f6-468f-a760-1c868f898976_07b48ac7-0dc0-4df3-aeea-ddce076d40f6?searchText=231-175-3.*
[28] *Offshore olie- en gasactiviteiten en Natura 2000, inventarisatie van mogelijke gevolgen voor de instandhoudingsdoelen, Tamis et al, Imares Wageningen UR, januari 2011, rapportnr. C144/10.*

"Er is berekend dat bij een gemiddelde aluminium-zink anode met een gewicht van 250 kg en een levensduur van 20 jaar, de metaalconcentratie op een afstand van minder dan 1,5 m van de anode onder de drempelwaarde zal liggen (Elf Petroland B.V. et al., 2000). De gevolgen voor het milieu door het gebruik van de anoden is dus beperkt tot lokale effecten op het platformoppervlak en dragen op die manier bij aan de aangroeiwering. Er moet echter worden opgemerkt dat, hoewel de effecten beperkt zijn tot een klein gebied rond de anode, de corrosie preventie een bijdrage levert aan de totale zink vracht naar de Noordzee. Er zijn echter momenteel geen realistische alternatieven voor aangroei en corrosie preventie."

De berekening kan voor de specifieke omstandigheden van het L7-F project gevalideerd worden op basis van de volgende werkwijze, waarbij wordt aangenomen dat één anodeblok zich in één kubieke meter water bevindt:

- Nabij de zeebodem is de gemiddelde effectieve stroomsnelheid ongeveer 0.25 m/s[29] wat betekent dat een kubieke meter water nabij de bodem elke vier seconden een meter opschuift. Hoger in de waterkolom is de stroomsnelheid en de menging groter.
- Per seconde lost 20 µg Zn op (420 g Zn/j / 365 / 24 / 3600 = 0.000013 g = 13 µg Zn). In vier seconden lost 52 µ Zn op in één kubieke meter. Per liter is dat 0,05 µg Zn.
- De achtergrondconcentratie van zink in de Noordzee is vastgesteld op 0,15 µg/l[30].
- De totale concentratie nabij de anode is dus 0,20 µg/l, wat ver onder PNEC voor zink in mariene wateren van 7,7 µg/l[31] ligt.

Er worden 135 anodeblokken van elk 240 kg toegepast op het jacket. Aangezien het jacket een veel groter volume zeewater omvat dan 135 m^3, is de totale zinkbelasting van de anodeblokken op iedere m^3 zeewater maximaal 0,20 µg/l: veel lager dan de PNEC voor zink in mariene wateren.

Uit bovenstaande beschouwing blijkt dat binnen een meter van een anodeblok de zinkconcentratie al ver beneden de PNEC voor zink in mariene wateren ligt. Gezien de definitie van de PNEC kunnen hoogstens op anodeblokken nadelige effecten in een ecosysteem worden waargenomen, maar direct daarbuiten in de waterkolom niet. Dit bevestigt de bevinding van Tamis et al.

Omdat voor aluminium geen gevaren zijn vastgesteld, is de beschouwing alleen voor zink uitgevoerd.

De effecten van vertroebeling zijn neutraal zowel in de aanleg- en boorfase en de productiefase. Verontreiniging door emissies is licht negatief in beide fasen.

7.3.4 Verstoring zeebodem

Verstoring van de zeebodem treedt op als gevolg van grondwerkzaamheden tijdens de aanleg van de installatie en de pijpleiding en als gevolg van sedimentatie van boorgruis en zeebodemsediment op de zeebodem. De analyse is gebaseerd op vereenvoudigde berekeningen en beoordeling van eerdere studies.

Bodemverstorende activiteiten vinden vooral plaats tijdens de aanleg- en boorfase. Tijdens de andere fasen wordt de zeebodem niet of nauwelijks vestoord. Rondom het tijdelijke boorplatform (jack-up rig)

[29] *De stroming op de Noordzee is opgebouwd uit twee componenten, een heen en weer gaande eb- en vloedstroming en een constante stroming vanuit het Kanaal richting Noorwegen. Per saldo resulteert dit op de zuidelijke Noordzee in een noordelijke stroming. Dit is verbeeld in https://odnature.naturalsciences.be/marine-forecasting-centre/nl/graphs/bottom_sea_water_velocity/W04*
[30] *https://rvs.rivm.nl/sites/default/files/2020-04/Achtergrondconcentraties-metalen.pdf*
[31] *https://chem.echa.europa.eu/100.028.341/dossier-view/a2d9b11c-d84f-4f16-976e-57fb2d16463d/40b1a3fa-b2f6-468f-a760-1c868f898976_07b48ac7-0dc0-4df3-aeea-ddce076d40f6?searchText=231-175-3*

wordt geen steenbestorting aangelegd omdat de stroming in het gebied te gering is voor het ontstaan van erosiekuilen.

- Aanlegfase:
  - Verstoring van de zeebodem door het 'ingraven' van de pijpleiding.
  - Bedekking van de zeebodem door de poten van het productieplatform en door de stenen die rond de poten worden gestort om het uitspoelen van zand rond de poten te voorkomen.
  - Afdekking met stortsteen van de kruisingen met andere leidingen en kabels.
- Boorfase:
  - Sedimentatie van geloosd boorgruis op de zeebodem.

De belangrijkste verstoring tijdens de aanlegfase wordt veroorzaakt door de aanleg van een pijpleiding vanaf het L7-F-platform naar de bestaande NOGAT-hoofdtransportleiding in de Noordzee. Deze leiding heeft een lengte van circa 27 km, waarvan 13 km door het Natura 2000-gebied Friese Front loopt. Volgens de huidige planning zal het graven van het 27 km lange tracé ongeveer vier dagen duren, inclusief mogelijke pauzes in de werkzaamheden.

De pijpleiding wordt om veiligheidsredenen ingegraven in de zeebodem. Bij het ingraven van de pijpleiding wordt sediment uit de zeebodem opgegraven. De grove fractie sedimenteert direct naast de sleuf en de fijnere fractie wordt door stroming als een troebele wolk verspreid in de Noordzee, wat kan leiden tot verhoogde sedimentconcentraties in de waterkolom. Deze effecten zijn tijdelijk en treden alleen op tijdens de aanlegfase.

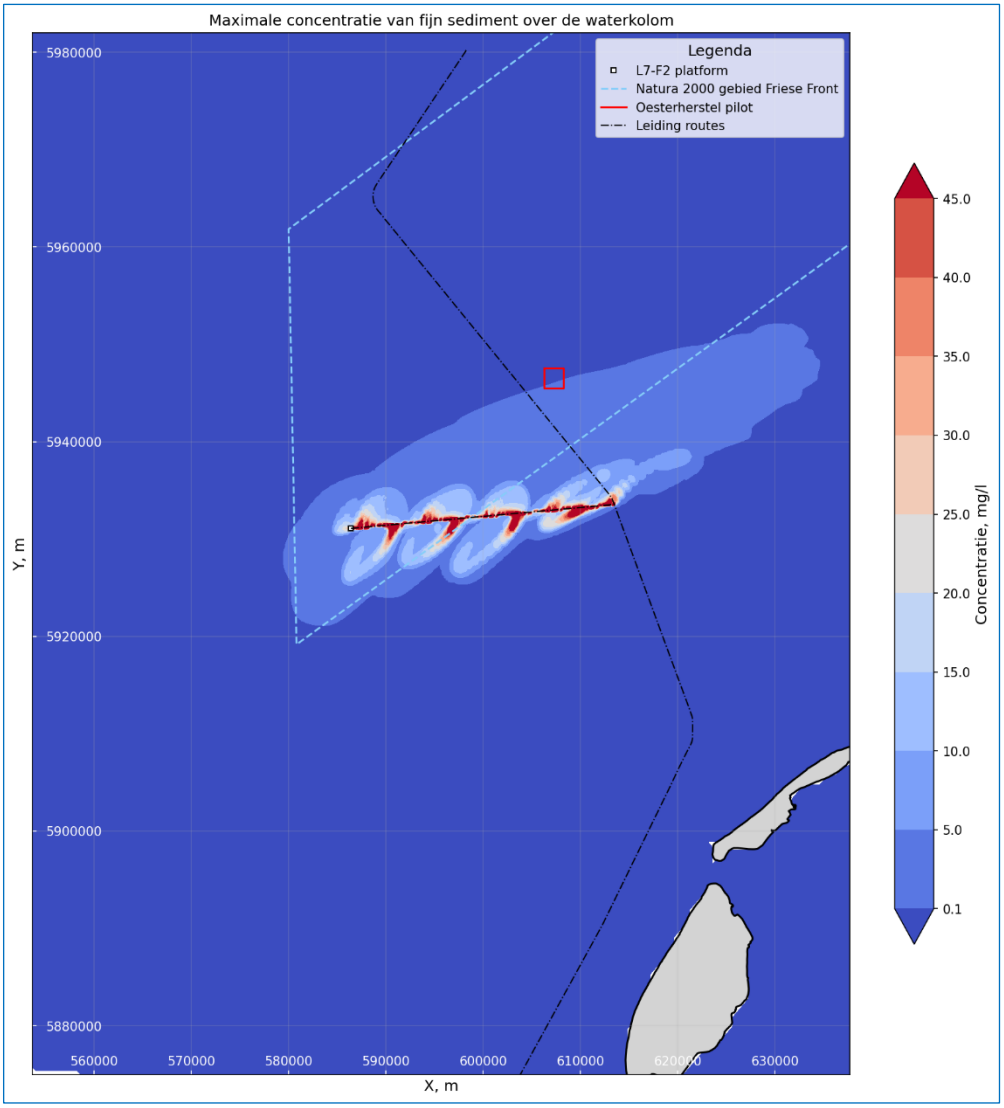
Er zijn twee methoden beschikbaar voor de aanleg van de pijpleiding: *mechanical trenching* en *jetting*. Voor de praktische details van de ingravingsmethoden wordt verwezen naar paragraaf 5.2. De mate van sedimentverspreiding verschilt per ingravingsmethode. Bij mechanical trenching wordt het opgegraven sediment vooral aan weerszijden van de sleuf gedeponeerd en wordt slechts een beperkt deel in suspensie gebracht. Bij jetten is dit andersom. Voor de pluimmodelleringsstudie is uitgegaan van de relatief sterke pluimvorming bij jetting. Door deze methode te beschouwen wordt uitgegaan van een 'worst-case' situatie.

Naar verwachting wordt bij de aanleg van de pijpleiding voornamelijk jetting gebruikt. Voor de bodemberoering wordt uitgegaan van de verstoringsbreedte die bij trenching optreedt. De gehele leiding zal door middel van jetting op diepte worden gebracht. Daar waar problemen met de hardheid van de bodem mochten ontstaan, wordt gebruik gemaakt van de mechanical trenching methode. Dit wordt op basis van de bodemgegevens niet verwacht.

Slibconcentratie nabij het leidingtracé
Zoals aangegeven in paragraaf 7.3.3, bedraagt de slibconcentratie op de platformlocatie en nabij de aansluiting met de bestaande NOGAT-pijpleiding jaargemiddeld ongeveer 3–4 mg/l nabij het wateroppervlak. De natuurlijke slibconcentraties variëren per seizoen: in de winter is de seizoensgemiddelde slibconcentratie circa 4–5 mg/l langs het tracé van de pijpleiding en in de zomer circa 3 mg/l.

De maximale concentratie fijn sediment als gevolg van de graafwerkzaamheden wordt in de modelstudie waargenomen langs het pijpleidingtracé. Zoals opgemerkt, wordt door uit te gaan van jetting een conservatieve benadering gehanteerd. De maximale concentratie fijn sediment varieert, afhankelijk van de locatie en de getijdenfase tijdens de werkzaamheden, tussen 50 en 250 mg/l en is aanzienlijk hoger dan de achtergrondconcentraties tijdens de zomerperiode (2–3 mg/l) (zie Figuur 7-6 voor de maximale concentratie van fijn sediment over de gehele waterkolom gedurende de simulatie). Aan weerszijden van het tracé neemt de concentratie echter snel af. De maximale afstand vanaf het pijpleidingtracé waar

concentraties van meer dan 50 mg/l kunnen voorkomen, is niet groter dan ongeveer 1 km. De extra concentratie van 5 mg/l tijdens de simulatie kan worden waargenomen binnen ongeveer 5 km van de pijpleiding. De maximale concentraties op de locatie Oesterbankherstel zijn over de gehele modelperiode niet hoger dan 0,1 mg/l (een tijdelijke toename van 3–5% ten opzichte van de achtergrondconcentratie). Na maximaal twee dagen is de concentratie van fijn sediment weer verlaagd tot de oorspronkelijke concentratie.



Figuur 7-6: Concentratie van fijn sediment.

Sedimentatie boorgruis

De belangrijkste verstoring tijdens de boorfase wordt veroorzaakt door sedimentatie van geloosd boorgruis op de zeebodem. Het boorgruis bestaat uit verschillende fracties. Op basis van de korrelgrootte van het boorgruis, de kritische stroomsnelheid voor aanvang van de lozing, de stroomsnelheden als gevolg van het getij en wind, en sedimenttransportberekeningen bezinkt het grove deel direct rond het platform en wordt het fijnere deel (ook na het opnieuw in suspensie gaan) verspreid over een groter gebied door getijdestroming.

De dikte van de boorgruisafzetting varieert over de afstand tot de lozingspijp en met de tijd. Bij een lozingspijphoogte van twintig meter boven de zeebodem is de maximale laagdikte ongeveer 21 centimeter per boring. Bij een dieper lozingspunt is de boorgruisafzetting dikker en verspreid over een kleiner oppervlak. De laag boorgruis wordt in de loop van maanden tot jaren steeds dunner door verspreiding over een groter gebied (door het opnieuw in suspensie gaan). Het zal maanden tot jaren duren voordat het verdunde boorgruis over een grote afstand vanaf de platformlocatie is verspreid, mede afhankelijk van het voorkomen van stormen. Hierdoor zijn de effecten op gebieden zoals de oesterherstellocatie zeer klein.
Wanneer voor het bepalen van de ecologische effecten van de boorgruisafzetting een kritische laagdikte van 1,5 centimeter wordt aangehouden, dan wordt deze kritische laagdikte bij één boring overschreden binnen een straal van ongeveer 90 meter rond de lozingspijp. Dit is een oppervlak van maximaal 2,5 ha.

Uit het onderzoek naar opwerveling en sedimentatie van boorgruis blijkt dat de effecten niet reiken tot de Waddenzee. Daarmee is vastgesteld dat er geen invloed is op sedimentstromen die deel uitmaken van de natuurlijke dynamiek van de Waddenzee.

De verstoring van de zeebodem is in de aanleg- en boorfase licht negatief. In de productiefase is er geen verstoring (neutraal).

7.3.5 Emissies naar de lucht

Tijdens het project vindt er uitstoot plaats van CO_2 (kooldioxide), methaan (CH_4), VOS (vluchtige organische stoffen), NO_X (stikstofoxiden) en SO_2 (zwaveloxiden). Deze emissies naar de lucht treden op tijdens alle fasen van het project en komen uit verschillende bronnen. De invloed van de emissies is beperkt tot de omgeving van het boor- en productieplatform en de emissies dragen verwaarloosbaar bij aan de achtergrondconcentraties. Gezien de (grote) afstand tot woonbebouwing op het vaste land en de emissieparameters die voor de bronnen van toepassing zijn, kan op voorhand worden gesteld dat de effecten als minimaal aangemerkt kunnen worden.

Aanlegfase
Tijdens de aanlegfase worden emissies vooral veroorzaakt door werkschepen die worden ingezet voor de plaatsing van het platform en de aanleg van de pijpleiding. Deze uitstoot is tijdelijk en beperkt zich tot de maanden dat de werkzaamheden daadwerkelijk worden uitgevoerd.

Boorfase
Tijdens de boorfase worden emissies vooral veroorzaakt door de verbrandingsgassen van dieselgeneratoren die worden gebruikt voor de elektriciteitsvoorziening van het boorplatform. Na afloop van het boren wordt de put schoongeproduceerd, waarbij het vrijkomende aardgas wordt afgefakkeld. Per put wordt maximaal 24 uur aaneensluitend gefakkeld.

Productiefase
Tijdens de productiefase worden emissies voornamelijk veroorzaakt door de installaties die worden gebruikt voor de behandeling van het aardgas en door generatoren voor de elektriciteitsvoorziening.

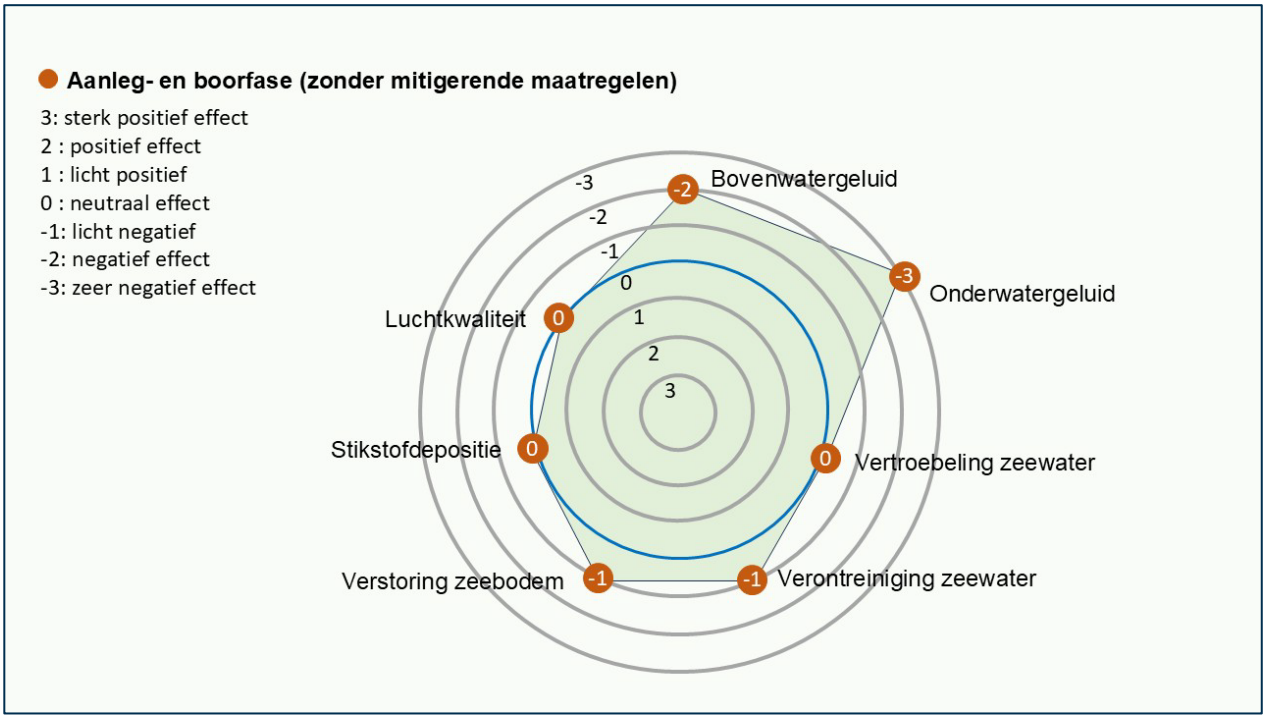
Transport
In alle fasen van het project worden mensen en goederen van en naar het boor- en productieplatform vervoerd. De hiervoor gebruikte schepen en helikopters verbruiken brandstof en veroorzaken daarmee emissies naar de lucht.

Stikstofdepositie
Voor de activiteiten is een AERIUS-berekening[32] uitgevoerd. Deze is als bijlage opgenomen. In de huidige AERIUS-rekenmethodiek wordt een maximale afstandsgrens van 25 kilometer gehanteerd waarbuiten stikstofemissies niet meer aan een specifieke bron kunnen worden toegeschreven en die daarom door AERIUS worden afgekapt. Alle emissiebronnen van het project liggen op een veel grotere afstand. Daardoor geeft de AERIUS-berekening geen stikstofdepositie weer van meer dan 0,00 mol/ha/jr. Significante effecten op stikstofgevoelige habitattypen kunnen op voorhand worden uitgesloten.

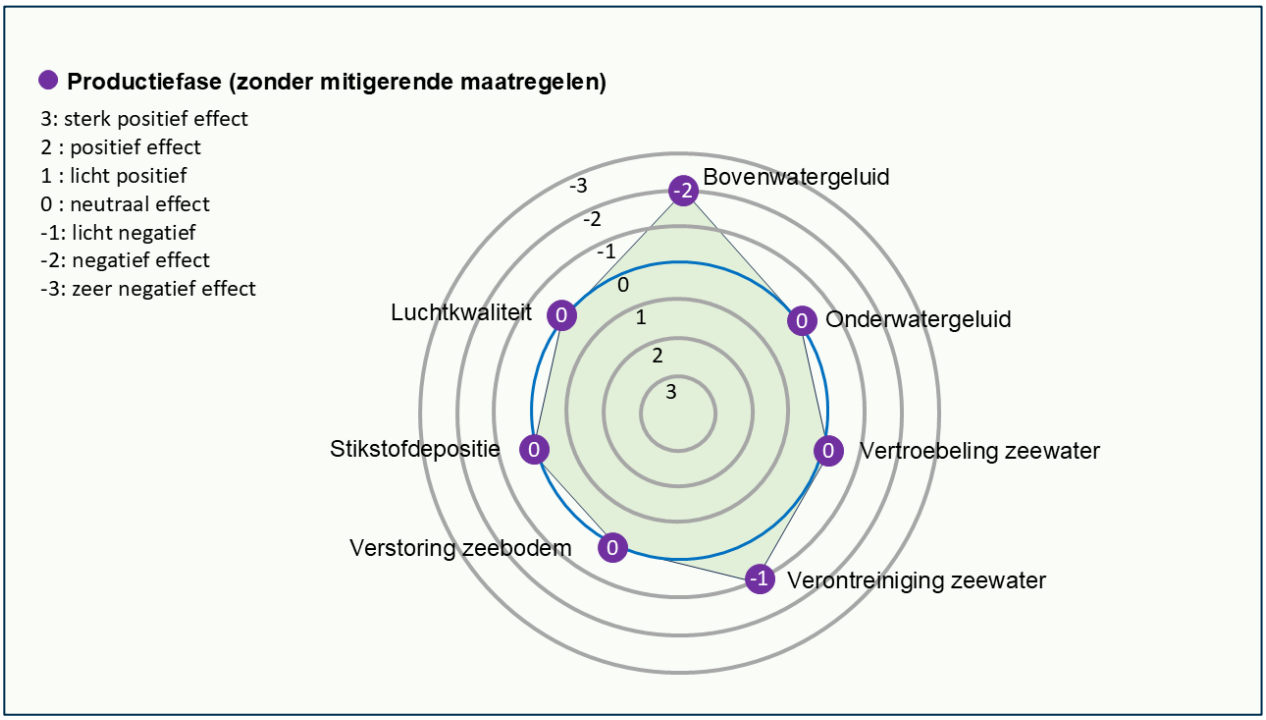
Voor uitvoeringsfase en productiefase is het effect neutraal (0).

7.3.6 Samenvatting beoordeling effecten op natuur

In onderstaande Figuur 7-7 is de effectbeoordeling weergegeven voor thema's die van toepassing zijn op natuur. De effectbeoordeling heeft betrekking op de aanlegfase (inclusief boren) en de productiefase voor het voorkeursalternatief. Deze thema's zijn betrokken bij de beoordeling van effecten op beschermde soorten en habitattypen, die beschreven is in paragraaf 7.4.



[32] *Aerius is een rekentool voor het berekenen van stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.*



Figuur 7-7: Effectbeoordeling voor thema's natuur voor aanleg- en productiefase.

7.4 Ecologische effectbeoordeling

Haskoning heeft een ecologische effectbeoordeling (BH5808-146-ecologische_effectbeoordeling L7-F) uitgevoerd naar de effecten van het project L7-F. De focus van de ecologische effectbeoordeling ligt op de Natura 2000-gebieden Friese Front en Noordzeekustzone en op beschermde soorten. Uit de beoordeling blijkt dat met uitzondering van twee beschermde soorten er geen significante negatieve gevolgen worden verwacht. Voor twee soorten zijn mitigerende maatregelen nodig:

- *Voor de zeekoet zijn mitigerende maatregelen nodig tijdens de productiefase omdat er verstoring optreedt tijdens de ruiperiode (juli t/m oktober). Er worden mitigerende maatregelen getroffen die betrekking hebben op verstoring (bovenwatergeluid, optische verstoring en licht) door transportbewegingen (schepen en helikopters).*
- *Voor de bruinvis zijn geluidsbeperkende maatregelen nodig vanwege mogelijke verstoring door onderwatergeluid door impulsgeluiden (heiwerkzaamheden en survey).*

Voor beide soorten is in het kader van de Ow een omgevingsvergunning voor een Natura 2000-activiteit vereist. Ook is er bij beide soorten ook sprake van schadelijk handelen: zeekoet (11.37 lid 1d en bruinvis 11.46 lid 1b Bal). Hier is een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit vereist is.

Het doel van de ecologische effectbeoordeling is om inzichtelijk te maken of de voorgenomen activiteiten (significante) negatieve effecten (kunnen) hebben op de beschermde gebieden en soorten in het projectgebied en in de directe omgeving. Er is getoetst aan de instandhoudingsdoelstellingen, waarbij gekeken is of er significant negatieve effecten zijn voor Natura 2000-gebieden en daarin voorkomende habitattypen en soorten, die beschermd zijn (artikel 2.44, 1e lid, van de Ow). Daarnaast is getoetst of er verbodsbepalingen uit het Bal worden overtreden en of de gunstige staat van instandhouding van beschermde soorten in het geding is, zoals geformuleerd in afdeling 11.2 van het Bal (activiteiten met betrekking tot dieren of planten in het wild).

Voor het bepalen van de effecten van stikstofdepositie (AERIUS), vertroebeling en geluid zijn berekeningen gemaakt. Effecten door stikstofdepositie zijn niet aan de orde, omdat mariene Natura 2000-gebieden niet stikstofgevoelig zijn en Natura 2000-gebieden op meer dan 25 km liggen. De overige effecten (luchtkwaliteit, waterkwaliteit en archeologie) zijn op kwalitatieve wijze onderzocht.

De mogelijke effecten op Natura 2000-gebieden zijn in een Voortoets onderzocht. Uit de toetsing blijkt dat significant negatieve effecten op de zeekoet en bruinvis niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Er is daarom een passende beoordeling opgesteld waarin de effecten nader zijn onderzocht. Er is vastgesteld dat er mitigerende maatregelen vereist zijn. De mitigerende maatregelen zijn vastgelegd in de omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit en het projectplan (flora- en fauna-activiteit).

Op basis van de uitgevoerde effectstudies worden in de verschillende fasen van het project emissies en verstoringen verwacht die invloed kunnen hebben op de natuurlijke waarden. Hieronder volgt een beschrijving van de belangrijkste verwachte emissies en verstoringen tijdens de aanleg- en boorfase, productiefase en ontmantelingsfase.

Aanleg- en boorfase

- De verstoring van de zeebodem en vertroebeling van zeewater door plaatsing van het platform, het leggen van de pijpleiding en de lozing van boorgruis.
- Verstoring door licht (affakkelen), onder- en bovenwatergeluid (heien en boren) en beweging veroorzaakt door aanleg en transport op vleermuizen, vogels, vissen en zeezoogdieren.

Productiefase

Tijdens de gasbehandeling op het platform zijn de belangrijkste verstoringen de uitstraling van geluid boven water en licht, ook van bezoekende helikopters en schepen. In noodsituaties kan sprake zijn van het afblazen van aardgas naar de atmosfeer (koolwaterstofemissie). Deze verstoringen hebben gevolgen voor vogels, vissen en zeezoogdieren.

Ontmantelingsfase

De belangrijkste verstoringen zijn het gevolg van de komst en het vertrek van helikopters en schepen, verwijdering van het platform, het uitgraven en verwijderen van de pijpleiding (als dat plaatsvindt). Deze verstoringen hebben gevolgen voor vogels, vissen en zeezoogdieren.

Omdat de ontmanteling naar verwachting over meer dan vijftien jaar van nu plaatsvindt, is nog niet bekend hoe de ontmanteling exact wordt uitgevoerd en wat de eisen daarvoor zijn. Om deze reden worden de activiteiten in de ontmantelingsfase niet separaat beoordeeld. De verwachting is dat de geluidsproducerende activiteiten vergelijkbaar zijn met de aanleg- en boorwerkzaamheden en niet groter zijn dan de geluidsniveaus in de aanlegfase.

7.4.1 Beschrijving van de effecten

Uit de ecologische effectbeoordeling volgt dat de volgende effecten van invloed zijn op (beschermde) soorten:

- Verstoringen door bovenwater- en onderwatergeluid en trillingen;
- Verstoring door optische verstoring en licht;
- Verstoring door oppervlakteverlies;
- Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat, vertroebeling, sedimentatie;
- Verontreiniging en emissies.

Deze verstoringen zijn onderzocht in de ecologische effectbeoordeling (de Voortoets). De conclusie hiervan is in Tabel 7-9 weergegeven. Hieronder worden de verstoringen toegelicht.

Tabel 7-9: Conclusie Voortoets.

Soort	Verstoring	Significante effecten op voorhand uitgesloten
Zeezoogdieren	Verstoringen door bovenwatergeluid en trillingen	Ja
Vogels	Verstoringen door bovenwatergeluid en trillingen	Nee
Vleermuizen	Verstoringen door bovenwatergeluid en trillingen	Ja
Vissen	Verstoringen door onderwatergeluid en trillingen	Ja
Zeezoogdieren	Verstoringen door onderwatergeluid en trillingen	Nee
Vogels	Verstoringen door onderwatergeluid en trillingen	Ja
Vleermuizen	Verstoringen door onderwatergeluid en trillingen	Ja
Bodemdieren	Verstoring door optische verstoring en licht	Ja
Vissen	Verstoring door optische verstoring en licht	Ja
Zeezoogdieren	Verstoring door optische verstoring en licht	Ja
Vogels	Verstoring door optische verstoring en licht	Nee
Vleermuizen	Verstoring door optische verstoring en licht	Nee
Alle soorten	Verstoring door oppervlakteverlies	Ja
Alle soorten	Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat, vertroebeling, sedimentatie	Ja
Alle soorten	Verontreiniging	Ja

Verstoringen door geluid en trillingen
Verstoringen door geluid kunnen optreden door bovenwatergeluid van scheepvaart- en helikopterverkeer, hei- en boorwerkzaamheden, en fakkelen, evenals door onderwatergeluid van scheepvaart, hei- en boorwerkzaamheden en survey-activiteiten.

<u>Bovenwatergeluid</u>

- Zeehonden: Zeehonden zijn gevoelig voor bovenwatergeluid tijdens het rusten, zogen van pups en verharen (nabij de kust). Significante effecten kunnen worden uitgesloten vanwege de reeds drukbevaren route (verkeersknooppunt Den Helder), aangezien aangenomen wordt dat een toename van enkele schepen en helikopters niet leidt tot extra verstoring.
- Vogels: Gevoeligheid van vogels voor bovenwatergeluid is erg soortafhankelijk. Sommige soorten, zoals de zeekoet, kunnen tijdens gevoelige periodes (ruiperiode) beperkt uitwijken vanwege het beperkte vliegvermogen. Geluidsverstoring kan daarmee het foerageer- en rustgebied van de zeekoet verkleinen.
- Vleermuizen: Vleermuizen gebruiken echolocatie voor voedsel, maar de frequentie van echolocatie ligt hoger dan menselijk geluid, waardoor maskering van echolocatie geluiden niet te verwachten is en verstoring onwaarschijnlijk is.

Omdat de effecten van bovenwatergeluid van schepen vaak voorafgaan aan effecten van optische verstoring en licht, worden de effecten van bovenwatergeluid, optische verstoring en licht van schepen op de zeekoet als geheel verder beoordeeld in de passende beoordeling (paragraaf 7.4.2).

Onderwatergeluid

- Vissen, zeezoogdieren en vogels: Effecten van onderwatergeluid door scheepvaart- en helikopterverkeer zijn beperkt vanwege de geringe toename in scheepvaartbewegingen. Voor de zeekoet geldt dat deze gevoelig is, maar significante effecten kunnen worden uitgesloten door de beperkte verstoringscontouren tijdens de productiefase. De aanlegfase valt buiten de kritische periode voor de zeekoet.
- Bruinvissen, zeehonden en zeekoet: Boorwerkzaamheden veroorzaken laagfrequent geluid (0,062 kHz) dat buiten het gehoorbereik van bruinvissen (10-100 kHz) en zeehonden (0,075–75 kHz) valt, waardoor significante effecten op zeezoogdieren kunnen worden uitgesloten. Voor de zeekoet kan wel verstoring optreden binnen 800 meter van de boorlocatie.
- Bodemdieren: Effect van heiwerkzaamheden op bodemdieren geldt dat gezien de tijdelijke duur van de heiwerkzaamheden het onwaarschijnlijk is dat de verstoring door onderwatergeluid een langdurig negatief effect heeft. Bovendien liggen de verstoringscontouren buiten de belangrijke oesterherstelgebieden in het Friese Front. Heiwerkzaamheden veroorzaken impulsgeluid met voornamelijk lage frequenties dat effecten heeft op zeezoogdieren.
- Bruinvissen en zeehonden: Survey-activiteiten met een ‘sub-bottom profiler’ kunnen bruinvissen verstoren. Voor zeehonden zijn de effecten van de survey verwaarloosbaar.

Significante effecten op zeezoogdieren kunnen niet op voorhand worden uitgesloten en worden nader beschouwd in de passende beoordeling (paragraaf 7.4.2).

Verstoring door optische verstoring en licht

Door optische verstoring van schepen, machines en mensen treden verstoringen op. De effecten hiervan worden onderverdeeld in verstoring door beweging (ook wel ‘optische verstoring’ genoemd) en verstoring door licht. Verstoring door optische verstoring en licht kan ertoe leiden dat soorten tijdelijk of permanent het gebied verlaten om de verstoringsbron te vermijden.

Optische verstoring

- Zeezoogdieren: Bruinvissen zijn niet gevoelig voor optische verstoring. Zeehonden zijn wel gevoelig voor beweging, met name in de buurt van zeehondenligplaatsen (hetgeen niet het geval is voor L7-F). Studies laten zien dat er gewenning op kan treden bij zeehonden wat betreft scheepvaartbewegingen. Daarbij blijven schepen in de kustzone binnen de gebruikelijke scheepvaartroute en is er een zeer beperkte toename van het aantal schepen. Van het helikopterverkeer tussen Den Helder en L7-F wordt verwacht dat de zeehonden op hun ligplaatsen op Noorderhaaks geen tot zeer beperkt hinder ondervinden. Significante effecten op de bruinvis en zeehond door transportbewegingen kunnen op voorhand worden uitgesloten.
- Vogels: Vogels kunnen opvliegen en (tijdelijk) het gebied verlaten door extra scheepsverkeer en helikoptervluchten. Tijdens de ruiperiode is de zeekoet hierin belemmerd vanwege het beperkte vliegvermogen. Schepen van en naar L7-F wijken af van de gebruikelijke scheepvaartroute en dat leidt tot extra verstoring. Significant negatieve effecten van transportbewegingen op vogels kunnen niet op voorhand worden uitgesloten. Dit geldt eveneens voor de verstoring door de aanwezigheid van het platform en daarmee de afname van geschikt leefgebied. De reden is dat vogels een vaste structuur als een platform gaan mijden.

Licht

- Zeezoogdieren: Significante effecten door werkverlichting op zeezoogdieren kunnen op voorhand worden uitgesloten, aangezien bruinvissen en zeehonden niet gevoelig zijn voor licht.
- Vleermuizen: Significante effecten van werkverlichting op vleermuizen kunnen op voorhand worden uitgesloten vanwege de kleine toename ten opzichte van de achtergrondverlichting. Fakkelen kan vleermuizen aantrekken, waardoor ze rond de vlam blijven vliegen en uitgeput

kunnen raken. Significant negatieve effecten op migrerende vleermuizen door fakkelen worden daarom niet op voorhand uitgesloten.

- Vogels: Hoewel er standaardvoorzieningen worden getroffen om lichthinder zoveel mogelijk te beperken, wordt niet op voorhand uitgesloten dat werkverlichting effecten heeft op aanwezige vogels in het plangebied. Fakkelen kan vogels aantrekken, waardoor ze rond de vlam blijven vliegen en uitgeput kunnen raken. Significant negatieve effecten op (trek)vogels door werkverlichting en op (trek)vogels door fakkelen worden daarom niet op voorhand uitgesloten.

Significant negatieve effecten van transportbewegingen, werkverlichting, fakkelen en afname geschikt leefgebied op vogels kunnen niet op voorhand worden uitgesloten en worden verder beschouwd in de passende beoordeling in paragraaf 7.4.2. Significant negatieve effecten op migrerende vleermuizen door fakkelen worden niet op voorhand uitgesloten en worden verder beschouwd in de passende beoordeling en soortentoets in paragraaf 7.4.2.

Oppervlakteverlies
Met oppervlakteverlies wordt de tijdelijke of permanente afname van leefgebied aangeduid, in dit geval specifiek van de zeebodem (afname van leefgebied voor soorten bovenwater is behandeld onder optische verstoring en licht). Oppervlakteverlies treedt met name op door het plaatsen van nieuwe structuren op de zeebodem.

Het oppervlakteverlies door de plaatsing van het productieplatform, erosiebescherming en putten in dit project is beperkt. Er zijn geen beschermde habitattypen in het Friese Front en de zand- en schelpkokerwormen komen niet voor op de geplande locatie. Verder zijn er mogelijkheden tot uitwijken van bodemgebonden vissen (i.e. zandspiering). Effecten op bodemdieren en vissen kunnen daarom worden uitgesloten.

Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat
De voorgenomen activiteiten kunnen verstoring van de bodem en veranderingen in de stroming teweegbrengen, wat invloed heeft op lokale sedimentatieprocessen (i.e. verandering van de dynamiek van het substraat). Verstoring van de bodem kan leiden tot beschadiging en het afsterven van bodemdieren en (demersale) vissoorten[33]. Daarnaast kan een verandering van de dynamiek van het substraat doorwerken in de voedselketen, omdat de biomassa en soortensamenstelling van de bodemdieren afhankelijk zijn van het sedimenttype en de hydrodynamische omstandigheden.

Er wordt bij de aanleg van de pijpleiding een zeer klein gebied verstoord, aangezien het meeste sediment direct naast de sleuf neerslaat. Het oppervlak dat verstoord wordt door het plaatsen van het boorplatform is zeer klein. Verstoring van de bodem en verandering van de dynamiek van het substraat door de aanleg van de pijpleiding en het boor- en productieplatform is beperkt. Daarnaast zijn er geen speciale natuurwaarden in het plangebied. Verder is het aannemelijk dat het voedselaanbod van vogels en zeezoogdieren niet wordt aangetast. Significante effecten op bodemdieren (inclusief schelpkokerwormen), vissen en zeezoogdieren kunnen daarom worden uitgesloten.

Vertroebeling
Vertroebeling kan ontstaan door het opwervelen van sediment als gevolg van mechanische ingrepen zoals graven en lozen. Bij het opwervelen van sediment door mechanische ingrepen ontstaan er lokaal troebele wolken. De mate en duur van vertroebeling hangt daarbij nauw samen met de samenstelling van het sediment en lokale morfodynamiek.

[33] *Demersale vissoorten zijn vissen die dicht bij de bodem van de zee leven.*

Sediment met een hoger slibgehalte zorgt voor een grotere mate van vertroebeling doordat de kleinere (lichtere) sedimentfractie langer gesuspendeerd blijft in de waterkolom. Naast mechanische ingrepen kan vertroebeling ook veroorzaakt worden door lozingen van boorgruis en boorspoeling.

Vertroebeling door de aanleg van de pijpleiding en lozing van boorgruis en boorspoeling is van korte duur en lokaal beperkt (zie paragraaf 7.3.3). De toename van vertroebeling in de waterkolom leidt daarmee niet tot merkbare effecten op (het respiratievermogen en overleven van) bodemdieren en zeezoogdieren in het projectgebied. Daarnaast zijn er naar verwachting geen grootschalige effecten op vissen en (het foerageersucces van duikende) vogels op basis van de kortdurende en beperkte toename van vertroebeling en voldoende mogelijkheden tot uitwijken. Significante effecten op alle soorten kunnen worden uitgesloten.

Sedimentatie
Er vindt een verhoogde mate van sedimentatie plaats door de aanleg van de pijpleiding en lozing van boorgruis en boorspoeling. Uiteindelijk slaat het gesuspendeerde materieel neer. Er is daarbij sprake van sedimentatie als grote hoeveelheden sediment neerslaan op de bodem. De effecten van sedimentatie zijn afhankelijk van de dikte van de sedimentlaag en de duur van de bedekking.

Het effect van sedimentatie door de aanleg van de pijpleiding op de oesterherstellocatie is zeer beperkt. Door de lozing van boorgruis daarentegen kan de sedimentdikte oplopen boven de kritische ecologische grens waarbij bodemdieren kunnen overleven. Deze effecten zijn echter zeer lokaal. Door de zeer lokale en beperkte aard van de sedimentatie, en de afwezigheid van beschermde of speciale natuurwaarden in het plangebied, wordt er niet verwacht dat bodemdieren en vissen merkbare effecten ondervinden. Significante effecten op bodemdieren en vissen kunnen daarom worden uitgesloten.

Verontreiniging
Verontreiniging kan optreden door lozing van boorgruis- en spoeling, het lozen van de inhoud van de pijpleiding (eenmalig na aanleg) en de lozing van regen-, schrob- en spoelwater en sanitair afvalwater (i.e. verontreinigd water). Verontreiniging kan effecten hebben op individuele soorten, populatieniveaus en habitattypen. De effecten zijn afhankelijk van de concentratie en duur van de verontreiniging en de ene soort is meer gevoelig dan de andere. Verontreiniging kan doorwerken in de voedselketen door accumulatie.

Eni Energy gebruikt zoveel mogelijk boorspoeling op waterbasis (WBM) en voert boorspoeling op oliebasis (OBM) af naar land. Studies (bijlage 4, paragraaf 5.7.2) tonen aan dat WBM-stoffen geen onacceptabel risico voor het milieu vormen. Daarnaast stelt Eni Energy een noodplan op voor calamiteiten en treft beheersmaatregelen om incidenten te voorkomen. Hierdoor kunnen significante effecten op alle soorten door verontreiniging als gevolg van deze lozingen op voorhand worden uitgesloten.

Emissies naar de lucht en stikstofdepositie
Emissies van verontreinigingen naar de lucht betreffen emissies van scheepsmotoren van schepen en vinden plaats tijdens alle fases. Tijdens het project vindt er uitstoot plaats van CO_2 (kooldioxide), VOS (vluchtige organische stoffen), NO_X (stikstofoxiden) en SO_2 (zwaveloxiden). Van deze stoffen heeft NO_X mogelijk een negatief effect op instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden.

De AERIUS-berekening laat zien dat de activiteit niet leidt tot een stikstofdepositie van meer dan 0,00 mol/ha/jaar op stikstofgevoelige habitattypen. Significant negatieve effecten behorende tot stikstofemissie worden op voorhand uitgesloten.

Samenvatting van activiteiten

De belangrijkste effecten op natuur in de onderscheiden fasen zijn in Tabel 7-10 tot en met Tabel 7-13 samengevat. Het effect van transport (voor alle fasen) is in Tabel 7-13 weergegeven.

Tabel 7-10: Effecten van activiteiten in de aanlegfase.

Activiteit	Belangrijkste effecten
Aanleg pijpleiding	• Tijdelijke verstoring van de zeebodem (zeer klein gebied). Significant negatieve effecten op **zeezoogdieren** niet uit te sluiten door het uitvoeren van de survey. Geen verstoring van beschermde habitattypen. • Tijdelijke lokale vertroebeling en sedimentatie. Geen verstoring van beschermde soorten en habitattypen.
Plaatsing productieplatform	• Oppervlakteverlies (beperkt). Geen verstoring van beschermde soorten en habitattypen. • Verstoring van de zeebodem (zeer klein gebied). Geen verstoring van beschermde soorten en habitattypen.
Heien verankeringspalen productieplatform	• Boven- en onderwatergeluid. Significant negatieve effecten op **zeezoogdieren** door onderwatergeluid niet op voorhand uit te sluiten.

Tabel 7-11: Effecten van activiteiten in de boorfase.

Activiteit	Belangrijkste effecten
Plaatsing boorplatform	• Tijdelijke verstoring van de zeebodem (zeer klein gebied). Geen verstoring van beschermde soorten en habitattypen.
Heien conductors van de putten	• Boven- en onderwatergeluid. Significant negatieve effecten op **zeezoogdieren** door onderwatergeluid niet op voorhand uit te sluiten.
Boren van de putten	• Onderwatergeluid. Significant negatieve effecten op voorhand uit te sluiten.
Lozen van boorgruis- en spoeling	• Tijdelijke lokale vertroebeling, sedimentatie en verontreiniging. Geen verstoring van beschermde soorten en habitattypen.
Werkverlichting en fakkelen	• Verstoring door licht. Significant negatieve effecten op **vogels** en **vleermuizen** niet op voorhand uit te sluiten.

Tabel 7-12: Effecten van activiteiten in de productiefase.

Activiteit	Belangrijkste effecten
Productie van aardgas	• Geen merkbaar negatief effect op natuurwaarden door emissies naar de lucht. • Geen merkbaar negatief effect op natuurwaarden door bodembeweging.
Aanwezigheid productieplatform	• Verstoring door optische verstoring en licht (zeer klein gebied). Significant negatieve effecten op voorhand uit te sluiten.
Lozing van verontreinigd water	• Verontreiniging (voldoet aan lozingseisen). Significant negatieve effecten op voorhand uit te sluiten.

Activiteit	Belangrijkste effecten
Aanwezigheid pijpleiding	• Oppervlakteverlies (zeer beperkt). Geen verstoring van beschermde soorten en habitattypen. • Als gevolg van onderhoud aan de pijpleiding kan vertroebeling en verstoring van **bodemdieren**, **vissen** en **vogels** plaatsvinden. Dit is een tijdelijk effect en beperkt in omvang, waardoor significant negatieve effecten op voorhand worden uitgesloten.

Tabel 7-13: Effecten van transport tijdens alle fasen.

Activiteit	Belangrijkste effecten
Varen van schepen	• Onderwatergeluid. Significant negatieve effecten op voorhand uit te sluiten. • Verstoring door bovenwatergeluid, optische verstoring en licht. Significant negatieve effecten op **vogels** niet op voorhand uit te sluiten.
Helikopters	• Bovenwatergeluid, optische verstoring en licht. Significant negatieve effecten op **vogels** niet op voorhand uit te sluiten.

De belangrijkste effecten op natuur in de ontmantelingsfase worden veroorzaakt door het verwijderen van het productieplatform en de pijpleiding. Deze activiteiten zijn vergelijkbaar met de aanlegfase en zijn niet apart beoordeeld.

7.4.2 Passende Beoordeling en Soortentoets

Uit het ecologisch onderzoek is gebleken dat voor enkele soorten en hun instandhoudingsdoelstellingen in Natura 2000-gebieden, significante negatieve effecten niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Hiervoor moet op grond van de Ow eerst een passende beoordeling plaatsvinden waarna de activiteit eventueel kan worden vergund.

Gebleken is dat bij dit project voor de volgende soorten en gebieden een effectbeoordeling Natura 2000 (passende beoordeling) moet worden gemaakt: zeekoet, bruinvis, grijze zeehond en gewone zeehond.

Daarnaast is een effectbeoordeling Flora en Fauna[34] noodzakelijk voor dezelfde soorten, aangevuld met overige zeezoogdieren, vogels en vleermuizen. Het projectgebied L7-F bevindt zich in het Natura 2000-gebied Friese Front dat is aangemerkt als vogelrichtlijngebied voor het voorkomen van de zeekoet. Het andere Natura 2000-gebied bevindt zich op circa 70 km (Noordzeekustzone).

Effectbeoordeling Natura 2000 (Passende Beoordeling)
Beoordeeld is of en in welke mate het project significant negatieve effecten heeft. Voor het Friese Front geldt dat populaties van beschermde soorten kunnen worden aangetast door verstoring. De effecten op de instandhoudingsdoelstellingen zijn waar mogelijk kwantitatief voorspeld. Relevante soorten in het kader van gebiedsbescherming zijn de zeekoet, bruinvis, grijze zeehond en gewone zeehond. Deze soorten maken gebruik van de gehele Noordzee als foerageer- en migratiegebied.

De beoordeling wordt uitgevoerd voor het Natura 2000-gebied het Friese Front (waar het projectgebied zich bevindt) en ook voor het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, vanwege mogelijke ‘externe

[34] *De omgevingsregeling hanteert de term natuurwaardenonderzoek.*

effecten' of externe werking. Soorten met instandhoudingsdoelstellingen in de Noordzeekustzone komen namelijk ook voor in het Friese Front en kunnen dus aangetast worden door verstoring bij L7-F.

Voor verstoringsfactoren zoals oppervlakteverlies, verstoring van de bodem, verandering van sedimentdynamiek, vertroebeling, sedimentatie, verontreiniging en emissie naar lucht, zijn geen of zeer marginale effecten geconstateerd, waardoor deze op voorhand zijn uitgesloten. De passende beoordeling richt zich op de effecten van onderwatergeluid en de gezamenlijke effecten van bovenwatergeluid, optische verstoring en licht (waaronder fakkelen) op zee-, trekvogels en vleermuizen en de effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren.

Natura 2000-gebied Friese Front
Het Friese Front is aangewezen als Vogelrichtlijngebied voor de zeekoet. De instandhoudingsdoelstelling is gericht op het behoud van de kwaliteit en omvang van het leefgebied en de populatie. De landelijke staat van instandhouding is gunstig[35].

Tijdens de ruiperiode (juli tot en met oktober) is de zeekoet minder in staat om uit te wijken. In de projectplanning is opgenomen dat de aanleg- en boorfase plaatsvinden buiten de kritische periode van de zeekoet, om effecten door onderwatergeluid (impulsgeluiden) te vermijden.

De zeekoet is gevoelig voor verstoring door bovenwatergeluid, optische verstoring en licht. Dit leidt onder andere tot een afname van geschikt leefgebied. Tijdens de productiefase is verstoring, ook gedurende de kritische periode, onvermijdelijk. Significant negatieve effecten kunnen daarom niet worden uitgesloten. Om die reden worden mitigerende maatregelen getroffen.

Mitigerende maatregelen
Om mogelijke verstoring van de zeekoet tijdens de kritische periode (juli tot en met oktober) te beperken, worden diverse mitigerende maatregelen getroffen die gericht zijn op het minimaliseren van de frequentie en impact van transportbewegingen en activiteit in het Natura 2000-gebied Friese Front.

- Voor scheepsbewegingen wordt gedurende de kritische periode de kortst mogelijke route door het Natura 2000-gebied gebruikt om het verstoringsoppervlak zo klein mogelijk te houden. Bij deze scheepsbewegingen zal een vogelwachter aan boord zijn om groepen zeekoeten waar te nemen en waar nodig koers aan te passen. Daarnaast wordt met aangepaste snelheid (maximaal 10 knopen) gevaren om verstoring te beperken. Buiten de kritische periode wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande scheepvaartroutes.
- De aanleg- en boorwerkzaamheden vinden plaats buiten de kritische periode van de zeekoet. Voor de productiefase worden maatregelen getroffen om verstoring zoveel mogelijk te voorkomen. Groot en regulier onderhoud aan het platform wordt buiten de kritische periode ingepland.
- In de operationele fase is bewust gekozen voor een bemand platform, waardoor het aantal transportbewegingen aanzienlijk vermindert. Door de continue aanwezigheid van personeel is frequente aan- en afvoer per schip of helikopter overbodig. Bij eventuele storingen is direct iemand aanwezig om deze te verhelpen, waardoor extra transportbewegingen vanaf de wal vaak niet nodig zijn. In plaats daarvan volstaat inzet van een helikopter en bevoorradingsschip eens per 2 weken. De inzet van een helikopter eens per 2 weken is op grond van arbeidsomstandigheden wetgeving het minimum, omdat de bemanning maximaal 2 aaneengesloten weken op het platform mag verblijven. Een bevoorradingsschip per 2 weken is noodzakelijk om voorraden op het platform aan te vullen. Het is niet mogelijk om de wisseling van de bemanning te verzorgen via het bevoorradingsschip. De noodzaak om bemanning te wisselen met een helikopter is eerder in dit MER uiteengezet.

[35] *Bouwsteen zeekoet 2024 niet -broedvogel*

Natura 2000-gebied Noordzeekustzone
Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen als Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebied voor het voorkomen van zeezoogdieren, zoals de bruinvis, grijze zeehond en gewone zeehond. De instandhoudingsdoelstellingen van deze soorten zijn gericht op behoud van de populatie, omvang en kwaliteit van het leefgebied. De landelijke staat van instandhouding voor de zeezoogdieren is gunstig[36].

De tijdelijke verstoring door impulsgeluiden (heiwerkzaamheden en survey) leidt tot een maximale populatiereductie van 0,0016% bij bruinvissen. Bij het heien van de verankeringspalen van het platform wordt de geluidsnorm met 7 dB overschreden, waardoor significant negatieve effecten niet kunnen worden uitgesloten. Daarnaast dienen er ook maatregelen getroffen te worden om fysieke gehoorschade (PTS en TTS) bij zeezoogdieren te voorkomen.

Mitigerende maatregelen
De geluidsnorm van 164 dB re 1 µPa^{2}s zal naar verwachting met 7 dB worden overschreden bij het heien van de verankeringspalen. De volgende mitigerende maatregelen dienen te worden toegepast om significant negatieve effecten op de bruinvis en andere zeezoogdieren te voorkomen:

- Bij de heiwerkzaamheden van de verankeringspalen van het platform dienen geluidsbeperkende maatregelen genomen te worden (geluidsbeperkende maatregelen kunnen bestaan uit het gebruik van een bellenscherm of geluidgedempte hamer) of een andere werkwijze te worden gekozen dan heien om (directe) effecten op bruinvissen te voorkomen (het geluidsniveau moet onder de 164 dB re 1 µPa^{2}s liggen op 750 meter afstand).
- Om fysieke gehoorschade (PTS en/of TTS) bij zeezoogdieren (e.g. de bruinvis) te voorkomen, wordt een soft start-procedure, een Marine Mammal Observer (MMO), een Passive Acoustic Monitoring (PAM) en een ADD ingezet. Deze maatregelen zijn van toepassing bij alle activiteiten die impulsgeluiden veroorzaken (heiwerkzaamheden verankeringspalen, conductors en het uitvoeren van de pijpleiding survey).

Conclusie passende beoordeling
Door het treffen van mitigerende maatregelen zoals het uitvoeren van werkzaamheden buiten de kritische periode van de zeekoet, een bemand platform en een aangepaste onderhoudsplanning, worden significant negatieve effecten door verstoring van bovenwatergeluid, optische verstoring en licht door transportbewegingen op de instandhoudingsdoelstellingen van de zeekoet uitgesloten. Hiervoor wordt een omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit aangevraagd worden voor de zeekoet.

Significant negatieve effecten door onderwatergeluid van heiwerkzaamheden op de instandhoudingsdoelstellingen van de bruinvis kunnen niet worden uitgesloten doordat de geluidsnorm tijdens het heien van de verankeringspalen van het platform met 7 dB wordt overschreden. Hiervoor wordt een omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit te worden aangevraagd voor de bruinvis.

De tijdelijke verstoring die optreedt als gevolg van het heien van de conductors en de verankeringspalen en de survey bij de aanleg van de pijpleiding leidt tot een maximale bruinvispopulatiereductie van 0,0016%. In het geval van zeehonden geldt dat er circa 116 gewone zeehonden en 27 grijze zeehonden per verstoringsdag tijdelijk hinder ondervinden. De bovenstaande kwantificering betreft een *worst-case* inschatting van het effect op de populatie als gevolg van de heiwerkzaamheden en de survey. Door het nemen van mitigerende maatregelen wordt voorkomen dat er fysieke gehoorschade (PTS en/of TTS) optreedt bij bruinvissen en andere zeezoogdieren. Daarnaast zijn de werkzaamheden van tijdelijke duur en blijven er voldoende uitwijkmogelijkheden beschikbaar voor zeezoogdieren.

[36] *Bouwsteen bruinvis 2022*
Bouwsteen grijze zeehond 2022
Bouwsteen gewone zeehond 2022

Effectbeoordeling Flora en Fauna (Soortentoets)
De effectbeoordeling toetst of de werkzaamheden leiden tot schadelijke handelingen en of de gunstige staat van instandhouding van soorten in het geding is. Uit de ecologische effectbeoordeling blijkt dat een aantal soorten effecten niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Dit is het geval voor onderwatergeluid op zeezoogdieren en vogels, en optische verstoring en licht op vogels en vleermuizen.

Wanneer wordt geconcludeerd dat er schadelijke handelingen plaatsvinden, worden mitigerende maatregelen beschreven om de effecten te beperken dan wel te voorkomen.

Voor vleermuizen is geconcludeerd dat er geen sprake is van schadelijk handelen. Effecten van lichtverstoring door fakkelen zijn minimaal en worden beperkt door standaardvoorzieningen.

Bij een beperkt aantal werkzaamheden is er wel sprake van schadelijk handelen:
- Bij het uitvoeren van de heiwerkzaamheden en survey is er sprake van een schadelijke handeling voor de bruinvis conform artikel 11.46 van het Bal door het opzettelijk verstoren van de soort. Voor andere zeezoogdieren is er geen sprake van schadelijk handelen.
- Het Friese Front is een vast rust- en foerageergebied voor de zeekoet. Met name gedurende de kritische periode (juli tot en met oktober) is de soort in grote getalen aanwezig. Activiteiten die overlappen met deze periode kunnen daarmee schadelijke handelingen veroorzaken in de zin van artikel 11.37, eerste lid, onder d van het Bal. Voor overige op zee voorkomende vogelsoorten zijn er geen vaste rust- of verblijfplaatsen in het Friese Front.

Om fysieke gehoorschade te voorkomen bij de bruinvis, worden een soft start-procedure, een MMO, een PAM en een ADD toegepast als mitigerende maatregelen. Hiervoor dient een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.

Om verstoring voor de zeekoet te beperken worden ook mitigerende maatregelen getroffen. Tijdens de aanleg- en boorfase worden werkzaamheden buiten de kritische periode uitgevoerd. Tijdens de productiefase is verstoring, ook gedurende de kritische periode, onvermijdelijk. Dit betreft een schadelijke handeling (artikel 11.37, eerste lid, onder d van het Bal). Om verstoring te beperken wordt er tijdens deze fase gebruik gemaakt van de kortste route door het Friese Front, is er een vogelwachter aan boord, wordt de vaarsnelheid aangepast (maximaal 10 knopen), worden de transportbewegingen beperkt doordat L7-F een bemand platform is, en wordt gezorgd voor minimale lichtuitstraling. Hiervoor dient een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.

Conclusie Flora en Fauna (Soortentoets)
Er dient een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit te worden aangevraagd voor de verstoring van de bruinvis en van de zeekoet. Voor de overige onderzochte soorten is geen omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit nodig, omdat er geen sprake is van schadelijke handelingen.

7.4.3 Conclusie Natuurtoets

Uit de Effectbeoordeling Natura 2000 (Passende Beoordeling) blijkt dat er sprake is van significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de Natura 2000-gebieden (zie Tabel 7-14). Er dienen daarom mitigerende maatregelen te worden getroffen.

Er wordt een omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit aangevraagd voor het Friese Front en de Noordzeekustzone.

Tabel 7-14: Conclusie Effectbeoordeling Natura 2000 (Passende Beoordeling)

Natura 2000-gebied	Significante effecten wel/niet uitgesloten	Mitigerende maatregel
Friese Front	Niet uitgesloten voor bovenwatergeluid, optische verstoring en licht (verstoring) door scheepvaart- en helikopterbewegingen op de zeekoet.	■ Kortste vaarroute door Natura 2000-gebied gedurende de kritische periode. ■ Aanpassen van vaarsnelheden (maximaal 10 knopen) wanneer het Friese Front wordt doorkruist gedurende de kritische periode en de aanwezigheid van een vogelwachter om groepen zeekoeten te identificeren en op te kunnen anticiperen. ■ Platform blijft bemand → minder transportbewegingen (bevoorrading circa eens per 2 weken per schip en helikopter). ■ Groot en regulier onderhoud buiten kritische periode.
Noordzeekustzone	Niet uitgesloten voor onderwater impulsgeluiden (heiwerkzaamheden en survey) voor zeezoogdieren.	■ Geluidsbeperkende maatregelen bij heien van de verankeringspalen (bellenscherm, geluidgedempte hamer). ■ Soft start-procedure (conform protocol). ■ Inzet van MMO en PAM bij start werkzaamheden. ■ Gebruik van ADD.

Uit de Effectbeoordeling Flora en Fauna (Soortentoets) blijkt dat er bij het uitvoeren van de werkzaamheden (heiwerkzaamheden en survey) sprake is van schadelijk handelen. Dit leidt tot schadelijk handelen van de bruinvis en zeekoet. Er dient daarom een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden (Tabel 7-15). Bij deze aanvraag worden de te treffen mitigerende maatregelen voor de Natura-2000 gebieden betrokken.

Tabel 7-15: Conclusie Effectbeoordeling Flora en Fauna (Soortentoets).

Soortgroep	Soorten	Vervolgstappen
Zeezoogdieren	Bruinvis	Er is sprake van een opzettelijke verstoring van bruinvissen door het uitvoeren van de heiwerkzaamheden en bij de aanleg van de pijpleiding (survey). Er is daarmee sprake van een overtreding conform art. 11.46, lid 1, sub b, Bal.
Vogels	Zeekoet	Gedurende de **productiefase** is verstoring van vogels, zoals de zeekoet, onvermijdelijk. Ook gedurende de kritische periode van de soort. De effecten van verstoring zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd. Er is daarmee sprake van een overtreding conform art. 11.37. lid 1, sub d, Bal.

7.4.4 Cumulatie

Voor de beoordeling van de effecten op de staat van instandhouding is gekeken naar effecten van andere projecten die gelijktijdig of aansluitend worden uitgevoerd. Zo kan worden vastgesteld of sprake is van cumulatie van effecten. In de Ow wordt op twee manieren rekening gehouden met cumulatie. Enerzijds op grond van artikel 5.29 (gevolgen voor Natura 2000-gebieden) en anderzijds door te toetsen aan de staat van instandhouding van soorten. De cumulatietoets is onderdeel van de Natuurtoets.

Projecten

Rekening is gehouden met de volgende projecten:

- Projecten van derden in Nederland, waarvoor een vergunning in het kader van de Ow is verleend, maar die nog niet zijn uitgevoerd of die ten dele zijn uitgevoerd. Alle vergunde projecten op het NCP staan vermeld in de Vergunningenbank van het ministerie van LVVN. Voor cumulatieve effecten met betrekking tot de aanleg van windenergiegebieden is informatie uit het KEC 5.0 (Heinis et al., 2025) gebruikt. Er wordt uitgegaan van de periode 2025–2030.

- Projecten met soortgelijke negatieve effecten op beschermde habitattypen en diersoorten als van toepassing op het voorgenomen project. Dit betreft effecten als gevolg van: boven- en onderwatergeluid, optische verstoring en licht, oppervlakteverlies, vertroebeling en sedimentatie.
- Relevante toekomstige projecten die nog niet zijn vergund of niet vergunningsplichtig zijn. Dit is geen wettelijke verplichting, maar wel wenselijk want hierdoor wordt het inzicht in de eventuele cumulatie van effecten zo volledig mogelijk.

De volgende projecten worden niet meegenomen in de cumulatietoets:
- Onzekere toekomstige gebeurtenissen.
- Projecten die plaatsvinden buiten een relevant tijdsbestek van de aanleg- en boorfase (startdatum 2027 of later) en/of geografische afstand.

Cumulatietoets
Op basis van deze criteria zijn de volgende projecten van belang voor cumulatie:
- Offshore gaswinningsactiviteiten.
- Wind op Zee.
- Net op Zee.
- Carbon Capture and Storage (CCS).

Offshore gasactiviteiten
In de omgeving van het projectgebied vindt gaswinning plaats op bestaande productieplatforms. Dit betreft vergunde activiteiten. In de ruimere omgeving van het projectgebied vindt geen oliewinning plaats. Het ministerie van LVVN heeft vergunningen afgegeven voor de volgende mijnbouwactiviteiten:
- Surveys in het kader van L7-F (nog niet vergund, gepland in Q1 2026).
- Aan Petrogas voor het boren en in productie nemen van een nieuwe put in blok B16.
- Aan ONE-Dyas voor het uitvoeren van seismisch onderzoek in blokken N4–M6.
- Aan Kistos voor een productieboring en aanpassingen aan platform Q10-Orion.
- Aan Shell voor het uitvoeren van seismisch onderzoek in blokken P–O.
- Aan Petrogas voor het realiseren van een nieuwe put of sidetrack in blok B13.
- Aan Dana Petroleum voor het uitvoeren van een exploratieboring vanuit blok P11.
- Aan Petrogas voor het realiseren van twee putten en schoonmaken van vier putten in blok A12.
- Aan Petrogas voor het oprichten van twee satellietplatforms, het realiseren van drie putten en de aanleg van leidingen in blokken A15–B10.

Van deze projecten vinden alleen de productieboring van Kistos (Q10-Orion), het seismisch onderzoek van Shell en de exploratieboring van Dana plaats binnen relevante afstand (< 150 km) van L7-F voor wat betreft onderwatergeluid. De vergunning van Kistos loopt tot eind 2026 en kan directe overlap hebben met het voorgenomen project.

Wind-op-zee
In het Programma Noordzee 2022-2027 zijn verschillende windenergiegebieden aangewezen waar de komende jaren windparken ontwikkeld worden. De geplande windenergiegebieden met mogelijke overlappende uitvoeringsperioden zijn:
- Hollandse Kust West kavels VI en VII (2027).
- IJmuiden Ver Alpha en Beta (2029).
- IJmuiden Ver kavels Gamma-A en Gamma-B (2029).
- Nederwiek kavels I en II (2030).
- Nederwiek kavel III (2031).

Net-op-zee
Net-op-zee projecten omvatten de aanleg van platforms en kabelsystemen voor het transport van elektriciteit van windparken op zee naar het vasteland. De relevante Net op Zee projecten omvatten:

- IJmuiden Ver Alpha (vanaf maart 2024, transformatorstation vanaf 2026).
- IJmuiden Ver Beta en Gamma (aanleg tot 2029).
- Nederwiek 1, 2 en 3 (geplande start 2024, 2025 en 2027 respectievelijk).

Carbon Capture and Storage (CCS): Aramis
Ten zuidwesten van L7-F, op 10–16 kilometers afstand, is gasveld L10-CDA gelegen. Hier wordt na 2028 CO_2 geïnjecteerd (CCS-project Aramis), in het voorkomen L10-ALBE. Aramis (ontwikkeld door Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) wordt stapsgewijs ontwikkeld met een startfase tot 2028 (5 Mton/jaar), een eerste uitbreidingsfase 2028–2032 (14 Mton/jaar) en een eindsituatie na 2028 (22 Mton/jaar).

Voor de startfase worden twee nieuwe platforms gerealiseerd (K14-FA met vier putten en L10-R met vier tot zes putten), krijgt een bestaand platform twee nieuwe putten (L4-A), worden vier pijpleidingen aangelegd, en wordt een D-HUB verbindings- en distributieplatform aangelegd. De werkzaamheden beslaan de periode 2025–2030.

Conclusie
Uit de cumulatietoets komt dat impulsief onderwatergeluid door heiwerkzaamheden en oppervlakteverlies van leefgebied voor zeekoeten de belangrijkste cumulatieve effecten zijn.

Impulsief onderwatergeluid
De uitrol van Wind op Zee vormt verreweg de grootste bron van onderwatergeluidsverstoring, met circa 2 miljoen bruinvisverstoringsdagen voor alle installaties na 2025 (Net op Zee Nederland is volledig opgenomen in de Wind op Zee berekeningen en wordt daarom niet apart beschouwd). Het Aramis CCS-project voegt hier relatief beperkte aantallen aan toe (circa 18.000 bruinvisverstoringsdagen), neerkomend op een populatiereductie tussen de vijf en tien individuen (ca. 0,008 – 0,016% van de Nederlandse populatie).

De ruim 2 miljoen bruinvisverstoringsdagen resulteren in een geschatte populatiereductie van 2.508 individuen, wat overeenkomt met circa 4% van de Nederlandse populatie. Deze reductie blijft onder de gestelde ecologische norm van maximaal 5%[37] populatiereductie en kan daarom als niet significant worden beschouwd.

Voor zeehonden bedraagt de verstoring als gevolg van het L7-F project maximaal 108 dierverstoringsdagen voor zowel gewone als grijze zeehonden (bij toepassing van geluidsmitigatie tot 164 dB re 1 μPa^2s op 750 m van de bron).

Ter vergelijking: het totaal aantal gewone zeehondverstoringsdagen als gevolg van de ontwikkeling van Wind op Zee tot 2030 in Nederlandse wateren is geschat op 281.000, met een verwachte populatiereductie van minder dan 2%. Het L7-F project draagt slechts 0,04% bij aan dit totaal. Voor grijze zeehonden is het totaal aantal verstoringsdagen door Wind op Zee geschat op 122.000, ook met een verwachte populatiereductie van minder dan 2%. Het L7-F project draagt hieraan 0,09% bij.
De cumulatieve populatiereductie voor zeehonden blijft ruim binnen de gestelde ecologische norm van maximaal 5% reductie. De cumulatieve effecten voor zeehonden kunnen daarom als niet significant worden beschouwd.

[37] *De 5%-reductienorm voor bruinvissen is opgenomen in het KEC 5.0 (opgesteld om cumulatieve effecten van de uitrol van wind op zee te beoordelen).*

Oppervlakteverlies leefgebied zeekoet
In het Natura 2000-gebied Friese Front zijn reeds 13 productieplatformlocaties aanwezig, die gezamenlijk circa 1,35% van het gebied ongeschikt maken als leefgebied voor zeekoeten (uitgaande van een conservatieve mijdingsafstand van 1.000 m). Door plaatsing van het L7-F platform komt daar nog 0,11% bij, wat het totaal op 1,46% van het Friese Front brengt.

Ondanks dit oppervlakteverlies worden geen significante effecten op populatieniveau verwacht. De landelijke staat van instandhouding van de zeekoet is gunstig[38], er blijven voldoende uitwijkmogelijkheden beschikbaar en het extra verlies door het L7-F platform is zeer klein ten opzichte van het gehele Friese Front.

Algehele conclusie en mitigerende maatregel
Uit de cumulatietoets blijkt geen sprake te zijn van significante effecten door cumulatie van effecten. De belangrijkste voorwaarde hiervoor is de toepassing van geluidsmitigatie bij heiwerkzaamheden bij L7-F om aan de Nederlandse geluidsnorm te voldoen (164 dB re 1 µPa²s op 750 m van de bron). Met het toepassen van mitigerende maatregelen (bijvoorbeeld het gebruik van een bellenscherm of geluidgedempte hamer) blijven de cumulatieve effecten binnen de gestelde ecologische norm en kunnen significant negatieve effecten op de Nederlandse populaties van zeezoogdieren en zeevogels worden uitgesloten.

7.5 Archeologie en cultuurhistorie

Een belangrijk deel van het Nederlandse maritieme erfgoed ligt onder water. Het is mogelijk om scheepswrakken, vliegtuigwrakken uit WOI en WOII aan te treffen. Ook prehistorische landschappen en structuren en vondsten die daarmee samenhangen kunnen aangetroffen worden. Voor het L7-F-project zijn van belang:

- Scheeps- en vliegtuigwrakken van cultuurhistorische waarde;
- Overige archeologische waarden: sporen en vondsten van menselijk handelen die in het verleden in de bodem zijn achtergebleven. Deze sporen worden meestal op land aangetroffen, maar kunnen zich ook onder water bevinden, zoals potscherven en graven.

Werkzaamheden (en natuurlijke processen) kunnen erfgoed dat aanwezig is op en in de bovenste laag van de zeebodem verstoren. Dit kan alleen optreden bij werkzaamheden waarbij ingrepen in de bodem plaatsvinden. Dit is het geval tijdens:

- Aanlegfase: plaatsing van het boor- en productieplatform en graven van sleuf voor de pijpleiding.
- Boorfase: bij de plaatsing van het boorplatform en bij het maken van de boorgaten.

Door Periplus Archeomare is — als eerste stap — een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd in verband met de geplande installatie van de productielocatie L7-F en de pijpleiding vanaf L7-F naar de NOGAT-pijpleiding in de L7, L8 en L9 mijnbouwblokken op de Noordzee. Het bureauonderzoek (goedgekeurd door de RCE op 19 maart 2024) wijst uit dat in het onderzoeksgebied geen archeologische waarnemingen bekend zijn. Daarentegen kunnen onontdekte historische scheepswrakken, resten van gevechtsvliegtuigen uit WOI en WOII, en prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde resten wel voorkomen.

In de periode 12 januari t/m 26 april 2024 heeft Fugro, onder meer, een survey voor Eni Energy uitgevoerd voor de aanleg van de pijpleiding en het platform (Fugro, 2024). Doel van deze survey was om eventueel aanwezige archeologische vondsten en blindgangers (UXO of ‘unexploded ordnances’) in kaart te brengen. Met de uitkomsten zijn algemene verwachtingskaarten gespecificeerd. In het geval dat er daadwerkelijk vondsten voorkomen langs het tracé, wordt een standaard protocol gevolgd om de

[38] *Bouwsteen zeekoet 2024*

archeologische resten goed te behouden. Hiermee wordt voldaan aan wettelijke eisen (de Erfgoedwet en artikel 8 van het Mbb).

Op basis van de onderzoeksresultaten uit het survey van Fugro heeft Periplus vervolgens een archeologisch inventariserend veldonderzoek op water uitgevoerd om te beoordelen of archeologische vondsten zijn te verwachten (goedgekeurd door de RCE op 28 januari 2025). Van de in totaal 237 magnetische anomalieën (afwijkingen) die zijn gedetecteerd tijdens het survey, bleek dat twee anomalieën een amplitude hebben van 500 nT[39] of meer. Dit betekent dat deze objecten potentieel van archeologische waarde zijn.

Het leidingtracé is op basis van deze uitkomst zodanig aangepast dat de twee locaties van potentiële archeologische waarde op veilige afstand worden gepasseerd. De aanpassing van de route voor het ontwijken van de twee locaties (reflecties) is gedaan door toepassing van bochten in de pijpleiding. Rondom de reflecties is een veiligheidsmarge aangehouden met een cirkel van 20 m. Dit is inclusief de meet- en maak-nauwkeurigheid van de toegepaste technieken. Tijdens het leggen van de pijpleiding wordt het punt waar de leiding de bodem raakt (het zogeheten ‘touchdown point’) continu geregistreerd door een survey vaartuig dat achter de pijpenlegger vaart. De touchdown informatie wordt rechtstreeks naar de pijpenlegger gestuurd. In de ruimte op de brug van de pijpenlegger waar het leggen wordt gemonitord, wordt deze informatie verwerkt en vindt er continu correctie plaats, indien afwijkingen van de route worden geconstateerd.

Op 4 februari 2025 zijn de uitkomsten van het archeologisch bureauonderzoek en de Route Survey besproken met Rijkswaterstaat Zee en Delta. In overleg is vastgesteld dat de aangetroffen anomalieën geen belemmering vormen voor het aangepaste tracé van de pijpleiding.

Bij de werkzaamheden (aanleg platform en pijpleiding) bestaat altijd de kans dat archeologische resten worden aangetroffen. Indien dat het geval is, dan worden deze vondsten conform de Omgevingswet en de Erfgoedwet gemeld bij het bevoegd gezag, waarna maatregelen worden genomen indien nodig. Omdat het aantreffen van archeologische resten niet kan worden uitgesloten, is er sprake van een licht negatief effect in de aanlegfase en een neutraal effect in de productiefase, zie Tabel 7-16.

Tabel 7-16: Effectbeoordeling archeologie

Aspect	Effectbeoordeling
Archeologie in de aanlegfase	-1
Archeologie in de productiefase	0

7.6 Energie en klimaat

Tijdens alle fasen van het project zijn er emissies van broeikasgassen, zoals koolstofdioxide (CO_2) en methaan (CH_4). De emissie van broeikasgassen wordt veroorzaakt door de verbranding van brandstoffen in de motoren en generatoren, door het affakkelen van aardgas en als aardgas onverbrand vrijkomt. Door het toepassen van Beste Beschikbare Technieken (stand der techniek generatoren) worden dergelijke emissies beperkt.

Transport (zeevaart en helikoptervluchten) is een relatief kleine energieverbruiker. Door gebruikmaking van Den Helder als uitvalsbasis is de transportafstand relatief klein. Hoe korter de transportafstand, hoe geringer het energieverbruik, hoe kleiner de emissies. Met betrekking tot de CO2-uitstoot voor de aanleg- en boorfase wordt opgemerkt dat deze fasen korter duren dan 1 jaar.

[39] *nT=nano Telsa. Tesla is de eenheid voor de sterkte van het aardmagnetisch veld.*

Tabel 7-17 geeft een overzicht van het verbruik van fossiele energie en emissie van broeikasgas (BKG) per projectfase uitgedrukt als CO_2 equivalenten per jaar, inclusief het transport. Met betrekking tot de CO_2-uitstoot voor de aanleg- en boorfase wordt opgemerkt dat deze fasen korter duren dan 1 jaar.

Tabel 7-17: Verbruik van fossiele energie en emissies van broeikasgas per fase.

Projectfase en bronnen	Fossiel energieverbruik	BKG-emissie
Aanlegfase	**~21 TJ/jr**	**~1399 ton CO_2 eq/jr**
Dieselverbruik pijpenlegschip	~8 TJ/jr	~565 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik steenstorter	~2,5 TJ/jr	~52 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik bevoorradingschepen	~4 TJ/jr	~312 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik duikondersteuningsschip	~4,5 TJ/jr	~327 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik sleepboten	~0,2 TJ/jr	~11 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik kraanschip	~1,5 TJ/jr	~125 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik wachtschip pijpleiding	~0,05 TJ/jr	~2 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik wachtschip productieplatform	~0,25 TJ/jr	~5 ton CO_2 eq/jr
Boorfase	**~174 TJ/jr**	**~11.689 ton CO_2 eq/jr**
Dieselverbruik generatoren	~75 TJ/jr	~6.450 ton CO_2 eq/jr
Fakkel	~95 TJ/jr	~11 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik sleepboten	~0,2 TJ/jr	~5.000 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik bevoorradingsschepen	~1,9 TJ/jr	~130 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik wachtschip	~1,4 TJ/jr	~98 ton CO_2 eq/jr
Productiefase	**~193 TJ/jr**	**~12.815 ton CO_2 eq/jr**
Gasverbruik productieplatform	~190 TJ/jr	~12.615 ton CO_2 eq/jr
Dieselverbruik bevoorradingsschepen	~3 TJ/jr	~200 ton CO_2 eq/jr

De aannames voor deze berekening zijn hetzelfde als voor de stikstofdepositieberekening.

Ten opzichte van de referentiesituatie kennen de onderscheiden activiteiten emissies van broeikasgassen naar de atmosfeer. Dat is een negatief effect (Tabel 7-18).

Tabel 7-18: Effectbeoordeling energie en klimaat

Aspect	Effectbeoordeling
In de aanlegfase	-2
In de productiefase	-2

7.7 Afval

Gedurende alle fasen van het project ontstaan kleinere of grotere hoeveelheden afval. De belangrijkste bij het project vrijkomende afvalstromen zijn:

- Tijdens alle fasen (aanleg en boorfase, operationeel en ontmanteling):
  - Niet-gevaarlijke afvalstoffen, waaronder huishoudelijk afval, schroot en schone lege emballage.
  - Gevaarlijke afvalstoffen, waaronder afgewerkte smeermiddelen, olieverontreinigd afval en slib uit de installaties.
- Aanvullend tijdens de boorfase: het boorgruis van boringen met boorspoeling op oliebasis wordt per schip afgevoerd naar de vaste wal.
- Aanvullend tijdens de ontmantelingsfase: grote hoeveelheden schroot en andere afvalstromen.

Met name tijdens de boorfase ontstaat een grote hoeveelheid oliehoudend afval. Een indicatie van de hoeveelheid is in Tabel 7-19 weergegeven. Het oliehoudende afval wordt afgevoerd naar land en daar verwerkt in een speciale installatie. Deze verwerker wint zoveel mogelijk olie terug uit het boorgruis voor hergebruik. Het gereinigd boorgruis wordt vervolgens gestort op een IBC-stortplaats (Isoleren, Beheersen, Controleren).

Tabel 7-19: Totale hoeveelheid afval tijdens de aanlegfase (incl. boorfase).

Afvalstof	Hoeveelheid (ton)
Gevaarlijk afval (voornamelijk oliehoudend boorgruis)	300–700
Niet-gevaarlijk afval	10

Omdat de voorgenomen activiteit leidt tot het ontstaan van afval is er sprake van een negatief effect. Het ontstaan van afval is niet te vermijden. Als mitigerende maatregel wordt al het afval op een gereguleerde wijze ingezameld, afgevoerd en verwerkt. Daardoor is sprake van een neutraal effect. Het aspect afval is niet meegenomen in de effectbeoordeling van het voorkeursalternatief, omdat het niet onderscheidend is in de uitvoering van de voorgenomen activiteit.

7.8 Bodembeweging

Bodembeweging (bodemdaling in het geval van gaswinning) en bodemtrillingen (aardbevingen) kunnen ontstaan doordat de gaswinning veranderingen in de diepe ondergrond teweegbrengt. Bodemdaling treedt op tijdens en na de productiefase, wanneer de winning van gas al enige tijd gaande is.

Bodemdaling is een gevolg van gaswinning. Het aardgasreservoir bestaat uit poreus gesteente, waarin het aardgas onder hoge druk aanwezig is. Als aardgas wordt gewonnen, daalt de druk in het gesteente en neemt de weerstand tegen de bovenliggende gesteentelagen af. Door samendrukking onder het gewicht van de bovenliggende gesteentelagen ontstaat op de zeebodem een ondiep komvormig dalingsgebied. Dit is een geleidelijk proces van tientallen jaren. Op het diepste punt van de kom is de daling na afloop van de gaswinning enkele centimeters. De daling neemt af naar de randen van de kom. De doorsnede van de kom bedraagt maximaal enkele kilometers en de kom heeft een hele flauwe helling.

In de geologische opbouw van de diepe ondergrond worden gesteentelagen onderscheiden. In de sommige gesteentelagen zijn breuken aanwezig. Op de zeebodem kunnen trillingen waarneembaar zijn wanneer ontlading plaatsvindt van opgebouwde spanningen in die breuken. Dit kan natuurlijke oorzaken hebben en ook worden veroorzaakt door aardgaswinning. Door het plotseling vrijkomen van de opgebouwde spanning kan een breuk verschuiven: er is sprake van een bodemtrilling of aardbeving. De kracht van een bodemtrilling of aardbeving aan de oppervlakte hangt af van de opgebouwde spanning en van de diepte van de breuk in de ondergrond. Gelet op de ervaring met dit type winningen op de Noordzee wordt de kans op het optreden van bodemtrillingen wordt zeer klein geacht.

Door de ligging op zee op een afstand van circa 70 km uit de kust, is er geen studie naar het optreden van bodembeweging en bodemtrillingen uitgevoerd. Eventuele bodemdaling blijft beperkt tot het directe winningsgebied op zee en heeft geen invloed op de Waddenzee (UNESCO-werelderfgoed). Bodemdaling en bodemtrillingen (indien ze optreden) hebben geen gevolgen voor gebruiksfuncties, niet op zee en niet op land en geen gevolgen voor natuur. Om deze reden komt bodembeweging niet terug in de effectbeoordeling.

8 Onvoorziene voorvallen, beheersmaatregelen en monitoring

Onvoorziene voorvallen

Naast de gevolgen voor het milieu bij de reguliere bedrijfssituatie, bestaat er ook een kans op effecten door incidentele gebeurtenissen en calamiteiten. Gebeurtenissen als een aanvaring van het platform of een grote lekkage in zee hebben een kleine kans van optreden. Als het gebeurt, zijn de (milieu)gevolgen ernstig. De wetgeving en het veiligheidsbeheerssysteem van Eni Energy zijn erop gericht om zulke incidenten te voorkomen, en - als het onverhoopt toch gebeurt - de gevolgen te beperken. Of een gebeurtenis ook daadwerkelijk (ernstige) gevolgen heeft voor het milieu, is afhankelijk van het type incident, de vrijkomende stoffen en de geïnstalleerde beschermingsmaatregelen.

Onvoorziene voorvallen hebben betrekking op het boor- en productieplatform en op de pijpleiding. Daarnaast kunnen zich onvoorziene voorvallen voordoen met de scheepvaart: de nautische (verkeers)veiligheid.

Om de nautische (verkeers)veiligheid te bewaken, zendt de Kustwacht enkele dagen voor aanvang van de offshore werkzaamheden en tijdens de uitvoering daarvan per uur een ‘Bericht aan zeevarenden’ uit via scheepsradio en per Navtec. Hierin worden het gebied en de periode aangegeven waarin de werkzaamheden plaatsvinden, met de instructie om dit gebied ruimschoots te mijden. Bij pijpleiding-installatiewerkzaamheden zet Eni Energy in dezelfde periode wachtschepen in, die elk een tracé van circa 5 Nm (Nautical mile) bewaken. Deze zogenaamde ‘guard vessels’ houden ‘indringers’ (e.g. vissers) tegen die te dicht bij de werkschepen of onbeschermde onderwaterconstructies dreigen te komen. De guard vessels dienen ook om bij ongevallen eerste hulp te kunnen verlenen, zoals bij man-overboord.

In het kader van het wettelijk verplichte Veiligheids- en Gezondheidsdocument (art. 2.42, lid 2, Arbeidsomstandighedenbesluit; verder: V&G-document) worden voor dit project in detail de kansen op en effecten van incidenten onderzocht. Het V&G-document gaat in op de maatregelen om zowel de risico’s van incidenten als de effecten voor mens en milieu tot een acceptabel niveau te beperken. Het eerste onderdeel van het V&G-document is het voorontwerprapport waarin de risico’s van de ontwerpopties zijn geïdentificeerd en beheersmaatregelen zijn vastgesteld om de risico’s te beperken. Het volledige V&G-document wordt minimaal acht weken voor de ingebruikname van L7-F aan Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) gezonden.

Bij L7-F kunnen de volgende gebeurtenissen worden onderscheiden: ‘blowouts’, ‘spills’, aanvaringen en lekkage of breuk van de aardgastransportleiding.

Blowout

Een ‘blowout’ is de ongecontroleerde stroming uit een put, waarbij aardgas, condensaat, boorspoeling en/of water uit het gasveld kunnen vrijkomen. Blowouts kunnen optreden bij het boren naar nieuwe gasvoorkomens of als gevolg van lekkage, aanvaringen, brand of explosie en onderhoud aan de put tijdens de boor- en productiefase. De kans op een blowout, waarbij als belangrijkste milieuverontreinigende stoffen aardgas en aardgascondensaat vrijkomen, blijkt op basis van eerder opgetreden incidenten op het NCP klein te zijn. Er worden diverse, onafhankelijke maatregelen genomen om een blowout te voorkomen. Mogelijkheden tot het stoppen van de uitstroming hangen af van de oorzaak en van de schade die de blowout heeft aangericht. In sommige gevallen kunnen de afsluiters op de put nog (provisorisch) worden bediend of kunnen er nieuwe afsluiters worden geplaatst. In het slechtste geval moet een nieuwe put worden geboord om de blowout onder controle te brengen, of de blowout stopt vanzelf door instorting of uitputting van het reservoir. Eni Energy doet er alles aan om dit te allen tijde te voorkomen. De duur van de blowout hangt direct samen met de maatregel die wordt toegepast om de put weer onder controle te krijgen. In geval de put weer onder controle kan worden

gebracht zonder het boren van een nieuwe put, zal de blowout binnen enkele uren tot enkele dagen kunnen worden gestopt. In andere gevallen kan het enkele weken of langer duren voordat de benodigde uitrusting is gemobiliseerd en de extra put is geboord.

Het condensaat dat in zee terechtkomt, zal zich verspreiden in een dunne film op het wateroppervlak met een laagdikte van 0,1–0,01 mm. Elke ton condensaat die in zee terecht komt levert op basis van de laagdikte een vlek op van 0,01–0,1 km^2. Condensaat lost op in zeewater en wordt door natuurlijke processen afgebroken. De halfwaardetijd voor condensaat in zeewater is vier uur. Gezien de afstand van het platform tot de kust is de kans dat de vlek de kust bereikt uitermate klein.

Spills
Onder ‘spills’ (i.e. ‘morsingen’) worden lozingen verstaan die niet samenhangen met de reguliere bedrijfssituatie, maar die het gevolg zijn van onvoorziene gebeurtenissen. Spills kunnen optreden bij overslag, opslag, in het proces en bij pijpleidingincidenten tijdens alle fasen van het project. ‘Spills’ van op het boorplatform aanwezige vloeistoffen kunnen leiden tot milieubelasting. De hierbij vrijkomende hoeveelheid stoffen hangt sterk af van het type incident en de aanwezige beschermende maatregelen, i.e. voorzieningen, en varieert van enkele liters tot het volledige volume van alle aanwezige vloeistoffen op het platform. ‘Worst-case’ is escalatie door het optreden van een blowout.

Oil spill response plan
Als ondanks de beschreven beheersmaatregelen zich onverhoopt toch een spill voordoet, beschikt Eni over een Oil Spill Respons Plan (OSRP). Dit plan bevat onder andere een heldere communicatiestructuur om een efficiënte coördinatie van het opruimen van verontreinigende stoffen ten gevolge van een onvoorzien voorval te garanderen.
Het OSRP bevat een beschrijving van de maatregelen en voorzieningen die worden getroffen ter bestrijding of ter beperking van de gevolgen van onvoorziene voorvallen, die een ernstig gevaar opleveren of kunnen opleveren voor het milieu. Het OSRP geeft ook aan hoe een spill kan worden ingedeeld in klassen op basis van de Bonn Agreement Oil Appearance Code. De verspreiding, kleur en het percentage aangedaan oppervlak is hierbij van belang. De maatregelen die genomen kunnen worden om de spill op te ruimen zijn afhankelijk van de klasse waarin de spill ingedeeld is, de weersomstandigheden en het risico voor natuur(gebieden), het platform en de omringende gebruikers. De maatregelen variëren van monitoring en laten verdampen, in brand zetten, chemische middelen (detergenten en demulsifiers) en de inzet van oliebooms. Niet iedere maatregel is effectief bij iedere soort spill. Spills van lichte olie, zoals conden-saat en diesel, kunnen niet opgeruimd worden met veegsystemen of chemische middelen. Vaak is het laten verdampen de beste oplossing.
Het OSRP heeft betrekking op onvoorziene voorvallen op het platform (inclusief boorplatform en onder-houdsplatforms), ter plaatse van de aardgastransportleiding en als gevolg van de inzet van schepen tij-dens de werkzaamheden binnen de vijfhonderd meter veiligheidszone rond het platform. Het OSRP wordt verspreid binnen Eni en de ingehuurde boormaatschappij. Ook wordt het gedeeld met de Nederlandse kustwacht en met OSRL[40].

Geschoold personeel
Het operationele management, de OIM (Offshore Installation Manager) en een deel van het platformper-soneel heeft een oil spill response training gevolgd bij OSRL. Bij deze training wordt het personeel opgeleid om adequaat te reageren als zich een spill voordoet. Het personeel volgt periodiek opfristrainingen om de kennis paraat te houden.

[40] *Oil Spil Response Limited: bedrijf dat gespecialiseerd is in het opruimen van oil spills op zee.*

Aanvaring en lekkage of breuk van de aardgastransportleiding
Incidentele milieubelasting kan ontstaan door een aanvaring van een schip met het productieplatform of door schade aan de pijpleiding, bijvoorbeeld door een zinkend schip, anker of vistuig. Bij breuk of lekkage stroomt aardgas uit de NOGAT-leiding in zee, wat alleen tijdens de productiefase milieugevolgen heeft. De kans op een aanvaring hangt af van de nabijheid van scheepvaartroutes, terwijl de gevolgen variëren naar gelang de omstandigheden, zoals snelheid en grootte van het schip. Schade kan uiteenlopen van lichte constructieschade tot het vrijkomen van schadelijke stoffen, brand, explosie of een blow-out. Ook het schip kan averij oplopen en zo milieuschade veroorzaken, afhankelijk van type en lading. De mogelijke milieugevolgen variëren daardoor van nihil tot zeer ernstig.

Op het boorplatform bevinden zich diverse potentieel schadelijke stoffen, zoals diesel voor de generatoren, helifuel voor helikopters en chemicaliën voor de boorspoeling. Bij gebruik van laag-toxische oliebasisboorspoeling (LTOBM) kunnen dit aanzienlijke hoeveelheden zijn, terwijl waterbasisboorspoeling (WBM) vooral niet- of licht-schadelijke stoffen bevat. Typisch gaat het om enkele tientallen kubieke meters diesel en, afhankelijk van het type boorspoeling, één tot enkele honderden kubieke meters laag toxische chemicaliën.

Aanvaringsstudie
Voor platform L7-F heeft MARIN een aanvaringsstudie uitgevoerd om de kans op scheepsaanvaringen te bepalen. De studie is uitgevoerd voor twee scenario's: de huidige verkeerssituatie (referentiejaar 2024) en een toekomstige situatie (referentiejaar 2030) waarin windpark Lagelander naar verwachting gerealiseerd zal zijn. Dit windpark zal de scheepvaartroutes in het gebied beïnvloeden, met name het oost-west verkeer tussen Nederland en het Verenigd Koninkrijk. Door de aanwezigheid van het windpark zal dit verkeer noordwaarts worden verlegd en daardoor dichter bij platform L7-F komen te liggen.

De analyse is gebaseerd op het SAMSON-model (‘Safety Assessment Model for Shipping and Offshore in the North Sea’), dat twee typen aanvaringen onderscheidt. ‘Ramming’-aanvaringen ontstaan door navigatiefouten waarbij een schip tijdens normale vaart op aanvaringskoers komt met het platform. Deze fouten kunnen optreden wanneer de navigator de brug heeft verlaten, fouten maakt bij het instellen van de koers, of door menselijke factoren zoals vermoeidheid. Afhankelijk van het tijdstip waarop de fout wordt ontdekt kunnen ramming-aanvaringen plaatsvinden bij hoge of lage snelheid. ‘Drifting’-aanvaringen treden op wanneer een schip door motor- of stuurstoring oncontroleerbaar wordt en door wind, golven en stroming richting het platform drijft. Naarmate het schip snelheid verliest wordt het moeilijker beheersbaar, en het anker laten vallen is niet altijd mogelijk vanwege de aanwezigheid van kabels en/of pijpleidingen. Drifting-aanvaringen vinden doorgaans plaats bij lage snelheid. Voor de verkeersanalyse zijn AIS-gegevens (‘Automatic Identification System’) uit 2024 gebruikt. Dit bevat gegevens bevatten zoals scheepstype, grootte, positie en identificatienummer. Handelsschepen boven 300 GT (‘Gross Tonnage’) zijn verplicht om deze gegevens uit te zenden.

De resultaten van de studie tonen een totale aanvaringskans van $6{,}10 \cdot 10^{-4}$ per jaar voor het 2024-scenario, wat overeenkomt met gemiddeld één aanvaring per 1.640 jaar. Voor het 2030-scenario met windpark Lagelander stijgt deze kans licht naar $6{,}29 \cdot 10^{-4}$ per jaar, oftewel één aanvaring per 1.589 jaar. Deze toename wordt veroorzaakt doordat het windpark Lagelander bestaande scheepvaartroutes zal verleggen, waardoor meer verkeer langs de locatie zal varen.

Het verkeer is opgedeeld in route-gebonden verkeer (cargo-, tanker- en passagiersschepen die vaste routes volgen) en niet-route-gebonden verkeer (voornamelijk visserij-, werk- en recreatievaartuigen). Voor het 2024-scenario bedraagt de aanvaringskans voor route-gebonden verkeer $2{,}80 \cdot 10^{-4}$ per jaar en voor niet-route-gebonden verkeer $3{,}30 \cdot 10^{-4}$ per jaar. In het 2030-scenario stijgen deze waarden naar respectievelijk $2{,}94 \cdot 10^{-4}$ en $3{,}35 \cdot 10^{-4}$ per jaar.

De aanvaringskansen zijn onderverdeeld in verschillende kinetische energieklassen, waarbij hogere energieën duiden op destructievere aanvaringen. Voor het 2024-scenario variëren de jaarlijkse kansen van $5{,}08 \cdot 10^{-5}$ (i.e. een kans van ongeveer één keer per 19.685 jaar) voor aanvaringen onder 1 MJ tot $1{,}77 \cdot 10^{-4}$ (i.e. een kans van ongeveer één keer per 5.650 jaar) voor aanvaringen boven 200 MJ. Voor het 2030-scenario zijn de waarden vergelijkbaar, met een kans van $5{,}44 \cdot 10^{-5}$ (i.e. een kans van ongeveer één keer per 18.382 jaar) voor de laagste energieklasse (<1 MJ) en een kans van $1{,}80 \cdot 10^{-4}$ (i.e. een kans van ongeveer één keer per 5.556 jaar) voor de hoogste energieklasse (>200 MJ).

Opgemerkt wordt dat deze studie zich beperkt tot het bepalen van aanvaringskansen en niet ingaat op de gevolgen van dergelijke aanvaringen voor het platform. De gebruikte platformafmetingen (30 bij 28,5 meter) zijn gebaseerd op het grootste dekoppervlak boven water, wat resulteert in een conservatieve schatting van de aanvaringskans. Kleinere schepen zouden theoretisch onder de bovenstructuur kunnen varen zonder aanvaring, waardoor alleen grotere schepen een daadwerkelijke bedreiging vormen voor de platformintegriteit.

Beheersmaatregelen

Bij de aanleg van het leidingtracé en de aanleg en aanwezigheid van het productieplatform zijn veiligheidsafstanden aan de orde. In de boor- en productiefase geldt een veiligheidszone van vijfhonderd meter rond het productieplatform. Na het leggen van de pijpleiding zijn er restricties voor bodemingrepen op nabij het tracé.

De Europese en Nederlandse wetgeving stellen technische eisen aan installaties voor de opsporing en winning van aardolie en aardgas. Voor alle stadia van de boringen en de aardgaswinning moet een groot aantal studies uitgevoerd worden, waarin wordt aangetoond hoe de risico's beheerst worden. Die zijn erop gericht om enerzijds de kans op een incident te minimaliseren en anderzijds, als het toch gebeurt, de gevolgen te beperken.

Om incidenten te voorkomen, worden op diverse niveaus maatregelen getroffen:

- Bij het ontwerp wordt zorggedragen dat alle denkbare risico's zo ver mogelijk worden gereduceerd. Het ontwerp van de putten en het platform worden door onafhankelijke experts beoordeeld en daarna nog beoordeeld door Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).
- Op zowel het productie- als het boorplatform zijn verschillende, niet van elkaar afhankelijke veiligheidssystemen aanwezig om risico's af te wenden en om bij dreigende risico's al dan niet automatisch in te grijpen om de installatie weer in een veilige toestand te brengen.
- De gasleiding wordt aangelegd conform NEN 3656[41] voor pijpleidingen op de Noordzee
- Personeel wordt getraind om het optreden van incidenten te voorkomen en om bij het optreden van een incident, adequaat te kunnen ingrijpen.
- Eni Energy heeft noodplannen en materieel beschikbaar om bij het onverhoopt optreden van een incident maatregelen te treffen om verdere escalatie te voorkomen en indien nodig de gevolgen van een incident te bestrijden.

Monitoring

Voor diverse milieuthema's vindt monitoring plaats op grond van wetgeving of op grond van het HSE-managementsysteem van Eni Energy.

- De emissies naar het zeewater worden wekelijks gemonitord door metingen van in water opgeloste olie en BTEX.

[41] *Norm NEN 3656:2022: Eisen voor stalen buisleidingsystemen op zee. NEN 3656 geeft minimumeisen die met betrekking tot veiligheidsaspecten voor mens, milieu en goederen aan het ontwerp, de aanleg, het in gebruik nemen, de bedrijfsvoering en de bedrijfsbeëindiging van buisleidingsystemen voor het vervoer van stoffen ter zee worden gesteld.*

- Emissies naar de lucht van het productieplatform worden gemonitord door jaarlijkse metingen. De emissies van NOx worden vierjaarlijks gemeten.
- Methaanemissies naar de lucht worden gemonitord conform de eisen in de Europese methaanverordening.
- Het brandstofverbruik tijdens de boor- en productiefase worden gemonitord conform het HSE-managementsysteem van Eni Energy.
- Alle afgevoerde afvalstromen worden gescheiden en gedocumenteerd op gewicht en inhoud voordat ze naar de wal worden verscheept.
- Monitoring op het gebied van archeologie is niet voorzien. Als tijdens de werkzaamheden archeologische resten aan het licht komen die niet zijn geïdentificeerd bij het uitgevoerde onderzoek, worden deze conform de Erfgoedwet (2016) en het Mbb (artikel 8) gemeld bij het bevoegd gezag.
- Monitoring op het gebied van bodembeweging is beperkt relevant voor offshore installaties. Bij de installatie van het platform wordt geen bodembeweging verwacht. Bij het ingraven van de pijpleiding treedt tijdelijke verweking van de zanderige zeebodem op, wat resulteert in het wegzakken van de pijpleiding. Deze verweking verdwijnt na enkele weken.
- De conditie van de zeebodem en de ligging van de pijpleiding wordt periodiek gemonitord middels een survey.

Er is geen monitoring voorzien op het gebied van onderwatergeluid en bovenwatergeluid.

9 Leemten in kennis en informatie

Dit MER is gebaseerd op de informatie die op dit moment beschikbaar is met betrekking tot de kennis van de L7-F locatie op de Noordzee en de verwachte emissies van het materiaal, materieel en de installaties. Sommige parameters kunnen nauwkeuriger worden vastgesteld als het definitieve ontwerp en de operationele programma's zijn vastgesteld. Naar verwachting leiden meer gegevens (informatie) over de situatie ter plekke (de omgeving van L7-F op de Noordzee) en de verwachte emissies weliswaar tot een beter inzicht, maar niet tot een andere beoordeling van de gevolgen voor het milieu.

De inschatting van het effect van de activiteiten van L7-F op de zeekoet binnen het Natura2000 gebied Friese Front is gebaseerd op bestaand onderzoek dat elders heeft plaatsgehad. Inzicht in werkelijke effecten ter plaatse ontbreekt en wordt geadresseerd als kennisleemte. Door het toepassen van monitoring naar het effect van L7-F op de zeekoet kan deze kennisleemte - ook voor toekomstige vergelijkbare projecten - worden weggegenomen.

De milieueffecten en de beoordeling ervan in dit MER zijn gebaseerd op onderzoeksresultaten, uitgevoerde studies, wetenschappelijke inzichten en opgebouwde ervaring (elders op de Noordzee). De effecten op het milieu (en het voldoen aan geldende regelgeving) kunnen vrij nauwkeurig worden ingeschat voor de periode tot circa 2035. Voor de periode daarna nemen de onzekerheden toe. Veel beleidskaders reiken niet verder dan circa 2035. Opgemerkt wordt dat het internationale, nationale en provinciale beleid en de daaruit volgende wetgeving voortdurend in ontwikkeling is. Het anticiperen op nieuw beleid en toekomstige wetgeving is in het kader van een MER-studie slechts beperkt mogelijk en niet altijd relevant.

Bij de beschrijving van de referentiesituatie en de optredende effecten zijn geen leemten in kennis en informatie naar voren gekomen die naar verwachting van invloed zijn op de kwaliteit van de besluitvorming. Uitzondering vormt het daadwerkelijk effect van L7-F op de zeekoet. Voorgesteld wordt daarop monitoring toe te passen. Op basis van de huidige inzichten treden er geen cumulatie-effecten op die significant negatief zijn.

Door het toepassen van monitoring (hoofdstuk 8) worden effecten van de gaswinning bij L7-F gevolgd. De uitkomsten kunnen aanleiding geven tot aanpassingen c.q. maatregelen.

10 Conclusie effectbeoordeling voorkeursalternatief

Figuur 10-1 tot en met Figuur 10-4 geven de effectbeoordeling voor het voorkeursalternatief. De thema's die van invloed zijn op natuur (boven- en onderwatergeluid, waterkwaliteit, verstoring zeebodem, emissies naar de lucht) zijn vertaald naar effecten op de natuur. Die 'vertaling' is in paragraaf 7.4 gedaan. Hiernaast is archeologie in de figuren opgenomen.

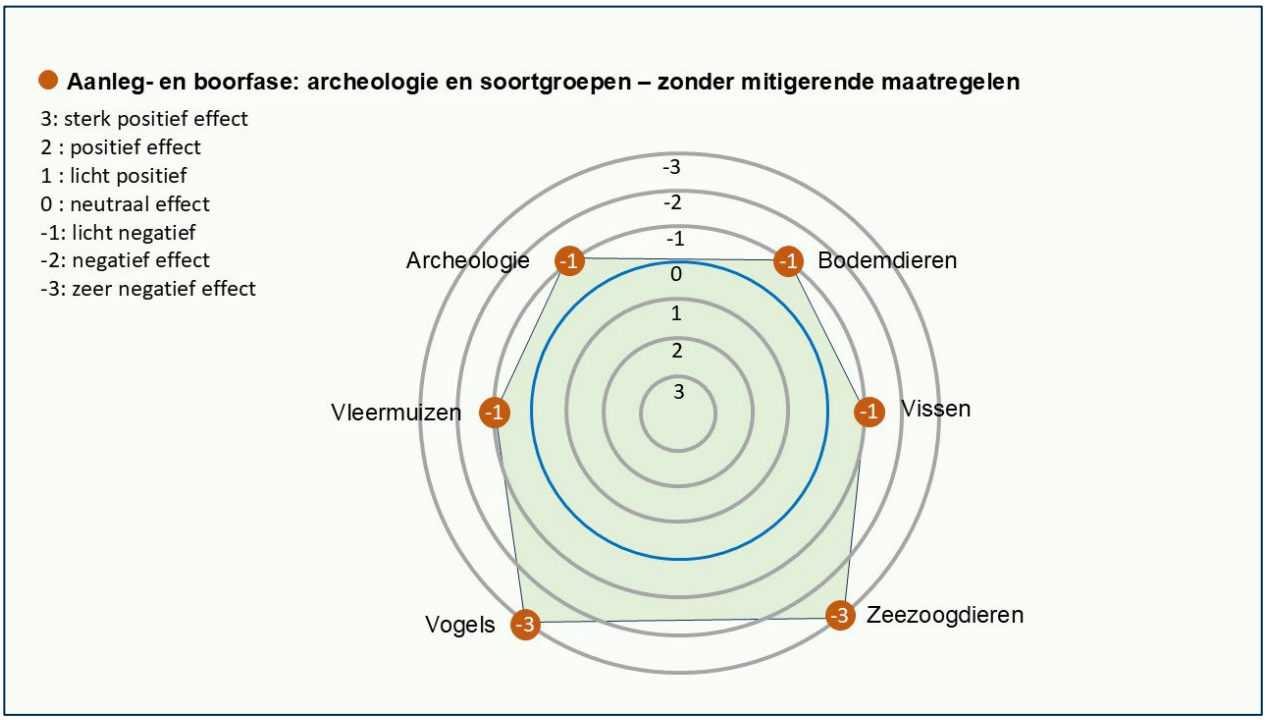
De keuze is gemaakt om in de figuren het effect op soortgroepen naar voren te laten komen, omdat dat het belangrijkste gevolg is van het L7-F project. De figuren laten daarom zien in welke mate er effecten zijn op de onderscheiden soortgroepen door het L7-F project. Voor de aanleg- en boorfase, en de productiefase, is het verschil aangegeven tussen de situatie zonder en met mitigerende maatregelen. Hiermee wordt in een oogopslag duidelijk wat het positieve effect is van het toepassen van mitigerende maatregelen.

Voor de aanleg- en boorfase wordt duidelijk dat er ten opzichte van de referentiesituatie altijd effecten op soortgroepen zijn. Dat verklaart de licht negatieve score (-1). Omdat het behouden van archeologische resten niet zeker is, geldt daarvoor ook een licht negatief effect.

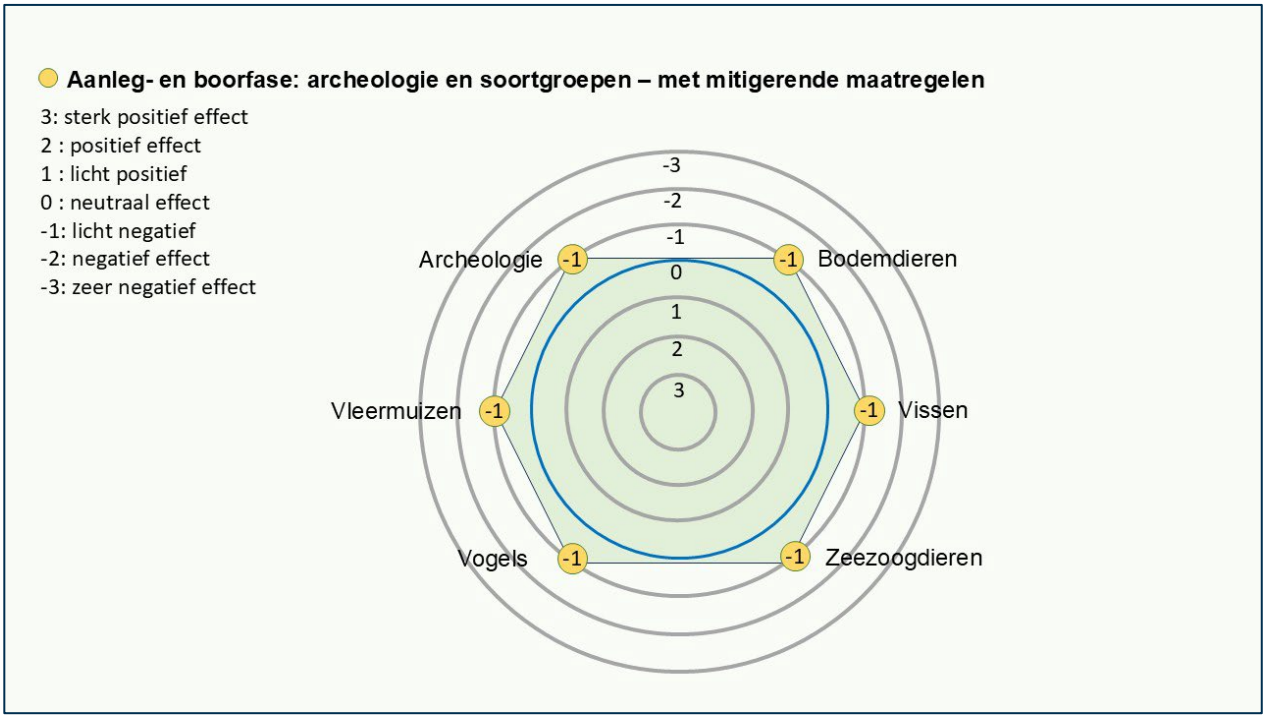
In de productiefase treedt verstoring op door transportbewegingen. Zonder mitigerende maatregelen is er daardoor een negatief effect (-2) op de zeekoet. Door mitigerende maatregelen nemen de verstoringen af (door reductie van de transportbewegingen) met als gevolg een licht negatief effect (-1) op de zeekoet.

De licht negatieve scores voor zowel de aanleg- en boorfase als de productiefase zijn het resultaat van meerdere mitigerende maatregelen. Door de toepassing van deze maatregelen zijn de oorspronkelijk hogere negatieve effecten gereduceerd tot het minimaal haalbare niveau. Het resterende licht negatieve effect (-1) vertegenwoordigt daarom een beperkt negatief effect dat, gegeven de aard van het project, niet verder te vermijden is en als acceptabele impact kan worden beschouwd.

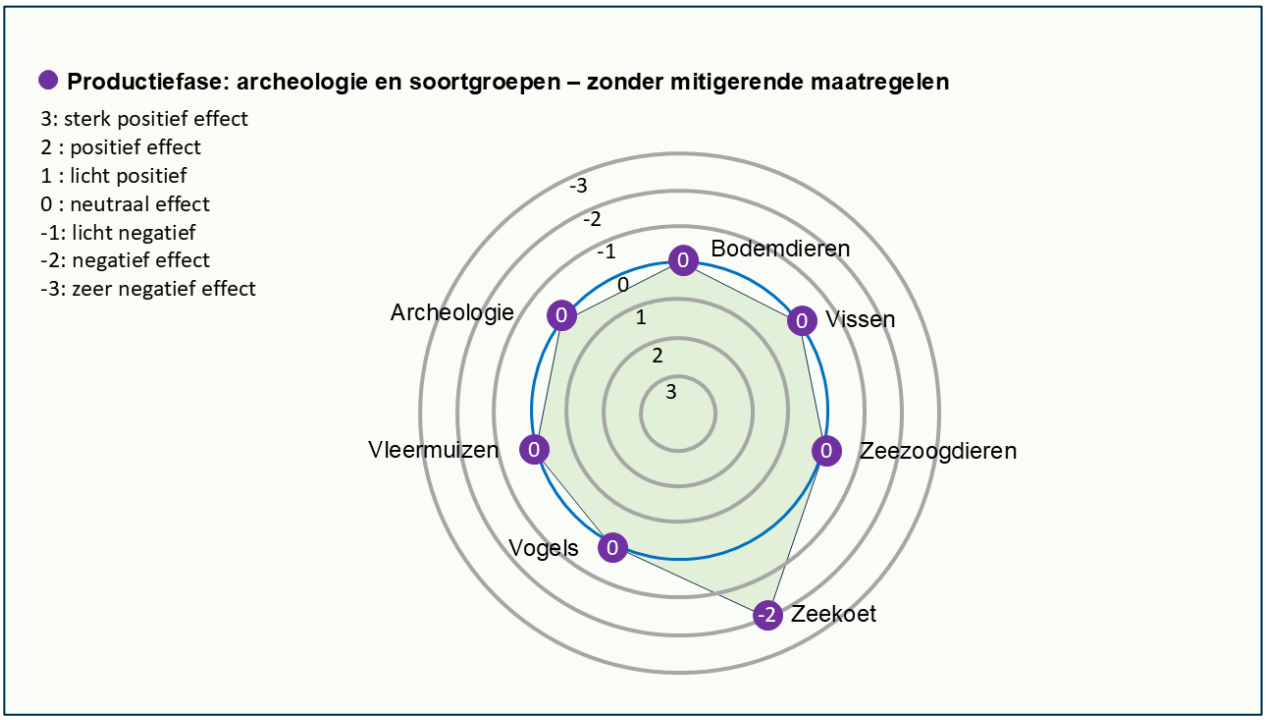
Door emissies bij de aanleg en in de productiefase heeft het project voor het aspect energie en klimaat een negatief effect. Dat neemt niet weg dat de gaswinning van 'klein veld' bij L7-F een belangrijke rol speelt in het Nederlandse energiebeleid. Dat beleid zet in op winning van aardgas in Nederland om negatieve milieueffecten van buitenlandse productie en de import te vermijden. De negatieve milieueffecten van eigen aardgasproductie (zoals bij L7-F) zijn veel kleiner dan die van de import van elders geproduceerd aardgas (bijvoorbeeld geïmporteerd vloeibaar gemaakt gas, LNG). Zo beschouwd (de scope van dit MER overstijgend) is er sprake van een positieve balans voor L7-F voor het aspect energie en klimaat.



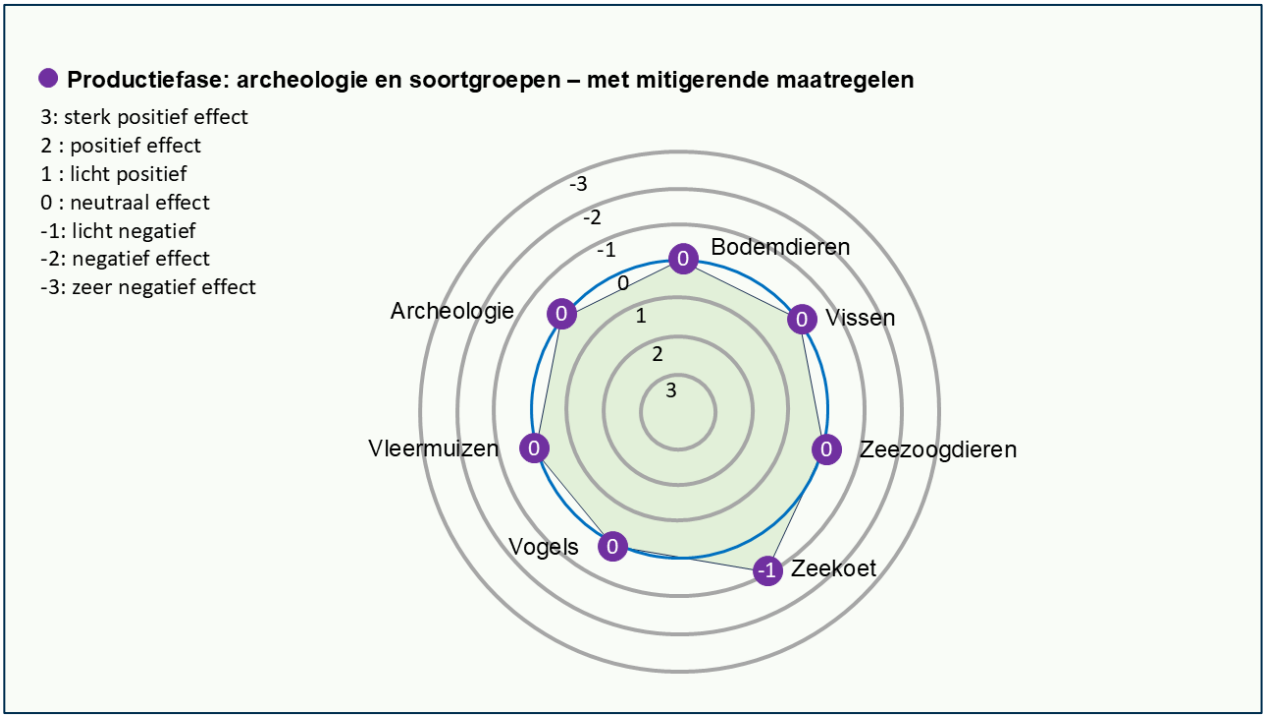
Figuur 10-1: Effectbeoordeling voorkeursalternatief aanleg- en boorfase zonder mitigerende maatregelen.



Figuur 10-2: Effectbeoordeling voorkeursalternatief aanleg- en boorfase met mitigerende maatregelen.



Figuur 10-3: Effectbeoordeling voorkeursalternatief productiefase zonder mitigerende maatregelen.



Figuur 10-4: Effectbeoordeling voorkeursalternatief productiefase met mitigerende maatregelen.

Bijlage 1: Afkortingen en verklarende woordenlijst

Afkorting	Verklaring
ATEX	ATmosphère EXplosible, richtlijn op het gebied van explosiegevaar
BBT	Beste beschikbare techniek
BREF	Best Reference Document
BTEX	Benzeen, tolueen, ethylbenzeen en xyleen
CCS	Carbon capture and storage
dB(A)	Decibel, eenheid voor de sterkte van geluid
EEZ	Exclusieve economische zone
EU	Europese Unie
EZ	Ministerie van Economische zaken
EZK	Ministerie van Economische zaken en Klimaat (oud)
HSE	Health, Safety and Environment (Gezondheid, veiligheid en milieu)
IBC	Isoleren, beheersen en controleren
I&W	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
IPLO	Informatiepunt leefomgeving (www.iplo.nl)
IPPC	Integrated pollution Prevention and Control
KGG	Klimaat en Groene groei
LA_{eq}	Geeft het constante geluidsdrukniveau weer dat eenzelfde geluidsenergie heeft als alle werkelijk gemeten (maar sterk fluctuerende) momentane geluidsdrukniveaus samen gedurende een bepaalde periode.
LNG	Liquefied natural gas
LNV	Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit (oud)
LVVN	Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur
mba	Milieubelastende activiteit, een activiteit die nadelige gevolgen op het milieu kan veroorzaken.
Mbb	Mijnbouwbesluit
Mbw	Mijnbouwwet (blijft bestaan naast Omgevingswet)
Mbr	Mijnbouwregeling
mer	Milieueffectrapportage
MER	Milieueffectrapport
mg	milligram
mm	millimeter
NCP	Nederlands continentaal plat
NRD	Notitie reikwijdte en detailniveau, onderdeel van de mer-procedure
NZO	Noordzeeoverleg, overleg over de uitvoering van het Noordzeeakkoord.
OBM	Oil based mud: oliegedragen boorgruis en boorspoeling
OVC	Overhead vapour combustion chamber, onderdeel van de TEG, fornuis voor verbranding brandbare gassen
Ow	Omgevingswet, ingegaan per 1 januari 2024
PGS15	Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 15: 'Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen'.
RBS	Representatieve bedrijfssituatie – leidend voor geluidsberekeningen
RIE	Richtlijn Industriële Emissie
RVO	Rijksdienst voor ondernemend Nederland, een agentschap van het ministerie van EZ en LVVN
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TEG	Tri-ethyleen glycol
VRO	Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening
Wnb	Wet natuurbescherming (opgegaan in de Omgevingswet)
Wm	Wet milieubeheer (blijft – in sterk afgeslankte vorm - bestaan naast Omgevingswet)
WBM	Water based mud: watergedragen boorgruis en boorspoeling
Wabo	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (opgegaan in de Omgevingswet)

Term	Verklaring / Uitleg
Absorptiekolom	Apparatuur waarmee verbindingen of stoffen (zoals glycol) van een gasfase naar een vloeistoffase kunnen overgaan
Afsluitende laag (eng.: caprock)	Ondoorlatende (gesteente)laag die geen gassen en/of vloeistoffen doorlaat en daarmee als afsluiting fungeert voor een ondergelegen opslagreservoir.
Alternatief	Oplossingsrichting om met de voorgenomen activiteit (in aanvaardbare mate) tegemoet te komen aan de doelstelling(en). De Omgevingswet spreekt in dat verband over ‘redelijke alternateven’.
Archeologie	Wetenschap die zich bezighoudt met de historie op grond van bodemvondsten en opgravingen.
ATEX	De ATEX-voorschriften zijn van toepassing op het veilige gebruik van apparatuur in potentieel explosieve omgevingen, zoals die in de olie- en gasproductie, chemische productie en andere industrieën.
Autonome ontwikkeling	Ontwikkelingen die optreden zonder dat de voorgenomen activiteit wordt uitgevoerd.
Bevoegd gezag	De overheidsinstantie die bevoegd een besluit te nemen procedure organiseert.
Commissie voor de mer	Onafhankelijke commissie die het bevoegd gezag adviseert over de kwaliteit van het MER.
Conversie	Ombouw
Corrosie	Aantasting van een materiaal, bijvoorbeeld roest
Debiet	De hoeveelheid vloeistof of gas dat per tijdseenheid wordt afgevoerd of ergens doorheen stroomt.
ECHA	European Chemicals Agency – Europees agentschap voor chemische stoffen
Fauna	De dierenwereld
Flora	De plantenwereld
Geohydrologie	De leer van het vóórkomen en het stroomgedrag van grondwater.
Infrastructuur	Systeem van voorzieningen en verbindingen als (spoor)wegen en vaarwegen, hoogspanningskabels, waterleidingen etc.
Inhibitor	Een stof die de activiteit van een andere stof vermindert of onderdrukt.
Initiatiefnemer	Natuurlijk persoon of privaat- of publiekrechtelijk persoon die een activiteit wil ondernemen en daarover een besluit vraagt.
Inspraak	Mogelijkheid om informatie te verkrijgen en om een mening, wens of bezwaar kenbaar te maken.
Kathodische bescherming	Beschermt metalen (bijvoorbeeld stalen leidingen) tegen roest.
Mitigeren	Het treffen van maatregelen waardoor het effect van ingrepen wordt verzacht, verkleind of voorkomen (bijvoorbeeld het toepassen van geluidsisolatie).
NOGAT	Notherrn offshore gas transport, leiding voor het transport van aardgas naar land.
Referentie	Vergelijking of maatstaf.
Variant	Concrete deeloplossing voor een knelpunt (bouwsteen voor een alternatief).

Bijlage 2: Wet- en regelgeving en beleid

Dekking	Accent	Document
Internationale verdragen	*Algemeen, natuur en water*	
Europese regelgeving	*Generiek*	Richtlijn industriële emissies, BREF, BBT
	Water	Europese kaderrichtlijn water
Nationaal wet- en regelgeving	*Generiek*	Omgevingswet (Besluit activiteiten leefomgeving, Besluit kwaliteit leefomgeving, Besluit bouwwerken leefomgeving)
		Omgevingsbesluit, Omgevingsregeling
	Ondergrond	Mijnbouwwet, Mijnbouwbesluit en Mijnbouwregeling
	Natuur	Omgevingsbesluit, Bal, Bkl
	Archeologie, Cultuurhistorie	Erfgoedwet Besluit kwaliteit leefomgeving, art. 5.130
Nationaal beleid	*Ruimte, natuur*	Nationale omgevingsvisie (Novi)
	Ondergrond	Structuurvisie ondergrond
	Water	Nationaal water programma 2022-2027

Internationale verdragen
De bescherming en verbetering van de natuur en waterkwaliteit van de Noordzee is geregeld in diverse internationale richtlijnen en verdragen. De belangrijkste hiervan zijn:

- Het OSPAR-verdrag (1992),
- Het MARPOL-verdrag (1973),
- De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie,
- Europese Vogel en Habitatrichtlijn.

Uit het OSPAR-verdrag volgt dat de verdragsluitende partijen, waaronder Nederland, alle mogelijke stappen nemen om verontreiniging te voorkomen en te beëindigen en alle noodzakelijke maatregelen nemen om het zeegebied te beschermen tegen de nadelige gevolgen van menselijke activiteiten. Deze maatregelen strekken ertoe de gezondheid van de mens te beschermen en mariene ecosystemen in stand te houden en, wanneer uitvoerbaar, aangetaste zeegebieden te herstellen. Daartoe zullen partijen (afzonderlijk en gezamenlijk) programma's opstellen, maatregelen treffen en hun beleid en strategieën harmoniseren. Het OSPAR-verdrag bevat bepalingen c.q. maatregelen die relevant zijn voor olie- en gaswinning op zee, waaronder preventie van vervuiling, het nemen van voorzorgsmaatregelen en het toepassen van het voorzorgsbeginsel en het bevorderen van samenwerking en informatie-uitwisseling tussen verdragspartijen. Activiteiten zoals gaswinning mogen geen negatief effect hebben op een beschermd marien gebied (onder meer ook Natura 2000-gebied Friese Front) en vereisen beschermingsmaatregelen.

MARPOL (Marine Pollution) is de afkorting van het Internationaal Verdrag ter voorkoming van verontreiniging door schepen. Het werd aangenomen in 1973 en aangevuld in 1978 (vaak aangeduid als MARPOL 73/78). Het doel van MARPOL is om verontreiniging van de zee door schepen te voorkomen, zowel door operationele lozingen als door ongevallen. MARPOL is geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving, vooral door de Wet voorkoming van verontreiniging door Schepen (Wvvs).

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) heeft tot doel het beschermen en herstellen van de Europese zeeën en oceanen en het bevorderen van duurzaam gebruik. De KRM verplicht elke Europese lidstaat tot het vaststellen van een mariene strategie. Deze strategie moet gericht zijn op bescherming,

behoud en herstel van het mariene milieu (met als doel een goede milieutoestand) waarbij ook een duurzaam gebruik van de Noordzee wordt gegarandeerd. Daarnaast worden er als uitvoeringsmaatregel beschermde gebieden aangewezen. Het Friese Front is aangewezen als KRM-gebied. Het Friese Front is ook aangewezen als gebied op grond van de Europese Vogelrichtlijn.

De internationale verplichtingen waar Nederland aan dient te voldoen zijn vertaald in Nederlandse wet- en regelgeving. Voor natuurbescherming geldt dat dit vanaf 1 januari 2024 onderdeel is van de Omgevingswet, hetgeen betekent dat alle regels rondom de bescherming van natuurgebieden en plant- en diersoorten daarin zijn opgenomen.

Hiernaast zijn de volgende internationale verdragen van toepassing op de activiteiten in de Noordzee:

- UNCLOS (UN Verdrag der Zee);
- De London Dumping Convention; en
- IMO-conventies voor de scheepvaart.

Het *Verdrag inzake de bescherming van cultureel erfgoed onder water* (UNESCO 2001) is op 2 januari 2009 in werking getreden en heeft als doel het wereldwijd beschermen van archeologisch en historisch erfgoed dat zich onder water bevindt, zoals scheepswrakken, verzonken steden en andere menselijke resten. Nederland werkt aan ratificatie van dat verdrag.

Europese regelgeving

RIE, BBT en BREF

De richtlijn industriële emissies (RIE, 2010) is per 1 januari 2013 de opvolger van de Integrated Pollution Prevention Control (IPPC)-Richtlijn (1996) en verplicht Europese lidstaten grote milieuvervuilende bedrijven te reguleren met een integrale vergunning. De IPPC richtlijn en 6 sectorrichtlijnen op het terrein van industriële emissies zijn aangescherpt en opgenomen in de nieuwe Richtlijn industriële emissies (RIE). Nederland heeft de richtlijn verankerd in de Wet milieubeheer (Wm) en de Waterwet. De richtlijn verplicht bedrijven de best beschikbare technieken te gebruiken om hun verontreinigingen te beperken en zo min mogelijk afval, energie en grondstoffen te gebruiken. Wel dienen de onderdelen op basis van de wetgeving en de richtlijnen te voldoen aan de Best Beschikbare Technieken (BBT). Als hulp voor de bevoegde, vergunningverlenende instanties zijn deze BBT's beschreven in de Europese Best References of BREF-documenten.

Kaderrichtlijn Water

De KRW is een Europese richtlijn over de kwaliteit van het oppervlaktewater en grondwater, vastgesteld in 2000 door de landen uit de EU. Al het water in Nederland moet in 2027 een goed leefgebied vormen voor de planten en dieren die er thuishoren. Ook moet er redelijk eenvoudig drinkwater van te maken zijn. De KRW is in de Nederlandse wetgeving opgenomen. Het toepassingsgebied van de richtlijn strekt zich uit tot op de territoriale zee, dat wil zeggen tot één zeemijl uit de kust. Hierdoor is de KRW niet van toepassing op L7-F.

Nationale wet- en regelgeving

Omgevingswet

De wet verenigt vanaf 1 januari 2024 een aantal zelfstandige wetten. In totaal zijn 26 wetten tot één wet gesmeed waarbij de leefomgeving centraal staat. Hierbij gaat daarbij onder meer om wet- en regelgeving over bouwen, milieu, water, infrastructuur, ruimtelijke ordening en natuur. De wet bestaat uit 4 AmvB's; het Omgevingsbesluit, het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl), het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) en Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl).
Vergunningaanvragen die nu nog apart van elkaar worden behandeld kunnen met Omgevingswet gezamenlijk als één vergunning worden verleend. Met de Omgevingswet worden er nieuwe begrippen

geïntroduceerd: het omgevingsplan (vervangt het bestemmingsplan), milieubelastende activiteit. Het begrip ‘inrichting’ verdwijnt uit de wet.

De volgende voor L7-F relevante wetten en besluiten zijn door de komst van de Ow vervallen:
- Wet natuurbescherming (Wnb)
- Waterwet (Ww)
- Besluit algemene regels milieu mijnbouw (Barmm)
- Wet op de archeologische monumentenzorg

De Mbw is (nog) geen onderdeel van de Omgevingswet.

Omgevingsbesluit
Het besluit is van toepassing op alle partijen die actief zijn in de fysieke leefomgeving (burgers, bedrijven en de overheid). Dit besluit regelt onder andere:
- Bevoegdheden, handhaving en beheer:
  - Welke bestuursorganen zijn het bevoegd gezag om omgevingsvergunningen te verlenen.
  - Uitzonderingen op de hoofdregel: welke bestuursorganen zijn in specifieke gevallen bevoegd.
  - Situaties waarin bestuursorganen instemming kunnen verlenen en handhavend kunnen optreden.
  - Aanwijzing rijkswateren.
- Procedurele regels:
  - Bevat (beperkte) aanvulling op de Algemene wet bestuursrecht.
  - Procedures, handhaving, uitvoering en het Digitaal Stelsel Omgevingswet (DSO).

Omgevingsregeling
De Omgevingsregeling is een ministeriële regeling die hoort bij de Omgevingswet. Ze bevat de technische en administratieve uitwerking van de wet en de vier bijbehorende algemene maatregelen van bestuur (AMvB’s): het Omgevingsbesluit, het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl), het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) en het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl).

De Omgevingswet (Ow) en het Omgevingsbesluit (Ob) vormen het wettelijk kader voor de bescherming van het milieu en natuurgebieden. Deze wetten regelen de mer-(beoordelings)plichtige activiteiten, de besluitvormingsprocedures en de inhoud van het MER. Met de inwerkingtreding van de Ow is voor het aanleggen en exploiteren van een mijnbouwwerk - het platform en de putten - een omgevingsvergunning voor milieubelastende activiteiten vereist.

Mijnbouwwet, Mijnbouwbesluit, Mijnbouwregeling
De Mbw (2002) vervangt sinds 2003 een scala aan andere wetgeving ten aanzien van mijnbouwactiviteiten. De Minister van KGG is het bevoegd gezag van de MW. Bij de totstandkoming van de wet is ook de opslag c.q. winning van stoffen (zoals aardgas) nadrukkelijk betrokken (op een diepte van meer dan 100 meter[42]). De MW is vooral gericht op de eisen en voorwaarden die gesteld worden om gevaarlijke incidenten te voorkomen en richt zich tevens op het afsluiten van een mijnbouwwerk. Preventieve maatregelen kunnen technische, organisatorische, procedurele of toezichthoudende aspecten betreffen. De Mbw, met name het vergunningstelsel en besluitvorming door KGG, reguleert het gebruik van de ondergrond. De Mbw biedt de instrumenten die de EU voorziet in haar voorstellen, met name de exploratievergunning, de winningsvergunning (inclusief de instemming op het zogeheten ‘Winningsplan’), de onafhankelijke inspectie via onder meer het Staatstoezicht op de Mijnen en diverse algemene regels rond het ontwerpen, opereren en monitoren van mijnbouwwerken waar stoffen worden opgeslagen.

[42] *Mbw, artikel 1i.*

In de Mbw is bodembeweging (de verzamelnaam voor stijging of daling en trillingen) als gevolg van mijnbouwactiviteiten gereguleerd. De wet bevat instrumenten en waarborgen om de effecten van bodembeweging te voorkomen, te mitigeren dan wel te vergoeden. Ook andere gebruiksvormen van de diepere ondergrond zijn onderwerp van de Mbw. Onderdelen zijn uitgewerkt in het Mbb en de Mbr. Op grond van art. 141a lid 1 onder a. van de Mbw moet voor 'L7-F' een projectbesluit worden vastgesteld.

Bij kamerstuk 32 849 nr. 214 d.d. 20 januari 2023 kondigt de staatssecretaris van EZK aan de Mbw te willen moderniseren c.q. te herzien, zodat er beter rekening wordt gehouden met de belangen van omwonenden en er ruimte ontstaat voor ontwikkelingen die de energietransitie ondersteunen. Deze aanpassing zal in de komende jaren vorm krijgen. Voor L7-F – op de Noordzee – zijn bodemdaling en belangen van omwonenden minder relevant dan een mijnbouwactiviteit op land.

Archeologie en cultuurhistorie
Sinds 1 juli 2016 is de Erfgoedwet van kracht is. Deze wet vervangt zes eerdere wetten en regelingen en biedt een integrale bescherming voor museale objecten, musea, monumenten en archeologie, zowel op het land als onder water. De wet bundelt en actualiseert de regels voor het behoud en beheer van cultureel erfgoed in Nederland. De omgang met cultureel erfgoed bij ruimtelijke ontwikkelingen, evenals de onderwerpen archeologie en cultuurhistorie, zijn geregeld in de Omgevingswet. De Erfgoedwet en de Omgevingswet vullen elkaar aan om cultureel erfgoed integraal te beschermen.

Natuur
Natuur is opgenomen in de Omgevingswet als onderdeel van de fysieke leefomgeving. Net als in de voormalige Wet natuurbescherming regelt de Omgevingswet de bescherming van soorten (flora en fauna) en de bescherming van gebieden (Natura2000 gebieden).

Nationaal beleid
Nationale omgevingsvisie
Met de Nationale Omgevingsvisie (Novi) geeft het Rijk een langetermijnvisie op de toekomst en de ontwikkeling van de leefomgeving in Nederland. De Novi bevat de hoofdzaken van het beleid voor de fysieke leefomgeving en gaat daarbij in op de landoppervlakte en binnenwateren. De NOVI vervangt het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4, 2001), de Rijksnatuurvisie 2014 en vrijwel de gehele Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR). De NOVI wijzigt delen van het Nationaal Water programma 2022-2027 (NWP). De NOVI heeft geen invloed op de gaswinning L7-F.

Structuurvisie ondergrond
Op 11 juni 2018 is de Structuurvisie Ondergrond (STRONG) vastgesteld. De Structuurvisie Ondergrond is een Rijksstructuurvisie in de zin van artikel 2.3 van de Wet op de ruimtelijke ordening, waarin het Rijk de hoofdlijnen van het strategische nationale ruimtelijke beleid vastlegt. Het beleid in deze structuurvisie bindt alleen het Rijk.
De ondergrond is van groot maatschappelijk belang. Het winnen en benutten van delfstoffen zoals aardgas en aardolie draagt bij aan de energievoorziening en heeft onze welvaart verhoogd. Grondwater is de belangrijkste bron voor de drinkwatervoorziening. De bodem is een onmisbare productiefactor voor de voedselvoorziening en belangrijk voor natuur en landschap. De bodem is tevens een bewaarplaats voor resten van vroegere menselijke bewoning, die inzicht kunnen geven in onze cultuurhistorie. Bovendien vormt de ondergrond de basis voor de fundering van infrastructuur en bebouwing.
De ruimte in de diepe ondergrond lijkt eindeloos en conflicten tussen de verschillende vormen van gebruik doen zich tot op heden nauwelijks voor. Maar als er naar de ambities voor de energievoorziening drinkwatervoorziening op de langere termijn wordt gekeken, dan is het wenselijk om een visie te ontwikkelen op het gebruik van de ondergrond, om 'botsingen' in de toekomst te voorkomen. Daarbij gaat het niet alleen om het 'verdelen' van de fysieke ruimte in de diepe ondergrond. Voor alle

mijnbouwactiviteiten zijn bovengrondse installaties nodig en in geval van productie (winning) ook buisleidingen.

Gaswinning valt onder de Mbw als activiteit in de diepe ondergrond. Deze activiteit kan in potentie concurreren met andere ondergrondfuncties. Gaswinning wordt van nationaal belang geacht. Met de komst van Omgevingswet (1 januari 2024) is de Structuurvisie Ondergrond omgezet naar Programma Bodem en Ondergrond.

Nationaal Water Programma 2022-2027
Om aan te geven hoe Nederland omgaat met de uitdagingen van water, ontwikkelde de rijksoverheid het Nationaal Water Programma 2022-2027. Het NWP geeft een overzicht van de ontwikkelingen binnen het waterdomein en legt nieuw ontwikkeld beleid vast: schoon, veilig en voldoende water dat klimaatadaptief en toekomstbestendig is. Nederland moet zich aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering en blijven werken aan een goede bescherming tegen overstromingen en klimaatrobuuste zoetwatervoorziening tegen toenemende droogte. Ook de zorg voor goede waterkwaliteit en duurzame drinkwatervoorziening verdient aandacht. Daarnaast zijn allerlei functies afhankelijk van water, zoals de scheepvaart, de landbouw en de natuur. Op de Noordzee moeten vele functies, waaronder de opgaven voor windenergie, natuurontwikkeling, duurzame visserij, scheepvaart en zandwinning, in balans met elkaar een plek krijgen.
Belangrijke onderdelen van het NWP zijn:

- Stroomgebiedbeheerplannen,
- Het overstromingsrisicobeheerplan
- Het Programma Noordzee.

Het beleid voor de Noordzee is nader uitgewerkt in het Programma Noordzee 2022–2027. Het kabinet ziet olie- en gaswinning op de Noordzee als een activiteit van nationaal belang voor Nederland: 'uit de Nederlandse velden op de Noordzee wordt zo veel mogelijk aardgas en aardolie gewonnen zodat het potentieel van aardgas- en aardolievoorraden in de Noordzee wordt benut'. Het NWP heeft geen directe invloed op de gaswinning L7-F.

Conclusie rijksbeleid
De gaswinning uit het kleine veld bij L7-F past in het rijksbeleid voor een concurrerend, leefbaar en veilig Nederland.

Bijlage 3: Het Noordzeeakkoord; natuurbescherming en natuurversterking

In bepaling 5.2 van het Noordzeeakkoord is opgenomen:

“Voor alle bestaande en nieuwe ontwikkelingen geldt dat ze moeten passen binnen de draagkracht van het ecosysteem en wordt de ambitie geformuleerd om ze met een zo klein mogelijke negatieve voetafdruk te realiseren. Periodiek worden er afspraken gemaakt in het NZO over de Best Beschikbare Technieken voor mitigatie en natuurversterkend bouwen en ecologisch vriendelijk handelen en de doorwerking hiervan voor nieuwe installaties en objecten.”

In het Noordzeeakkoord is de ambitie geformuleerd om deze ontwikkelingen met een zo klein mogelijke negatieve voetafdruk te realiseren en waar mogelijk een ‘plus’ voor de natuur te realiseren.

Eni Energy heeft als onderdeel van het ontwerp van het L7-F platform en de pijpleiding, aandacht besteed aan het treffen van natuurbeschermende en natuurversterkende maatregelen. Door natuurbeschermende en -versterkende maatregelen te nemen, streeft Eni Energy naar het voorkomen en minimaliseren van mogelijke negatieve effecten van het onderhavige project, en het, indien mogelijk en gewenst, versterken van de Noordzeenatuur. Met het treffen van de natuurversterkende en een deel van de natuurbeschermende maatregelen gaat Eni Energy verder dan het voldoen aan wettelijke voorschriften. Deze maatregelen worden om die reden gezien als toepassing van Bovenwettelijk Beste Beschikbare Technieken.

Naar aanleiding van de zienswijze die vier NGO’s hebben ingediend op de concept-Notitie Reikwijdte en Detailniveau zoals die ter inzage heeft gelegen van 2 mei 2025 tot en met 12 juni 2025, heeft Eni Energy de te treffen maatregelen verder uitgewerkt, uitgebreid en getoetst aan het Afwegingskader natuurvriendelijk bouwen Noordzee (versie 8 maart 2024). Op 21 juli 2025 heeft Eni Energy de zienswijze besproken met een vertegenwoordiger van de indieners van de zienswijze. In dat gesprek heeft Eni Energy ook de maatregelen en de uitkomsten uit het Afwegingskader gepresenteerd. Begin augustus heeft Eni Energy een reactie ontvangen op de presentatie. Naar aanleiding van die reactie heeft Eni Energy de te treffen maatregelen uitgebreid en verder onderbouwd. Op 9 september 2025 heeft Eni Energy de vertegenwoordiger van de vier NGO’s hierover geïnformeerd. Indien nodig en gewenst zullen partijen de verdere uitwerking nog bespreken. Ondertussen heeft Eni Energy ook contact gelegd met Wageningen Marine Research om te onderzoeken op welke manier de monitoring van de te treffen maatregelen kan worden geborgd. Dit proces loopt nog.

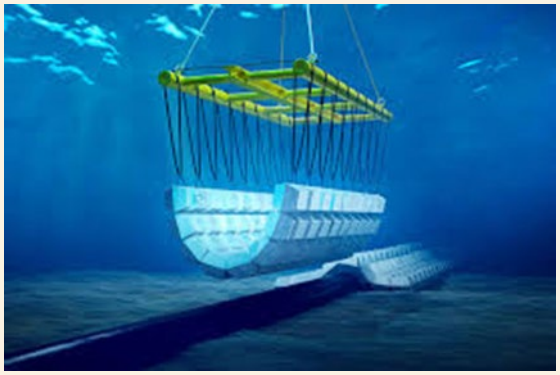
Een maatregel die geen onderdeel uitmaakt van het Afwegingskader, is circulariteit. Met het hergebruik van de E17-A topside op de L7-F locatie geeft Eni Energy ook invulling aan die maatregel.

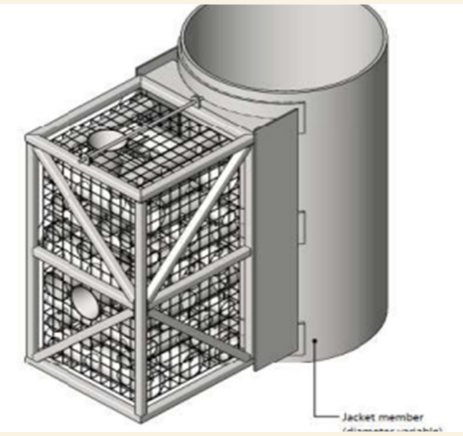
Overzicht natuurbeschermende- en versterkende maatregelen

Natuurbeschermende maatregel		
Maatregel	**Toelichting: gebied en toepassing**	**Score afwegingskader**
Lichtvervuiling optimaliseren	Eni Energy neemt de volgende maatregelen om lichtvervuiling te minimaliseren: • Werkverlichting wordt uitsluitend toegepast wanneer en voor zover dat noodzakelijk is voor het veilig kunnen verrichten van werkzaamheden en voor een veilig verblijf van personeel op het platform of de boorinstallatie. • Werkverlichting is zodanig opgesteld, afgesteld, ingericht en de lampen zijn zodanig naar buiten toe afgeschermd, dat lichtuitstraling naar het Natura 2000-gebied zoveel als mogelijk wordt voorkomen. • De werklampen op de schepen dienen voorzien te zijn van armaturen die onnodige lichtemissie buiten de schepen voorkomen.	3,7
Seizoensgebonden werken	• Aanleg- en boorfase: er worden geen activiteiten verricht in het Friese Front in de periode juli tot en met oktober. • Productiefase: regulier en groot onderhoud worden buiten de periode juli tot en met oktober gepland.	4,0

Natuurbeschermende maatregel		
Maatregel	**Toelichting: gebied en toepassing**	**Score afwegingskader**
Aanpassen begraafmetho-den kabels/leidingen	De wijze van begraven van de 12”pijpleiding moet zodanig gebeuren, dat zeker gesteld wordt dat deze minimaal 1 meter onder de zeebodem komt te liggen. In het geval van het L7-F project is sprake van een bodem die voornamelijk uit zand bestaat en daarom geschikt is om dit door middel van ‘jetten’ te bereiken. Deze methode heeft dan ook sterk de voorkeur om toegepast te worden. Deze methode heeft als voordeel dat het verstoorde oppervlak zo klein mogelijk blijft. Deze methode is nadeliger voor vertroebeling. Bij mechanical trenching is dit andersom. In het MER zijn beide opties op een worst-case scenario onderzocht. Toelichting: 1. De trencher is geen Jet-Sled. Deze wordt namelijk over de bodem getrokken op een soort sledes aan weerszijden van de leiding en is moeilijk bestuurbaar, met een grotere kans op schade aan de coating. In het geval van L7-F beweegt de trencher zich voort op rupsbanden over de zeebodem, gestuurd met veel sensoren die schade aan de leiding voorkomen. De totale werkende breedte van het ‘gefluideerde’ zeebed is naar schatting maximaal 3m. Het zand wordt voor het overgote deel niet weggespoten, maar door het inspuiten van water verandert het in drijfzand, waar de leiding doorheen zakt en zo de begraafdiepte behaalt. Het daarbij behorende verstoorde oppervlakte is dan 27000 x 3 = 81000 m2 (8.1 ha). Naar aanleiding van de resultaten in het bodemonderzoeksrapport is de verwachting 95% dat met de hierboven omschreven methode de vereiste diepte bereikt wordt. 4. Op plaatsen waar de vereiste diepte niet is bereikt, zal de trencher nogmaals een ‘remedial’ slag doen, waarbij afhankelijk van de situatie – naast het jetten – tot toepassing van de Mechanical methode wordt besloten. Dit gebeurt met dezelfde machine, maar nu met toepassing van graafarmen (‘grabbing arms’). Dit zijn zwaarden die van kettingen zijn voorzien en bestemd zijn voor hardere ondergrond. Het losmaken van de bodem vindt nu voornamelijk in de diepere laag plaats met weinig beroering aan de oppervlakte omdat de ‘Trench’ nog gevuld is met gefluideerd zand. Mechanische graafarmen worden gebruikt waar de samenstelling van de bodem het fluidiseren van de bodem en het inzinken van de leiding onvoldoende mogelijk maakt (klei, veen). Dit gebeurt dan bij de eerste slag. Mechanische armen toepassen bij een al gedeeltelijk begraven leiding is erg complex in verband met de daar al aanwezige pijpleiding. Toepassing van deze methode ligt echter niet in de lijn der verwachting.	3,3
ADD onder water	Indien deze maatregel door het bevoegd gezag noodzakelijk wordt geacht, zal Eni Energy deze maatregel treffen.	3,3
Heiprotocollen (soft start)	Er wordt gebruik gemaakt van een soft start procedure bij het opstarten van hei-werkzaamheden (conductor en platform palen). In combinatie met een PAM en MMO.	3,3

Natuurbeschermende maatregel		
Maatregel	**Toelichting: gebied en toepassing**	**Score afwegingskader**
Geluidsvermin-dering bij de bron	Eni Energy maakt gebruik van hamers die volgens de laatste stand der techniek al zo min mogelijk geluidsbelasting veroorzaken.	3,8
Geluidsvermind ering rondom de bron	Er worden geluidsbeperkende maatregelen getroffen om effecten op de bruinvis te mitigeren: er wordt een dubbel bubbel scherm ingezet dat leidt tot een geluidsreductie tot onder de 164 dB.	4,0

Natuurversterkende maatregelen		
Maatregel	**Toelichting**	**Score afwegingskader**
Natuurinclusieve erosiebescherming	**Natuurinclusieve matrassen** Eni Energy zal natuurinclusieve matrassen plaatsen op de laatste ca. 100 m onbegraven pijpleiding en de aansluitstukken tussen het einde hiervan en het L7-F platform. Deze matrassen hebben geen "glad" oppervlak, maar een grovere structuur met gaten erin. Er ontstaat een klein kunstrif, zodat soorten zich gemakkelijker op de matrassen kunnen nestelen. Aan de matrassen kunnen volwassen oesters worden bevestigd om een oesterrif te helpen ontstaan. Matrassen zoals die worden gebruikt om delen van de leiding te bedekken zijn flexibel en resulteren niet in een glad oppervlak. Ze bestaan uit blokken, in een soepel model gehouden door draden. Eenmaal neergelegd zitten ze vol kleinere en grotere, diepere en ondiepere spleten, waar van alles in kan groeien en leven.  De matrassen dienen dan een drieledig doel: 1. De bescherming van de leiding tegen eventueel vallende voorwerpen vanaf het platform of uit de platformkraan. 2. Het gewicht van de matrassen zorgt ervoor dat de leiding stabiel op de bodem blijft liggen. 3. Het bevorderen en versnellen van marine aangroei in de directe omgeving van het platform. De omgeving rondom het platform jacket (onderbouw) is een uitstekende locatie om dit soort maatregelen uit te voeren. Omdat er niet gevist mag worden, heeft deze omgeving geen last van sleepnetten en dergelijke. Om deze reden treft Eni Energy deze maatregel overigens niet op kruisingen.	4,5

Natuurversterkende maatregelen		
Maatregel	**Toelichting**	**Score afwegingskader**
Kunstmatige riffen in waterkolom	**Vishotel/kabeljauwhotel (focus ligt op volwassen vissen)** Een vishotel kan bijvoorbeeld worden vervaardigd uit draadkorven of betonnen buizen met een ruw oppervlak dat aan de onderconstructie van een platform kan worden vastgemaakt. Het kan worden gepositioneerd in de luwte van de constructie om goede condities te creëren voor de vestiging van marine organismen. Een vishotel bevat holtes waarin vissen en onderwaterdiertjes, zoals krabbetjes, kunnen schuilen voor grotere vissen en watervogels. Ook schelpdieren, algen en waterplanten kunnen zich makkelijk hechten en groeien aan het ruwe oppervlak van het hotel. Een vis- of kabeljauwhotel levert zo ook een bijdrage aan de voedselvoorziening van beschermde soorten. Hierin is voorzien voor het nieuwe L7-F jacket. De vishotels worden bij de constructie van het jacket al ingebouwd. 	3,5

Natuurversterkende maatregelen		
Maatregel	**Toelichting**	**Score afwegingskader**
Kunstmatige riffen in waterkolom	**Biohut (focus ligt op vislarven)** Biohutten zijn stalen kooien gevuld met stenen, schelpen en mosselen. Door voedsel en beschutting te bieden aan de jonge vissen, heeft de Biohut een ecologische kinderkamerfunctie. De Biohut bestaat uit verschillende kooien: de binnenste kooi is gevuld met lege oesterschelpen waar een grote verscheidenheid aan algen en kleine schaaldieren zich vasthechten. Dit biedt voedsel aan de kleine vissen, terwijl de lege kooien eromheen bescherming bieden. Biohutten kunnen aan de onderconstructie van een platform worden bevestigd. Er zijn diverse smallere en minder smalle sleuven en spleten in de onderconstructie van het L7-F platform die de omschreven functie zouden kunnen vervullen. 	3,5

RAPPORT

Ecologische effectbeoordeling gaswinning L7-F

Natura 2000 en Flora en Fauna

Klant:	Eni Energy Netherlands B.V.
Referentie:	BH5808-146
Status:	Definitief/1.0
Datum:	4 november 2025

Haskoning
Enhancing Society Together

HASKONING NEDERLAND B.V.

Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
Netherlands
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
E-mail: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Ecologische effectbeoordeling gaswinning L7-F
Ondertitel:	Natura 2000 en Flora en Fauna
Referentie:	BH5808-146
Uw kenmerk	BH5808-146 Natuurtoets L7-F
Status:	Definitief/1.0
Datum:	4 november 2025
Projectnaam:	MER Gaswinning L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Auteur(s):	Haskoning
Opgesteld door:	JP, JvD, RL
Gecontroleerd door:	Haskoning, Eni
Datum:	03 november 2025
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	04 november 2025
Classificatie:	Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Haskoning
Enhancing Society Together

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Het voornemen: gaswinning L07-F 1
1.2 Maatschappelijk belang 2
1.3 Het Natura 2000-beheerplan Friese Front 2
1.3.1 Huidige en toekomstige activiteiten 3
1.3.2 Olie – en gaswinning in het Beheerplan 3
1.4 Waarom deze ecologische effectbeoordeling? 5
1.5 Leeswijzer 5

2 Beschrijving van de voorgenomen activiteit 6
2.1 Inleiding 6
2.2 Platformlocatie en leidingroutes 6
2.3 Aanlegfase 8
2.4 Boorfase 9
2.5 Productiefase 13
2.6 Ontmantelingsfase (decommissioningsfase) 14
2.7 Planning 15
2.8 Toegepaste standaardvoorzieningen 16
2.9 Overzicht van activiteiten 17

3 Wettelijk kader 3
3.1 Inleiding 3
3.2 Nederlandse natuurwetgeving 3
3.2.1 Natura 2000 (Ow Bal § 11.1) 3
3.2.2 Beschermde soorten (Ow Bal § 11.2) 4
3.3 Overige wet-, regelgeving, en richtlijnen 6
3.3.1 Kaderrichtlijn Mariene Strategie 6
3.3.2 OSPAR 6
3.3.3 ASCOBANS 7

4 Huidige natuurwaarden 8
4.1 Beschermde gebieden 8
4.1.1 Friese Front 8
4.1.2 Noordzeekustzone 8
4.1.3 KRM 8
4.2 Beschermde soorten 10

5 Voortoets - Beschrijving van de effecten 12
5.1 Verstoringen door trillingen en geluid 15

5.1.1 Bovenwatergeluid 16
5.1.2 Onderwatergeluid 22
5.2 Optische verstoring en licht 35
5.2.1 Optische verstoring 36
5.2.2 Lichtuitstraling 40
5.3 Oppervlakteverlies 42
5.3.1 Productieplatform, erosiebescherming en putten 42
5.4 Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat 44
5.4.1 Pijpleiding 44
5.4.2 Boor- en productieplatform 46
5.5 Vertroebeling 47
5.5.1 Pijpleiding 48
5.5.2 Lozing boorspoeling 51
5.6 Sedimentatie 58
5.6.1 Pijpleiding 58
5.6.2 Lozing boorgruis- en spoeling 60
5.7 Verontreiniging 64
5.7.1 Lozing van verontreinigd water 64
5.7.2 Lozing van boorgruis- en spoeling 65
5.7.3 Onvoorziene voorvallen 66
5.8 Emissies naar de lucht en stikstofdepositie 67
5.9 Samenvatting 68

6 Effectbeoordeling Natura 2000 (Passende Beoordeling) 70
6.1 Inleiding en methodiek 70
6.2 Friese Front 70
6.2.1 Zeekoet 70
6.3 Noordzeekustzone 75
6.3.1 Zeezoogdieren 75
6.4 Conclusies Natura 2000 (Passende Beoordeling) 81
6.4.1 Friese Front 81
6.4.2 Noordzeekustzone 81

7 Effectbeoordeling Flora en Fauna (Soortentoets) 83
7.1 Methode 83
7.2 Zeezoogdieren 83
7.2.1 Mitigerende maatregelen onderwatergeluid 83
7.3 Vogels 84
7.3.1 Mitigerende maatregelen 85
7.4 Vleermuizen 87
7.5 Conclusie Soortentoets 88

8 Cumulatie 89

8.1 Relevante projecten 90
8.1.1 Olie- en gaswinning 90
8.1.2 Wind op Zee Nederland 92
8.1.3 Net op Zee Nederland 94
8.1.4 Carbon Capture and Storage (CCS) 95
8.2 Overzicht projecten cumulatietoets 96
8.3 Cumulatieve effecten impulsief onderwatergeluid 97
8.3.1 L7-F (onderhavig project) 97
8.3.2 Boulder survey en UXO-onderzoek L7-F 99
8.3.3 Productieboring Q10-Orion 99
8.3.4 Wind op Zee Nederland 101
8.3.5 Net op Zee Nederland 101
8.3.6 Aramis CCS 102
8.3.7 Conclusie cumulatieve effecten impulsief onderwatergeluid 102
8.4 Cumulatieve effecten oppervlakteverlies Friese Front 103
8.4.1 L7-F 103
8.4.2 Bestaande olie- en gasproductieplatforms 104
8.4.3 Conclusie cumulatieve effecten oppervlakteverlies Friese Front 104

9 Conclusie ecologische effectbeoordeling 106

10 Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) 107

10.1 D1 Biodiversiteit 107
10.2 D2 Niet-inheemse soorten 109
10.3 D3 Commerciële geëxploiteerde soorten vis, schaal- en schelpdieren 109
10.4 D4 Voedselweb 109
10.5 D5 Eutrofiëring 110
10.6 D6 Integriteit zeebodem/benthische habitats 110
10.7 D7 Hydrografische eigenschappen 113
10.8 D8 Vervuilende stoffen 114
10.9 D9 Vervuilende stoffen in vis en andere visserijproducten 114
10.10 D10 Zwerfvuil 114
10.11 D11 Toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid 114
10.12 Toetsing conform KRM-handreiking 115
10.13 Conclusie effectbeoordeling KRM 120

11 Referenties 121

Bijlagen

A1 Bird monitoring protocol
A2 Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Friese Front
A3 Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Noordzeekustzone
A4 Relevante natuurwaarden

1 Inleiding

1.1 Het voornemen: gaswinning L07-F

Eni Energy Netherlands B.V. (hierna: Eni Energy) wil het aardgasveld in de blokdelen L07e/L08f op het Nederlands Continentaal Plat (hierna: NCP) in ontwikkeling brengen. Het veld ligt onder het Nederlandse deel van de Noordzee en betreft een zogenaamd 'klein veld'. De aanwezigheid van economisch winbare gasreserves in dit veld is met exploratieboring L7-17 aangetoond. Voor de boring is een opsporingsvergunning verleend voor blokdelen L07e/L08f (besluit van 11 april 2022). Eni Energy wil aardgas winnen met een nieuw te plaatsen mijnbouwinstallatie (platform). Het platform wordt aangeduid als 'L7-F'.

Initiatiefnemer
De initiatiefnemer is Eni Energy, die zich (onder meer) toelegt op olie- en gaswinning uit kleine velden op de Noordzee. Eni Energy is gevestigd op het volgende adres:

Eni Energy Netherlands B.V.
Prinses Beatrixlaan 5
2595 AK Den Haag

Scope
Voor L7-F richt Eni Energy zich op de gaswinning in blokdelen L07e/L08f uit maximaal vier putten die worden aangesloten op het platform L7-F. Eni Energy is voornemens het bestaande E17-A platform geschikt te maken voor hergebruik als het nieuwe L7-F platform. Voor de winning wordt een bestaande exploratieput omgezet in een productieput (L7-F1). Aanvullend worden door Eni Energy nog twee nieuwe productieputten geboord (L7-F2 en L7-F3).

Voor de afvoer van het gewonnen aardgas wordt een pijpleiding aangelegd naar de bestaande NOGAT-leiding op 27 km afstand van de L7-F locatie. Om te bepalen of de pijpleiding goed is ingegraven in de zeebodem, wordt middels verschillende meetapparatuur een survey uitgevoerd met een schip (*multi-beam echosounder* en *sub-bottom profiler*). De meetapparatuur zendt geluidsgolven uit om de structuur van de zeebodem te bepalen. Van deze twee methodes valt het geluid van de *sub-bottom profiler* binnen het gehoorbereik van zeezoogdieren. De NOGAT-leiding voert aardgas af naar de vaste wal.

Na beëindiging van de gaswinning worden de putten afgesloten en de installaties verwijderd.

Hieronder volgt globaal een overzicht van de verschillende fases voor gaswinning op het NCP:

- De **aanlegfase** waarin het productieplatform wordt geplaatst en voor de afvoer van het gewonnen aardgas een pijpleiding wordt aangelegd. Bij de aanleg van de pijpleiding wordt een survey schip ingezet om te bepalen of de pijpleiding goed is ingegraven.
- De **boorfase** waarin met behulp van een mobiele boorinstallatie (een boorplatform) twee putten naar het aardgasveld worden geboord en de al bestaande put wordt omgewerkt tot productieput. De putten worden in deze fase ook schoongeproduceerd.
- De **productiefase** waarin het aardgas met behulp van de productie-installatie wordt gewonnen en op het platform behandeld. Het gewonnen aardgas wordt met een pijpleiding afgevoerd naar het vasteland.
- De **ontmantelingsfase** waarin de putten worden afgesloten en de productie-installatie en eventueel de pijpleiding worden verwijderd nadat het gasveld leeg is geproduceerd.

De bouwkundige en technische aanpassing van het te gebruiken platform valt buiten de scope van dit project.

1.2 Maatschappelijk belang

Het Rijk streeft ernaar om – binnen randvoorwaarden van veiligheid, natuur, milieu en ruimte – de binnenlandse gasproductie de komende jaren zoveel mogelijk op peil te houden, vooral door de productie van gas uit de kleine velden onder de Noordzee. De reden hiervoor is dat aardgas, als relatief schone en flexibele energiebron, een belangrijke rol vervult in de transitie naar een energievoorziening op basis van hernieuwbare energiebronnen. In dit kader heeft de minister van EZK in zijn Kamerbrief van 30 mei 2018 aangegeven dat hij inzet op verdere gaswinning uit kleine velden in Nederland en op het NCP om import van gas te beperken: '*zelf winnen is beter voor het klimaat, beter voor de werkgelegenheid en de economie, beter voor het behoud van de aanwezige kennis van de diepe ondergrond en van de aanwezige gasinfrastructuur, en ook beter geopolitiek'*.

De Minister van EZK bestendigt dit beleid in de zogenaamde Contourennota voor de nieuwe Mijnbouwwet (Kamerbrief van 20 januari 2023, 32 849, nr. 214). Hierin staat, onder meer:

'In de energietransitie wordt ingezet op besparing en de ontwikkeling van duurzame energie. Gas zal echter, als transitiebrandstof, de komende jaren noodzakelijk blijven. Aardgas speelt nog een belangrijke rol in de Nederlandse energiehuishouding. (…) De Nederlandse gaswinning op land en op zee levert de komende jaren een belangrijke bijdrage aan de leveringszekerheid. (…) Gas gewonnen in Nederland vervangt deels de import van fossiele energie uit andere landen. Eigen geproduceerd gas heeft in de huidige omstandigheden als voordeel dat het een aanzienlijk lager niveau van uitstoot van broeikasgassen kent dan de alternatieven. (…) Het meest aardgaspotentieel zit op de Noordzee. Het is noodzakelijk dat de winning van aardgas op de Noordzee gestimuleerd wordt. Als dit niet nu gebeurt, dan zal de infrastructuur snel verdwijnen en worden nieuwe ontwikkelingen te duur. Het kabinet heeft uw Kamer daarom deze zomer geïnformeerd over het versnellingsplan op zee'.

De gaswinning uit het aardgasveld is zodoende in lijn met het Nederlandse energiebeleid.

Bij het ontwikkelen van de L7-F locatie houdt Eni tevens rekening met de afspraken die in het Noordzeeakkoord zijn gemaakt ten aanzien van activiteiten in natuurgebieden op de Noordzee. In het Noordzeeakkoord staat onder meer:

'De huidige praktijk dat onder strikte voorwaarden kan worden gewonnen in Natura 2000 gebieden wordt voortgezet. Deze voorwaarden voldoen aan de te formuleren bovenwettelijke Best Beschikbare Technieken voor milieubeschermend en natuurversterkend bouwen en exploiteren zoals in de governance structuur van het NZO periodiek zal worden vastgelegd.' [1]

1.3 Het Natura 2000-beheerplan Friese Front

Om de specifieke natuurwaarden van het Natura 2000-gebied het Friese Front te beschermen, is het Natura 2000-beheerplan Friese Front (2023-2029) (het Beheerplan) opgesteld. Het Friese Front is een open zeegebied in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ) ten noorden van de Waddeneilanden op een afstand van ongeveer 75 km uit de kust. Het gebied heeft een oppervlakte van circa 2.882 km^2. Het Friese Front is op 15 juni 2016 door de minister van Economische Zaken in overeenstemming met de minister van Infrastructuur en Waterstaat aangewezen als Vogelrichtlijngebied voor de vogelsoort zeekoet. Binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied geldt als algemene exclavering dat bestaande

[1] *Het akkoord voor de Noordzee, p. 22.*

bebouwing of bouwwerken, waaronder mijnbouwinstallaties ten behoeve van olie- en gaswinning (inclusief pijpleidingen), geen deel uitmaken van het aangewezen gebied.

Menselijke activiteiten op het Friese Front hebben in meer of mindere mate invloed op de natuurwaarden in het gebied. In het Natura 2000-gebied Friese Front bestaan die activiteiten voornamelijk uit scheepvaart, visserij en mijnbouwwerkzaamheden met betrekking tot gaswinning.

1.3.1 Huidige en toekomstige activiteiten

Natura 2000-beheerplannen gaan in principe over huidige activiteiten, de effecten daarvan op de instandhoudingsdoelstellingen en maatregelen om de instandhoudingsdoelstellingen te realiseren. Om te bepalen of de realisatie van de doelstelling wordt belemmerd door menselijke activiteiten in het gebied zijn de huidige activiteiten geïnventariseerd en is getoetst wat de effecten van deze activiteiten zijn op de Natura 2000-instandhoudingsdoelstelling. Activiteiten die op het moment van toetsing ten behoeve van het beheerplan geen significant negatieve effecten hadden, kunnen ongewijzigd worden voortgezet, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat hun mogelijke negatieve effect nog niet tot uiting gekomen kan zijn in de actuele lokale toestand waarin de betreffende soort zich bevindt.

Voor ieder toekomstig initiatief moet een ecologische voortoets worden uitgevoerd. Indien op basis daarvan niet met zekerheid kan worden uitgesloten dat significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van een Natura 2000-gebied optreden, is een passende beoordeling vereist en moet een natuurvergunning worden aangevraagd. Als uit deze beoordeling blijkt dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet worden aangetast, kan een vergunning worden verleend, eventueel onder voorwaarden, zoals de verplichte toepassing van mitigerende maatregelen. Indien ook met mitigerende maatregelen nog sprake is van mogelijke significante effecten, dan kan de vergunning alleen worden verleend indien wordt voldaan aan de voorwaarden van de ADC-toets: er zijn geen alternatieven, er is sprake van dwingende redenen van groot openbaar belang en er wordt adequate compensatie getroffen.

1.3.2 Olie – en gaswinning in het Beheerplan

Ten behoeve van gaswinning zijn enkele tientallen boven- en onderwaterplatforms aanwezig in en rondom het Natura 2000-gebied Friese Front. De aanwezigheid van deze platforms zorgt, naast het ruimtegebruik, ook voor meer scheepvaart- en vliegverkeer (helikopters). Het is de verwachting dat olie- en gaswinning op de Noordzee op de langere termijn zal afnemen. Enerzijds door het uitputten van olie- en gasvoorraden, anderzijds is in het Noordzeeakkoord afgesproken dat gaswinning in Natura 2000-gebieden wordt uitgefaseerd. In de toekomst wordt, in verband met de energietransitie, meer energie uit wind op zee ontwikkeld. In de toekomstscenario's is rekening gehouden met CO_2-opslag in de velden op zee. Offshore winning van olie en gas neemt in de scenario's af tot nul in 2050. Dit is in overeenstemming met de huidige inzichten over winning van gas uit de zogenoemde kleine velden.

Bestaande platforms

Om te bepalen of de realisatie van de doelstelling van het Beheerplan wordt belemmerd door menselijke activiteiten in het gebied zijn de huidige activiteiten geïnventariseerd en is getoetst wat de effecten van deze activiteiten zijn op de Natura 2000-instandhoudingsdoelstelling. Het merendeel van de huidige activiteiten in het Natura 2000-gebied Friese Front die gereguleerd worden via de Omgevingswet, heeft geen significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstelling. Activiteiten waarvan niet uitgesloten kan worden dat ze significant (negatieve) effecten veroorzaken op de instandhoudingsdoelstelling, zijn in beginsel vergunningplichtig in het kader van de Omgevingswet.

In een Natura 2000-beheerplan bestaat de mogelijkheid om dergelijke activiteiten van deze vergunningplicht vrij te stellen indien in een (als passende beoordeling te beschouwen) toets is vastgesteld dat, al dan niet

dankzij mitigerende voorwaarden, dergelijke significante effecten uitgesloten kunnen worden. Om duidelijk te maken wat op een activiteit van toepassing is, zijn activiteiten ingedeeld in categorieën. Het gaat om de volgende vier categorieën:

1. vrijgestelde vergunningplichtige activiteiten, zonder specifieke voorwaarden;
2. vrijgestelde vergunningplichtige activiteiten, mét specifieke voorwaarden;
3. vergunningplichtige activiteiten die (afzonderlijk) vergunningplichtig blijven;
4. niet-vergunningplichtige activiteiten, wel mitigatie vereist.

De normale bedrijfsvoering van bestaande mijnbouwinstallaties valt in categorie 2. Onder de normale bedrijfsvoering van productieplatforms wordt verstaan: de ‘dagelijkse activiteiten’ waarbij geluid en licht worden geproduceerd en activiteiten zoals de lozing van regen-, spoel- en schrobwater, aangroeiwering, corrosiepreventie en lozing van sanitair afvalwater. Het onderwatergeluid tijdens de productiefase is gering en beperkt zich tot de zeer directe omgeving van het platform. Voor de aan- en afvoer van materiaal en voor onderhoud van de installaties worden schepen en helikopters ingezet. Helikopters en schepen gaan enkele malen per week naar productieplatforms, waarbij zoveel mogelijk wordt geprobeerd om vluchten en vaartuigen te combineren om kosten te sparen en effecten te voorkómen. De aan- en afvoer van mensen en materieel door schepen en helikopters vindt regelmatig plaats, maar is doorgaans kortdurend en beperkt zich tot de directe omgeving van het platform. Daarbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van scheepvaart- en vliegroutes en zo min mogelijk lager gevlogen dan 450 m.

Zoals gesteld in het Beheerplan voor het Natura 2000-gebied Friese Front zijn de effecten van de normale bedrijfsvoering van de mijnbouwsector klein wanneer de volgende voorwaarden worden opgevolgd:

- De concentraties van olie en chemicaliën in lozing van productiewater, regen-, spoel- en schrobwater en sanitair afvalwater dienen te voldoen aan artikel 9.1 van de Mijnbouwregeling en artikel 80 van het Mijnbouwbesluit.
- Afval (zoals o.a. plastic en huishoudelijk afval) en andere afvalstoffen (met uitzondering van productiewater en regen-, spoel- en schrobwater) mogen niet geloosd of gestort worden. Deze voorwaarde is gebaseerd op voorschriften uit bestaand beleid zoals vastgesteld in het Mijnbouwbesluit art. 80.
- Vaarbewegingen van werkverkeer naar en van de platforms vinden zoveel mogelijk buiten de periode van juli tot en met oktober plaats.
- Wanneer het toch noodzakelijk is om voor aan- en afvoer van materiaal of voor onderhoud de installaties in het Natura 2000-gebied Friese Front met een schip te bezoeken in de periode juli-oktober, dan wordt gebruik gemaakt van de scheepvaartroute en de route daarbuiten zo kort mogelijk gehouden. Wanneer dit niet mogelijk is, wordt omgevaren om het Natura 2000-gebied Friese Front zo kort mogelijk te doorkruisen.

Nieuwe platforms
Er zijn ook vergunningplichtige activiteiten die niet zijn vrijgesteld in dit beheerplan en dus vergunningplichtig blijven. Deze activiteiten vallen in categorie 3 (zie hierboven). Voor de Mijnbouw gaat het dan, onder meer, om (proef)boringen en het plaatsen en verwijderen van platforms.

Alle mijnbouwactiviteiten die gerelateerd zijn aan het opsporen van aardgas- en aardolievoorraden en de aanleg van nieuwe constructies zijn vergunningplichtig. Bij (proef)boringen en plaatsen of verwijderen van platforms, inclusief het aanleggen en verwijderen van kabels en leidingen kan sprake zijn van ernstige verstoring door geluid op de zeekoet. Daarnaast kunnen de werkzaamheden leiden tot verstoring van de zeekoet door de aanwezigheid van menselijke activiteiten, met name door vaarbewegingen. De mate van impact op de instandhoudingsdoelstelling kan per activiteit en locatie verschillen. Daarom blijven deze activiteiten vergunningplichtig in het kader van de Omgevingswet.

De aanleg en verwijdering van kabels en leidingen is een vergunningplichtige activiteit. De verwijderingsplicht is onderdeel van de vergunning. Door de werkzaamheden kan onder andere sprake zijn van verstoring van zeekoeten en van vertroebeling, wat weer een effect kan hebben op de voedselbeschikbaarheid van de zeekoet. De mate van impact op de instandhoudingsdoelstelling kan per activiteit en locatie verschillen. Daarom blijven ook deze activiteiten vergunningplichtig in het kader van de Omgevingswet.

Gaswinning L7-F
Het Beheerplan staat niet in de weg aan de ontwikkeling van een nieuw platform, zoals het L7-F platform. Uit het Beheerplan volgt immers expliciet dat nieuwe mijnbouwactiviteiten in categorie 3 vallen en vergunningplichtig zijn. Eni Energy doorloopt thans de procedures om de vergunningen te verkrijgen. Realisatie van het project is evenmin in strijd met de verwachting dat olie- en gaswinning op de Noordzee op de langere termijn zal afnemen. Eni Energy gaat ervan uit dat het L7-F platform 10 tot 15 jaar in bedrijf zal zijn. Dit betekent dat het platform begin jaren 2040 weer zal worden verwijderd. Dit is passend binnen de in het Beheerplan genoemde doorkijk dat offshore winning van gas is afgenomen tot nul in 2050.

1.4 Waarom deze ecologische effectbeoordeling?

Het doel van deze ecologische effectbeoordeling is om inzichtelijk te maken of de voorgenomen activiteiten significant negatieve effecten kunnen hebben op de beschermde gebieden en soorten in het projectgebied en in de directe omgeving van het projectgebied.

Deze ecologische effectbeoordeling maakt duidelijk óf en zo ja welke vervolgstappen nodig zijn, zoals het aanvragen van een omgevingsvergunning. De ecologische effectbeoordeling wordt in samenhang met de Milieueffectrapportage (MER) opgesteld.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de voorgenomen activiteiten, het projectgebied en de planning beschreven. Hoofdstuk 3 geeft het wettelijk kader weer. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de huidige (beschermde) natuurwaarden van het projectgebied en in de directe omgeving daarvan. In hoofdstuk 5 zijn de mogelijke effecten op beschermde natuurwaarden beschreven. In hoofdstuk 6 volgt de effectbeoordeling Natura 2000 (Passende Beoordeling) en in hoofdstuk 7 de effectbeoordeling Flora en Fauna (Soortentoets). De effecten van cumulatie zijn uitgewerkt in hoofdstuk 8. Tenslotte bevat hoofdstuk 9 de conclusie van de ecologische effectbeoordeling. Een overzicht van gebruikte literatuur en bronnen is in hoofdstuk 10 opgenomen.

Onderdeel van dit rapport zijn een aantal bijlagen, waaronder het Eni Bird Monitoring Protocol, de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden en beschrijving van relevante natuurwaarden.

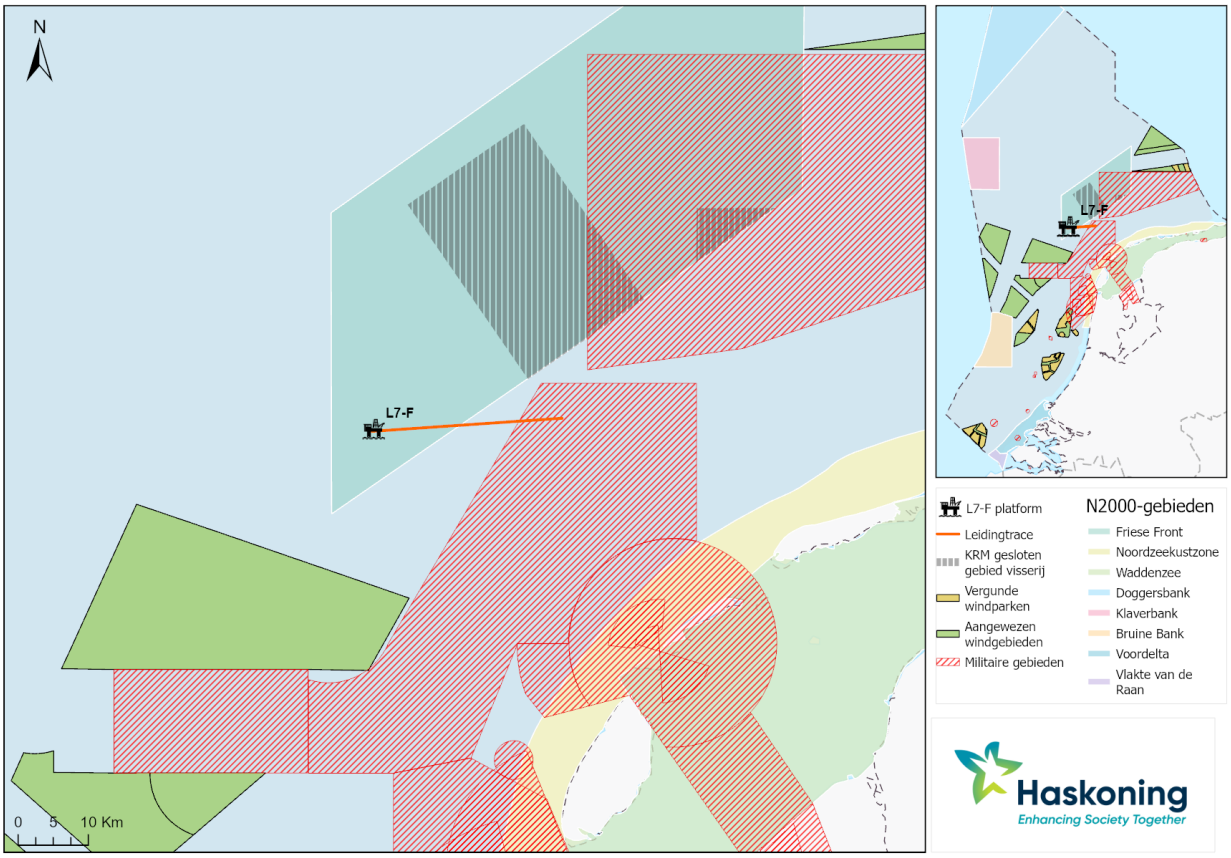
2 Beschrijving van de voorgenomen activiteit

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de voorgenomen activiteiten in het kader van het L7-F-project kort toegelicht. Voor meer details wordt verwezen naar het MER dat voor dit project is opgesteld. Voor de voorgenomen activiteit zijn verschillende alternatieven en uitvoeringsvarianten overwogen. In het MER-hoofdrapport zijn in samenhang met nadere milieueffecten afwegingen gemaakt in de alternatieven en uitvoeringsvarianten, waarna een keuze is gemaakt voor het voorkeursalternatief. Het voorkeursalternatief is in deze ecologische effectbeoordeling beschouwd.

2.2 Platformlocatie en leidingroutes

Eni Energy wil het aardgasveld ontwikkelen door een offshore productieplatform (het L7-F platform) te plaatsen. De voorziene positie van het L7-F platform is N – 53°31'20.599"; E – 4°18'16.704' (ED50)'. Figuur 2-1 toont de ligging van de toekomstige locatie van de offshore installatie. Het projectgebied ligt in blok L7 op het NCP, ongeveer 70 km ten noordwesten van Den Helder.



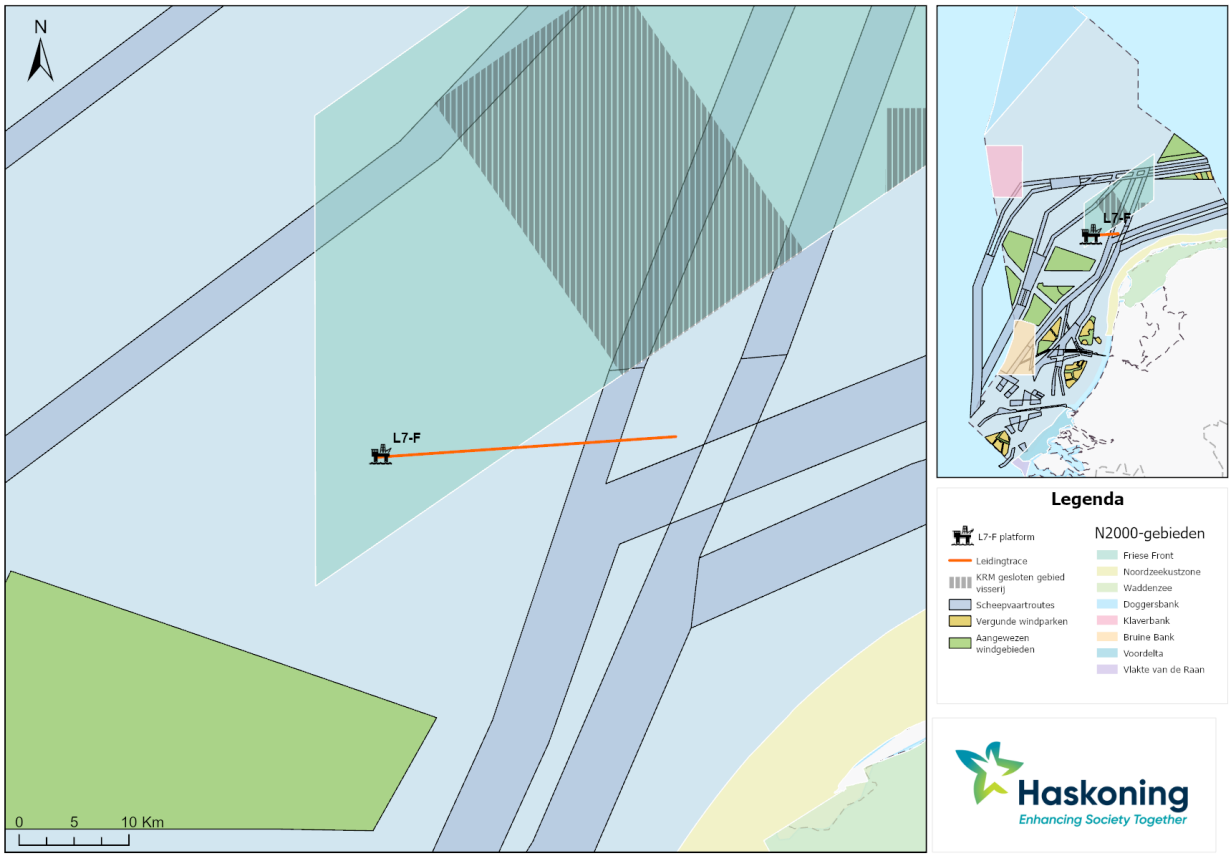
Figuur 2-1.Het projectgebied voor de gaswinning uit het aardgasveld L7-F.

Het onderhavig project is voornemens een pijpleiding aan te leggen van de platform locatie tot de aansluiting van de pijpleiding op de NOGAT-leiding. De coördinaten van dit tracé zijn aangegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1. Coördinaten mijnbouwinstallatie en pijpleiding.

	Begin	Eind
ED'50	N – 53°31'20.599" E – 4°18'16.704"	N – 53°32'19" E – 4°42'43"
WGS'84	Lat 53-31'-17.821" N Long 04-18'-12.025" E	Lat 53-32'-18.054" N Long 04-42'-44.435" E

Figuur 2-2 geeft een overzicht van het projectgebied ten opzichte van andere activiteiten (wind op zee, scheepvaart) en Natura 2000-gebieden.



Figuur 2-2. Ligging van Natura 2000-gebieden en relevante activiteiten ten opzichte van het projectgebied.

2.3 Aanlegfase

De topside van het bestaande productieplatform E17-A wordt ingezet op de L7-F locatie. E17-A is een productieplatform waarvan het exportproduct (aardgas) geschikt is om direct in de bestaande NOGAT-pijpleiding te brengen. De E17-A bovenbouw is zonder modificaties geschikt voor de aardgasproductie bij L7-F. Het beëindigen van de activiteiten van het E17-A platform op de huidige locatie maken geen deel uit van de scope van de ecologische effectbeoordeling.

De werkzaamheden in de aanlegfase zijn onderverdeeld in de volgende deelactiviteiten:

- Transport van de bovenbouw van het E17-A offshore platform naar de L7-F locatie en installatie.
- Plaatsing van een nieuwe onderbouw ('jacket') en installatie van de huidige E17-A bovenbouw (topside) op de onderbouw.
- Aanleggen van de pijpleiding.
- Uitvoeren van een survey bij de aanleg van de pijpleiding.
- Aansluiten van de putten op het platform.
- Testen en opstarten van de installatie.

Offshore platforms bestaan uit een onderbouw (jacket) en een bovenbouw (topside). De onderbouw is de draagstructuur van het platform. De bovenbouw (het eigenlijke platform) bevat ondersteunende installaties. Ter voorbereiding wordt de onderbouw op land zo compleet mogelijk gebouwd om werkzaamheden op de locatie L7-F te beperken. Vervolgens wordt de nieuwe onderbouw op het dek van een transportschip naar de locatie gebracht en daar met behulp van een kraanschip geïnstalleerd. De onderbouw wordt met heipalen in de zeebodem verankerd.

De E17-A bovenbouw wordt op de huidige locatie gereed gemaakt voor verwijdering en transport. Dat houdt in dat de E17-A bovenbouw wordt losgekoppeld van de onderbouw en met een kraanschip van zijn onderbouw worden getild. Daarna wordt deze bovenbouw per schip naar de L7-F locatie vervoerd om op de nieuw geplaatste onderbouw gezet te worden.

Om het gewonnen gas en condensaat te kunnen transporteren wordt er een speciale pijpleiding aangelegd op de zeebodem. Deze aanleg gebeurt met behulp van een pijpleidingschip. De pijpleiding zal naar verwachting een lengte hebben van 27 km en een diameter hebben van nominaal 12 inch (buitendiameter van ca. 32 cm).

Op basis van een risicoanalyse wordt beoordeeld of de leiding moet worden ingegraven en zo ja, hoe diep. Voor het eventuele ingraven van de leiding wordt gebruikt gemaakt van een gespecialiseerd vaartuig. Via deze pijpleiding wordt het platform aangesloten op de bestaande NOGAT-pijpleiding.

Transportactiviteiten bij plaatsing van het behandelingsplatform
Tijdens de plaatsing van het behandelingsplatform treedt gedurende enkele weken een toename van de transportactiviteiten van en naar de platformlocatie op. Deze activiteiten betreffen:

- Het kraanschip dat wordt gebruikt voor het transport en de plaatsing van de onder- en bovenbouw van het platform.
- Een wachtschip dat tijdens deze werkzaamheden aanwezig is om scheepvaart op een veilige afstand te houden.

- Bezoeken van helikopters en een bevoorradingsschip voor de aan- en afvoer van personeel, materiaal, brandstof en afvalstoffen vanuit en naar Den Helder (voor het aantal transportbewegingen, zie Tabel 2-2).

Transportactiviteiten bij aanleg pijpleiding
Ook tijdens de aanleg van de pijpleiding treedt gedurende enkele weken een toename van de transportactiviteiten op en langs het tracé van de leiding. Deze activiteiten betreffen:

- Meerdere werkschepen voor het aanleggen van de pijpleiding.
- Een of meerdere wachtschepen voor het op veilige afstand houden van scheepvaart.
- Een ondersteuningsvaartuig bij duikwerkzaamheden.
- Bezoeken van helikopters en bevoorradingsschepen voor de aan- en afvoer van personeel, materiaal, brandstof en afvalstoffen vanuit en naar Den Helder.
- Inzet van één survey schip bij de aanleg van de pijpleiding.

Tijdsduur
De plaatsing van het platform duurt een week en de aanleg van de pijpleiding vergt tien tot twaalf weken. Deze activiteiten vallen niet noodzakelijkerwijs samen.

Milieueffecten
De belangrijkste emissies en verstoringen tijdens de aanlegfase zijn naar verwachting:

- Verstoring van de zeebodem en vertroebeling van het zeewater door de plaatsing van het platform en het leggen van de pijpleiding.
- Verstoring van vogels, vissen en zeezoogdieren door licht, geluid en beweging van de activiteiten.
- Onder- en bovenwatergeluid door de verankering van het platform.

2.4 Boorfase

Nadat het platform is geïnstalleerd, worden drie gaswinningsputten geboord (waarvan de eerste L7-F1, een afwerking van de bestaande L7-17 exploratie put betreft, L7-F2 en L7-F3). De bestaande exploratieput L7-17-ST1 omgezet naar productieput L7-F1. Er hoeft bij deze put daarom geen conductor te worden geheid; er vindt alleen een omzetting plaats tot productieput. Het heropenen van deze put gebeurt met behulp van het boorplatform, waarbij de cementpluggen worden uitgeboord. Naast de omzetting van de bestaande L7-17-ST1 put, boort Eni Energy twee nieuwe putten naar het gasveld L7-F (L7-F2 en L7-F3).

De putten worden geboord met behulp van een mobiele boorinstallatie, een zogenaamd zelfheffend boorplatform (‘jack-up rig’; zie Figuur 2-3). Een typisch boorplatform bestaat uit een boortoren waarmee de boorwerkzaamheden worden uitgevoerd met verschillende ondersteunende voorzieningen. Het boorplatform wordt gehuurd van een gespecialiseerd bedrijf, inclusief specialisten om het boorplatform te bedienen en te onderhouden. In de bovenbouw van het behandelingsplatform zijn uitsparingen (‘slots’) aanwezig voor het boren van de putten. De putten worden vanaf het boorplatform door deze uitsparingen geboord. Het is ook mogelijk om de putten te boren voordat het behandelingsplatform is geplaatst.

Figuur 2-3. Een drilling rig (op de afbeelding: bij het D18a-A platform).

Voordat met het daadwerkelijke boren van een put gestart kan worden, wordt eerst ter plaatse van de put een conductor geplaatst. Dit is een zware metalen buis met een diameter van ongeveer tachtig centimeter, die ca. vijftig meter of dieper de zeebodem ingebracht wordt door middel van heien. De conductorbuis vormt de verbinding tussen de boorvloer van het boorplatform en het boorgat. De boring wordt binnen de conductor uitgevoerd. De conductor zorgt daarnaast ook voor de stabiliteit van het bovenste deel van het boorgat en voorkomt intreding van grond- en zeewater. Omdat het bij put L7-F1 gaat om een re-entry hoeft er bij deze put geen conductor te worden geheid, en vindt er alleen een boring plaats.

Aanbrengen van de verbuizing

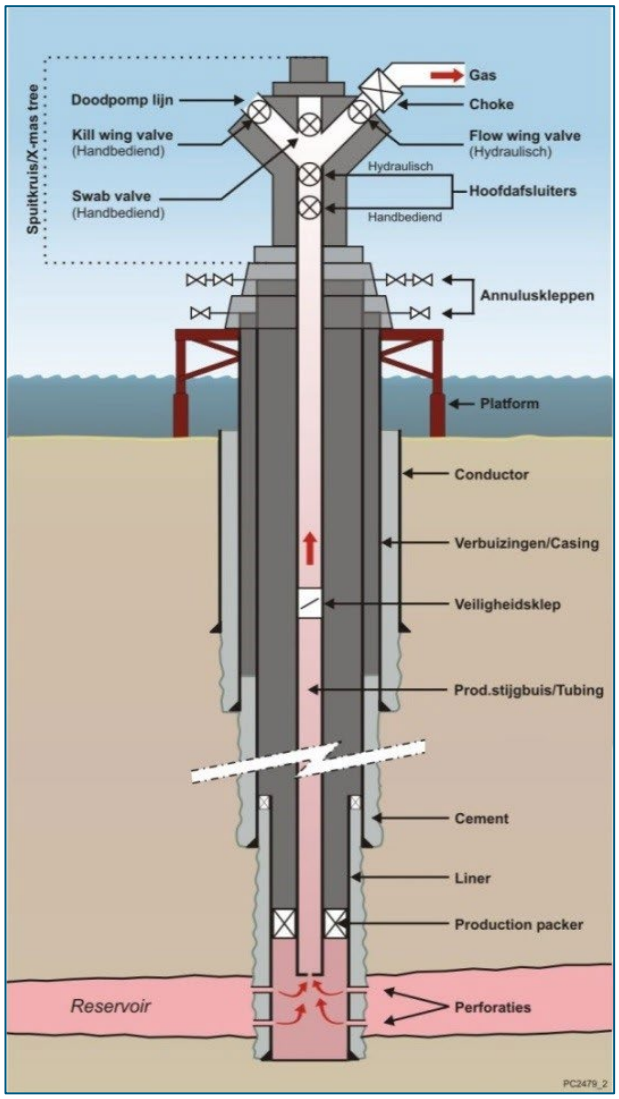
Een gasput is opgebouwd uit diverse secties met een steeds kleinere diameter (Figuur 2-4). Om te voorkomen dat het boorgat instort, wordt de geboorde sectie 'verbuisd' door stalen bekledingsbuizen ('casings' in vaktermen) in het boorgat vast te cementeren. Hierdoor wordt het boorgat gestabiliseerd en afgedicht en worden de grondlagen beschermd tegen boorvloeistoffen. Deze verbuizing voorkomt ook dat er stroming tussen verschillende aardlagen plaatsvindt en beschermt zwakkere formaties tegen mogelijk hogere drukken die dieper in de put kunnen voorkomen. Op de put wordt een ‘well head’ en een ‘Blow-out Preventer’ (BOP) geïnstalleerd. De BOP is een beveiligingsinstallatie die de put, indien nodig, op elk moment kan afsluiten.

Bij het boren van een eventuele sidetrack wordt eerst het deel van de put onder de aftakking permanent afgedicht met een aantal pluggen. Vervolgens wordt een gat in de casing gefreesd. De sidetrack wordt door dit gat heen geboord. De verdere afwerking van een dergelijke aftakking verloopt hetzelfde als bij de aanvankelijk geboorde put. Een alternatieve methode is een 'openhole sidetrack', waarbij het niet nodig is om door de casing te frezen — deze techniek werd bijvoorbeeld toegepast bij de exploratieput L7-17-ST1.

Afronding van de boring

Bij een succesvolle boring wordt de put afgewerkt als productieput. Het afwerken bestaat onder andere uit het installeren van de productiestijgbuis (de 'completion string') in de put. Als onderdeel van de productiestijgbuis wordt in de put een veiligheidsklep geplaatst die de put in geval van calamiteiten automatisch insluit. De putopening op het platform wordt voorzien van een zogenaamd spuitkruis (de 'X-mas tree' in vaktermen). De put kan met behulp van dit spuitkruis op afstand worden bediend.

De put wordt in gebruik genomen door het aardgas via de productiestijgbuis naar de oppervlakte te voeren. De productie van een put wordt verder geregeld met een smoorstuk (een 'choke valve' in vaktermen). Ook wordt iedere put voorzien van druk- en temperatuursensoren ten behoeve van de procesvoering en de aanwezige alarmerings- en beveiligingssystemen.



Figuur 2-4. Schematische weergave van een afgewerkte gasput

De putten worden geboord tot een verticale diepte van ongeveer 4 tot 5 kilometer onder het zeebed. Omdat de putten schuin worden geboord, kan de totale putlengte echter 5 kilometer of langer zijn. Bij een sidetrack wordt op ongeveer 4 kilometer diepte een aftakking in de initiële put geboord. Een sidetrack is verder identiek aan een reguliere gasput.

Eén van de putten is reeds geboord (put L7-17). Het boren vindt continu plaats (24 uur per dag, 7 dagen per week) en duurt ca. 61 dagen voor L7-F1 (side-track), 83 dagen voor L7-F2 en 83 dagen voor L7-F3. Tijdens het uitvoeren van boringen is altijd een expert van Eni Energy aanwezig om een veilige en verantwoorde uitvoering van de werkzaamheden te bewaken. Na afronding van de boorwerkzaamheden wordt het platform aangesloten op de drie putten.

Voor de effectbeschrijving in het MER wordt uitgegaan van een gemiddelde gasput (afgeleid van L7-17), die model staat voor de geplande putten vanaf de platformlocatie. De daadwerkelijk geboorde putten kunnen afwijken van deze typische put en kunnen korter, dieper of langer zijn. Bij onzekerheid over de effecten wordt uitgegaan van een worst case situatie.

Fakkelen
Na het aanboren van het aardgasreservoir worden de putten afgewerkt, voordat deze in productie kunnen worden genomen moet de put worden 'schoon geproduceerd'. De vloeistoffen en eventuele achtergebleven deeltjes kunnen niet behandeld worden op het gasproductie eiland. Tijdens deze fase wordt aardgas afgefakkeld vanaf het boorplatform. Dezelfde procedures worden ook gebruikt voor sidetracks. Eni Energy streeft ernaar om aardgas dat bij het schoon produceren vrijkomt zo spoedig als mogelijk via het behandelingsplatform af te voeren naar de NOGAT-pijpleiding. Dit beperkt de duur van het affakkelen zo veel als mogelijk[2].

Demobilisatie van het boorplatform
Na het voltooien van de boorwerkzaamheden van de putten wordt het boorplatform gereed gemaakt voor transport. Het platform wordt hiervoor langs de poten neergelaten tot aan het wateroppervlak. Vervolgens worden de poten ingetrokken, zodat het boorplatform weer drijft en met behulp van een sleepboot kan worden afgevoerd.

Transportactiviteiten tijdens de boorfase
Tijdens het uitvoeren van de boorwerkzaamheden treedt een toename van de transportactiviteiten van en naar de platformlocatie op. Deze activiteiten betreffen:

- De aan- en afvoer van het boorplatform met behulp van meerdere sleepboten.
- Een wachtschip voor het op veilige afstand houden van scheepvaart tijdens de werkzaamheden en het ondersteunen van het booreiland bij werkzaamheden nabij of boven open water.
- Bezoeken van helikopters en bevoorradingsschepen voor de aan- en afvoer van personeel, materiaal, hulpstoffen, brandstof en afvalstoffen vanuit Den Helder. Hoewel de intensiteit van de transportactiviteiten nog nader wordt bekeken, wordt op dit moment uitgegaan van gemiddeld zes helikoptervluchten per week en maximaal vier tot zes scheepsbezoeken per week.

Tijdsduur
Het boren van een gaswinningsput wordt met een separaat boorplatform (jack-up rig) uitgevoerd en vindt continu plaats (24 uur per dag, 7 dagen per week). Het afwerken tot een productieput duurt in het geval van L7-F1 ca. 61 dagen. Het boren van L7-F2 en L7-F3 duurt naar verwachting in beide gevallen 83 dagen.

Milieueffecten
De belangrijkste emissies en verstoringen tijdens de boorfase zijn naar verwachting:

- Verstoring van de zeebodem en vertroebeling van het zeewater door de lozing van boorgruis.
- Verstoring van vogels, vissen en zeezoogdieren door licht, geluid en beweging van de activiteiten.
- Onder- en bovenwatergeluid door het heien van de conductors van de putten en het boren van de putten.
- Licht, warmte en geluid van het affakkelen tijdens het testen.
- Hiernaast wordt gekeken naar effecten van onvoorziene voorvallen[3], zoals blow-outs[4] of onbedoelde lozingen.

---

[2] *Het direct verwerken van aardgas bij het testen van pre-drills is niet mogelijk omdat het behandelingsplatform in deze situatie nog niet is geïnstalleerd. Bij het testen van de pre-drills wordt daarom meer en langer gefakkeld.*

[3] *In het kader van nationale en Europese regelgeving wordt toegezien op het voorkomen van zware ongevallen, onder meer in het kader van het wettelijk verplichte Rapport inzake Grote Gevaren (RiGG). Hierin worden de risico's en effecten geanalyseerd en gemitigeerd. Deze wetgeving richt zich, behalve op de veiligheid van het personeel, ook op het voorkomen van schade aan het milieu*

[4] *Een blow-out is het ongecontroleerd uitstromen van gas uit een put waarbij grote hoeveelheden gas in het milieu terecht komen.*

2.5 Productiefase

Tijdens de productiefase wordt aardgas geproduceerd uit het aardgasveld L7e/8f. Het gewonnen gas wordt op het platform L7-F behandeld. Hulpstoffen worden via een transportschip aangevoerd. Het L7-F platform is bemand. Gedurende de nacht kan het platform op afstand worden bediend. Het biedt onder meer plaats aan:

- De bovengrondse afwerking van de putten bestaande uit veiligheids- en regelkleppen ('X-mas tree').
- Injectie van corrosie- en hydraatinhibitor in de uitgaande pijpleiding om corrosie en hydraatvorming te voorkomen.
- Hulpsystemen waaronder regel- en beveiligingssystemen en reddingsmiddelen.

Het productieproces
Het productieproces op het behandelingsplatform bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Scheiding van aardgas, water en condensaat.
- Gasbehandeling.
- Waterbehandeling.
- Compressie.

Onderhoud en inspecties
Het platform wordt robuust (onder meer in roestvast staal) uitgevoerd. Hiernaast wordt door automatisering van processen bereikt dat de grootte van de bemanning op het platform beperkt kan blijven. De roestvast stalen constructies, technische installaties, putten en pijpleiding worden periodiek geïnspecteerd en onderhouden om ze in een goede en veilige conditie te houden. Het platform heeft een helikopterdek. De intensiteit van het gebruik ervan wordt nog bekeken. Goederen worden hoofdzakelijk per schip aan- en afgevoerd.

Het onderhoud aan de pijpleiding bestaat uit inspectie van de technische staat, monitoring van de ingraafdiepte in de zeebodem (indien nodig) en waar nodig activiteiten om een leidingdeel opnieuw in te graven.

Transportactiviteiten tijdens de productiefase

- Aan- en afvoer van personeel per helikopter. De intensiteit van de helikoptervluchten wordt nog nader bekeken. In de base-case wordt uitgegaan van 4 vluchten per week.
- Aan- en afvoer van goederen en afvalstoffen per bevoorradingsschip. Er is maximaal één scheepsbezoek per twee weken.

Tijdsduur
Voor de gaswinning bij L7-F gaat Eni Energy uit van een productieduur van tien tot vijftien jaar.

Milieueffecten
De belangrijkste emissies en verstoringen als gevolg van de gasproductie op het platform zijn:

- Bij noodsituaties, afblazen van gas naar de lucht (koolwaterstofemissies).
- Geluid- en lichtuitstraling van het platform en van bezoekende helikopters en schepen.
- Beperkingen voor de scheepvaart en visserij.

Hiernaast is gekeken naar effecten van onvoorziene voorvallen, zoals blow-outs, aanvaringen of het lek raken van de gasleiding.

2.6 Ontmantelingsfase (decommissioningsfase)

Beëindiging gaswinning
De abandonnering (buitengebruikstelling) vindt plaats na beëindiging van de gaswinning. Wanneer het gasveld is leeggeproduceerd, worden de putten veilig afgesloten en wordt het platform verwijderd.

Afsluiting putten
Na het staken van de gaswinning worden de installatieonderdelen drukloos gemaakt, worden alle koolwaterstoffen verwijderd en worden de leidingen en systemen gespoeld en gereinigd. Vervolgens kan het platform in de 'warm suspension', i.e. tweede fase worden gebracht, waarbij de meeste systemen losgekoppeld en buiten gebruik worden gesteld. Gedurende deze periode kan de platformbezoekfrequentie drastisch worden verlaagd. Het op afstand monitoren van de putten blijft vereist totdat de putten permanent zijn afgesloten (‘Plugged and Abandoned’). Deze fase kan kort zijn, maar kan ook enkele jaren duren. De tijdsduur zal onder andere afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van (boor)installaties om de putten definitief te kunnen verwijderen.

De putten worden conform de dan geldende regels (op dit moment de Mijnbouwwet) afgedicht en de verbuizingen van de putten tot beneden de zeebodem verwijderd.

Nadat de putten permanent zijn afgesloten, gaat het platform in de 'cold suspension’ modus tot aan de verwijdering. Het platform of delen daarvan worden zo mogelijk elders weer gebruikt. Niet herbruikbare delen worden gerecycled of anderszins verwerkt. Ook wordt onderzocht of de leiding veilig en schoon kunnen worden achtergelaten, dan wel dat delen van de leiding moeten worden verwijderd. Een en ander is afhankelijk van de dan geldende wetgeving. Als alle installatiedelen zijn verwijderd, wordt de zeebodem geïnspecteerd en zo nodig opgeruimd om zeker te zijn dat geen (gevaarlijke) obstakels achterblijven.

Tijdsduur
De tijdsduur van de totale verwijdering van de putten, het platform en de pijpleiding wordt ingeschat op ca. een jaar. De verwachting is dat dit binnen 3 jaar na beëindiging van de productie plaatsvindt.

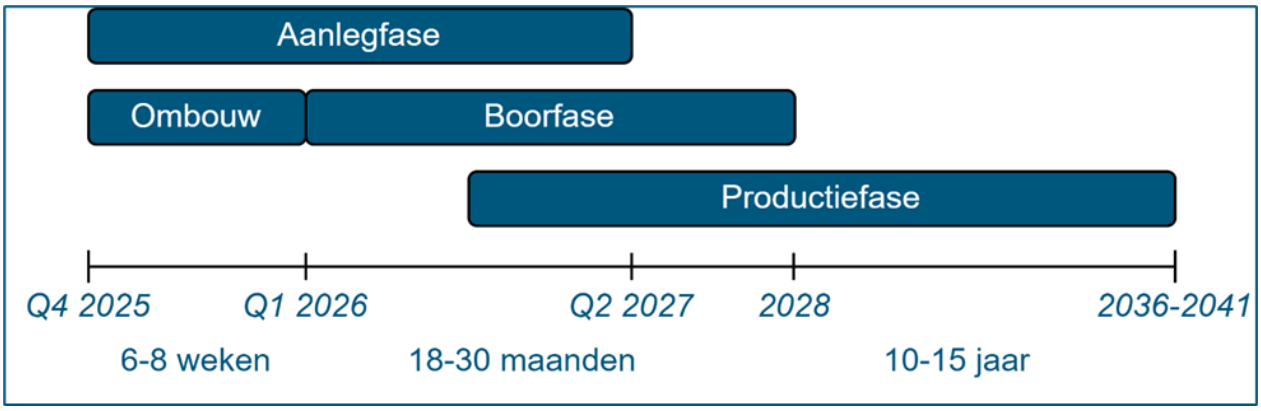
Milieueffecten
De belangrijkste emissies en verstoringen als gevolg van het ontmantelen zijn:

- Verstoring van vogels, vissen en zeezoogdieren door licht, geluid en aanwezigheid van helikopters, de schepen en de werkzaamheden daarop.
- Verstoring van de zeebodem en vertroebeling van het zeewater door de verwijdering van het platform en mogelijk het uitgraven en verwijderen van de pijpleiding.
- Geluid en emissies van betrokken schepen en apparatuur.

Omdat de decommissioning naar verwachting over 10 jaar of langer wordt gestart is nog niet bekend hoe de ontmanteling exact wordt uitgevoerd en wat de eisen daarvoor zijn. Om deze reden worden de activiteiten in de ontmantelingsfase niet separaat beoordeeld. De geluidsniveaus zijn naar verwachting niet hoger zijn dan tijdens de aanleg- en boorwerkzaamheden.

2.7 Planning

In de projectplanning is opgenomen dat alle werkzaamheden gedurende de **aanleg-** en **boorfase** plaatsvinden buiten de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober). De verwachte planning voor de verschillende fases van L7-F staat (globaal) weergegeven in de figuur hieronder (Figuur 2-5).



Figuur 2-5. Fasering gaswinning L7-F en doorlooptijden.

2.8 Toegepaste standaardvoorzieningen

Eni Energy gebruikt een uitvoeringsmethodiek waarmee de effecten van de activiteiten op de omgeving en fauna zo veel mogelijk worden beperkt. De volgende standaardvoorzieningen voor de onderwerpen lichthinder, schadelijke stoffen en onderwatergeluid worden genomen als onderdeel van de activiteit:

Bovenwatergeluid, optische verstoring en lichthinder (verstoring)

- Eni Energy maakt standaard gebruik van een vogeltrekexpert tijdens het flaren.
- Voor het fakkelen heeft Eni Energy een Bird Monitoring protocol.
- Het fakkelen start altijd overdag om de aantrekkende werking van de vlam op vogels te beperken. Het affakkelen kan door technische eisen voortduren tot na het einde van de astronomische schemering.
- De put zal worden schoon geproduceerd middels horizontale fakkel(s). De vlam van een horizontale fakkel komt minder hoog dan een verticale fakkel.
- Een vogelwachter volgt vóór en tijdens het affakkelen de vogeltrek en bepaalt of het affakkelen moet worden onderbroken of gestopt.
- De verlichting op het platform wordt zo veel mogelijk afgeschermd. Eni Energy stelt als voorwaarde dat de eigenaar van de jack-up rig voldoet aan internationale standaarden tegen onnodige lichtuitstraling.

Schadelijke stoffen/afvalstoffen

- Oliehoudend boorgruis voert Eni Energy standaard af naar de wal.
- Voor projecten op de Noordzee maakt Eni Energy gebruik van drilling rigs met motoren die draaien op ‘marine gas oil’. Dit is een ultra-laagzwavelige brandstof. Het Besluit brandstoffen luchtverontreiniging schrijft voor dat het maximale zwavelgehalte in gasolie maximaal 0,1 procent mag bedragen. Dit komt overeen met een uitstoot van 175 mg/Nm3 SO2. Bij gebruik van een brandstof met een zwavelgehalte van minder dan 0,1 procent, blijft de SO2-emissie onder de grenswaarde. Deze brandstof voldoet aan de beschreven norm.
- Bij het fakkelen maakt Eni Energy standaard gebruik van high efficiency burners, zodat de kans op het uitvallen van vloeistoffen uit de flare zoveel mogelijk wordt beperkt.
- Afvalwater wordt tot beneden de wettelijk vastgelegde concentraties ontdaan van koolwaterstoffen alvorens er wordt geloosd. Geloosd water voldoet aan de emissie-eisen van hoofdstuk 9 van de Mijnbouwregeling (< 30 ppm olie in water).
- Geproduceerd condensaat wordt in tanks afgevoerd, niet verbrand.
- Reststoffen en afval worden in containers verzameld en gescheiden afgevoerd.

Onderwatergeluid

- Bij windstilte geldt dat het verstoorde oppervlak ongeveer tweemaal zo groot is als bij gemiddelde wind (Heinis, 2018). Om die reden voert Eni Energy standaard geen hei-werkzaamheden uit als het windstil is (windstil is bij windkracht < 1 Beaufort).
- Bij het heien maakt Eni Energy gebruik van lagere energiesystemen.

2.9 Overzicht van activiteiten

Op de volgende pagina is een overzichtstabel weergegeven voor de activiteiten tijdens de verschillende fases (aanleg, productie en ontmanteling), technische details, oppervlakte (indien van toepassing) en frequentie, tijdsduur en periode (Tabel 2-2).

Tabel 2-2. Overzicht van de beoogde activiteiten.

Activiteiten	Technische details	Tijdelijk of semi-permanent oppervlakteverlies	Frequentie, tijdsduur, periode
Aanlegfase			
Installatie jacket productieplatform L7-F	▪ Beweging van barge met het jacket naar de L7-locatie ▪ Eén beweging met een heavy lift vessel van wal naar het E17-A platform en vervolgens de beoogde L7-locatie.	0,0013 km^2	1 week
Heiwerkzaamheden verankeringspalen platform	▪ Het heien van 4 platform verankeringspalen. ▪ Hei-energie: 600 kJ ▪ Aantal heislagen is 40 tot 47 per minuut. ▪ De heiduur per paal is minimaal 50 minuten.	n.v.t.	2 dagen
Heiwerkzaamheden conductors putten L7-F2 en L7-F3	▪ Het heien van conductors van twee nieuwe putten L7-F2 en L7-F3. ▪ Put L7-F1 betreft een re-entry, waardoor heien van een conductor niet van toepassing is.	n.v.t.	1 dag per conductor
Aanleg van 27 kilometer pijpleiding	▪ De pijpleiding wordt op de zeebodem gelegd en zakt door het fluïdiseren van sediment in de zeebodem. ▪ De begravingsdiepte ligt op ca. 1 m. ▪ De werkende breedte van het jetten is 1 m aan weerzijden. ▪ De pijpleiding heeft een diameter van 12 inch (ca. 30 cm). ▪ De pijpleiding verbindt het platform met de bestaande NOGAT-pijpleiding.	Jet sled: 0,08 km^2, Mechanical trenching: 0,27 km^2. Tijdelijk verlies: leiding wordt ingegraven.	10-12 weken
Steenbestortingen	▪ Rondom L7 platform (indien nodig na inspectie) ▪ Kruisingen met bestaande kabels en leidingen.	Drie kruisingen pijpleiding tracé. Totaal: 0,03 km^2	
Transportbewegingen aanlegfase	▪ Helikopter: 1x per week. ▪ Scheepsbewegingen: 2x totaal.	n.v.t.	Enkele weken
Aansluiting en inbedrijfstelling	▪ Helikopter: 1x per week. ▪ Scheepsbewegingen: 1x totaal.	n.v.t.	Enkele weken
Survey van de zeebodem	▪ Inzet van een *multi-beam echosounder* en een *sub-bottom profiler*. ▪ Survey tracé is 27 km langs het leidingtracé. ▪ *Multi-beam echosounder* creëert een hoogfrequent geluid (>200 kHz). ▪ *Sub-bottom profiler* met een primaire frequentie range van 85-115 kHz en een secondaire frequentie range van 2-22 kHz. ▪ Verstoringscontour van 1.100 m rondom het survey tracé over een lengte van 27 km. Verstoringsoppervlakte is 29,7 km^2.	n.v.t.	1 dag
Boorfase			
Boren van maximaal 2 gaswinningsputten	▪ Heien van conductor tot structurele limiet: Het heien gaat door totdat de palen hun structurele limiet bereiken, meestal rond de 140-150 slagen per voet met een S-90 hydraulische hamer (90 kJ). ▪ Heien van drie conductors: Gewoonlijk duurt het 3 dagen om de conductors te heien, maar tijdens deze dagen wordt niet continu geheid. ▪ Tijdsinschatting: Naar schatting wordt er minder dan één volledige dag besteed aan het heien van één put. ▪ Bij put L7-F1 gaat het om een re-entry, wat betekent dat er geen conductor geheid hoeft te worden en dat de put al is geboord. Er wordt enkel nog een side-track geboord.	n.v.t.	▪ Put #1 (L7-F1 re-entry): 61 dagen ▪ Put #2 (L7-F2): 83 dagen ▪ Put #3 (L7-F3): 83 dagen (realisatie in 2028)
Fakkelen	▪ 24 uur per geboorde put. ▪ 3 putten (1 re-entry, 2 nieuwe putten).	n.v.t.	▪ Put #1: 24 uur ▪ Put #2: 24 uur ▪ Put #3: 24 uur
Transportbewegingen boorfase	▪ Supply vessel: 2,5 per week. ▪ Helikopter: 5-6 per week. ▪ Sleepboten **move-in**: 3 sleepboten (1 groot, 2 klein). ▪ Sleepboten **move-out**: 3 sleepboten (1 groot, 2 klein). ▪ Stand-by vessel: continu aanwezig.	n.v.t.	▪ Put #1: 61 dagen ▪ Put #2: 83 dagen ▪ Put #3: 83 dagen

Activiteiten	Technische details	Tijdelijk of semi-permanent oppervlakteverlies	Frequentie, tijdsduur, periode
Plaatsen jack-rig boorplatform	▪ Rig met drie of vier poten.	1,257 m^2	
Lozingen	▪ Boorgruis: 1.300 ton per put. ▪ Boorvloeistof: 900 ton per put.	n.v.t.	
Productiefase			
Onderhoud	**Periodieke controle:** ▪ Platformconstructies; ▪ Installaties; ▪ Putten; ▪ Pijpleiding.	n.v.t.	10-15 jaar
Transportbewegingen productiefase	▪ Helikopter: 4 per week. ▪ Schepen: 1 per 2 weken	n.v.t.	10-15 jaar (verwachting 13 jaar)
Ontmanteling			
Afsluiting putten en platformverwijdering	▪ Afdichting van putten: Na het staken van de gaswinning worden de putten conform de geldende regels (op dit moment de Mijnbouwwet) afgedicht. ▪ Verwijdering van verbuizingen: De verbuizingen van de putten worden tot beneden de zeebodem verwijderd. ▪ Het platform of delen daarvan worden zo mogelijk elders weer gebruik.	n.v.t.	

3 Wettelijk kader

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd welke beschermingsregimes van kracht zijn voor het onderhavige project. De bescherming van inheemse soorten is in de Omgevingswet (hierna: Ow) geregeld. De Ow is in werking getreden op 1 januari 2024 en vormt de juridische basis voor de beoordeling van effecten op soorten en habitattypen onder de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn.

3.2 Nederlandse natuurwetgeving

In de Ow zijn alle wetten met betrekking tot de fysieke leefomgeving opgenomen. In het Besluit activiteiten leefomgeving (hierna: Bal) hoofdstuk 11 is de bescherming van Natuur in Nederland opgenomen. Deze wet bevat onder andere regels voor de bescherming van natuurgebieden, in het wild levende dier- en plantensoorten en houtopstanden in Nederland. Het uitgangspunt van de wet is de natuur te beschermen, mede vanwege de intrinsieke waarde, en het behouden en herstellen van biologische diversiteit zonder de lasten te verhogen.

3.2.1 Natura 2000 (Ow Bal § 11.1)

Het onderdeel Gebiedsbescherming (§ 11.1) van de Besluit activiteiten leefomgeving van de Ow regelt de bescherming van de Nederlandse Natura 2000-gebieden. Hoewel het de meest strikte vorm van juridische bescherming betreft, is de reikwijdte van deze wet beperkt tot de grenzen van een Natura 2000-gebied en uitsluitend op die natuurwaarden ten aanzien waarvan daarvoor instandhoudingsdoelstellingen zijn geformuleerd.

Voor elk van de in het kader van Natura 2000 aangewezen gebieden zijn instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd, nader uitgewerkt in een beheerplan, die gelden als toetsingskader. Uitgaande van die instandhoudingsdoelstellingen dient nagegaan te worden of sprake is van conflicten met het duurzaam behalen van geformuleerde instandhoudingsdoelstellingen en zo ja, of de wezenlijke kenmerken en waarden van een Natura 2000-gebied in het geding zijn. Voorgaande geldt sinds 29 mei 2019 ook weer onverkort voor effecten ten gevolge van depositie van stikstof, gevat onder de storingsfactor “Verzuring en Vermesting door stikstof uit de lucht (3 & 4)”; de generieke Passende Beoordeling voor het PAS, waarin rekening werd gehouden met de verschillende bron- en herstelmaatregelen, is niet langer bruikbaar als beoordelingskader.

Bij de beoordeling van effecten op instandhoudingsdoelstellingen is ook zogenoemde externe werking van belang. Dat wil zeggen dat ook beschouwd moet worden in hoeverre voorgenomen activiteiten buiten Natura 2000-gebieden negatieve effecten hebben op in deze gebieden geldende instandhoudingsdoelstellingen. In zoverre is de reikwijdte van de Omgevingswet onbegrensd, zo volgt uit staande jurisprudentie. In geval van emissie en depositie van stikstof is dit bijvoorbeeld relevant. Vaak vindt de emissie plaats (ver) buiten de grenzen van een Natura 2000-gebied, maar daalt de stikstof neer in Natura 2000-gebieden waar deze negatieve effecten heeft op de instandhoudingsdoelstellingen die daar gelden.

3.2.2 Beschermde soorten (Ow Bal § 11.2)

Het besluit activiteiten leefomgeving (Bal) van de Ow kent drie algemene beschermingsregimes waarin de voorschriften van de Vogelrichtlijn, Habitatrichtlijn en twee verdragen (Bern en Bonn) zijn geïmplementeerd en waarin aanvullende voorschriften zijn gesteld voor de dier- en plantensoorten die niet onder die specifieke voorschriften vallen, maar wel bescherming nodig hebben. Voor alle in het wild levende planten en dieren (dus ook voor soorten die niet zijn opgenomen in de Ow) geldt de specifieke zorgplicht conform Ow Bal artikel 11.27. Deze plicht houdt in dat iedereen 'voldoende zorg' in acht moet nemen voor alle in het wild levende planten en dieren en hun leefomgeving. Veelal komt de zorgplicht erop neer dat tijdens werkzaamheden negatieve effecten op planten en dieren zoveel mogelijk worden voorkomen, en dat bij de inrichting aandacht wordt besteed aan de realisatie van geschikt habitat voor plant en dier. De zorgplicht geldt altijd en voor alle planten en dieren, of ze beschermd zijn of niet, en in het geval dat ze beschermd zijn ook als vergunning of vrijstelling is verleend. De zorgplicht betekent niet dat geen effecten mogen optreden, maar wel dat dit, indien noodzakelijk, op zodanige wijze gebeurt dat de verstoring en eventueel lijden zo beperkt mogelijk is.

Beschermingsregimes

Het gaat om de volgende beschermingsregimes:

- *Beschermingsregime soorten Vogelrichtlijn (Ow Bal § 11.2.2)*
  Dit zijn alle van nature in Nederland in het wild levende vogels (zoals bedoeld in artikel 1 van de Vogelrichtlijn).
- *Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn (Ow Bal § 11.2.3)*
  Dit zijn soorten die genoemd zijn in Bijlage IV bij de Habitatrichtlijn, Bijlage I of II bij het Verdrag van Bern en Bijlage II bij het Verdrag van Bonn.
- *Beschermingsregime andere soorten (Ow Bal § 11.2.4)*
  Dit zijn soorten die genoemd zijn in Bijlage IX onder A en B van de Bal Ow. Het gaat hier om de bescherming van zoogdieren, amfibieën, reptielen, vissen, dagvlinders, libellen, kevers en vaatplanten van nature voorkomend in Nederland.

Schadelijke handelingen

Elk van de beschermingsregimes kent zijn eigen schadelijke handelingen en vereisten voor vrijstelling of vergunning van deze verboden. De in de paragrafen 11.2.2 en 11.2.3 zijn een-op-een overgenomen uit de genoemde richtlijnen (zie Tabel 3-1) en verdragen en zijn uitsluitend van toepassing op de in deze richtlijnen en verdragen genoemde soorten. De bepalingen in paragraaf 11.2.4 zien toe op de 'nationale' andere soorten die zijn genoemd in de bijlage IX onder A en B bij de Bal Ow. Hiervoor geldt een kleiner aantal schadelijke handelingen.

Bij de toetsing aan het soortbeschermingsdeel van de Bal Ow wordt bepaald of beschermde plant- en diersoorten kunnen voorkomen in het onderzoeksgebied en of de functionaliteit van het leefgebied van deze soorten aangetast wordt als gevolg van het project, waardoor de gunstige staat van instandhouding in gevaar komt.

Tabel 3-1 Schadelijke handelingen Besluit activiteit leefgebieden Omgevingswet.

Schadelijke handelingen Vogelrichtlijn Ow Bal art.11.37	Schadelijke handelingen Habitatrichtlijn Ow Bal art.11.46	Schadelijke handelingen Andere soorten Ow Bal art. 11.54
Art. 11.37 1a. Het is verboden opzettelijk van nature in Nederland in het wild levende vogels van soorten als bedoeld in artikel 1 van de Vogelrichtlijn te doden of te vangen.	**Art 11.46 1a** Het is verboden in het wild levende dieren HR IV soorten (Verdrag Bern en Bonn) in hun natuurlijk verspreidings-gebied opzettelijk te doden of te vangen.	**Art. 11.54 1a** Het is verboden soorten opzettelijk te doden of te vangen.
Art. 11.37 1b Het is verboden opzettelijk nesten, rust-plaatsen en eieren van vogels als bedoeld in lid 1a te vernielen of te beschadigen, of nesten van vogels weg te nemen.	**Art 11.46 1b** Het is verboden dieren als bedoeld in lid 1a opzettelijk te verstoren.	**Art. 11.54 1b** Het is verboden de vaste voortplantingsplaatsen, rustplaatsen of eieren van dieren opzettelijk te beschadigen of te vernielen.
Art. 11.37 1c Het is verboden eieren van vogels als bedoeld in lid 1a te rapen en deze onder zich te hebben.	**Art. 11.46 1c** Het is verboden eieren van dieren als bedoeld in lid 1a in de natuur opzettelijk te vernielen of te rapen.	
Art. 11.37 1d Het is verboden vogels als bedoeld in lid 1a opzettelijk te storen.	**Art 11.46 1d** Het is verboden de voortplantings-plaatsen of rustplaatsen van dieren als bedoeld in lid 1a te beschadigen of te vernielen.	**Art. 11.54 1c** Het is verboden plantensoorten in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen.
Art. 11.37 3 Het verbod geldt niet als de storing niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de desbetreffende vogelsoort.	**Art. 11.46 1e**. Het is verboden planten HR (en Verdrag van Bern) in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen	

Opzettelijkheid

In de Ow is voor veel schadelijke handelingen de term opzettelijk van toepassing. Niet-opzettelijke handelingen, waarbij schadelijke handelingen overtreden worden, zijn niet verboden. Daarbij is van belang dat het Europese Hof van Justitie in zijn jurisprudentie heeft bepaald dat onder opzet ook voorwaardelijke opzet moet worden begrepen: “Daarvan is sprake als iemand een handeling verricht en daarbij bewust de aanmerkelijke kans aanvaardt dat zijn gedragingen schadelijke gevolgen hebben voor een dier of plant”.

Wezenlijke invloed

Met de term ‘wezenlijke invloed’ wordt gedoeld op een wezenlijk negatieve invloed op een soort of populatie. Om te bepalen of sprake is van een wezenlijk (negatieve) invloed dienen de effecten van de activiteiten of werkzaamheden op de populatie te worden onderzocht. Of hiervan sprake is hangt af van de lokale, regionale, landelijke en Europese stand van de soort. Op welk van deze niveaus de effecten op een soort moeten worden onderzocht, hangt af van de soort. Er is geen sprake van een wezenlijke invloed wanneer de populatie de mogelijke negatieve effecten van de activiteiten of werkzaamheden zélf op een zodanige wijze (bijvoorbeeld doordat voldoende uitwijkmogelijkheden zijn naar een volwaardig leefgebied elders)

teniet kan doen dat er geen invloed is op de huidige staat van instandhouding van de soort. In alle gevallen geldt proportionaliteit. Effecten op een zeer zeldzame soort zullen op een lager niveau moeten worden bezien dan een zeer algemene soort. Bij soorten die zich niet over grote afstanden kunnen verplaatsen, zoals amfibieën, reptielen, planten en veel soorten insecten, is eerder sprake van een wezenlijk negatieve invloed dan bij soorten die zich over grotere afstanden kunnen verplaatsen. Verder is van belang of het effect van tijdelijke of permanente aard is. Van tijdelijke effecten kan een populatie van een soort zich over het algemeen gemakkelijker herstellen dan wanneer het om een aanhoudend negatief effect gaat.

3.3 Overige wet-, regelgeving, en richtlijnen

3.3.1 Kaderrichtlijn Mariene Strategie

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (hierna: KRM) verplicht de EU-lidstaten een strategie te ontwikkelen om in 2020 in het eigen zeegebied – voor Nederland het Nederlandse deel van de Noordzee - een goede milieutoestand te bereiken en/of te behouden en maatregelen te nemen die ervoor zorgen dat de daarvoor gestelde doelen worden bereikt. Het heeft betrekking op de thema's (descriptoren) biodiversiteit, niet-inheemse soorten, commerciële geëxploiteerde soorten vis, schaal- en schelpdieren, voedselwebben, eutrofiëring, integriteit zeebodem/benthische habitats, hydrografie, vervuilende stoffen, zwerfvuil, en toevoer van energie, o.m. onderwatergeluid.

Aan de basis van de mariene strategie voor de Noordzee ligt een toekomstbeeld van een schone, gezonde en productieve zee, zoals uitgewerkt in de ontwerp Beleidsnota Noordzee 2016-2021. Het ecosysteem functioneert optimaal en is veerkrachtig, het water is schoon en het gebruik van de Noordzee is duurzaam. Daarmee biedt de Noordzee perspectieven voor zowel natuur en milieu als voor gebruik door de mens en economische sectoren. De ecosysteembenadering en het voorzorgsbeginsel zijn uitgangspunt voor het beleid om bij toenemend gebruik van de Noordzee ook de goede milieutoestand te kunnen bereiken en behouden.

In het kader van de KRM wordt getoetst of de huidige milieutoestand of het behalen van een goede milieutoestand door de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt belemmerd. In de toetsing wordt onderzocht of de geplande activiteiten een effect hebben op de (goede) milieutoestand door te kijken naar de effecten op de descriptoren. Daarbij zijn de descriptoren **D1 Biodiversiteit**, **D4 Voedselweb**, **D6 Bodemintegriteit en D11 Toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid** voor dit project het meest relevant. Volledigheidshalve worden alle descriptoren behandeld.

Als onderdeel van de maatregelen uit de KRM zijn op 8 maart 2023 visserijbeperkingen ingesteld in het Natura 2000-gebied Friese Front (Europese Commissie, 2023). Deze maatregelen zijn gericht op het beschermen van onder andere het benthische ecosysteem (D6 Bodemintegriteit) en vogelsoorten zoals de zeekoet (D1 Biodiversiteit). Binnen specifieke zones van het gebied is bodemberoerende visserij verboden en geldt jaarlijks een seizoenssluiting voor visserij met kieuw- en warnetten van 1 juni tot en met 30 november om de zeekoet te beschermen. Deze maatregelen dragen bij aan het bereiken van een goede milieutoestand en zijn daarmee relevant voor de beoordeling van de milieutoestand van het Nederlandse deel van de Noordzee.

3.3.2 OSPAR

Het OSPAR-verdrag heeft tot doel het mariene milieu van de Noordoost-Atlantische Oceaan (inclusief de Noordzee) te beschermen door middel van internationale samenwerking. Dit gebeurt door vervuiling van het mariene milieu te voorkomen en te beëindigen, de maritieme sector te beschermen tegen de negatieve effecten van menselijke activiteiten (voor de bescherming van de menselijke gezondheid en het mariene ecosysteem) en het herstellen van beschadigde mariene gebieden. Het Verdrag beoogt ook te zorgen voor

een duurzaam beheer van de betrokken gebieden. De deelnemende landen stellen individueel en collectief programma's en maatregelen vast en coördineren hun beleid en strategieën. Enkele principes zijn van toepassing:

- Het voorzorgsbeginsel (het nemen van voorzorgsmaatregelen wanneer er een redelijk vermoeden bestaat dat er negatieve effecten op het milieu zijn, zelfs als er geen bewijs is). Het "vervuiler betaalt-principe".
- Gebruik de beste beschikbare technieken, de beste milieupraktijk en schone technologieën.

3.3.3 ASCOBANS

ASCOBANS (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic, Northeast Atlantic, Irish and North Seas) behandelt kleine walvisachtigen en alle tandwalvissen met uitzondering van de potvis. Grote walvisachtigen worden behandeld in het wereldwijde verdrag van de Internationale Walvisvaart Commissie (de 1946 International Convention fort he Regulation of Whaling ofwel het Internationaal walvisvaart-verdrag). De voornaamste doelstelling van ASCOBANS is tot een betere samenwerking te komen over onderzoek en maatregelen voor een betere bescherming van kleine walvisachtigen, met aandacht voor:

- De coördinatie van onderzoek, onder meer van migraties, ziektes, bedreigingen, belangrijke gebieden, het gebruik van gestandaardiseerde methoden.
- Het identificeren van nuttige maatregelen voor de bescherming en het beheer van leefgebieden van kleine walvisachtigen; onderwerpen zijn vervuiling, bijvangst in visserij, voedselproblemen, geluidsoverlast, invloed van scheepvaart.
- Het uitbouwen van een nationaal netwerk voor interventie bij strandingen, met vooral aandacht voor het uitvoeren van autopsie op gestrande dieren voor het bepalen van de doodsoorzaak, het nemen van weefselstalen voor toekomstig onderzoek en het uitbouwen van een gegevensbank.
- Het opstellen van informatieprogramma’s voor het grote publiek (meldingen van waarnemingen en strandingen, bewustmaking van de noodzaak van maatregelen), en voor vissers (bewustmaking, meldingen van bijvangsten en overdracht van bijgevangen dieren).

In het kader van het ASCOBANS-verdrag is als interim doel voor bruinvissen gesteld dat de populatie niet onder 80% van het draagkracht-niveau mag komen. Het is niet bekend wat dit niveau op het NCP is. Het met grote zekerheid in stand houden van de populatie op minimaal 95% van de huidige omvang als gevolg van de aanleg van windparken op zee voor de gehele periode 2016-2030 kan als een veilige keuze worden beschouwd (Heinis et al., 2019).

4 Huidige natuurwaarden

In dit hoofdstuk worden gebieden met bijzondere ecologische waarden in de omgeving van het projectgebied beschreven. Bijzondere ecologische gebieden zijn: de Noordzee, Natura 2000-gebieden en KRM-gebieden. In de bijlagen zijn de instandhoudingsdoelstellingen voor de verschillende Natura 2000-gebieden opgenomen.

4.1 Beschermde gebieden

4.1.1 Friese Front

Het Natura 2000-gebied Friese Front is een zeegebied ten Noorden van de Waddeneilanden op ongeveer 80 km uit de kust. Het gebied heeft een oppervlak vergelijkbaar met de Nederlandse Waddenzee (288.000 ha) en vormt een overgangszone tussen de ondiepe zuidelijke en de diepe centrale Noordzee. In deze overgangszone komen verschillende watermassa's samen, wat een front veroorzaakt met een verhoogde biologische productie en een verhoogde biodiversiteit van het bodemleven. Het Friese Front is hierdoor een belangrijk foerageergebied voor vogels en is uitsluitend Vogelrichtlijngebied. Het gebied is alleen voor de zeekoet (*Uria aalge*) aangewezen, omdat de soort er in de zomer en de herfst in internationaal belangrijke aantallen (meer dan 15.620 individuen) voorkomt (Van Bemmelen et al., 2013). Na de broedperiode in het voorjaar, zwemmen de ruiende vaders met hun jongen, die nog niet kunnen vliegen, naar het Friese Front om de jongen groot te brengen (foerageer- en rustgebied) en om te ruien. In deze kwetsbare periode is het Friese Front voor hen onmisbaar. Zeekoeten zijn voornamelijk van juli tot oktober te vinden op het Friese Front met piek-aantallen in september-oktober (Ministerie van Economische Zaken, 2014). De instandhoudingsdoelstelling voor de zeekoet is behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied en behoud van de populatie. De zeekoet heeft een gunstige staat van instandhouding (Bijlage A2).

4.1.2 Noordzeekustzone

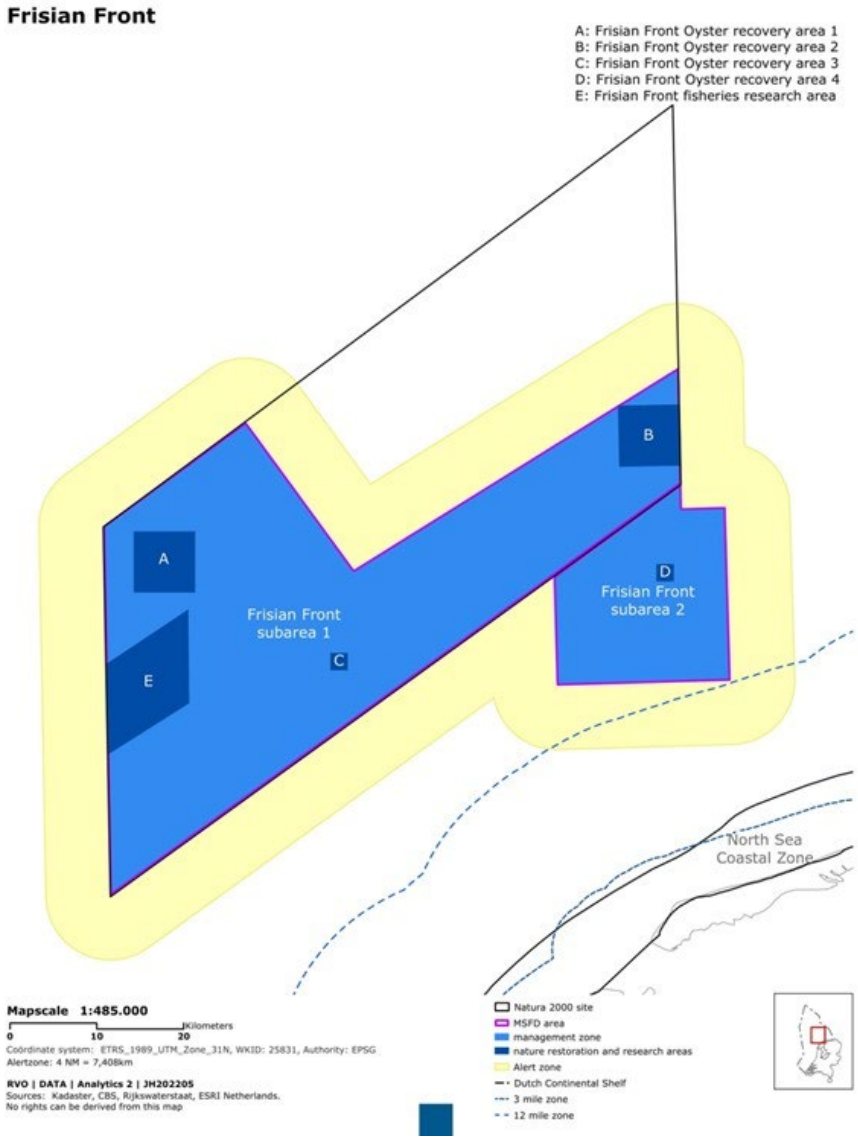
Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone ligt op een afstand van 44 km (gemeten tot aan de grens van het beschermde gebied). Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone loopt van Bergen aan Zee tot Rottumeroog, tussen de hoogwaterlijn en de 20 m dieptelijn. Het is een gebied van ca. 1.500 km^2 dat bestaat uit kustwateren, ondiepten, enkele zandbanken en de stranden van noordelijk Noord-Holland en de Waddeneilanden. De kustwateren bestaan uit 'permanent met zeewater overstroomde zandbanken' (H1110) die maximaal twintig meter diep liggen (Ministerie van Economische Zaken, 2014b). De Noordzeekustzone is aangewezen vanwege het voorkomen van 7 habitattypen, 7 habitatrichtlijnsoorten (1 vaatplant, 3 vissoorten en 3 zeezoogdiersoorten), 3 broedvogelsoorten en 18 niet broedvogelsoorten (Bijlage A3).

4.1.3 KRM

Oesterherstelgebieden Friese Front
Conform het Noordzeeakkoord (NZA) is het oostelijke KRM-gebied van het Friese Front uitgebreid met 1.014 km^2. In het deel dat overlapt met het Vogelrichtlijngebied Friese Front is een verbod in werking getreden op alle vormen van visserij. Naast de uitbreiding van gebieden is één van de maatregelen uit het NZA het aanwijzen van een gebied voor oesterherstel ter grootte van 100 km^2 binnen de *no fishery zone* in het Friese Front. Het gaat om vijf gebieden die zijn aangewezen voor oesterherstel (zones A, B, C, D, E), waarbij zone E is uitgesloten voor bodemberoerende visserij (Figuur 4-1). De maatregel draagt bij aan het behalen van milieudoel D6T5 terugkeer en herstel van biogene riffen, waaronder platte-oesterbanken.

In Figuur 4-1 zijn de aangewezen oesterherstelgebieden in het Friese Front weergegeven. De afstand van de beoogde locatie van platform L7-F tot het gebied waar geen bodemberoerende visserij mag plaatsvinden

(zone E) is ca. 13 km. De afstand van het platform L7-F tot het dichtstbijzijnde oesterherstelgebied (zone C) is 25 km.



Figuur 4-1. Oesterherstelgebieden in het Friese Front. A en B: Oesterherstelgebieden van elk 50 km². C en D: Pilotgebieden oesterherstel. E: Onderzoek naar impact van bodemberoering.

4.2 Beschermde soorten

Tabel 4-1 beschrijft de beschermde soorten die mogelijk in en rondom het projectgebied voorkomen. Ook is per soort aangegeven of ze daadwerkelijk aanwezig zijn in het projectgebied en onder welke beschermingsregime ze vallen. Een uitgebreidere beschrijving van de beschermde soorten is opgenomen in Bijlage A4. In hoofdstuk 5 worden de effecten op de soorten en habitattypen die mogelijk in het projectgebied voorkomen beschreven.

Tabel 4-1. Samenvatting van relevante beschermde soorten voor effectbeoordeling, de kans van voorkomen en het bijbehorende beschermingsregime.

Soortgroep	Mogelijk voorkomende soorten	Mogelijk aanwezig?	Kans van voorkomen	Beschermingsregime Bal	
				Natura 2000	*Flora en fauna*
Habitattypen	n.v.t.	Nee	n.v.t.		
Vissen	Zeeprik	Nee		Noordzeekustzone	Art. 11.46
	Rivierprik	Nee		Noordzeekustzone	Art. 11.46
	Fint	Nee		Noordzeekustzone	Art. 11.46
	Elft	Nee			Art. 11.46
	Steur	Ja	Incidenteel/Periodiek		Art. 11.46
	Noordzeehouting	Ja	Incidenteel/Periodiek		Art. 11.46
Zeezoogdieren	Bruinvis	Ja	Groot/Frequent	Noordzeekustzone	Art. 11.46
	Grijze zeehond	Ja	Groot/Frequent	Noordzeekustzone	Art. 11.54
	Gewone zeehond	Ja	Groot/Frequent	Noordzeekustzone	Art. 11.54
	Dwergvinvis	Ja	Incidenteel/Periodiek		Art. 11.46
	Witsnuitdolfijn	Ja	Incidenteel/Periodiek		Art. 11.46
	Tuimelaar	Ja	Incidenteel/Periodiek		Art. 11.46
	Bultrugwalvis	Ja	Incidenteel/Periodiek		Art. 11.46
Vogels	Zeekoet	Ja	Groot/Frequent	Friese Front	Art. 11.37, Bern-conventie
	Alk	Ja	Groot/Frequent		Art. 11.37, Bern-conventie
	Papegaaiduiker	Ja	Incidenteel/Periodiek		Art. 11.37
	Jan van Gent	Ja	Groot/Frequent		Art. 11.37, Bern-conventie

Soortgroep	Mogelijk voorkomende soorten	Mogelijk aanwezig?	Kans van voorkomen	Beschermingsregime Bal	
				Natura 2000	*Flora en fauna*
	Noordse stormvogel	Ja	Klein/sporadisch		Art. 11.37, Bern-conventie
	Drieteenmeeuw	Ja	Groot/Frequent		Art. 11.37, Bern-conventie
	Roodkeelduiker	Ja	Klein/Sporadisch	Noordzeekustzone	Art. 11.37
	Parelduiker	Ja	Klein/Sporadisch	Noordzeekustzone	Art. 11.37
	Dwergmeeuw	Ja	Klein/Sporadisch	Noordzeekustzone	Art. 11.37
	Visdief	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.37
	Zilvermeeuw	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.37
	Kleine mantelmeeuw	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.37
	Grote mantelmeeuw	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.37
	Grote jager	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.37
	Grote stern	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.37
Trekvogels	Diverse soorten	Ja	Klein/Sporadisch		
Vleermuizen	Ruige dwergvleermuis	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.46
	Rosse vleermuis	Ja	Klein/Sporadisch		Art. 11.46

5 Voortoets - Beschrijving van de effecten

De effectenindicator[5] geeft een overzicht van mogelijke effecten op beschermde habitats en/of soorten. Op basis van de effectindicator voor olie- en gaswinning en de natuurgebieden op de Noordzee en Tamis et al. (2011) zijn de volgende storingsfactoren van toepassing op de voorgenomen activiteit:

- Verstoringen door geluid en trillingen. Onderscheid wordt gemaakt tussen boven- en onderwatergeluid. Het effect van onderwatergeluid hangt af van het type (impuls of continue) geluid en de gevoeligheid van de soorten.
- Optische verstoring en licht. Dit kan leiden tot verstoring van gedrag van bepaalde soorten. De werkzaamheden zijn een continu proces waardoor er na de astronomische schemering nog licht aanwezig is.
- Oppervlakteverlies. Beschermde habitattypen kunnen worden aangetast door oppervlakteverlies. Daarnaast kunnen bepaalde soorten een verkleining van hun leefgebied ondervinden.
- Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat. Door werkzaamheden kan de bodem verstoord worden en sediment opgewerveld worden. Het opgewervelde sediment kan de aanwezige bodemfauna bedekken, waardoor organismen kunnen afsterven. Ook kunnen er door de geplande werkzaamheden veranderingen in de stroming ontstaan met als gevolg invloeden op lokale sedimentatieprocessen.
- Vertroebeling. Door vertroebeling van de waterkolom kunnen bodemdieren en zichtjagers (zoals bepaalde vissen en zeevogels) hinder ondervinden, wat bijvoorbeeld kan leiden tot een verminderd foerageersucces.
- Sedimentatie. Wanneer grote hoeveelheden gesuspendeerd materiaal neerslaan kan een verhoogde sedimentatie een verstikkende werking hebben op bijvoorbeeld bodemdieren.
- Verontreiniging. Bij verontreiniging is sprake van een verhoogde concentratie schadelijke stoffen. Dit kan effect hebben op individuele soorten, populatieniveau, habitats en gevoelige ecologische processen beïnvloeden.
- Emissies. Emissies naar de lucht betreffen verbrandingsgassen van o.a. dieselmotoren. Emissies kunnen een verzurende werking hebben op habitats.

In Tabel 5-1 is een overzicht weergegeven van de verschillende verstoringsfactoren per fase van de voorgenomen activiteit en de verwachte effecten per soortgroep. In de volgende paragrafen worden per verstoringsfactor de mogelijke effecten per soortgroep beschreven en wordt aangegeven of significant negatieve effecten wel of niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Hierbij is uitgegaan van een worst-case scenario waarbij maximale effecten zijn beschouwd. Als significant negatieve ecologische effecten niet op voorhand kunnen worden uitgesloten, worden de effecten nader beoordeeld in een Passende Beoordeling (hoofdstuk 6) en Soortentoets (hoofdstuk 7). Onderstaand worden eerst de verstoringsfactoren beschreven, waarna een conclusie per verstoringsfactor volgt.

[5] *Beschermde natuur in Nederland (alterra.nl)*

Tabel 5-1. Overzichtstabel van typen verstoringen, per fase van de voorgenomen activiteit, die verwacht worden op verschillende soortgroepen.

	Aanleg fase	Boorfase	Operationele fase	Habitattypen	Bodemdieren	Vissen	Zeezoogdieren	Vogels	Vleermuizen
Bovenwatergeluid									
Transportbewegingen	X	X	X				X	X	X
Hei- en boorwerkzaamheden	X	X					X	X	X
Fakkelen		X						X	X
Onderwatergeluid									
Transportbewegingen	X	X	X		X	X	X	X	
Hei- en boorwerkzaamheden	X	X			X	X	X	X	
Optische verstoring en licht									
Aanwezigheid helikopters en schepen	X	X	X				X	X	
Aanwezigheid platform			X					X	
Werkverlichting	X	X	X				X	X	X
Fakkelen		X						X	X
Oppervlakteverlies									

Installatie productieplatform L7-F	X		X		X	X			
Erosiebescherming	X		X		X	X			
Boren putten		X			X	X			
Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat									
Boor- en productieplatform	X	X	X		X				
Trenchen/jetten pijpleiding	X				X	X	X	X	
Vertroebeling									
Pijpleiding leggen	X				X	X	X	X	
Lozingen boorgruis en boorspoeling		X			X	X	X	X	
Sedimentatie									
Pijpleiding leggen	X	X			X	X			
Lozingen boorgruis en boorspoeling		X			X	X			
Verontreiniging									
Lozingen boorgruis en boorspoeling		X			X	X	X	X	
Lozingen verontreinigd water		X			X	X	X	X	

5.1 Verstoringen door trillingen en geluid

Geluidsbelasting en trillingen kunnen leiden tot stress of verstoring van natuurlijk gedrag van verschillende diersoorten. Verder kan deze verstoring ertoe leiden dat individuen tijdelijk vluchten of permanent het leefgebied verlaten. Verstoring door trillingen en geluid zal in dit project voornamelijk optreden als gevolg van het heien van de conductors van de putten, het heien van de verankeringspalen van het nieuwe platform, het boren van de putten, en scheepsbewegingen. Ook komt er geluid vrij van helikopters die worden ingezet voor het transport van materiaal en bemanning.

Onderscheid wordt gemaakt tussen bovenwatergeluid en onderwatergeluid. Voor het onderhavig project zijn geluid en trillingen relevant voor de **aanleg-, boor-, productie-** en **ontmantelingsfase**.

Tijdens de **aanlegfase** treedt geluidsverstoring op door de inzet van schepen en helikopters en het heien van de verankeringspalen van productieplatform L7-F. In de aanlegfase zal ook een survey schip worden ingezet om de zeebodem in kaart te brengen na aanleg van de pijpleiding. Verstoring door trillingen en geluid zal voornamelijk optreden als gevolg van het varen van het survey tracé en in de inzet van de *sub-bottom profiler*. In de **boorfase** komt geluid vrij bij het heien van de conductors van de putten, het boren van de putten, en het fakkelen tijdens het schoonproduceren. Activiteiten in de **ontmantelingsfase** bestaan uit het schoonmaken van de installaties en het afsluiten van de putten. De geluidsverstoring die hierbij optreedt is vergelijkbaar met de aanleg- en boorwerkzaamheden.

In Tabel 5-2 is een overzicht opgenomen van activiteiten die geluidsemissies veroorzaken en de bijbehorende 60 dB(A) verstoringscontouren.

Tabel 5-2. Afstand van de bron tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) voor de afzonderlijke activiteiten (Royal HaskoningDHV, 2025a).

Activiteit	Tijdsduur totaal[6]	Afstand contour 60 dB(A) LAeq,24u
Aanlegfase		
Plaatsen productieplatform ▪ Heien verankeringspalen ▪ Werkschepen	Ca. 2 weken 2 dagen Ca. 2 weken	 600 m 100 m
Aanleg leiding ▪ Werkschepen	10-12 weken	 200 m
Boorfase		
Heien conductors putten	3 dagen	850 m
Boren putten	61 dagen (opwerken L7-F1) 83 dagen (L7-F2) 83 dagen (L7-F3)	210 m
Fakkelen	Maximaal 3 dagen	200 m
Productiefase		
Productie-installaties (gasbehandeling)	Gehele productiefase, continu	160 m
Transporten (productiefase)		

[6] *De opgegeven tijdsduur is de totale tijd over het project. Deze tijd kan aaneengesloten plaatsvinden maar kan ook verdeeld zijn over een aantal periodes.*

Activiteit	Tijdsduur totaal[6]	Afstand contour 60 dB(A) LAeq,24u
Helikopters	Periodiek	1.700 m
Schepen	Periodiek	100 m

5.1.1 Bovenwatergeluid

5.1.1.1 Scheepvaart- en helikopterverkeer

Voor de werkzaamheden in zowel de **aanleg-, boor-** als **productiefase** zullen er schepen en helikopters worden ingezet (zie voor details paragraaf 2.9). Zoals opgemerkt wordt ook een survey schip bij de aanleg van de pijpleiding. Voor schepen geldt dat deze over het algemeen meer geluid produceren naar mate de grootte van het schip toeneemt. Naast de grootte van het schip hebben ook het type motor, de lading, de vaarsnelheid en de weersomstandigheden invloed op het geluidsniveau.

Tevens kan het geluid van helikopters tot verstoring leiden. Net zoals bij schepen hebben het type helikopter en motor, de lading, de vliegsnelheid en weersomstandigheden invloed op het geluidsniveau. Doorgaans mijden zeevogels een gebied bij een geluidsniveau van > 60 dB(A). Helikopterbezoeken van het platform hebben een grote geluidsproductie, maar zijn kortdurend. De 60 dB(A)-contour van helikopterbewegingen ligt tijdens de start en kruisvlucht op 1.000 m (Van Hout, 2020). Tijdens de landingsprocedure ligt de 60 dB(A)-contour op 1.700 m (Tabel 5-2).

Bovenwatergeluid dat wordt geproduceerd door schepen en helikopters heeft mogelijk negatieve effecten op aanwezige zeezoogdieren, vogels en vleermuizen.

Effecten op zeezoogdieren
Verstoring van bovenwatergeluid op bruinvissen is onwaarschijnlijk, omdat bruinvissen enkel tijdens het ademhalen of rusten tijdelijk en slechts gedeeltelijk boven water aanwezig zijn. Daarnaast maakt deze soort gebruik van een groot deel van de waterkolom, waardoor bij een toename in bovenwatergeluid het wateroppervlak tijdelijk vermeden kan worden door naar dieper water uit te wijken (tot maximaal 200 m diepte) (Zoogdiervereniging, n.d.-a).

Bovenwatergeluid kan wel effect hebben op zeehonden. Gewone en grijze zeehonden zijn vooral langere tijd bovenwater wanneer deze uitrusten op zandbanken. De zandplaat Noorderhaaks die vlak bij de haven van Den Helder is gelegen wordt veel door zeehonden gebruikt om te rusten, pups te zogen en om te verharen. Zeehonden zijn gevoelig voor verstoring op hun ligplaatsen en in hun foerageergebied. Verstoring leidt in eerste instantie tot een verhoogde alertheid. Langdurige verstoring kan leiden tot een verandering van het gebruik van het leefgebied, of tot het verlaten van het gebied (Reijnders et al., 2000). Daarbij is het belangrijk dat zeehonden in de buurt van de plaat kunnen foerageren.

Door de toename in scheepvaartbewegingen vanuit de haven van Den Helder langs de Noorderhaaks, kunnen rustende, zogende en verharende zeehonden worden verstoord door extra geluidsverstoring met als gevolg verminderde foerageermogelijkheden. Echter, het gaat hier om een drukke scheepvaartroute waarbij de toename van enkele schepen niet zal leiden tot extra verstoring van aanwezige zeehonden. Ook houden de schepen een afstand van 1.200-1.500 m aan tot de ligplaatsen van de zeehonden.

In het projectgebied op open zee, waar ook de survey als onderdeel van de aanleg van de pijpleiding uitgevoerd zal worden, zijn geen rustplaatsen van zeehonden aanwezig. De survey duurt daarnaast één dag met één schip. Zeehonden zijn op open zee ook zeer mobiel, waardoor de soorten kunnen uitwijken

van aanwezige schepen. Significant negatieve effecten van bovenwatergeluid als gevolg van transportbewegingen zijn op voorhand uit te sluiten.

Conclusie
Door de toename in scheepvaart- en helikopterverkeer kan verstoring door bovenwatergeluid optreden. Zeehonden zijn gevoelig voor dit type verstoring tijdens het rusten, het zogen van pups en het verharen op zandplaat Noorderhaaks. In de buurt van Noorderhaaks is echter reeds een drukbevaren route aanwezig, waardoor aangenomen kan worden dat een toename van enkele schepen en helikopters niet tot extra verstoring zal leiden. Zowel voor schepen als voor helikopters wordt L7-F opgenomen in bestaande routes, dit zal dus niet tot extra passages van Noorderhaaks leiden. Significant negatieve effecten op zeezoogdieren door bovenwatergeluid kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels
Scheepvaart
Volgens Tamis et al. (2011) lijken veel op zee voorkomende vogelsoorten soorten nauwelijks gevoelig te zijn voor bovenwatergeluid. Onder deze vogelsoorten vallen onder andere diverse (roof)meeuwen zoals de grote jager, dwergmeeuw, kleine mantelmeeuw, grote mantelmeeuw en pelagische soorten zoals de zeekoet. Voor een aantal van de aanwezige vogelsoorten in het projectgebied geldt dat het niet bekend is of deze soorten gevoelig zijn voor bovenwatergeluid, waaronder de alk, jan van gent, noordse stormvogel, drieteenmeeuw en zilvermeeuw. Onderzoek toont echter aan dat verstoringen door geluid van marien verkeer, in tegenstelling tot andere verstoringen zoals verontreiniging en verstoring door licht en aanwezigheid, vaak een laag risico zijn voor zeevogels (Furness & Wade, 2012; Lieske et al., 2019). Uit verschillende studies blijkt dat er bij sommige soorten zelfs gewenning op kan treden (Kleijn, 2008; Smit, 2004).

Het gaat daarbij om een kleine toename in het aantal scheepvaartbewegingen in vergelijking tot het huidige verkeersbeeld in de kustzone en het centrale deel van de Noordzee (Tabel 5-3). Vogels hebben voldoende uitwijkmogelijkheden om het projectgebied te vermijden, waardoor effecten van bovenwatergeluid van schepen op de meeste vogelsoorten zijn uit te sluiten. De zeekoet is hierop een uitzondering. De soort is in de ruiperiode (juli t/m oktober) erg gevoelig voor verstoring. Omdat de effecten van geluid van schepen vaak voorafgaan aan effecten van aanwezigheid en licht, worden de effecten van geluid, licht en aanwezigheid van schepen op de zeekoet als geheel verder beoordeeld in paragraaf 5.2.

Tabel 5-3. Inzet van schepen en helikopters tijdens de aanleg-, boor- en productiefase.

Fase van het project	Type verkeer	Type bewegingen	Aantal schepen/ helikopters per week	Tijdsduur
Aanlegfase	*Schepen*	▪ Meerdere werkschepen (heavy lift schip, pijplegschip). ▪ Eén of meerdere wachtschepen. ▪ Eén ondersteuningsvaartuig bij duikwerkzaamheden. ▪ Aan- en afvoer van personeel, materiaal, brandstof en afvalstoffen vanuit en naar Den Helder. ▪ Eén survey schip.	4-6 schepen per week, naast één survey schip in totaal	1 week voor aanleg platform, 10-12 weken voor de aanleg van de pijpleiding, 1 dag voor de survey
	Helikopters	▪ Aan- en afvoer van personeel, materiaal, brandstof en	1 helikopter per week	1 week voor het platform

Fase van het project	Type verkeer	Type bewegingen	Aantal schepen/ helikopters per week	Tijdsduur
		afvalstoffen vanuit en naar Den Helder.		
Boorfase	*Schepen*	▪ De aan- en afvoer van het boorplatform met behulp van meerdere sleepboten. ▪ Eén wachtschip voor het op veilige afstand houden van scheepvaart tijdens de werkzaamheden.	4-6 schepen per week	Put #1 (L7-F1 re-entry): 61 dagen Put #2 (L7-F2): 83 dagen Put #3 (L7-F3): 83 dagen
	Helikopters	▪ Aan- en afvoer van personeel, materiaal, hulpstoffen, brandstof en afvalstoffen vanuit en naar Den Helder.	6 helikopters per week	Put #1 (L7-F1 re-entry): 61 dagen Put #2 (L7-F2): 83 dagen Put #3 (L7-F3): 83 dagen
Productie-fase	*Helikopters*	▪ Aan- en afvoer van personeel (crew change) voor bediening van bemande platform.	4 helikopters per week	10-15 jaar
	Schepen	▪ Supply vessel voor de aan- en afvoer van materiaal, brandstof en afvalstoffen.	1 schip per 2 weken	10-15 jaar

Helikopterverkeer
Op het platform L7-F zal een helikopterdek worden geplaatst om helikopterverkeer van en naar het platform te faciliteren. Boven het Friese Front is reeds een helikopterroute aanwezig voor verkeer van en naar de olie- en gasplatforms. Het Friese Front valt daarnaast ook deels samen met een defensie-oefengebied voor de luchtmacht en de marine. Het totaal aantal extra helikopterbewegingen (heen en terug) voor de werkzaamheden aan het platform L7-F en de putten van L7-F is afhankelijk van de verschillende fases (Tabel 5-3).

Vogels kunnen worden verstoord door het geluid van helikopters. Het effect van helikopters op vogels is zeer afhankelijk van de omstandigheden: de periode van het jaar, of er regelmatig of zeer onregelmatig wordt gevlogen, of er in een rechte lijn wordt gevlogen of cirkelbewegingen worden gemaakt, etc. Bij regelmatige vluchten kan er gewenning optreden (Van der Grift & De Molenaar, 2008). Het 60 dB(A)-geluidsniveau van een helikopter, vliegend op een hoogte tussen 35 en 180 m, ligt op 1.400 m afstand. Vliegend op een hoogte van 600 m bedraagt deze afstand 1.300 m (Royal HaskoningDHV, 2020).

Uit verschillende onderzoeken (Bruderer, 2005; Smit et al., 2008) blijkt dat bij een vlieghoogte van 450 m of hoger verstoring van vogels door overvliegende helikopters verwaarloosbaar is. De grootste geluidsverstoring treedt op bij het landen en opstijgen. Landen en opstijgen van helikopters is een activiteit met een beperkte duur (enkele minuten).

Voor veel op zee voorkomende vogelsoorten wordt niet verwacht dat een toename in transportbewegingen per helikopter leidt tot langdurige en grootschalige verstoring. De grootste toename wordt verwacht tijdens de **aanleg- en boorfase**, maar dit is van tijdelijke aard. Daarnaast geldt dat het verspreidingsgebied voor

op zee voorkomende vogelsoorten (zoals boven genoemd) ruim is. De soorten mobiel zijn en daarbij voldoende uitwijkmogelijkheden beschikbaar blijven.

Een toename in transportbewegingen tijdens de kritische periode van de zeekoet is onvermijdelijk tijdens de **productiefase.** Vanwege de beperkte mobiliteit tijdens de ruiperiode is de zeekoet gevoeliger voor verstoring.

Conclusie
Door de toename in scheepvaart- en helikopterverkeer kan verstoring door bovenwatergeluid optreden. Veel vogelsoorten vertonen echter nauwelijks gevoeligheid voor bovenwatergeluid. Significant negatieve effecten op vogels door bovenwatergeluid, als gevolg van transportbewegingen, kunnen op voorhand worden uitgesloten. **Voor de zeekoet geldt echter dat de soort erg gevoelig is voor verstoring tijdens de ruiperiode (juli t/m oktober). Significant negatieve effecten zijn daarom niet uit te sluiten. Daarnaast is vaak moeilijk onderscheid te maken tussen verstoring door bovenwatergeluid en dat van bijvoorbeeld optische verstoring en licht. De effecten van verstoring door schepen en helikopters op de zeekoet worden daarom verder beoordeeld in paragraaf 5.2.**

Effecten op vleermuizen
Vleermuizen zijn gevoelig voor verstoring tijdens de winterslaap. Activering in deze periode tast de energiereserves aan en vermindert het vermogen om de winter te overleven. Herhaaldelijke verstoringen kunnen leiden tot een verminderd broedsucces (Kleijn, 2008). Winterverblijven van de ruige dwergvleermuis en de rosse vleermuis komen echter niet voor in het projectgebied.

Buiten de winterslaap zijn vleermuizen vermoedelijk minder gevoelig voor verstoring. Vleermuizen zijn voor navigatie en het bemachtigen van voedsel wel afhankelijk van echolocatie. Uit experimentele studies blijkt dat de frequentie van echolocatie signalen van vleermuizen veel hoger is (20-100 kHz) dan de dominante frequentie van menselijk geluid (Kleijn, 2008). Geluid van scheepvaart is bijvoorbeeld vaak laagfrequent; maximaal 100 Hz voor een groot cargo schip (Hildebrand, 2009). Hierdoor ontstaat er naar verwachting geen overlap in de frequenties tijdens echolocatie, en is het dus niet aannemelijk dat vleermuizen worden gehinderd in echolocatie. Ook kunnen vleermuizen zich vrij gemakkelijk aanpassen om geen last te hebben van verstorende of maskerende signalen (Bates et al., 2008).

Conclusie
Door de toename in scheepvaart- en helikopterverkeer kan verstoring door bovenwatergeluid optreden. Vleermuizen zijn afhankelijk van echolocatie voor het vinden van voedsel, wat betekent dat een toename in geluid in een bepaalde frequentie kan leiden tot verstoring in foerageergedrag. De frequentie van echolocatie geluiden is echter hoger dan de frequentie van menselijk geluid, waardoor maskering van echolocatie geluiden niet te verwachten is. Significant negatieve effecten van bovenwatergeluid, als gevolg van transportbewegingen, zijn op voorhand uit te sluiten voor de ruige dwergvleermuis en de rosse vleermuis.

5.1.1.2 Hei- en boorwerkzaamheden

In de **aanlegfase** vinden er hei- en boorwerkzaamheden plaats ten behoeve van de aanleg van de putten en het platform. Tijdens het heiproces wordt impulsgeluid geproduceerd met verschillende frequenties. Het impulsgeluid heeft voornamelijk een lage frequentie van 10-1000 Hz, hoewel ook hogere frequenties voorkomen.

Voorafgaande aan de productieboringen worden conductors tot 50 m diepte de bodem in geheid door middel van een hydraulische hamer. De conductor voor de boring is een zware metalen buis met een diameter van ca. 0,80 m. Het heiwerk van de conductors neemt in totaal drie dagen in beslag bij een frequentie van

maximaal 46 slagen per minuut. De hamer die voor het heien van de conductor wordt gebruikt heeft een maximale slagkracht van 90 kJ. De 60 dB(A)-contour bij het heien van de conductors ligt op 850 m. Tijdens het heien van de verankeringspalen ligt de 60 dB(A)-contour op 600 m (Tabel 5-2).

Bij het boren van de putten is er een groot aantal geluidbronnen te onderscheiden. In het achtergrondrapport Bovenwatergeluid is het geluidsvermogen per geluidbron weergegeven (Royal HaskoningDHV, 2025a). Vrijwel alle geluidbronnen zijn modelmatig bezien continu in werking met uitzondering van de kranen die ca. 50% van de tijd actief zijn. Tijdens het boren van de putten ligt de 60 dB(A)-geluidscontour op 210 m.

De verstoringsafstand bij het heien van de conductors is het grootste ten opzichte van de overige hei- en boorwerkzaamheden. Uitgaande van de 60 dB contour is de verstoringsafstand 850 m voor het heien van de conductors (Tabel 5-2). Er wordt tijdelijk een oppervlak van maximaal 2,3 km^2 (0,08% van het Natura 2000-gebied Friese Front) verstoord.

Andere bronnen van bovenwatergeluid afkomstig van het platform zijn onder andere generatoren, ventilatoren, de booraandrijving, de scheidingsinstallatie, pompen, hijskranen en de takel voor het optakelen van een boorserie. Hierbij veroorzaken de generatoren vooral continu geluid. De geluidsniveaus op het platform zullen tijdens het boren en het optrekken van de boorpijpen samen met de wissel van boorkoppen het meeste geluid veroorzaken, omdat op deze momenten het meeste lawaaiige gereedschap gebruikt zal worden. Uitgaande van gemeten bronsterktes zijn de afstanden berekend voor gestandaardiseerde geluidsimmissieniveaus van 50 dB(A) en 60 dB(A) (zie Tabel 5-4).

Tabel 5-4. Berekende afstanden (meters) van (gestandaardiseerde) geluidsniveaus tot het boorplatform (Royal HaskoningDHV, 2020).

Geluidsniveau	Boren	Cementeren	Trippen	Boren + kranen
40 dB(A)	1.500	1.410	1.370	1.830
45 dB(A)	980	900	870	1.210
50 dB(A)	620	560	540	780
60 dB(A)	220	200	190	290

Bovenwatergeluid dat wordt geproduceerd door hei- en boorwerkzaamheden heeft mogelijk negatieve effecten op aanwezige zeezoogdieren en vogels.

Effecten op zeezoogdieren
Bovenwatergeluid is niet merkbaar onder water waardoor er geen effecten zijn op bruinvissen (Tamis et al., 2011). Zeehonden bevinden zich rond het platform met name onder water omdat er geen natuurlijke rustplaatsen in de buurt van het platform zijn. Ze komen af en toe boven water om adem te halen en kunnen dan verstoord worden, maar dit is minimaal waardoor effecten op zeehonden op voorhand zijn uitgesloten.

Conclusie
Significant negatieve effecten van bovenwatergeluid op bruinvissen, grijze en gewone zeehonden, als gevolg van hei- en boorwerkzaamheden, kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels
Duikende viseters zoals roodkeelduiker, parelduiker en visdief kunnen in lage aantallen voorkomen in het gebied rond het platform; de roodkeel- en parelduiker met name in de winter en de visdief in de zomer. De zeekoet, alk, jan-van-gent, Noordse stormvogel en drieteenmeeuw komen algemener voor en kunnen jaarrond voorkomen in het projectgebied.

Bovenwatergeluid tijdens hei- en boorwerkzaamheden kan tot verstoring van rust- en foerageergedrag van vogels leiden. Meeuwen, de zeekoet, de grote stern en de visdief zijn nauwelijks gevoelig voor bovenwatergeluid en de roodkeelduiker en de parelduiker beperkt gevoelig (Alterra, n.d.; Tamis et al., 2011). Voor de alk, jan van gent en de Noordse stormvogel geldt dat er minder bekend is over de effecten van geluid op rust- en foerageergedrag. Het gebied dat wordt verstoord is relatief klein (0,08% van het Friese Front) en de geluidstoename is van tijdelijke aard (drie heidagen voor de conductors, twee heidagen voor de verankeringspalen), waardoor effecten van bovenwatergeluid op vogelsoorten op voorhand kunnen worden uitgesloten.

Conclusie
Het gebied dat wordt verstoord door bovenwatergeluid van hei- en boorwerkzaamheden is relatief klein (0,08% van het Friese Front) en de geluidstoename is van tijdelijke aard, waardoor effecten van bovenwatergeluid op pelagische vogelsoorten in het projectgebied kunnen worden uitgesloten. Significant negatieve effecten van bovenwatergeluid op vogels, als gevolg van hei- en boorwerkzaamheden, kunnen op voorhand worden uitgesloten.

5.1.1.3 Fakkelen

Als in de **boorfase** een boring is afgerond en als gas is gevonden, wordt de betreffende put schoon geproduceerd en getest. Vooral bij het schoon produceren wordt gas uit het reservoir afgefakkeld. Het fakkelen van gas leidt tot een horizontaal gerichte vlam aan de zijkant van de installatie op een hoogte van 40 m boven zeeniveau. Deze vlam (indicatieve vlamlengte 25 meter) kan bij helder weer tot op zeer grote afstand (meer dan 10 km) waarneembaar zijn. Gedurende het schoonproduceren vormt het fakkelen, naast een mogelijke visuele verstoring, ook een bron van bovenwatergeluid. De 60 dB(A)-contour bij het fakkelen ligt op ongeveer 200 m (Tabel 5-2). Het fakkelen van aardgas gebeurt in fases van flow (fakkelen) en no flow/shut-in (drukopbouw). In totaal duurt de activiteit enkele dagen (zie voor details Tabel 5-2).

Bovenwatergeluid dat wordt geproduceerd door fakkelen heeft mogelijk negatieve effecten op vogels.

Effecten op vogels
Bovenwatergeluid tijdens het fakkelen kan tot verstoring van rust- en foerageergedrag van vogels leiden. Rekening houdend met een 60 dB(A)-contour (contour van 200 m in de aanlegfase) wordt er gedurende een periode van enkele dagen (maximaal 24 uur per put) een oppervlakte van maximaal 0,13 km^2 per put verstoord (0,004% van het Friese Front). De geluidscontour als gevolg van het fakkelen valt hiermee binnen de geluidscontouren van andere activiteiten, waaronder het heien van de verankeringspalen en het boren van de putten.

Zoals genoemd in paragraaf 5.1.1.2 zijn de aanwezige vogels in het projectgebied over het algemeen niet tot beperkt gevoelig voor bovenwatergeluid. Het gebied dat wordt verstoord is daarnaast relatief klein (0,004% van het Friese Front), de duur van de verstoring is beperkt (maximaal 24 uur per put) en er zijn voldoende mogelijkheden voor de meeste vogels om uit te wijken naar andere gebieden.

Uitzondering hierop is de zeekoet. De zeekoet is erg gevoelig voor optische verstoring, lichtuitstraling en geluid in de ruiperiode (juli t/m oktober). Het Friese Front is in deze periode een belangrijk gebied voor de zeekoet. In de ruiperiode is de zeekoet niet in staat om te vliegen en kan dan alleen zwemmend uitwijken naar gebieden waar minder verstoring optreedt. Echter, vanwege de tijdelijke aard van de activiteit (3 dagen in totaal) en het beperkte oppervlak dat wordt verstoord (0,004% van het Friese Front), kunnen bovenwatergeluidseffecten van fakkelen op de zeekoet op voorhand worden uitgesloten.

Conclusie

De meeste vogelsoorten zijn niet erg gevoelig voor bovenwatergeluid. De zeekoet is echter in de ruiperiode (juli t/m oktober) erg gevoelig voor verstoring door zijn beperkte vliegvermogen. Het fakkelen duurt echter slechts enkele dagen en het verstoringsoppervlak als gevolg van het fakkelen is zeer beperkt ten opzichte van de gehele oppervlakte van het Friese Front. Na afloop van de activiteit keert het leefgebied weer terug naar zijn oorspronkelijke staat. Significant negatieve effecten van bovenwatergeluid op vogels, als gevolg van fakkelen, kunnen daarom op voorhand worden uitgesloten.

5.1.2 Onderwatergeluid

Onder water verplaatst geluid zich 4,5 keer sneller dan in lucht: ca. 1.500 m/s in water tegen ca. 340 m/s in lucht (Dol & Ainslie, 2012). Ook verschilt de geluidsintensiteit in water en lucht; geluidsmetingen in lucht en water moeten daarom worden gecorrigeerd. Een meting van geluid uit een geluidsbron zal onder water ongeveer 62 dB hoger zijn dan een meting in lucht (Cummings & Brandon, 2004). De verplaatsing van geluid onderwater is onder andere afhankelijk van de waterdiepte en zeebodemsamenstelling, de watertemperatuur en het zoutgehalte.

De ecologische effecten van onderwatergeluid hangen af van het type geluid en van de gevoeligheid van specifieke soorten. Twee typen onderwatergeluid kunnen organismen beïnvloeden:

- Continu geluid zoals afkomstig van baggeren, scheepvaart en energie-installaties. Bronnen van continu onderwatergeluid binnen het onderhavig project zijn afkomstig van boren en scheepvaart- en helikopterbewegingen.
- Impulsief geluid (korte duur) is met name afkomstig van boor- en heiwerkzaamheden. In het onderhavige project zal er sprake zijn van heiwerkzaamheden die impulsgeluiden produceren. Ook zullen impulsgeluiden afkomstig zijn van de SBP (*sub-botttom profiler*).

5.1.2.1 Scheepvaart- en helikopterverkeer

Schepen veroorzaken een continu geluid dat voornamelijk door de schroef en de machinekamer wordt geproduceerd. De mate van geluid hangt af van de snelheid, de belading en of er gemanoeuvreerd wordt. Onderwater ligt het geluidsniveau, geproduceerd door grote (container)schepen op een afstand van één meter, tussen de 180–190 dB re 1µPA (World Organisation of Dredging Associations, 2013). Omdat er altijd schepen varen in de Noordzee wordt het onderwatergeluid van schepen als achtergrondgeluid (ambient sound) geclassificeerd.

Eni Energy maakt gebruik van de schepen Subsea 7 Borealis, de Allseas Lorelay of een vergelijkbaar pijplegschip. De pijplegschepen hebben een maximaal geïnstalleerd vermogen van 35 MW. Een representatief in werking zijnde pijplegschip heeft daarmee een vermogen van 18 MW, dat betekent een geluiddrukniveau (SPL) van maximaal 149,5 dB re 1 µPa. Een pijplegschip of trencher kan worden ondersteund door één of incidenteel enkele schepen in verband met monitoring en de aanvoer van materialen. Akoestisch bezien zijn de ondersteunende schepen door de relatief beperkte motorvermogens niet relevant. De inzet van het heavy lift schip is daarnaast benodigd om de jacket en topside van het platform te plaatsen. De geluidsproductie van een pijplegschip is hierbij representatief voor de geluidsproductie van een heavy lift schip.

Naast het onderwatergeluid dat geproduceerd wordt door scheepvaart, kan het geluid van een helikopter ook door het wateroppervlak dringen en verstoring veroorzaken. Patenaude et al. (2002) heeft op een waterdiepte van drie meter voor een laagvliegende (150 m) Bell 212 helikopter geluidsniveaus tussen 117-120 dB re 1µPa^{2}s in de bandbreedte van 10 tot 500 Hz gemeten. Laagvliegen is alleen van toepassing bij de landing en bij het opstijgen, en beslaat daarom alleen het gebied rondom platform L7-F in het Friese Front en het helikopterplatform in de haven van Den Helder. Bij loodrechte inval van helikoptergeluid op het wateroppervlak reflecteert meer dan 99,9% van het geluid aan het wateroppervlak en blijft dus in de lucht.

Met de toename van de vlieghoogte van de helikopter zal het geluid van de helikopters afnemen. De tijdsduur van het uitvliegen van de helikopters boven het platform is bovendien beperkt. Effecten van onderwatergeluid afkomstig van helikopters worden om deze reden niet verder beoordeeld.

Onderwatergeluid dat wordt geproduceerd door schepen heeft mogelijk negatieve effecten op aanwezige bodemdieren, vissen, vogels en zeezoogdieren.

Effecten op bodemdieren en vissen
Drukbezochte plekken zoals havens zijn in de praktijk voor vele soorten een geschikt habitat, terwijl de geluidsniveaus daar hoog zijn door de aanwezigheid van schepen. Vaak kan op enkele meters afstand van vrachtschepen een geluidsniveau tot wel 180 dB re 1 µPa^{2}s worden waargenomen door bodemdieren. Er zijn studies die hebben aangetoond dat er bij sommige soorten gewenning op kan treden (Carroll et al., 2017; Day et al., 2020). Desalniettemin is er nog weinig bekend over de effecten van continu onderwatergeluid op bodemdieren (Dannheim et al., 2020; Wang et al., 2022).

Voor vissen geldt dat deze geluid vaak op grote afstand al waar kunnen nemen, en daarbij ook gevoelig zijn voor geluidsverstoring (Alterra, n.d.). Een groot deel van de mariene vissen kan een geluidsfrequentie van 30-5.000 Hz waarnemen (Slabbekoorn et al., 2010). Deze geluidsfrequentie overlapt met het geluidsbereik van scheepsschroeven (10-12.000 Hz) (Cruz et al., 2022). Met name verstoringscontouren met een geluidsniveau vanaf 120 dB re 1 µPa^{2}s kunnen worden waargenomen door verschillende soorten demersale (e.g. tong en kabeljauw) en pelagische soorten (*e.g.,* haring) (Wahlberg & Westerberg, 2005). Voor vissen geldt in het kader van gedragsverandering (het mijden van een gebied) een geluiddrukniveau van 150 dB re 1 μ Pa (NOAA, 2023).

De toename van het aantal scheepvaartbewegingen is gering ten opzichte van het huidige verkeersbeeld (zie ook paragraaf 5.1.1) en is van korte duur. Schepen maken zoveel mogelijk gebruik van de gebruikelijke scheepvaartroutes en wijken op enig moment af van de scheepvaartroute. Het extra onderwatergeluid binnen de scheepvaartroute is daardoor verwaarloosbaar ten opzichte van het al aanwezige geluid.

Conclusie
Omdat het hier gaat om een beperkte toename van schepen, is het niet te verwachten dat de voorgenomen activiteit een wezenlijk effect heeft op vissen in het projectgebied. Over de effecten van continu onderwatergeluid van scheepvaart op bodemdieren is minder bekend. Echter, kan verondersteld worden dat bij afwezigheid van speciale natuurwaarden en diepte in het projectgebied ook dit effect verwaarloosbaar zal zijn. Significant negatieve effecten door onderwatergeluid (scheepvaart) op bodemdieren en vissen kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels
Duikende vogels, waaronder de alk, visdief, parelduiker, roodkeelduiker en zeekoet, kunnen effect ondervinden van onderwatergeluid afkomstig van schepen. Het effect van verstoring door onderwatergeluid van scheepsgeluid is echter moelijker in te schatten dan dat van heien. Het effect van een voorbijvarend schip zal niet alleen bestaan uit de productie van onderwatergeluid maar ook uit de fysieke aanwezigheid van een schip (silhouetwerking) en bovenwatergeluid (Slijkerman et al., 2008). Voor een groot deel van de op zee voorkomende vogels geldt dat er genoeg uitwijkmogelijkheden blijven bestaan. Mede omdat schepen zoveel mogelijk gebruik maken van bestaande scheepvaartroutes en op kunnen gaan in het huidige verkeersbeeld.

De aanleg van de pijpleiding, het plaatsen van het platform en de aanleg van de putten, vraagt om de inzet van extra (grote) schepen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om een pijplegschip en heavy lift schip. In de studie naar onderwatergeluid (Royal HaskoningDHV, 2025c) is onderzocht wat de vermijdingsafstand van de

zeekoet is met betrekking tot verschillende schepen. De afstand tot het achtergrondgeluidniveau van 137 dB re 1 µPa en daarmee mijding van een pijplegschip of heavy lift schip is ca. 5 km voor de zeekoet. Als gevolg van de inzet van het pijplegschip en heavy lift vessel. In het geval van het pijplegschip wordt met deze vermijdingscontour over een tracé van 27 km een oppervlakte van ca. 98 km^2 verstoord. Ongeveer 12 km van het tracé is gelegen binnen het Natura 2000-gebied Friese Front, waardoor ca. 3,4% van het Natura-2000-gebied Friese Front wordt verstoord tijdens de aanleg van de pijpleiding. De duur van de aanleg van de pijpleiding is 10-12 weken. Bij de aanleg van het platform, waarbij het heavy lift vessel wordt ingezet, wordt een oppervlak van 78,54 km^2 (ca. 2,73%) voor één week verstoord. In de projectplanning is opgenomen dat deze aanleg-activiteiten plaatsvinden buiten de kritische periode van de zeekoet. Buiten de kritische periode is de soort mobiel en zijn er voldoende uitwijkmogelijkheden.

Zeekoeten zijn gedurende de kritische periode extra gevoelig, vanwege hun beperkte vliegvermogen. Tijdens de kritische periode, waarin wordt gewisseld van zomer- naar winterkleed, foerageert de soort nog wel onderwater. Continue onderwatergeluid van schepen, met name buiten de scheepvaartroute, kan in deze maanden leiden tot verstoring van de zeekoet.

Tijdens de **productiefase** is er sprake van transportbewegingen per schip. In Royal HaskoningDHV (2025c) zijn de effecten van onderwatergeluid door dit type scheepvaart ook gemodelleerd op basis van de 137 dB verstoringsdrempel (Anderson Hansen et al., 2020). Voor de zeekoet is de mijdingsafstand door varende middelgrote schepen 67 meter, waardoor de onderwatergeluidscontour van een varend schip ca. 0,01 km^2 bedraagt. Wanneer een schip zo lang mogelijk gebruik maakt van bestaande scheepvaartroutes moet er ca. 17-20 km worden afgeweken om de projectlocatie te bereiken. Wanneer er wordt uitgegaan van het gebruik van de bestaande scheepvaartroutes door het Friese Front, moet er 20 km worden afgeweken om het projectgebied te doorkruisen. Op basis van de mijdingsafstand van 67 meter, en daarmee een verstoringscontour van 0,01 km^2, wordt er in totaal per scheepsbeweging 0,20 km^2 (ca. 0,007% van het Natura 2000-gebied Friese Front) verstoord. In het waarschijnlijke geval waarbij ca. 8 km van het Friese Front dient te worden doorkruist wanneer de aanvoering vanuit zuidwestelijke richting plaatsvindt, is op basis van de bovengenoemde mijdingsafstand de totale verstoring per scheepsbeweging 0,08 km^2 (ca. 0,003% van het Natura 2000-gebied Friese Front).

Conclusie

Voor veel van de op zee voorkomende (duikende) vogelsoorten geldt dat deze mobiel zijn en er voldoende uitwijkmogelijkheden blijven bestaan. Met name voor de zeekoet geldt dat er tijdens de kritische periode tijdelijke afname kan zijn van beschikbaar leefgebied. In de projectplanning is opgenomen dat de werkzaamheden van de **aanleg- en boorfase** plaatsvinden buiten de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober).

In de **productiefase** is de tijdelijke afname van beschikbaar leefgebied door onderwatergeluid zeer beperkt (0,003-0,007% van het Friese Front per scheepsbeweging). Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (scheepvaart) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op zeezoogdieren
Zeezoogdieren zijn over het algemeen gevoeliger voor impulsgeluiden dan voor continue geluid, maar er zijn ook studies die aangeven dat onderwatergeluid dat geproduceerd wordt door schepen (continugeluid) een negatief effect kan hebben op het foerageergedrag van bruinvissen (Wisniewska et al., 2018). Een studie door Benhemma-Le Gall et al. (2021) heeft aangetoond dat scheepsgeluid kan leiden tot een verstoringsafstand van 4 km voor bruinvissen. Het is echter onzeker in hoeverre effecten te merken zijn op populatieniveau en de instandhoudingsdoelstellingen. Naar verwachting wordt een deel van de kennisleemtes in de komende twee tot drie jaar ingevuld (onderzoeken via Wozep[7], APELAFICO[8] en JOMOPANS[9]). Hierbij gaat het met name om de gevoeligheid van bruinvissen voor geluid (verschillende frequenties) en de effecten in de vorm van gedragsveranderingen en gehoor.

Het navigeren van schepen buiten bestaande scheepvaartroutes is beperkt. Het is daarmee onwaarschijnlijk dat een geringe toename in transportverkeer een significant effect zal hebben op zeezoogdieren in het projectgebied.

Conclusie
Door de beperkte aanvoer van schepen en geringe navigatie buiten bestaande scheepvaartroutes is het onwaarschijnlijk dat dit een dusdanig negatief effect zal hebben op zeezoogdieren. Significant negatieve effecten op zeezoogdieren door continu onderwatergeluid kunnen op voorhand worden uitgesloten.

5.1.2.2 Boorwerkzaamheden

In het onderhavig project is als uitgangspunt genomen dat er twee putten worden geboord (L7-F2 en L7-F3). Daarnaast wordt er een bestaande exploratieput omgezet in een productieput (L7-F1).

Effecten op zeezoogdieren
Bij boren is er sprake van laagfrequent geluid. De bepalende frequentie hiervan is 62 Hz (0,062 kHz) (Royal HaskoningDHV, 2025c). Deze frequentie ligt buiten het gehoorbereik van zowel bruinvissen (10-100 kHz) als zeehonden (0,075–75 kHz), waardoor deze soorten minimaal tot geen last zullen hebben van het boorgeluid. Om deze reden is verstoring als gevolg van de boorwerkzaamheden niet verder meegenomen in de effectbeoordeling.

Effecten op vogels
Net als andere duikende vogelsoorten, kunnen zeekoeten hinder ondervinden van onderwatergeluid, aangezien ze jagen onder water (Anderson Hansen et al., 2020; Camphuysen & Leopold, 1994; Sidderen et al., 2019). Een studie door Anderson Hansen et al. (2020) heeft aangetoond dat zeekoeten reageren op onderwatergeluid. Tijdens deze studie werden zeekoeten blootgesteld aan geluidssterktes tussen 110 en 137 dB re 1 µPa, waarbij de vogels een graduele respons lieten zien (meer respons bij hogere geluidsniveaus). Bij hogere geluidsniveaus reageerde zowel de vrouwelijke als mannelijke zeekoet sterker dan bij lagere geluidsniveaus in het controle experiment.

Boorwerkzaamheden veroorzaken geluidniveaus onderwater van 150 dB re 1 µPa op een afstand van 100 meter van de bron. Het overdrachtsverlies van onderwatergeluid verloopt ten opzichte van de afgelegde afstand volgens de formule 14logR. De waarde van 137 dB re 1 µPa wordt dan bereikt op een afstand van 800 meter uit de boorlocatie (Royal HaskoningDHV, 2025c).

Er wordt aangenomen dat op duikende vogels, zoals de zeekoet, verstoring optreedt. Het mijdingsoppervlak behorend bij de mijdingsafstand van 800 m bedraagt daarmee ca. 2 km^2. De mate van verstoring

[7] *https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch-programma-wozep/*
[8] *https://www.nwo.nl/projecten/nwa123618004*
[9] *https://northsearegion.eu/jomopans/about/*

onderwater is door het boren beperkt (ca. 0,07% van het Natura 2000-gebied Friese Front). Zeekoeten kunnen hinder ondervinden door onderwatergeluid, en met name wanneer er weinig capaciteit is tot uitwijken, bijvoorbeeld wanneer de soort in de rui is. In de projectplanning is opgenomen dat werkzaamheden tijdens de **aanleg- en boorfase**, buiten de kritische periode van de zeekoet plaatsvinden.

Conclusie
Door de boorwerkzaamheden verspreidt zich er een geluidscontour onderwater. Het is waarschijnlijk dat het geluid dat hierbij vrijkomt geen effecten teweegbrengt bij zeezoogdieren omdat deze buiten het gehoorbereik valt. Voor zeekoeten is er wel overlap met de gehoorfrequentie, echter is de omvang van het verstoorde gebied beperkt. Daarnaast is in de projectplanning opgenomen dat de **aanleg- en boorfase** buiten de kritische periode (juli t/m oktober) van de zeekoet plaatsvinden waardoor er voldoende uitwijkmogelijkheden blijven bestaan. In de **productiefase** zijn deze effecten niet aan de orde. Significant negatieve effecten als gevolg onderwatergeluid (boorwerkzaamheden) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

5.1.2.3 Heiwerkzaamheden

Voorafgaande aan de productieboring wordt een conductor tot 50 m diepte de bodem in geheid door middel van een hydraulische hamer (zie voor meer details paragraaf 5.1.1.2). Daarnaast worden bij de plaatsing van het platform L7-F verankeringspalen in de zeebodem geheid. De werkzaamheden voor het nieuwe platform L7-F nemen twee dagen in beslag voor het heien van de verankeringspalen en twee dagen voor het heien van de conductorpijpen. Om een inschatting te kunnen maken van de verstoring door geluid en trillingen is een geluidsrapportage opgesteld (Royal HaskoningDHV, 2025c).

Voor de heiwerkzaamheden van de verankeringspalen van het platform is een Single strike Sound Exposure Level (SEL_{ss}) van 171 dB re 1 μPa^2s op 750 m van de bron vastgesteld. Voor de heiwerkzaamheden met betrekking tot de conductors is de SEL_{ss} vastgesteld op 164 dB re 1 μPa^2s op 750 m van de bron (Tabel 5-5).

Tabel 5-5. Berekende maximale waarde van de ongewogen breedband SELss op 750 m afstand van de bron (Royal HaskoningDHV, 2025c).

	Heien verankeringspalen (platform)	Heien conductors (putten)
SELss op 750 m (dB re 1 µPa2 s)	171	164

Onderwatergeluid dat wordt geproduceerd door heiwerkzaamheden heeft mogelijk negatieve effecten op aanwezige bodemdieren, vissen, duikende vogels en zeezoogdieren.

Effecten op bodemdieren
De bodemfauna in het gebied is samengesteld uit veel zeldzame en kwetsbare bodemdieren in lage aantallen, met name kreeftachtigen, schelpdieren en wormen. Deze soorten zijn voor zover bekend niet zo afhankelijk van geluid om te foerageren en te communiceren als zeezoogdieren en vissen (Putland et al., 2019; Tougaard et al., 2015).

Bodemdieren kunnen op verschillende manieren gebruik maken van geluid. Sommige soorten kunnen zich oriënteren door gebruik te maken van omgevingsgeluid (soundscaping), of kunnen predatoren horen/voelen aankomen. Uit onderzoek blijkt dat de larve van de Amerikaanse oester *Crassostrea virginica* geluid van een oesterrif kan detecteren om op die manier geschikt habitat te kunnen vinden om zich te vestigen (Lillis et al., 2013). Het is onbekend of de soorten in de Noordzee hetzelfde gedrag vertonen. Van een aantal schelpdieren zoals de gewone mossel (*Mytilus edulis*) en de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) is bekend dat ze geluiden tussen de +/- 5 en 500 Hz goed kunnen waarnemen (Roberts et al., 2015; Charifi et al.,

2017) en van o.a. het nonnetje (*Limecola balthica*), de kokkel (*Cerastoderma edule*) en de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis leei*) is bekend dat ze op geluid reageren. Wanneer schelpdieren bloot worden gesteld aan impulsgeluid is een veel voorkomende reactie het sluiten van de schelp of terugtrekken in de bodem.

Er zijn geen eenduidige verstoringsafstanden bekend waarbinnen bodemfauna verstoord kan worden. Volgens het onderzoek van Solan et al. (2016) veroorzaakt een geluidniveau van SEL 150 dB re 1 µPa^{2}s of hoger een negatief effect. Wanneer er van deze 150 dB wordt uitgegaan wordt er in totaal door het heien van de verankeringspalen en de conductors een oppervlak van 126 en 19 km^2 verstoord (Tabel 5-6). De verstoringsafstanden voor het heien van de verankeringspalen en de conductors zijn respectievelijk 6,3 en 2,4 km. De oesterherstelgebieden die zijn aangewezen in het Friese Front liggen op minstens 13 km van de beoogde locatie van het platform L7-F. Hiermee vallen de oesterherstelgebieden buiten de verstoringscontouren voor onderwatergeluid van heien.

Tabel 5-6. Verstoringsafstanden waarbinnen bodemfauna verstoord kan worden op basis van het onderzoek van Solan et al., 2016.

Activiteit	Verstoringsoppervlakte (km^2)	Verstoringsafstand (m)	Percentage van het oppervlak van het Friese Front (%)
Heien verankeringspalen	126	6.321	4,4
Heien conductors	19	2.440	0,65

Conclusie

Gezien de tijdelijke duur van de heiwerkzaamheden is het onwaarschijnlijk dat de onderwater geluidsverstoring een langdurig negatief effect zal hebben op bodemdieren. Bovendien liggen de verstoringscontouren voor de heiwerkzaamheden voor bodemdieren buiten de belangrijke oesterherstelgebieden in het Friese Front. Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (heiwerkzaamheden) op bodemdieren kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vissen

Vissen hebben geen extern gehoororgaan. Geluid, in de vorm van drukverschillen onder water, kan door vissen op verschillende manieren worden waargenomen (Thomsen et al., 2006). Er wordt onderscheid gemaakt in gehoorspecialisten, waartoe soorten behoren met een relatief lage gehoordrempel en hoge gevoeligheid voor geluid, en gehoorgeneralisten: soorten die geen zwemblaas hebben of waarbij speciale structuren voor een efficiënte geluidsoverdracht ontbreken. De zeer hoge heigeluidsniveaus waarbij mortaliteit van vissen optreedt zijn alleen op korte afstand van de heilocatie te verwachten. Vissen zoals kabeljauw (*Gadus morhua*) kunnen afstand nemen. Het is denkbaar dat soorten zoals tong (*Solea solea*) het gebied niet zullen verlaten, maar zich in de grond zullen verschuilen. Vanwege het ontbreken van een zwemblaas bij deze soorten treedt schade pas bij zeer hoge geluidsniveaus op. De kans dat er schade optreedt is klein, maar er is mogelijk wel sprake van verstoring. Popper & Hawkins (2019) hebben een review gedaan naar de effecten van onderwatergeluid op vissen. Hierbij is een tijdelijke gehoordrempelverschuiving gevonden voor vissen, die blootgesteld zijn aan heiwerkzaamheden van 186 dB SEL$_{cum}$. Deze TTS is gevonden voor vissen zowel met als zonder een zwemblaas

Bij het heien van de verankeringspalen van het platform en de conductors wordt in de base-case maximaal 171 dB op 750 m geproduceerd. De geluidsemissie blijft hiermee onder de drempelwaardes die zijn gesteld voor vissen, waardoor fysieke schade (PTS en/of TTS) kan worden uitgesloten. Daarnaast bevinden zich in het projectgebied geen rust- of voortplantingsplaatsen van beschermde vissoorten die eerder op open zee voorkomen, zoals de noordzeehouting en steur.

Conclusie
Beschermde (trek)vissen kunnen hoogstens incidenteel voorkomen in het projectgebied. Het ontbreekt verder aan vaste rust- of voortplantingsplaatsen. Gezien de tijdelijke duur van de heiwerkzaamheden is het onwaarschijnlijk dat de onderwater geluidsverstoring een negatief effect zal hebben op aanwezige vissoorten. Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (heiwerkzaamheden) op vissen kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels
Een groot aantal vogelsoorten (zoals zeekoeten, alken en duikers) op de Noordzee jaagt onder water, waarbij vaak tot grote dieptes wordt gedoken. Zeekoeten kunnen bijvoorbeeld tot een diepte van 100 m duiken (Ministerie van Economische Zaken, 2014). Vogels die zich voor geruime tijd onderwater bevinden om te foerageren, kunnen mogelijk hinder ondervinden door onderwatergeluidsverstoring (Crowell, 2016). Dit kan bijvoorbeeld leiden tot een verandering in gedrag en daarbij een verlies in foerageertijd.

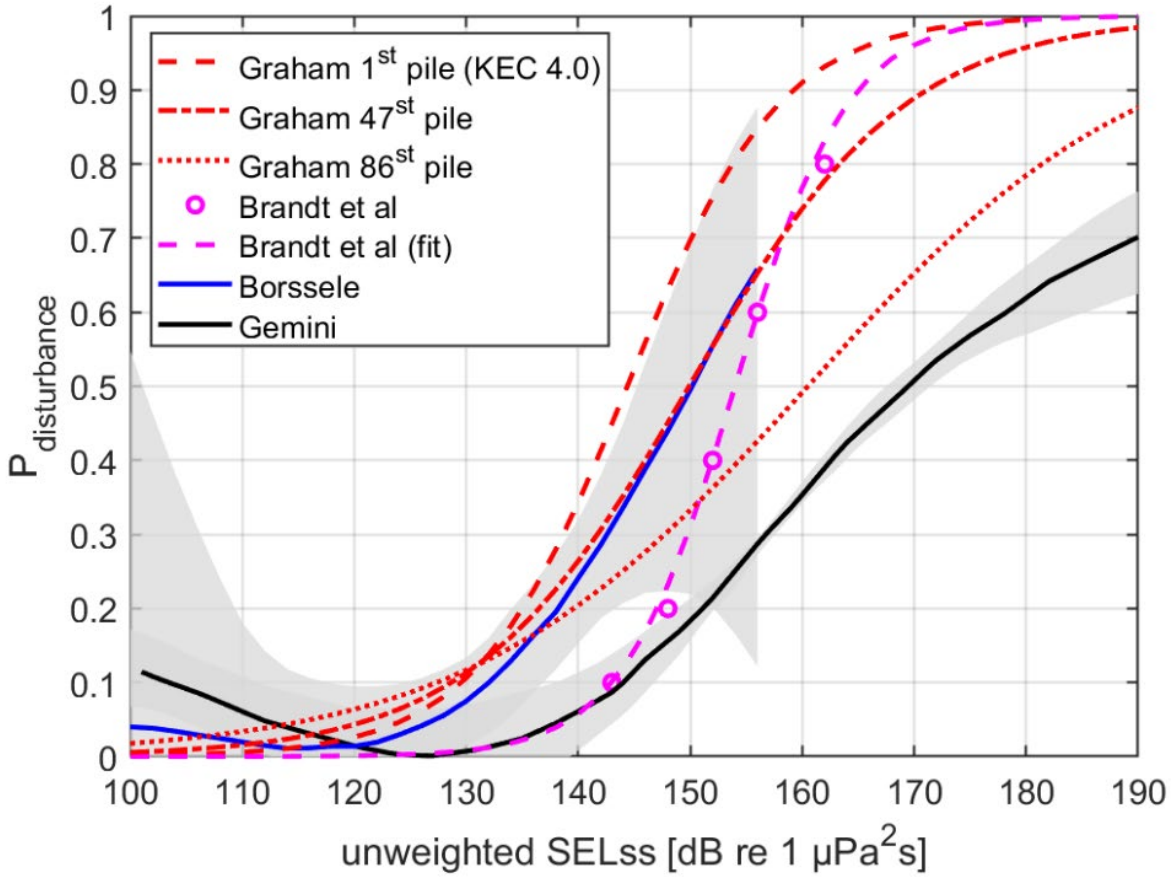
Gezien de tijdelijke duur van de heiwerkzaamheden en de ruime mogelijkheid voor vogels om uit te wijken naar alternatief gebied, kunnen effecten van onderwatergeluid door heiwerkzaamheden op de meeste vogels op voorhand worden uitgesloten. De zeekoet is echter gevoeliger voor onderwatergeluid in de ruiperiode, waardoor bovenstaande niet geldt voor de zeekoet.

Zoals eerder beschreven in paragraaf 5.1.2.2 is op basis van Anderson Hansen et al. (2020) aangetoond dat er reactie op kan treden bij zeekoeten als gevolg van onderwatergeluid wanneer deze wordt blootgesteld aan geluidssterktes van 137 dB re 1 µPa of hoger. Zeekoeten kunnen met name hinder ondervinden door geluid wanneer deze onvoldoende mogelijkheid heeft om te wijken, zoals in de kritische periode wanneer de soort in de rui is. In de projectplanning is opgenomen dat werkzaamheden tijdens de **aanleg- en boorfase,** waaronder het heien, buiten de kritische periode van de zeekoet plaatsvinden. De zeekoet is daardoor mobiel, waardoor er voldoende uitwijkmogelijkheden blijven bestaan. Daarnaast is de duur van de heiwerkzaamheden beperkt en worden deze binnen enkele dagen afgerond

Conclusie
Gezien de tijdelijke duur van de heiwerkzaamheden en de ruime mogelijkheid voor vogels om uit te wijken naar alternatief gebied, kunnen effecten van onderwatergeluid door heiwerkzaamheden op de meeste vogels op voorhand worden uitgesloten. In het geval van de zeekoet geldt dat deze extra gevoelig is voor verstoring gedurende de ruiperiode (juli t/m oktober). In de projectplanning is opgenomen dat de heiwerkzaamheden (**aanleg-** en **boorfase**) buiten de kritische periode van de zeekoet plaatsvinden, zodat er ook voor de zeekoet voldoende mogelijkheid is om uit te wijken. Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (heiwerkzaamheden) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op zeezoogdieren
Eerder in het KEC 4.0 de potentiële verstoring van bruinvissen en zeehonden berekend op basis van een dosis-effectrelatie (Heinis et al., 2022). Een dosis-effectrelatie beschrijft de kans dat een dier wordt verstoord (effect) als functie van het geluidsniveau (dosis) waaraan het dier wordt blootgesteld. Bij deze berekeningen wordt rekening gehouden met verschillen in de verstoringskans van dieren die zich dicht bij de heilocatie bevinden, waar het geluidsniveau hoger is, en dieren die zich verder weg bevinden. Hiermee is de kans op verstoring gerelateerd aan de SEL_{ss}, waarbij tevens rekening wordt gehouden met variatie in de reactie van individuele dieren.

In het KEC 5.0 is deze dosis-effectrelatie voor zeezoogdieren aan de hand van recentere metingen geüpdate en zijn meerdere dosis-effectrelaties onderzocht (Figuur 5-1). Door onzekerheden in de studies, is in het KEC 5.0 er echter voor gekozen om dezelfde dosis-effectrelatie aan te houden als in het KEC 4.0.

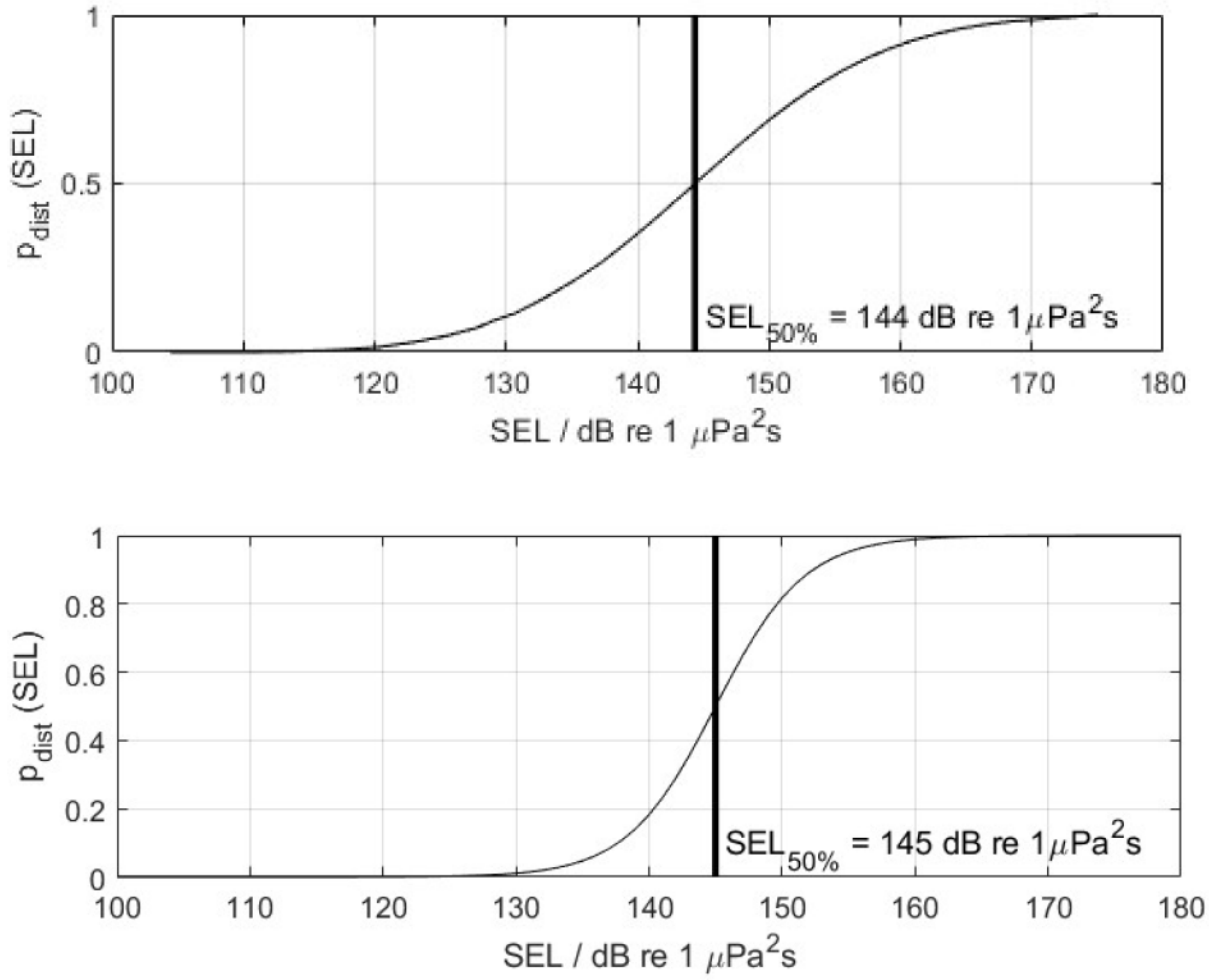


Figuur 5-1 Dosis-responsrelaties voor de verstoring van bruinvissen door heigeluid: de verstoringskans (Pdist) als functie van de ongefilterde breedband SELss. De rode lijnen geven de dosis-effectrelaties weer uit Graham et al. (2019). KEC 4.0 gebruikt de dosis-effectrelatie voor verstoring van bruinvissen door heigeluid bij de eerste paal in een gebied. De relaties van Graham et al. (2019) laten zien dat de kans op verstoring afneemt naarmate het werk in hetzelfde gebied vordert. De markeringen (o) zijn geschat op basis van Brandt et al. (2018). De doorgetrokken lijnen zijn gebaseerd op statistische analyse van gemeten gegevens tijdens de bouw van de windparken Gemini (zonder geluidsnorm) en Borssele (met geluidsnorm), zoals beschreven in de Jong et al. (2023). De grijze gebieden geven de 95%-betrouwbaarheidsintervallen van deze modellen weer. Verkregen uit Heinis et al. (2025).

Tabel 5-7 Parameters uit het KEC 5.0 die worden gebruikt om de dosis-effectrelatie te beschrijven

Curve	SELss (50%)	k
Graham et al. (2019): 1st pile (KEC 4.0)	144,3 dB	0,1484
Graham et al. (2019): 47th pile	149,9 dB	0,1035
Graham et al. (2019): 86th pile	160,5 dB	0,0663
Brandt et al. (2018)	154,0 dB	0,1997

Eenzelfde relatie is verder onderzocht voor zeehonden (Figuur 5-2). De geluidsverspreidingskaart met dosis-effectrelatie kan op deze manier worden omgezet in een ruimtelijk variabele verstoringskans. Om het aantal verstoorde zeezoogdieren te berekenen worden de ruimtelijke verstoringskansen vervolgens vermenigvuldigd met de populatiedichtheden in het gebied.



Figuur 5-2 Relaties tussen geluiddosis (Single Strike Sound Exposure Level) en kans op het optreden van een gedragsrespons bij bruinvissen (boven) en zeehonden (onder). Op basis van een vergelijking van waarnemingen van Russell et al. (2016) en Whyte et al. (2020) voor gewone zeehonden en van Aarts et al. (2018) voor grijze zeehonden is ervan uitgegaan dat de respons van gewone en grijze zeehonden vergelijkbaar is. De verticale lijn en de in de figuren weergegeven SEL50%-waarde geven aan bij welke SEL er 50% kans op verstoring van de dieren is. Verkregen uit Heinis et al. (2022).

Ten opzichte van eerder uitgangspunten, uit het KEC 3.0, leiden de toegevoegde dosis-effectrelaties tot een lagere schatting van het aantal zeezoogdieren dat wordt verstoord door impulsgeluiden. Het gebruik van de dosis-effectrelatie is doorgaans complexer om toe te passen in geluidsmodellen en leidt door gebrek in het juiste berekeningsmodel tot een minder werkbare methode om de effecten als gevolg tot onderwater impulsgeluiden inzichtelijk te brengen. In het voorliggend document zijn, mede door het huidig gebruikte geluidsmodel (Royal HaskoningDHV, 2025c), daarom de drempelwaardes voor zeezoogdieren als uitgangspunt genomen zoals deze in eerdere versies van het KEC gesteld en ook als input dient voor de dosis-effectrelaties (Tabel 5-8). Ondanks dat deze methode leidt tot een conservatievere inschatting dan hoe deze is bepaald in de laatste twee versies van het KEC (4.0 en 5.0), is dit een pragmatischere aanpak om de uiteindelijke *worst-case* impact te berekenen.

Tabel 5-8. Drempelwaarden en zwemsnelheden voor mijding van onderwatergeluid door bruinvissen en zeehonden (Heinis, 2018).

	Bruinvis	Zeehond
Mijding/verstoring	SEL_1 > 140 dB re 1µPa^2s	$SEL_{1,W}$ > 145 dB re 1µPa^2s
TTS-onset	SEL_{CUM} > 164 dB re 1µPa^2s	SEL_{CUM} > 171 dB re 1µPa^2s
TTS (één uur)	SEL_{CUM} > 169 dB re 1µPa^2s	SEL_{CUM} > 176 dB re 1µPa^2s
PTS-onset	SEL_{CUM} > 179 dB re 1µPa^2s	$SEL_{CUM,W}$ > 186 dB re 1µPa^2s
Vluchtsnelheid	3,4 m/s (12,2 km/u)	4,9 m/s (17,6 km/u)

Uit Tabel 5-8 is af te leiden dat PTS en TTS kunnen redelijk eenvoudig worden voorkomen door maatregelen toe te passen waardoor geluidsemissies voldoen aan de geldende geluidsnorm van 164 dB op 750 m. Dit betekent niet dat hiermee effecten zijn uitgesloten. Er kunnen nog steeds effecten van verstoring optreden, met name vermijding van het gebied (met verlies van habitat als gevolg). De verstoring (*e.g.,* vermijding) die optreedt voor zeezoogdieren is te herleiden naar drempelwaardes SEL_1 = 140 dB re 1 µPa^2s voor bruinvissen en 145 dB voor zeehonden (Heinis, De Jong, von Benda-Beckmann, et al., 2019; Heinis et al., 2022, 2025).

Als het geluidsniveau onder de 140 dB komt, wordt geen vermijdend gedrag meer waargenomen. SEL_1 betekent Sound Exposure Level van één heislag (single strike). Het gebruik van de single strike SEL in plaats van een gecumuleerde SEL over de hele duur van het heien is gerechtvaardigd, omdat *worst-case* wordt aangenomen dat bij de eerste klap van het heien, de dieren in het gebied zullen wegzwemmen.

Bruinvissen

Het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen wordt berekend door het verstoringsoppervlak te vermenigvuldigen met de lokale bruinvisdichtheid voor het seizoen waarin de heiwerkzaamheden kunnen plaatsvinden. Gebaseerd op de studie van Gilles et al. (2025), wordt de dichtheid van maximaal 1,00 bruinvissen per km^2 gebruikt voor de berekening. Door deze dichtheid te vermenigvuldigen met het berekende verstoringsoppervlak, kan een schatting gemaakt worden van het aantal verstoorde bruinvissen per dag dat er wordt geheid. Als gevolg van de heiwerkzaamheden aan de conductors van de putten en de verankeringspalen van het platform zullen maximaal 94 en 610 bruinvissen per dag verstoord worden (Tabel 5-8).

Tabel 5-9. Aantal verstoorde zeezoogdieren per dag door de uitgevoerde werkzaamheden (zonder mitigatie).

Werkzaamheden	Verstoringsoppervlakte	Bruinvissen	Gewone zeehonden	Grijze zeehonden
Heien conductors voor de putten	Bruinvis: 94 km^2 Zeehond: 54 km^2	94	27	27
Heien verankeringspalen voor het platform	Bruinvis: 610 km^2 Zeehond: 231 km^2	610	116	116

Zeehonden

De vermijdingsdrempel voor de zeehond ligt op 145 dB. De SEL_{05}-contour van 145 dB ten gevolge van het heien van de conductors en het heien van de verankeringspalen ligt op 4,2 en 8,6 km van de geluidsbron. Er is dus een vermijdingsgebied van 4,2 en 8,6 km rond de bron (verstoringsoppervlakte van 54 en 231 km^2) voor zeehonden. In het vermijdingsgebied rondom de productieboring, is de dichtheid van zeehonden maximaal 0,5 gewone zeehonden en 0,5 grijze zeehonden per km^2 (Bijlage B4.3). Voor beide soorten is uitgegaan van de distributiemodellen van (Aarts, 2021), zoals beschreven in het KEC 4.0 en 5.0 (Heinis et al., 2022, 2025). Hierdoor wordt ervan uitgegaan dat er als gevolg van de heiwerkzaamheden aan de

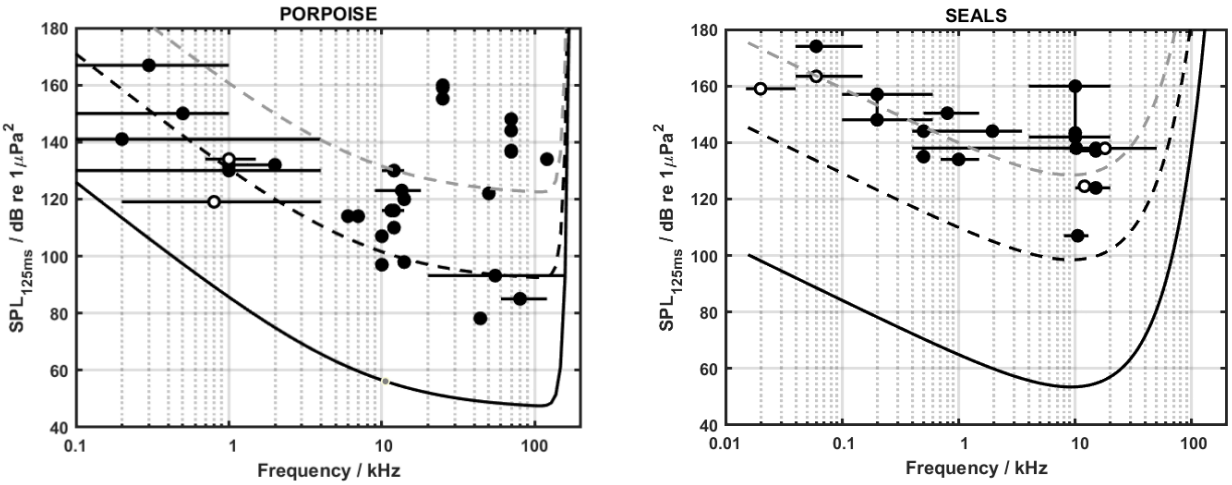
verankeringspalen van het platform en de conductors, maximaal 116 gewone zeehonden en 27 grijze zeehonden per dag verstoord worden (Tabel 5-9).

Conclusie
Het geproduceerde onderwatergeluid als gevolg van de aanleg van het platform kan invloed hebben op verschillende zeezoogdieren, waaronder bruinvissen en zeehonden. **Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (heiwerkzaamheden) op zeezoogdieren kunnen niet op voorhand worden uitgesloten en worden nader beoordeeld in hoofdstuk 6 en 7**.

5.1.2.4 Survey

In geofysische surveys wordt doorgaans gebruik gemaakt van verschillende akoestische bronnen, zoals *multi-beam* en *sidescan sonars*, *sub-bottom profilers* en *sparkers*. De bronsterkte, -frequentie en het bereik van het geproduceerde onderwatergeluid in surveys is heel anders dan dat van heigeluid. Een *sub-bottom profiler*, genereert laagfrequent geluid (~10 kHz) door meerdere tegelijk uit te zenden hoogfrequente (~100 kHz) geluiden. Hierdoor ontstaat een luchtbel, die een breedbandimpulsgeluid genereert, meestal met hogere frequenties dan het geluid van de *airguns* die vaak worden gebruikt voor diep penetrerende seismische onderzoeken. In het onderhavige project is het gebruik van een *sub-bottom profiler* (Innomar SES) voor *shallow geophysical survey* aan de orde. Dit is hetzelfde type als dat is onderzocht voor de effectstudies in het KEC 5.0.

In het KEC 5.0 (Heinis et al., 2025) zijn op basis van uitgevoerde studies (Pace et al., 2021) betere inzichten verkregen van de effecten van de reactie van zeezoogdieren in relatie tot hoogfrequente impulsgeluiden. De maximale effectafstand van een *sub-bottom profiler* is voor bruinvissen vastgesteld op ca. 0,7 km. Voor zeehonden is geconcludeerd dat de primaire frequentie niet makkelijk gehoord wordt. Bij secundaire frequenties is de verwachte afstand klein en verwaarloosbaar (Heinis et al., 2025).



Figuur 5-3 SELss-drempelwaarden voor verstoring van bruinvissen en zeehonden (stippellijn) voor geluidsbronnen met hogere frequenties dan heien, gebruikt als basis voor het schatten van effectafstanden. Er werd aangenomen dat SEL-waarden van 45 dB (voor bruinvissen) en 70 dB (voor zeehonden) boven de gehoordrempel in een decidecade-frequentieband gelden. Verkregen uit Heinis et al. *(2025).*

Op basis van de verstoringsafstand van 0,7 km uit Heinis et al. (2025) is te herleiden wat de maximale verstoringscontour is als gevolg van de survey. De survey lijnen die worden gevaren liggen tot 200 m aan beide zijden van de pijpleiding survey route. Hierdoor wordt in totaal rekening gehouden met een verstoringscontour van 1.100 m.

Effecten op bodemdieren en vissen
De bodemdierengemeenschap in het projectgebied is samengesteld uit algemene soorten kniksprietkreeften, slangsterren en schelpdieren. Deze soorten zijn voor zover bekend niet zo afhankelijk van geluid om te foerageren en te communiceren als zeezoogdieren en vissen dat zijn (Putland et al., 2019; Tougaard et al., 2015). Er is echter weinig bekend over significante impact van antropogeen onderwatergeluid op bodemdieren.

Vissen hebben geen extern gehoororgaan. Geluid, in de vorm van drukverschillen onder water, kan door vissen op verschillende manieren worden waargenomen (Thomsen et al., 2006). Er wordt onderscheid gemaakt in gehoorspecialisten, waartoe soorten behoren met een relatief lage gehoordrempel en hoge gevoeligheid voor geluid, en gehoorgeneralisten: soorten die geen zwemblaas hebben of waarbij speciale structuren voor een efficiënte geluidsoverdracht ontbreken. Vissen zoals kabeljauw (*Gadus morhua*) kunnen afstand nemen bij bijvoorbeeld de slow start van de survey. Het is denkbaar dat soorten zoals tong (*Solea solea*) het gebied niet zullen verlaten maar zich in de grond zullen verschuilen. Vanwege het ontbreken van een zwemblaas bij deze soorten treedt schade pas bij zeer hoge geluidsniveaus op. De kans dat er schade optreedt is klein, maar er is mogelijk wel sprake van verstoring.

Popper & Hawkins (2019) hebben een review gedaan naar de effecten van onderwatergeluid op vissen. Hierbij is een tijdelijke gehoordrempelverschuiving gevonden voor vissen, die blootgesteld zijn aan impulsgeluiden. In dit voorbeeld trad de gehoordrempelverschuiving op als gevolg van gesimuleerde heiwerkzaamheden met een geluidsproductie van 186 dB SELcum. Deze TTS is gevonden voor vissen zowel met als zonder een zwemblaas. In de praktijk is dit overigens anders, doordat de geluidsintensiteit van conventionele heihamers (160 dB) niet reikt tot de grenswaarde voor de TTS-onset (186 dB).

De effecten van heiwerkzaamheden uit de bovenstaande studie op vissen zijn doorgaans niet één-op-één te vergelijken met dat van airguns in surveys of seismische onderzoeken, maar kunnen wel een indicatie geven van de effecten. In van der Knaap et al. (2021) is aangetoond dat seismisch onderzoek leidde tot een kleine verandering in het gedrag van kabeljauw, waarbij deze over het algemeen juist inactiever werden of dichter bij de schuilplaats verbleven. In een vergelijkbaar onderzoek is eenzelfde conclusie aangetoond voor de effecten van heiwerkzaamheden binnen windmolenparken (van der Knaap et al., 2022). Het is niet aannemelijk dat het onderhavig project leidt tot grote veranderingen in gedrag van gehoorgevoelige vissen.

Conclusie
Door de beperkte surveyduur en grootte (één dag, met één schip) is het onwaarschijnlijk dat onderwatergeluid een langdurig negatief effect zal hebben op bodemdieren en vissen. Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (survey) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op zeezoogdieren
Zeezoogdieren foerageren en communiceren voor een belangrijk deel door middel van geluid. Mede door dit mechanisme zijn zeezoogdieren gevoelig voor impulsgeluiden. Door het impulsgeluid dat vrijkomt, kan namelijk verstoring van het foerageren en communiceren optreden. Daarnaast is er kans op mogelijke fysieke of fysiologische effecten, bestaande uit tijdelijke- of permanente gehoordrempelverschuiving en in het ergste geval verwondingen. Hoe dichter zeezoogdieren zich bevinden bij de geluidsbron, hoe groter de verstoring zal zijn, waarbij permanente gehoorschade (PTS = Permanent Threshold Shift) het meest ingrijpende effect is. Iets minder ingrijpende effecten zijn een tijdelijke gehoordrempelverschuiving (TTS = Temporary Threshold Shift) en vermijding en gedragsverandering. Deze drempelwaarden zijn in Tabel 5-10 opgenomen.

Tabel 5-10. Drempelwaarden en zwemsnelheden voor mijding van onderwatergeluid door bruinvissen en zeehonden.

	Bruinvis	Zeehond
Mijding/verstoring	SEL_{SS} > 140 dB re 1µPa^{2}s	$SEL_{SS,W}$ > 145 dB re 1µPa^{2}s
TTS-onset	SEL_{CUM} > 164 dB re 1µPa^{2}s	SEL_{CUM} > 171 dB re 1µPa^{2}s
TTS (1 uur)	SEL_{CUM} > 169 dB re 1µPa^{2}s	SEL_{CUM} > 176 dB re 1µPa^{2}s
PTS-onset	SEL_{CUM} > 179 dB re 1µPa^{2}s	$SEL_{CUM,W}$ > 186 dB re 1µPa^{2}s
Vluchtsnelheid	3,4 m/s (12,2 km/u)	4,9 m/s (17,6 km/u)

De geldende Nederlandse geluidsnorm bij heiwerkzaamheden op zee is 164 dB re 1 µPa^{2}s (Heinis et al., 2025). In Nederland wordt volgens de methodiek van het Kader Ecologie en Cumulatie (KEC) uitgegaan van een vermijdingsgrenswaarde van SEL_1 = 140 dB re 1 µPa^{2}s voor bruinvissen en 145 dB voor zeehonden (Heinis, De Jong, Von Benda-Beckmann, et al., 2019). Als het geluidsniveau onder de 140 dB komt, wordt geen vermijdend gedrag meer waargenomen. SEL_1 betekent Sound Exposure Level van één heislag (single strike). Het gebruik van de single strike SEL in plaats van een gecumuleerde SEL over de hele duur van het heien is gerechtvaardigd, omdat bij de eerste klap van het heien, de dieren in het gebied zullen wegzwemmen. Hierdoor worden ze beperkt aan onderwatergeluid blootgesteld.

Bruinvissen

Om de effecten te bepalen van de survey als onderdeel van de aanleg van pijpleiding wordt het aantal mogelijk verstoorde zeezoogdieren berekend door het verstoringsoppervlak (29,7 km^2, paragraaf 2.9) te vermenigvuldigen met de dichtheden van aanwezige zeezoogdieren. Voor de bruinvis is de kaart gebruikt voor de dichtheden bruinvissen in de zomerperiode uit Gilles et al. (2025), welke neerkomt op een verwachte bruinvisdichtheid van 1,00 dieren per km^2 (*worst-case*). In het ergste geval resulteert dit in een verstoring van 30 bruinvissen per dag (Tabel 5-11).

Tabel 5-11. Aantal verstoorde bruinvissen per dag, berekend uit bruinvisdichtheid maal verstoringsoppervlak.

Werkzaamheden	Aantal verstoorde bruinvissen per dag
Survey	30

Zeehonden

In het KEC 5.0 is een beeld geschetst van de effecten van *sub-bottom profilers* door akoestische metingen uit Pace et al. (2021). Vergelijkingen van gemeten geluidsniveaus met verstoringscriteria voor zeehonden suggereren dat door de lage gevoeligheid van zeehonden tot hoogfrequente geluiden van de *sub-bottom profiler* zeehonden nauwelijks gevoelig zijn voor dit type geluidsemissie.

Conclusie

De surveyactiviteit valt binnen de hoorbare frequentie van bruinvissen, waardoor deze mogelijk hinder kunnen ondervinden. **In het geval van bruinvissen kunnen significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (survey) niet worden uitgesloten en worden nader beoordeeld in hoofdstuk 6 en 7.**

Zoals beschreven in het KEC 5.0 zijn de zeehonden nauwelijks gevoelig voor de uitgezonden frequenties van een *sub-bottom profiler*. De effectafstanden voor deze geluidsbron zijn daarmee verwaarloosbaar, waardoor er geen effecten te verwachten zijn op zeehonden in het projectgebied. Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (survey) kunnen voor zeehonden op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels
Een aantal vogelsoorten (zoals de zeekoet en alk) jaagt onder water, waarbij vaak tot grote dieptes wordt gedoken. Vogels die zich voor geruime tijd onderwater bevinden om te foerageren, kunnen mogelijk hinder ondervinden van onderwatergeluid (Crowell, 2016). Dit kan bijvoorbeeld leiden tot een verandering in gedrag en daarbij een verlies in foerageertijd. Een studie door Anderson Hansen et al. (2020) heeft aangetoond dat zeekoeten reageren op onderwatergeluid (scheepvaart, sonars en heiwerkzaamheden). Tijdens deze studie werden zeekoeten blootgesteld aan geluidssterktes tussen 110 en 137 dB re 1 µPa, waarbij de vogels een graduele respons lieten zien (meer respons bij hogere geluidsniveaus).

In het KEC 5.0 zijn de effecten van *sub-bottom profilers* onderzocht voor zeezoogdieren. Het ontbreekt echter aan duidelijke drempelwaardes van verstoring voor duikende vogels, zoals de zeekoet. *Worst-case* wordt daarom de verstoringsafstand aangehouden zoals deze eerder is bepaald voor bruinvissen (Heinis et al., 2025). Op basis van een conservatieve inschatting wordt daarom in totaal rekening gehouden met een verstoringscontour van 1.100 m. Ongeveer 13 km van het te surveyen tracé is gelegen binnen het Natura 2000-gebied Friese Front. Het verstoord oppervlak komt daarmee op 14,3 km^2 (0,5% van het Natura 2000-gebied Friese Front). In de projectplanning is opgenomen dat de **aanlegfase**, waaronder de uit te voeren survey van de pijpleiding, worden uitgevoerd buiten de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober). Daarnaast is de toename van onderwatergeluid van tijdelijke duur en beslaat een relatief beperkt oppervlak.

Conclusie
De survey vindt gedeeltelijk plaats binnen het Natura 2000-gebied Friese Front, dat is aangewezen voor het voorkomen van grote aantallen zeekoeten. In de projectplanning is opgenomen dat werkzaamheden tijdens de **aanleg- en boorfase,** waaronder het uitvoeren van de survey, buiten de kritische periode van de zeekoet plaatsvinden. De zeekoet is daardoor mobiel, waardoor er voldoende uitwijkmogelijkheden blijven bestaan. Significant negatieve effecten als gevolg van onderwatergeluid (survey) kunnen daarom op voorhand worden uitgesloten.

5.2 Optische verstoring en licht

De aanwezigheid van schepen, machines, structuren en mensen kunnen tot verstoring leiden. De effecten hiervan zijn over het algemeen onder te verdelen in verstoring door beweging (ook wel optische verstoring genoemd), verstoring door licht en verstoring door geluid. Optische verstoring en licht kan ertoe leiden dat soorten tijdelijk of permanent het gebied verlaten om de verstoringsbron te vermijden. Verstoring door geluid is beschreven in paragraaf 5.1.

In alle fases van het project (**aanleg-**, **boor-**, **productie-** en **ontmantelingsfase**) zijn transportbewegingen met schepen en helikopters nodig. Het betreft een toename van scheepsverkeer om bemanning en materialen op de planlocatie te brengen en halen. Er zullen voor dit doel ook helikopterbewegingen plaatsvinden. De details over de toename van transportbewegingen zijn opgenomen in paragraaf 5.1.1. Daarnaast zal er een nieuw platform worden gerealiseerd, wat tot optische verstoring van vogels kan leiden.

Net als door beweging kunnen soorten ook verstoring ervaren door lichtuitstraling. Het is niet altijd duidelijk of een soort wordt verstoord door de beweging, enkel door de toename van licht of de combinatie van deze factoren. Daarom wordt eerst verstoring door beweging behandeld, en vervolgens worden bij het onderdeel verstoring door licht alle gevallen benoemd waarbij de lichtuitstraling mogelijk als extra verstorend wordt ervaren.

5.2.1 Optische verstoring

5.2.1.1 Transportbewegingen

Voor de werkzaamheden in zowel de **aanleg-, boor-, productie-** en **ontmantelingsfase** zullen er schepen en helikopters worden ingezet (zie voor details paragraaf 5.1.1). Schepen en helikopters zullen uitvaren en vliegen vanaf het havengebied in Den Helder. Dit betekent dat de schepen de gebruikelijke scheepvaartroute zullen volgen door de Noordzeekustzone. Hierbij varen er ook schepen op enige afstand van Noorderhaaks (op minimaal 1.200-1.500 m afstand), waar zeehonden rusten en zogen. De scheepvaartroute wordt vanuit de kustzone zoveel mogelijk gevolgd tot aan het Friese Front, waar de schepen zullen moeten afwijken van de route om het platform en de putten te kunnen bereiken.

De aanwezigheid van schepen en helikopters in de kustzone en op open zee kan leiden tot verstoring van zeezoogdieren en vogels.

Effecten op zeezoogdieren
Omdat geluid verder propageert in water dan in lucht en de bruinvis zich voornamelijk in de waterkolom begeeft, is het voor de bruinvis aannemelijker dat deze het projectgebied zal verlaten door geluidsverstoring dan door optische verstoring van schepen. Volgens Tamis et al. (2011) zijn bruinvissen niet erg gevoelig voor optische verstoring, waardoor effecten van aanwezigheid op de bruinvis op voorhand zijn uit te sluiten.

Zeehonden zijn gevoelig voor optische verstoring, waarbij de verstoring het grootste is als zeehonden aan het rusten zijn op ligplaatsen. Verstoring leidt in eerste instantie tot een verhoogde alertheid. Langdurige verstoring kan leiden tot een verandering van het gebruik van het leefgebied, of tot het verlaten van het gebied (Reijnders et al., 2000). Uit een onderzoek van Bouma et al. (2010) bleek echter dat bij een toename van overvliegende helikopters en voorbijgaande schepen de rustende grijze en gewone zeehonden op Noorderhaaks nauwelijks tot niet reageerden op het geluid of de beweging van de schepen en helikopters. Een enkele keer keek een aantal zeehonden op. Bij het overvliegen en tijdelijk stilhangen van een helikopter boven Noorderhaaks was er wel een duidelijke reactie waarneembaar waarbij de zeehonden zich verplaatsten naar de waterlijn en een enkeling ook te water ging. Het opstijgen van de helikopters vindt in werkelijkheid echter plaats op ca. 8 km van Noorderhaaks bij de haven van Den Helder en niet recht boven Noorderhaaks, waardoor dit type reacties van zeehonden niet te verwachten zijn.

Over het algemeen komen zeehonden vaker voor in de kustzone, maar ze worden ook op open zee waargenomen. Door de spreiding van de extra scheepvaartbewegingen over een langere periode, de minimale toename van scheepvaartbewegingen ten opzichte van het huidige verkeersbeeld en de geruime afstand van de schepen tot de ligplaatsen van zeehonden op Noorderhaaks (1.200-1.500 m), kunnen significant negatieve effecten door bewegingen van voorbijgaande schepen op zeehonden worden uitgesloten.

Conclusie
De bruinvis is niet gevoelig voor optische verstoring, waardoor effecten zijn uit te sluiten. Zeehonden zijn wel gevoelig voor beweging, met name in de buurt van zeehondenligplaatsen. Er zijn echter studies die laten zien dat er gewenning op kan treden bij zeehonden wat betreft scheepvaartbewegingen. Daarbij blijven schepen in de kustzone binnen de gebruikelijke scheepvaartroute en is de toename in het aantal schepen beperkt tot enkele extra schepen. De grootste verstoring van helikopterverkeer vindt plaats op ca. 8 km afstand (opstijgplaats in de haven van Den Helder) van de zeehondenligplaatsen op Noorderhaaks, waardoor verwacht kan worden dat zeehonden hier geen tot zeer beperkt hinder van ondervinden. Significant negatieve effecten als gevolg van optische verstoring en licht (scheeps- en helikopterbewegingen) op zeezoogdieren kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels

De gevoeligheid van vogels voor optische verstoring is een terugkerend probleem bij milieueffectstudies met betrekking tot activiteiten in het mariene systeem. Sommige soorten zijn buitengewoon verstoringsgevoelig, anderen zijn minder of zelfs helemaal niet aan dit soort verstoring onderhevig. Bovendien worden verschillende soorten eerder door schepen aangetrokken dan opgeschrokken. De mogelijk schadelijke effecten van de verstoring worden veroorzaakt door de kosten van een (overbodige) paniekvlucht (energie-uitgave), de onderbreking van de mogelijkheden te foerageren (verminderde energie-opname) en in extreme gevallen tot het ongeschikt raken van (een deel van) het foerageergebied (Camphuysen et al., 1999). De gevoeligheid voor verstoringen wordt bepaald door de schuwheid van soorten, de energie-uitgaven als gevolg van een vlucht, dichtheden van vogelconcentraties en de ruimtelijke verdeling van de voedselbronnen (Camphuysen et al., 1999). Zo zullen zwarte en grote zee-eenden, schuwe voedselspecialisten die in grote compacte groepen op enkele verspreid voorkomende schelpenbanken foerageren, hoog ‘scoren’ in een analyse van verstoringsgevoeligheid.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten is het mogelijk om tot een weging van factoren en gevoeligheid van soorten voor verstoring te komen, waarin de huidige kennis zo objectief mogelijk wordt samengevat. Deze analyse is vooral gebaseerd op basis van waarnemingen van vogelgedrag ten aanzien van schepen. Voor wat betreft verstoringen door helikopters kunnen soortspecifieke verschillen minder precies worden opgesteld, omdat daarvan nog altijd weinig concrete, directe waarnemingen bestaan. Vaak reageren soorten als duikers en zee-eenden, die voor schepen paniekerig opvliegen, ook heftig op laag overvliegende helikopters. Daarnaast reageren ook de meeste andere zeevogels door weg te vliegen of onder te duiken bij laag overkomende helikopters of vliegtuigen, inclusief soorten die schepen als een potentiële voedselbron beschouwen en die de scheepvaart dus niet altijd mijden.

Garthe & Hüppop (2004) deden onderzoek naar het vlucht- en vermijdgedrag van verschillende zeevogels bij verstoring door scheepvaart- en helikopterverkeer. In totaal kregen 26 vogelsoorten een score toebedeeld tussen de 0 (nauwelijks vlucht- en vermijdgedrag/zeer korte vluchtafstand) en 5 (sterk vlucht- en vermijdgedrag/grote vluchtafstand). Zoals verwacht bleken vooral duikende soorten zoals de roodkeelduiker (score 4) gevoelig voor verstoring door schepen en helikopters. Onderzoek van Fliessbach et al. (2019) naar de reactie van 26 zeevogels als gevolg van verstoring door schepen in de Duitse Noordzee en Baltische Zee heeft deze bevindingen bevestigd. Op basis van een aantal ecologische indicatoren werd een verstoringsgevoeligheidsindex (0 – 100) per soort berekend, waarbij een lage score ongevoeligheid en een hoge score hoge gevoeligheid voor verstoring door schepen aangaf. Kolonie-vormende en/of duikende soorten als roodkeelduikers (score 78), zwarte zeekoeten (score 75), zwarte zee-eenden (score 68) en alken (score 51) werden hierin beoordeeld als het meest gevoelig, terwijl meeuwachtigen als de visdief, kokmeeuw en zilvermeeuw veel lager scoorden (scores <10), wat aangaf dat deze soorten minder gevoelig zijn voor verstoring door schepen.
Volgens Tamis et al. (2011) zijn veel op zee voorkomende duikende vogelsoorten, waaronder de roodkeelduiker, parelduiker, topper, eider en zwarte zee-eend gevoelig voor optische verstoring, terwijl (roof)meeuwen zoals de grote jager, dwergmeeuw, kleine- en grote mantelmeeuw nauwelijks gevoelig zijn. Duikers en zee-eenden ontwijken gebieden met een hoge vaarintensiteit en worden al op grote afstand verstoord door schepen, waarbij verlies van habitat kan optreden (Fliessbach et al., 2019). Er zijn aanwijzingen dat zee-eenden gewend raken aan scheepvaart in vaargeulen, daarbuiten is dit waarschijnlijk niet het geval (Schwemmer et al., 2011). In het geval van de duikers is op basis van verspreidingsgegevens bekend dat deze slechts zeer sporadisch voorkomen in het projectgebied (Bemmelen, van et al., 2024). Daarnaast zijn duikers, zoals de roodkeelduiker, in staat om zich te verplaatsen bij eventuele optische verstoring en door licht vanwege hun mobiliteit De roodkeelduiker staat bekend als een soort die in staat is om een grote verscheidenheid aan mariene habitats en prooikeuzes te benutten. In de winter is de soort bovendien zeer mobiel, wat betekent dat zij bij verstoring relatief eenvoudig alternatieve foerageergebieden op kan zoeken (Dierschke, 2017).

De Noordzee wordt door veel vogels gebruikt als een ruigebied. Ruiende zeekoeten zijn in de ruiperiode van zomer- naar winterkleed kwetsbaar omdat zij wegens hun beperkte vliegvermogen moeilijk uit kunnen wijken voor verstoringsfactoren. Het Friese Front vormt een belangrijk leef- en foerageergebied voor ruiende zeekoeten. Aanwezigheid van schepen en helikopters buiten de scheepvaart- en helikopterroutes kan in deze maanden (juli t/m oktober) leiden tot verstoring van de soort. De zeekoet is in een aantal studies gekarakteriseerd als marginaal gevoelig voor optische verstoring (Camphuysen et al., 1999; Fliessbach et al., 2019; Garthe & Hüppop, 2004b; Tamis et al., 2011). In recentere onderzoeken is de verstoringsgevoeligheid van zeekoeten in relatie tot recreatie en scheepvaart echter beoordeeld als ‘groot’ (Krijgsveld et al., 2022).

Onderzoek heeft aangetoond hoe individuen van de soort pas op relatief korte afstand reageren op de aanwezigheid van schepen (gemiddeld 127 m tot een maximum van 500 m) (Fliessbach et al., 2019). Hierbij moet worden opgemerkt dat deze gepubliceerde data gelden voor optische verstoring door kleinere (30–40 m) schepen, voor grotere schepen zijn verstoringsafstanden wellicht groter. Recenter is in Krijgsveld *et al.* (2022) is een overzicht gegeven van de verstoringsgevoeligheid van verschillende vogelsoorten in relatie tot verstoring door recreatie. Bij gebrek aan *in situ* waarnemingen, en in dit geval voor mijnbouw op zee, wordt uitgegaan de informatie gepresenteerd door Krijgsveld en collega’s. Het rapport brengt inzichtelijk wat de effecten van verstoring zijn voor verschillende soorten, door verschillende verstoringsbronnen en in verschillende biotopen. Deze wordt uitgedrukt als vluchtafstand, waarbij de afstand wordt bedoeld waarop vogels alert worden, opvliegen of wegvluchten.

Volgens de auteurs zegt de vluchtafstand echter weinig over de impact van een verstoring op vogels. Om een zinvoller afstand ter beschikking te stellen wordt uitgegaan van de minimale naderingsafstand, ofwel bufferzone. In Krijgsveld et al. (2022) wordt de bufferzone voor niet-broedvogels, zoals de zeekoet, bepaald door de gemiddelde vluchtafstand te vermenigvuldigen met een factor 1,8. In deel twee van de publicatie (soortbesprekingen) wordt een overzicht weergegeven van de bandbreedte van de vluchtafstanden en geadviseerde bufferzone. Op basis van deskundigenoordeel is de vluchtafstand voor zeekoeten vastgesteld op 250-500 m (min-max). De bufferzone voor de zeekoet ligt hierbij op 1000 m. Deze afstand wordt *worst-case* aangehouden voor de verstoring door schepen.

Zeekoeten reageren op naderende schepen en andere verstoringen doorgaans met onderduiken in plaats van opvliegen, een reactie die relatief veel energie kost. Hoewel aannemelijk is dat verstoring energetische gevolgen heeft, ontbreekt specifieke wetenschappelijke informatie over de relatie tussen verstoring en energiebalans bij deze soort. Recente modelontwikkelingen bieden hierin de eerste verkennende inzichten (Soudijn et al., 2024). Met het HALOMAR model zijn specifieke simulaties uitgevoerd voor verschillende zeevogels, waaronder de zeekoet, waarbij verstoring door offshore windparken is vertaald naar een tijdelijke vermindering van voedselopname. De modelresultaten suggereren dat dergelijke verstoring, afhankelijk van het foerageergedrag en de beschikbaarheid van alternatieve voedselgebieden, kan leiden tot een verslechterde energieconditie en verhoogde sterftekansen. Dit staat bekend als *displacement mortality*: sterfte die optreedt als gevolg van verdringing uit geschikte foerageergebieden, met name wanneer deze gebieden rijk aan voedsel zijn. Hoewel het model zich nog in een ontwikkelingsfase bevindt en niet geschikt is voor formele effectkwantificering, benadrukken de bevindingen wel dat zelfs tijdelijke verstoring energetische gevolgen kan hebben voor individuele vogels, vooral wanneer deze herhaaldelijk voorkomt of optreedt in voedselrijke gebieden.

In het geval van helikopters is het visuele aspect, namelijk de bedreiging die de vogel ervaart door helikopters, zeer afhankelijk van de omstandigheden: de hoogte en afstand, de periode van het jaar, of er regelmatig of onregelmatig wordt gevlogen, of er in een rechte lijn wordt gevlogen of cirkelbewegingen worden gemaakt, etc. Bij regelmatige vluchten kan er gewenning optreden (Krijgsveld et al., 2008; Smit,

2004). Uit verschillende onderzoeken (Bruderer & Komenda-Zehnder, 2005; Smit et al., 2008) blijkt dat bij een vlieghoogte van 450 m of hoger verstoring van vogels door overvliegende helikopters verwaarloosbaar is. Laagvliegen door helikopters vindt alleen plaats in de buurt van het platform en zal alleen daar mogelijk verstoring veroorzaken. Voor de vaar- en vliegbewegingen tijdens alle fases wordt er zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande vaar- en vliegroutes. De beoogde locatie van platform L7-F ligt echter op ca. 17-20 km van de scheepvaartroute in het Friese Front, waardoor uitwijken van de route noodzakelijk zal zijn om het platform te bereiken.

Conclusie
Er zal bij de uitvoering van het project een toename zijn van scheepsverkeer en helikoptervluchten. Deze extra bewegingen kunnen ervoor zorgen dat vogels opvliegen of onderduiken en (tijdelijk) het gebied verlaten. Daarbij zullen schepen buiten de gebruikelijke scheepvaartroute varen om het platform te bereiken, wat leidt tot extra verstoring. Voor veel op zee voorkomende vogelsoorten geldt dat deze een groot verspreidingsgebied kennen, mobiel zijn er daardoor ook voldoende uitwijkmogelijkheden blijven bestaan. Significant negatieve effecten als gevolg van optische verstoring en licht (scheeps- en helikopterbewegingen) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Ruiende zeekoeten zijn in de ruiperiode kwetsbaar omdat zij vanwege hun beperkte vliegvermogen moeilijk uit kunnen wijken voor verstoringsfactoren. **Significant negatieve effecten als gevolg van optische verstoring en licht (scheeps- en helikopterbewegingen) kunnen niet op voorhand worden uitgesloten en worden nader beoordeeld in hoofdstuk 6 en 7.**

5.2.1.2 Aanwezigheid van het platform

De installatie van mariene structuren op zee, zoals windparken en platforms, kunnen effect hebben op soorten die voorkomen op zee. In de **aanlegfase** zal productieplatform L7-F worden gerealiseerd in het Friese Front. Offshore platforms bestaan uit een onderbouw (jacket) en een bovenbouw (topside). De onderbouw is de draagstructuur van het platform. De bovenbouw (het eigenlijke platform) bevat ondersteunende installaties. Met name in de **boor-** en **productiefase** – na de installatie van het platform – kan het productieplatform tot optische verstoring leiden.

De aanwezigheid van een platform op open zee kan leiden tot optische verstoring van vogels, wat hun gedrag en het gebruik van het leefgebied kan beïnvloeden.

Effecten op vogels
De mate van optische verstoring is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder de gevoeligheid van de soort voor aanwezigheid van mariene structuren en de mate van mariene bebouwing in een bepaald gebied. Uit onderzoek van Peschko et al. (2024) naar de cumulatieve effecten van wind-op-zee op zeekoeten in de Duitse Noordzee blijkt dat zeekoeten windparken vermijden tot een radius van 19,5 km van het windpark. Gezien de huidige installatieplannen voor windparken op zee in de Duitse Noordzee zou dit betekenen dat in totaal 68% van de zeekoeten in de Duitse Noordzee mogelijk leefgebied verliezen. Er kan echter worden verondersteld dat de aanwezigheid van een heel windpark niet tot dezelfde mate van verstoring leidt als de aanwezigheid van één platform. Ook in een recente publicatie van onder meer Grundlehner et al. (2025), worden nieuwe methodes onderzocht om de groeiende druk van menselijke activiteiten op zee en effecten daarvan op zeevogels beter in kaart te brengen.

Er bestaan ook onderzoeken waarbij is aangetoond dat zeekoeten mogelijk kunnen worden aangetrokken door structuren als platforms. Bij vogeltellingen in september 2009 in de Bruine Bank bleken dichtheden van zeekoeten sterk positief gecorreleerd met de aanwezigheid van platforms (Van Bemmelen et al., 2009). Het ontbreekt aan concrete aanwijzingen in de literatuur over de aantrekking of juist vermijding door zeekoeten van (kleine) offshore structuren. In het *worst-case* geval wordt aangenomen dat er vermijding

optreedt en daarmee afname van geschikt leefgebied. In Fliessbach et al. (2019) is aangetoond dat zeekoeten bewegende objecten, die doorgaans verstorender werken (zie paragraaf 5.2.1.1), vermijden (gemiddeld 127 m tot een maximum van 500 m). Zoals eerder beschreven is een soortgelijke bandbreedte van verstoring (250-500 m) gevonden in een recentere studie door Krijgsveld et al. (2022) op basis van deskundigenoordeel. De auteurs hanteren een bufferzone van 1000 m voor de zeekoet in relatie tot verstoring door bewegende activiteiten, zoals schepen. Het ontbreekt echter verder aan concrete verstoringscontouren in relatie tot offshore installaties. Daarom wordt *worst-case* uitgegaan dat zeekoeten een offshore installatie op 1000 m mijden.

Ervan uit gaande dat zeekoeten de installatie van L7 op een maximum van 1000 m mijden, zal er een afname zijn van 3,14 km^2 (ca. 0,11% van het Natura 2000-gebied Friese Front).

Conclusie
Er wordt aangenomen dat zeekoeten (kleine) offshore structuren vermijden, wat resulteert in een afname van geschikt leefgebied. In het ergste geval is gerekend met een verstoring van een bewegend object, zoals een schip (*worst-case* bufferzone van 1000 m). Dit leidt tot een afname van de omvang van het leefgebied met 3,14 km^2 (ca. 0,11% van het Natura 2000-gebied Friese Front). **Significant negatieve effecten met betrekking tot de afname van geschikt leefgebied kunnen niet op voorhand worden uitgesloten en worden nader beoordeeld in hoofdstuk 6.**

5.2.2 Lichtuitstraling

Bij het voorgenomen project is er een toename van lichtuitstraling door de verlichting op schepen en het platform. Er zal werkverlichting aanwezig zijn voor de bemanning. Ook zal er gefakkeld worden om de installaties te testen. Verstoring door licht verwijst naar de impact die kunstmatige verlichting kan hebben op het gedrag en de leefomgeving van verschillende soorten. Kunstmatig licht kan bijvoorbeeld de natuurlijke dag-nachtritmes verstoren, wat kan leiden tot veranderingen in foerageergedrag, voortplanting en migratiepatronen.

Werkverlichting
Tijdens de **aanleg-**, **boor-, productie- en ontmantelingsfase** is er sprake van lichtproductie door de werkverlichting van de schepen en het platform. Omdat het boren een continu proces is, is het boorplatform ’s nachts verlicht om het werk goed uit te voeren en de veiligheid van de bemanning te waarborgen. De verlichting is zodanig uitgevoerd dat onnodige lichtuitstraling wordt vermeden. Daarnaast voert het platform de wettelijk vereiste navigatieverlichting. Omdat de lichtbronnen zijn afgeschermd, zal de verstoring door verlichting op het platform klein zijn.

Fakkelen
Als een boring is afgerond en als gas is gevonden, wordt de betreffende put in de **boorfase** schoon geproduceerd en getest. Vooral bij het schoon produceren wordt gas uit het reservoir afgefakkeld. Er is van uitgegaan dat er maximaal drie dagen wordt gefakkeld. Het fakkelen van gas leidt tot een horizontaal gerichte vlam aan de zijkant van de installatie op een hoogte van 40 m boven zeeniveau. Deze vlam (indicatieve vlamlengte 25 meter) kan bij helder weer tot op zeer grote afstand (meer dan tien kilometer) waarneembaar zijn.

De uitstraling van licht van schepen en als gevolg van het fakkelen kan mogelijk effect hebben op zeezoogdieren, vogels en vleermuizen.

5.2.2.1 Werkverlichting

Effecten op zeezoogdieren

Voor zoogdieren geldt dat sommige soorten door verlichting worden aangetrokken, terwijl andere soorten nauwelijks reactie lijken te vertonen. Zeehonden lokaliseren hun prooien bijvoorbeeld met hun snorharen maar ook op zicht (Noordzeeloket, n.d.). Zoals de studie van Yurk & Trites (2000) aantoont is het dan ook aannemelijk dat zeehonden bij een verlichte waterkolom hun prooi beter kunnen waarnemen, en dat zeehonden dus aangetrokken worden tot de locatie waar de prooien beter waarneembaar zijn. De uitstraling van werkverlichting als gevolg van de voorgenomen activiteiten kan daarmee leiden tot een verstoord foerageergedrag.

Bruinvissen maken, in tegenstelling tot zeehonden, gebruik van echolocatie om voedsel te vinden, te navigeren en om vijanden te ontwijken (Noordzeeloket, n.d.). Een kleine toename van licht in het projectgebied zal niet leiden tot verstoring van de bruinvis in zijn foerageer- en/of navigeergedrag. Significant negatieve effecten van lichtuitstraling op zeezoogdieren kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Conclusie

Er zijn geen aanwijzingen dat zeezoogdieren vermijdend gedrag vertonen door verlichting op zee. Een deel van de verlichting die het wateroppervlak raakt zal daarnaast beperkt doordringen. Omdat zeezoogdieren mobiel zijn, blijven er voldoende mogelijkheden bestaan. Significant negatieve effecten van lichtuitstraling op zeezoogdieren kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels en vleermuizen

Lichtuitstraling van schepen en het platform kan effect hebben op bepaalde soorten (zoals (trek)vogels en vleermuizen) en leiden tot verstoring van gedrag. Visueel-georiënteerde predatoren, zoals verschillende duikers, zijn afhankelijk van licht voor het vangen van hun prooi. Verstoring door licht heeft mogelijk een negatief effect op de foerageeractiviteit van vogels. Significant negatieve effecten van lichtuitstraling op vogels kunnen niet op voorhand worden uitgesloten.

Vleermuizen migreren en foerageren meestal in de nacht (Lagerveld et al., 2023) en zijn gevoelig voor lichtuitstraling (Voigt et al., 2017, 2018). Vleermuizen worden aangetrokken door offshore structuren (e.g., platforms en windturbines), waarschijnlijk vanwege het hoge aantal insecten dat wordt aangetrokken tot het licht (Ahlén et al., 2009; Lagerveld et al., 2023). Er zijn echter al honderden constructies met verlichting op de Noordzee (platforms, boeien, windturbines, schepen, etc.) en tot op het heden zijn er geen aanwijzingen voor een effect daarvan op migratie, afgezien dat sommige structuren als rustplaats worden gebruikt wanner bij slechte weersomstandigheden te overtocht niet kan worden volbracht (Lagerveld et al., 2021). Daarbij kan de lichtuitstraling van het extra platform en de extra schepen worden beschouwd als een kleine toename ten opzichte van de achtergrondverlichting. Significant negatieve effecten van lichtuitstraling op vleermuizen kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Conclusie

Bronnen van verlichting en optische verstoring zullen beperkt zijn tot de tijdelijke plaatsing van het boorplatform en transportbewegingen van schepen en helikopters. Het is echter niet op voorhand uit te sluiten dat effecten zullen optreden op aanwezige vogels in het projectgebied. **Significant negatieve effecten kunnen daarom niet op voorhand worden uitgesloten en worden nader beoordeeld in hoofdstuk 6 en 7.**

5.2.2.2 Fakkelen

Effecten op vogels en vleermuizen
Aan het eind van de boring wordt - als er gas is gevonden - de put getest, waarbij ook enige tijd gas afgefakkeld wordt. In een rapport van Schekkerman (2015) wordt uitgelegd dat problemen met trekvogels door fakkelen op zee vooral ontstaan wanneer vogels die 's nachts over zee trekken, worden aangetrokken door het licht van de fakkel en het platform. Het rapport beschrijft een methode om het risico van fakkelen te bepalen, waarbij twee hoofdcomponenten van belang zijn:

1. de kans op 'ongunstige' omstandigheden die leiden tot desoriëntatie en aantrekking door licht, en
2. het aantal vogels dat zich boven zee in de buurt van de fakkellocatie bevindt.

De vogels uit de studie van Schekkerman (2015) vlogen vaak urenlang in cirkels rond het platform en probeerden soms op de installatie te landen. Hierbij liepen ze het risico om direct te sterven door contact met de hete vlam of door botsingen met het platform of andere vogels. Hoewel dit meestal slechts een klein deel van de aangetrokken vogels betrof, zijn er incidenten bekend waarbij in één nacht honderden tot duizenden vogels omkwamen. Andere vogels kunnen indirecte negatieve gevolgen ondervinden, zoals vermoeidheid en uitputting van hun energiereserves. De desoriëntatie van vogels en vleermuizen door licht en de vlam van het fakkelen kan leiden tot vogel – en vleermuisslachtoffers, vooral als in het trekseizoen van vogels en vleermuizen wordt gefakkeld. Om deze reden kunnen effecten van fakkelen op vogels en vleermuizen niet op voorhand worden uitgesloten.

Conclusie
Fakkelen heeft mogelijk een aantrekkende werking op vogels en vleermuizen. Dit kan op verschillende manieren tot negatieve effecten leiden. **Significant negatieve effecten op (trek)vogels en migrerende vleermuizen kunnen niet op voorhand worden uitgesloten, en worden verder beoordeeld in hoofdstuk 6 en 7.**

5.3 Oppervlakteverlies

Bij oppervlakteverlies wordt de permanente verandering van bodemsamenstelling en/of leefgebied aangeduid. Hierbij gaat doorgaans om het plaatsen van nieuwe structuren op de zeebodem of veranderingen waarbij geen sprake is van een afzienbare herstelduur. Een permanente verandering in bodemsamenstelling of verkleining van het leefgebied kan verstorende effecten teweegbrengen bij (sessiele) bodemdieren en vissen (Soudijn et al., 2022).

Voor het onderhavig project is oppervlakteverlies met name relevant voor de **aanleg-** en **boorfase**, dat aansluitend doorwerkt in de **productiefase**. Oppervlakteverlies is daarmee aan de orde voor deze drie fases. Tijdens de **aanlegfase** treedt oppervlakteverlies op door de plaatsing van het productieplatform L7-F, eventuele stortstenen bij het platform en kruisingen die worden gebruikt bij de aanleg van de pijpleiding. Bij het deel van de pijpleiding naast het platform worden natuur-inclusieve varianten onderzocht. Er treedt geen oppervlakteverlies op door de werkzaamheden tijdens de **ontmantelingsfase**.

5.3.1 Productieplatform, erosiebescherming en putten

In het onderhavig project wordt voor de L7-F locatie een productieplatform aangelegd. Tijdens de aanlegfase wordt met het plaatsen van het productieplatform 0,0013 km^2 van het Friese Front bedekt voor een periode van 10-15 jaar. Deze waarde is gebaseerd op de standaardvoetafdruk voor een jacketsysteem met drie of vier poten zoals beschreven in Wijnhoven (2023), waarin voor dit type platform een permanent habitatverlies van 0,0013 km² wordt aangehouden. In totaal gaat er 0,00004% van de oppervlakte van het

Friese Front[10] semipermanent verloren door de plaatsing van het platform. Bij de aanleg van de pijpleiding zijn drie kruisingen buiten het Friese Front voorzien. Er wordt is worst-case aangenomen dat de erosiebescherming in totaal ongeveer 0,03 km^2 beslaat.

Ook is er sprake van oppervlakteverlies tijdens de **boorfase**. Vanaf het productieplatform worden extra putten geboord voor de productie van aardgas (zie voor meer details paragraaf 2.8). Daarbij treedt oppervlakteverlies op bij het heien van de conductors. De conductors zijn doorgaans 80 cm in diameter waardoor het oppervlakteverlies als gevolg van deze activiteit verwaarloosbaar klein is.

Tabel 5-12. Overzicht van activiteiten die leiden tot oppervlakteverlies van de zeebodem.

Activiteit	Totaal verstoorde oppervlak (in km^2)	Totaal verstoord oppervlak Friese Front (in km^2)
Plaatsing platform	0,0013	0,0013
Erosiebescherming (pijpleiding)	0,03	0

Effecten op bodemdieren
Er bevinden zich geen beschermde habitattypen in het Friese Front. Wel overlapt het projectgebied met het verspreidingsgebied van schelp- en zandkokerwormen (Sas, van Duren, et al., 2023). De schelpkokerworm komt relatief algemeen voor in de Noordzee en dus ook in het gebied waar de voorgenomen activiteit plaatsvindt. De zandkokerworm is een veel zeldzamere soort en komt alleen in bepaalde delen van de Noordzee voor. Uit de milieustudie van Fugro (2024) blijkt dat de zand- en schelpkokerworm niet voorkomen op de geplande locatie van het platform en het tracé van de pijpleiding, waardoor effecten door oppervlakteverlies niet worden verwacht. Naast het potentieel voorkomen van rifvormende soorten komen er nog andere wormensoorten, schelpdieren en kreeftjes waaronder de *Magelona* en *Nepthys* borstelwormen, de rechtgestreepte platschelp, het kniksprietkreeftje en de Noordelijke zandkokerworm (Fugro, 2024). Dit zijn zeer algemene soorten. Significant negatieve effecten door oppervlakteverlies (plaatsing platform, erosiebescherming en boren van putten) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Conclusie
De beoogde locatie van het platform, de erosiebescherming en te boren putten overlappen niet de aangewezen gebieden voor het herstel van de platte oester in het Friese Front. Er is geen sprake van oppervlakteverlies van deze belangrijke natuurherstelprojecten in het Friese Front, waardoor significant negatieve effecten van oppervlakteverlies op de platte oester op voorhand kunnen worden uitgesloten.

Effecten op vissen
Vanwege het aanwezige voedsel (met name pelagische vissen) vormt de slibrijke zone van het Friese Front en de aansluitende zuidzijde van de Oestergronden een belangrijk gebied voor zeevogels als grote jager, zeekoet, alk, zeekoet en drieteenmeeuw en ook voor zeezoogdieren als de bruinvis (Wiersinga et al., 2011). Bepaalde vissoorten, zoals zandspiering, hebben dan ook een belangrijke functie in het Friese Front als voedselbron voor zeevogels en zeezoogdieren (Degraer et al., 2010). Directe effecten van oppervlakteverlies op vissen kunnen daardoor ook indirect effect hebben op vogels en zeezoogdieren.

Zandspiering is een voorbeeld van een vissoort die sterk gebonden is aan de zeebodem. Verlies van oppervlakte kan effect hebben op de habitatbeschikbaarheid van de zandspiering, en daarmee indirect op de voedselbeschikbaarheid van vogels en zeezoogdieren. Over de zandspiering is relatief weinig bekend. De soort graaft zich in de zandbodem in maar kan zich ook in de waterkolom verplaatsen. Het oppervlak dat voor lange duur verloren gaat is zeer lokaal en beperkt. Er blijven daarnaast ook voldoende

[10] *Oppervlakte van het Friese Front is 2.882 km^2 (https://www.natura2000.nl/gebieden/noordzee/friese-front).*

uitwijkmogelijkheden bestaan, waardoor de effecten verwaarloosbaar klein zijn. Significant negatieve effecten kunnen daarmee op voorhand worden uitgesloten.

Conclusie
In het onderhavig project treedt in zeer beperkte mate oppervlakteverlies op door de plaatsing van het productieplatform, erosiebescherming en putten. Door de afwezigheid van zandkokerworm riffen en oesterherstelgebieden in het projectgebied, het beperkte oppervlakteverlies van het Friese Front als gevolg van de activiteit, en mogelijkheden tot uitwijken van bodem gebonden vissen (*i.e.*, zandspiering), kunnen significant negatieve effecten van oppervlakteverlies op bodemdieren en vissen op voorhand worden uitgesloten.

5.4 Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat

Door werkzaamheden kan er verstoring van de bodem en veranderingen in de stroming teweegbrengen, wat invloed heeft op lokale sedimentatieprocessen (verandering dynamiek substraat). Verstoring van de bodem kan leiden tot beschadiging en het afsterven van bodemdieren en (demersale) vissoorten. Daarnaast kan een verandering van de dynamiek van het substraat ook doorwerken in de voedselketen, omdat de biomassa en soortensamenstelling van de bodemdieren afhankelijk zijn van het sedimenttype en de hydrodynamische omstandigheden. De mate van de effecten van verstoring van de bodem zijn erg afhankelijk van de lokale samenstelling van de bodemgemeenschap en het voorkomen van speciale natuurwaarden (Taormina et al., 2018).

Verstoring van de bodem en verandering van de dynamiek van het substraat treedt op tijdens de **aanleg-**, **boor-**, **productie-** en **ontmantelingsfase**. Tijdens de **aanlegfase** treedt verstoring van de bodem op door de aanleg van de pijpleiding. Verdere specificaties voor de werkzaamheden zijn weergegeven in paragraaf 2.8. In de **boorfase** gaat het met name om de tijdelijke plaatsing van het jack-up rig op de zeebodem. Tijdens de **productiefase** zijn verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat relevant tijdens onderhoudswerkzaamheden en tijdens de **ontmantelingsfase** wanneer de pijpleiding dient te worden verwijderd.

5.4.1 Pijpleiding

Voor de afvoer van gas wordt een pijpleiding aangelegd van het L7-F platform naar de NOGAT-leiding van 27 km lang, waarvan 13 km door het Natura 2000-gebied Friese Front heen loopt. Deze activiteiten vinden plaats tijdens de **aanlegfase**. Er zijn twee methoden beschikbaar voor de aanleg van de pijpleiding. Verstoring van de bodem en verandering van de dynamiek van het substraat door onderhoudswerkzaamheden tijdens de **productiefase** is sporadisch. In de **ontmantelingsfase** wordt *worst-case* aangenomen dat hierbij hetzelfde oppervlak verstoord wordt als in de **aanlegfase**.

Mechanical trenching
Bij deze variant wordt de pijpleiding ingegraven in de zeebodem met een *mechanical trencher* van een werkschip. Bij deze techniek wordt de leiding ingegraven met een mechanische ingraafmachine (*trencher*), die op rupsbanden over de zeebodem rijdt. De pijpleiding wordt daarbij eerst op de zeebodem gelegd, waarna met behulp van de graafarmen van de *mechanical trencher* een V-vormige sleuf van anderhalve meter diepte in de bodem onder de pijpleiding wordt gegraven, waarna de leiding in deze sleuf zakt. Hierbij wordt aangenomen dat de gecreëerde sleuf niet actief wordt dichtgegooid (*back-filling*) maar zich als gevolg van de zeestroming weer geleidelijk met sediment vult.

Door de *mechanical trencher* wordt een strook van 10 meter breed tijdelijk verstoord. In totaal resulteert het leggen van de pijpleiding door middel van de *jet sled* tot een tijdelijk verlies van 0,27 km^2, waarvan 0,13 km^2 in het Friese Front (Tabel 5-14).

Jet sled

Bij de *jet sled* variant wordt de pijpleiding door het werkschip op de zeebodem gelegd. Vervolgens wordt met behulp van de *jet sled* onder hoge druk water in de zeebodem gespoten. De bodem wordt hierdoor gedeeltelijk vloeibaar (fluïdiseert in vaktermen), Er ontstaat een sleuf waar de pijpleiding onder zijn eigen gewicht inzakt. Hierbij wordt aangenomen dat de sleuf niet actief wordt dichtgegooid (*back-filling*) maar zich als gevolg van de zeestroming weer geleidelijk met sediment vult.

Door de *jet sled* wordt een strook van 3 meter breed tijdelijk verstoord. In totaal resulteert het aanleggen van de pijpleiding door middel van de *jet sled* tot een tijdelijk verlies van 0,08 km^2, waarvan 0,04 km^2 in het Friese Front (Tabel 5-13).

Tabel 5-13. Verstoord oppervlak van de zeebodem door de aanleg van de pijpleiding volgens twee aanlegmethodes.

Aanlegmethode	Totaal verstoorde oppervlak (in km^2)	Totaal verstoord oppervlak Friese Front (in km^2)
Mechanical trenching	0,27	0,13
Jet sled	0,08	0,04

Effecten op bodemdieren

Er bevinden zich geen beschermde habitattypen in de directe omgeving van het platform. In het projectgebied zijn volgens de studie van (Fugro, 2024) de meest voorkomende epifauna soorten de gewone slangster en hermietkreeften. Op de bodem zijn de tien meest dominant voorkomende taxa (macrobenthos): halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*), kniksprietkreeftje (*Bathyporeia elegans*), Magelona borstelworm (*Magelona johnstoni*), Nepthys borstelworm (*Nephtys cirrosa*), rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*), Noordelijke zandkokerworm (*Spiophanes bombyx*), fylum Nemertea, kniksprietkreeftje (*Bathyporeia tenuipes*), vlokreeft (*Pontocrates moorei*), en Sigalion borstelworm (*Sigalion mathildae*). Rifbouwende soorten als de schelpkokerworm (*Lanice conchillega*) en de gestekelde zandkokerworm (*Sabellaria spinulosa*) zijn niet aangetroffen in het projectgebied (zie Bijlage B.4.1).

De pijpleiding wordt aangelegd in een gebied waar weinig stenen liggen en dus ook weinig hardsubstraatsoorten voorkomen (Fugro, 2024). Op 13 km ten noorden van het productieplatform bevindt zich een oesterherstelproject.

In het *worst-case* scenario wordt uitgegaan van de aanleg met een *mechanical trencher*, waarbij 0,13 km^2 van de bodem van het Friese Front wordt verstoord (Tabel 5-13). Door de dynamische omstandigheden en relatief algemene bodemfauna die aanwezig zijn in het projectgebied, wordt aangenomen dat de bodem zich na verstoring relatief snel herstelt.

Conclusie

Er wordt bij de aanleg van de pijpleiding een zeer klein gebied verstoord. Significant negatieve effecten van de aanleg van de pijpleiding op bodemdieren (inclusief schelpkokerwormen) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vissen

Door de aanleg van de pijpleiding vindt bodemberoering plaats, wat effect kan hebben op vissen die op of in de bodem leven. De locatie waar de pijpleiding wordt aangelegd, het Friese Front, is van nature een slibrijk gebied met grote dynamiek.

De zandspiering is een belangrijke voedselsoort voor zeevogels in het Friese Front en leeft deels in het zand. De voortplanting van de zandspiering is gebonden aan de bodem. De zandspiering kan alleen paaien

in gebieden waar zowel het hydrodynamische regime als het substraat geschikt zijn (Bos et al., 2009). Zandspiering legt eieren op de bodem, die bedekt worden met een slijmlaag, waardoor ze aan elkaar plakken en aan zand blijven kleven. De larven zijn planktonisch (in de waterkolom) en ontwikkelen in latere fasen van hun larvale leven de mogelijkheid om verticaal in de waterkolom te migreren (Proctor et al., 1998). Bodemberoering als gevolg van de aanleg van de pijpleiding kan leiden tot verstoring van het natuurlijk voortplantingsgedrag van de zandspiering. Er wordt echter maar een zeer klein deel van de bodem verstoord en daarbij is de zandspiering een vis die zich snel voortplant en duizenden eitjes per keer legt (Scotland's Nature Agency, 2023).

In het kader van het FORAGE FISH onderzoeksprogramma is de verspreiding van zandspiering in relatie tot hun leefomgeving, voedselbeschikbaarheid en de verspreiding van toppredatoren onderzocht (Engelhard et al., 2014). De distributie van zandspiering op het NCP is erg seizoensgebonden en verhoudt zich sterk tot ondiepere delen van de Noordzee (Witbaard et al., 2024). In recenter onderzoek door Parmentier et) is eenzelfde relatie gevonden, waarbij de hoogste dichtheden zandspiering gevonden werden op de Doggersbank en kustgebieden. Grote, plaatselijke concentraties van zandspiering ontbraken op het Friese Front.

Conclusie
Verstoring van de bodem treedt op tijdens de **aanleg-** en **boorfase** van het project. Er zijn geen aanwijzingen van grote concentraties zandspiering op, en nabij het Friese Front. Daarnaast is de verstoring beperkt en wordt verwacht dat de bodem zich binnen enige tijd zal herstellen. Significant negatieve effecten van verandering dynamiek substraat op vissen (zandspiering) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels en zeezoogdieren
Verstoring van de bodem door de aanleg van de pijpleiding kan een effect hebben op het voedselaanbod voor beschermde soorten (vogels en zeezoogdieren). Op basis van de vooraf uitgevoerde surveys (Fugro, 2024) komen er geen soorten voor die als belangrijke voedselbron dienen voor vogels en/of zeezoogdieren (afgezien van zandspiering). Daarbij is het oppervlak dat tijdelijk verstoord wordt relatief gering en blijven er voldoende uitwijkmogelijkheden beschikbaar voor predatoren om elders te foerageren. Daarnaast is op basis van het voorkomen van kortlevende en algemene soorten aannemelijk dat deze soorten zich snel herstellen.

Conclusie
Op basis van het voorkomen van kortlevende en algemene soorten en afwezigheid van specifieke voedselsoorten is het aannemelijk dat het voedselaanbod van vogels en zeezoogdieren niet dusdanig wordt aangetast door de voorgenomen activiteit. Significant negatieve effecten van verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat (aanleg pijpleiding) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

5.4.2 Boor- en productieplatform

De poten van platforms vormen een blokkade, zij het minimaal, voor de stroming. Dit zorgt voor lokale stroomvertraging aan de stroomopwaartse zijde van elke poot, stroomversnelling langs elke poot en een turbulentie aan de stroomafwaartse zijde van elke poot wat kan leiden tot verstoring van de bodem en verandering van de dynamiek van het substraat.

Tijdens de **boorfase** wordt er tijdelijk een jack-up rig op de bodem geplaatst. Het jack-up rig wordt met drie of vier poten op de zeebodem gelaten. De voetafdruk van de poten van het boorplatform is ongeveer 0,0013 km^2. Het boorplatform wordt tijdens de **boorfase** drie keer gemobiliseerd. Rondom het tijdelijke boorplatform wordt geen steenbestorting aangelegd. Vanwege het tijdelijke karakter van dit boorplatform zijn de morfologische effecten relatief klein en tijdelijk (Royal HaskoningDHV, 2025b). Eventuele kuilen die ondanks

de bodembescherming door stroming toch zijn ontstaan, worden hierna naar verwachting binnen een periode van enkele dagen tot weken opgevuld door natuurlijke sedimentatie (Royal HaskoningDHV, 2025b).

Na de boorfase wordt het boorplatform verwijderd en blijft alleen het productieplatform aanwezig. Verandering van de dynamiek van het substraat zal in het geval van het productieplatform optreden tijdens de **aanleg- en productiefase.** Eventuele kuilen die rondom de poten van het productieplatform toch zijn ontstaan, worden hierna naar verwachting binnen een periode van enkele dagen tot weken opgevuld door natuurlijke sedimentatie en indien nodig met stortstenen. Tijdens de **ontmantelingsfase** zal er ook verstoring optreden en zal er verandering van de dynamiek van het substraat optreden door de verwijdering van het productieplatform. Hiervoor wordt als uitgangspunt genomen dat dezelfde mate van effecten optreden zoals in de **aanleg- en productiefase**.

Effecten op bodemdieren
In het projectgebied komen algemene bodemdieren voor (Fugro, 2024) (zie ook paragraaf 5.4.1). De pijpleiding wordt gelegd in een gebied waar weinig stenen liggen en dus ook weinig hardsubstraatsoorten voorkomen (Fugro, 2024). Op 13 km van het productieplatform bevindt zich wel een oesterherstelproject.

De hoeveelheid oppervlakte die wordt bedekt en verstoord door de plaatsing van de drie of vier poten van het jack-up rig is zeer beperkt en lokaal. Daarnaast zal de tijdelijke duur van de plaatsing van de poten niet tot grootschalige morfologische veranderingen leiden op de zeebodem. In combinatie met de aanwezige natuurwaarden in het projectgebied is het aannemelijk dat er alleen kleinschalige effecten optreden op langlevende soorten (Fugro, 2024; Sas et al., 2023). Er wordt daarom aangenomen dat de bodem zich binnen enige tijd zal herstellen, ook wanneer de booractiviteiten achtereenvolgens plaatsvinden.

Conclusie
Gezien het beperkte oppervlak dat verstoord wordt door het plaatsen van de jack-up rig en afwezigheid van speciale natuurwaarden zijn er alleen tijdelijke en kleinschalige effecten te verwachten. Significant negatieve effecten van verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat (plaatsing boor- en productieplatform) kunnen op voorhand worden uitgesloten.

5.5 Vertroebeling

Vertroebeling kan ontstaan door het opwervelen van sediment als gevolg van mechanische ingrepen zoals graven, baggeren of lozingen van slibrijk(e) sediment of vloeistof. Bij het opwervelen van sediment door mechanische ingrepen ontstaan er lokaal troebele wolken. De mate en duur van vertroebeling hangt daarbij nauw samen met de samenstelling van het sediment en lokale morfodynamiek. Sediment met een hoger slibgehalte zorgt voor een grotere mate van vertroebeling doordat de kleinere (lichtere) sedimentfractie langer gesuspendeerd blijft in de waterkolom. Naast mechanische ingrepen kan vertroebeling ook veroorzaakt worden door lozingen van boorgruis en boorspoeling. Uiteindelijk slaat het gesuspendeerde materieel neer. Er is daarbij sprake van sedimentatie als grote hoeveelheden sediment neerslaan op de bodem waardoor deze wordt bedekt. De effecten van sedimentatie zijn afhankelijk van de dikte van de sedimentlaag en de duur van de bedekking. De effecten van sedimentatie zijn nader beoordeeld in paragraaf 5.6.

Verhoogde mate van vertroebeling treedt op tijdens de **aanleg-** en **boorfase** van het onderhavig project. Tijdens de **productie-** en **ontmantelingsfase** vinden er geen werkzaamheden plaats die leiden tot extra vertroebeling. De effecten van vertroebeling door de aanlegmethodes van de voorgenomen activiteit (aanleg pijpleiding) en lozingen (boorspoeling) zijn in beeld gebracht door middel van numerieke modellering (Royal HaskoningDHV, 2025d, 2025e).

5.5.1 Pijpleiding

Eén van de onderdelen van de voorgenomen activiteit is de aanleg van een pijpleiding vanaf het gaswinningsplatform naar de bestaande NOGAT-hoofdtransportleiding in de Noordzee. Deze leiding heeft een lengte van ca. 27 km, waarvan 13 km door het Natura 2000-gebied Friese Front. Volgens de huidige planning zou het graven van het 27 km lange tracé ongeveer vier dagen duren, inclusief mogelijke pauzes in de werkzaamheden.

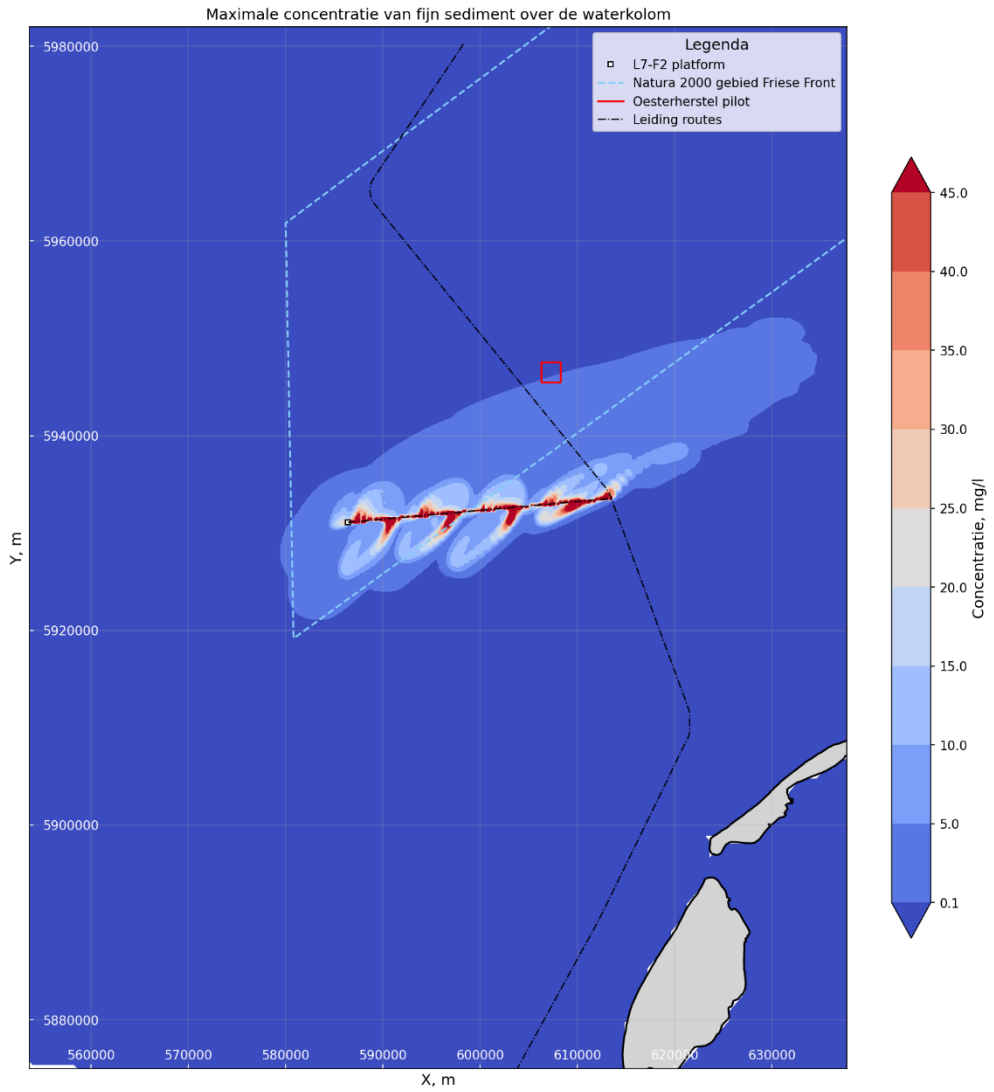
De pijpleiding wordt om veiligheidsredenen ingegraven in de zeebodem. Bij het ingraven van de pijpleiding wordt fijn sediment uit de zeebodem opgewoeld. Een deel van dit fijne sediment wordt vervolgens door stroming verspreid in de Noordzee, wat kan leiden tot een toename van sedimentatie langs de pijpleiding en verhoogde sedimentconcentraties in de waterkolom. Deze activiteiten vinden plaats tijdens de aanlegfase. Er zijn twee methoden beschikbaar voor de aanleg van de pijpleiding; *mechanical trenching* en *jet sled* (zie paragraaf 5.4.1).

De slibconcentratie op de platformlocatie en nabij de aansluiting met de bestaande NOGAT-pijpleiding is jaargemiddeld ongeveer 3-4 mg/l nabij het wateroppervlak. De natuurlijke slibconcentraties variëren per seizoen: in de winter is de seizoensgemiddelde slibconcentratie ca. 4-5 mg/l langs het tracé van de pijpleiding en in de zomer ca. 3 mg/l (Royal HaskoningDHV, 2025e).

De maximale toename in concentratie fijn sediment als gevolg van de graafwerkzaamheden bij het pijpleidingtracé varieert afhankelijk van de locatie en de getijdenfase tijdens de werkzaamheden. Een toename van 50 tot 250 mg/l boven de achtergrondconcentratie is aannemelijk. Hiermee is de concentratie sediment als gevolg van de graafwerkzaamheden aanzienlijk hoger dan de achtergrondconcentraties tijdens de zomerperiode (ca. 3 mg/l) (Figuur 5-2). Aan weerszijden van het tracé neemt de concentratie echter snel af.

Binnen een straal van 1 km van het leidingtracé kan de toename in sediment concentraties hoger zijn dan 50 mg/l als gevolg van de graafwerkzaamheden (maximale toename van 250 mg/l). Daarbuiten – dus op een grotere afstand dan 1 km van de pijpleiding – is de toename in concentratie sediment kleiner of gelijk aan 50 mg/l (Royal HaskoningDHV, 2025e).

De maximale toename in concentratie op de oesterherstellocatie is over de gehele modelperiode niet hoger dan 0,1 mg/l (tijdelijke toename van 3-5% ten opzichte van de achtergrondconcentratie). Na maximaal twee dagen is de concentratie van fijn sediment weer teruggekeerd naar de achtergrondconcentratie.



Figuur 5-4. Maximale toename in concentratie van fijn sediment over de gehele waterkolom gedurende de simulatie (Royal HaskoningDHV, 2025e). Voor de leesbaarheid van de figuur is op de y-as een schaal weergegeven van 0 tot ≥45 mg/l.

Effecten op bodemdieren

In het projectgebied komen algemene bodemdieren voor (Fugro, 2024) (zie ook paragraaf 5.4.1). De pijpleiding wordt gelegd in een gebied waar weinig stenen liggen en dus ook weinig hardsubstraatsoorten voorkomen (Fugro, 2024). Op 13 km van het productieplatform bevindt zich wel een oesterherstelproject.

Bodemdieren hebben in zekere mate het vermogen om aan te passen naar troebele omstandigheden, dit is echter niet oneindig (Van Ryckegem & Soors, 2018). Een randvoorwaarde voor een gezonde oesterbank is bijvoorbeeld een laag (<90 mg/l) zwevend stofgehalte (Kamermans et al., 2018; Smaal et al., 2017). Deze waardes zijn eerder beschreven in de literatuur, waarbij is vastgesteld dat anorganisch zwevend materiaal van meer dan 90 mg/l een sterk negatief effect heeft op de groei van de Japanse oester (Barillé et al., 1997). De grenswaardes waarbij effecten op kunnen treden zijn erg soort specifiek. Voor een mossel van ca. 3 cm is aangetoond dat de grens voor het aanpassingsvermogen bij een zwevend stofgehalte van ongeveer 250 mg/l ligt (Essink, 1999).

De oesterherstelbanken in het Friese Front zijn belangrijke locaties om te beschermen. Vertroebeling op deze locaties moet dan ook zoveel mogelijk worden voorkomen om de oesters de kans te geven om te settelen, te groeien en voort te planten. Bij de aanleg van de pijpleiding is sprake van een relatief lichte verhoging van vertroebeling in de waterkolom ter hoogte van de oesterherstelbanken (maximale toename van 0,1 mg/l gedurende twee dagen). De verhoogde vertroebeling blijft daarmee ruim onder de waarden waarbij er schade aan oesters optreedt (90 mg/l).

Andere bodemdieren die voorkomen in het projectgebied, zoals kniksprietkreeftjes (*Bathyporeia spp.*), zijn minder gevoelig voor vertroebeling. De kniksprietkreeft komt voor in zones in de waterkolom waar concentraties sediment van nature hoger zijn, wat de soort minder kwetsbaar maakt voor hogere concentraties sediment in de waterkolom (Tillin & Ashley, 2018). Ook de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) kan zich aanpassen aan verhoogde concentraties sediment in de waterkolom, door onder andere meer pseudofaeces te produceren of meer selectief organisch materiaal uit voedsel op te nemen (Rueda & Smaal, 2002). Na een tijdelijke van vertroebeling in de waterkolom zal het gebied zich herstellen. Er is geen sprake van significant negatieve effecten, omdat het effect gering en tijdelijk is en het gebied van nature dynamisch is.

Conclusie
In de nabijheid van de pijpleiding neemt de concentratie fijn sediment aanzienlijk toe (toename van maximaal 50-250 mg/l) boven op de achtergrondconcentratie (jaargemiddeld 3-4 mg/l). De effecten zijn echter zeer lokaal (grootste vertroebeling in een straal van 1 km van de pijpleiding) en van korte duur (na twee dagen is de concentratie weer vergelijkbaar met de achtergrondconcentratie). Door de beperkte mate van vertroebeling en relatief kort duur van de vertroebelingpluim ter hoogte van de oesterherstelgebieden (maximale toename van 0,1 mg/l gedurende twee dagen) zijn er ook geen merkbare effecten te verwachten op bodemdieren in of nabij het oesterherstelgebied. De verhoogde vertroebeling blijft ruim onder de waarden waarbij er schade aan oesters optreedt (90 mg/l). Significant negatieve effecten kunnen daarmee op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vissen
Vertroebeling kan zorgen voor verstopping van de kieuwen (Tulp et al., 2022), leiden tot barrièrewerking voor sommige vissoorten of een negatief effect hebben op vissoorten die voornamelijk op zicht jagen (Wenger et al., 2017). Van kabeljauw en haring is bijvoorbeeld bekend dat deze gebieden met verhoogde sedimentconcentraties vaak mijden (Westerberg et al., 1996). Voor andere vissoorten kan een verhoogde sedimentconcentratie een positief effect hebben omdat ze minder zichtbaar zijn als prooi (Wenger et al., 2017). Bij de aanleg van de pijpleiding is er sprake van een toename van vertroebeling gedurende een korte periode.

Conclusie
Op basis van de kortdurende toename van vertroebeling (maximaal twee dagen tot de oorspronkelijke concentratie wordt bereikt) en voldoende mogelijkheden tot uitwijken, zijn er naar verwachting geen of verwaarloosbare effecten op vissen. Significant negatieve effecten kunnen daarom op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op vogels
Vertroebeling kan ook een effect hebben op zichtjagende (duikende) vogels (Baptist & Leopold, 2010). Zo jagen bijvoorbeeld de jan-van-gent, roodkeelduiker, parelduiker zeekoet, alk en verschillende sterns op hun voedsel door te duiken en kunnen dit vaak tot grote dieptes (tot 30 meter) (Camphuysen & Webb, 1999). Voor een aantal soorten, bijvoorbeeld alkachtigen zoals de alk en zeekoet, is aangetoond dat deze soorten wel vaker in troebel water foerageren, zonder een direct verminderd foerageersucces (Poot et al., 2004; Zamon et al., 2014).

Conclusie
Op basis van de kortdurende toename van vertroebeling (maximaal twee dagen tot de oorspronkelijke concentratie wordt bereikt) en voldoende mogelijkheden tot uitwijken, zijn er naar verwachting geen grootschalige effecten op het foerageersucces van zichtjagende vogels. Significant negatieve effecten kunnen daarom op voorhand worden uitgesloten.

Effecten op zeezoogdieren
In een review door Todd et al. (2015) zijn de effecten van baggeractiviteiten op zeezoogdieren geïnventariseerd. Uit deze review bleek dat er tot dusver geen bewijs is gevonden dat zeezoogdieren zoals de bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond hinder ondervinden van verhoogde sedimentconcentraties in de waterkolom. Ook in recentere studies zijn er geen aanwijzingen gevonden van effecten op zeezoogdieren door hoge mate van vertroebeling en een potentieel verminderend foerageersucces (Taupp, 2022a).

Conclusie
Er zijn geen aanwijzingen dat vertroebeling merkbare effecten heeft op zeezoogdieren. Daarnaast is de vertroebelingspluim van korte duur (maximaal twee dagen tot de oorspronkelijke concentratie wordt bereikt). Significant negatieve effecten kunnen daarom op voorhand worden uitgesloten.

5.5.2 Lozing boorspoeling

Drie typen materiaal worden tijdens de boring geloosd op zee: boorgruis, bariet (kleideeltjes) uit de boorspoeling en hulpstoffen (zoals zetmeel, kalk, zout en smeermiddelen) opgelost in de boorspoeling. Boorgruis sedimenteert relatief snel doordat boorgruis bestaat uit grovere, zwaardere deeltjes (1,25 mm als meest voorkomende korrelgrootte). De effecten van de lozing van boorgruis worden daarom verder besproken in paragraaf 5.6. In de modellering zijn alleen bariet en de hulpstoffen in de boorvloeistof meegenomen.

Put L7-F1 zal worden geboord op basis van OBM, wat betekent dat de boorspoeling wordt afgevoerd naar land. Bij deze boring zijn dan ook geen effecten van de lozing van boorgruis of boorvloeistof te verwachten. Putten L7-F2 en L7-F3 zullen in zes secties worden geboord. De eerste sectie wordt geboord met zeewater, secties twee en drie worden geboord met WBM als boorspoeling, en de laatste secties worden geboord met OBM. De boorspoeling van de secties geboord met WBM mag (onder voorwaarden) vanaf het platform op de Noordzee worden geloosd. Tussen het boren van de secties 2 en 3 (op basis van WBM) is een tussenperiode van ca. vijf dagen beoogd. In deze periode kunnen deeltjes in de waterkolom mogelijk weer tot bezinking komen. Voor sectie 1 geldt dat er alleen sediment (boorgruis) zal sedimenteren, er is geen sprake van vertroebeling omdat er geen WBM wordt geloosd (Tabel 5-15). De boorspoeling van de laatste secties geboord met OBM wordt niet geloosd, maar afgevoerd per schip en verwerkt op land, en zijn daarom niet meegenomen in de pluimmodelleringsstudie.

Tussen het boren van L7-F2 en L7-F3 is er sprake van een tussenperiode van ongeveer twee jaar. Put L7-F2 zal worden gerealiseerd in de aanlegfase van het project L7-F (begin 2026-begin 2027). Voor L7-F3 geldt dat deze put mogelijk wordt gerealiseerd in 2028, afhankelijk van de geschiktheid van het gasreservoir voor gasproductie. De effecten van de lozing van boorvloeistof zullen vergelijkbaar zijn tussen L7-F2 en L7-F3, vanwege de karakteristieken van de lozingen die hetzelfde zijn voor L7-F2 en L7-F3 (Tabel 5-14).

Tabel 5-14. Boorvolgorde van putten L7-F2 en L7-F3 met de tijdsduur van de boor- en tussenperiodes, inclusief de lozing van bariet.

Boor sectie	Diepte (m)	Aantal meters dat wordt geboord	hole size ''	Boorgruis (ton)	WBM fluid (ton)	Bariet in WBM (ton)	Tijdsduur (dagen)	Lozing bariet (kg/s)
1	86-300	214	30	293	0 (zeewater)	0	5	0
Tussenperiode 1: 7 uur								
2	300-1457	1157	24	1013	878	297	5	0,69
Tussenperiode 2: 128 uur (5,3 dagen)								
3	1457-3170	1713	17,5	797	766	467	6	0,90

De pluimmodellering is uitgevoerd voor twee verschillende periodes om het bereik van mogelijke concentraties en sedimentatie van de boorspoeling te bepalen:

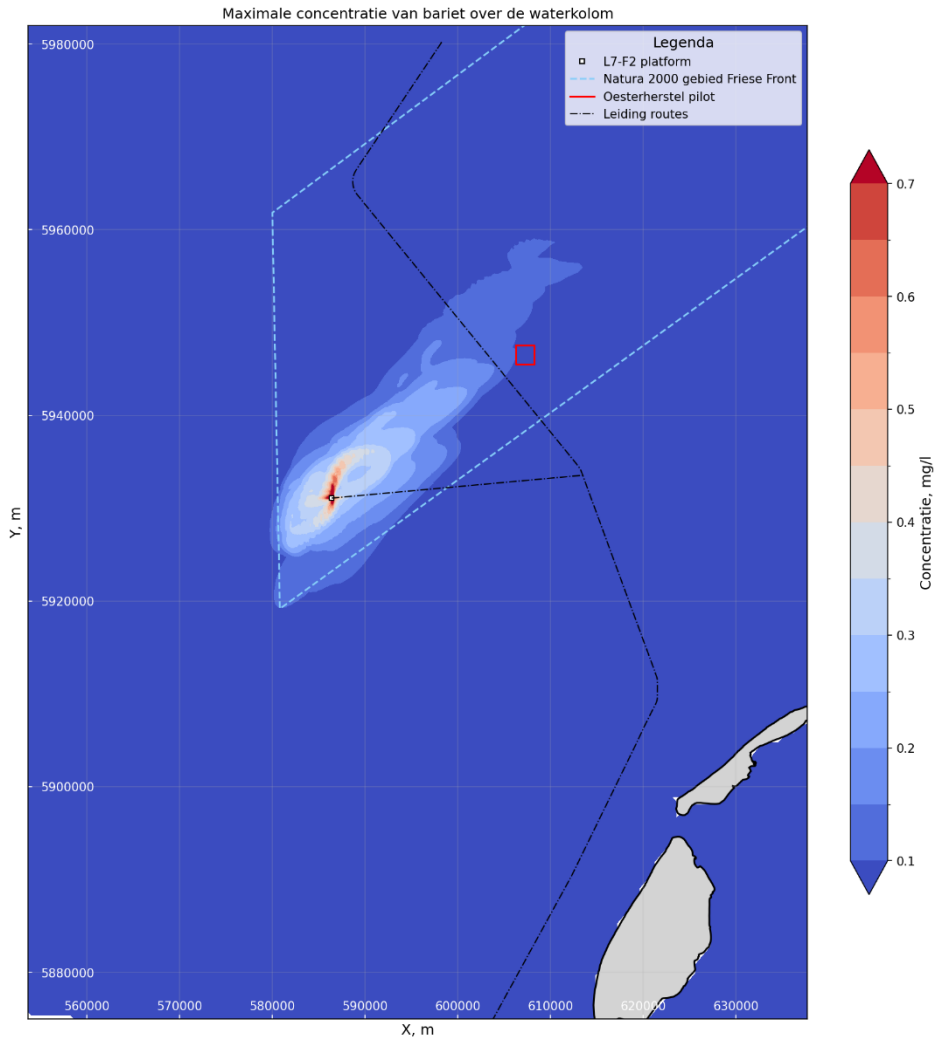
- Scenario juli: Bij rustige omstandigheden blijft de pluim relatief dicht bij de boorlocatie. Materiaal kan makkelijker uitzakken en sedimenteren, er ligt een dikkere laag sediment op de bodem vlak bij de boorlocatie;
- Scenario november: Hoe groter de stroming, hoe groter de afstand waarover het sediment wordt vervoerd en hoe groter de pluim. De concentraties binnen de pluim zijn lager dan in juli. Bij deze omstandigheden treedt relatief weinig sedimentatie op, materiaal kan zelfs eroderen en in suspensie komen, leidend tot hogere concentraties.

De bovenstaande scenario's (juli en november) geven op basis van de beschikbare hydrodynamische gegevens een representatieve modelberekening voor de zomer- en winterperiode. De maanden geven geen indicatie van de daadwerkelijke planning of uitvoering.

Bariet

Voor de hoeveelheid bariet in WBM is gebruikt gemaakt van een conservatieve (*worst-case*) waarde. De toename in barietconcentraties (kleideeltjes) - als gevolg van de boringen - varieert tussen 0,1 en 0,7 mg/l (Figuur 5-3). Dit komt overeenkomt met een tijdelijke toename van ongeveer 3-35% boven de natuurlijke achtergrondconcentraties tijdens de zomerperiode. Tijdens stormachtige omstandigheden is de maximale toename in barietconcentraties vergelijkbaar, maar de omvang van de sedimentpluim en de relatieve impact van de boring zijn kleiner omdat de natuurlijke achtergrondconcentraties van fijn sediment dan hoger zijn. Het grootste deel van de barietpluim bestaat uit bariet met een concentratie van 0,1 mg/l. Na ca. 4-5 dagen is de concentratie nagenoeg tot de oorspronkelijke concentratie verdund (Figuur 5-6).

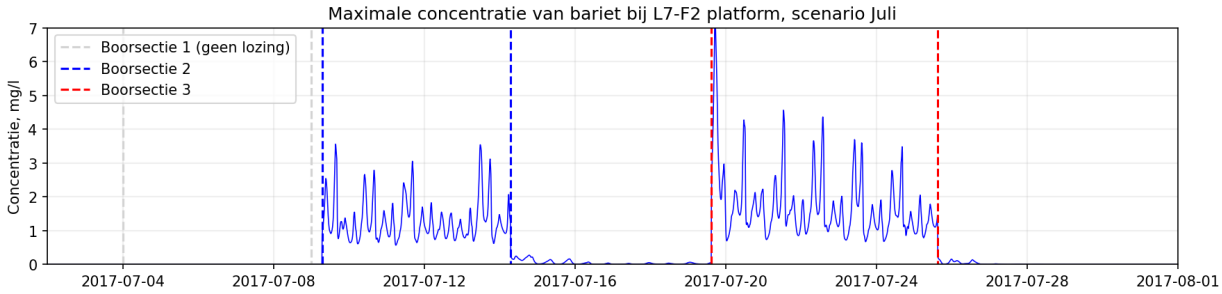
Vanwege het feit dat er een tussenperiode van vijf dagen tussen het boren van sectie 2 en 3 (op basis van WBM) zal zijn, zal door de snelle diffusie en mixing er geen cumulatie van vertroebelingseffecten ontstaan door de boringen. Er is voldoende tijd voor de vertroebelingspluim om terug te keren naar de oorspronkelijk achtergrondconcentratie, alvorens de volgende sectie wordt geboord.



Figuur 5-5. Maximale concentratie van bariet over de gehele waterkolom (bij één boring), scenario juli (Royal HaskoningDHV, 2025d).

Tabel 5-15. Gemodelleerde omvang van de bariet pluim voor verschillende hydrodynamische omstandigheden (Royal HaskoningDHV, 2025d).

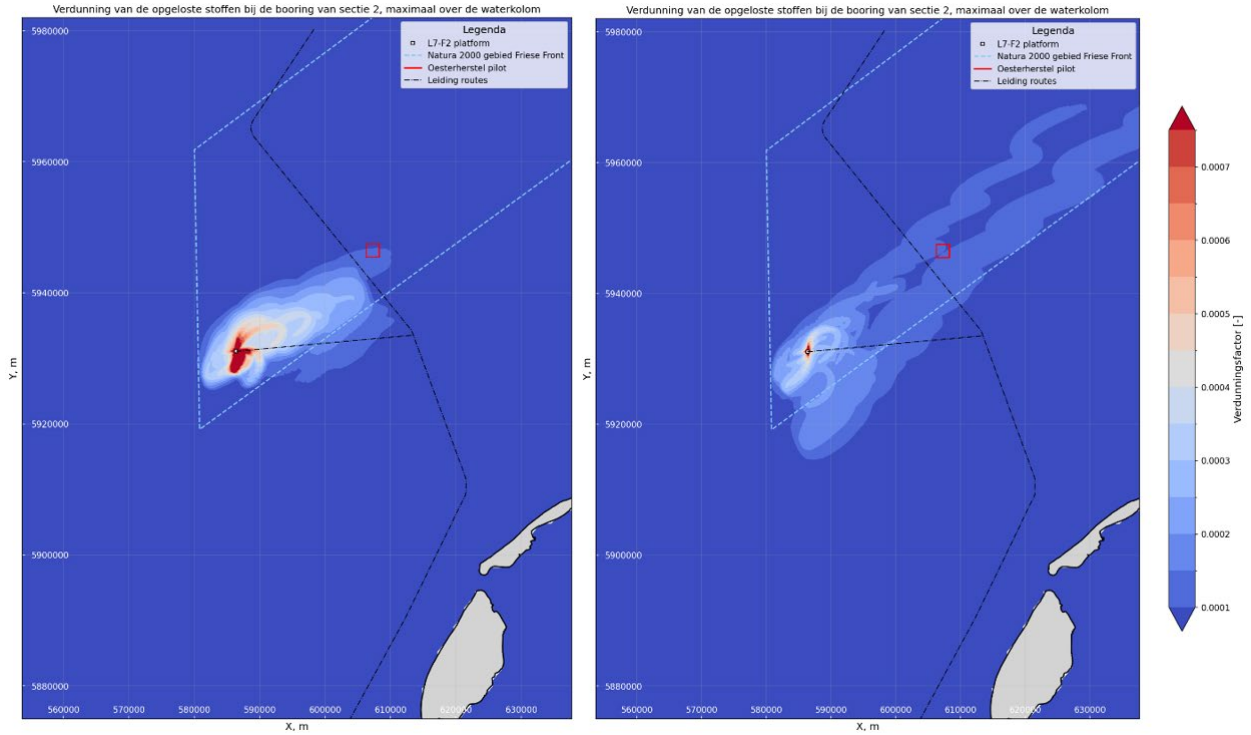
Scenario	Omvang van de pluim, km², bij verschillende toenames in barietconcentratie			Totale omvang pluim (km²)
	Toename barietconcentratie >0,1 mg/l	Toename barietconcentratie >0,3 mg/l	Toename barietconcentratie >0,7 mg/l	
Juli	452	50,9	0,7	504
November	350	22,8	0,9	374



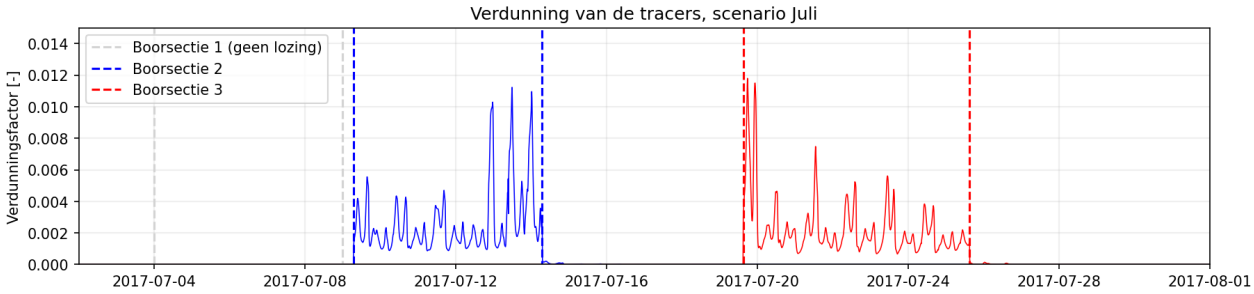
Figuur 5-6. Maximale concentratie van bariet over de gehele waterkolom bij de L7-F2 platform locatie in mg/l (Y-as), scenario Juli (Royal HaskoningDHV, 2025d). Op de X-as is de tijdsindicatie weergegeven in dagen. Omdat het model is gebaseerd op een oudere versie staat het jaartal op 2017. Dit is verder niet van invloed op de berekeningen en output van het model.

Hulpstoffen in boorspoeling

De maximale concentraties van opgeloste stoffen worden waargenomen direct nabij de boorlocatie en nemen sterk af met toenemende afstand tot de bron (zie ook paragraaf 5.7.2). De grootste verspreiding van de pluim vindt plaats in noordoostelijke richting vanaf de platformlocatie, wat overeenkomt met de richting van de residuele getijdenstroming en dominante windrichting (Figuur 5-7). De hoogste concentraties van de hulpstoffen worden waargenomen tijdens kalme zomeromstandigheden nabij de platformlocatie. Verder van de bronlocatie hebben de waarden van de verdunningscoëfficiënt een orde van grootte van 0,0001-0,0075, waarbij de laatste zich slechts enkele kilometers van de platformlocatie uitstrekt. Tijdens kalme omstandigheden kan de pluim tijdelijk de oesterherstellocatie bereiken, maar de maximale concentratie van opgeloste stoffen is niet hoger dan 0,01% van de bronconcentratie (of wel van de toename in concentratie hulpstoffen). Na maximaal zes dagen is de concentratie van opgeloste hulpstoffen weer terug op het oorspronkelijke niveau.



Figuur 5-7. Maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom tijdens het boren van sectie 2, scenario juli (links), scenario november (rechts) (Royal HaskoningDHV, 2025d).



Figuur 5-8. Maximale verdunning van de tracers in hulpstoffen over de gehele waterkolom bij de L7-F2 platform locatie, scenario (Royal HaskoningDHV, 2025d). Op de X-as is de tijdsindicatie weergegeven in dagen. Omdat het model is gebaseerd op een oudere versie staat het jaartal op 2017. Dit is verder niet van invloed op de berekeningen en output van het model.

Effecten op bodemdieren

In het projectgebied komen algemene bodemdieren voor (Fugro, 2024) (zie ook paragraaf 5.4.1). De boringen worden uitgevoerd in een gebied waar weinig stenen liggen en dus ook weinig hardsubstraatsoorten voorkomen (Fugro, 2024). Op 13 km van het productieplatform bevindt zich wel een oesterherstellocatie. Zoals eerder beschreven in paragraaf 5.5.1 zijn bodemdieren in zekere mate bestand tegen een toename van vertroebeling.

De toename in concentraties van fijn sediment (bariet) - afkomstig van boringen – varieert tussen de 0,1-0,7 mg/l, wat overeenkomt met een tijdelijke toename (ca. 4-5 dagen voor bariet) van ongeveer 3-35% boven de natuurlijke achtergrondconcentraties tijdens de zomerperiode. Voor de opgeloste hulpstoffen in de boorspoeling geldt dat de hulpstoffen na zes dagen niet meer traceerbaar zijn. Verdunning van de hulpstoffen vindt relatief snel plaats, waarbij door verdunning de concentratie hulpstoffen in de waterkolom – afhankelijk van de condities en de afstand tot het lozingspunt - 0,01–0,75% is van de bronconcentratie (concentratie bij lozing). Tussen het boren van sectie 2 en 3 van de put is een tussenperiode van vijf dagen beoogd, waardoor concentraties van hulpstoffen en bariet voldoende tijd hebben om terug te keren naar de achtergrondconcentraties.

De concentraties van gesuspendeerd materiaal in de waterkolom als gevolg van fijn sediment (bariet) blijven daarnaast ruim onder de maximale concentratie van 90 mg/l. De hulpstoffen in de boorspoeling verdunnen zich snel. Daardoor kunnen significant negatieve effecten op bodemdieren in het projectgebied en de oesterherstellocatie op voorhand worden uitgesloten. Andere bodemsoorten die voorkomen in het projectgebied zijn beperkt gevoelig voor vertroebeling (zie paragraaf 5.5.1), waardoor effecten op deze soorten zijn uit te sluiten.

Omdat fijn sediment (bariet uit boorvloeistof) relatief snel neerslaat en de hulpstoffen in de boorvloeistof relatief snel verdunnen in de waterkolom (Royal HaskoningDHV, 2025d) wordt ervan uitgegaan dat er ook geen cumulatieve effecten van vertroebeling optreden als gevolg van het boren van de putten L7-F2 en L7-F3. Er is voldoende tijd tussen de boringen voor het volledig neerslaan van bariet en het sterk verdunnen van de hulpstoffen in de boorvloeistof afkomstig van boring L7-F2, alvorens de boring L7-F3 van start gaat (ongeveer één jaar later).

Conclusie

De toename van vertroebeling door het lozen van boorspoeling is beperkt en van relatief korte duur (ca. 4-5 dagen voor bariet, ca. zes dagen voor hulpstoffen) door de snelle verdunning die optreedt. Gezien de natuurlijke achtergrondconcentratie van 3-4 mg/l en de maximale toename in concentraties fijn sediment (bariet) van 0,1 mg/l op de oesterherstellocaties, blijft de concentratie sediment onder de maximale concentratie waarbij bodemdieren goed kunnen functioneren (90 mg/l). Er zal door de geruime tijd tussen

boringen L7-F2 en L7-F3 ook geen cumulatie van effecten optreden. De toename van vertroebeling in de waterkolom leidt daarmee niet tot merkbare effecten op het respiratievermogen en overleven van bodemdieren. Significant negatieve effecten worden daarom op voorhand uitgesloten.

Effecten op vissen

Vertroebeling kan zorgen voor verstopping van de kieuwen (Tulp et al., 2022), leiden tot barrièrewerking voor sommige vissoorten of een negatief effect hebben op vissoorten die voornamelijk op zicht jagen (Wenger et al., 2017). Van kabeljauw en haring is bijvoorbeeld bekend dat deze gebieden met verhoogde sedimentconcentraties vaak mijden (Westerberg et al., 1996). Voor andere vissoorten kan een verhoogde sedimentconcentratie een positief effect hebben omdat ze minder zichtbaar zijn als prooi (Wenger et al., 2017). Dit is echter lang niet altijd het geval, omdat vele vogelsoorten zich aangepast hebben aan het jagen in verhoogde vertroebelingsomstandigheden (Poot et al., 2004).

Uit de literatuurstudie door Wenger et al. (2017), waarin naar de effecten van een toename in sedimentconcentratie op een groot aantal vissoorten (van zoet tot zout) is gekeken, blijkt dat sommige vissoorten geen reactie vertonen bij een sedimentconcentratie van 28.000 mg/l en dat bij andere soorten de dood intreedt bij een langere blootstelling aan 25 mg/l. Dit is sterk afhankelijk van de natuurlijke habitat van de soort en levenswijze. De gemiddelde achtergrondconcentratie in het projectgebied is 3-4 mg/l. Echter, de mate van vertroebeling kan onder stormomstandigheden flink toenemen.

De zandspiering kent een semi-pelagische levenswijze en begraaft zich delen van het jaar in het sediment. Omdat de zandspiering in staat is om zich te verplaatsen naar tientallen centimeter diepte in de zeebodem en vanwege het feit dat de leefwijze van de zandspiering sterk gebonden is aan zand, wordt verondersteld dat een korte toename in vertroebeling niet leidt tot merkbare effecten, aangezien er kan worden uitgeweken.

Omdat fijn sediment (bariet uit boorvloeistof) relatief snel neerslaat en de hulpstoffen in de boorvloeistof relatief snel verdunnen in de waterkolom (Royal HaskoningDHV, 2025d), wordt ervan uitgegaan dat er ook geen cumulatieve effecten van vertroebeling optreden als gevolg van het boren van de putten L7-F2 en L7-F3. Er is voldoende tijd tussen de boringen voor het volledig neerslaan van bariet en het sterk verdunnen van de hulpstoffen in de boorvloeistof afkomstig van boring L7-F2, alvorens de boring L7-F3 van start gaat (ongeveer twee jaar later).

Conclusie

Er zijn geen aanwijzingen dat vertroebeling merkbare effecten heeft op vissen. De concentratie fijn sediment neemt toe tot 3-35% boven de achtergrondconcentratie, maar de vertroebelingspluim is van korte duur (ca. 4-5 dagen voor bariet, ca. zes dagen voor hulpstoffen) en lokaal. Er zal door de geruime tijd tussen boringen L7-F2 en L7-F3 ook geen cumulatie van effecten optreden. Significant negatieve effecten worden daarom op voorhand uitgesloten.

Effecten op vogels

Vertroebeling kan ook een effect hebben op zichtjagende (duikende) vogels. Zo jagen bijvoorbeeld de jan-van-gent, roodkeelduiker, parelduiker zeekoet, alk en verschillende sterns op hun voedsel door te duiken en kunnen dit vaak tot grote dieptes (tot 30 meter) (Camphuysen & Webb, 1999). Vertroebeling kan daardoor leiden tot hinder en een verminderd vangstsucces tijdens het foerageren (Darby et al., 2022).

Van met name sterns is bekend dat deze gevoelig zijn voor een toename in de sedimentconcentratie (Cook & Burton, 2010). Uit onderzoek naar de grote stern is gebleken dat ze hun foerageergedrag aanpassen aan de troebelheid van het water. De optimale troebelheid voor grote sterns is 5-10 mg/l, maar deze wordt in de natuurlijke situatie vrijwel nooit gemeten (Baptist & Leopold, 2007). Ook zijn er andere studies die aantonen

dat bijvoorbeeld alkachtigen zoals de alk en zeekoet wel vaker in troebel water foerageren, zonder een direct verminderd foerageersucces (Poot et al., 2004; Zamon et al., 2014). Zoals blijkt in de studie door Poot et al. (2004) zijn er ook juist soorten, zoals de drieteenmeeuw, die profiteren van gedesoriënteerde vissen in water met een relatief hoge mate van vertroebeling. Significant negatieve effecten van vertroebeling op vogels zijn daarmee op voorhand uit te sluiten.

Omdat fijn sediment (bariet uit boorvloeistof) relatief snel neerslaat en de hulpstoffen in de boorvloeistof relatief snel verdunnen in de waterkolom (Royal HaskoningDHV, 2025d), wordt ervan uitgegaan dat er ook geen cumulatieve effecten van vertroebeling optreden als gevolg van het boren van de putten L7-F2 en L7-F3. Er is voldoende tijd tussen de boringen voor het volledig neerslaan van bariet en het sterk verdunnen van de hulpstoffen in de boorvloeistof afkomstig van boring L7-F2, alvorens de boring L7-F3 van start gaat.

Conclusie
De concentratie fijn sediment neemt toe tot 3-35% boven de achtergrondconcentratie. De vertroebelingspluim is echter korte duur aanwezig (ca. vier tot vijf dagen voor bariet, ca. zes dagen voor hulpstoffen) en lokaal. Er wordt niet verwacht dat het foerageersucces van duikende vogelsoorten hierdoor wordt verminderd. Er zal door de geruime tijd tussen boringen L7-F2 en L7-F3 ook geen cumulatie van effecten optreden. Significant negatieve effecten van vertroebeling op vogels worden daarom op voorhand uitgesloten.

Effecten op zeezoogdieren
Zeezoogdieren vestigen zich over het algemeen vaker in troebele wateren en veel soorten gebruiken goedontwikkelde echolocatie om de omgeving te verkennen en te jagen (Au & Hastings, 2008). Van bruinvissen is bekend dat zij foerageren onder troebele omstandigheden, zoals in de Eemd-Dollard (Taupp, 2022b). Ook gewone zeehonden foerageren in troebele wateren, bijvoorbeeld in de Duitse Waddenzee. Er zijn aanwijzingen dat zij daarbij overschakelen van visuele signalen naar het waarnemen van verschillen in hydrodynamica (Weiffen et al., 2006). Bij blinde grijze zeehonden in de Noordzee is bovendien geen verschil gevonden in foerageergedrag door het wegvallen van visuele cues (Mcconnell et al., 1999), wat suggereert dat visuele waarneming niet essentieel is voor succesvolle jacht.

Indirecte effecten van vertroebeling op zeezoogdieren zijn over het algemeen complexer om te definiëren. In de literatuur wordt benoemd dat baggeren over het algemeen resulteert in verminderde biomassa, soortenrijkdom en soortendiversiteit, afhankelijk van de omgeving en het tijdsverloop van de activiteit. Zeezoogdieren zijn echter in staat om te compenseren voor kleinschalige veranderingen in de aanwezigheid van prooien. Dit doen ze door (tijdelijk) over te gaan op andere prooisoorten, zich te verplaatsen naar alternatieve foerageergebieden of de foerageertijd te verlengen (Todd et al., 2015).

Conclusie
Er zijn geen aanwijzingen van grote gedragsveranderingen bij zeezoogdieren door een verhoogde toename van vertroebeling. Daarnaast is de vertroebelingspluim beperkt in omvang en relatief korte duur door de snelle mixing die optreedt. Er blijven tevens voldoende uitwijk mogelijkheden bestaan. Significant negatieve effecten als gevolg van vertroebeling op zeezoogdieren kunnen worden uitgesloten.

5.6 Sedimentatie

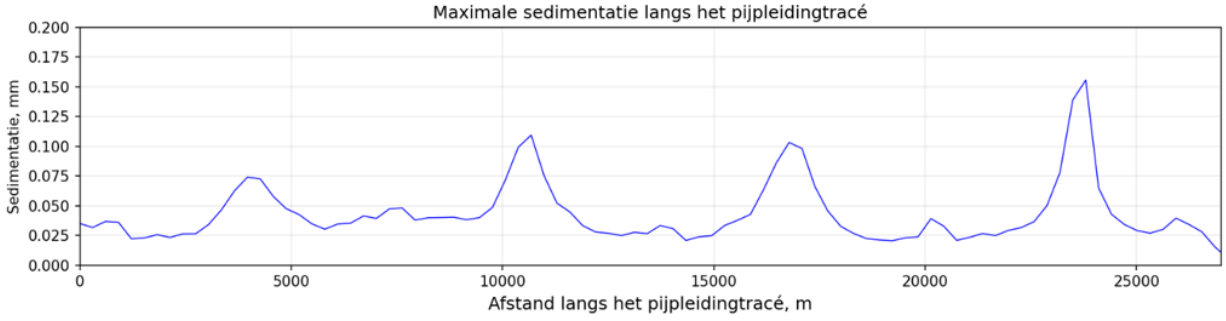
Als gevolg van de aanleg van de pijpleiding en het lozen van boorgruis en boorvloeistof (**aanleg- en boorfase**), treedt verhoogde sedimentatie op. De grove fractie, het boorgruis, sedimenteert snel en bedekt hierbij de bodem. Bij de aanleg van de pijpleiding treedt met name sedimentatie op door het neerslaan van gesuspendeerd materiaal in de waterkolom. Een toename in de dikte van de sedimentlaag op de bodem kan mogelijk de bodemfauna bedekken. Tijdens de productiefase en ontmantelingsfase vinden er geen werkzaamheden plaats die leiden tot een toename van sedimentatie. De effecten van sedimentatie in de aanleg- en boorfase zijn afhankelijk van de dikte van de sedimentlaag en de duur van de bedekking.

5.6.1 Pijpleiding

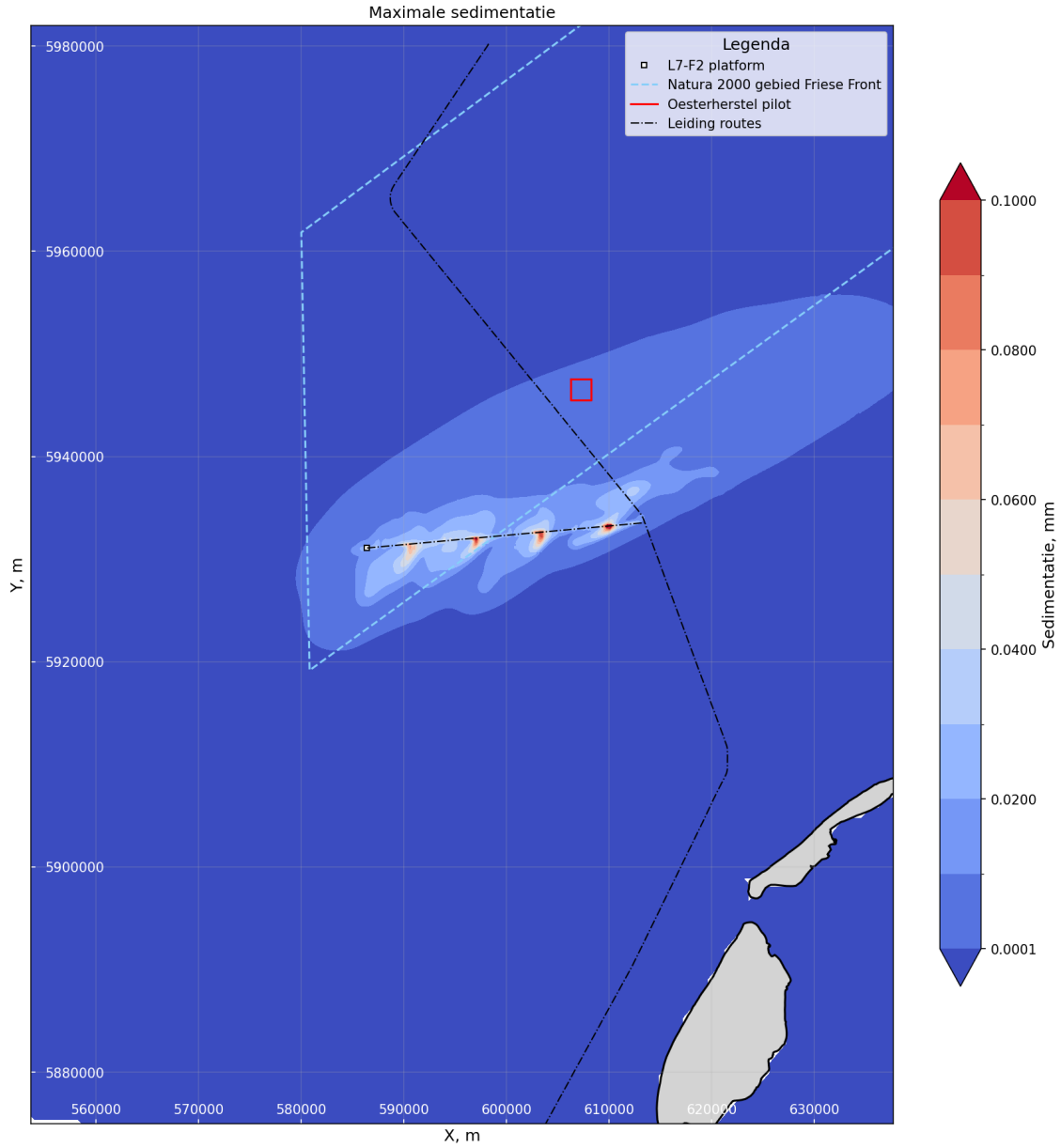
Eén van de onderdelen van de voorgenomen activiteit is de aanleg van een pijpleiding vanaf het gaswinningsplatform naar de bestaande NOGAT-pijpleiding in de Noordzee. Deze leiding heeft een lengte van ca. 27 km, waarvan 13 km door het Natura 2000-gebied Friese Front. Volgens de huidige planning zou het graven van het 27 km lange tracé ongeveer vier dagen duren, inclusief mogelijke pauzes in de werkzaamheden.

De pijpleiding wordt om veiligheidsredenen ingegraven in de zeebodem. Bij het ingraven van de pijpleiding wordt fijn sediment uit de zeebodem opgewoeld. Een deel van dit fijne sediment wordt vervolgens door stroming verspreid in de Noordzee, wat kan leiden tot een toename van sedimentatie langs de pijpleiding (Figuur 5-7). Deze activiteiten vinden plaats tijdens de aanlegfase. Er zijn twee methoden beschikbaar voor de aanleg van de pijpleiding; *mechanical trenching* en *jet sled* (zie paragraaf 5.4.1).

Door middel van modelberekeningen is de verspreiding van het sediment bepaald (Royal HaskoningDHV, 2025e). De maximale sedimentatie wordt waargenomen langs het tracé van de pijpleiding en varieert van 0,025 tot 0,15 mm, afhankelijk van de locatie en getijdenfase tijdens de werkzaamheden (Figuur 5-9 en Figuur 5-10). Op de oesterherstellocatie is het effect zeer klein; de maximale sedimentatie is minder dan 0,01 mm.



Figuur 5-9. Maximale sedimentatie (in mm) als gevolg van het jetten langs het pijpleidingtracé gedurende de simulatie (links – L7-F2 platform, rechts – aansluiting op de NOGAT-hoofdtransportleiding) (Royal HaskoningDHV, 2025e).



Figuur 5-10. Maximale sedimentatie (in mm) als gevolg van het jetten gedurende de simulatie (Royal HaskoningDHV, 2025e).

Effecten op bodemdieren

In het projectgebied komen algemene bodemdieren voor (Fugro, 2024) (zie ook paragraaf 5.4.1). De pijpleiding wordt gelegd in een gebied waar weinig stenen liggen en dus ook weinig hardsubstraatsoorten voorkomen (Fugro, 2024). Op 13 km van het productieplatform bevindt zich wel een oesterbankherstelproject.

In Rozemeijer & Smith (2017) wordt een overzicht gegeven van de sedimentdiktes waarbij bodemdieren sterven. Dit verschilt per soort; de ene soort is gevoeliger voor bedekking dan de andere. Er wordt een bandbreedte van 1,5–15 cm genoemd, waarbij wordt aangegeven dat de meeste tweekleppige schelpdieren een sedimentlaag van 10 cm kunnen overleven.

Door de lozing van boorgruis is er in zeer beperkte mate sprake van sedimentatie rondom de pijpleiding (maximaal 0,15 mm). Op de oesterherstellocaties is de sedimentatie nog beperkter met een sedimentdikte

van 0,01 mm. Wanneer voor het bepalen van de ecologische effecten van de sedimentatie bij de pijpleiding een kritische laagdikte van 1,5 cm wordt aangehouden, dan wordt deze kritische laagdikte rondom de lozingspijp met een sedimentdikte van maximaal 0,15 mm niet overschreden (Royal HaskoningDHV, 2025e).

Conclusie
Er is geen sprake van een overschrijding van de ecologische kritische grens van 1,5 cm voor bodemdieren in het projectgebied. De effecten op aanwezige bodemdieren zijn daarmee zeer lokaal en beperkt. Ook zijn er geen aanwijzingen van het voorkomen van beschermde of speciale natuurwaarden in het projectgebied. Significant negatieve effecten worden daarmee op voorhand uitgesloten.

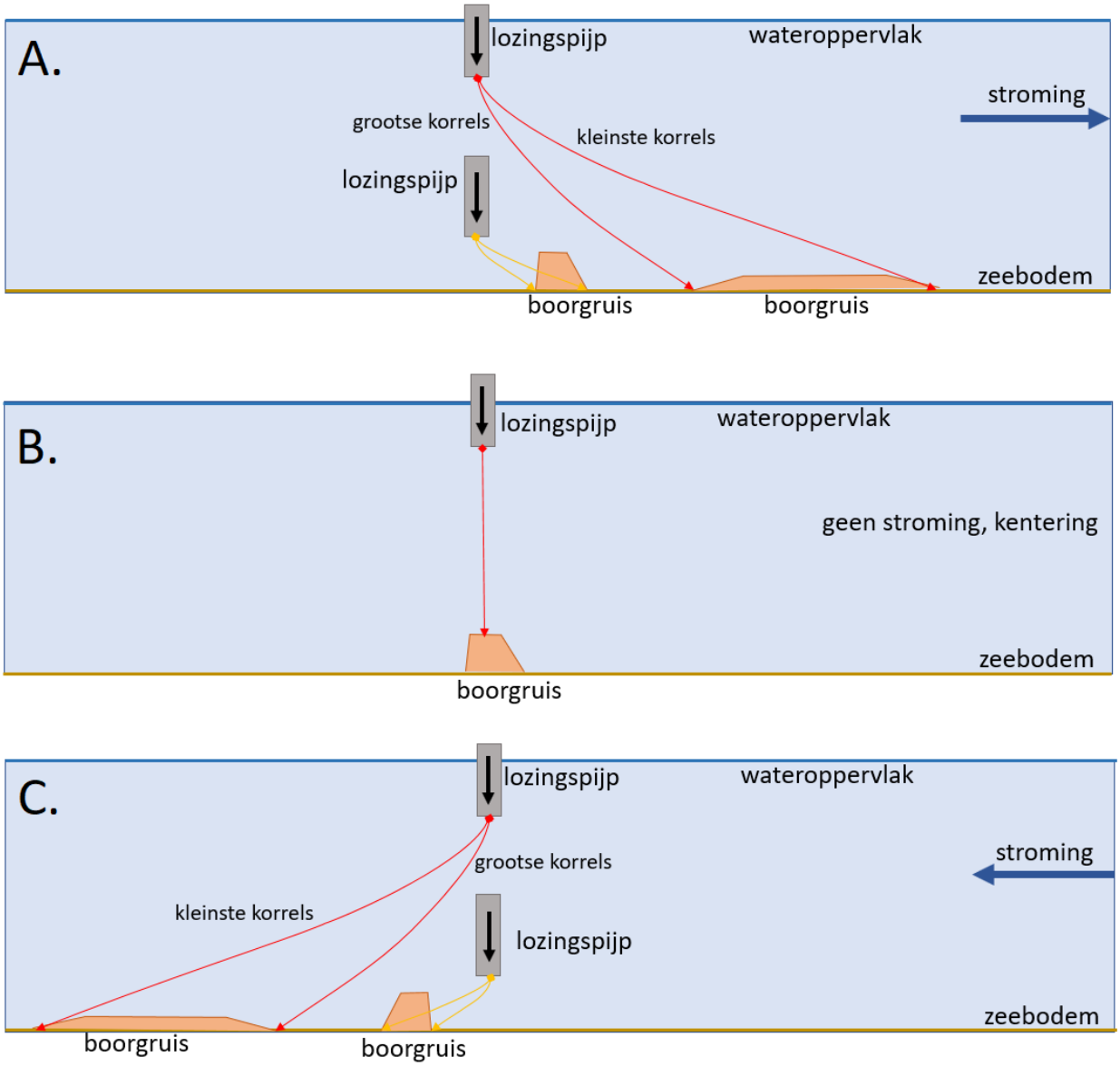
Effecten op vissen
Van alle vissen die voorkomen in of nabij het projectgebied, zijn alleen de effecten van sedimentatie op de zandspiering relevant. De zandspiering kent een semi-pelagische levenswijze en begraaft zich delen van het jaar in het sediment. In de winter graaft de zandspiering zich 20-50 cm diep in het zand, op een waterdiepte van 20-100 meter (Zoetemeyer et al., 2009). Omdat de zandspiering in staat is om zich te verplaatsen naar tientallen centimeter diepte in de zeebodem en vanwege het feit dat de leefwijze van de zandspiering sterk gebonden is aan zand, kan worden verondersteld dat een lokale toename van maximaal 0,15 mm rondom de pijpleiding niet zal leiden tot merkbare effecten op de soort. Significant negatieve effecten van sedimentatie op de zandspiering worden op voorhand uitgesloten.

Conclusie
De mate van sedimentatie is zeer lokaal, waarbij de toename in sedimentdikte rondom de pijpleiding maximaal 0,15 mm is. Hierdoor wordt er niet verwacht dat vissen in het projectgebied merkbare effecten ondervinden door sedimentatie. Significant negatieve effecten worden daarmee op voorhand uitgesloten.

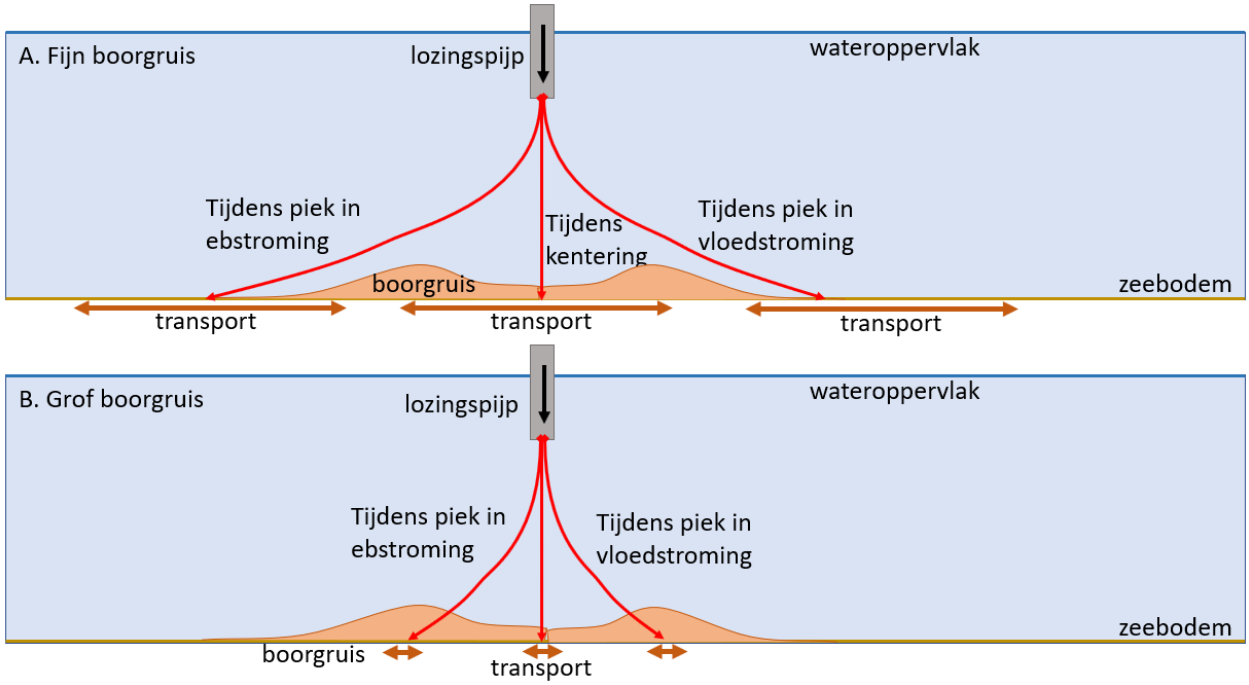
5.6.2 Lozing boorgruis- en spoeling

In totaal worden er twee nieuwe putten geboord. Eén put in de aanlegfase (2025-2027) en één put na de aanlegfase (in 2028 of later). Het lozen van boorgruis en boorspoeling (bariet) leidt tot sedimentatie. De meeste sedimentatie vindt plaats door de zware fractie van het boorgruis (boorsecties 2 en 3). Op basis van bariet-tracers is de verspreiding van fijne(re) fracties en sedimentatie gemodelleerd (Royal HaskoningDHV, 2025b).

De verspreiding van boorgruis is erg afhankelijk van de lokale hydrodynamiek en getijdeninvloeden (Figuur 5-11). De verspreiding van het fijne boorgruis treedt voornamelijk in oost-westelijke richting op als gevolg van het getij, en in mindere mate in noord-zuidelijke richting.



Figuur 5-11. Schematische weergave van het effect van (getijde)stroming en hoogte van de lozingspijp op de sedimentatie van boorgruis, tijdens stroming naar rechts (A), kentering (B) en stroming naar links (C) (Royal HaskoningDHV, 2025b).



Figuur 5-12. Schematische weergave van transport van boorgruis zodra het op de zeebodem is neergezakt: voor het fijne deel van het boorgruis (A) en voor het grove deel van het boorgruis (B) (Royal HaskoningDHV, 2025b).

Tijdens de drie te boren secties wordt er in totaal 2.103 ton boorgruis geloosd per put. Boorgruis bestaat uit twee fracties; zand (boorsectie 1) en geconsolideerd sediment (boorsecties 2 en 3). Voor de eerste boorsectie, die voornamelijk uit zand bestaat, wordt de meeste sedimentatie verwacht op ca. 175 m afstand van de lozingspijp (Royal HaskoningDHV, 2025b). De maximale dikte van de sedimentlaag, uitgaande van het totale sedimentatievolume van 163 m^3 en een zuid-noordspreiding van 50 meter, bedraagt 0,8 cm voor het boren van de eerste boorsectie. Op een afstand van 235 m is de verwachte sedimentatiedikte minder dan 0,1 cm (Royal HaskoningDHV, 2025b).

Voor de boorsecties 2 en 3, gezien de geschatte korrelgrootteverdeling (grovere fractie dan bij sectie 1) van het boorgruis en de variërende stroomsnelheid gedurende een eb-vloed cyclus, wordt naar verwachting het meeste boorgruis afgezet op een afstand van 55 meter van de lozingspijp. Op een afstand groter dan ongeveer honderd meter wordt nauwelijks boorgruis afgezet. Op een afstand van 55 meter is de sedimentatiesnelheid van het boorgruis in de orde van 13,2 mm/dag (voor één boring). Zonder afvoer van het boorgruis komt dit neer op een laagdikte van 21 cm na uitvoering van één boring (sectie 2 en 3), uitgaande van een noord-zuid verspreiding over vijftig meter en een totale lozing van 1006 m^3 boorgruis. Op een afstand van ca. 90 m van de lozingspijp is de laagdikte ca. 1,5 cm voor één boring (sectie 2 en 3). Voor alle drie de secties samen is de totale maximale sedimentdikte 21,8 cm. De oppervlakte waarbij sedimentdiktes groter zijn dan 1,5 cm is 0,029 km^2 (tot 200 m van de lozingspijp) (Royal HaskoningDHV, 2025b). Omgerekend is dit 0,001% van de oppervlakte van het Friese Front (oppervlakte Friese Front: 2.882 km^2).

Sedimentatie van bariet uit boorspoeling is veel minimaler dan sedimentatie van boorgruis. Fijne(re) sedimentfracties (bariet), die langer gesuspendeerd blijven in de waterkolom, sedimenteren tijdens rustige zomeromstandigheden tot ongeveer 5 km in noordoostelijke richting. Dit is de overheersende verspreidingsrichting van de vertroebelingspluim (zie paragraaf 5.5.2). De maximale sedimentdikte die optreedt door het neerslaan van de fijne sedimentconcentraties (bariet) is minder dan 0,002 mm. De maximale toename in sedimentdikte is op de oesterherstellocatie niet meer dan 0,001 mm. Tijdens

stormcondities vindt er vrijwel geen sedimentatie plaats in het gebied (laagdikte < 0,001 mm). In die omstandigheden bedraagt rondom de platformlocatie de maximale sedimentatie rond de 0,0005 mm. Immers, tijdens stormcondities blijft sediment lang in suspensie door hogere stroomsnelheden en dynamische golfcondities. Het gebied waar de sedimentdikte van bariet groter is dan 0,001 mm is 164 km^2 (Royal HaskoningDHV, 2025d).

Effecten op bodemdieren
In het projectgebied komen algemene bodemdieren voor (zie ook paragraaf 5.4.1). De boringen worden uitgevoerd in een gebied waar weinig stenen liggen en dus ook weinig hardsubstraatsoorten voorkomen (Fugro, 2024). Op 13 km van het productieplatform bevindt zich een oesterherstellocatie.

In Rozemeijer & Smith (2017) wordt een overzicht gegeven van de sedimentdiktes waarbij bodemdieren sterven. Dit verschilt per soort, de ene soort is gevoeliger voor bedekking dan de andere. Er wordt een bandbreedte van 1,5–15 cm genoemd, waarbij wordt aangegeven dat de meeste tweekleppige schelpdieren een sedimentlaag van 10 cm kunnen overleven.

Als gevolg van de lozing van het boorgruis is de maximale sedimentdikte 21,8 cm tot 200 m van de lozingspijp bij één boring. Omdat er na ongeveer twee jaar opnieuw een lozing van boorgruis plaatsvindt in hetzelfde projectgebied, kan ervan uit worden gegaan dat de sedimentdikte in het projectgebied toeneemt tot maximaal 43,6 cm (2 boringen van 21,8 cm per boring). Verondersteld kan worden dat dit een overschatting is, gezien de sedimentdikte na een aantal jaren ook weer afneemt tot onder de 1,5 cm (Royal HaskoningDHV, 2025b). De sedimentdikte als gevolg van de lozing van boorgruis is daarmee echter fors hoger dan de kritische grens waarbij (de meeste) bodemdieren volgens wetenschappelijke literatuur nog kunnen overleven.

Ook voor de zeekoet kan dit gevolgen hebben, gezien de zeekoet zich voedt met bodemdieren in het Friese Front en bodemdieren mogelijk effect ondervinden van sedimentatie. Het Friese Front is een belangrijk foerageergebied voor de zeekoet. De oppervlakte waarbij de sedimentdikte groter is dan 1,5 cm is echter relatief klein (0,03 km^2 bij één boring), en daarmee lokaal te noemen. Ook is de oppervlakte klein ten opzichte van de oppervlakte van het Friese Front (0,001%), waardoor er voldoende alternatief foerageergebied overblijft voor de zeekoet.

In tegenstelling tot grof boorgruis sedimenteert bariet tot grotere afstand van de lozingspijp vanwege de fijnere fractie van klei, en verspreidt zich daardoor ook tot de oesterherstellocatie. De maximale toename in sedimentdikte op de oesterherstellocatie is echter niet meer dan 0,001 mm. Deze waarde ligt onder de kritische grens van 1,5 cm voor bodemdieren. Andere bodemdieren, zoals borstelwormen (*Nephtys cirrosa*), zijn ook tot op zekere hoogte bestand tegen de lozing van sediment met een andere fractie dan die van het gebied waar ze voorkomen (Wijsman et al., 2023). Significant negatieve effecten van sedimentatie op bodemdieren kunnen daarmee op voorhand worden uitgesloten.

Conclusie
De sedimentdikte als gevolg van de lozing van boorspoeling (bariet) is zeer minimaal te noemen (< 0,002 mm bij één boring). Er is daarmee geen sprake van een overschrijding van de ecologische bandbreedte van een sedimentdikte van 1,5-15 cm op de oesterherstellocatie. Het neerslaan van boorgruis (grovere fractie) leidt tot een sedimentdikte van maximaal 43,6 cm tot ca. 200 m van de lozingspijp bij twee boringen. Hiermee wordt de kritische bandbreedte van 1,5-15 cm voor bodemdieren fors overschreden. De effecten op aanwezige bodemdieren zijn echter zeer lokaal (de oppervlakte waarbij de sedimentdikte > 1,5 cm is, is 0,03 km^2 bij één boring) en beperkt. Significant negatieve effecten van sedimentatie op bodemdieren worden daarmee op voorhand uitgesloten.

Effecten op vissen
Van alle vissen die voorkomen in of nabij het projectgebied, zijn alleen de effecten van sedimentatie op de zandspiering relevant. De zandspiering kent een semi-pelagische levenswijze en begraaft zich delen van het jaar in het sediment. In de winter graaft de zandspiering zich 20-50 cm diep in het zand, op een waterdiepte van 20-100 meter (Zoetemeyer et al., 2009). Omdat de zandspiering in staat is om zich te verplaatsen naar tientallen centimeter diepte in de zeebodem en vanwege het feit dat de leefwijze van de zandspiering sterk gebonden is aan zand, wordt verondersteld dat een lokale toename niet leidt tot merkbare effecten op de soort. Significant negatieve effecten van sedimentatie op de zandspiering worden op voorhand uitgesloten.

Conclusie
De mate van sedimentatie is zeer lokaal (de oppervlakte waarbij de sedimentdikte > 1,5 cm is, is 3 ha), waarbij de maximale toename in sedimentdikte 21,8 cm bedraagt. De zandspiering kan zich dieper ingraven tot 50 cm diepte. Hierdoor wordt verwacht dat vissen, zoals de zandspiering, in het projectgebied geen merkbare effecten ondervinden door sedimentatie. Significant negatieve effecten worden daarmee op voorhand uitgesloten.

5.7 Verontreiniging

Verontreiniging kan optreden door lozing van regen-, schrob- en spoelwater en sanitair afvalwater en de lozing van boorgruis- en spoeling. Deze activiteiten vinden plaats tijdens de **aanleg-**, **boor-**, **productie-** en **ontmantelingsfase**.

Verontreiniging kan effecten hebben op individuele soorten, populatieniveaus en habitattypen. De effecten zijn afhankelijk van de concentratie en duur van de verontreiniging en de ene soort is meer gevoelig dan de andere. Ook kan verontreiniging doorwerken in de voedselketen door accumulatie.

5.7.1 Lozing van verontreinigd water

Verontreiniging ontstaat wanneer verhoogde concentraties schadelijke stoffen in zee terechtkomen, bijvoorbeeld door lozing van regen-, schrob- en spoelwater en sanitair afvalwater (tijdens alle fases). De hoeveelheid te lozen verontreinigd water is voor L7-F ongeveer 10.000 ton per jaar. Volgens Tamis et al. (2011) kunnen de stoffen in productiewater een mogelijk effect hebben op habitattypen en beschermde vissoorten.

De zeekoet, waarvoor het Friese Front een belangrijk rust- en foerageergebied is, is erg gevoelig voor verontreiniging (Rijkswaterstaat, 2023). In het beheerplan van het Friese Front is mede daarom opgenomen dat de concentraties van olie en chemicaliën in lozing van productiewater, regen-, spoel- en schrobwater en sanitair afvalwater dienen te voldoen aan artikel 9.1 van de Mijnbouwregeling en artikel 80 van het Mijnbouwbesluit (Rijkswaterstaat, 2023). Het geloosde water van L7-F voldoet ook aan de emissie-eisen van de Mijnbouwregeling (< 30 ppm olie in water). Daarbij heeft de olie- en gasindustrie Best Available Technologies (BAT) ontwikkeld om deze verontreiniging zoveel mogelijk terug te dringen. Het gaat daarbij om maatregelen om het oliegehalte in water te reduceren en om het ‘vergroenen’ van mijnbouwhulpstoffen die samen met het water in zee terecht kunnen komen (Tamis et al., 2011). Significant negatieve effecten van het lozen van verontreinigd water op de zeekoet kunnen om bovenstaande redenen op voorhand worden uitgesloten.

Specifieke zorgplicht
De zeekoet is erg gevoelig voor verontreiniging en met name in de kritische periode als de soort minder mobiel is. In het beheerplan van het Friese Front is daarom het dringende advies opgenomen om geen lozingen in de gevoelige periode (juli t/m oktober) vanaf schepen uit te voeren binnen het Natura 2000-

gebied Friese Front (Rijkswaterstaat, 2023). Voor L7-F is hetzelfde dringende advies van toepassing vanuit de specifieke zorgplicht om niet te lozen vanaf schepen en het platform in de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober).

5.7.2 Lozing van boorgruis- en spoeling

Bij de boring van de putten wordt gebruik gemaakt van boorspoeling. In de boorspoeling zijn naast bariet ook hulpstoffen aanwezig, welke met de boorspoeling geloosd worden op zee. Met behulp van de boorvloeistof wordt vermalen gesteente uit de put (het boorgruis) afgevoerd naar de oppervlakte. Tegelijkertijd zorgt de spoeling voor smering en koeling van de boorbeitel en voor voldoende druk, i.e. stabilisatie van het boorgat. Eni Energy maakt zoveel mogelijk gebruik van boorspoeling op waterbasis (Water Based Mud[11], ofwel WBM, in vaktermen). Alleen voor trajecten waar dat vanwege de te doorboren aardlagen nodig is, wordt boorspoeling op oliebasis gebruikt (Oil Based Mud[12], ofwel OBM, in vaktermen).

Boorgruis wordt op het boorplatform uit de boorspoeling gezeefd. De spoeling wordt vervolgens hergebruikt. Boorgruis dat afkomstig is van putsecties die met WBM zijn geboord, mag vanaf het platform op zee worden geloosd. Boorgruis en boorspoeling die vrijkomen bij het boren met OBM mogen niet op zee worden geloosd en worden altijd per schip afgevoerd naar het vasteland en daar als afvalstof verwerkt.

Bij het boren van putten op offshore platforms zijn er twee werkwijzen voor de verwerking van boorgruis en boorspoeling: lozing op zee en afvoer naar het vaste land. Beide methoden hebben hun eigen kenmerken en overwegingen. Gezien de relatief beperkte gevolgen van lozen voor natuur en milieu heeft Eni Energy besloten om bij de gangbare werkwijze te blijven en het boorgruis en de boorspoeling op waterbasis op zee te lozen. In het MER is een verdere toelichting gegeven over de afweging van de alternatieven.

Met betrekking tot de lozing van WBM is onderzocht wat de potentiële schadelijkheid is van de toegepaste stoffen bij het gebruik van boorgruis- en spoeling voor de boringen. Water Based Mud (WBM) is een mengsel van water en klei (bentoniet). Aan dit mengsel worden hulpstoffen toegevoegd, zoals zetmeel, bariet, kalk, zout en smeermiddelen. Zoals blijkt uit paragraaf 5.5 duurt het ongeveer zes dagen voordat hulpstoffen volledig zijn verdund en niet meer traceerbaar zijn in de waterkolom. Op de oesterherstellocaties in het Friese Front kunnen ook zeer verdunde fracties van de hulpstoffen voorkomen (verdunningscoëfficiënt: 0,0001-0,0075). De effecten van verontreiniging zullen door de sterke verdunning zeer beperkt zijn.

In een Canadese review was de zone waarin contaminanten konden worden aangetoond in het algemeen binnen 1.000 m voor een site met een enkele boorput, maar tot 8 km van locaties met meerdere putten, hoewel in enkele gevallen grotere verspreidingen zijn gerapporteerd (Hurley & Ellis 2004). Hurley & Ellis (2004) rapporteerden ook dat de zone met aangetaste bodemdieren met betrekking tot diversiteit en hoeveelheden kon worden waargenomen tot een afstand van 250 m, nauwelijks kon worden geobserveerd tot 500 m en als zeldzaamheid tot 1.000 m vanaf de boorlocatie. Kijkend naar verandering en herstel in de tijd blijkt dat in de meeste studies wordt geconcludeerd dat de baseline condities weer bereikt worden binnen 12 maanden na afronding van de booractiviteiten in een gebied buiten de eerste 100 m van de boorlocatie. Geen van de geraadpleegde studies heeft één stof of een functionele groep van stoffen aangemerkt als problematisch of als (onacceptabel) risico. Significant negatieve effecten van het lozen van verontreinigd water op de zeekoet kunnen om bovenstaande redenen op voorhand worden uitgesloten.

[11] Water Based Mud (WBM) is een mengsel van water en klei (bentoniet). Aan dit mengsel worden hulpstoffen toegevoegd, zoals zetmeel, bariet, kalk, zout en smeermiddelen.
[12] Oil Based Mud (OBM) kan, naast dezelfde componenten als WBM, tot 75% minerale olie bevatten.

Specifieke zorgplicht
De zeekoet is echter erg gevoelig voor verontreiniging en met name in de kritische periode als de soort minder mobiel is. In het beheerplan van het Friese Front is daarom het dringende advies opgenomen om geen lozingen in de gevoelige periode (juli t/m oktober) vanaf schepen uit te voeren binnen het Natura 2000-gebied Friese Front (Rijkswaterstaat, 2023). Voor L7-F is hetzelfde dringende advies van toepassing vanuit de specifieke zorgplicht om niet te lozen vanaf schepen en het platform in de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober). Dit geldt ook voor de lozing van boorvloeistof en boorgruis.

5.7.3 Lozing van productiewater

Tijdens de gasproductie komt productiewater samen met het aardgas uit het gasveld mee omhoog. Productiewater bestaat uit een mengsel van gecondenseerd water en formatiewater:

- Gecondenseerd water komt in dampvorm met het aardgas mee omhoog uit het gasreservoir, maar condenseert tijdens het transport naar de oppervlakte. Gecondenseerd water bevat daardoor nauwelijks metalen, maar is wel verontreinigd met koolwaterstoffen uit het aardgas.
- Formatiewater is water uit het gasreservoir dat in vloeibare vorm samen met het aardgas naar het oppervlak wordt gevoerd. Formatiewater bevat van nature stoffen uit het reservoir die in het water zijn opgelost, waaronder zouten en metalen.

Op het productieplatform wordt het productiewater van het aardgas afgescheiden. Vervolgens gaat het door een olieafscheider waar het van olieresten wordt ontdaan. Het geloosde water voldoet daarmee aan de emissie-eisen van Mbb en Mbr. Op basis van de karakteristieken van het platform (klein platform) wordt uitgegaan dat in de productiefase ca. 5 m^3 productiewater per dag wordt meegeproduceerd (CIW, 2002, tabel 4-2). Het is mogelijk dat de effectiviteit van de behandeling niet voor alle opgeloste stoffen even groot is waardoor het geloosde productiewater nog kleine hoeveelheden koolwaterstoffen en metalen kan bevatten. Conform de Mbr wordt het geloosde productiewater regelmatig bemonsterd en geanalyseerd door gerenommeerde laboratoria om de samenstelling (concentraties koolwaterstoffen, metalen en andere verontreinigende stoffen) te bepalen. In het geval van (dreigende) overschrijding van de normen worden maatregelen getroffen om de oorzaak van de overschrijding te onderzoeken en te verhelpen. Dit kan eventueel door het productiewater voor lozing door een actiefkoolfilter te leiden. Hierin wordt een groot deel van de aanwezige koolwaterstoffen en metalen uit het productiewater gebonden voordat het op zee kan worden geloosd.

5.7.4 Onvoorziene voorvallen

Beheersmaatregelen
Bij de aanleg van het leidingtracé en de aanleg en aanwezigheid van het productieplatform zijn veiligheidsafstanden aan de orde. In de boor- en productiefase geldt een veiligheidszone van vijfhonderd meter rond het productieplatform. Na het leggen van de pijpleiding zijn er restricties voor bodemingrepen nabij het tracé.

De Europese en Nederlandse wetgeving stellen technische eisen aan installaties voor de opsporing en winning van aardolie en aardgas. Voor alle stadia van de boringen en de aardgaswinning moet een groot aantal studies uitgevoerd worden, waarin wordt aangetoond hoe de risico's beheerst worden. Die zijn erop gericht om enerzijds de kans op een incident te minimaliseren en anderzijds, als het toch gebeurt, de gevolgen te beperken.

Om incidenten te voorkomen, worden op diverse niveaus maatregelen getroffen:

- Bij het ontwerp wordt zorggedragen dat alle denkbare risico's zo ver mogelijk worden gereduceerd. Het ontwerp van de putten en het platform worden door onafhankelijke experts beoordeeld en daarna nog beoordeeld door Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).
- Op zowel het productie- als het boorplatform zijn verschillende, niet van elkaar afhankelijke veiligheidssystemen aanwezig om risico's af te wenden en om bij dreigende risico's al dan niet automatisch in te grijpen om de installatie weer in een veilige toestand te brengen.
- Personeel wordt getraind om het optreden van incidenten te voorkomen en om bij het optreden van een incident, adequaat te kunnen ingrijpen.
- Eni Energy heeft noodplannen en materieel beschikbaar om bij het onverhoopt optreden van een incident maatregelen te treffen om verdere escalatie te voorkomen en indien nodig de gevolgen van een incident te bestrijden.

Conclusie
De lozing van boorgruis, boorvloeistof en verontreinigd water kan effect hebben op individuele soorten, populatieniveaus en habitattypen. Gevolgen van verontreiniging kunnen ernstig zijn. Eni Energy maakt zoveel mogelijk gebruik van boorspoeling op waterbasis (WBM). Als OBM wordt gebruikt, wordt dit afgevoerd naar land. Uit studies blijkt dat de stoffen in WBM niet aangemerkt worden als een (onacceptabel) risico voor het milieu.

Vóór aanvang van de gaswinning stelt Eni Energy daarnaast een noodplan op in het geval van calamiteiten. Om incidenten te voorkomen worden ook beheersmaatregelen getroffen (zie hoofdstuk 8 MER hoofdrapport). Om deze redenen kunnen significant negatieve effecten door verontreiniging als gevolg van het lozen van verontreinigd water en boorgruis- en spoeling op voorhand worden uitgesloten.

5.8 Emissies naar de lucht en stikstofdepositie

Verontreinigingen naar de lucht betreffen emissies van generatoren, scheepsmotoren en helikopters en vinden plaats tijdens de **aanleg-**, **boor-, productie-** en **ontmantelingsfase**. Het betreffen voornamelijk emissies van CO_2, VOS, NO_x en SO_2. Van deze stoffen heeft NO_x mogelijk een negatief effect op instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden.

Met betrekking tot de emissie van stikstofoxiden zijn AERIUS-berekeningen uitgevoerd. In de huidige AERIUS Calculator wordt voor stikstofneerslag 25 km als maximale afstandsgrens gehanteerd tussen de bron en een beschermd gebied. Het projectgebied is op dusdanig grote afstand gelegen van stikstofgevoelige habitattypen dat een berekening met de AERIUS-tool geen stikstofdepositie berekent.

Conclusie
De berekening met de huidige 2025 AERIUS Calculator laat zien dat de activiteit niet leidt tot een stikstofdepositie van meer dan 0,00 mol/ha/jr op stikstofgevoelige habitattypen. Significant negatieve effecten behorende tot stikstofemissie worden op voorhand uitgesloten.

5.9 Samenvatting

In Tabel 5-17 is een overzicht gegeven van de verstoringsfactoren en of significant negatieve effecten die op voorhand worden uitgesloten. Hierbij is onderscheid gemaakt in het optreden van mogelijke verstoring (x) of het niet voorkomen van een verstoring (0) op de soortgroep. In de laatste twee kolommen is aangegeven of er naar aanleiding van de beoordeling in deze Voortoets een passende beoordeling dient te worden uitgevoerd om de effecten nader te onderzoeken (•).

De effectbeoordeling gaat nader in op effecten die mogelijk een significant negatief effect hebben op instandhoudingsdoelstellingen in Natura 2000-gebieden (hoofdstuk 6) en mogelijk leiden tot schadelijk handelen en daarmee de staat van instandhouding voor soorten beïnvloeden (hoofdstuk 7). De cumulatieve effecten worden beoordeeld in hoofdstuk 8.

Tabel 5-16. Overzicht van relevante storingsfactoren per soortgroep. Hierbij is onderscheid gemaakt in het optreden van mogelijke verstoring (x) of het niet voorkomen van een verstoring (0) op de soortgroep. In de laatste twee kolommen is aangegeven (●) dat significant negatieve effecten niet kunnen worden uitgesloten en dat de effecten nader worden onderzocht in de passende beoordeling of Soortentoets (hoofdstuk 6 en 7). *N.v.t. staat voor niet van toepassing.*

Soortgroep	Mogelijk voorkomende soorten	Verstoringsfactoren								Effectbeoordeling	
		Verstoring door geluid en trillingen	Optische verstoring en licht	Oppervlakte-verlies	Verstoring van de bodem en verandering sedimentdynamiek	Vertroebeling	Sedimentatie	Verontreiniging	Emissies	Passende Beoordeling	Soortentoets
Vissen	Zeeprik	0	0	0	0	0	0	0	n.v.t.		
	Rivierprik	0	0	0	0	0	0	0	n.v.t.		
	Fint	0	0	0	0	0	0	0	n.v.t.		
	Noordzeehouting	0	0	0	0	0	0	0	n.v.t.		
	Steur	0	0	0	0	0	0	0	n.v.t.		
Zeezoogdieren	Bruinvis	x	x	0	0	0	0	0	n.v.t.	●	●
	Grijze zeehond	x	x	0	0	0	0	0	n.v.t.	●	●
	Gewone zeehond	x	x	0	0	0	0	0	n.v.t.	●	●
	Overige zeezoogdieren	x	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
Vogels	Zeekoet	x	x	0	0	0	0	0	n.v.t.	●	●
	Alk	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Jan-van-gent	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Noordse stormvogel	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Drieteenmeeuw	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Roodkeelduiker	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Parelduiker	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Dwergmeeuw	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Visdief	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Zilvermeeuw	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Kleine mantelmeeuw	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Grote mantelmeeuw	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Grote jager	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
	Grote stern	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
Vleermuizen	Diverse soorten	0	x	0	0	0	0	0	n.v.t.		●
Stikstof-gevoelige habitattypen	Diverse	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

6 Effectbeoordeling Natura 2000 (Passende Beoordeling)

6.1 Inleiding en methodiek

Deze effectbeoordeling Natura 2000 is opgesteld om te beoordelen of en in welke mate er sprake is van significant negatieve gevolgen van de gaswinning L7 en de daarbij behorende activiteiten. De mogelijke effecten op de instandhoudingsdoelstellingen zijn zoveel mogelijk kwantitatief voorspeld. Op basis van de mogelijke effecten en aanwezigheid van beschermde natuurwaarden in en nabij het projectgebied zijn in het kader van de gebiedsbescherming de volgende soorten relevant:

Natura 2000-gebied	Soorten	Verstoring
Friese Front	Zeekoet	Bovenwatergeluid, optische verstoring en licht
Noordzeekustzone	Bruinvis, grijze zeehond, gewone zeehond	Onderwatergeluid

De effectbeoordeling Natura 2000 wordt uitgevoerd voor het Natura 2000-gebied Friese Front, omdat het projectgebied zich in dit Natura 2000-gebied bevindt. Daarnaast wordt de beoordeling ook uitgevoerd voor het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, omdat de voorgenomen activiteit door externe werking mogelijk effecten kan hebben op de instandhoudingsdoelstellingen voor dit Natura 2000-gebied. Van een aantal verstoringsfactoren (oppervlakteverlies, verstoring van de bodem en verandering sedimentdynamiek, vertroebeling, verontreiniging, emissie naar lucht) is in hoofdstuk 5 geconcludeerd dat er geen of zeer marginale effecten optreden. Significant negatieve effecten zijn voor deze verstoringsfactoren daarom op voorhand uitgesloten.

In deze passende beoordeling worden de effecten van bovenwatergeluid, optische verstoring en licht (waaronder fakkelen) op zeevogels nader beoordeeld. Ook wordt het effect van onderwatergeluid (impulsgeluiden) op zeezoogdieren nader beoordeeld.

De volgende paragrafen beginnen met een overzicht van de relevante soorten en de doelstellingen. Ook is de landelijke Staat van Instandhouding (SvI) opgenomen, wat aangeeft hoe het met deze soort is gesteld.

Wanneer in de beoordeling wordt geconcludeerd dat het optreden van een significant negatief effect niet kan worden uitgesloten, worden er mitigerende maatregelen beschreven en wordt bepaald of het significant negatieve effect met uitvoering van de maatregelen kan worden voorkomen.

6.2 Friese Front

Het Natura 2000-gebied Friese Front is aangewezen als Vogelrichtlijngebied voor de zeekoet (niet-broedvogel). De instandhoudingsdoelstelling voor de zeekoet in het Friese Front is gericht op het behoud van de kwaliteit en de omvang van het leefgebied en de populatie. De landelijke staat van instandhouding is gunstig.

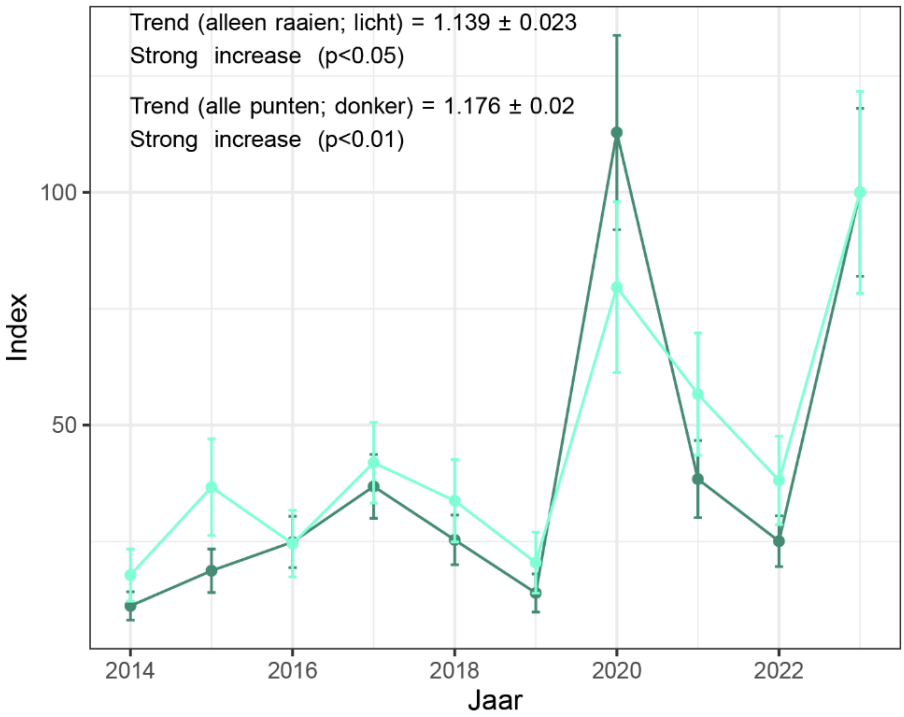
6.2.1 Zeekoet

De instandhoudingsdoelstelling voor de zeekoet (*Uria aalge*) in het Natura 2000-gebied Friese Front is gericht op het behouden van zowel de omvang als de kwaliteit van het leefgebied, evenals de populatiegrootte. Het gebied is aangewezen onder de Vogelrichtlijn voor deze soort als niet-broedvogel en speelt een belangrijke rol binnen het verspreidingsgebied van deze soort. De zeekoet gebruikt het Friese

Front als foerageer- en rustgebied bij het grootbrengen van jongen en tijdens de ruiperiode (van juli tot en met oktober).

De landelijke doelstelling voor de soort, zoals vastgesteld in de Vogelrichtlijn, is het behoud van een populatie van minimaal 88.000 individuen op seizoensgemiddelde basis (Sovon, 2024). Deze waarde is gebaseerd op de Ecologisch Gunstige Referentie (EGR) en geldt als Gunstige Referentiewaarde Populatie (GRW) voor Nederland. De meest recente populatieschatting (2014/15–2019/20) bedraagt echter 128.000 vogels, waarmee de soort ruim boven de landelijke doelstelling zit (Sovon, 2024). Zowel het verspreidingsgebied, de populatieomvang, het leefgebied als het toekomstperspectief worden op landelijk niveau als gunstig beoordeeld.

Ook op regionaal niveau laat de soort een positieve ontwikkeling zien. Recente trendanalyses van het CBS (2025) tonen aan dat het aantal zeekoeten in het Friese Front in de periode 2014–2023 duidelijk is toegenomen (Figuur 6-1). Deze analyse is gebaseerd op gestandaardiseerde zeevogelmonitoring langs vaste teltransecten, uitgevoerd binnen de MWTL. Naast de reguliere tellingen langs deze raaien worden in het Friese Front ook extra tellingen uitgevoerd om trendberekeningen betrouwbaarder te maken. Zowel in de volledige dataset als in de subset met uitsluitend de extra tellingen is sprake van een significante stijgende trend. Deze ontwikkeling bevestigt het belang van het Friese Front als functioneel gebied voor de zeekoet.



Figuur 6-1 Indexcijfers van het jaarlijks gemiddeld aantal zeekoeten op het Friese Front over de periode 2014–2023. Donkere lijn: volledige dataset; lichte lijn: alleen raaien. Linksboven zijn de trend, standaardfout en trendklasse weergegeven. Bron: CBS (2025), op basis van MWTL-zeevogelmonitoring.

6.2.1.1 Verstoring door bovenwatergeluid, optische verstoring en licht (verstoring)

Het Friese Front wordt doorsneden door een aantal scheepvaartverbindingen die relatief intensief worden bevaren, waarbij het met name gaat om koopvaardijschepen. De scheepvaartroutes beslaan ongeveer 23% van het oppervlak van het Friese Front. Meer dan de helft van het totaal aantal schepen dat op het Friese Front vaart maakt gebruik van de scheepvaartroutes. Visserij vindt daarnaast verspreid door het Friese Front plaats, met hogere intensiteit in de periode juni – augustus (Van Mastrigt et al., 2019).

Als uitgangspunt wordt genomen dat tijdens alle fases van het onderhavig project zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van bestaande vaarroutes om waar mogelijk op te gaan in het heersende verkeersbeeld en impact te minimaliseren. De beoogde locatie van platform L7-F ligt echter op ca. 17-20 km van bestaande scheepvaartroutes, zodat op enig moment afgeweken moet worden om het platform te bereiken. In het *worst-case* scenario wordt voor schepen uitgegaan van benadering via bestaande scheepvaartroutes in het Natura 2000-gebied Friese Front. In dit scenario wordt ervan uitgegaan dat 20 km van het Natura 2000-gebied Friese Front moet worden doorkruist.

Helikopters vliegen tijdens de kruisvlucht boven de 450 meter en in verschillende studies is aangetoond dat de geluidsverstoring dan verwaarloosbaar is (Bruderer & Komenda-Zehnder, 2005; Smit et al., 2008). Zoals eerder beschreven in paragraaf 5.1.1.1 wordt ervan uitgegaan dat verstoring door helikopters alleen optreedt door het opstijgen en landen. De afstand die wordt afgelegd op kruisvluchthoogte wordt daarom niet meegerekend in de verstoringscontour.

Zoals eerder toegelicht zijn verstoring door bovenwatergeluid en dat door optische verstoring en licht vaak moeilijk van elkaar te onderscheiden. Hieronder wordt daarom op de effecten van bovenwatergeluid, optische verstoring en licht ingegaan onder de noemer *verstoring*, waarbij is uitgegaan van de *worst-case* verstoringsafstanden en -contouren, en zijn de effecten – waar mogelijk – gekwantificeerd.

Verstoring
In paragraaf 5.2.1 is een overzicht gegeven van effectstudies voor vogels in relatie tot verstoring, waaronder voor de zeekoet. Zoals beschreven wordt wegens gebrek aan *in situ* effectstudies uitgegaan van de synthese van deskundigenoordeel in Krijgsveld et al. (2022). Hierbij is de vluchtafstand voor zeekoeten vastgesteld op 250-500 m (min-max). De bijbehorende bufferzone voor de zeekoet voor scheepvaartbewegingen is hierbij vastgesteld op 1000 m (Krijgsveld et al., 2022). Deze afstand wordt daarom als *worst-case* verstoringsafstand aangehouden voor de zeekoet. Wanneer een schip 20 km moet afleggen om de projectlocatie te bereiken, wordt er met een oppervlak van 62,83 km^2 verstoord (dit is 2,18% van het Natura 2000-gebied Friese Front). In de base-case wordt uitgegaan van 1 scheepvaartbeweging per 2 weken gedurende de **productiefase**.

Het 60 dB(A)-geluidsniveau (drempelwaarde voor verstoring, zie paragraaf 5.1.1.1) van een helikopter tijdens het stijgen en kruisvlucht ligt op 1000 meter en tijdens het landen op 1700 meter afstand (van Hout, 2020). Bij vluchten van en naar het platform houden de helikopterpiloten zich aan de (wettelijke) regels betreffende vliegroutes en -hoogtes en verboden gebieden. De verstoring die plaatsvindt bij een enkele vliegbeweging bestaat daarmee uit een oppervlak rondom het platform met een straal van 1.700 m (9 km^2); daarnaast moet ook rekening worden gehouden met het feit dat de helikopter zich tijdens de landing en het opstijgen buiten deze verstoringscontour zal bevinden alvorens kruishoogte te bereiken. Daarbij wordt een extra 2,5 km^2 verstoord, wat het totaal op ca. 11,5 km^2 verstoord oppervlak brengt. In de base-case wordt uitgegaan van vier helikoptervluchten per week gedurende de **productiefase**.

In het geval van lichtverstoring is uit de literatuur gebleken dat de zeekoet geen grote gevoeligheden vertoont voor lichtverstoring (Tamis et al., 2011). Echter, is dit niet volledig uit te sluiten. De effecten door licht zijn daarnaast tijdelijk en er worden standaardvoorzieningen genomen om uitstraling van licht te beperken (paragraaf 2.8).

Mitigerende maatregelen
Om mogelijke verstoring van de zeekoet tijdens de kritische periode (juli t/m oktober) te beperken, worden diverse mitigerende maatregelen getroffen die gericht zijn op het minimaliseren van de frequentie en impact van transportbewegingen en activiteit in het Natura 2000-gebied Friese Front.

- **Scheepvaart en aanvoerroute**

Voor transportbewegingen per schip van en naar het platform gedurende de kritieke periode van de zeekoet zal het Natura 2000-gebied met de kortst mogelijke route worden doorkruist, om het verstoringsoppervlak zo klein mogelijk te houden. Dit betreft een afstand van ca. 6 km. Indien een worstcasescenario wordt gehanteerd met een bufferzone van 1.000 meter, resulteert één enkele transportbeweging in een potentieel verstoord oppervlak van 12 km^2, oftewel ca. 0,42% van het Friese Front. Buiten de kritische periode van de zeekoet zal zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van bestaande scheepvaartroutes. Bij scheepsbewegingen zal gedurende de kritische periode van de zeekoet een vogelwachter aan boord zijn om groepen zeekoeten waar te kunnen nemen, en waar nodig koers aan te passen om deze te vermijden. Daarnaast zal met een aangepaste snelheid gevaren worden om verstoring te beperken. Wanneer het Friese Front wordt doorkruist, wordt de snelheid aangepast naar maximaal 10 knopen. Dit is doorgaans dezelfde snelheid die door schepen wordt gehanteerd bij vogeltellingen, en daarmee zo min mogelijk verstorende reacties te veroorzaken.

- **Planning van werkzaamheden**

In de productiefase maatregelen getroffen om verstoring zoveel mogelijk te voorkomen. Groot en regulier onderhoud aan het platform worden buiten de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober) ingepland.

- **Beperken van transportbewegingen**

In de operationele fase is bewust gekozen voor een bemand platform, omdat dit het aantal transportbewegingen aanzienlijk vermindert. Door de continue aanwezigheid van personeel is frequente aan- en afvoer per schip of helikopter overbodig. In plaats daarvan volstaat inzet van een helikopter en bevoorradingsschip eens per 2 weken. Bovendien is bij eventuele storingen direct iemand aanwezig om deze te verhelpen, waardoor extra aanvoerbewegingen vanuit de wal vaak niet nodig zijn. Hierdoor wordt het aantal transportbewegingen aanzienlijk beperkt en wordt verstoring van Natura 2000-gebieden, met name tijdens de kritieke periode van de zeekoet, voorkómen of tot een minimum beperkt.

Conclusie

In de projectplanning (paragraaf 2.7) is opgenomen dat de **aanleg- en boorfase** worden uitgevoerd buiten de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober). Tijdens de **productiefase** kunnen echter nog steeds verstoringseffecten optreden tijdens de genoemde periode. Om deze effecten te beperken, is ervoor gekozen het platform bemand te laten opereren. Hierdoor is minder helikopterverkeer nodig en volstaat een helikopter en bevoorradingsschip dat circa eens per twee weken het platform aandoet. Storingen kunnen ter plaatse worden opgelost, wat extra transportbewegingen voorkomt. Groot en regulier onderhoud worden buiten de kritische periode gepland.

In de standaardvoorzieningen (paragraaf 2.8) zijn aanvullende maatregelen opgenomen ter beperking van lichtverstoring en effecten van fakkelactiviteiten, zoals het inzetten van een vogeltrekexpert, gebruik van horizontale fakkels en afscherming van verlichting.

Gelet op deze maatregelen en de gunstige staat van instandhouding van de zeekoet worden significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen uitgesloten. Resteffecten worden meegenomen in de cumulatieve effectbeoordeling (zie hoofdstuk 8).

6.2.1.2 Afname geschikt leefgebied

In de beoordeling van mogelijke effecten van de voorgenomen activiteit op de instandhoudingsdoelstellingen voor de zeekoet binnen het Natura 2000-gebied Friese Front is veerkracht van de populatie een belangrijk begrip in de bepaling van significantie (leidraad bepaling significantie[13]). Dit geldt ook wanneer het gaat om een instandhoudingsdoelstelling voor het leefgebied. Veerkracht wordt in ecologische zin opgevat als het vermogen van een populatie om tijdelijke of lokale verstoringen op te vangen zonder dat de soort uit balans raakt of de instandhoudingdoelstelling in gevaar komt.

De plaatsing van het productieplatform L7-F leidt door vermijdingseffecten van soorten tot een afname van geschikt leefgebied. In de beoordeling speelt mee dat het oppervlak van het leefgebied over een langjarig gemiddelde niet mag afnemen.

Hoewel de effecten van de activiteit in ecologische zin herstelbaar zijn, is de duur van de fysieke aanwezigheid van het platform en de bijbehorende verstoring substantieel (10-15 jaar). Daarom wordt in deze beoordeling niet gesproken van 'tijdelijke' of 'incidentele' effecten, maar van langdurige, doch ruimtelijk verstoring van het functioneel leefgebied. Deze afname is gekwantificeerd op basis van bufferzones die soorten hanteren voor bewegende objecten (Krijgsveld et al., 2022) en vastgesteld op circa 3,14 km^2 (zie eerdere uitwerking in paragraaf 5.2.1.2). De omvang van de afname bedraagt daarmee circa 0,11% van het totale oppervlak van het gebied. Deze afname is ruimtelijk gering en betreft een klein deel van het functioneel habitat van de zeekoet. Er is sprake van significant negatieve effecten wanneer de instandhoudingsdoelstelling van de zeekoet in gevaar komt: behoud van omvang en kwaliteit van het leefgebied voor behoud van de populatie.

Volgens het rapport van van Eldik & Pessers (2024) vormt de GRW een maatstaf voor het ecologisch welzijn van soorten. De GRW omvat drie dimensies: de gunstige referentiepopulatie (omvang), het gunstig referentiebereik (verspreiding), en het gunstig referentiegebied (habitatomvang). Wanneer de actuele populatiegrootte zich boven of in de buurt van de GRW bevindt, kan dit worden geïnterpreteerd als een indicatie van voldoende ecologische ruimte en robuustheid van de populatie, en daarmee van veerkracht (van Eldik & Pessers, 2024).

Voor de zeekoet binnen het Friese Front geldt dat:

- De actuele populatiegrootte significant stijgend is op het Friese Front op basis van indexcijfers over een periode van 2014-2023 (CBS, paragraaf 6.2.1).
- Er geen negatieve trend zichtbaar is die zou duiden op afname van draagkracht of habitatkwaliteit.
- De populatie zich ruim boven de GRW bevindt (Sovon, 2024), wat duidt op een robuuste en daarmee veerkrachtige populatie.

Conclusie

De combinatie van een gunstige populatietrend en een populatiegrootte die voldoet aan de GRW impliceert dat de zeekoetpopulatie voldoende veerkrachtig is om beperkte mate van verstoringen op te vangen zonder dat de instandhoudingsdoelstelling wordt aangetast. Een stabiele, en lokaal zelfs toenemende populatie duidt erop dat de draagkracht van het leefgebied niet is afgenomen. Dit vormt een aanwijzing dat het leefgebied als geheel voldoende functioneel blijft om de soort te ondersteunen, ook wanneer er sprake is van een beperkte afname (0,11%) aan geschikt leefgebied. Hiermee wordt geconcludeerd dat, ondanks dat er sprake is van verslechtering, deze afname niet leidt tot significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de zeekoet.

[13] *Deze leidraad is beschikbaar via de website van het Iplo (https://iplo.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/activiteiten-natuur/activiteit-nadelige-zeker-significante-gevolgen/activiteit-nadelige-zeker-significante-gevolgen/ en de Commissie mer (https://www.commissiemer.nl/docs/mer/diversen/leidraad_bepaling_significantie27052010.pdf). Zie voor verwijzingen naar de leidraad verder jurisprudentie van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State, bijvoorbeeld: ECLI:NL:RVS:2016:1060 en ECLI:NL:RVS:2014:4074.*

Resteffecten en de afname van geschikt leefgebied zijn nader beoordeeld in de cumulatieve effectbeoordeling (hoofdstuk 8).

6.3 Noordzeekustzone

Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen als Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebied een daarmee voor het voorkomen van zeezoogdieren, zoals de bruinvis, grijze zeehond en gewone zeehond. De instandhoudingsdoelstellingen van deze soorten zijn gericht op behoud van de populatie, omvang en kwaliteit van het leefgebied. De landelijke staat van instandhouding voor de zeezoogdieren is gunstig.

6.3.1 Zeezoogdieren

In deze paragraaf zijn de effecten van verstoring door onderwatergeluid op zeezoogdieren beoordeeld.

6.3.1.1 Verstoring door onderwatergeluid

Bruinvis

De bruinvis is gevoelig voor verstoring door onderwatergeluid, met name impulsgeluid. In de aanlegfase neemt het onderwatergeluid tijdelijk toe door heiwerkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de putten en het platform en door het uitvoeren van de survey bij de aanleg van de pijpleiding. Om te kunnen bepalen hoe groot het effect is van verstoring op de populatie, is het aantal bruinvisverstoringsdagen berekend. Het totale aantal bruinvisverstoringsdagen is berekend door het aantal verstoorde dieren per dag (zie paragraaf 5.1.2) te vermenigvuldigen met het aantal verstoringsdagen (Heinis et al., 2022).

Het aantal mogelijk verstoorde bruinvissen is berekend door het verstoringsoppervlak te vermenigvuldigen met de lokale bruinvisdichtheid voor het seizoen waarin de heiwerkzaamheden kunnen plaatsvinden. Gebaseerd op de studie van Gilles et al. (2025), wordt de dichtheid van 1,00 bruinvissen per km^2 gebruikt voor de berekening. Door deze dichtheid te vermenigvuldigen met het berekende verstoringsoppervlak, is een schatting gemaakt van het aantal verstoorde bruinvissen per dag dat er wordt geheid. Als gevolg van de heiwerkzaamheden aan de conductors van de putten en de verankeringspalen van het platform zullen maximaal 94 en 610 bruinvissen per dag verstoord worden (Tabel 6-1).

De verstoringsoppervlakte van de heiwerkzaamheden is bepaald op basis van de geluidsberekeningen voor onderwatergeluid (Royal HaskoningDHV, 2025c), waarbij de verstoringsoppervlakte van het heien van de verankeringspalen en de conductors 610 en 94 km^2 bedraagt.

Het heien van de drie of vier verankeringspalen duurt in totaal twee dagen. Het heien van de conductorpijpen duurt één dag per conductor, maar er wordt niet vanuit gegaan dat deze heiwerkzaamheden op opeenvolgende dagen plaatsvinden. Daarnaast duurt het ongeveer één dag voordat bruinvissen weer terugkeren na het stoppen van het heien (TNO, 2015). Op basis van deze informatie wordt er uitgegaan van drie verstoringsdagen voor het heien van de verankeringspalen en vier dagen voor het heien van de conductors. De survey bij de aanleg van de pijpleiding duurt één dag. Rekening houdend met één dag voor de terugkeer van de bruinvis, wordt in totaal uitgegaan van twee verstoringsdagen. Het aantal bruinvisverstoringsdagen voor de hei-activiteiten en de survey is te vinden in Tabel 6-2.

Noot bij de rekenmethodiek voor populatie-effecten (pers. comm. Heinis, 2022)
Destijds is in het KEC 4.0 een kanttekening geplaatst bij de rekenmethodiek voor de populatiereductie van bruinvissen. In de formule wordt uitgegaan van het plaatsen van windturbines (monopiles), waarbij de duur van de heiwerkzaamheden gelijk staat aan vier uur. In het huidige project wordt uitgegaan van max. 12 uur heien ten behoeve van een productieboring waarbij de hei-energie vele malen lager ligt (m.u.v. het heien van de verankeringspalen). Daarmee is het berekende effect op de populatie mogelijk niet geheel representatief voor de voorgenomen activiteit. Daarnaast is de gebruikte formule gebaseerd op aannames met betrekking tot een stabiele populatie en moet voor correct gebruik van het model een kwetsbare subpopulatie worden gedefinieerd, waarvan de gegevens nog niet beschikbaar zijn (Heinis et al., 2022, bijlage F). Op het moment van schrijven is er nog geen maatwerkaanpak ontwikkeld om de populatiereductie te beoordelen. Deze aanpak zal worden geadviseerd in het proces van verdere vergunningaanvraag.

Tabel 6-1. Aantal bruinvisverstoringsdagen, berekend uit aantal verstoorde bruinvissen per dag maal het aantal verstoringsdagen.

Werkzaamheden	Aantal verstoorde dieren	Aantal verstoringsdagen	Aantal bruinvisverstoringsdagen
Heien conductor	94	4	376
Heien verankeringspalen	610	3	1.830
Survey	30	2	60
Totaal	734	9	2.266

Zoals eerder beschreven (paragraaf 5.1.2) wordt door de dosis-effectrelaties en complexere rekenmodellen van het KEC 4.0 en 5.0 vastgehouden aan eerdere (versimpelde) rekenmodellen van het KEC, ondanks dat deze een conservatievere inschatting geven van de impact.

Volgens het KEC (Heinis et al., 2022) wordt een schatting van een maximale populatiereductie, die met een 95% zekerheid niet zal worden overschreden, bepaald met behulp van de volgende benaderingsformule:

$$Populatiereductie = 1{,}06\ x\ 10^{-4}\ x\ bvvd^{\,1{,}17}$$

De populatiereductie is daarbij uitgedrukt in het aantal individuen en $bvvd$ staat voor het aantal bruinvis verstoringsdagen. In het KEC wordt ook een kanttekening geplaatst bij het berekenen van de populatiereductie, aangezien berekeningen met het Interim Population Consequences of Disturbance (iPCoD) model (Harwood et al., 2014) een grote onzekerheid met zich meebrengen. Toch is hier een berekening uitgevoerd op basis van de verstoringscontour in het TNO-rapport[14] voor de platforms, om een beeld te geven van de mogelijke effecten (Royal HaskoningDHV, 2025c).

Deze populatiereductie kan niet worden toegeschreven aan directe mortaliteit ten gevolge van het heigeluid en het geluid afkomstig van de survey.

[14] *Het memorandum TNO 2020 M10542A 'Onderwatergeluidsberekeningen voor gasboringsproject ONE-Dyas' d.d. 23 september 2020 (verder genoemd de TNO-rapportage) is richtinggevend voor de te verwachten geluidsemissies onderwater door het plaatsen van conductorpijpen.*

De benaderingsformule is afgeleid uit resultaten van berekeningen met het iPCoD model (Harwood et al., 2014), waarin de populatiereductie indirect volgt uit de invloed van langdurige geluidsverstoring op 'vital rates' van de bruinvissen, met name de kans op reproductie en de overlevingskans van jonge dieren. De verstoring die optreedt als gevolg van het heien van de conductors en de verankeringspalen en de survey bij de aanleg van de pijpleiding leidt conform de formule in Heinis et al. (2022) tot een populatiereductie van ca. 1 bruinvis. Ten opzichte van de gehele populatie bruinvissen (62.771) komt dit neer op een populatiereductie van 0,0019% (Tabel 6-2). Deze populatiereductie neemt echter niet weg dat door de voorgenomen activiteit 376 en 1.830 bruinvissen door het heien van de conductors en verankeringspalen (tijdelijk) verstoord worden.

Tabel 6-2. Populatiereductie bruinvissen in individuen.

Werkzaamheden	Populatiereductie bruinvissen	Populatiereductie (%) t.o.v. gehele populatie bruinvissen
Heien conductor	0,11	0,00018
Heien verankeringspalen	0,97	0,0015
Survey	0,013	0,00002
Totaal	1,2	0,0019

In het uitvoeren van de activiteiten dient er te worden voldaan aan de geldende geluidsnorm, om fysieke schade aan zeezoogdieren te voorkomen. De standaard voor activiteiten die samenhangen met het Noordzeeakkoord betreft momenteel een geluidnorm onderwater van 164 dB re 1 μPa^2s op 750 meter van een heilocatie. Deze norm behoort bij het ontwerpkavelbesluit IJmuiden Ver en betreft de bouw van windturbineparken en niet de bijbehorende Net Op Zee platforms (Royal HaskoningDHV, 2025c). Bij het voldoen aan de norm van 164 dB re 1 μPa^2s is sprake van een beperkte mate van verstoring van zeezoogdieren. De norm van 164 dB re 1 μPa^2s zal naar verwachting met 7 dB worden overschreden bij het heien van de verankeringspalen van platform L7-F. Om aan de norm te voldoen, dient de geluidsemissie gemitigeerd te worden.

Gewone zeehond

De landelijke SvI van de gewone zeehond in Nederland is gunstig, het doel voor de Noordzeekustzone is gesteld op behoud van de omvang van de populatie en kwaliteit van het leefgebied voor behoud van de populatie.

De afgelopen 30 jaar is de populatie van gewone zeehonden in Nederland flink gegroeid. De groei is echter sinds 2012 gestagneerd (Galatius et al., 2022). De exacte reden hiervan is nog onbekend, maar het toekomstperspectief voor de soort blijft gunstig. Door onderwatergeluidsverstoring is er sprake van een tijdelijke afname van het leefgebied van de gewone zeehond. Het leefgebied in de Noordzeekustzone neemt niet af. De kwaliteit van het leefgebied in het projectgebied neemt tijdelijk af maar is na de ingreep ongewijzigd, zodat het leefgebied van de gewone zeehond uiteindelijk niet is veranderd ten opzichte van de referentiesituatie. Het projectgebied in het Friese Front is niet gelegen nabij vaste rustplaatsen van zeehonden. Het is mogelijk dat foeragerende zeehonden sporadisch voorkomen op open zee. Er worden echter geen hoge dichtheden van gewone zeehonden verwacht in het projectgebied (zie Bijlage B5.3.2).

Door verstoring is er sprake van een tijdelijke afname van het leefgebied van de gewone zeehond. Het leefgebied in de Noordzeekustzone neemt niet af. De kwaliteit van het leefgebied in het projectgebied neemt tijdelijk af, vergelijkbaar met de afname van het oppervlak van het leefgebied (heien verankeringspalen: 231 km^2, heien conductors: 54 km^2) (Royal HaskoningDHV, 2025c). De kwaliteit van het leefgebied is na de ingreep ongewijzigd, zodat het leefgebied van de zeehond niet is veranderd ten opzichte van de referentiesituatie.

Als gevolg van de heiwerkzaamheden voor verankeringspalen van het platform worden maximaal 116 gewone zeehonden per dag verstoord. Voor het heien van de conductors gaat het om maximaal 27 gewone zeehonden per dag. De werkzaamheden leiden daarmee in totaal tot 286 verstoringsdagen (Tabel 6-3)

In het KEC 5.0 is het totaal aantal gewone zeehondverstoringsdagen in Nederlandse wateren als gevolg van de ontwikkeling van Wind op Zee tot 2030, geschat op 281.000 (Heinis et al., 2025). De verwachte populatiereductie als gevolg van deze verstoring is kleiner dan twee procent (Heinis et al., 2025). Bij de installatie van de verankeringspalen en conductors zonder geluidsmitigerende maatregelen worden maximaal 286 zeehondverstoringsdagen verwacht voor de gewone zeehond, wat overeenkomt met 0,1% van de zeehondverstoringsdagen geschat als gevolg van de ontwikkeling van Wind op Zee.

Deze aantallen zijn in vergelijking met de verwachte verstoring als gevolg van de uitrol Wind op Zee relatief klein, waardoor er geen negatieve effecten te verwachten zijn en de instandhoudingsdoelstellingen voor de gewone zeehond met betrekking tot oppervlak, kwaliteit en populatie op het NCP, in de Noordzeekustzone en andere Natura 2000-gebieden niet in gevaar komen.

Grijze zeehond

De landelijke SvI van de grijze zeehond in Nederland is gunstig, het doel voor de Noordzeekustzone is gesteld op behoud omvang en kwaliteit van het leefgebied voor behoud van de populatie.

Het aantal grijze zeehonden in Nederland is de afgelopen jaren gestaag toegenomen (Wageningen Marine Research, 2024). Het toekomstperspectief voor de soort is daarom gunstig.

Het projectgebied in het Friese Front is niet gelegen nabij vaste rustplaatsen van zeehonden. Het is mogelijk dat foeragerende zeehonden sporadisch voorkomen op open zee. Er worden geen hoge dichtheden van grijze zeehonden verwacht in het projectgebied (zie Bijlage B5.3.3). Door verstoring is er sprake van een tijdelijke afname van het leefgebied van de grijze zeehond. Het leefgebied in de Noordzeekustzone neemt niet af. De kwaliteit van het leefgebied neemt eveneens tijdelijk af, vergelijkbaar met de afname van het oppervlak van het leefgebied (heien verankeringspalen: 231 km^2, heien conductors: 54 km^2) (Royal HaskoningDHV, 2025c). De kwaliteit van het leefgebied is na de ingreep ongewijzigd, zodat het leefgebied van de zeehond niet is veranderd ten opzichte van de referentiesituatie.

Als gevolg van de heiwerkzaamheden voor verankeringspalen van het platform worden maximaal 116 grijze zeehonden per dag verstoord. Voor het heien van de conductors gaat het om maximaal 27 grijze zeehonden per dag. De werkzaamheden leiden daarmee in totaal tot 286 verstoringsdagen (Tabel 6-3).

In het KEC 5.0 is het totaal aantal grijze-zeehondverstoringsdagen als gevolg van de ontwikkeling van Wind op Zee tussen 2016 en 2030 in Nederlandse wateren geschat op ongeveer 122.000 (Heinis et al., 2025). De verwachte populatiereductie naar aanleiding van deze verstoring is kleiner dan twee procent (Heinis et al., 2025). Bij de installatie van de verankeringspalen en conductors worden maximaal 286 zeehondverstoringsdagen verwacht voor de grijze zeehond, wat overeenkomt met 0,23% van de zeehondverstoringsdagen geschat als gevolg van de ontwikkeling van Wind op Zee.

Deze aantallen zijn in vergelijking met de verwachte verstoring als gevolg van de uitrol Wind op Zee relatief klein, waardoor er geen negatieve effecten te verwachten zijn en de instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond met betrekking tot oppervlak, kwaliteit en populatie op het NCP, in de Noordzeekustzone en andere Natura 2000-gebieden niet in gevaar komen.

Onderstaand is een volledig overzicht te vinden van het aan verstoringsdagen per activiteit voor de gewone en grijze zeehond. De werkzaamheden met betrekking tot het uitvoeren van de survey van de pijpleiding zijn niet relevant voor zeehonden om deze buiten het gehoorbereik liggen (zie paragraaf 5.1.2.4).

Tabel 6-3 Het aantal zeehondverstoringsdagen per soort voor de verschillende werkzaamheden.

Werkzaamheden	Aantal verstoringsdagen	Aantal verstoringsdagen gewone zeehond	Aantal verstoringsdagen grijze zeehond
Heien conductor	2	54	54
Heien verankeringspalen	2	232	232
Totaal	4	286	286

Mitigerende maatregelen

De geluidsnorm van 164 dB re 1 μPa^2s zal echter naar verwachting met 7 dB worden overschreden bij het heien van de verankeringspalen. De volgende mitigerende maatregelen dienen worden toegepast om significant negatieve effecten op de bruinvis en andere zeezoogdieren te voorkomen:

- Bij de heiwerkzaamheden van de verankeringspalen van het platform dienen geluidsbeperkende maatregelen genomen te worden (bijvoorbeeld door gebruik te maken van een bellenscherm of geluidgedempte hamer) of een andere werkwijze te worden gekozen dan heien om (directe) effecten op bruinvissen te voorkomen (het geluidsniveau moet onder de 164 dB liggen op 750 meter afstand).
- Er worden verschillende mitigerende maatregelen toegepast om fysieke gehoorschade (PTS en/of TTS) bij zeezoogdieren, zoals de bruinvis, te voorkomen:
  - Soft start
  - MMO en PAM
  - ADD

- ***Soft start*-procedure**

Bij aanvang van de heiwerkzaamheden dient een zogenaamde *soft start* te worden uitgevoerd. De *soft start*-procedure heeft een minimale duur van 30 minuten. Tijdens de eerste vijf minuten wordt gestart op ca. 20% van de maximale energie- en geluidsdruk (90 kJ). In het geval van het heien van de verankeringspalen wordt een ramp-up procedure gebruikt. In beide gevallen wordt de geluidsintensiteit geleidelijk en gelijkmatig verhoogd tot 90% van het maximum. Deze gefaseerde opbouw geeft aanwezige zeezoogdieren voldoende gelegenheid het gebied te verlaten, waardoor het risico op gehoorschade aanzienlijk wordt verkleind (Kastelein et al., 2018).

- **Marine Mammal Observer (MMO) en Passive Acoustic Monitoring (PAM)**

Ter ondersteuning van de *soft start* wordt gebruikgemaakt van een MMO en PAM-systeem. Indien het zicht wordt beperkt door duisternis of ongunstige weersomstandigheden, wordt uitsluitend PAM ingezet. Hiermee kunnen bruinvis-clicks worden gedetecteerd zodat verzekerd kan worden dat zeezoogdieren minimaal 500 meter van de geluidsbron worden verjaagd. Het MMO/PAM-team voert minimaal 30 minuten voorafgaand aan het activeren van de geluidsbron een waarnemingsperiode uit om de aanwezigheid van zeezoogdieren binnen de zogeheten *exclusion-zone* vast te stellen. Indien een zeezoogdier wordt waargenomen, wordt het opstarten van de heihamer uitgesteld totdat het dier het gebied heeft verlaten en zich ten minste 20 minuten

buiten de zone bevindt. Deze maatregelen zorgen ervoor dat dieren zich tijdig en veilig kunnen terugtrekken, waarmee de kans op verstoring en gehoorschade tot een minimum wordt beperkt.

- **Acoustic Deterrent Device (ADD)**

Bij aanvang van de heiwerkzaamheden wordt een ADD toegepast. Een ADD is een apparaat dat in het water wordt gehangen en specifieke, onschadelijke geluidsignalen produceert met een afschrikkende werking op zeezoogdieren. Op deze manier wordt eventueel in het directe plangebied aanwezige zeezoogdieren de gelegenheid gegeven het gebied te verlaten.

Conclusie

De tijdelijke verstoring die optreedt als gevolg van het heien van de conductors en de verankeringspalen en de survey bij de aanleg van de pijpleiding leidt tot een maximale bruinvispopulatiereductie van 0,0019%. In het geval van zeehonden zijn de aantallen beperkt (ca. 116 gewone zeehonden en 27 grijze zeehonden per verstoringsdag.

De bovenstaande kwantificering betreft een *worst-case* inschatting van het effect op de populatie als gevolg van de heiwerkzaamheden en de survey. Door het nemen van mitigerende maatregelen wordt voorkomen dat er fysieke gehoorschade (PTS en/of TTS) optreedt bij bruinvissen en andere zeezoogdieren. Daarnaast zijn de werkzaamheden van tijdelijke duur en blijven er voldoende uitwijkmogelijkheden beschikbaar voor zeezoogdieren. Significant negatieve effecten door onderwatergeluid kunnen worden uitgesloten.

6.4 Conclusies Natura 2000 (Passende Beoordeling)

6.4.1 Friese Front

Uit de effectbeoordeling Natura 2000 blijkt dat significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de zeekoet door verstoring kunnen worden uitgesloten indien mitigerende maatregelen getroffen worden. In de **aanleg- en boorfase** vinden de werkzaamheden plaats buiten de kritische periode voor de zeekoet (juli t/m oktober), waardoor verstoring in deze fasen wordt voorkomen. Tijdens de **productiefase** kunnen in deze periode nog verstoringseffecten optreden. Om deze te beperken zijn mitigerende maatregelen getroffen, gericht op het minimaliseren van het aantal en de impact van transportbewegingen in het Natura 2000-gebied Friese Front.

De volgende mitigerende maatregelen dragen eraan bij dat significant negatieve effecten op de zeekoet kunnen worden uitgesloten:

- Het doorkruisen van het Natura 2000-gebied met schepen tijdens de kritische periode gebeurt via de kortst mogelijke route om het verstoringsoppervlak te minimaliseren.
- Tijdens de kritieke periode van de zeekoet is een vogelwachter aan boord om groepen zeekoeten tijdig te signaleren en hierop te kunnen anticiperen. Schepen varen bij het doorkruisen van het Friese Front met aangepaste snelheid om verstoring te minimaliseren; bij het passeren van het Friese Front wordt de snelheid beperkt tot maximaal 10 knopen.
- De aanleg- en boorwerkzaamheden vinden plaats buiten de kritische periode. Groot en regulier onderhoud in de productiefase worden buiten deze periode gepland.
- Het platform blijft bemand, waardoor de frequentie van transportbewegingen wordt beperkt. Een helikopter en bevoorradingsschip volstaat circa eens per twee weken.

Op basis van deze mitigerende maatregelen en de gunstige staat van instandhouding van de zeekoet wordt geconcludeerd dat significant negatieve effecten kunnen worden uitgesloten. **Er dient echter een omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit aangevraagd te worden voor de zeekoet.** Eventuele resteffecten worden meegenomen in de cumulatieve effectbeoordeling (zie hoofdstuk 8).

6.4.2 Noordzeekustzone

Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen voor verschillende habitattypen, vogels, zeezoogdieren en vissoorten. Uit de Voortoets is gebleken dat voor de bruinvis, gewone zeehond, grijze zeehond, significant negatieve effecten niet op voorhand konden worden uitgesloten.

Voor het onderhavig project is in kaart gebracht wat de effecten van impulsgeluiden als gevolg van de werkzaamheden. Zonder aanvullende maatregelen zou de geluidsnorm van 164 dB re 1 µPa²s op 750 meter worden overschreden met circa 7 dB bij het heien van de verankeringspalen. Om gehoorschade bij zeezoogdieren te voorkomen, worden daarom mitigerende maatregelen getroffen:

- Toepassing van geluidsreducerende technieken (zoals een bellenscherm of geluidgedempte hamer), zodat het geluidsniveau onder de norm blijft.
- Uitvoering van een *soft-start* procedure.
- Inzet van MMO en PAM voor monitoring en uitsluiten van aanwezigheid van zeezoogdieren vóór en tijdens het heien.
- Toepassing van een ADD bij de start van de werkzaamheden.

Met uitvoering van deze mitigerende maatregelen worden significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de bruinvis uitgesloten (Tabel 6-4).

Voor alle soorten waarvoor het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is aangewezen, kunnen, met inachtneming van de beschreven mitigerende maatregelen, significant negatieve effecten worden uitgesloten. **Er dient een omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit aangevraagd worden.**

Tabel 6-4 Overzicht mitigerende maatregelen.

Gebied	Soort	Mitigerende maatregelen	Vergunning flora- en fauna-activiteit vereist?
Friese Front	Zeekoet	• Kortste vaarroute door Natura 2000-gebied (ca. 6 km) gedurende de kritische periode. • Aanpassen van vaarsnelheden (maximaal 10 knopen) wanneer het Friese Front wordt doorkruist gedurende de kritische periode en de aanwezigheid van een vogelwachter om groepen zeekoeten te identificeren en op te kunnen anticiperen; • Platform blijft bemand → minder transportbewegingen per schip en helikopter (eens per 2 weken). Groot en regulier onderhoud worden buiten de kritische periode van de zeekoet gepland; • Beperken lichtuitstraling gedurende de productiefase door het voeren van de minimaal wettelijk verplichte verlichting (navigatieverlichting en verlichting van het helikopterdeck).	Ja, mitigerende maatregelen voorkomen significant negatieve effecten
Noordzee kustzone	Bruinvis	• Geluidsbeperkende maatregelen bij heien (bijvoorbeeld bellenscherm, geluidgedempte hamer) • Soft-startprocedure (conform protocol) • MMO en PAM inzet bij start werkzaamheden • Gebruik van ADD	Ja, mitigerende maatregelen voorkomen significant negatieve effecten
	Gewone zeehond/ grijze zeehond	• Soft-startprocedure (conform protocol) • MMO en PAM inzet bij start werkzaamheden • Gebruik van ADD	Ja, mitigerende maatregelen voorkomen significant negatieve effecten

7 Effectbeoordeling Flora en Fauna (Soortentoets)

7.1 Methode

In deze effectbeoordeling Flora en Fauna in het kader van de soortenbescherming (Ow) wordt beoordeeld of de werkzaamheden leiden tot schadelijke handelingen en of de gunstige staat van instandhouding van een soort in het geding is.

Uit de effectbeschrijving (Voortoets) in hoofdstuk 5 blijkt dat voor een aantal soorten effecten op voorhand niet worden uitgesloten. Het gaat hierbij om effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren, vissen en vogels, aanwezigheid en licht op vogels en de effecten van het fakkelen op vleermuizen. In de volgende paragrafen wordt nader onderzocht of de staat van instandhouding van soorten in gevaar is en of er sprake is van schadelijke handelingen.

Wanneer in deze effectbeoordeling Flora en Fauna wordt geconcludeerd dat de staat van instandhouding van soorten in gevaar is en/of er schadelijke handelingen van toepassing zijn, worden er mitigerende maatregelen beschreven en wordt bepaald of het effect met uitvoering van de maatregel kan worden voorkomen.

7.2 Zeezoogdieren

Alle walvisachtigen zijn beschermd onder artikel 11.46 van het Bal en zeehonden onder artikel 11.54 van het besluit activiteiten leefomgeving (Bal). De bruinvis komt verspreid over de Noordzee voor om te foerageren, terwijl zeehonden in lage aantallen op de Noordzee voorkomen om te foerageren, omdat ze vooral gebruikmaken van de kustzone.
Zoals blijkt uit de beoordeling in hoofdstuk 5 en 6 kunnen significant negatieve effecten als gevolg van geluidsverstoring door het heien van de verankeringspalen van het productieplatform en de conductors en de survey bij de aanleg van de pijpleiding niet worden uitgesloten voor bruinvissen.

Bij het uitvoeren van de heiwerkzaamheden en survey is er sprake van een schadelijke handeling in de zin van artikel 11.46 van het Bal. Er dient daarom een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.

Overige zeezoogdieren, waaronder de dwergvinvis, witsnuitdolfijn, tuimelaar en bultrug komen zeer sporadisch voorkomen in het projectgebied. Vaak alleen wanneer deze soorten op doortocht zijn naar andere gebieden. Het projectgebied is geen belangrijke rust- of voortplantingsplaats voor de soorten, en vormt geen onderdeel van essentieel leefgebied. Het is niet aannemelijk dat deze soorten zich direct in het plangebied bevinden. In het geval van het sporadisch voorkomen van deze soorten dient dit niet geïnterpreteerd te worden als een schadelijke handeling.

7.2.1 Mitigerende maatregelen onderwatergeluid

Om de fysieke gehoorschade bij bruinvissen als gevolg van onderwatergeluid te beperken, worden tijdens de heiactiviteiten de volgende mitigerende maatregelen toegepast:

- ***Soft start*-procedure**

Bij aanvang van de heiwerkzaamheden dient een zogenaamde *soft start* te worden uitgevoerd. De *soft start*-procedure heeft een minimale duur van 30 minuten. Tijdens de eerste vijf minuten wordt gestart op ca. 20% van de maximale energie- en geluidsdruk (90 kJ). In het geval van het heien van de verankeringspalen wordt een ramp-up procedure gebruikt. In beide gevallen wordt de geluidsintensiteit geleidelijk en

gelijkmatig verhoogd tot 90% van het maximum. Deze gefaseerde opbouw geeft aanwezige zeezoogdieren voldoende gelegenheid het gebied te verlaten, waardoor het risico op gehoorschade aanzienlijk wordt verkleind (Kastelein et al., 2018).

- **Marine Mammal Observer (MMO) en Passive Acoustic Monitoring (PAM)**

Ter ondersteuning van de soft start wordt gebruikgemaakt van een MMO en PAM-systeem. Indien het zicht wordt beperkt door duisternis of ongunstige weersomstandigheden, wordt uitsluitend PAM ingezet. Hiermee kunnen bruinvis-clicks worden gedetecteerd zodat verzekerd kan worden dat zeezoogdieren minimaal 500 meter van de geluidsbron worden verjaagd. Het MMO/PAM-team voert minimaal 30 minuten voorafgaand aan het activeren van de geluidsbron een waarnemingsperiode uit om de aanwezigheid van zeezoogdieren binnen de zogeheten exclusion-zone vast te stellen. Indien een zeezoogdier wordt waargenomen, wordt het opstarten van de heihamer uitgesteld totdat het dier het gebied heeft verlaten en zich ten minste 20 minuten buiten de zone bevindt. Deze maatregelen zorgen ervoor dat dieren zich tijdig en veilig kunnen terugtrekken, waarmee de kans op verstoring en gehoorschade tot een minimum wordt beperkt.

- **Acoustic Deterrent Device (ADD)**

Bij aanvang van de heiwerkzaamheden wordt een ADD toegepast. Een ADD is een apparaat dat in het water wordt gehangen en specifieke, onschadelijke geluidsignalen produceert met een afschrikkende werking op zeezoogdieren. Op deze manier wordt eventueel in het directe plangebied aanwezige zeezoogdieren de gelegenheid gegeven het gebied te verlaten.

Conclusie

Er is geen sprake van schadelijk handelen door de aanvang van de werkzaamheden voor de gewone zeehond, grijze zeehond (beide beschermd onder artikel 11.54 van het Bal) en de dwergvinvis, witsnuitdolfijn, tuimelaar en bultrug (artikel 11.46 van het Bal). De staat van instandhouding van deze soorten is niet in het geding.

Bij het uitvoeren van de heiwerkzaamheden en de survey is er sprake van schadelijk handelen door het opzettelijk verstoren van de bruinvis conform artikel 11.46 1b van het Bal. Aanvullend worden er mitigerende maatregelen toegepast om fysieke gehoorschade (PTS en/of TTS) te voorkomen. Er dient hiervoor een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.

7.3 Vogels

De jan-van-gent, noordse stormvogel, drieteenmeeuw, alk en zeekoet zijn de meest voorkomende vogelsoorten op het NCP (Bemmelen, van et al., 2024). De kleine mantelmeeuw, grote mantelmeeuw en zilvermeeuw komen in mindere mate voor op het NCP. Elk van deze soorten is beschermd onder het verdrag van Bern. In het projectgebied komt verder nog een aantal vogelsoorten voor die zowel onder het verdrag van Bern als in het soortendeel van de Ow beschermd zijn: dwergmeeuw, visdief, roodkeelduiker en parelduiker. Mogelijke effecten op beide groepen vogels worden hieronder beschreven.

Het is waarschijnlijk dat de transportbewegingen van schepen en helikopters leiden tot tijdelijke verstoring van de aanwezige (trek)vogels: jan-van-gent, Noordse stormvogel, drieteenmeeuw, alk, zeekoet, kleine mantelmeeuw, grote mantelmeeuw, zilvermeeuw, dwergmeeuw, visdief, roodkeelduiker en parelduiker. Omdat zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van de bestaande scheepvaartroutes is de verstoring kortdurend. Beperken van lichtverstoring die afkomstig is van het fakkelen van aardgas is meegenomen in de standaardvoorzieningen (paragraaf 2.8) om de effecten op (trek)vogels zoveel mogelijk uit de weg te gaan. De mogelijk in het projectgebied aanwezige (trek)vogelsoorten worden door de voorgenomen activiteit van Eni Energy niet opzettelijk verstoord of gedood. Er zijn daarnaast geen vaste rust- of

verblijfplaatsen en/of broedplaatsen aanwezig in of nabij het projectgebied, met uitzondering van de rustgebieden van de zeekoet in het Friese Front.

De zeekoet is een van de belangrijkste soorten in het projectgebied. Voor deze soort geldt landelijk een instandhoudingsdoelstelling die is gebaseerd op de Ecologisch Gunstige Referentie (EGR), zoals vastgesteld in de Vogelrichtlijn. Deze doelstelling betreft het behoud van een populatie van minimaal 88.000 individuen op seizoensgemiddelde basis (Sovon, 2024). Deze geldt als de GRW voor Nederland. De meest recente populatieschatting (2014/15–2019/20) bedraagt echter 128.000 vogels, waarmee de soort ruim boven de landelijke doelstelling zit. Zowel het verspreidingsgebied, de populatieomvang, het leefgebied als het toekomstperspectief worden op landelijk niveau als gunstig beoordeeld.

Ten aanzien van de zeekoet vindt de verstoring in de **aanleg- en boorfase** met name plaats door heiwerkzaamheden en de aanleg van de pijpleiding. Zeekoeten kunnen hinder ondervinden van onderwatergeluid, aangezien ze jagen onder water (Anderson Hansen et al., 2020; Camphuysen & Leopold, 1994; Sidderen et al., 2019). Zo volgde uit de studie van Anderson Hansen et al. (2020) dat zeekoeten reageren op onderwatergeluid en daarom potentieel kwetsbaar zijn voor verhoogd onderwatergeluid. In het experiment werden twee zeekoeten (één mannetje en één vrouwtje) blootgesteld aan verschillende geluidsniveaus (110, 120, 130 en 137 dB re 1 μPa^2s). Bij hogere geluidsniveaus reageerde zowel de vrouwelijke als mannelijke zeekoet sterker dan bij lagere geluidsniveaus in het controle experiment. In de studie van Smith et al. (2023) werd verder aangetoond dat de zeekoet gevoeliger is voor geluidsverstoring dan niet-duikende alkensoorten. De onderzochte zeekoeten waren gevoelig voor gemiddelde geluidsfrequenties tussen de 1 en 3,5 kHz (min-max; 0,5-6,0 kHz) met een laagste gemiddelde gehoordrempel van 30 dB bij 2 kHz. De zeekoet is dus gevoelig voor geluidsfrequenties die overlappen met geluidsfrequenties afkomstig van heiwerkzaamheden. Vooral in de ruiperiode (juli t/m oktober) is de zeekoet gevoelig voor verstoring door geluid, omdat de zeekoet in die periode niet in staat om zich te verplaatsen naar alternatief rust- en foerageergebied. Daarnaast kan de zeekoet ook verstoring ondervinden door de aanwezigheid van schepen en door lichtuitstraling.

7.3.1 Mitigerende maatregelen

In de projectplanning is opgenomen dat werkzaamheden tijdens de **aanleg- en boorfase** worden uitgevoerd buiten de kritische periode (juli t/m oktober) van de zeekoet. Hiermee wordt schadelijk handelen voorkomen. In de **productiefase** is verstoring tijdens de kritische periode van de zeekoet echter onvermijdelijk. Er is hierbij sprake van schadelijk handelen conform Bal art. 11.37 1d. Om deze effecten te beperken, worden mitigerende maatregelen getroffen om activiteiten en effecten tijdens de **productiefase** ook in de kritische periode zoveel mogelijk te beperken. De volgende maatregelen worden getroffen om de frequentie en impact van transportbewegingen en activiteit in het Natura 2000-gebied Friese Front te beperken:

- **Scheepvaart en aanvoerroute**

Voor transportbewegingen van en naar het platform gedurende de kritieke periode van de zeekoet zal het Natura 2000-gebied met de kortst mogelijke route worden doorkruist, om het verstoringsoppervlak zo klein mogelijk te houden. Dit betreft een afstand van ca. 6 km. Indien een worstcasescenario wordt gehanteerd met een bufferzone van 1.000 meter, resulteert één enkele transportbeweging in een potentieel verstoord oppervlak van 12 km^2, oftewel ca. 0,42% van het Friese Front. Buiten de kritische periode van de zeekoet zal zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van bestaande scheepvaartroutes.

Bij scheepsbewegingen zal gedurende de kritische periode van de zeekoet een vogelwachter aan boord zijn om groepen zeekoeten waar te kunnen nemen en deze te vermijden. Daarnaast zal met een aangepaste snelheid gevaren worden om verstoring te beperken. Wanneer het Friese Front wordt doorkruist, wordt de

snelheid aangepast naar maximaal 10 knopen. Dit is doorgaans dezelfde snelheid die door schepen wordt gehanteerd bij vogeltellingen, en daarmee zo min mogelijk verstorende reacties te veroorzaken.

- **Planning van werkzaamheden**

In de productiefase maatregelen getroffen om verstoring zoveel mogelijk te voorkomen. Groot en regulier onderhoud aan het platform worden buiten de kritische periode van de zeekoet (juli t/m oktober) ingepland.

- **Beperken van transportbewegingen**

In de operationele fase is ervoor gekozen het platform bemand te laten, omdat dit leidt tot een lager aantal transportbewegingen. Door de continue aanwezigheid van personeel op het platform is frequente aan- en afvoer per schip of helikopter niet nodig. In plaats daarvan volstaat een helikopter en bevoorradingsschip die beide eens per twee weken het platform aandoet. Bovendien is bij eventuele storingen direct iemand aanwezig om deze te verhelpen, waardoor extra aanvoerbewegingen vanuit de wal vaak niet nodig zijn. Gezien de lage frequentie van deze transportbewegingen en de korte duur van passage, is het effect op het gedrag van de zeekoet minimaal.

Er is sprake van schadelijk handelen door de activiteiten in het onderhavig project. Door het nemen van de bovenstaand mitigerende maatregelen worden effecten gedurende de productiefase beperkt. De activiteit behoeft hiermee een aanvraag omgevingsvergunning flora-en fauna-activiteit.

Voor overige vogels, zoals de grote jager en de grote stern, die geen aparte beschermingsstatus hebben, wijdverspreid voorkomen, en geen vaste rust- of verblijfplaatsen hebben in het Friese Front, zijn de standaardmaatregelen en uitwijkmogelijkheden afdoende, zodat de staat van instandhouding niet in het geding is.

Conclusie

Het Friese Front vormt een belangrijk rust- en foerageergebied voor de zeekoet. Met name gedurende de kritische periode (juli t/m oktober) is de soort hier in grote getalen aanwezig. Activiteiten die samenvallen met deze periode kunnen daarmee als schadelijk handelen worden aangemerkt en potentieel invloed hebben op de staat van instandhouding van de soort.

In de projectplanning is opgenomen dat werkzaamheden tijdens de **aanleg- en boorfase** worden uitgevoerd buiten de kritische periode (juli t/m oktober) van de zeekoet. Er is daarmee geen sprake van een schadelijke handeling voor de zeekoet.

Tijdens de **productiefase** is enige verstoring in de kritische periode echter onvermijdelijk. Dit wordt aangemerkt als schadelijk handelen in de zin van artikel 11.37, eerste lid, onder d van het Bal. Om deze verstoring te beperken, zijn mitigerende maatregelen getroffen. Zo wordt het Natura 2000-gebied Friese Front tijdens de kritische periode, met aangepaste snelheid (max. 10 knopen), zo kort mogelijk doorkruist (6 km). Daarnaast worden onderhoudswerkzaamheden buiten de kritische periode gepland. **De activiteit behoeft daarmee omgevingsvergunning flora-en fauna-activiteit.**

Voor een groot deel van de overige op zee voorkomende vogelsoorten bevinden zich geen vaste rust- of verblijfplaatsen in het Friese Front. Bovendien zijn standaardvoorzieningen getroffen om mogelijke effecten zoveel mogelijk te beperken. Bij de uitvoering van de activiteit is dan ook geen sprake van schadelijk handelen en wordt de staat van instandhouding van deze soorten niet beïnvloed.

7.4 Vleermuizen

Het is niet uit te sluiten dat trekkende ruige dwergvleermuizen en rosse vleermuizen (beide artikel 11.46 van het Bal) in het projectgebied kunnen voorkomen. Het is niet bekend of de vleermuizen overdag (wanneer het fakkelen plaatsvindt) over de Noordzee migreren.

Uit de effectbeschrijving blijkt dat effecten op vleermuizen minimaal zijn (Hoofdstuk 5). Vleermuizen zijn mogelijk gevoelig voor de lichtverstoring afkomstig van fakkelen, wat een aantrekkende werking kan hebben. Voor het fakkelen binnen dit project worden standaardvoorzieningen (paragraaf 2.8) getroffen om negatieve effecten zoveel mogelijk te beperken.

Conclusie
Er is voor vleermuizen geen sprake van schadelijk handelen als gevolg van de voorgenomen activiteit. De staat van instandhouding van de ruige dwergvleermuis en de rosse vleermuis is niet in het geding. De voorgenomen activiteit behoeft geen omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit.

7.5 Conclusie Soortentoets

Soortgroep	Soorten	Vervolgstappen
Zeezoogdieren	Bruinvis	Er is sprake van een opzettelijke verstoring van bruinvissen door het uitvoeren van de heiwerkzaamheden en bij de aanleg van de pijpleiding (survey). Er is daarmee sprake van een overtreding conform Bal art 11.46 1b. **Hiervoor dient een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.**
	Gewone zeehond	Er is geen sprake van schadelijk handelen. Er hoeft geen vergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.
	Grijze zeehond	Er is geen sprake van schadelijk handelen. Er hoeft geen vergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.
	Overige zeezoogdieren	Er is geen sprake van schadelijk handelen. Er hoeft geen vergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.
Vogels	Alle aanwezige vogelsoorten	Het Friese Front is een vast rust- en foerageergebied voor de zeekoet. Gedurende de kritische periode (juli t/m oktober) is de soort in grote getalen aanwezig. In de projectplanning is vastgelegd dat er buiten de kritische periode wordt gewerkt gedurende de aanleg- en boorfase vanwege de hoge intensiteit aan werkzaamheden en bijbehorend transport. Er is daarmee geen sprake van schadelijke handelingen voor de zeekoet gedurende de **aanleg- en boorfase**. Gedurende de **productiefase** is verstoring van vogels, zoals de zeekoet, onvermijdelijk. Ook gedurende de kritische periode van de soort. De effecten van verstoring zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd. Zoals blijkt uit de effectbeoordeling is er sprake van een overtreding (Bal art 11.37 1d) door de transportbewegingen tijdens de kritische periode. Door de toepassing van mitigerende maatregelen, zoals de frequentie van transportbewegingen te beperken en te anticiperen op aanwezigheid van zeekoeten in het Friese Front. **Hiervoor dient een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.** Voor andere zeevogelsoorten zijn er geen vaste rust- of verblijfplaatsen in het Friese Front. Er is geen sprake van schadelijk handelen. Er hoeft geen vergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.
Vleermuizen	Ruige dwergvleermuis en rosse vleermuis	Er is geen sprake van schadelijk handelen. Er hoeft geen vergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd te worden.

8 Cumulatie

In de Omgevingswet (Ow) wordt op twee manieren rekening gehouden met cumulatieve effecten. Enerzijds op grond van art. 5.29 (gevolgen voor Natura 2000-gebieden) en anderzijds door te toetsen aan de staat van instandhouding van soorten.

In de wettelijke tekst van het soortenonderdeel van de Ow en de toelichting daarop wordt echter niet gesproken over het onderwerp cumulatie. Er worden ook geen eisen gesteld aan wat wel of niet meegenomen dient te worden in de cumulatieve effectbeoordeling. Echter, omdat getoetst moet worden aan het behouden van de huidige staat van instandhouding, dient elke activiteit met een mogelijk negatief effect hierop in de beoordeling te worden meegenomen, tenzij die al verwerkt is in de gehanteerde inschatting van de staat van instandhouding (Rijkswaterstaat, 2015). Bij mobiele soorten die zich over landgrenzen bewegen en niet gebonden zijn aan beschermde gebieden, waaronder zeezoogdieren, grote vissoorten en zeevogels, moet de borging van de instandhouding feitelijk op biogeografisch populatieniveau plaatsvinden.

Om eventuele nadelige effecten op de staat van instandhouding het meest adequaat te kunnen beoordelen, is het noodzakelijk een beoordeling uit te voeren naar mogelijke cumulatie van effecten afkomstig van andere projecten die in dezelfde of aansluitende periode en/of hetzelfde gebied worden uitgevoerd.

De volgende projecten worden meegenomen in de cumulatietoets (mits de uitvoer binnen een relevant tijdsbestek en geografische afstand plaatsvindt):

- Projecten van derden, waarvoor een vergunning is verleend in het kader van de Ow, maar die nog niet zijn uitgevoerd, of ten dele zijn uitgevoerd. Alle vergunde projecten op het NCP staan vermeld in de Vergunningenbank van het ministerie van LVVN[15].
- Projecten met soortgelijke effecten op beschermde habitattypen en diersoorten als van toepassing op het voorgenomen project. Dit betreft effecten als gevolg van: boven- en onderwatergeluid, aanwezigheid en licht, oppervlakteverlies, vertroebeling en sedimentatie.
- Relevante toekomstige projecten die nog niet zijn vergund of niet vergunningsplichtig zijn. Dit is geen wettelijke verplichting maar wel wenselijk want hierdoor wordt het inzicht in de eventuele cumulatie van effecten zo volledig mogelijk.

De volgende projecten worden **niet** meegenomen in de cumulatietoets:

- Onzekere toekomstige gebeurtenissen.
- Projecten die plaatsvinden buiten een relevant tijdsbestek van de aanleg- en boorfase (startdatum 2027 of later) en/of geografische afstand.

Op basis van deze criteria worden de volgende projecten meegenomen:

- Offshore olie- en gasactiviteiten op het NCP.
- Wind op Zee Nederland.
- Net op Zee Nederland.
- Carbon Capture and Storage (CCS).

[15] *https://puc.overheid.nl/natuurvergunningen/*

8.1 Relevante projecten

8.1.1 Olie- en gaswinning

In de wijde omgeving van het projectgebied vinden standaard activiteiten van bestaande productieplatforms plaats. Verder worden er mogelijk andere vergunde activiteiten met betrekking tot olie- en gaswinning uitgevoerd ten tijde van het onderhavig project. Het ministerie van LVVN heeft een vergunning afgegeven voor de volgende mijnbouwactiviteiten in de periode 2025-2028:

- Aan Petrogas voor het boren en in productie nemen van een nieuwe put in blok B16.
- Aan ONE-Dyas voor het uitvoeren van seismisch onderzoek in blokken N4–M6.
- Aan Kistos voor een productieboring en aanpassingen aan platform Q10-Orion.
- Aan Shell voor het uitvoeren van seismisch onderzoek in blokken P–O.
- Aan Petrogas voor het realiseren van een nieuwe put of side track in blok B13.
- Aan Dana Petroleum voor het uitvoeren van een exploratieboring vanuit blok P11.
- Aan Petrogas voor het realiseren van twee putten en schoonmaken van vier putten in blok A12.
- Aan Petrogas voor het oprichten van twee satellietplatforms, het realiseren van drie putten en de aanleg van leidingen in blokken A15–B10.

Bij de realisatie van deze projecten is er mogelijk sprake van verstoring van bodemdieren, vissen en zeezoogdieren als gevolg van onderwatergeluid, verstoring van habitattypen en bodemdieren door verstoring van de bodem, oppervlakteverlies, sedimentatie en vertroebeling, en verstoring van vogels en zeezoogdieren door bovenwatergeluid, aanwezigheid en licht. Gezien de ruime afstand tussen bovengenoemde projecten en het L7-F projectgebied zijn cumulatieve effecten van bodemverstoring, sedimentatie, vertroebeling, bovenwatergeluid en licht uit te sluiten; deze verstoringsfactoren worden niet verder meegenomen in de cumulatietoets. Verstoringscontouren bij het gelijktijdig plaatsvinden van deze activiteiten overlappen niet met verstoringscontouren die optreden als gevolg van het voorgenomen project. Ook blijven er voldoende mogelijkheden over voor soorten om uit te wijken, te rusten en te foerageren.

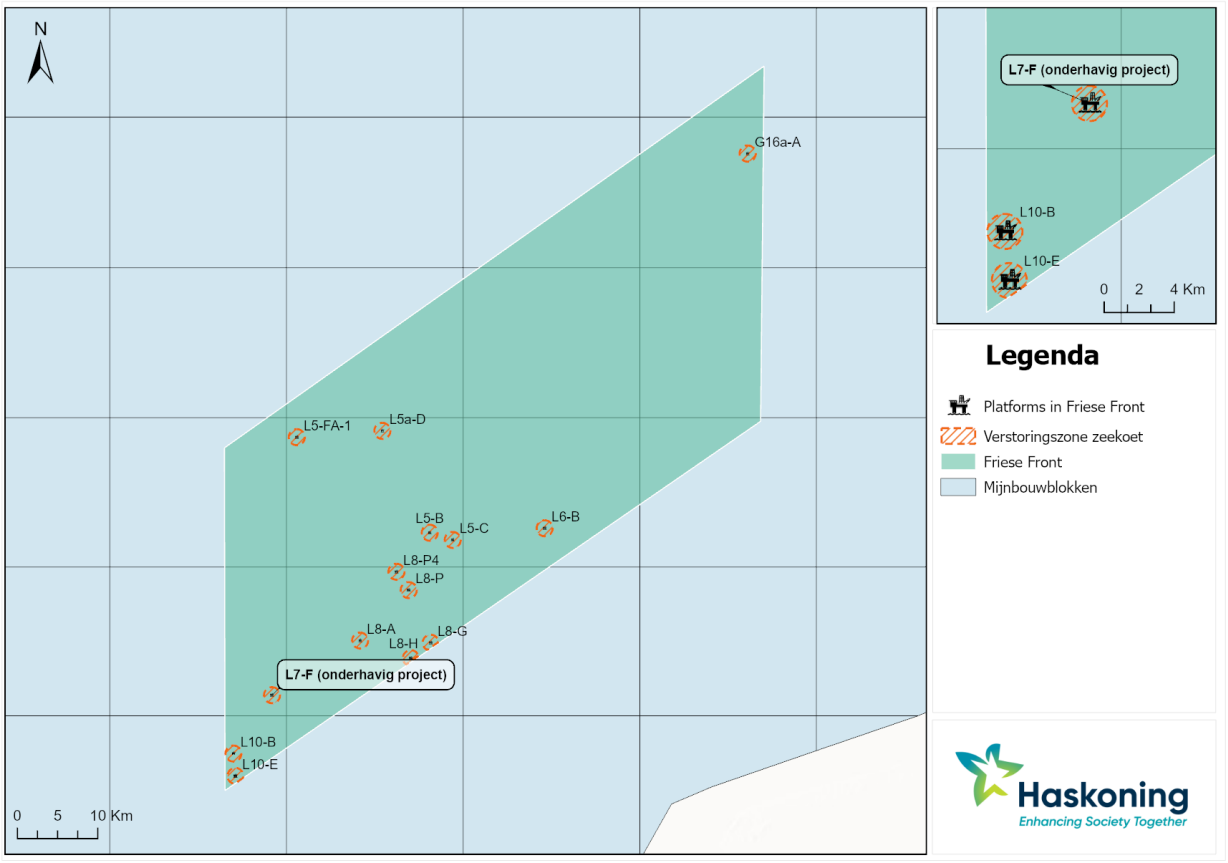
Verstoring door onderwatergeluid

Verstoring door impulsief onderwatergeluid als gevolg van heiwerkzaamheden of seismisch onderzoek kan echter tot op grote afstand merkbaar zijn. Zeezoogdieren zijn bovendien erg gevoelig voor verstoring door onderwatergeluid en gebruiken de gehele Noordzee als leefgebied. Als op meerdere locaties tegelijkertijd of aansluitend verstoring door onderwatergeluid plaatsvindt, kan niet worden uitgesloten dat cumulatieve effecten optreden.

Van bovengenoemde projecten vinden alleen de productieboring van Kistos, het seismisch onderzoek van Shell en de exploratieboring van Dana plaats binnen relevante afstand (< 150 km) van het plangebied. Kistos is voornemens om vanaf het bestaande platform Q10-A (ten westen van IJmuiden) vier extra productieputten te boren en deze vervolgens in productie te nemen. De vergunning van Kistos voor wat betreft de uitvoering van de boorwerkzaamheden (inclusief heien van conductorpijpen) loopt tot eind 2026. Daarom vindt er mogelijk directe overlap plaats met het voorgenomen project en dient dit project meegenomen te worden in de cumulatietoets. De vergunning van Shell voor het uitvoeren van seismisch onderzoek in blokken P–O is geldig tot april 2026, maar de werkzaamheden staan gepland voor 2024. Het is onduidelijk of dit project ondertussen is afgerond, desondanks zal er door het grote verschil in planning waarschijnlijk geen cumulatie optreden met onderhavig project. De vergunning voor de exploratieboring van Dana is geldig tot eind 2025, ondanks dat afronding van de boring gepland staat voor eind 2024. Ook hier is onduidelijk of dit project ondertussen is afgerond, desondanks is het onwaarschijnlijk dat er cumulatie optreedt met onderhavig project.

Oppervlakteverlies en afname geschikt leefgebied zeekoet

Behalve verstoring als gevolg van onderwatergeluid wordt het wenselijk geacht te beschouwen in hoeverre de aanwezigheid van reeds bestaande olie- en gasproductieplatforms binnen het Natura 2000-gebied Friese Front, voor zeekoeten zou kunnen leiden tot vermijding van de directe omgeving van die platforms, wat mogelijk leidt tot cumulatief oppervlakteverlies en daarmee afname van geschikt leefgebied. Het is onwaarschijnlijk dat de aanwezigheid van een stilstaand platform (in tegenstelling tot scheepvaart- of helikopterbewegingen) een directe stressreactie in zeekoeten induceert, het is echter aannemelijk dat de dieren de directe omgeving van een platform mijden omdat enige vorm van voorzichtigheid wordt aangehouden. Door gebiedsvermijding en het uitwijken naar een andere locatie (al dan niet tijdelijk) kan het zijn dat de vogels op een plek terechtkomen waar de voedselopname lager is of de concurrentiedruk hoger, met mogelijke gevolgen voor fitness en voortplantingssucces.



Figuur 8-1. Het geplande L7-F platform en reeds bestaande productieplatforms binnen het Friese Front en daaraan gerelateerde bufferzone (1.000 m) voor verstoring van zeekoeten door aanwezigheid.

Het beheerplan voor het Friese Front benoemt 15 bestaande productieplatforms binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied (Figuur 8-1). In de ruimtelijke analyse is echter uitgegaan van 13 unieke locaties waarvoor afzonderlijke verstoringszones zijn berekend. Dit verschil ontstaat doordat sommige installaties fysiek zo dicht bij elkaar liggen dat hun verstoringszones grotendeels overlappen. Concreet gaat het om L10-BB en L10-EE, die direct naast respectievelijk L10-B en L10-E zijn gepositioneerd. Om dubbeltellingen te voorkomen, zijn alleen de hoofdplatforms (L10-B en L10-E) als afzonderlijke verstoringslocaties meegenomen in de analyse. Binnen het Natura 2000-gebied Friese Front (ca. 2.882 km²) liggen dus effectief 13 productieplatformlocaties, waarvan de verstoringszones (1.000 m radius, zie paragraaf 5.2) grotendeels binnen het gebied vallen. Voor deze analyse zijn de buffers die buiten de gebiedsgrens uitsteken ruimtelijk afgesneden aan de grens van het Natura 2000-gebied, zodat alleen het relevante binnengebied is

meegeteld voor de berekening van verlies van leefgebied. Er wordt in deze analyse uitgegaan van een verstoringsafstand van 1.000 m. Deze contour is gebaseerd op waarden gepresenteerd in een literatuurstudie van Krijgsveld en collega's (2022), waarin een bufferzone van 1.000 m rondom rustende en foeragerende zeekoeten op open water wordt aanbevolen om verstoring van de dieren te voorkomen. Waarschijnlijk is de verstoringscontour rondom een stilstaand platform kleiner dan voor een bewegend object, toch is hier de conservatieve aanname gedaan dat de verstoringsafstand gelijk is.

8.1.2 Wind op Zee Nederland

In het Programma Noordzee 2022 – 2027[16] zijn windenergiegebieden aangewezen waar de komende jaren windparken ontwikkeld worden. De planning voor de ingebruikname van de windparken[17] is gegeven in Tabel 8-1. De aanleg van de windparken vindt plaats in de jaren voor ingebruikname.

Tabel 8-1 Geplande windenergiegebieden op het NCP en jaar van ingebruikname

Windenergiegebied	Geplande ingebruikname
Hollandse Kust West kavels VI en VII	2027
IJmuiden Ver Alpha en Beta	2029
IJmuiden Ver kavels Gamma-A en Gamma-B	2029
Nederwiek kavels I en II	2030
Nederwiek kavel III	2031
Hollandse Kust West kavel VIII	NTB
Doordewind kavels I en II	2032
Ten Noorden van de Waddeneilanden kavel I	2033

Dit betekent dat de tijdens de aanleg van de windenergiegebieden Hollandse Kust West kavels VI en VII, IJmuiden Ver Alpha en Beta en IJmuiden Ver kavels Gamma-A en Gamma-B mogelijk deels overlap plaatsvindt met het voorgenomen project. Door de geplande aanleg van de windparken is er sprake van verstoring van bodemdieren, vissen en zeezoogdieren als gevolg van onderwatergeluid, vogelslachtoffers door aanvaringen en habitatverlies, verstoring van vogels en zeezoogdieren door licht en beweging. Verder kunnen een toename in transportbewegingen leiden tot optische- en geluidsverstoring van vogels en zeezoogdieren, en kan verstoring van habitattypen en bodemdieren optreden door oppervlakteverlies, vertroebeling en sedimentatie door het plaatsen van de turbines.

Gezien de geplande ingebruikname en ruime afstand tussen bovengenoemde projecten en het projectgebied van L7-F zijn cumulatieve effecten van bovenwatergeluid, aanwezigheid en licht, bodemverstoring, oppervlakteverlies, sedimentatie en vertroebeling; deze verstoringsfactoren worden niet verder meegenomen in de cumulatietoets. Verstoringscontouren bij het gelijktijdig plaatsvinden van deze activiteiten overlappen niet met verstoringscontouren die optreden als gevolg van het voorgenomen project. Ook blijven er voldoende mogelijkheden over voor soorten om uit te wijken, te rusten en te foerageren.

De verstoringsfactor die hier het meest aandacht krijgt is onderwatergeluid als gevolg van het heien van de turbinefunderingen. Zoals eerder vermeld kan verstoring door impulsief onderwatergeluid als gevolg van heiwerkzaamheden of seismisch onderzoek tot op grote afstand merkbaar zijn. Zeezoogdieren zijn bovendien erg gevoelig voor verstoring door onderwatergeluid en gebruiken de gehele Noordzee als leefgebied. Als op meerdere locaties tegelijkertijd of aansluitend verstoring door onderwatergeluid plaatsvindt, kan niet worden uitgesloten dat cumulatieve effecten optreden. Onderwatergeluidsverstoring als gevolg van de uitrol Wind op Zee dient dus meegenomen te worden in de cumulatietoets. In het Kader

[16] *https://www.noordzeeloket.nl/beleid/programma-noordzee-2022-2027/*
[17] *https://windopzee.nl/onderwerpen/waar-staan-komen-windparken-zee/*

Ecologie en Cumulatie (KEC)[18] zijn de cumulatieve effecten van onderwatergeluid als gevolg van de realisatie van alle geplande windparken tot 2030 berekend.

Figuur 8-2. Routekaart windenergie op zee met routes van het net op zee (noordzeeloket.nl). Het projectgebied is indicatief weergegeven met het vierkant.

[18] *https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch-programma-wozep/kader-ecologie-cumulatie/#:~:text=In%20het%20Kader%20ecologie%20en,windparken%20op%20zee%20tot%202030.*

8.1.3 Net op Zee Nederland

Net als op land ligt op zee een elektriciteitsnet. Dit zogeheten 'Net op Zee' behelst de hele keten van platforms, stations en kabels die de windenergiegebieden op zee verbinden met het hoogspanningsnet op land. In Nederland is TenneT de aangewezen beheerder van het Net op Zee voor de nieuwe windparken[19]. In het kader van de routekaart Wind op Zee (Figuur 8-2) staan een aantal werkzaamheden gepland voor de aanleg van transformatorstations (platforms) op zee en transportkabels om de windparken aan te sluiten op het landelijk hoogspanningsnet.

Bij de realisatie van deze projecten is er mogelijk sprake van verstoring van bodemdieren, vissen en zeezoogdieren als gevolg van onderwatergeluid, verstoring van habitattypen en bodemdieren door verstoring van de bodem, oppervlakteverlies, sedimentatie, vertroebeling en elektromagnetische straling, en verstoring van vogels en zeezoogdieren door bovenwatergeluid, aanwezigheid en licht. Mogelijk treden er cumulatieve effecten op met onderhavig project als de werkzaamheden gelijktijdig plaatsvinden.

Gezien de ruime afstand tussen bovengenoemde projecten en het projectgebied van L7-F zijn cumulatieve effecten van bovenwatergeluid, aanwezigheid en licht, oppervlakteverlies, bodemverstoring, vertroebeling, sedimentatie en elektromagnetische straling uit te sluiten; deze verstoringsfactoren worden niet verder meegenomen in de cumulatietoets. Verstoringscontouren bij het gelijktijdig plaatsvinden van deze activiteiten overlappen niet met verstoringscontouren die optreden als gevolg van het voorgenomen project. Ook blijven er voldoende mogelijkheden over voor soorten om uit te wijken, te rusten en te foerageren.

Ook hier geldt dat verstoring door impulsief onderwatergeluid als gevolg van heiwerkzaamheden of seismisch onderzoek tot op grote afstand merkbaar zijn. Zeezoogdieren zijn bovendien erg gevoelig voor verstoring door onderwatergeluid en gebruiken de gehele Noordzee als leefgebied. Als op meerdere locaties tegelijkertijd of aansluitend verstoring door onderwatergeluid plaatsvindt, kan niet worden uitgesloten dat cumulatieve effecten optreden. Onderwater geluidsverstoring als gevolg van de uitrol Net op Zee dient dus meegenomen te worden in de cumulatietoets. In het KEC zijn ook de cumulatieve effecten van onderwatergeluid als gevolg van de realisatie Net op Zee van alle geplande windparken tot 2030 berekend.

Net op zee - IJmuiden Ver Alpha

Vanaf 1 maart 2024 staan aanlegwerkzaamheden van Net op Zee IJmuiden Ver Alpha gepland. Dit project omvat een aanlegfase waarbij een transformatorstation en een ondergronds kabelsysteem wordt aangelegd voor vier kabels die naar land lopen. Voor het aanleggen van het kabelsysteem wordt Horizontal Directional Drilling (HDD) uitgevoerd. De kabellijn loopt door de Voordelta en de Bruine Bank ligt ten westen hiervan. Voor het plaatsen van het platform zal in een worst-case scenario maximaal 16 dagen geheid worden. De aanleg van het transformatorstation zal plaatsvinden vanaf 2026.

Net op zee - IJmuiden Ver Beta en Gamma

Voor de aanleg van Net op Zee Beta wordt in de MER beschreven dat door de parallelligging van het Net op zee IJmuiden Ver Alpha en het Net op zee IJmuiden Ver Beta de effectbeoordeling vergelijkbaar is. Het tracé Gamma loopt ca. 128 km parallel aan Beta. Voor de aanleg van Net op Zee IJmuiden Ver Beta en Gamma zijn nog geen vergunningen afgegeven, maar zullen hoogstwaarschijnlijk in de periode tot 2029 aangelegd gaan worden.

Net op Zee - Nederwiek 1, 2 en 3

Deze projecten omvatten een aanlegfase op zee waarbij een aantal transformatorplatforms geïnstalleerd worden voor de aansluiting van windturbines en de realisatie van een gebundeld kabeltracé voor transport

[19] *https://www.tennet.eu/nl/projecten/provincies/offshore#24659*

van de geproduceerde stroom. De realisatie van Net op Zee Nederwiek 1 is gepland vanaf 2024 en Nederwiek 2 staat gepland vanaf 2025. Het definitief projectbesluit en de vergunningen staan gepland voor de zomer van 2026. De start van de uitvoering van Nederwiek 3 staat gepland voor 2027.

8.1.4 Carbon Capture and Storage (CCS)

Op initiatief van Shell, TotalEnergies, Gasunie en Energie Beheer Nederland wordt vanuit het Rotterdamse havengebied de Aramis CO_2-transportinfrastructuur ontwikkeld[20]. Hiermee kan CO_2 dat wordt afgevangen bij industriële processen worden vervoerd en opgeslagen in uitgeproduceerde gasvelden onder de Noordzee (Figuur 8-3). De geplande transportcapaciteit is vijf Mton per jaar, waarna de infrastructuur stapsgewijs wordt uitgebreid bij verdere belangstelling voor gebruik. Als onderdeel van het initiatief zullen twee nieuwe platforms worden gerealiseerd: K14-FA door Shell (vier nieuwe putten) en L10-R door Eni Energy (vier tot zes nieuwe putten). Ook zal Total Energies het bestaande platform L4-A aanpassen voor hergebruik, waarna er bij het platform twee nieuwe putten worden geboord. Bovendien zal het platform D-HUB worden aangelegd als verbindings- en distributieplatform tussen de verschillende leidingen. Deze werkzaamheden zullen worden uitgevoerd in de periode tot 2028. Na 2028 is de eerste uitbreidingsfase gepland, waarbij de transportcapaciteit wordt uitgebreid tot 14 Mton per jaar.

Bij de realisatie van het Aramis project is er mogelijk sprake van verstoring van bodemdieren, vissen en zeezoogdieren als gevolg van onderwatergeluid, verstoring van habitattypen en bodemdieren door verstoring van de bodem, oppervlakteverlies, sedimentatie en vertroebeling, en verstoring van zeezoogdieren en zeevogels door aanwezigheid en licht.

Het grootste deel van de activiteiten die worden uitgevoerd als onderdeel van het Aramis project vinden plaats op aanzienlijke afstand van het L7-F projectgebied. Hierdoor kunnen cumulatieve effecten van bodemverstoring, oppervlakteverlies, bovenwatergeluid, sedimentatie, vertroebeling en licht worden uitgesloten; deze verstoringsfactoren worden niet verder meegenomen in de cumulatietoets. Verstoringscontouren bij het gelijktijdig plaatsvinden van deze activiteiten overlappen niet met verstoringscontouren die optreden als gevolg van het voorgenomen project. Ook blijven er voldoende mogelijkheden over voor soorten om uit te wijken, te rusten en te foerageren.

Wel zal er door de realisatie van het Aramis initiatief een toename van scheepvaartbewegingen in de omgeving van het L7-F projectgebied plaatsvinden. De mogelijke effecten hiervan zijn zeer lastig in te schatten. Ondanks dat de meeste schepen van en naar de haven van Rotterdam varen, is er ook een toename te verwachten van schepen die vanuit de haven van Den Helder vertrekken. Deze schepen volgen zoveel mogelijk bestaande, drukbevaren scheepvaartroutes en blijven buiten het Friese Front. Bij de uitvoering van het Aramis initiatief zijn bovendien meerdere mitigerende maatregelen opgenomen om de effecten van de toename in het aantal scheepvaartbewegingen zoveel mogelijk te beperken (afstand houden tot zandplaten en hoge concentraties zeevogels). Hierdoor kunnen significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van beschermde zeezoogdieren en verstoringsgevoelige vogelsoorten zoals de topper, eider en zwarte zee-eend worden uitgesloten. Om deze redenen worden cumulatieve effecten van aanwezigheid als gevolg van het Aramis initiatief niet verder meegenomen in de cumulatietoets.

Hier geldt ook weer dat verstoring door impulsief onderwatergeluid als gevolg van heiwerkzaamheden of seismisch onderzoek tot op grote afstand merkbaar zal zijn. Zeezoogdieren zijn bovendien erg gevoelig voor verstoring door onderwatergeluid en gebruiken de gehele Noordzee als leefgebied. Als op meerdere locaties tegelijkertijd of aansluitend verstoring door onderwatergeluid plaatsvindt, kan niet worden uitgesloten dat cumulatieve effecten optreden. Onderwatergeluidsverstoring als gevolg van het Aramis project dient dus meegenomen te worden in de cumulatietoets.

[20] *https://www.aramis-ccs.com/nl/*

Figuur 8-3. Grote energieprojecten uit het Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK) (bron: https://www.aramis-ccs.com/nl/nieuws/aramis-energieproject-van-nationaal-belang/)

8.2 Overzicht projecten cumulatietoets

Uit bovenstaande analyse is gebleken dat voor de cumulatietoets de volgende projecten en verstoringsfactoren van toepassing zijn (Tabel 8-2):

Tabel 8-2. Overzicht van projecten die worden meegenomen in de cumulatietoets.

Project	Planning	Relevante effecten	Bron
Plaatsing productieplatform L7-F, boren putten en aanleg pijpleiding	Begin 2026 – 2028	Impulsief onderwatergeluid; verlies leefgebied zeekoet	Voorliggend document
Boulder survey en UXO-onderzoek L7-F	Eind 2025 – begin 2026	Impulsief onderwatergeluid	Haskoning (in prep.)
Productieboring Q10-Orion	Tot eind 2026	Impulsief onderwatergeluid	Ecologische effectbeoordeling Q10-Orion[21]
Aanwezigheid olie- en gasproductieplatforms binnen N2000-gebied Friese Front	Reeds bestaand	Verlies leefgebied zeekoet	Nadere effectenanalyse Friese Front[22]
Wind op Zee Nederland	2024-2031	Impulsief onderwatergeluid	Kader Ecologie en Cumulatie 5.0[23]
Net op Zee Nederland (IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma, Nederwiek 1, 2 en 3)	Tot 2030	Impulsief onderwatergeluid	Net op zee IJmuiden Ver Alpha - Bijlage VII-A Passende Beoordeling planMER en Inpassingsplan[24] MER Net op zee Nederwiek 1[25], 2[26] en 3[27]
Aramis CCS	2025-2030	Impulsief onderwatergeluid	Royal HaskoningDHV (2024)

8.3 Cumulatieve effecten impulsief onderwatergeluid

8.3.1 L7-F (onderhavig project)

Bij het voorgenomen project is er sprake van impulsief onderwatergeluid door het heien van de drie of vier verankeringspalen van het platform, het heien van de twee conductorpijpen en de geofysische survey. De geldende Nederlandse geluidsnorm bij heiwerkzaamheden op zee (164 dB re 1 μPa^2s op 750 m van de bron) (Heinis et al., 2025) wordt bij het ongemitigeerd heien van de verankeringspalen met 7 dB overschreden, deze zullen dus met geluidsmitigerende maatregelen geïnstalleerd moeten worden (zie paragraaf 6.3.1). Bij het heien van de conductorpijpen en de geofysische survey wordt de geluidsnorm niet overschreden (zie paragraaf 5.1.2). Zeezoogdieren zijn gevoelig voor onderwater impulsgeluid, wat kan leiden tot gedragsverstoring met gebiedsvermijding en populatiereductie tot gevolg.

Door de onderwatergeluidsverstoring is er sprake van een tijdelijke afname van oppervlak en kwaliteit van het leefgebied van de bruinvis, gewone en grijze zeehond in de omgeving van het projectgebied. Het leefgebied in de Noordzeekustzone (meest dichtbijgelegen Natura 2000-gebied dat voor deze soorten is aangewezen) neemt niet af. Na de ingreep is er, door plaatsing van het platform, een zeer kleine reductie

[21] *https://puc.overheid.nl/natuurvergunningen/doc/PUC_762140_17/2/*
[22] *https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/226938/nadere-effect-analyse-friese-front.pdf*
[23] *https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch-programma-wozep/kader-ecologie-cumulatie/*
[24] *https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022/01/Ontwerp-inpassingsplan-Bijlage-4-Passende-Beoordeling-Net-op-zee-IJmuiden-Ver-Alpha.pdf*
[25] *https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/012758_3647_Samenvatting_MER_Net_op_zee_Nederwiek_1.pdf*
[26] *https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/012767_3648_Samenvatting_MER_Net_op_zee_Nederwiek_2.pdf*
[27] *https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/014813_3728_Definitief_Samenvatting_MER_Net_op_zee_Nederwiek.pdf*

van het oppervlak van het leefgebied ten opzichte van de referentiesituatie in het projectgebied; er treedt geen permanente verandering op in oppervlak of kwaliteit van het leefgebied in de Noordzeekustzone.

Bruinvis

Onderwatergeluidsverstoring van bruinvissen kan met behulp van de methodiek beschreven in het KEC omgerekend worden tot populatiereductie en vervolgens afgezet tegen de gehele Nederlandse populatie. De tijdelijke verstoring die optreedt als gevolg van het heien van de drie of vier verankeringspalen van het platform leidt in de ongemitigeerde situatie tot een maximaal aantal bruinvisverstoringsdagen van 1.830 (Tabel 6-1). Hier worden door het heien van de twee conductorpijpen en de geofysische survey nog respectievelijk 376 en 60 bruinvisverstoringsdagen aan toegevoegd. Het maximale aantal bruinvisverstoringsdagen als gevolg van de geplande activiteiten komt daarmee op 2.266 (Tabel 6-1). Dit vertaalt zich in een populatiereductie van ca. één bruinvis, wat overeenkomt met 0,0019% van de Nederlandse populatie (62.771 dieren) (zie paragraaf 6.3.1).

Deze berekeningen zijn gebaseerd zijn op de ongemitigeerde situatie, waardoor dit een worst-case scenario is. Als de drie of vier verankeringspalen van het platform worden geïnstalleerd met toepassing van geluidsmitigatie om aan de geldende onderwater geluidsnorm te voldoen, zal het aantal verstoorde bruinvissen lager zijn. In dat geval wordt door toepassing van een (dubbel) bellenscherm, gedempte hamer of vergelijkbare ingreep het geproduceerde onderwatergeluidsniveau gereduceerd tot maximaal 164 dB re 1 μPa^2s op 750 m van de bron en zal het aantal verstoorde dieren per geheide verankeringspaal gelijk zijn aan het aantal verstoorde dieren per geheide conductorpijp (waarvoor het vrijkomende onderwatergeluid gemodelleerd is op 164 dB re 1 μPa^2s op 750 m van de bron, zie Tabel 5-5). Daarmee wordt het totaal aantal verstoorde bruinvissen als gevolg van het heien van de verankeringspalen 282 (94 verstoorde dieren per paal x 3 verstoringsdagen). Het totaal aantal verstoorde bruinvissen als gevolg van alle activiteiten tezamen komt daarmee op 718. In dit geval vertaalt deze verstoring zich in een populatiereductie van ca. 0,3 bruinvis, wat minder is dan 0,0005% van de Nederlandse populatie. Op zichzelf staand is deze afname ruim beneden de ecologische norm van maximaal 5% populatiereductie zoals gesteld in het KEC; de afname moet echter in cumulatie met andere projecten worden beschouwd.

Zeehonden

Het plangebied is niet gelegen nabij vaste rustplaatsen van zeehonden. Het is mogelijk dat foeragerende zeehonden voorkomen in het projectgebied maar er worden geen hoge dichtheden verwacht. Dichtheden van zowel gewone als grijze zeehonden in het projectgebied worden geschat op ca. 0,5 dieren per km^2 (Aarts, 2021). Daarmee worden als gevolg van het heien van de verankeringspalen van het platform in de ongemitigeerde situatie, per heidag 116 gewone en 116 grijze zeehonden verstoord (Tabel 5-9). Door het heien van de conductorpijpen worden daar nog 27 verstoorde dieren per heidag aan toegevoegd. Er worden geen zeehonden verstoord als gevolg van onderwater impulsgeluiden gegenereerd tijdens de geofysische survey (zie paragraaf 5.1.2). Aangezien voor het heien van de verankeringspalen twee verstoringsdagen worden gerekend en voor het heien van de conductorpijpen twee dagen (in het geval van zeehonden wordt niet gerekend met een extra dag verstoring na afloop van de activiteit zoals bij verstoring van bruinvissen gebruikelijk is), komt het totaal aantal dierverstoringsdagen op 286 voor zowel gewone als grijze zeehonden. Ondanks dat er geen formule beschikbaar is om deze aantallen om te rekenen naar populatiereductie (zoals voor bruinvissen de methodologie in het KEC kan worden gevolgd), kan dit wel worden afgezet tegen de totale hoeveelheden zeehondverstoringsdagen die worden geschat als gevolg van de ontwikkeling Wind op Zee.

In het KEC is het totaal aantal gewone zeehondverstoringsdagen in Nederlandse wateren als gevolg van de ontwikkeling van Wind op Zee tot 2030, geschat op 281.000 (Heinis et al., 2025). De verwachtte populatiereductie naar aanleiding van deze verstoring is kleiner dan twee procent (Heinis et al., 2025). Als gevolg van het voorgenomen project worden maximaal 286 verstoringsdagen verwacht, wat resulteert in ca. 0,1% van de verstoringsdagen in relatie tot de ontwikkeling van Wind op Zee. Het totaal aantal grijze

zeehondverstoringsdagen als gevolg van de ontwikkeling van Wind op Zee in Nederlandse wateren tot 2030 is geschat op 122.000 (Heinis et al., 2025). De verwachtte populatiereductie naar aanleiding van deze verstoring is ook kleiner dan twee procent (Heinis et al., 2025). Als gevolg van het voorgenomen project worden maximaal 286 verstoringsdagen verwacht, wat resulteert in ca. 0,23% van de verstoringsdagen in relatie tot de ontwikkeling van Wind op Zee.

Ook deze berekeningen zijn gebaseerd zijn op de ongemitigeerde situatie, waardoor dit een worst-case scenario is. Als de drie of vier verankeringspalen van het platform worden geïnstalleerd met toepassing van geluidsmitigatie om aan de geldende onderwater geluidsnorm te voldoen, zal het aantal verstoorde zeehonden lager zijn. Als het geproduceerde onderwatergeluidsniveau bij installatie van de verankeringspalen wordt gereduceerd tot maximaal 164 dB re 1 μPa^2s op 750 m van de bron, zal het aantal verstoorde zeehonden per geheide verankeringspaal gelijk zijn aan het aantal verstoorde dieren per geheide conductorpijp. Daarmee komt het totaal aantal verstoorde dieren als gevolg van het heien van de verankeringspalen op 108 gewone en 108 grijze zeehonden. Dit resulteert in ca. 0,04% en 0.09% van de verstoringsdagen in relatie tot de ontwikkeling van Wind op Zee voor respectievelijk gewone en grijze zeehonden. Hiermee wordt ruim aan de geldende ecologische normen voldaan; effecten moet echter in cumulatie met andere projecten worden beschouwd.

8.3.2 Boulder survey en UXO-onderzoek L7-F

Voor geofysische surveys wordt doorgaans gebruik gemaakt van verschillende akoestische bronnen, zoals onder andere: *Multi-Beam* en *Sidescan Sonars* (hierna: MBS en SSS), *Sub-Bottom Profilers* (SBP) en *Multilevel Stacked Sparker* (MSS, *sparker*) en een *Ultrashort baseline*-systeem (USBL). Voor de UXO-survey wordt een type SBP toegepast: EdgeTech's Buried Object Sonar System (eBOSS).

Van de meetapparatuur tijdens het uitvoeren van de survey heeft de *sparker* voor bruinvissen de grootste verstoringsafstand met 3,8 km (45,82 km^2). In het geval van het UXO-onderzoek is dit de USBL, met een verstoringsafstand van 3,0 km (28,27 km^2). Om de bruinvisdichtheid te bepalen, is de kaart gebruikt voor de zomerperiode uit Gilles et al. (2025). Hieruit blijkt dat de bruinvisdichtheid vermoedelijk 1,00 dieren per km^2 is (*worst-case*). Deze verstoring kan bij bruinvissen resulteren in gedragsverandering met gebiedsvermijding en populatiereductie tot gevolg.

Bruinvis
Onderwatergeluidsverstoring van bruinvissen kan met behulp van de methodiek beschreven in het KEC omgerekend worden tot populatiereductie en vervolgens afgezet tegen de gehele Nederlandse populatie. De tijdelijke verstoring die optreedt als gevolg van de survey en het UXO-onderzoek leiden tot maximaal 1.385 (461 + 924) bruinvisverstoringsdagen. Dit vertaalt zich in een indirecte populatiereductie van 0,50 bruinvissen, wat overeenkomt met 0,00080% van de Nederlandse populatie (62.771 dieren).

8.3.3 Productieboring Q10-Orion

Bij de productieboring in het Q10-blok wordt impulsief onderwatergeluid geproduceerd door het heien van vier conductorpijpen waarbinnen de boringen zullen worden uitgevoerd. In de ecologische effectbeoordeling (RHDHV, 2023) wordt uitgegaan van acht verstoringsdagen: het heien van een enkele conductorpijp wordt uitgevoerd binnen één dag en het duurt een dag voordat zeezoogdieren in het gebied terugkeren.

Bruinvis
In dit project worden er bruinvissen tijdelijk verstoord binnen een gebied van 220 km^2. Met inachtneming van de bruinvisdichtheid in het plangebied leidt dit tot een verstoring van maximaal 440 bruinvissen per heidag. In totaal worden daarmee 3.520 bruinvissen verstoord. Dit kan worden omgerekend tot een maximale populatiereductie van 1,5 bruinvissen, wat overeenkomt met 0,0024% van de Nederlandse populatie.

Zeehonden
In de ecologische effectbeoordeling van het project wordt gesteld dat de kans klein is dat er grote aantallen gewone of grijze zeehonden in het plangebied voorkomen en worden eventuele cumulatieve effecten, mede door de geringe tijdsduur van het project, uitgesloten (RHDHV, 2023).

8.3.4 Wind op Zee Nederland

In het kader van de uitrol Wind op Zee Nederland worden een aantal offshore windenergieparken in de Nederlandse Noordzee aangelegd. Hiervoor zal een groot aantal turbinefunderingen in de zeebodem geheid worden. Ook moeten er geofysische surveys voor profilering van de bodem en kabeltracés uitgevoerd worden; dit gebeurt in de regel vier tot vijf jaar vóór aanvang van de constructie van de windfarm. In het KEC zijn voor de periode 2016 – 2030 de cumulatieve effecten van impulsief geluid op de zeezoogdierpopulaties op het NCP als gevolg van de aanleg van de parken berekend (Heinis et al., 2025). Er is daarbij rekening gehouden met de aanleg van de benodigde transformatorstations en het uitvoeren van het benodigde seismische onderzoek. Voor de windparken uit het Energieakkoord is ervan uitgegaan dat de in de kavelbesluiten vastgelegde, naar seizoen en aantal turbines gedifferentieerde geluidsnormen worden toegepast.

Bruinvis
In de laatste versie van het KEC (Heinis et al., 2025) wordt geschat hoeveel bruinvissen worden verstoord als gevolg van de aanleg van de windenergieparken tussen 2016 en 2030. Hier wordt een totaal aantal van ca. 1,7 miljoen bruinvisverstoringsdagen geschat voor alle installaties na 2025. Met gebruik van de formule uit paragraaf 6.3.1 zou dit neerkomen op een populatiereductie van ca. 2.000 individuen, ofwel 3,3% van de Nederlandse populatie. In het KEC 5.0 wordt een aangepaste formule gebruikt voor de berekeningen van populatiereductie, hieruit volgt een waarde van 3,7% van de Nederlandse populatie (Heinis et al., 2025). Verstoring als gevolg van geofysische surveys is in deze berekeningen niet meegenomen en zou daar nog ca. 282.000 dierverstoringsdagen aan toevoegen, wat het totaal op een kleine twee miljoen brengt (Heinis et al., 2025).

Zeehonden
Met betrekking tot zeehonden worden in het KEC 5.0 totale aantallen verstoringsdagen van 268.000 en 118.000 aangehouden voor respectievelijk gewone en grijze zeehonden als gevolg van de aanleg van de Nederlandse windenergieparken na 2025. Deze schattingen leiden tot populatiereducties van 1,5% ± 1,1 en 1,1% ± 0,2 voor respectievelijk gewone en grijze zeehonden (Heinis et al., 2025). Verstoring als gevolg van geofysische surveys zou daar nog respectievelijk ca. 13.000 en 4.000 dierverstoringsdagen aan toevoegen (Heinis et al., 2025).

8.3.5 Net op Zee Nederland

Voor de aanleg Net op Zee Nederland worden een aantal transformatorstations in de Nederlandse Noordzee aangelegd. Ook worden kabels voor het transport en aanlanding van de opgewekte energie in de zeebodem ingegraven. Hiervoor zullen geofysische surveys uitgevoerd worden om de zeebodem te profileren en moeten funderingspalen in de zeebodem geheid worden.

In het KEC 5.0 zijn voor de periode 2016 – 2030 alle cumulatieve effecten van impulsief geluid op de zeezoogdierpopulaties op het NCP als gevolg van de aanleg van de windenergieparken berekend (Heinis et al., 2025). Hierbij zijn inbegrepen alle heiwerkzaamheden die plaatsvinden als gevolg van de aanleg Net op Zee, waaronder de aanleg van de transformatorstations en kabels voor de aanlanding van de geproduceerde stroom. Ook de effecten van geofysische surveys zijn hierin meegenomen. Aangezien deze verstoring volledig is opgenomen in de vorige paragraaf (8.3.4), worden de cumulatieve effecten van de aanleg Net op Zee hier verder niet apart beschouwd.

8.3.6 Aramis CCS

Als onderdeel van de aanlegfase (tot 2028) van het Aramis initiatief zullen een aantal aanlegsteigers, platforms en conductorpijpen in de Noordzeebodem geheid worden. De verwachting is dat de werkzaamheden één tot twee jaar zullen duren.

Bruinvis
In de ecologische effectbeoordeling die voor het project is opgesteld (Royal HaskoningDHV, 2024) wordt berekend dat als gevolg van de verschillende activiteiten ca. 10.000 – 18.000 bruinvisverstoringsdagen te verwachten zijn. Het werkelijke aantal dierverstoringsdagen zal waarschijnlijk lager liggen, aangezien voor een deel van de heiwerkzaamheden mitigerende maatregelen zullen moeten worden toegepast om onder de geldende Nederlandse geluidsnorm te blijven. Als bovenstaande aantallen in de formule uit paragraaf 6.3.1 worden ingevoerd, zou de verstoring als gevolg van de werkzaamheden neerkomen op een populatiereductie tussen de vijf en tien individuen, wat neerkomt op 0,008 – 0,016% van de Nederlandse populatie.

Zeehonden
In de ecologische effectbeoordeling (Royal HaskoningDHV, 2024) wordt berekend dat als gevolg van de verschillende activiteiten ca. 1.400 verstoringsdagen te verwachten zijn voor zowel de gewone als grijze zeehond. Het totaal aantal dierverstoringsdagen komt overeen met 0,5% en 1,2% van de respectievelijk gewone en grijze zeehondverstoringsdagen die worden geschat als gevolg van de ontwikkeling Wind op Zee en resulteert in geringe populatiereductie.

8.3.7 Conclusie cumulatieve effecten impulsief onderwatergeluid

Uit bovenstaande beoordeling blijkt dat er mogelijk cumulatieve effecten op zeezoogdieren optreden door verstoring van impulsief onderwatergeluid als gevolg van de geplande heiwerkzaamheden. Tabel 8-3 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 8-3. Overzicht van cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op zeezoogdieren.

Project	Totaal # verstoringsdagen bruinvis	Totaal # verstoringsdagen gewone zeehond	Totaal # verstoringsdagen grijze zeehond
L7-F	718 (gemitigeerd)	108 (gemitigeerd)	108 (gemitigeerd)
Boulder survey en UXO-onderzoek L7-F	1.385 (441 + 924)	8 (2,2 + 5,5)	8 (2,2 + 5,5)
Productieboring Q10-Orion	3.520	Niet berekend	Niet berekend
Wind op Zee Nederland (incl. Net op Zee en geofysische surveys)	1.982.000	281.000	122.000
Aramis CCS	18.000	1.400	1.400
TOTAAL	**2.005.623**	**282.516**	**123.516**

Bruinvis
De precieze planning van de werkzaamheden als onderdeel van de genoemde projecten is niet bekend. De heiwerkzaamheden voor de aanleg van de verschillende platforms en windturbines zouden mogelijk tegelijkertijd kunnen plaatsvinden, maar dat is onwaarschijnlijk en zal maximaal voor een deel van de projecten het geval zijn. In het KEC (Heinis et al., 2025) wordt het totale aantal bruinvisverstoringsdagen

als gevolg van de uitrol Wind op Zee voor alle installaties die na 2025 aangelegd worden, inclusief benodigde surveys, geschat op ca. 2 miljoen. Zoals blijkt uit Tabel 8-3 is dit verreweg de grootste bron van bruinvisverstoringsdagen op het NCP in aankomende jaren. Andere reeds vergunde projecten zouden daar een verwaarloosbaar aantal (< 3%) aan toevoegen. De verstoring als gevolg van het voorgenomen project bedraagt maximaal 718 dierverstoringsdagen, wat neerkomt op minder dan 0,05% van de verstoring als gevolg van de volledige uitrol Wind op Zee. Als alle bruinvisverstoringsdagen uit de projecten die van belang worden geacht en zijn beschreven in deze cumulatietoets bij elkaar worden opgeteld, komt het totaal op een ruime 2 miljoen (Tabel 8-3). Met gebruik van de formule uit paragraaf 6.3.1 zou dit neerkomen op een populatiereductie van 2.850 individuen, ofwel ca. 4.5% van de Nederlandse populatie. Hiermee blijft de cumulatieve populatiereductie binnen de gestelde ecologische norm voor behoud van de huidige Nederlandse populatie (maximaal 5% reductie, met 95% zekerheid). Significant negatieve effecten op de Nederlandse populatie bruinvissen kunnen worden uitgesloten, ook wanneer alle effecten worden opgeteld.

Zeehonden

Met betrekking tot zeehonden kan een soortgelijke vergelijking worden gemaakt. In het KEC zijn totale aantallen dierverstoringsdagen van 281.000 en 122.000 aangehouden voor respectievelijk gewone en grijze zeehonden als gevolg van de uitrol Wind op Zee na 2025. Deze schattingen leiden tot populatiereducties kleiner dan 2% voor zowel gewone als grijze zeehonden (Heinis et al., 2025). De verstoring als gevolg van het voorgenomen project bedraagt maximaal 108 dierverstoringsdagen voor zowel gewone als grijze zeehonden. Verstoringsdagen als gevolg van het voorgenomen project zijn daarmee minder dan 0,04% (gewone zeehond) of 0.09% (grijze zeehond) van de aantallen dierverstoringsdagen berekend in het KEC. Als alle zeehondverstoringsdagen uit de projecten die van belang worden geacht en zijn beschreven in deze cumulatietoets bij elkaar worden opgeteld, komt het totaal op ca. 282.500 (gewone zeehond) of 123.500 (grijze zeehond) (Tabel 8-3). Daarmee zijn de extra dierverstoringsdagen verwaarloosbaar in verhouding met de verstoring als gevolg van de uitrol Wind op Zee en blijft de cumulatieve populatiereductie ruim binnen de gestelde ecologische norm voor behoud van de huidige Nederlandse populatie (maximaal 5% reductie met 95% zekerheid). Significant negatieve effecten op de Nederlandse populaties gewone en grijze zeehonden kunnen worden uitgesloten, ook wanneer alle effecten worden opgeteld.

8.4 Cumulatieve effecten oppervlakteverlies Friese Front

8.4.1 L7-F

Als gevolg van het projectvoornemen treedt er oppervlakteverlies op door de aanleg van de pijpleiding en het plaatsen van platform L7-F. Oppervlakteverlies door plaatsing van de pijpleiding is tijdelijk en leidt niet tot cumulatieve effecten. Het absolute oppervlakteverlies binnen het Friese Front door plaatsing van het productieplatform bedraagt 0,0000013 km^2 voor een periode van 10-15 jaar (Tabel 5-12). Het totale oppervlak van het Friese Front bedraagt 2.882 km^2 [28], wat betekent dat er 0,00004% van het oppervlak van het Friese Front semipermanent verloren gaat door de plaatsing van het platform. De aanwezigheid van het platform zorgt daarnaast voor optische verstoring van in het gebied rustende en foeragerende zeekoeten, die de directe omgeving van het platform zullen vermijden (zie paragraaf 5.2.1.2. Hiermee wordt het beschikbare leefgebied van de zeekoet in het Natura 2000-gebied verkleind. Aangezien het in de literatuur ontbreekt aan concrete verstoringscontouren voor zeevogels in relatie tot stilstaande offshore installaties, wordt hier een conservatieve mijdingsafstand van 1.000 m aangehouden (zie paragraaf 8.1.1). Dat betekent dat er een afname van geschikt leefgebied voor zeekoeten optreedt van ca. 3,14 km^2 rondom het platform. Dit komt overeen met ca. 0,11% van het oppervlak van het Friese Front. De afname van beschikbaar leefgebied door de aanwezigheid van één platform leidt niet tot significant negatieve effecten op instandhoudingsdoelstellingen; er staan echter meerdere mijnbouwinstallaties binnen de grenzen van het Friese Front en de afname van leefgebied moet cumulatief worden beschouwd.

[28] *https://www.natura2000.nl/gebieden/noordzee/friese-front*

8.4.2 Bestaande olie- en gasproductieplatforms

Zoals beschreven in paragraaf 8.1.1 bestaan er momenteel 15 olie- en gasproductieplatforms binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied Friese Front (Figuur 8-1). Hiervan staan er een aantal zeer dicht op elkaar waardoor dit kan worden gereduceerd tot 13 unieke locaties waarvoor afzonderlijke verstoringszones kunnen worden berekend. Verstoringscontouren voor deze 13 productieplatformlocaties bestaan uit een gebied met een straal van 1.000 m rondom de platforms en liggen grotendeels binnen het Natura 2000-gebied. Alleen de verstoring binnen het Friese Front is in deze analyse meegerekend. De gezamenlijke oppervlakte van de 1.000 meter contouren rondom deze 13 productieplatforms bedraagt daarmee ca. 39 km^2 binnen het Friese Front. Dit komt neer op ongeveer 1,35% van het totale oppervlak van het Natura 2000-gebied.

8.4.3 Conclusie cumulatieve effecten oppervlakteverlies Friese Front

Uit bovenstaande beoordeling blijkt dat er mogelijk cumulatieve effecten op zeekoeten optreden door verlies van leefgebied als gevolg van de plaatsing van platform L7-F. Tabel 8-4 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 8-4. Overzicht van cumulatieve effecten van verlies van leefgebied op zeekoeten.

Project	Verlies leefgebied zeekoet (km^2)	Verlies leefgebied zeekoet Friese Front (% van het Friese Front)
L7-F	3,14	0,11
Reeds bestaande olie- en gasproductieplatforms (13 stuks)	39,00	1,35
TOTAAL	**42,14**	**1,46**

Het totale oppervlak van het Natura 2000-gebied Friese Front bedraagt ca. 2.882 km^2. Er wordt in dit hoofdstuk de conservatieve aanname gedaan dat zeekoeten een gebied van 1.000 m rondom een bestaand, stilstaand productieplatform zullen mijden. Aangezien er reeds meerdere productieplatforms binnen de grenzen van het gebied bestaan, kan worden opgemaakt dat er momenteel 1,35% van het totale gebied niet beschikbaar is als leefgebied voor zeekoeten. Door plaatsing van het L7-F platform zal daar nog 0,11% aan worden toegevoegd, wat het totaal op 1,46% van het Friese Front brengt. In werkelijkheid zal dit totaal mogelijk lager liggen aangezien de 1.000 m verstoringscontour rondom een platform een conservatieve aanname is gebaseerd op bewegende objecten en een stilstaand platform waarschijnlijk een kleinere verstoringscontour veroorzaakt. Ook is het aannemelijk dat er enige mate van gewenning van zeekoeten optreedt met betrekking tot de aanwezigheid van een stilstaand platform dat er al enige tijd staat. Verder is het mogelijk dat door de aanleg van het platform een soort refugium ontstaat waarbinnen het onderwaterleven weinig verstoring ondervindt en foerageermogelijkheden voor zeekoeten in de omgeving verbeteren.

Zeekoeten zijn voornamelijk gevoelig voor de effecten van (olie)vervuiling en verstoring door bewegende objecten. Windmolenparken worden tot op zeker hoogte gemeden; deze beschikken echter, in tegenstelling tot een stilstaand productieplatform, over bewegende delen, produceren continu boven- en onderwatergeluid en reiken tot grote hoogten. Het is daarom aannemelijk dat windmolenparken een grotere mate van verstoring van zeekoeten teweegbrengen dan een productieplatform. De landelijke staat van instandhouding van de zeekoet is gunstig en de populatietrend over de afgelopen decennia positief; instandhoudingsdoelstellingen voor zeekoeten in het Friese Front zijn behoud van populatie, omvang en kwaliteit leefgebied.

Ondanks dat er een klein oppervlak binnen het Natura 2000-gebied door de plaatsing van het L7-F platform verloren zal gaan met afname leefgebied als gevolg, is het niet de verwachting dat dit significante gevolgen zal hebben op populatieniveau. De monitoringsgegevens tonen aan dat de populatie van de zeekoet in het

Friese Front tussen 2014-2023 significant is toegenomen en zich sinds de meest recente beoordeling voor de bouwsteen ten behoeve van de vogel- en habitatrichtlijn opgave ruim boven de GRW bevindt (Sovon, 2024). Deze factoren duiden erop dat het gebied voldoende functioneel blijft om de soort te ondersteunen en de populatie robuust is. Daarnaast is er over een langjarig gemiddelde geen sprake van afname van geschikt leefgebied door de verwijdering van bestaande installaties (L10-E, in beheer van Eni) in de komende 5-10 jaar. Significant negatieve effecten op de populatie zeekoeten op het NCP kunnen worden uitgesloten, ook wanneer effecten van derden worden opgeteld.

9 Conclusie ecologische effectbeoordeling

Uit de Voortoets is gebleken dat voor een groot gedeelte van de aanwezige soorten significant negatieve effecten op voorhand kunnen worden uitgesloten. Het is mogelijk dat gevoelige soorten lokaal worden verstoord, maar het effect tijdelijk is, er geen sprake is van afname van de kwaliteit van het leefgebied en er voldoende uitwijkmogelijkheden blijven bestaan.

Voor een aantal soorten is echter vastgesteld dat significant negatieve effecten niet kunnen worden uitgesloten. Het gaat hierbij om de zeekoet, bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond. **Er dienen mitigerende maatregelen op de voorgenomen activiteiten te worden toegepast om significante effecten te voorkomen. Er dient hierom een omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit te worden aangevraagd.**

Uit de effectbeoordeling Flora en Fauna (Hoofdstuk 7) is gebleken dat er voor een aantal soorten ook sprake is van schadelijk handelen door de voorgenomen activiteit:

- Er is sprake van een opzettelijke verstoring van bruinvissen door het uitvoeren van werkzaamheden die impulsgeluiden veroorzaken (heiwerkzaamheden en survey). Er is daarmee sprake van een overtreding conform Bal art 11.46 1b.
- én artikel 11.37, lid 1, sub d van het Bal voor de opzettelijke verstoring van de zeekoet, tijdens de ruiperiode, als gevolg van scheepvaart en helikopterverkeer tijdens de productiefase.

Er dienen mitigerende maatregelen te worden getroffen. Hiermee dient er ook een omgevingsvergunning flora-en fauna-activiteit aangevraagd te worden.

Uit de cumulatietoets is gebleken dat de resteffecten van derden in cumulatie met het onderhavig project niet leiden tot significant negatieve effecten.

10 Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM)

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) verplicht de lidstaten tot het treffen van de nodige maatregelen om in hun mariene wateren een goede milieutoestand te bereiken en/of te behouden (Good Environmental Status, GES). In 2008 heeft het Europese Parlement de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM, Richtlijn 2008/56/EG) aangenomen. Hiermee is een kader vastgesteld waarbinnen de lidstaten de nodige maatregelen nemen in de door hen beheerde zeeën de goede milieutoestand te bereiken, te behouden of te herstellen. De KRM is in 2010 in de Nederlandse wetgeving verankerd door middel van een aanpassing in het Waterbesluit onder de Waterwet. De KRM beschrijft de goede milieutoestand aan de hand van elf elementen, de zogenaamde descriptoren. In deze effectbeoordeling is onderzocht of de activiteiten met betrekking tot de realisatie en het opereren van platform L7-F en de putten een effect hebben op de goede milieutoestand. Hiervoor is een beoordeling uitgevoerd door te toetsen aan de effecten op de elf descriptoren. Waar relevant zijn de verschillende soortgroepen of vormen van verstoring uitgewerkt. De effecten zijn op alle onderdelen kwalitatief en waar mogelijk kwantitatief beoordeeld om te bepalen of er een negatief effect optreedt voor het behalen van een goede milieutoestand en of de KRM geïmplementeerde maatregelen worden belemmerd door de voorgenomen activiteit. De effectbeoordeling op de KRM is gebaseerd op de beoordeling van ecologische effecten in de Voortoets (Hoofdstuk 5), de Passende Beoordeling (Hoofdstuk 6) en de Soortentoets (Hoofdstuk 7).

10.1 D1 Biodiversiteit

Criteria van descriptor: De biologische diversiteit moet worden behouden. De kwaliteit en het voorkomen van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten zijn in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden.

De descriptor Biodiversiteit (D1) stelt dat samen met de geïmplementeerde maatregelen, de biodiversiteit wordt behouden voor verschillende soortgroepen (vogels, zeezoogdieren, vissen en inktvissen en pelagische habitats), evenals de aanwezigheid en kwaliteit van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten overeenstemmen met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden.

In Tabel 10-1 is een overzicht opgenomen van de effecten van de verstoringsfactoren die kunnen optreden, op basis van de ecologische effectbeoordeling. De verstoringsfactoren geluid, licht en aanwezigheid kunnen mogelijk effect hebben op zeezoogdieren, vogels en vleermuizen. Na mitigatie kunnen effecten echter worden uitgesloten. De milieutoestand wordt niet aangetast.

Tabel 10-1. Overzicht van de effecten van alle verstoringsfactoren op soortgroepen.

Verstoringsfactor	Soortgroep	Effect
Bovenwatergeluid	Zeezoogdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vogels	Mogelijk effect van schepen en helikopters. Geen significant negatieve effecten na mitigatie.
	Vleermuizen	Geen aantasting milieutoestand
Onderwatergeluid	Bodemdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vissen	Geen aantasting milieutoestand
	Zeezoogdieren	Mogelijk effect van heien. Geen significant negatieve effecten na mitigatie.

Verstoringsfactor	Soortgroep	Effect
	Vogels	Mogelijk effect van schepen en heien. Geen significant negatieve effecten na mitigatie.
Aanwezigheid	Zeezoogdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vogels	Mogelijk effect van schepen en helikopters. Geen significant negatieve effecten na mitigatie.
Licht	Zeezoogdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vogels	Mogelijk effect van werkverlichting en fakkelen. Geen significant negatieve effecten na mitigatie.
	Vleermuizen	Mogelijk effect van fakkelen. Geen significant negatieve effecten na mitigatie.
Oppervlakteverlies	Bodemdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vissen	Geen aantasting milieutoestand
Verstoring van de bodem en verandering dynamiek substraat	Bodemdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vissen	Geen aantasting milieutoestand
	Zeezoogdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vogels	Geen aantasting milieutoestand
Vertroebeling	Zeezoogdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vogels	Geen aantasting milieutoestand
	Bodemdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vissen	Geen aantasting milieutoestand
Sedimentatie	Bodemdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vissen	Geen aantasting milieutoestand
Verontreiniging	Bodemdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vissen	Geen aantasting milieutoestand
	Zeezoogdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vogels	Geen aantasting milieutoestand
Emissies naar de lucht en stikstofdepositie	Bodemdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vissen	Geen aantasting milieutoestand
	Zeezoogdieren	Geen aantasting milieutoestand
	Vogels	Geen aantasting milieutoestand
	Vleermuizen	Geen aantasting milieutoestand

In het kader van de KRM zijn aanvullende beschermingsmaatregelen getroffen in het Friese Front. Sinds maart 2023 is dit gebied deels gesloten voor visserijactiviteiten die verstoring kunnen veroorzaken van het mariene ecosysteem, waaronder bodemberoerende visserij en seizoensgebonden visserij met kieuwnetten en warnetten (Europese Commissie, 2023). Deze maatregel is onder andere gericht op het beschermen

van zeevogels, waaronder de zeekoet, en draagt zodoende actief bij aan het behalen van de goede milieutoestand onder descriptor D1. De voorgenomen activiteit raakt deze beschermingsmaatregelen niet en belemmert de werking ervan niet.

Conclusie
Het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.2 D2 Niet-inheemse soorten

Criteria van descriptor: Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten mogen voorkomen op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.

Er worden door dit project geen niet-inheemse soorten geïntroduceerd, maar door het plaatsen van platforms wordt er hardsubstraat in het systeem gebracht waar mogelijk exoten die al aanwezig zijn zich kunnen vestigen (Coolen, 2017; De Mesel et al., 2015). In een studie naar de rol van platforms in zee (IMSA Amsterdam, 2011) wordt aangegeven dat platforms geen grote rol spelen in de distributie van exoten.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.3 D3 Commerciële geëxploiteerde soorten vis, schaal- en schelpdieren

Criteria van descriptor: Populaties van alle commercieel geëxploiteerde soorten vis en schaal- en schelpdieren moeten binnen veilige biologische grenzen blijven, en vertonen een opbouw qua leeftijd en omvang die kenmerkend is voor een gezond bestand.

Er vinden door dit project geen effecten plaats op visserijactiviteiten of commerciële visbestanden.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.4 D4 Voedselweb

Criteria van descriptor: Alle elementen van de mariene voedselketens, voor zover deze bekend zijn, mogen voorkomen in normale dichtheden en diversiteit en op niveaus die de dichtheid van de soorten op lange termijn en het behoud van hun volledige voortplantingsvermogen garanderen.

Een effect in de voedselketen kan optreden wanneer de primaire productie, de bodemfauna en/of het visbestand zodanig wordt aangetast dat er onvoldoende voedsel is voor de soorten die van deze elementen afhankelijk zijn. Uit de natuurtoets blijkt dat er geen significant effect is op bodemdieren als voedsel en de visbestanden (Hoofdstuk 6 en 7).

Plankton
Door de aanwezigheid van sediment in de waterkolom door het lozen van boorgruis- en spoeling en het ingraven van de pijpleiding en de kabel kan tot gevolg hebben dat slechts in een beperkt deel van de waterkolom voldoende licht indringt voor de groei van fytoplankton. Dat kan gevolgen hebben voor de primaire productie.

Modelberekeningen (Royal HaskoningDHV, 2025d, 2025e) laten zien dat bij één boring de maximale toename in slibconcentratie ten opzichte van een achtergrondconcentratie (2-3 mg/l; zomerscenario) bij het boorplatform maximaal 50-250 mg/l is en 0,1 mg/l in de oesterherstelgebieden. Het slib in de waterkolom verplaatst zich na de lozing en slaat uiteindelijk neer op de bodem. Na maximaal 4-5 dagen is de concentratie van fijn sediment (bariet) weer teruggekeerd naar de achtergrondconcentratie. De effecten van fijn sediment in de waterkolom zijn lokaal en kortdurend. Negatieve effecten op plankton en de primaire productie kunnen worden uitgesloten. De milieutoestand wordt niet aangetast.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.5 D5 Eutrofiëring

Criteria van descriptor: Door de mens teweeggebrachte eutrofiëring moet tot een minimum beperkt blijven, met name de schadelijke effecten ervan zoals verlies van de biodiversiteit, aantasting van het ecosysteem, schadelijke algenbloei en zuurstofgebrek in de bodemwateren.

Van eutrofiëring is sprake wanneer er lozingen van bijvoorbeeld meststoffen in het water plaatsvinden. Dit is in dit project niet het geval. De milieutoestand wordt niet aangetast.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.6 D6 Integriteit zeebodem/benthische habitats

Criteria van descriptor: Integriteit van de zeebodem moet zodanig zijn dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast. Fysieke verstoring en verlies van de zeebodem door menselijke activiteiten wordt beperkt om te waarborgen dat de omvang, conditie en globale verspreiding van populaties van de gemeenschap van kenmerkende bodemsoorten toeneemt en doelen voor specifieke habitats worden gehaald.

De volgende indicator is relevant:

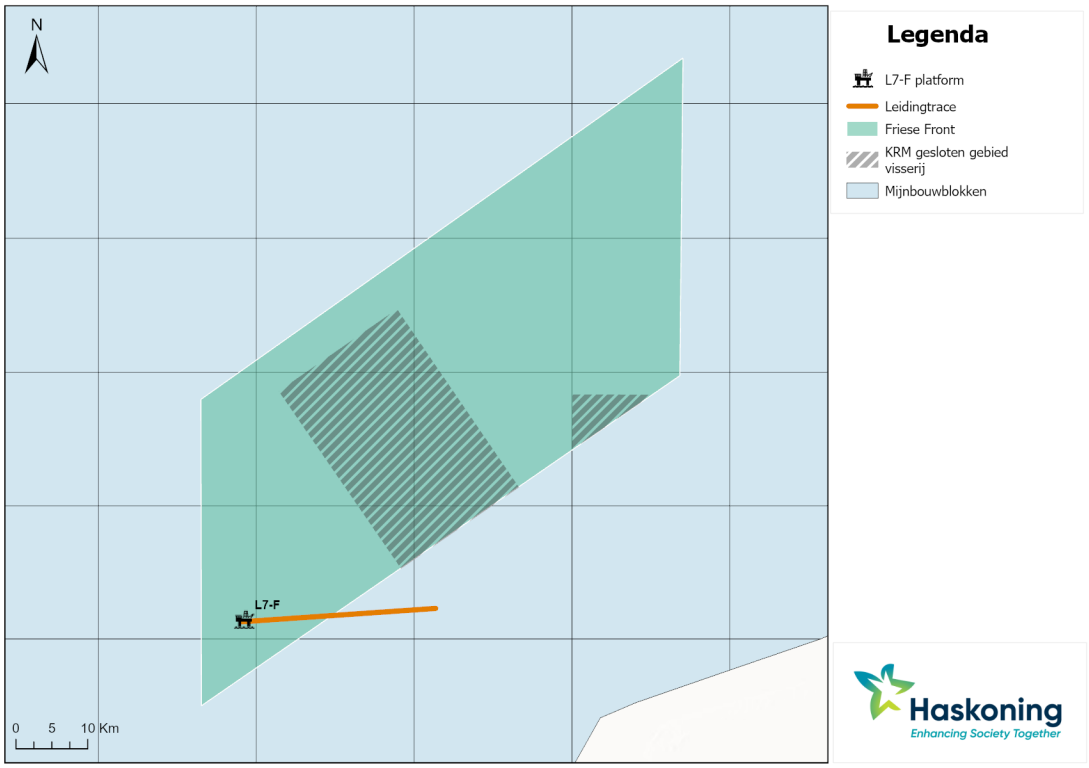
- D6C1: Geen significant verlies van de natuurlijke zeebodem ten opzichte van de situatie in 2012 als gevolg van menselijke activiteiten.

In de Mariene Strategie deel 3 (2022-2027) is het Friese Front aangewezen als beschermd KRM-gebied op grond van artikel 13.4 om herstel van het zeebodemecosysteem te bevorderen. Het beleidsdoel is het terugbrengen van fysiek verstoorde bodems naar een natuurlijke structuur en functie. Activiteiten die potentieel bijdragen aan verdere verstoring – zoals bodemberoerende visserij, zandwinning en boringen of platforminstallaties – dienen daarom aantoonbaar zó te worden uitgevoerd dat:

- bodemverlies en –verstoring minimaal zijn (in ruimte, duur en frequentie).
- herstelcapaciteit van benthische habitats niet wordt belemmerd.
- eventuele rest-effecten tijdelijk en lokaal blijven.
- de activiteit niet interfereert met visserijmaatregelen die op basis van de GVB-artikel 11-procedure zijn of worden ingesteld.

In de Ontwerp Mariene Strategie (deel 2), Actualisatie van het KRM-monitoringprogramma 2020-2026 (maart 2020) wordt aangegeven dat de belangrijkste activiteiten in Nederlandse mariene wateren die fysiek bodemverlies veroorzaken bestaan uit landaanwinning, de aanleg van platforms voor olie- en gaswinning, en de aanleg van windparken. Kabels en leidingen worden over het algemeen ingegraven en veroorzaken daardoor geen fysiek verlies. Alleen bij kruisingen of aansluitingen (bijvoorbeeld bij platforms) kan sprake zijn van steenbestorting. In deel 3 van de Mariene Strategie (2022–2027) wordt aanvullend gesteld dat fysieke schade door o.a. olie- en gaswinning lokaal van aard is en relatief gering.

Als invulling van deze bredere doelstelling zijn sinds maart 2023 delen van het Friese Front gesloten voor visserijactiviteiten die fysieke verstoring van de zeebodem veroorzaken, waaronder bodemberoerende visserij (Europese Commissie, 2023). Deze maatregel is gericht op het herstel en de bescherming van het benthische ecosysteem en draagt direct bij aan het behalen van de goede milieutoestand zoals bedoeld onder descriptor D6. Hoewel de voorgenomen activiteit, specifiek de aanleg van een ondergrondse leiding, tijdelijk leidt tot lokale bodemverstoring, betreft dit geen visserijactiviteit en valt deze dus niet onder het juridische verbod uit Verordening (EU) 2023/340. Bovendien ligt het geplande tracé geheel buiten de zones die in deze verordening zijn aangewezen als gesloten visserijgebied (Figuur 10-1). Daarmee kan worden geconcludeerd dat de voorgenomen activiteit niet interfereert met de werking of doelstelling van deze maatregel.



Figuur 10-1 Ligging van het geplande leidingtracé (oranje) vanaf platform L7-F binnen het Natura 2000-gebied Friese Front. Het tracé bevindt zich buiten het visserijvrije gebied dat op grond van Verordening (EU) 2023/340 is gesloten voor bodemberoerende visserij (gearceerd).

In deze KRM-toetsing worden de effecten van oppervlakteverlies en verstoring beoordeeld. Er vindt verstoring van de bodem en tijdelijk oppervlakteverlies plaats door:

- Het plaatsen van het boorplatform en productieplatform.

- Het ingraven van een pijpleiding die van het productieplatform naar pijpleiding loopt.
- Het aanbrengen van steenbestorting bij kruisingen met andere kabels en leidingen.
- Het lozen van boorgruis.

Platforms
Het plaatsen van het boorplatform en productieplatform zal tot tijdelijk (boorplatform) of semipermanent (productieplatform) oppervlakteverlies leiden. Als gevolg van het plaatsen van het productieplatform wordt 0,0013 km^2 van het Friese Front bedekt voor een periode van 10-15 jaar. Dit inclusief de *worst-case* aanname dat eventuele plaatsing van stortstenen rondom de jacket constructie van het platform nodig is ter beschermen tegen erosie. In totaal gaat er 0,00004% van de oppervlakte van het Friese Front [29] semipermanent verloren door de plaatsing van het productieplatform. Voor het plaatsen van het boorplatform gaat tijdelijk 0,0013 km^2 van het Friese Front verloren, wat betekent dat er vergelijkbaar met het productieplatform 0,00004% van de oppervlakte van het Friese Front tijdelijk verloren gaat.

Pijpleiding
Voor de afvoer van gas wordt een pijpleiding aangelegd van het L7-F platform naar de NOGAT-leiding van 27 km lang, waarvan 13 km door het Natura 2000-gebied Friese Front heen loopt. Deze activiteiten vinden plaats tijdens de aanlegfase. Er zijn twee methoden beschikbaar voor de aanleg van de pijpleiding.

- Mechanical trenching: Bij deze variant wordt de pijpleiding ingegraven in de zeebodem met een *mechanical trencher* aan boord van een werkschip. Door de *mechanical trencher* wordt een strook van 10 meter breed tijdelijk verstoord. In totaal resulteert het leggen van de pijpleiding door middel van de *jet sled* tot een tijdelijk verlies van 0,27 km^2, waarvan 0,13 km^2 in het Friese Front.
- Jet sled: Bij de *jet sled* variant wordt de pijpleiding door het werkschip op de zeebodem gelegd. Vervolgens wordt met behulp van de *jet sled* onder hoge druk water in de zeebodem gespoten. Door de *jet sled* wordt een strook van 3 meter breed tijdelijk verstoord. In totaal resulteert het aanleggen van de pijpleiding door middel van de *jet sled* tot een tijdelijk verlies van 0,08 km^2, waarvan 0,04 km^2 in het Friese Front.

Steenbestortingen kruisingen
In het onderhavig project zijn drie kruisingen voorzien met bestaande infrastructuur en onbekende voorwerpen in de zeebodem. In totaal beslaan de kruisingen een oppervlakte van 0,03 km^2 en zijn niet gelegen binnen het Natura 2000-gebied Friese Front.

Lozing boorgruis
Het lozen van boorgruis en boorspoeling leidt tot sedimentatie. De meeste sedimentatie vindt plaats door de zware fractie van het boorgruis. Op basis van bariet-tracers is de verspreiding van fijne(re) fracties en sedimentatie gemodelleerd (Royal HaskoningDHV, 2025b, 2025d). De verspreiding van boorgruis is erg afhankelijk van de lokale hydrodynamiek en getijdeninvloeden. De verspreiding van het fijne boorgruis treedt voornamelijk in oost-westelijke richting op als gevolg van het getij, en in mindere mate in noord-zuidelijke richting.

Tijdens de drie te boren secties wordt er in totaal 2.103 ton boorgruis geloosd. Voor de eerste boorsectie, die voornamelijk uit zand bestaat, wordt de meeste sedimentatie verwacht op ca. 175 m afstand van de lozingspijp (Royal HaskoningDHV, 2025b). De maximale dikte van de sedimentlaag, uitgaande van het totale sedimentatievolume van 163 m^3 en een zuid-noordspreiding van 50 meter, bedraagt 0,8 cm voor één boring. Op een afstand van 235 m is de verwachte sedimentatiedikte minder dan 0,1 cm. Voor alle drie de

[29] *Oppervlakte van het Friese Front is 288.200 hectaren (https://www.natura2000.nl/gebieden/noordzee/friese-front).*

secties samen is de totale maximale sedimentdikte 21,8 cm. De oppervlakte waarbij sedimentdiktes groter zijn dan 1,5 cm is 2,9 ha (tot 200 m van de lozingspijp).

Fijne(re) sedimentfracties, die langer gesuspendeerd blijven in de waterkolom, sedimenteren tijdens rustige zomeromstandigheden tot ongeveer 5 km in noordoostelijke richting. Dit is de overheersende verspreidingsrichting van de vertroebelingspluim (zie paragraaf 5.5.2). De maximale sedimentdikte die optreedt door het neerslaan van de fijne sedimentconcentraties is minder dan 0,002 mm. De maximale concentratie van fijne sedimenten op de oesterherstellocatie is niet hoger dan 0,1 mg/l en de sedimentatiedikte is niet meer dan 0,001 mm. Tijdens stormcondities vindt er vrijwel geen sedimentatie plaats in het gebied (laagdikte < 0,001 mm). In die omstandigheden bedraagt rondom de platformlocatie de maximale sedimentatie rond de 0,0005 mm (Royal HaskoningDHV, 2025d). Immers, tijdens stormcondities blijft sediment lang in suspensie door hogere stroomsnelheden en dynamische golfcondities.

Totale verstoring
In totaal wordt er maximaal 0,0013 km^2 semipermanent verstoord en ca. 0,30 km^2 tijdelijk (waarvan 0,169 km^2 in het Friese Front) (Tabel 10-2). Alleen het plaatsen van het productieplatform leidt tot langdurig oppervlakteverlies. Dit is echter een verwaarloosbaar klein oppervlak. De verstoring die plaatsvindt door het plaatsen van boorplatform is tijdelijk. Er is geen sprake van een significant effect door oppervlakteverlies als gevolg van de voorgenomen activiteit.

Tabel 10-2. Overzicht van bodemverstorende activiteiten en het oppervlak dat wordt verstoord.

Activiteit		Tijdelijk oppervlakteverlies	Semipermanent oppervlakteverlies (oppervlakteverlies tot na ontmanteling)
Productieplatform		n.v.t.	0,0013 km^2
Boorplatform		0,0013 km^2	n.v.t.
Pijpleiding	- Jet sled	0,08 km^2 (waarvan 0,04 km^2 in het Friese Front)	n.v.t.
	- Mechanical trenching	0,27 km^2 (waarvan 0,13 km^2 in het Friese Front)	n.v.t.
Lozing boorgruis- en -spoeling		0,029 km^2	
Steenbestortingen kruisingen		n.v.t.	0,03 km^2
Totaal		0,10925 km^2 (jet sled) 0,29925 km^2 (mechanical trenching)	0,03025 km^2

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.7 D7 Hydrografische eigenschappen

Criteria van descriptor: Permanente wijziging van de hydrografische eigenschappen mogen de mariene ecosystemen geen schade berokkenen.
Er is sprake van een verwaarloosbare permanente wijziging van de hydrografische eigenschappen. De milieutoestand wordt niet beïnvloed.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.8 D8 Vervuilende stoffen

Criteria van descriptor: Concentraties van vervuilende stoffen moeten zodanig zijn dat geen verontreinigingseffecten optreden. De concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen, gemeten in het meest geëigende compartiment (water, sediment of biota), zijn lager dan de concentraties waarbij negatieve effecten kunnen optreden of laten een dalende trend zien. De gezondheid van de soorten wordt niet geschaad door verontreinigende stoffen.

Verontreiniging kan ontstaan wanneer verhoogde concentraties schadelijke stoffen in zee terechtkomen. Voor deze activiteit kan verontreiniging optreden door lozing van regen-, schrob- en spoelwater en sanitair afvalwater. Het geloosde water voldoet aan de emissie-eisen van hoofdstuk 9 van de Mijnbouwregeling, waardoor er geen verontreinigingseffecten optreden en de gezondheid van soorten niet wordt geschaad. De goede milieutoestand wordt niet aangetast.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.9 D9 Vervuilende stoffen in vis en andere visserijproducten

Criteria van descriptor: Vervuilende stoffen in vis en andere visserijproducten voor menselijke consumptie mogen de grenzen die door communautaire wetgeving of andere relevante normen zijn vastgesteld niet overschrijden.

Er is geen sprake van vervuilende stoffen in vis of andere visserijproducten. De milieutoestand wordt niet aangetast.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.10 D10 Zwerfvuil

Criteria van descriptor: De eigenschappen van, en de hoeveelheden zwerfvuil op zee mogen geen schade aan het kust- en mariene milieu veroorzaken.

Er is geen sprake van het lozen of verspreiden van zwerfvuil. De milieutoestand wordt niet aangetast.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.11 D11 Toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid

Criteria van descriptor: De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, moet op een niveau zijn dat het mariene milieu geen schade berokkent.

Overkoepelend: ruimtelijke spreiding, tijdsduur en geluidsniveaus van luide impulsbronnen zijn zodanig dat directe en indirecte effecten van luid impulsgeluid niet de gunstige staat van instandhouding van soorten in gevaar kan brengen. De volgende indicator is relevant:

- D11C1: voor bruinvissen wordt reductie van populatiegrootte voorkomen door het stellen van een limiet aan het aantal bruinvisverstoringsdagen.

Het maximale aantal bruinvisverstoringsdagen dat wordt veroorzaakt door het heien van verankeringspalen van het productieplatform, het heien van conductors en het uitvoeren van de survey is 2.266. Dat komt overeen met de reductie van de populatie van ca. 1 individu (0,0019 % van de gehele populatie) wanneer alle verstoring in het voorjaar zou plaatsvinden (worst case), dat is in cumulatie met andere projecten onder de door het Rijk gestelde limiet van 5%. De milieutoestand wordt niet aangetast.

Conclusie
De huidige (goede) milieutoestand en het behalen van de goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt voor deze descriptor niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

10.12 Toetsing conform KRM-handreiking

Onderstaande tabel bevat een overzicht van de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit op de Goede Milieutoestand (GES) zoals bedoeld in de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM), gestructureerd volgens het format uit de KRM-handreiking (versie 2024). Per relevante descriptor is aangegeven of het initiatief leidt tot een aantasting van de GES of de mogelijkheid belemmert om deze te behalen.

Tabel 10-3 Overzicht van de beoordeling van de voorgenomen activiteit in K07 ten opzichte van de Goede Milieutoestand (GES) op basis van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). De beoordeling is uitgevoerd conform het format en de indicatorstructuur uit de KRM-handreiking (versie 2024). Dikgedrukte tekst hoort bij het format en is niet specifiek voor dit project. Per relevant criterium is aangegeven of het initiatief effect heeft op de betreffende indicator, en of het behalen of behouden van de GES hierdoor wordt beïnvloed.

Descriptor / criterium	**Goede milieutoestand**	**Effect van initiatief op indicator**	**Beïnvloedt het effect van het initiatief het behoud van de Goede Milieutoestand of het behalen van deze Goede Milieutoestand?**
D1 Biodiversiteit	**De biologische diversiteit wordt behouden. De kwaliteit en het voorkomen van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten zijn in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden**	***Milieueffecten uitschrijven die effect (kunnen) hebben op de indicator (ook de link tussen effect en indicator beschrijven).***	***Ja, want …*** ***of*** ***Nee, want..*** ***Of*** ***Matig negatief, want …*** ***Of*** ***Sterk negatief, want …***
D1 Biodiversiteit: Zeezoogdieren	**Zeezoogdierpopulaties worden niet geschaad door antropogene belastingen, zodat de levensvatbaarheid op de lange termijn is gegarandeerd.**	-	-
D1C1 Incidentele bijvangst	**Incidentele bijvangst in de Internationale Noordzee vormt geen bedreiging voor populaties bruinvis en grijze zeehond en blijft onder de drempelwaarden van OSPAR.**	Geen effect van initiatief op indicator.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op indicator.
D1C2 Populatieabundantie	**De populatieomvang van bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond duidt op gezonde populaties en voldoet aan de drempelwaarden van OSPAR (deelgebieden *Internationale Noordzee*) en de Habitatrichtlijn (Nederlandse deel van de Noordzee).**	Tijdelijke verstoring van zeezoogdieren door onderwatergeluid, geen blijvende populatieafname.	Nee, want het effect is tijdelijk, gemitigeerd en onder de vastgestelde drempelwaarden.

D1C3 Demografische kenmerken	**De pupproductie van grijze zeehond (deelgebieden *Internationale Noordzee*) en gewone zeehond (Nederlandse deel van de Waddenzee) duidt op gezonde populaties en voldoet voor grijze zeehond aan de drempelwaarde van OSPAR.**	Geen effect op reproductie of demografie van zeezoogdieren.	Nee, want er is geen effect van initiatief op indicator.
D1C4 Verspreidingsgebied	**Het verspreidingsgebied van gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis in het Nederlandse deel van de Noordzee voldoet aan de drempelwaarde van de Habitatrichtlijn.**	Tijdelijke verstoring, geen verschuiving in verspreiding.	Nee, want er is geen structurele verandering in verspreiding.
D1C5 Kwaliteit leefgebied	**De omvang en kwaliteit van het leefgebied zijn geschikt voor gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis in het Nederlandse deel van de Noordzee.**	Geen verlies of aantasting leefgebied van zeezoogdieren.	Nee, want het leefgebied blijft intact.
D1 Biodiversiteit: Zeevogels	**Zeevogels worden niet geschaad door antropogene belastingen, zodat de levensvatbaarheid van populaties op de lange termijn is gegarandeerd.**	-	-
D1C1 Incidentele bijvangst	**Incidentele bijvangst in het Nederlandse deel van de Noordzee vormt geen bedreiging voor zeevogelpopulaties.**	Geen effect van initiatief op indicator.	Nee, want er is geen visserijactiviteit of andere drukfactor waardoor bijvangst kan optreden.
D1C2 Populatieabundantie	**De populatieomvang van zeevogelsoorten duidt op gezonde populaties en voldoet in de Internationale Noordzee aan de drempelwaarden van OSPAR.**	Geen effect op aantallen of gedrag van zeevogels.	Nee, want alle verstoringen zijn van korte duur en leiden niet tot aantasting van de populatieomvang.
D1C3 Demografische kenmerken	**Het broedsucces van zeevogels duidt op gezonde populaties in de Internationale Noordzee en voldoet aan de drempelwaarden van OSPAR.**	Geen effect op reproductie of broedgebieden van zeevogels.	Nee, want het effectgebied ligt niet in broedgebied en heeft geen effect op reproductie.
D1C5 Kwaliteit leefgebied	**De omvang en kwaliteit van het leefgebied zijn geschikt voor zeevogelpopulaties in het Nederlandse deel van de Noordzee.**	Geen verandering of verlies van leefgebied.	Nee, want het leefgebied blijft intact.
D1 Biodiversiteit: Vissen	**Vispopulaties worden niet geschaad door antropogene belastingen, zodat de levensvatbaarheid op de lange termijn is gegarandeerd**	-	-
D1C1 Incidentele bijvangst	**Incidentele bijvangst in de Internationale Noordzee vormt geen bedreiging voor de instandhouding van vispopulaties.**	Geen effect op visserij of bijvangst van vissoorten.	Nee, want er is geen interactie met visserijactiviteiten.
D1C2 Populatieabundantie	**De populatieomvang van vissoorten duidt op gezonde populaties en voldoet minimaal aan de doelstellingen van OSPAR (kwetsbare vissoorten) en het GVB (commercieel geëxploiteerde soorten) in de Internationale Noordzee, en de HR in het Nederlandse deel van de Noordzee.**	Geen effect op visserij of bijvangst van vissoorten.	Nee, want de voorgenomen activiteiten veroorzaken geen vissterfte of barrières.
D1C4 Verspreidingsgebied	**Het verspreidingsgebied van trekvissen in het Nederlandse deel van de Noordzee voldoet aan de drempelwaarde van de Habitatrichtlijn.**	Geen effect op migratie of verspreiding van vissen.	Nee, want er is geen onderbreking of verstoring van migratieroutes.
D1C5 Kwaliteit leefgebied	**De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het Nederlandse**	Geen verlies van geschikt leefgebied of ecologische functies.	Nee, want het habitat blijft onaangetast.

	deel van de Noordzee is geschikt voor trekvissen onder de HR.		
D1 Biodiversiteit: Inktvissen (D1C1 + D1C2)	**Populaties van koppotigen worden niet geschaad door antropogene belastingen, zodat de levensvatbaarheid op de lange termijn is gegarandeerd.**	Geen effect van initiatief op koppotigen.	Nee, want er is geen effect van initiatief op indicator.
D1C6 Pelagische habitats	**Het functioneren en de samenstelling van pelagische habitats (fyto- en zoöplankton) in de Internationale Noordzee worden niet negatief beïnvloed door menselijke activiteiten.**	Geen langdurige vertroebeling of productieverlies.	Nee, want het effect is lokaal, kortdurend en zonder structurele impact.
D2 Niet-inheemse soorten (D2C1)	**Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.**	Geen introductie van exoten door de activiteit.	Nee, want er is geen effect van initiatief op indicator.
D3 Commercieel geëxploiteerde vis, schaal- en schelpdieren	**Populaties van alle commercieel geëxploiteerde soorten vis en schaal- en schelpdieren blijven binnen veilige biologische grenzen, en vertonen een demografie die kenmerkend is voor een gezond bestand.**	-	-
D3C1 Sterfte commercieel geëxploiteerde soorten	**De visserijsterfte van elk commercieel geëxploiteerd bestand in de Internationale Noordzee voldoet aan de drempelwaarde gebaseerd op het GVB.**	Geen effect op visserij of commerciële bestanden.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D3C2 Paaibiomassa commercieel geëxploiteerde soorten	**De paaibiomassa van elk commercieel geëxploiteerd bestand in de Internationale Noordzee voldoet aan de drempelwaarde gebaseerd op het GVB.**	Geen invloed op paaigebieden of visbestanden.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D4 Voedselwebben	**Alle trofische gilden in het mariene voedselweb, voor zover deze bekend zijn, hebben een productiviteit, dichtheid en diversiteit op een niveau dat het functioneren van het voedselweb garandeert.**	-	-
D4C1 Diversiteit van trofische gilden	**De diversiteit (soortensamenstelling en hun relatieve dichtheid) binnen de beoordeelde trofische gilden (primaire en secundaire producenten) in de Internationale Noordzee wordt niet geschaad door antropogene belastingen.**	Geen effect op voedselwebstructuren.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D4C2 Evenwicht tussen trofische gilden	**Het evenwicht tussen de totale dichtheden van beoordeelde trofische gilden (fytoplankton, zoöplankton, vis) in de Internationale Noordzee wordt niet geschaad door antropogene belastingen.**	Geen verstoring van soortenverhouding.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D4C3 Grootteverdeling binnen gilden	**De grootteverdeling van exemplaren binnen het beoordeelde trofische gilde (demersale sub-apexpredatoren) van de Internationale Noordzee wordt niet geschaad door antropogene belastingen.**	Geen impact op structuur visgemeenschappen.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D4C4 Productiviteit van trofische gilden	**De productiviteit van het beoordeelde trofische gilde (primaire producenten) wordt niet**	Modelberekeningen tonen aan dat de verhoging in slibconcentraties lokaal en tijdelijk is (max. 250 mg/l	Nee, want het model toont aan dat er geen effect op de planktonproductie optreedt

	negatief beïnvloed door antropogene drukfactoren.	bij platform, max. 4–5 dagen). De achtergrondwaarden keren snel terug. Er is geen negatieve invloed op het fytoplankton en dus geen effect op primaire productie.	vanwege lokale en tijdelijke aard van initiatief.
D5 Eutrofiëring	**Door de mens teweeggebrachte eutrofiëring en vooral de schadelijke effecten ervan, zijn tot een minimum beperkt.**	-	-
D5C1 Nutriënten	**De nutriëntenconcentraties voldoen aan de drempelwaarden van de Kaderrichtlijn Water (Nederlandse kustwaterlichamen) en OSPAR (beoordelingsgebieden Internationale Noordzee), zodat er geen schadelijke effecten van eutrofiëring optreden.**	Geen lozing van nutriënten.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D5C2 Chlorofyl-a	**De chlorofyl-a-concentraties voldoen aan de drempelwaarden van de Kaderrichtlijn Water (Nederlandse kustwaterlichamen) en OSPAR (beoordelingsgebieden Internationale Noordzee), zodat er geen schadelijke effecten van eutrofiëring optreden.**	Geen effect op algengroei of troebelheid.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D5C5 Zuurstof nabij de zeebodem	**De zuurstofconcentraties voldoen aan de drempelwaarden van de Kaderrichtlijn Water (Nederlandse kustwaterlichamen) en OSPAR (beoordelingsgebieden Internationale Noordzee), zodat er geen schadelijke effecten van eutrofiëring optreden.**	Geen effect op zuurstofhuishouding.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op de indicator.
D6 Zeebodemintegriteit	**De integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen zijn gewaarborgd en dat met name benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast.**	-	-
D6C1 Fysiek verlies van de zeebodem	***N.v.t. (dit criterium dient als input voor D6C4 en D7C1)***	-	-
D6C2 Verstoring van de zeebodem	***N.v.t. (dit criterium dient als input voor D6C3)***	-	-
D6C3 Aangetaste habitats door fysieke verstoring	***N.v.t. (Dit criterium voor de beoordeling van de ruimtelijke omvang van aangetaste benthische habitattypen door fysieke verstoring dient als input voor D6C5)***	-	-
D6C4 Fysiek verlies van habitats	**Het verlies aan brede habitattypen in het Nederlandse deel van de Noordzee als gevolg van menselijke activiteiten is beperkt en voldoet qua omvang aan de Europese drempelwaarde.**	Het plaatsen van het productieplatform leidt tot een semipermanent oppervlakteverlies van 1.257 m^2 binnen het Friese Front. Daarnaast wordt bij toepassing van mechanical trenching 0,27 km^2 tijdelijk verstoord (0,13 km^2 in Friese Front), of bij jet sled 0,08 km^2 (0,04 km^2 in Friese Front). Ook is sprake van 0,03 km^2 semipermanent verlies door steenbestortingen (buiten Friese Front).	Nee, want het semipermanent verlies is verwaarloosbaar klein en het tijdelijke verlies is beperkt in omvang, tijdelijk van aard en grotendeels buiten Natura 2000.
D6C5 (Aantasting) kwaliteit habitats	**De impact van menselijke activiteiten op de kwaliteit van benthische habitattypen in het Nederlandse deel van de Noordzee is beperkt.**	Door tijdelijke werkzaamheden zoals plaatsing platforms, lozing van boorgruis (0,029 km^2 > 1,5 cm sedimentdikte) en aanleg van leidingen is beperkte en tijdelijke verstoring van habitatkwaliteit	Nee, want de verstoring is tijdelijk, lokaal en leidt niet tot aantasting van ecologische functies of blijvende kwaliteitsvermindering.

		mogelijk. Er treedt echter geen functionele degradatie op.	
D7 Hydrografische eigenschappen	**Permanente wijziging van de hydrografische eigenschappen berokkent de mariene ecosystemen geen schade.**	-	-
D7C1 Omvang permanente verandering in hydrografie	**N.v.t. (input voor D7C2)**	-	-
D7C2 Aangetaste habitats door permanente verandering in hydrografie	**N.v.t. (Dit criterium behelst de omvang van benthische habitats die geschaad zijn door permanente hydrografische wijzigingen. De resultaten en de beoordeling van criterium D7C2 dienen als input voor de beoordeling van criterium D6C5.)**	-	-
D8 Verontreinigende stoffen	**Concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat geen verontreinigingseffecten optreden.**	-	-
D8C1 Verontreinigende stoffen in water, sediment en biota	**De concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen (UPBT en niet-UPBT) voldoen aan de Europese (KRW, Nederlandse deel van de Noordzee) en regionale (OSPAR, Zuidelijke Noordzee) drempelwaarden.**	Lozing voldoet aan Mijnbouwregeling; geen overschrijding.	Nee, want emissies blijven binnen de normen en veroorzaken geen overschrijding of effecten op biota.
D8C2 Effecten van verontreinigingen	**De gezondheid van soorten (mariene slakken) in de Zuidelijke Noordzee wordt niet geschaad door verontreinigende stoffen (tributyltin) en voldoet aan de drempelwaarde van OSPAR.**	Geen verontreinigende emissies met biologische effecten.	Nee, want er is geen biologische schade bij mariene soorten.
D8C3 Ernstige acute verontreinigingen (D8C4 nvt)	**Significante ernstige verontreinigingen in het Nederlandse deel van de Noordzee zijn tot een minimum beperkt.**	Geen lozingen van gevaarlijke stoffen.	Nee, want het risico op incidenten is verwaarloosbaar klein.
D9 Verontreinigingen in visserijproducten + D9C1	**Vervuilende stoffen in visserijproducten, overschrijden niet de grenzen die in EU-wetgeving voor menselijke consumptie (Verordening (EG) Nr. 1881/2006) zijn vastgesteld.**	Geen verontreiniging of bioaccumulatie in vis.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op indicator.
D10 Zwerfvuil	**Zwerfafval op zee veroorzaakt geen schade aan het mariene en kustmilieu.**	-	-
D10C1 Zwerfvuil kust en zeebodem	**Het mariene milieu wordt niet geschaad door hoeveelheden zwerfafval en voldoet daartoe aan de Europese drempelwaarde voor strandafval in het Nederlandse deel van de Noordzee.**	Geen lozing of verspreiding van zwerfvuil.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op indicator.
D10C2 Microafval	**De hoeveelheid microafval in het zeebodemsediment ligt op een niveau dat geen schade veroorzaakt aan het mariene milieu.**	Geen microplastics of chemische polymeren geloosd.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op indicator.
D10C3 (Micro)afval in zeedieren	**De hoeveelheid opgenomen afval en microafval door zeedieren in de Zuidoostelijke Noordzee is niet schadelijk voor de gezondheid, en voldoet daartoe aan de drempelwaarde van OSPAR voor noordse stormvogels.**	Geen toename in microdeeltjes bij fauna.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op indicator.
D11 Toevoer van energie: Onderwatergeluid	**De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, ligt**	-	-

	op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent.		
D11C1 Impulsief geluid	**De ruimtelijke spreiding, de temporele omvang en het niveau van impulsgeluid in het Nederlandse deel van de Noordzee zijn niet schadelijk voor bruinvispopulaties.**	Tijdelijke verstoring van bruinvissen (verstoringsdagen), wat leidt tot populatiereductie van ca. 1 individu (0,0019% van de Nederlandse populatie).	Nee, want de geluidsemissies voldoen aan de gestelde geluidsnorm en zijn van tijdelijke duur.
D11C2 Continu geluid	**De ruimtelijke spreiding, de temporele omvang en het niveau van antropogeen continu laagfrequent geluid in het Nederlandse deel van de Noordzee berokkenen populaties zeedieren geen schade.**	Geen relevante bron van continue geluidsemissie aanwezig.	Nee, want er is geen effect van het initiatief op indicator.

10.13 Conclusie effectbeoordeling KRM

Er zijn geen significant negatieve effecten van de voorgenomen activiteit op de verschillende KRM-descriptoren. De huidig (goede) milieutoestand of het bereiken van een goede milieutoestand middels de in de KRM geïmplementeerde maatregelen wordt niet belemmerd door de voorgenomen activiteit.

11 Referenties

Aarts, G. (2021). *Memo "Estimated distribution of grey and harbour seals" for KEC 4.0*. Wageningen Marine Research.

Aarts, G., Cremer, J., Kirkwood, R., Matthiopoulos, J., & Brasseur, S. (n.d.). *Spatial distribution and habitat preference of harbour seals (Phoca vitulina) in the Dutch North Sea Sub titel*. 44.

Aarts, G., Cremer, J., Kirkwood, R., van der Wal, J. T., Matthiopoulos, J., & Brasseur, S. (2016). *Spatial distribution and habitat preference of harbour seals (Phoca vitulina) in the Dutch North Sea*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/400306

Ahlén, I., Baagøe, H. J., & Bach, L. (2009). Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy*, *90*(6), 1318–1323.

Alterra. (n.d.). *Effectenindicator Synbiosys*.

Anderson Hansen, K., Hernandez, A., Mooney, T. A., Rasmussen, M. H., Sørensen, K., & Wahlberg, M. (2020). The common murre (Uria aalge), an auk seabird, reacts to underwater sound. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *147*(6), 4069–4074.

Au, W. W., & Hastings, M. C. (2008). Echolocation in marine mammals. In *Principles of marine bioacoustics* (pp. 501–564). Springer.

Baglinière, J.-L., Sabatié, M. R., Rochard, E., Alexandrino, P., & Aprahamian, M. W. (2003). *The allis shad Alosa alosa: Biology, ecology, range, and status of populations*. *35*, 85–102.

Bakker, E., De Jong, J., Middelveld, R. P., & Kruijt, D. B. (2023). *Macrozoöbenthos bemonstering Noordzee met de Bodemschaaf, Rapprotage 2022* (Nos. 22–0306). Waardenburg Ecology.

Baptist, H., & Wolf, P. A. (1993). *Atlas van de vogels van het Nederlands Continentaal Plat. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren.*

Baptist, M. J., & Leopold, M. (2007). *De relatie tussen zichtdiepte en vangstsucces van de Grote Sterns van De Petten, Texel*. IMARES.

Barillé, L., Prou, J., Héral, M., & Razet, D. (1997). Effects of high natural seston concentrations on the feeding, selection, and absorption of the oyster Crassostrea gigas (Thunberg). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *212*(2), 149–172. https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02756-6

Bates, M. E., Stamper, S. A., & Simmons, J. A. (2008). Jamming avoidance response of big brown bats in target detection. *Journal of Experimental Biology*, *211*(1), 106–113.

Bemmelen, van, R. S. A., Jong, de, J. W., Arts, F. A., Beuker, D., Collier, M., Horst, van der, Y., Jenniskens, G., Kuiper, K., Leemans, J., Pattikawa, M., Sluijter, M., Straalen, van, K. D., Wolf, P., & Fijn, R. (2024). *Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2023-2024. RWS-Centrale Informatievoorziening BM 24.42. Waardenburg Ecology Rapportnr. 24-433. Waardenburg Ecology & Deltamilieu Projecten, Culemborg.*

Benhemma-Le Gall, A., Graham, I. M., Merchant, N. D., & Thompson, P. M. (2021). Broad-scale responses of harbor porpoises to pile-driving and vessel activities during offshore windfarm construction. *Frontiers in Marine Science*, *8*, 664724.

Berrow, S. D., Massett, N., Whooley, P., Jann, B. V., Lopez-Suarez, P., Stevick, P. T., & Wenzel, F. W. (2021). Resightings of humpback whales (Megaptera novaeangliae) from Ireland to a known breeding ground: Cabo Verde, West Africa. *Aquatic Mammals*, *47*(1), 63–70.

Berrow, S., & Whooley, P. (2022). Managing a Dynamic North Sea in the light of its ecological dynamics: Increasing occurrence of large baleen whales in the southern North Sea. *Journal of Sea Research*, *182*, 102186.

Bos, O. G., Coolen, J. W., & van der Wal, J. T. (2019). *Biogene riffen in de Noordzee: Actuele en potentiële verspreiding van rifvormende schelpdieren en wormen*. Wageningen Marine Research.

Bos, O. G., Leopold, M. F., & Bolle, L. (2009). *Passende Beoordeling windparken: Effecten van heien op vislarven, vogels en zeezoogdieren*. IMARES.

Bos, O. G., Witbaard, R., Lavaleve, M., Van Moorsel, G., Teal, L., van Hal, R., van der hammen, T., ter hofstede, R., van Bemmelen, R. S., Witte, R., Geelhoed, S. C. V., & Dijkman, E. M. (2011). *Biodiversity hotspots on the Dutch Continental shelf: A Marine Strategy Framework Directive Perspective*.

Boshamer, J., & Bekker, J. (2008). Nathusius' pipistrelles (Pipistrellus nathusii) and other species of bats on offshore platforms in the Dutch sector of the North Sea. *Lutra 2008 51 (1): 17-36, 2008.*

Bouma, S., Lengkeek, W., van den Boogaard, B., & Waardenburg, H. (2010). Reageren zeehonden op de Razende Bol op langsvarende baggerschepen. *Bureau Waardenburg Report*, *09–291*.

Bradarić, M., Bouten, W., Fijn, R. C., Krijgsveld, K. L., & Shamoun-Baranes, J. (2020). Winds at departure shape seasonal patterns of nocturnal bird migration over the North Sea. *Journal of Avian Biology*, *51*(10), jav.02562. https://doi.org/10.1111/jav.02562

Brasseur, S., & Leuverink, C. (2023, January 11). Populatie gewone zeehonden daalt derde jaar op rij. *Nature Today*. https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=31494

Brasseur, S. M. J. M. (2017). Seals in motion: How movements drive population development of harbour seals and grey seals in the North Sea. *(Doctoral Dissertation, Wageningen University).*

Brasseur, S. M. J. M., Aarts, G., Meesters, E. H., van Polanen Petel, G., Dijkman, J., Cremer, J. S. M., & Reijnders, P. (2012). Habitat preferences of harbor seals in the Dutch coastal area: Analysis and estimate of effects of offshore wind farms. *IMARES-Report C043/10.*

Brasseur, S. M. J. M., Czeck, R., Diederichs, A., Galatius, A., Jensen, L., & Klöpper, S. (2015). *Grey Seal surveys in the Wadden Sea and Helgoland in 2013-2014. Grey seal population recovered after decrease.*

Brasseur, S. M. J. M., Scheidat, M., Aarts, G., Cremer, J. S. M., & Bos, O. G. (2008). Distribution of marine mammals in the North Sea for the generic appropriate assessment of future offshore windparks. *IMARES-Report C046/08.*

Brasseur, S. M. J. M., van Polanen Petel, G., Aarts, G., Meesters, E. H., Dijkman, E. M., & Reijnders, P. (2010). Grey seals (Halichoerus grypus) in the Dutch North sea: Population ecology and effects of wind farms. *IMARES-Report C137/10.*

Bruderer, B., & Komenda-Zehnder, S. (2005). *Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna – Schlussbericht mit Empfehlungen. 100 S.* Schriftenreihe Umwelt Nr. 376. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

Camphuysen, C. J., & Leopold, M. F. (1994). *Atlas of seabirds in the southern North Sea. Texel.*

Camphuysen, C. J., Peet, G., & Maas, F.-J. (2006). *Walvissen en dolfijnen in de Noordzee*.

Camphuysen, C. J., & Siemensma, M. (2011). *Conservation plan for the Harbour Porpoise Phocoena phocoena in The Netherlands: Towards a favourable conservation status*. https://rugvin.nl/wp-content/uploads/2013/07/Bruinvisbeschermingsplan.pdf

Camphuysen, C. J., & Van Dijk, J. (1983). Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust. *1974-79. Limosa(56): 81-230.*

Camphuysen, C., & Leopold, M. (2007). Drieteenmeeuw vestigt zich op meerdere platforms in nederlandse wateren. *Limosa*, *80*, 153–156.

Camphuysen, C., & Webb, A. (1999). Multi-species feeding associations in North Sea seabirds: Jointly exploiting a patchy environment. *ARDEA-WAGENINGEN-*, *87*(2), 177–198.

Camphuysen, K. (2007). Foraging humpback whale (Megaptera novaeangliae) in the Marsdiep area (Wadden Sea), May 2007 and a review of sightings and strandings in the southern North Sea, 2003-2007. *Lutra*, *50*(1), 31.

Camphuysen, Lavaleye, M. S., & Leopold, M. F. (1999). *Vogels, zeezoogdieren en macrobenthos bij het zoekgebied voor gaswinning in mijnbouwvak Q4 (Noordzee)*. Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ).

Carroll, A., Przeslawski, R., Duncan, A., Gunning, M., & Bruce, B. (2017). A critical review of the potential impacts of marine seismic surveys on fish & invertebrates. *Marine Pollution Bulletin*, *114*(1), 9–24. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.038

CBS. (2025, February 22). *Beoordeling zeevogeltrends op het Friese Front en de Bruine Bank* [Webpagina]. Centraal Bureau voor de Statistiek. https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2025/beoordeling-zeevogeltrends-op-het-friese-front-en-de-bruine-bank

CBS, PBL, RIVM, & WUR. (2022, September 15). *Migratiemogelijkheden voor trekvissen, 2022*. https://www.clo.nl/indicatoren/nl1350-vispassages

Cook, A., & Burton, N. (2010). A review of the potential impacts of marine aggregate extraction on seabirds. *Marine Environment Protection Fund (MEPF) Project*, *9*, P130.

Coolen, J. W. P. (2017). *North Sea reefs: Benthic biodiversity of artificial and rocky reefs in the southern North Sea*.

Crowell, S. C. (2016). *Measuring In-Air and Underwater Hearing in Seabirds. Effects of Noise on Aquatic Life II. Edited by A. N. Popper and A. D. Hawkins. Springer-Verlag, New York: 1155-1160.*

Cruz, E., Lloyd, T., Lafeber, F. H., Bosschers, J., Vaz, G., & Djavidnia, S. (2022). *The SOUNDS project: Towards effective mitigation of underwater noise from shipping in Europe*. *47*(1), 070021.

Daan, N. (2000). De Noordzee-visfauna en criteria voor het vaststellen van doelsoorten voor het natuurbeleid. *Nederlands Instituut Voor Visserijonderzoek RIVO. Rapport C031/00*.

Dannheim, J., Bergström, L., Birchenough, S. N. R., Brzana, R., Boon, A. R., Coolen, J. W. P., Dauvin, J.-C., De Mesel, I., Derweduwen, J., Gill, A. B., Hutchison, Z. L., Jackson, A. C., Janas, U., Martin, G., Raoux, A., Reubens, J., Rostin, L., Vanaverbeke, J., Wilding, T. A., … Degraer, S. (2020). Benthic effects of offshore renewables: Identification of knowledge gaps and urgently needed research. *ICES Journal of Marine Science*, *77*(3), 1092–1108. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz018

Darby, J., Clairbaux, M., Bennison, A., Quinn, J., & Jessopp, M. (2022). Underwater visibility constrains the foraging behaviour of a diving pelagic seabird. *Proceedings of the Royal Society B*, *289*(1978), 20220862.

Day, R. D., Fitzgibbon, Q. P., McCauley, R. D., Hartmann, K., & Semmens, J. M. (2020). Lobsters with pre-existing damage to their mechanosensory statocyst organs do not incur further damage from exposure to seismic air gun signals. *Environmental Pollution*, *267*, 115478.

De Groot, S. (2002). A review of the past and present status of anadromous fish species in the Netherlands: Is restocking the Rhine feasible? *Ecological Restoration of Aquatic and Semi-Aquatic Ecosystems in the Netherlands (NW Europe)*, 205–218.

De Mesel, I., Kerckhof, F., Norro, A., Rumes, B., & Degraer, S. (2015). Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. *Hydrobiologia*, *756*(1), 37–50.

de Mesel, I., van Zweeden, C., & ter Hofstede, R. (2007). *Ecologische basiskaarten voor de Nederlandse mariene wateren ten behoeve van advisering bij crisismanagement: Selectie vissen*. IMARES.

Degraer, S., Courtens, W., Haelters, J., Hostens, K., Jacques, T., Kerckhof, F., Stienen, E., & Van Hoey, G. (2010). Bepalen van instandhoudingsdoelstellingen voor de beschermde soorten en habitats in het Belgische deel van de Noordzee, in het bijzonder in beschermde mariene gebieden. *Eindrapport in Opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen En Leefmilieu, Directoraat-Generaal Leefmilieu. Brussel, België*.

Didderen, K., Bravo Rebolledo, E. L., van Mastrigt, A., Fijn, R. C., & Mulder, S. (2019). *Doeluitwerking Friese Front* (Nos. 18–081). Bureau Waardenburg.

Ecomare. (2024). *Bruinvissen*. https://www.ecomare.nl/verdiep/leesvoer/dieren/bruinvissen/

Engelhard, G. H., Peck, M. A., Rindorf, A., C. Smout, S., Van Deurs, M., Raab, K., Andersen, K. H., Garthe, S., Lauerburg, R. A., & Scott, F. (2014). Forage fish, their fisheries, and their predators: Who drives whom? *ICES Journal of Marine Science*, *71*(1), 90–104.

Essink, K. (1999). Ecological effects of dumping of dredged sediments; options for management. *Journal of Coastal Conservation*, *5*, 69–80.

Europese Commissie. (2023). *Gedelegeerde Verordening (EU) 2023/340 van de Commissie van 16 februari 2023 tot vaststelling van instandhoudingsmaatregelen voor bepaalde mariene gebieden ter bescherming van habitats en soorten.* (No. L 48; Publicatieblad van de Europese Unie, pp. 1–13). Publications Office. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0340

Fey-Hofstede, F. E., & Witbaard, R. (2013). Factsheets Kaderrichtlijn Marien Strategie-indicatoren van het Friese Front en de Centrale Oestergronden. *No. C185/13). IMARES*.

Fleming, T., Eby, H., Kunz, T., & Fenton, M. (2003). Fleming, T. H., Eby, P., Kunz, T. H., & Fenton, M. B. (2003). Ecology of bat migration. *Bat Ecology, 156, 164-65.*

Fliessbach, K. L., Borkenhagen, K., Guse, N., Markones, N., Schwemmer, P., & Garthe, S. (2019). A Ship Traffic Disturbance Vulnerability Index for Northwest European Seabirds as a Tool for Marine Spatial Planning. *Frontiers in Marine Science*, *6*. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00192

Fugro. (2024). *Neptune Energy Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58*.

Furness, R., & Wade, H. (2012). Vulnerability of Scottish seabirds to offshore wind turbines. *MacArthur Green, Glasgow*.

Galatius, A., Brasseur, S., Carius, F., JeB, A., Meise, K., Meyer, J., Schop, J., Siebert, U., Stejskal, O., Teilmann, J., & Thostesen, C. B. (2022). *Survey results of harbour seals in the Wadden Sea in 2022*.

Garthe, S., & Hüppop, O. (2004a). Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: Developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology*, *41*(4), 724–734.

Garthe, S., & Hüppop, O. (2004b). Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: Developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology*, *41*, 724–734. https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00918.x

Geelhoed, S. C. V., Janinhoff, N., Lagerveld, S., & Verdaat, H. (2020). *Marine mammal surveys in Dutch North Sea waters in 2019*. Wageningen Marine Research. https://doi.org/10.18174/515228

Geelhoed, S. C. V., Lagerveld, S., Verdaat, J., & Scheidat, M. (2014). Marine mammal surveys in Dutch waters in 2014. Imares rapportnummer: C180/14. *Imares Rapportnummer: C180/14.*

Geelhoed, S. C. V., & Scheidat, M. (2018). *Abundance of harbour porpoises (Phocoena phocoena) on the Dutch Continental Shelf, aerial surveys 2012-2017*.

Geelhoed, S. C. V., Scheidat, M., & van Bemmelen, R. (2014a). Marine mammal surveys in Dutch waters in 2013. *Imares Rapportnummer: C027/14.*

Geelhoed, S. C. V., & van Polanen Petel, T. (2011). Zeezoogdieren op de Noordzee: Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011. *(WOt-Werkdocument; No. 258). Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.*

Gilles, A., Authier, M., Pigeault, R., Ramirez, N., Benoit, V., Carlström, J., Eira, C., Geelhoed, S., Laran, S., & Sequeira, M. (2025). *Spatial models of cetacean density in European Atlantic waters based on SCANS-IV summer 2022 survey data*.

Gilles, A., Authier, M., Ramirez Martinez, N., Araújo, H., Blanchard, A., Carlström, J., Eira, C., Dorémus, G., Maldonado, C., Geelhoed, S., Kyhn, L., Laran, S., Nachtsheim, D., Panigada, S., Pigeault, R., Sequeira, M., Sveegaard, S., Taylor, N., Owen, K., & Hammond, P. (2023). *Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2022 from the SCANS-IV aerial and shipboard surveys*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34873.95845

Gilles, A., Authier, M., Ramirez-Martinez, N., Araújo, H., Blanchard, A., Carlström, J., Eira, C., Dorémus, G., Fernández, C., Geelhoed, S., Kyhn, L., Laran, S., Nachtsheim, D., Panigada, S., Pigeault, R., Sequeira, M., Sveegaard, S., Taylor, N., Owen, K., … Hammond, P. (2023). *Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2022 from the SCANS-IV aerial and shipboard surveys*. https://www.tiho-hannover.de/fileadmin/57_79_terr_aqua_Wildtierforschung/79_Buesum/downloads/Berichte/20230928_SCANS-IV_Report_FINAL.pdf

Gilles, A., Ramirez-Martinez, N., Nachtsheim, D., & Siebert, U. (2020). *Update of distribution maps of harbour porpoises in the North Sea*. Institute for Terrestrial and Aquatic Wildlife (ITAW).

Gilles, A., Scheidat, M., & Siebert, U. (2009). Seasonal distribution of harbour porpoises and possible interference of offshore wind farms in the German North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, *383*, 295–307.

Gmelig Meyling, Willemsen, & de Bruyne,. (2006). *Verspreiding en trends in Nederland van de Purperslak Nucella lapillus* (p. 67).

Grundlehner, A., Leopold, M. F., & Kersten, A. (2025). This is EPIC: Extensive Periphery for Impact and Control to study seabird habitat loss in and around offshore wind farms combining a peripheral control area and Bayesian statistics. *Ecological Informatics*, 102981.

Hamer, K., Phillips, R., Hill, J., Wanless, S., & Wood, A. (2001). Contrasting foraging strategies of gannets Morus bassanus at two North Atlantic colonies: Foraging trip duration and foraging area fidelity. *Marine Ecology Progress Series*, *224*, 283–290.

Hammond, P., Benke, H., Berggren, P., Bochers, D., Buckland, S., Collet, A., Heide-Jorgensen, M., Heimlich-Boran, S., Hiby, A., Leopold, M. F., & Oien, N. (1995). Hammond, P.S., Benke, H., Berggren, P., Borchers, D.L., Buckland, S.T., Collet, A., Heide-Jørgensen, M.P., Heimlich-Boran, S., Hiby, A.R., Leopold, M.F. & Øien, N. (1995) Distribution and Abundance of the Harbour Porpoise and other Small Cetaceans in the North Sea and Adjacent Waters Final Report under European Commission. *Project LIFE 92-2/UK/027. Sea Mammal Research Unit, Gatty Marine Laboratory, University of St Andrews, Fife, UK.*

Hammond, P., Berggren, P., Benkel, H., Borchers, D., Collet, A., Heide-Jorgensen, M., Heimlich, S., Hiby, AR, Leopold, M. F., & Oien, N. (2002). Abundance of harbour porpoise and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *In: J. Appl. Ecology 39: 361-376.*

Hammond, P., Francis, T. B., Heinemann, D., Long, K. J., Moore, J. E., Punt, A. E., Reeves, R. R., Sepúlveda, M., Sigurðsson, G. M., & Siple, M. C. (2021). Estimating the abundance of marine mammal populations. *Frontiers in Marine Science*, 1316.

Hammond, P., Lacey, C., Gilles, A., Viquerat, S., Boerjesson, P., Herr, H., & Teilmann, J. (2017). Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. *Wageningen Marine Research.*

Hammond, P., MacLeod, K., Berggren, P., Borchers, D., Burt, M., Canadas, A., Desportes, D., Gordon, J., Hiby, AR, Kuklik, I., Leaper, R., Lehnert, K., Leopold, M. F., Lovell, P., Oien, N., Paxton, C.,

Ridoux, V., Rogan, E., Samarra, F., … Vazquez, J. (2013). Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. *Biological Conservation, Vol 164, Pp. 107-122.*

Harwood, J., King, S., Schick, R., Donovan, C., & Booth, C. (2014). *A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCOD) ap-proach: Quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations.* Report SMRUL-TCE-2013-014. Scottish Marine and Freshwater Science 5(2).

Haskoning. (in prep.). *Ecologische effectbeoordeling boulder survey en UXO-onderzoek platform L7-F* (Nos. BH5808-146–100).

Heinis, F. (2018). *Offshore windenergiegebied Hollandse Kust (noord): Effecten van aanleg op zeezoogdieren* (No. Bijlage 5). HWE.

Heinis, F., De Jong, C., Von Benda-Beckmann, A., & Water, S. (2022). *Framework for Assessing Ecological and Cumulative Effects 2021 (KEC 4.0)–marine mammals.*

Heinis, F., de Jong, C., & von Benda-Beckmann, S. (2025). *KEC 5.0 report, Part B, marine mammals* (No. 31192827; Langjarige KEC, Perceel 4. Onderwatergeluid). TNO.

Heinis, F., De Jong, C., von Benda-Beckmann, S., & Binnerts, B. (2019). *Framework for Assessing Ecological and Cumulative Effects – 2018 Cumulative effects of offshore wind farm construction on harbour porpoises.*

Heinis, F., De Jong, C., Von Benda-Beckmann, S., & Binnerts, S. (2019). *Kader Ecologie en Cumulatie – 2018 Cumulatieve effecten van aanleg van windparken op zee op bruinvissen.*

Herman, P. M. J., & van Rees, F. F. (2022a). *Mapping Reef Forming North Sea Species* (p. 35). Deltares.

Herman, P. M. J., & van Rees, F. F. (2022b). *Mapping Reef forming North Sea Species* (Nos. 11207716–000). https://www.noordzeeoverleg.nl/mons-programma/mons-rapporten/benthos-en-benthische-habitats-mons/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=2522034

Hildebrand, J. A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, *395*, 5–20.

Hoekstein, M. S. J., Sluijter, M., & van Straalen, K. D. (2022). *Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2020/2021* (No. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 20.03. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2022-01.). Deltamilieu Projecten, Vlissingen.

Hoek-van Nieuwenhuizen, Jol, & Kaag. (2013). *TBT-gehalten en effecten bij de Gewone Alikruik, de Gevlochten Fuikhoorn en de Purperslak langs de Nederlandse kust in 2013* (p. 25).

Holt, T. J., Rees, E. I., Hawkins, S. J., & Seed, R. (1998). *An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs* (Biogenic Reefs (Volume IX), p. 170). Scottish Association for Marine Science (UK Marine SACs Project).

Hüppop, O., Dierschke, J., Exo, K.-M., Fredrich, E., & Hill, R. (2006). Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines: Bird migration and offshore wind farms. *Ibis*, *148*, 90–109. https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00536.x

IJsseldijk, L. L., ten Doeschate, M. T. I., Brownlow, A., Davidson, N. J., Deaville, R., Galatius, A., Gilles, A., Haelters, J., Jepson, P. D., Keijl, G., Kinze, C. C., Olsen, M. T., Siebert, U., Thostesen, C. B., van den Broek, J., Grone, A., & Heesterbeek, H. (2020). Spatiotemporal mortality and demographic trends in a small cetacean: Strandings to inform conservation management. *Biological Conservation*, *249*. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108733

IMSA Amsterdam. (2011). *Ecosystems associated with North Sea oil and gas facilities and the impact of decommissioning options—With attention for local and regional effects*.

Jonge Poerink, B., Lagerveld, S., & Verdaat, H. (2013). Pilot study Bat activity in the dutch offshore wind farm OWEZ and PAWP. *IMARES-Report Number C026/13.*

Kamermans, P., van Duren, L., & Kleissen, F. (2018). *European flat oysters on offshore wind farms: Additional locations: Opportunities for the development of European flat oyster (Ostrea edulis) populations on planned wind farms and additional locations in the Dutch section of the North Sea*. Wageningen Marine Research; WorldCat.org. https://edepot.wur.nl/456358

Kastelein, R. A., Van de Voorde, S., & Jennings, N. (2018). Swimming Speed of a Harbor Porpoise (Phocoena phocoena) During Playbacks of Offshore Pile Driving Sounds. *Aquatic Mammals*, *44*(1).

Kleijn, D. (2008). *Effecten van geluid op wilde soorten-implicaties voor soorten betrokken bij de aanwijzing van Natura 2000 gebieden* (Nos. 1566–7197). Alterra.

Krijgsveld, K., Klaassen, B., & Van der Winden, J. (2022). *Verstoring van vogels door recreatie. Literatuurstudie van verstoringsgevoeligheid en overzicht van maatregelen. Deel 1 hoofdrapport & deel 2 soortbesprekingen*. Uitgave Vogelbscherming Nederland.

Krijgsveld, K., Smits, R., & Van der Winden, J. (2008). Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. *Buro Waardenburg, Culemborg*.

Lagerveld, S., Geelhoed, S. C., Bittner, O., Wilkes, T., Noort, B., van Puijenbroek, M., van der Wal, J. T., Verdaat, H., Keur, M., & Steenbergen, J. (2023). *Spatiotemporal occurrence of bats at the southern North Sea 2017-2020*. Wageningen Marine Research.

Lagerveld, S., Jonge Poerink, B., & Geelhoed, S. C. (2021). Offshore occurrence of a migratory bat, Pipistrellus nathusii, depends on seasonality and weather conditions. *Animals*, *11*(12), 3442.

Lagerveld, S., van der Wal, J. T., Vries, V., Verdaat, H., Sonneveld, C., van der Meer, J., Brabant, R., & Noort, B. (2019). *Bats at the southern North Sea in 2017 & 2018* (p.). Wageningen Marine Research. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/557366

Lensink, R., Camphuysen, C., Jonkers, D., Leopold, M., Schekkerman, H., & Dirksen, S. (1999). *Falls of migrant birds, an analysis of current knowledge*.

Leopold, M. F., Rotshuizen, E., & Evans, P. G. (2018). From nought to 100 in no time: How humpback whales (Megaptera novaeangliae) came into the southern North Sea. *Lutra*, *61*, 165–188.

Lieske, D. J., Tranquilla, L. M., Ronconi, R., & Abbott, S. (2019). Synthesizing expert opinion to assess the at-sea risks to seabirds in the western North Atlantic. *Biological Conservation*, *233*, 41–50.

Lillis, A., Eggleton, D., & Bohnenstiehl, D. (2013). *Oyster Larvae Settle in Response to Habitat-Associated Underwater Sounds. PLoS ONE 8(10): e79337. doi:10.1371/journal.pone.0079337*.

Maitland, Peter. S. (2003). Ecology of the River Brook and Sea Lamprey. *Conserving Natura 2000 Rivers*, *Ecology Series*(No. 5).

Manola, I., Bradarić, M., Groenland, R., Fijn, R., Bouten, W., & Shamoun-Baranes, J. (2020). Associations of synoptic weather conditions with nocturnal bird migration over the North Sea. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *8*, 542438.

Mcconnell, B. J., Fedak, M. A., Lovell, P., & Hammond, P. S. (1999). Movements and foraging areas of grey seals in the North Sea. *Journal of Applied Ecology*, *36*(4), 573–590.

Ministerie van Economische Zaken. (2008a). *Profieldocument Rivierprik (Lampetra fluviatilis) (H1099)*.

Ministerie van Economische Zaken. (2008b). *Profieldocument Zeeprik (Petromyzon marinus) (H1095)*.

Ministerie van Economische Zaken. (2014). Profiel Document A199 Zeekoet (versie 2014). *Ministry of Economic Affairs The Hague.*

NOAA. (2023). *National Marine Fisheries Service: Summary of Endangered Species Act Acoustic Thresholds*. National Marine Fisheries Service. https://www.fisheries.noaa.gov/s3/2023-02/ESA%20all%20species%20threshold%20summary_508_OPR1.pdf

Noordzeeloket. (n.d.). *Zeezoogdieren*. https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch-programma-wozep/zeezoogdieren/#:~:text=Bruinvissen%20maken%20naast%20echolocatie%20(hoogfrequent,mogelijk%20ook%20op%20het%20gehoor.

Otto, L., Zimmerman, J. T. F., Furnes, G. K., Mork, M., Saetre, R., & Becker, G. (1990). Review of the physical oceanography of the North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, *26*(2–4), 161–238. https://doi.org/10.1016/0077-7579(90)90091-T

Pace, F., Robinson, C., Lumsden, C., & Martin, S. (2021). *Underwater Sound Sources Characterisation Study: Energy Island, Denmark. Document 02539*. Version 2.1. Technical report by JASCO Applied Sciences for Fugro ….

Parmentier, B., Aarts, G., Brasseur, S., Engelhard, G. H., Immler, E., Van Langevelde, F., Tulp, I., & Witbaard, R. (2025). Small fish biomass in the North Sea is far greater than previously estimated. *ICES Journal of Marine Science*, *82*(6), fsaf082.

Patberg, W., De Leeuw, J. J., & Winter, H. V. (2005). Verspreiding van rivierprik, zeeprik, fint en elft in Nederland na 1970. *RIVO-Rapport C004/05. RIVO, IJmuiden*.

Patenaude, N. J., Richardson, W. J., Smultea, M. A., Koski, W. R., Miller, G. W., Würsig, B., & Greene, C. R. J. (2002). *Aircraft sound and disturbance to bowhead and beluga whales during spring migration in the Alaskan Beaufort Sea.* Marine Mammal Science 18:309-335.

Peschko, V., Schwemmer, H., Mercker, M., Markones, N., Borkenhagen, K., & Garthe, S. (2024). Cumulative effects of offshore wind farms on common guillemots (Uria aalge) in the southern North Sea-climate versus biodiversity? *Biodiversity and Conservation*, *33*(3), 949–970.

Peterson, C. H., Grabowski, J. H., & Powers, S. P. (2003). Estimated Enhancement of Fish Production Resulting from Restoring Oyster Reef Habitat: Quantitative Valuation.”. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, *264*, 249–264.

Platteeuw, M., den Ouden, J., & van de Ham, N. (1994). Zeetrektellingen langs de Nederlandse kust 1981-1990. *Sula 8(1/2)*.

Poot, M., van Lieshout, S., Witte, R., Ybema, M., Couperus, A., Grift, R., & Waardenburg, B. (2004). *Seabird distribution in the Dutch North Sea in relation to pelagic fish, fisheries, and abiotic parameters*.

Popper, A. N., & Hawkins, A. D. (2019). An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *Journal of Fish Biology*, *94*(5), 692–713. https://doi.org/10.1111/jfb.13948

Proctor, R., Wright, P. J., & Everitt, A. (1998). Modelling the transport of larval sandeels on the north-west European shelf. *Fisheries Oceanography*, *7*(3–4), 347–354.

Putland, R. L., Montgomery, J. C., & Radford, C. A. (2019). Ecology of fish hearing. *Journal of Fish Biology*, *95*(1), 39–52.

Reid, J., Evans, P., & Northridge, S. (2003). *Atlas of Cetacean distribution in north-west European waters.*

Reijnders, P. J. H., Brasseur, S. M., & Brinkman, A. G. (2000). *Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het overige Deltagebied*. Alterra.

RHDHV. (2023). *Ecologische effectbeoordeling Productieboring en aanpassingen platform Q10-Orion*.

Rijkswaterstaat. (2023). *Natura 2000-beheerplan Friese Front. (2023-2029)*. Rijkswaterstaat en Royal HaskoningDHV. https://www.rwsnatura2000.nl/gebieden/eez/eez_documenten/default.aspx#folder=2577424

Rijkswaterstaat. (2015c). *Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. Uitrol windenergie op zee (2015c). Deelrapport B: Bijlage Imares onderzoek: Cumulatieve effecten op vogels en vleermuizen.*

Rijssel, J. C. van, & Winter, E. (2022). *Inspannings- en vangstregistraties van trekvissen door beroepsvissers aan de buitenzijde van de Haringvlietsluizen in 2021* (Technisch Rapport No. C027/22). Wageningen Marine Research. https://edepot.wur.nl/570859

Royal HaskoningDHV. (2020). *Bovenwatergeluid: Milieueffectrapport N05-A* (No. BG6396IBRP2006021350). Royal HaskoningDHV.

Royal HaskoningDHV. (2024). *Natuurtoets, gebiedsbescherming Aramis: MER Aramis CO2-transportinfrastructuur* (No. ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2004).

Royal HaskoningDHV. (2025a). *Bovenwatergeluid—Gaswinning L7-F*. Royal HaskoningDHV.

Royal HaskoningDHV. (2025b). *Morfodynamiek—Gaswinning L7*. Royal HaskoningDHV.

Royal HaskoningDHV. (2025c). *Onderwatergeluid—Gaswinning L7-F*. Royal HaskoningDHV.

Royal HaskoningDHV. (2025d). *Pluimmodellering diepboringen—Gaswinning L7*. Royal HaskoningDHV.

Royal HaskoningDHV. (2025e). *Pluimmodellering pijpleiding—Gaswinning L7*. Royal HaskoningDHV.

Rozemeijer, M., & Smith, S. (2017). *Deskstudie naar de mogelijke effecten van sedimentatie bij overvloei door zandwinning op macrobenthos nabij de-20 m diepte*. Wageningen Marine Research.

Rueda, J. L., & Smaal, A. C. (2002). Physiological response of Spisula subtruncata (da Costa, 1778) to different seston quantity and quality. *Nutrients and Eutrophication in Estuaries and Coastal Waters: Proceedings of the 31st Symposium of the Estuarine and Coastal Sciences Association (ECSA), Held in Bilbao, Spain, 3–7 July 2000*, 505–511.

Ryan, C., Berrow, S. D., McHugh, B., O'Donnell, C., Trueman, C. N., & O'Connor, I. (2014). Prey preferences of sympatric fin (Balaenoptera physalus) and humpback (Megaptera novaeangliae) whales revealed by stable isotope mixing models. *Marine Mammal Science*, *30*(1), 242–258.

Ryan, C., Whooley, P., Berrow, S. D., Barnes, C., Massett, N., Strietman, W. J., Broms, F., Stevick, P. T., Fernald, T. W., & Schmidt, C. (2016). A longitudinal study of humpback whales in Irish waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *96*(4), 877–883.

Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Green, M., Rodrigues, L., & Hedenström, A. (2010). Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, *12*(2), 261–274.

Sas, H., Duren, van, L., Herman, P., Have, van der, T., Kamermans, P., Bos, O., Kingma, E., Bouma, T., & Kardinaal, E. (2023). *Reef-building species and biogenic reef enhancement in the Dutch North Sea Background documents*. Sas concultancy, Waardenburg Ecology, Wageningen Marine Research and Deltares. https://edepot.wur.nl/633785

Sas, H., van Duren, L., Herman, P. M., van der Have, T., Kamermans, P., Bos, O., Kingma, E., Bouma, T., & Kardinaal, E. (2023). *Reef-building species and biogenic reef enhancement in the Dutch North Sea: Background documents*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/633785

Schekkerman, H. (2015). *Grondslagen voor het inschatten van het risico op de korte termijn van hinder voor (trek)vogels bij affakkelen van gas op de Noordzee.* Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Schwemmer, P., Mendel, B., Sonntag, N., Dierschke, V., & Garthe, S. (2011). Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: Implications for marine conservation and spatial planning. *Ecological Applications*, *21*(5), 1851–1860.

Scotland's Nature Agency. (2023). *Sand eel*.

Shamoun-Baranes, J., & van Gasteren, H. (2011). Atmospheric conditions facilitate mass migration events across the North Sea. *Animal Behaviour*, *81*(4), 691–704. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.01.003

Siebert, U., Gilles, A., Lucke, K., Ludwig, M., Benke, H., Kock, K.-H., & Scheidat, M. (2006). A decade of harbour porpoise occurrence in German waters—Analyses of aerial surveys, incidental sightings and strandings. *Journal of Sea Research*, *56*(1), 65–80.

Slabbekoorn, H., Bouton, N., van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C., & Popper, A. N. (2010). A noisy spring: The impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology & Evolution, 25(7), 419-427..*

Slijkerman, D. M. E., Bos, O. G., Van der Wal, J., Tamis, J. E., & de Vries, P. (2013). *Eebodemintergriteit en visserij op het Friese Front en de Centrale Oestergronden- Beschikbare kennis en 1e uitwerkingen* (No. C078/13). Imares Wageningen UR. https://edepot.wur.nl/258211

Slijkerman, D. M. E., Tamis, J., & Jongbloed, R. H. (2008). *Voortoets bestaand gebruik Noordzeekustzone-Hoofdrapport-(muv visserij en militaire activiteiten)*. IMARES.

Smaal, A., Kamermans, P., Kleissen, F., van Duren, L., & van der Have, T. (2017). *Flat oysters on offshore wind farms: Opportunities for the development of flat oyster populations on existing and planned wind farms in the Dutch section of the North Sea*. Wageningen Marine Research.

Smit, C. J. (2004). *Vervolgonderzoek naar de gevolgen van de uitbreiding van het aantal vliegbewegingen van Den Helder Airport* (Nos. 1566–7197). Alterra.

Smit, C. J., De Jong, M. L., Schermer, D. S., Van Apeldoorn, R. C., & Meesters, E. H. W. G. (2008). *Een Passende Beoordeling van de effecten van de toename van het aantal civiele vliegbewegingen in de omgeving van Den Helder Airport.* Imares Rapport C119/08.

Smith, A. B., Fischer-McMorrow, I., Kolbeinsson, Y., Rasmussen, M., Shero, M. R., McElwaine, J. N., Jones, O. R., & Mooney, T. A. (2023). Sensitive aerial hearing within a noisy nesting soundscape in a deep-diving seabird, the common murre Uria aalge. *Marine Ecology Progress Series*, *714*, 87–104.

Solan, M., Hauton, C., Godbold, J. A., Wood, C. L., Leighton, T. G., & White, P. (2016). *Anthropogenic sources of underwater sound can modify how sediment-dwelling invertebrates mediate ecosystem properties. Sci. Rep. 6, 20540; doi: 10.1038/srep20540*.

Soldaat, L., & Poot, M. J. M. (2019). *Analyse bruinvisgegevens en evaluatie monitoring Noordzee—Kwaliteitsborging IHM 2019*.

Soudijn, F., de Donk, S., Leopold, M., van der Wal, J., & Hin, V. (2022). *Cumulative population-level effects of habitat loss on seabirds 'Kader Ecologie en Cumulatie 4.0.'*

Soudijn, F. H., Hin, V., Melis, E., Chen, C., van Donk, S., Benden, D., & Poot, M. J. M. (2025). *Population level effects of displacement of marine birds due to offshore wind energy developments, KEC 5*. https://research.wur.nl/en/publications/population-level-effects-of-displacement-of-marine-birds-due-to-o

Sovon. (2024). *A199 Zeekoet niet-broedvogel (Bouwsteen)*.

Sportvisserij Nederland. (2023, June 29). *Steur na uitzet direct vertrokken uit de Biesbosch.* https://www.sportvisserijnederland.nl/actueel/nieuws/26373/Steur%20na%20uitzet%20direct%20vertrokken%20uit%20de%20Biesbosch.html

Stienen, E. W., Van Waeyenberge, J., Kuijken, E., & Seys, J. (2007). Trapped within the corridor of the Southern North Sea: The potential impact of offshore wind farms on seabirds. *Birds and Wind Farms. Risk Assessment and Mitigation. 1st Ed. Madrid: Quercus*, 71–80.

Tamis, J. E., Karman, C. C., de Vries, P., Jak, R G, & Klok, C. (2011). *Offshore olie-en gasactivitetiten en Natura 2000. Inventarisatie van mogelijke gevolgen voor de instandhoudingsdoelen van de Noordzee*.

Taormina, B., Bald, J., Want, A., Thouzeau, G., Lejart, M., Desroy, N., & Carlier, A. (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *96*, 380–391.

Taupp, T. (2022a). Against all odds: Harbor porpoises intensively use an anthropogenically modified estuary. *Marine Mammal Science*, *38*(1), 288–303.

Taupp, T. (2022b). Against all odds: Harbor porpoises intensively use an anthropogenically modified estuary. *Marine Mammal Science*, *38*(1), 288–303.

Ter Hofstede, R., & Baars, J. (2006). Basiskaarten benthos en vis. Deel A: Verspreidingskaarten. Deel B: Beheer en Onderhoud. Deel C: Factsheets. *(No. C042/06). IMARES.*

Thomsen, F., Lüdemann, K., Kafemann, R., & Piper, W. (2006). *Effects of Offshore Wind Farm Noise on Marine Mammals and Fish*.

Tiano, J. C., Reijden, van der, K. J., O'Flynn, S., Beauchard, O., Ree, van der, S., Wees, van der, J., Ysebaert, T., & Soetaert, K. (2020). Experimental bottom trawling finds resilience in large-bodied infauna but vulnerability for epifauna and juveniles in the Frisian Front. *Mariene Environmental Research*, *159*.

Tillin, H., & Ashley, M. (2018). *Polychaetes and Angulus tenuis in littoral fine sand*. https://plymsea.ac.uk/id/eprint/8665/1/marlin_habitat_1170_2019-03-12.pdf

TNO. (2015). *Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeezoogdieren* (No. R10335; p. 85).

Todd, V. L., Todd, I. B., Gardiner, J. C., Morrin, E. C., MacPherson, N. A., DiMarzio, N. A., & Thomsen, F. (2015). A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. *ICES Journal of Marine Science*, *72*(2), 328–340.

Tougaard, J., Wright, A. J., & Madsen, P. T. (2015). Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine Pollution Bulletin*, *90*(1–2), 196–208.

Tulp, I., Chen, C., & Vrooman, J. (2022). *The nursery function of the Ems estuary for fish*. Wageningen Marine Research.

Van Asch, M., & Troost, K. (2014). *Beantwoording helpdeskvraag "Ligging meetlocaties benthos op de Noordzee"* (No. C053.14). Imares Wageningen UR. https://edepot.wur.nl/299219

van Bemmelen, De Jong, J. W., Arts, F. A., Beuker, D., Engels, B. W. R., Hoekstein, M. S. J., van der Horst, Y., Kuiper, K., K., Leemans, J., Sluijter, M., van Straalen, K. D., Wolf, P. A., & Fijn, R. C. (2024, January 31). *Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2022-2023*. RWS-Centrale Informatievoorziening BM 23.32. Waardenburg Ecology Rapportnr. 23-443. Waardenburg Ecology & Deltamilieu Projecten, Culemborg.

Van Bemmelen, R., Geelhoed, S., & Leopold, M. (2009). *Vogeltellingen Bruine Bank september 2009: Aanvullende beschermde gebieden op de Noordzee*. IMARES.

van Bemmelen, R. S., Leopold, M. F., & Arts, F. A. (2013). Alken en zeekoeten op het Friese Front. *(No. C160/13). IMARES.*

van Damme, C., Hoek, R., Beare, D., Bolle, L., Bakker, C., Barneveld, E., Lohman, M., Os-Koomen, E., Nijssen, P., Pennock, I., & Tribuhl, S. (2011). Sonic impact: A precautionary assessment of noise pollution from ocean seismic surveys. *IMARES. Report Number C098/11.*

van der Knaap, I., Reubens, J., Thomas, L., Ainslie, M. A., Winter, H. V., Hubert, J., Martin, B., & Slabbekoorn, H. (2021). Effects of a seismic survey on movement of free-ranging Atlantic cod. *Current Biology*, *31*(7), 1555–1562.

van der Knaap, I., Slabbekoorn, H., Moens, T., Van den Eynde, D., & Reubens, J. (2022). Effects of pile driving sound on local movement of free-ranging Atlantic cod in the Belgian North Sea. *Environmental Pollution*, *300*, 118913. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118913

Van Der Reijden, K. J., Govers, L. L., Koop, L., Damveld, J. H., Herman, P. M., Mestdagh, S., Piet, G., Rijnsdorp, A. D., Dinesen, G. E., & Snellen, M. (2021). Beyond connecting the dots A multi-scale, multi-resolution approach to marine habitat mapping. *Ecological Indicators*, *128*, 107849.

Van Der Reijden, K. J., Koop, L., O'Flynn, S., Garcia, S., Bos, O. G., van Sluis, C., Maaholm, D. J., Herman, P. M., Simons, D. G., Olff, H., & Ysebaert, T. (2019). *Discovery of Sabellaria spinulosa reefs in an intensively fished area of the Dutch Continental Shelf, North Sea. Journal of Sea Research, 144, pp.85-94.*

Van Donk, S., Van Bemmelen, R., Chen, C., Tulp, I., & Melis, E. (2024). *Seabird maps of the North Sea: A short description of methodology*. Wageningen Marine Research. https://doi.org/10.18174/657263

van Duren, L. A., Gittenberger, A., Smaal, A. C., van Koningsveld, M., Osinga, R., van de Lelij, J. C., & De Vries, M. B. (2016). *Rijke riffen in de Noordzee: Verkenning naar het stimuleren van natuurlijke riffen en gebruik van kunstmatig hard substraat.* https://www.researchgate.net/profile/Mark_Van_Koningsveld/publication/309722406_Rijke_riffen_in_de_Noordzee_verkenning_naar_het_stimuleren_van_natuurlijke_riffen_en_gebruik_van_kunstmatig_hard_substraat/links/585d46a808ae8fce48fe5ce7/Rijke-riffen-in-de-Noordzee-verkenning-naar-het-stimuleren-van-natuurlijke-riffen-en-gebruik-van-kunstmatig-hard-substraat.pdf

van Eldik, Z., & Pessers, R. (2024). *Nederlandse samenvatting Gunstige referentiewaarden voor Natura 2000-habitattypen en soorten en de doorvertaling naar landelijke doelstellingen: Een verkenning van benaderingen en prioriteiten in 15 Europese landen*.

van Emmerik, W. A. M. (2016). Biologische factsheets trekvissen Haringvliet en Voordelta. Onderdeel van Droomfondsproject Haringvliet. *Deelproject Visserij. Sportvisserij Nederland, Bilthoven*.

van Kessel, N., Binnendijk, E., & Kroes, M. (2022, February). Zeldzame parasitaire zeeprik plant zich mogelijk voort in de Niers in Limburg. *Nature Today*. https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=28691

Van Mastrigt, A., Sierdsma, F., Kwakkel, J., Moons, S., Van Oostveen, M., & Mulder, S. (2019). *Nadere Effectenanalyse Friese Front NEA NoordZEE-EEZ*.

Van Ryckegem, G., & Soors, J. (2018). Tweekleppigen (Bivalvia) in de Zeeschelde. *Verkennende Monitoring En Potentiële Rol van Schelpdieren in de Boven-Zeeschelde. Rapporten van Het Instituut Voor Natuur-En Bosonderzoek*.

Vis, H., Kemper, J., Brevé, A., Breukelaar, B., & Blom, E. (2016). Migration behaviour and habitat preference of 3-5 year old European Sturgeon (Acipenser sturio) in the Rhine River 2015. *Composition: VisAdvies BVWageningen Marine Research, Sept 2016*.

Visser, S., de Bruijne, W., Houben, B., Roels, B., & Brevé, N. (2020). *First Action Plan for the European Sturgeon (Acipenser sturio) for the Lower Rhine*. LIFE IP Deltanatuur. https://life-ip-deltanatuur.nl/file/download/946dcd93-0fef-461f-8dd9-0e49f117c330/first-sturgeon-action-plan-for-the-lower-rhine-october-2020.pdf

Vogelbescherming. (n.d.-a). *Alk Razorbill, Alca torda—Alken (Alcidae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-b). *Drieteenmeeuw Black-legged Kittiwake, Rissa tridactyla—Meeuwen (Laridae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-c). *Dwergmeeuw Little Gull, Hydrocoloeus minutus—Meeuwen (Laridae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-d). *Grote jager Great Skua, Stercorarius skua—Jagers (Stercorariidae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-e). *Grote mantelmeeuw Great Black-backed Gull, Larus marinus—Meeuwen (Laridae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-f). *Grote stern Sandwich Tern, Sterna sandvicensis—Sterns (Sternidae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-g). *Kleine mantelmeeuw Lesser Black-backed Gull, Larus fuscus—Meeuwen (Laridae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-h). *Noordse stormvogel Northern Fulmar, Fulmarus glacialis—Stormvogels (Procellariidae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-i). *Roodkeelduiker Red-throated Loon, Gavia stellata—Duikers (Gaviidae)*.

Vogelbescherming. (n.d.-j). *Visdief Common Tern, Sterna hirundo—Sterns (Sternidae)*.

Voigt, C. C., Rehnig, K., Lindecke, O., & Pētersons, G. (2018). Migratory bats are attracted by red light but not by warm-white light: Implications for the protection of nocturnal migrants. *Ecology and Evolution*, *8*(18), 9353–9361.

Voigt, C. C., Roeleke, M., Marggraf, L., Pētersons, G., & Voigt-Heucke, S. L. (2017). Migratory bats respond to artificial green light with positive phototaxis. *PLoS One*, *12*(5), e0177748.

Wageningen Marine Research. (2024, November 4). *Jaarlijkse telling: Afname zeehondenpopulatie Waddenzee*. https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/marine-research/show-marine/jaarlijkse-telling-afname-zeehondenpopulatie-waddenzee.htm

Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2005). Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. *Marine Ecology Progress Series*, *288*, 295–309.

Wang, S. V., Wrede, A., Tremblay, N., & Beermann, J. (2022). Low-frequency noise pollution impairs burrowing activities of marine benthic invertebrates. *Environmental Pollution*, *310*, 119899. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119899

Weiffen, M., Möller, B., Mauck, B., & Dehnhardt, G. (2006). Effect of water turbidity on the visual acuity of harbor seals (Phoca vitulina). *Vision Research*, *46*(11), 1777–1783.

Wenger, A. S., Harvey, E., Wilson, S., Rawson, C., Newman, S. J., Clarke, D., Saunders, B. J., Browne, N., Travers, M. J., Mcilwain, J. L., & others. (2017). A critical analysis of the direct effects of dredging on fish. *Fish and Fisheries*, *18*(5), 967–985.

Wiersinga, W., van der Wal, J., Jak, R., & Baptist, M. (2011). *Vier kijkrichtingen voor de mariene natuur in 2040: Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

Wijnhoven, S. (2023). *Berekening van verlies en verstoring van benthisch habitat onder invloed van activiteiten en structuren. Achtergrondrapport ten behoeve van Mariene Strategie deel 1 met betrekking tot KRM beoordelingen D6 (fysieke verstoring benthische habitats) en D7 (hydrografische verstoringen).* Ecoauthor Report Series 2023 - 05, Heinkenszand, The Netherlands.

Wijsman, J. W., Prins, T. C., Moons, J. S., & Herman, P. M. (2023). Changed sediment composition prevents recovery of macrobenthic community four years after a shoreface nourishment at the Holland coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *293*, 108521.

Winter, H. V., Griffioen, A., & van Keeken, O. A. (2014). Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen. *IMARES. In Opdracht van Dienst Landelijk Gebied/ Programma Naar Een Rijke Waddenzee/ De Nieuwe Afsluitdijk. Rapport C035/14.*

Wisniewska, D. M., Johnson, M., Teilmann, J., Siebert, U., Galatius, A., Dietz, R., & Madsen, P. T. (2018). High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (Phocoena phocoena). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *285*(1872), 20172314.

Witbaard, R. (2009). De noordkromp. *De Levende Natuur*, *110*(6), 263–265.

Witbaard, R., Parmentier, B., & Herman, P. (2024). *Distribution of Sandeel (Ammodytes sp.) in the Dutch North Sea* (Nos. 11210234-000-ZKS-0001; p. 34). Deltares.

World Organisation of Dredging Associations. (2013). *Technical Guidance on: Underwater Sound in Relation to Dredging.*

Yurk, H., & Trites, A. (2000). Experimental attempts to reduce predation by harbor seals on out-migrating juvenile salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society*, *129*(6), 1360–1366.

Zamon, J. E., Phillips, E. M., & Guy, T. J. (2014). Marine bird aggregations associated with the tidally-driven plume and plume fronts of the Columbia River. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *107*, 85–95.

Zoetemeyer, R., Daan, N., & van Emmerik, W. (2009). *Veldgids de Nederlandse zeevissen*. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Zoogdiervereniging. (n.d.-a). *Bruinvis—Zeezoogdieren Walvisachtigen*. https://www.zoogdiervereniging.nl/zoogdiersoorten/bruinvis#:~:text=De%20bruinvis%20moet%20boven%20water,minuten%20onder%20water%20te%20verdwijnen.

Zoogdiervereniging. (n.d.-b). *Gewone zeehond*. https://www.zoogdiervereniging.nl/zoogdiersoorten/gewone-zeehond

Bijlagen

A1 Bird monitoring protocol

Bird Monitoring Protocol

Rev No.	Details	Date	Author	Checked

1.0 PURPOSE

This Bird Monitoring Protocol (the “Protocol”) provides a system for monitoring bird activities around off shore platforms and is meant to support the decision-making with respect to clean up and well testing (flaring) during periods of increased bird migration activities.

2.0 SCOPE

This Protocol is applicable to drilling activities in the Dutch Continental Shelf.

3.0 BACKGROUND

Several months a year large flocks of birds cross the North Sea, either coming from the North (Greenland, Iceland or Scandinavia) or the South (Africa, Central/South Europe). Migration levels are typically higher in the period September until April. Bird migration mostly takes place during night time (twilight – dawn).

A possible effect for birds is attraction and sometimes collisions with infrastructure associated with lights and flares. Poor weather such as fog, and low cloud cover can exacerbate the effect of nocturnal attraction to lights.

Flare operations will be planned during day-time. Flaring shall start during day light and ideally stop at dawn to minimize flaring time during the night. If and to the extent flaring has to continue after dawn a bird risk evaluation will take place.

Advice on risk of bird migration will be requested from an independent, qualified bird watcher who is located on-shore. During the period of well testing (flaring) the bird watcher will provide a bird migration risk profile relevant for the drilling location. The flare operations will be adjusted, based on the risk profile.

4.0 RESPONSIBILITIES

Drilling superintendent:

- Responsible to inform all parties on longer term planning of flaring operations.

Drilling supervisor

- Informs the bird watcher not later than 48 hours prior to start flaring
- Has a deciding role with respect to flaring operations

Bird watcher:

- Will be based onshore.
- Will send information and a risk evaluation on bird-migration by e-mail to the Drilling supervisor with cc to the Drilling superintendent.
- Has an advisory role with respect to flaring operations
- Will be independent and qualified as prescribed in the WNB-permit.

Offshore Bird watcher:

- will be appointed when bird migration during the night time is to be expected (medium risk)

- in case birds are coming close to the flare or enter the flare, the bird watcher will inform the Drilling supervisor immediately.

5.0 PROCEDURE

1. Drilling superintendent informs bird watcher 10 days before expected flare operations (1st notification)
2. Drilling supervisor informs bird watcher 48 hours before expected flare operations (2nd notification)
3. Bird watcher sends daily “bird migration risk profile” to drilling supervisor. There are 4 risk categories:
    a. No risk. No active offshore bird monitoring required.
    b. Low risk. No active offshore bird monitoring required. Increased alertness during flare operations.
    c. Medium risk. Continuous monitoring of bird movements required by offshore bird watcher. In case of birds flying close or into the flare, stop flaring operations.
    d. High risk. No flaring allowed.

6.0 CONTACT INFORMATION

Bird Watcher	E-mail
	Tel
Drilling Superintendent	E-mail
	Tel
Drilling Supervisor	E-mail
	Tel

A2 Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Friese Front

Tabel A2-1. Instandhoudingsdoelstellingen Friese Front (ministerie LNV, 2024). Landelijke staat van instandhouding (SVI): + gunstig, - matig ongunstig, -- zeer ongunstig. Doelstellingen: = behoud, > uitbreiding/verbetering.

	Landelijke SVI	Doelst. oppervlak	Doelst. kwaliteit	Doelst. populatie
A199 - Zeekoet	+	=	=	=

A3 Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

Tabel A3-1. Instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000-gebied Noordzeekustzone (Ministerie LNV 2021). Landelijke staat van instandhouding (SVI): + gunstig, - matig ongunstig, -- zeer ongunstig. Doelstellingen: = behoud, > uitbreiding/verbetering.

Instandhoudingsdoelstellingen		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.	Draagkracht aantal vogels
Habitattypen						
H1110B	Permanent overstroomde zandbanken (Noordzee-kustzone)	-	=	>		
H1140B	Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	+	=	=		
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	-	=	=		
H1310B	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	+	=	=		
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	-	=	=		
H2110	Embryonale duinen	+	=	=		
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	-	=	=		
Habitatrichtlijnsoorten						
H1095	Zeeprik	-	=	=	>	
H1099	Rivierprik	-	=	=	>	
H1103	Fint	--	=	=	>	
H1351	Bruinvis	+	=	>	=	
H1364	Grijze zeehond	+	=	=	=	
H1365	Gewone zeehond	+	=	=	=	
H1903	Groenknolorchis	--	=	=	=	
Broedvogels						
A137	Bontbekplevier	-	=	=	20	
A138	Strandplevier	--	>	>	30	
A195	Dwergstern	--	>	>	20	
Niet-broedvogels						
A001	Roodkeelduiker	-	=	=		behoud
A002	Parelduiker	?	=	=		behoud
A017	Aalscholver	+	=	=		1900
A048	Bergeend	+	=	=		520

Instandhoudingsdoelstellingen		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.	Doelst. Pop.	Draagkracht aantal vogels
A062	Toppereend	--	=	=		behoud
A063	Eider	--	=	=		26200
A065	Zwarte zee-eend	-	=	=		51900
A130	Scholekster	--	=	=		3300
A132	Kluut	-	=	=		120
A137	Bontbekplevier	+	=	=		510
A141	Zilverplevier	+	=	=		3200
A143	Kanoet	-	=	=		560
A144	Drieteenstrandloper	-	=	=		2000
A149	Bonte strandloper	+	=	=		7400
A157	Rosse grutto	+	=	=		1800
A160	Wulp	+	=	=		640
A169	Steenloper	--	=	=		160
A177	Dwergmeeuw	-	=	=		behoud

A4 Relevante natuurwaarden

In deze bijlage is per soortgroep beschreven welke beschermde of bedreigde soorten in of nabij het projectgebied voorkomen of verwacht kunnen worden.

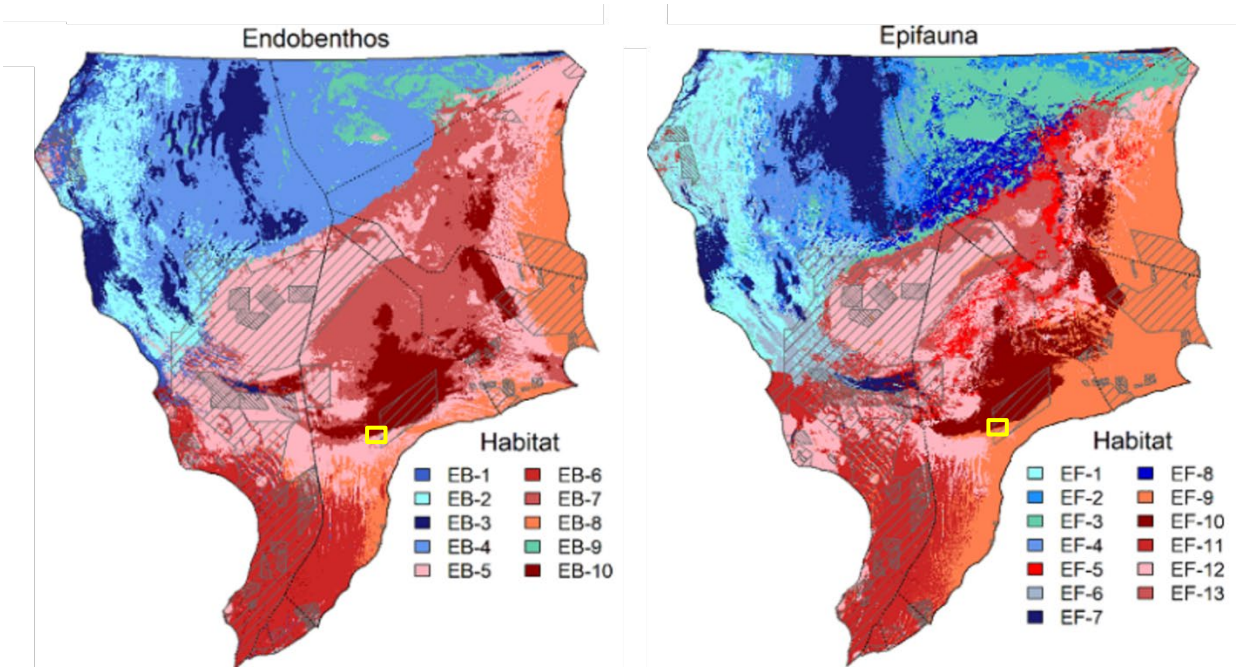
A4.1 Bodemdieren

Benthos is de verzamelnaam voor diverse bodemdieren die samen een gemeenschap vormen. Deze bodemgemeenschap is een samenstelling van endobenthos (levend in de bodem, veelal wormen, vlokreeften en schelpdieren) en epibenthos (levend op de bodem, veelal zeesterren, slangsterren en krabben). Het voorkomen van benthos wordt bepaald door abiotische factoren zoals samenstelling van het sediment, dynamiek van het milieu, troebelheid van het water, waterdiepte, voedselaanbod, organische belasting, predatie en watertemperatuur. Over het algemeen is de biodiversiteit van bodemsoorten hoger in het noordelijk deel van het NCP, met name bij de Doggersbank en Oestergronden (Bos et al., 2011).

In 2021 is een studie gepubliceerd waarin verschillende bodemhabitats in kaart zijn gebracht voor het zuidelijk deel van de Noordzee (Van der Reijden et al., 2021). Bij dit onderzoek is door middel van een statistisch model onderscheid gemaakt tussen bodemgemeenschappen, waarbij een indicatie wordt gegeven van dominante soorten per bodemhabitat en de bepalende factoren die bijdragen aan het vormen van een specifieke bodemgemeenschap.

Endobenthos
Rond het projectgebied komt de endobenthische habitat EB-5 voor (Figuur A4-1, linker kaart). De dominante soorten die in deze habitats leven zijn voornamelijk borstelwormen (*Myriochele spp.*), ringwormen (*Magelona spp.)*, vlokreeften (*Bathyporeia elegans, Bathyporeia tenuipes*) en de draadarmige slangster (*Amphiura filiformis*). Habitat EB-5 wordt gekenmerkt door relatief ondiepe wateren die worden omgeven door diepere wateren met daarbij hoge golfdynamiek waardoor het sediment veel beroerd wordt. Hierdoor is er beperkte stratificatie en een hoge variatie in saliniteit en temperatuur (Van der Reijden et al., 2021).

Epibenthos
Rond het projectgebied komen de epibenthische habitats EF-9 en EF-10 voor (Figuur A4-1, rechter kaart). Deze habitattypen worden, net als EB-5, gekenmerkt als ondiep gelegen gebied omgeven door diepere wateren dat onderhevig is aan een hoge golfdynamiek waardoor het sediment veel beroerd wordt. Hierdoor is er beperkte stratificatie en een hoge variatie in saliniteit en temperatuur (Van der Reijden et al., 2021). In deze habitattypen zijn de volgende soorten veelvoorkomend: verschillende soorten slangsterren (*Ophiura albida, O. ophiura, Amphiura chiajei*), het breedbladig mosdiertje (*Flustra foliacea*), de gewone zeester (*Asterias rubens*), de dodemansduim (*Alcyonium digitatum*), de korfschelp (*Corbula gibba*), de penhoren (*Turritella communis*) en de zeeklit (*echinocardium cordatum*).

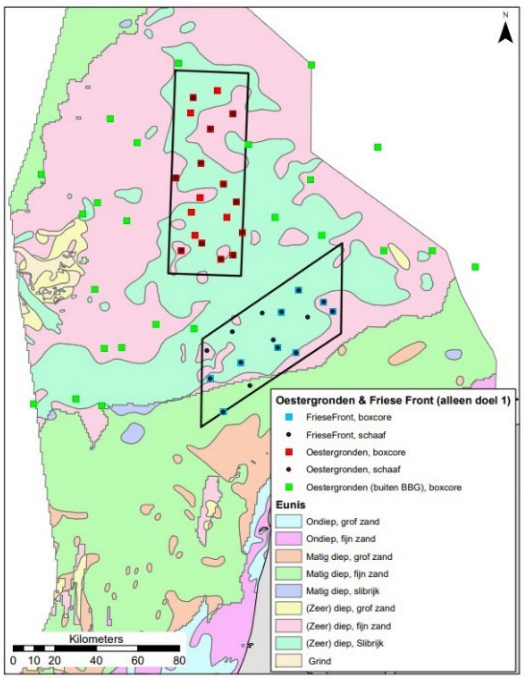


Figuur A4-1. Ruimtelijke distributie van bodemhabitats in de zuidelijke Noordzee. Het projectgebied is indicatief weergegeven met de gele vierkanten. (a) Distributie van endobenthos habitats. Rond het projectgebied komen de habitats EB-5 en EB-8 voor. (b) Distributie van de epifauna habitats. Rond het projectgebied komen de habitats EF-9 en EF-12 voor.

In het Friese front komen waterstromen vanuit het noorden en zuiden samen wat tot een front leidt, waarbij de botsing van deze waterstromingen zorgt voor een lagere stroomsnelheid. Als gevolg kan organisch materiaal dat eerst door de stroming werd meegevoerd, neerdalen op de bodem. Dit zorgt ervoor dat er in het Friese front een voedselrijke bodem en een heterogene sediment verspreiding is, wat voor een rijk en divers bodemleven zorgt (Tiano et al., 2020). Dit rijke bodemleven ligt ongeveer tussen de 30 en 40 meter diep. Daarnaast zorgt het getijdenfront in het gebied voor een lokale verhoging van de primaire productie; dit vormt de bron van de rijke biodiversiteit in het Friese front (Slijkerman et al., 2013).

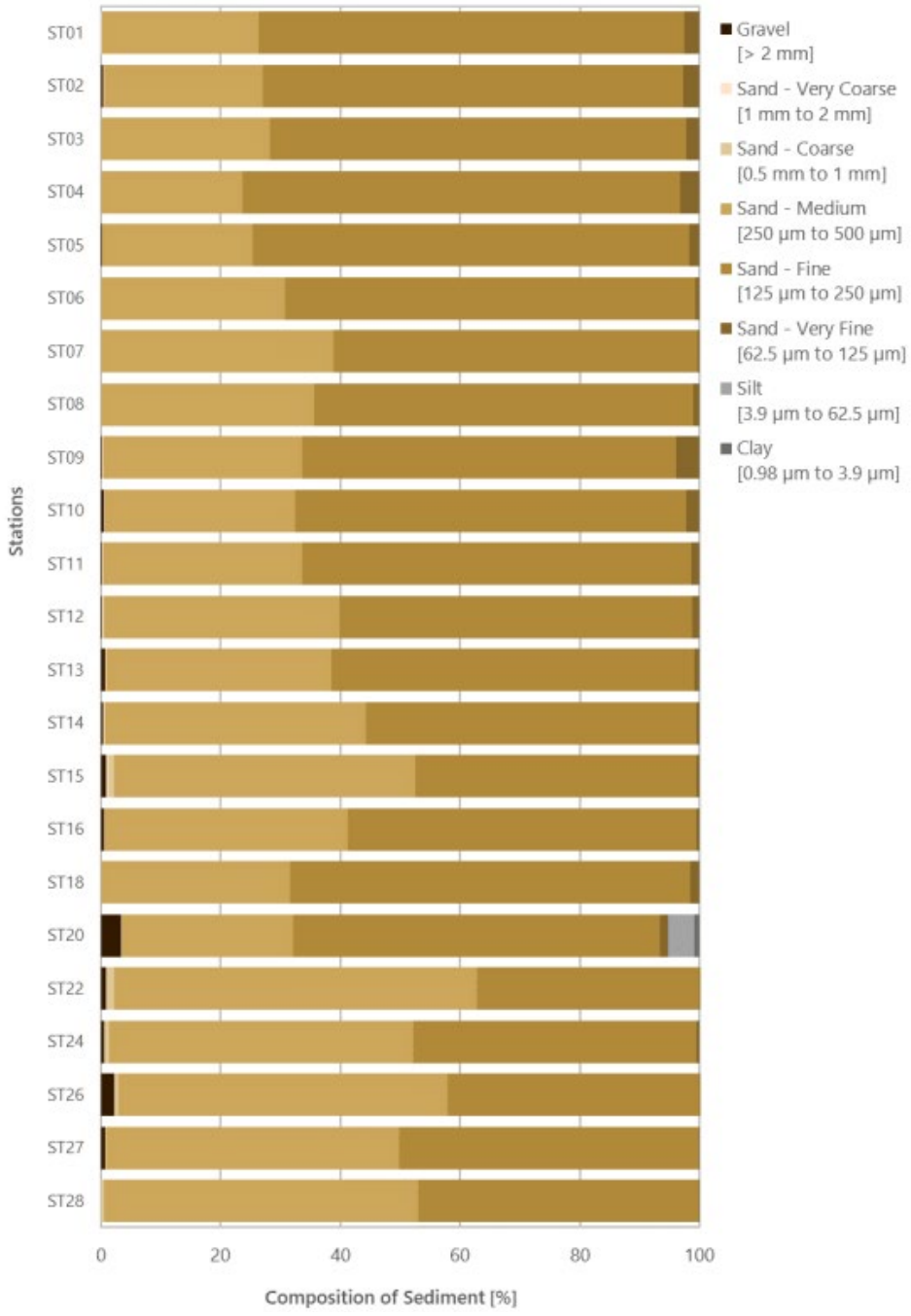
Sedimentsamenstelling

Binnen het Friese front zijn verschillende sedimenttypen te vinden. In het zuiden en noordoosten van het front is het sediment vrij fijn zandig, terwijl het in het midden fijner en slibrijker is (zie Figuur A4-2, Van Asch & Troost, 2014).

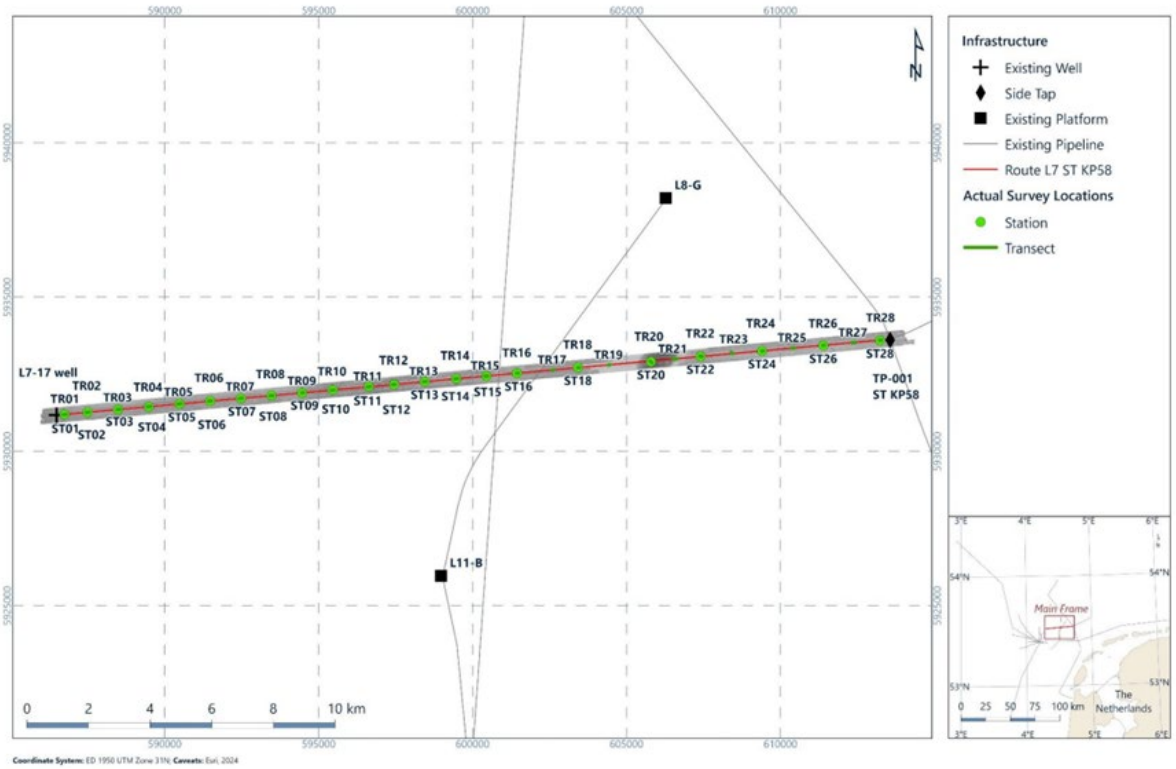


Figuur A4-2. Monsterlocaties en sediment typen op het Friese front en Centrale Oestergronden (van Asch & Troost, 2014).

In opdracht van Eni Energy heeft Fugro daarnaast onderzoek gedaan naar de specifieke sedimentsamenstelling op het tracé van de L7-17 put tot aan het eindpunt van de nieuw aan te leggen zeeleiding (Figuur A4-3). Uit de survey is gekomen dat de compositie van het sediment in het projectgebied grotendeels vergelijkbaar is op elk van de monsterlocaties (Figuur A4-4). Op alle monsterlocaties bestaat het grootste deel van het sediment uit zand (gemiddeld 99,23 %) met kleinere fracties van grind (gemiddeld 0,54 %) en klei/silt (0,23 %). De gemiddelde korrelgrootte van het sediment is 231 µm.



Figuur A4-3. Onderzoekstracé naar de sedimentsamenstelling in het projectgebied (Fugro, 2024).



Figuur A4-4. Compositie van het sediment op de verschillende monsterlocaties binnen het projectgebied (Fugro, 2024).

Karakteristieke soorten

Een factsheet van Fey-Hofstede & Witbaard (2013) beschrijft een aantal karakteristieke soorten in het Friese Front. Onder deze soorten spelen de draadarmige slangster (*Amphiura filiformis*), de moddergarnaal (*Callianassa subterranea*) en de harige molkreeft (*Upogebia deltaura*) een belangrijke rol. Deze gravende bodemdieren bevorderen de uitwisseling van nutriënten vanuit de bodem naar de waterkolom. Daarnaast wordt het Friese Front ook gekenmerkt door grote hoeveelheden schelpdieren (Fey-Hofstede & Witbaard, 2013).

Samenstelling macrobenthos

De studie van Fugro (2024) toont aan dat er in het projectgebied verschillende taxonomische groepen macrobenthos voorkomen (Tabel A4-1). De macrobenthos samenstelling bestaat voor het grootste deel uit individuen van de groepen Annelida (28,1 %), Arthropoda (32,5 %) en Mollusca (36,4 %). Echinodermata komen beperkt voor in het projectgebied (1.1%). Verspreid over de verschillende monsterlocaties zijn de tien meest dominant voorkomende taxa: Halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*), kniksprietkreeftjes (*Bathyporeia elegans* en *B. tenuipes*), Magelona borstelworm (*Magelona johnstoni*), Nepthys borstelworm (*Nephtys cirrosa*), Sigalion borstelworm (*Sigalion mathildae*), rechtsgestreepte platschelp (*Fabulina fabula*), Noordelijke zandkokerworm (*Spiophanes bombyx*), snoerwormen (fylum *Nemertea*) en de vlokreeft (*Pontocrates moorei*).

Tabel A4-1. Taxonomische groepen macrobenthos in het projectgebied (Fugro, 2024).

Taxonomic Group	Number of Taxa	Composition of Taxa [%]*	Abundance	Composition of Individuals [%]*
Annelida	26	33.8	1390	28.1
Arthropoda	30	39.0	1607	32.5
Mollusca	14	18.2	1803	36.4
Echinodermata	4	5.2	53	1.1
Other phyla	3	3.9	95	1.9
Total	**77**	**100**	**4948**	**100**

Notes
Macrofaunal samples were processed through a 0.5 mm sieve
Other phyla include: Cnidaria, Nemertea, and Chordata
* = Percentages expressed to 1 decimal place and, due to numerical rounding, values presented may not equate to 100 %
† = Rationalised data across the survey area, excluding the reference station

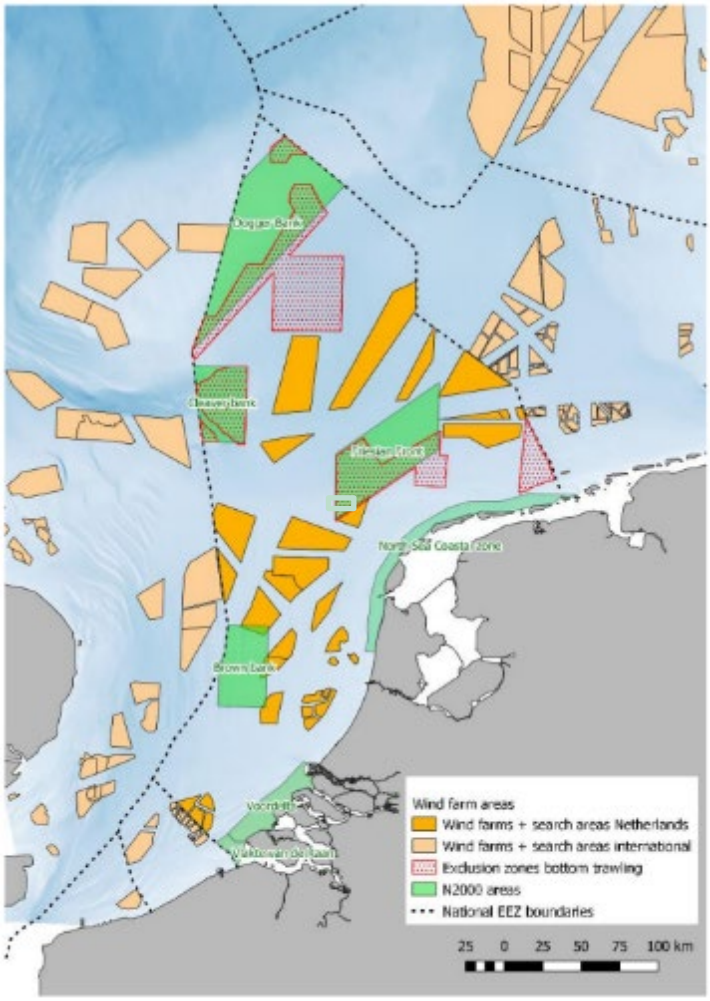
Samenstelling epifauna
De studie van Fugro (2024) toont aan dat de meest voorkomende epifauna soorten in het projectgebied de gewone slangster (*Ophiura ophiura*) en heremietkreeften (*Paguridae*) zijn. Minder algemeen voorkomend zijn zeesterren (*Asteroidea* waaronder *Asterias rubens*, *Astropecten irregularis*), krabben (*Brachyura* waaronder *Corystes cassivelaunus*, *Goneplax rhomboides*, en *Liocarcinus sp.*), anemonen (*Actiniaria* waaronder *Metridioidea*), en zee-egels (*Echinoidea* waaronder *Echinocardium sp., Psammechinus miliaris,* en *Spatangoidea*).

OSPAR soorten
In de OSPAR-lijst zijn een aantal benthos soorten opgenomen, waaronder de noordkromp (*Arctica islandica*), platte oester *(Oestrea edulis*) en purperslak (*Nucella lapillus*). De noordkromp wordt aangetroffen in slibrijke en fijnzandige bodems op dieptes van 20 tot meer dan 100 meter. De dichtheden van de noordkromp zijn het hoogst ten noorden van de Oestergronden en ten zuiden van de Doggersbank. De noordkromp is op dit moment vrijwel verdwenen uit het Friese front, de invoering van een beschermd gebied voor het bodemleven zou voor de noordkromp weinig toevoegen aangezien deze al uit het gebied verdwenen is (Witbaard, 2009). De purperslak komt met name in de kustzone en de deltawateren voor (Gmelig Meyling, et al., 2006). Bos et al. (2019) hebben gekeken naar biogene riffen op de Noordzee. De platte oester is vooral langs de kust van de Delta en in de Waddenzee aangetroffen (Bos et al., 2019). De purperslak komt vooral voor in het intergetijdengebied. In Nederland komt de purperslak in de Zeeuwse wateren voor en bijna niet in de andere kustgebieden (Hoek-van Nieuwenhuizen et al., 2013). De studie van Fugro (2024) toont aan dat er, met de uitzondering van de op één monsterlocatie waargenomen Noordkromp (*Arctica islandica*), geen OSPAR soorten zijn aangetroffen in het projectgebied.

A4.1.1 Rifvormende soorten

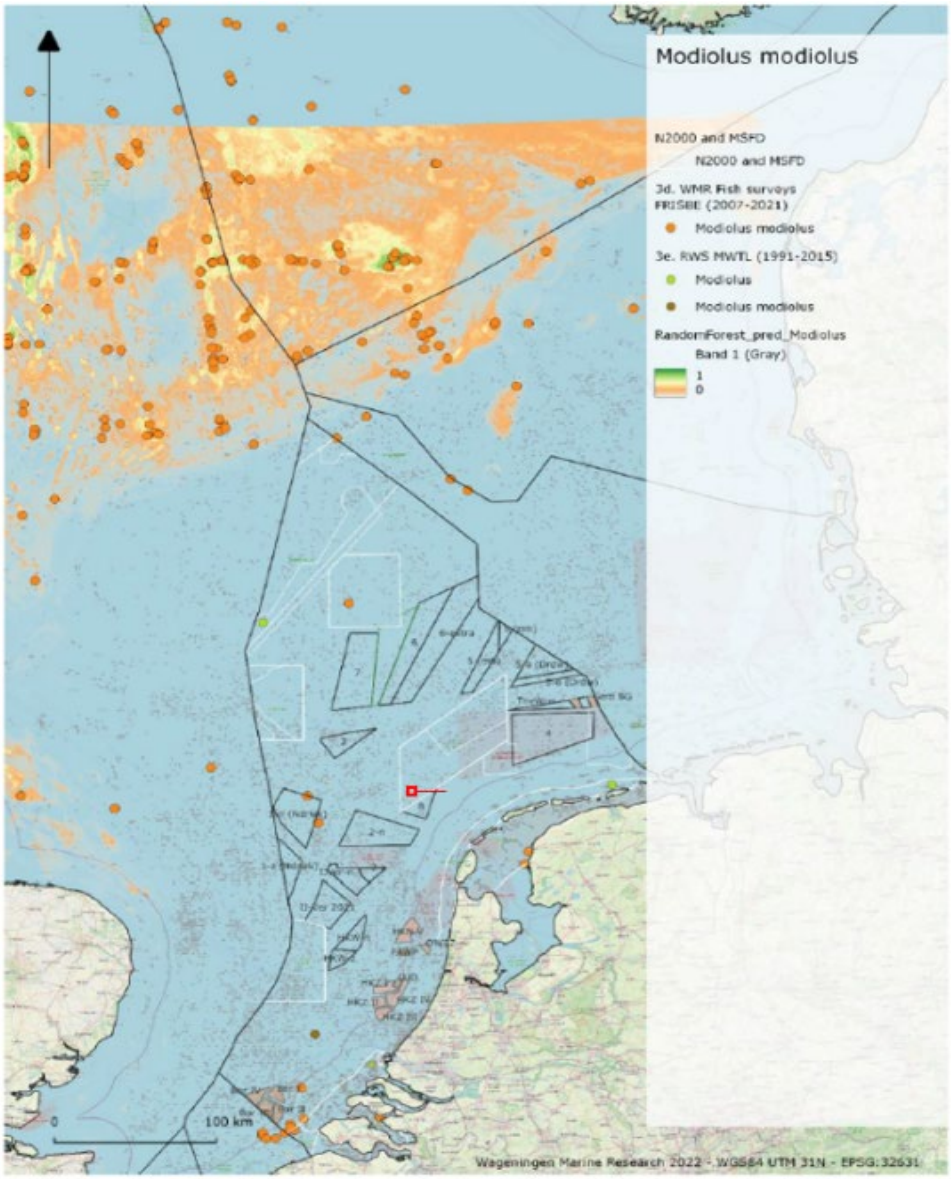
Biogene riffen zijn een van de belangrijkste natuurlijke marine habitats in Noord-Europa. Ze zorgen voor een verhoging in de biodiversiteit (Holt et al., 1998) en waarschijnlijk ook in productie (Peterson et al., 2003). Biogene riffen worden gevormd wanneer er hoge aantallen van de rifbouwende soort aanwezig zijn in de benodigde dichtheden. In de Noordzee zijn er verschillende rifvormende schelpdieren en wormen aanwezig die riffen kunnen vormen. Rifvormende schelpdieren zijn bijvoorbeeld de gewone paardenmossel (*Modiolus modiolus)* en Europese platte oester (*Ostrea edulis*) (Sas, Duren, van, et al., 2023). Voor deze laatste soort

is er momenteel veel aandacht voor herstelprojecten. In het Noordzee akkoord (2020) is afgesproken dat 100 km^2 van het Friese front wordt gereserveerd voor herstelprojecten van de platte oester. De eerste stap richting herstel van biogene riffen in het NCP is het sluiten van gebieden voor bodem beroerende visserij. Een groot deel van het Friese Front wordt gesloten voor bodemberoerende visserij, zie Figuur A4-5.



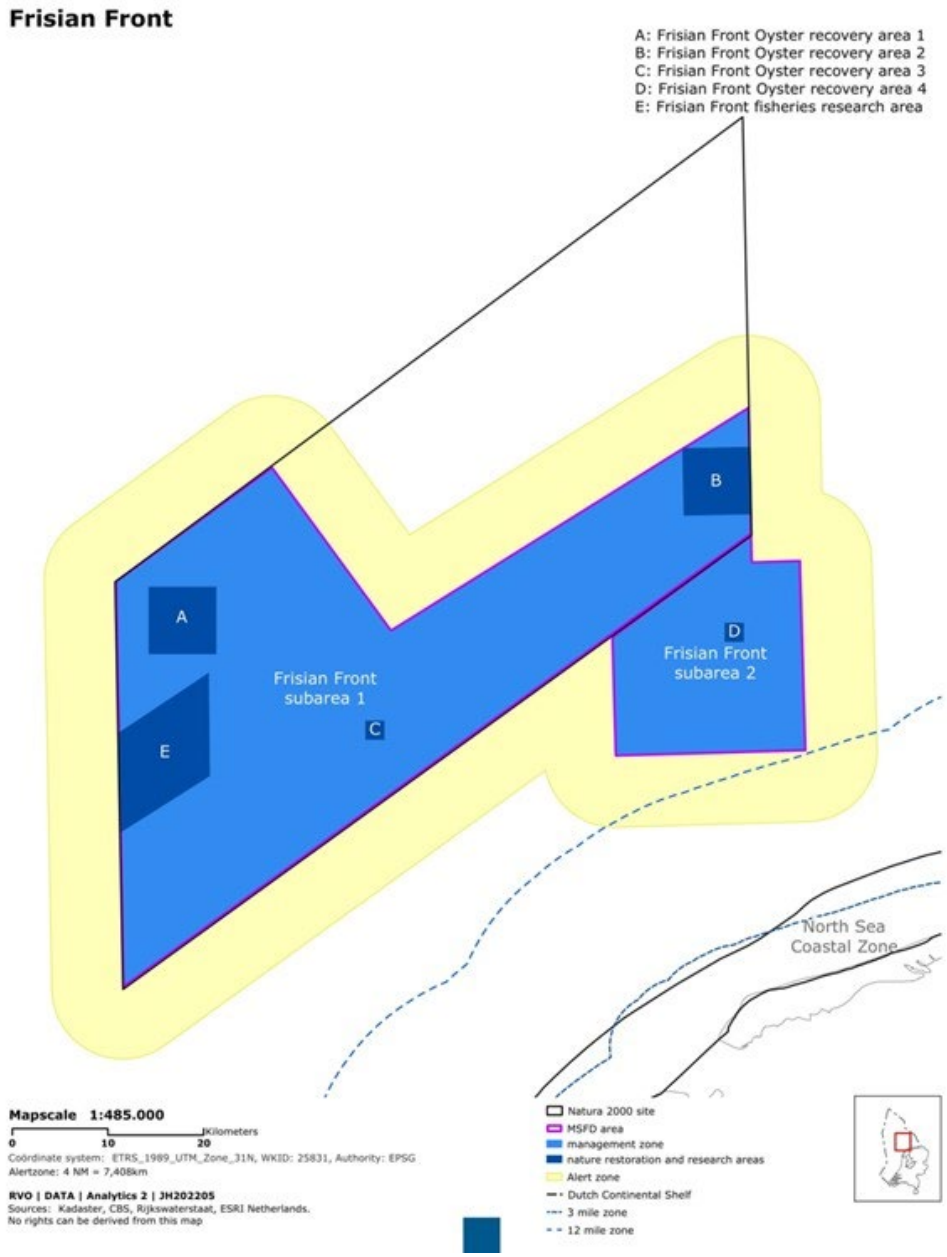
Figuur A4-5. Kaart van het NCP waarin (toekomstige) windmolenparken en sluitingen voor bodem beroerende visserij is te zien (Sas et al, 2023). Het projectgebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

De **gewone paardenmossel** (*Modiolus modiolus)* is ook een rifbouwende soort die in de Noordzee voorkomt. Deze soort houdt van kouder water, en heeft de voorkeur voor modderig tot gravelachtig substraat (Herman & van Rees, 2022a). De meeste modiolus bedden komen dan ook voor in het noordelijk deel van de Noordzee. Er zijn echter ook een aantal bedden voor de Zeeuwse kust, zie Figuur A4-6. De paardenmossel staat vooral onder druk van klimaatverandering en zal met stijgende zeewatertemperaturen waarschijnlijk steeds noordelijker voor gaan komen, zodat hij als het ware uit het NCP gedrukt wordt (Sas, Duren, van, et al., 2023). Uit de studie van Fugro (2024) blijkt dat de gewone paardenmossel niet voorkomt in het projectgebied.



Figuur A4-6. Voorspelde habitat geschiktheid (Herman & van Rees, 2022) en observaties van gewone paardenmossel (Modiolus modiolus). (Bos et al, 2023, in prep) uit Sas et al. (2023). Het projectgebied is indicatief weergegeven met een rood vierkant.

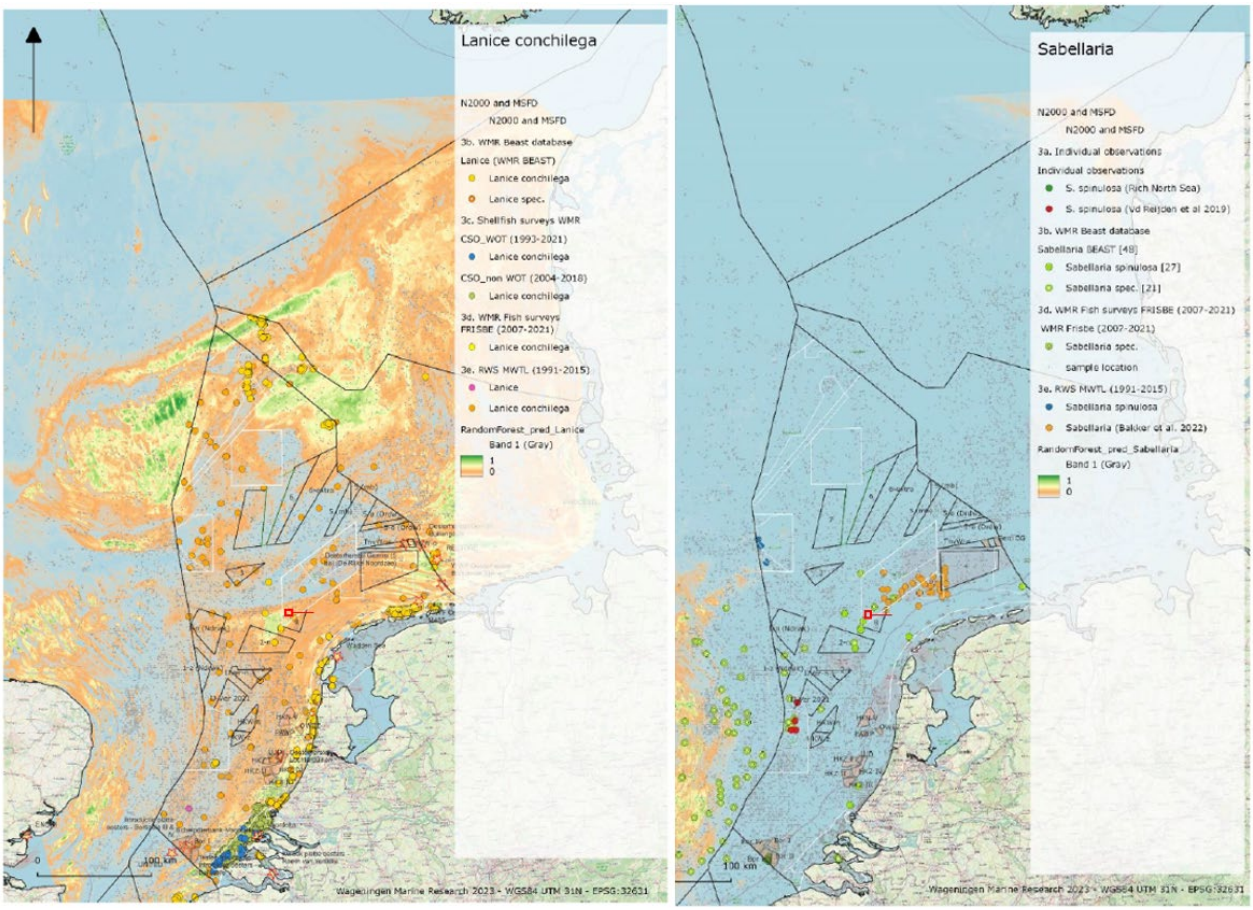
De **Europese platte oester** (*Ostrea edulis*) kwam ooit in grote hoeveelheden voor in de Nederlandse Noordzee. Echter, door ziektes en bodemvisserij, is deze tegenwoordig vrijwel volledig verdwenen. Een aantal natuur- en milieuorganisaties zijn bezig met actieve herstelprojecten (Figuur A4-7). Modellering kaarten die habitat geschiktheid voorspellen geven aan dat het noordelijk deel van het Friese front goed geschikt zou moeten zijn voor de Europese platte oester, maar voor herintroductie moet dan wel eerst een start populatie worden gemaakt en bodemberoerende visserij in het gebied worden gestopt (Sas, Duren, van, et al., 2023).



Figuur A4-7. Oesterherstelgebieden in het Friese Front. A. en B. Oesterherstelgebieden van elk 50 km², C. en D. Pilotgebieden oesterherstel, E. Onderzoek naar impact van bodemberoering.

De **gewone mossel** (*Mytilus edulis*) is een soort die veelvuldig in het NCP voorkomt. Echter komt de gewone mossel in de Noordzee vooral voor op harde substraten, zowel natuurlijke als kunstmatige substraten (wrakken, platforms, en boeien). Op de zeebodem van de Noordzee komen mosselbedden minder vaak voor door het zandige substraat. Hier zal een beginnend mosselbed snel door stormen worden verwijderd. En in meer beschut gebied zal de predatie van vooral zeesterren een gevaar vormen. Daarom komt de mossel in de open Noordzee vaak voor op kunstmatig hard substraat (Sas et al., 2023). In het zuidelijk deel van het Friese front zijn een aantal mosselbed locaties geconstateerd (Figuur A4-8). Uit de studie van Fugro (2024) blijkt dat de gewone mossel niet voorkomt in het projectgebied.

Biogene riffen kunnen ook gevormd worden door marine wormen, zoals, de **schelpkokerworm** (*Lanice conchillega*) en de **gestekelde zandkokerworm** (*Sabellaria spinulosa)* (Figuur A4-8).



Figuur A4-8. Voorspelde habitat geschiktheid (Herman & van Rees, 2022) en observaties van de rifvormende soorten Lanice (Links) en Sabellaria (Rechts). (Bos et al, 2023, in prep) uit Sas et al. (2023). Het projectgebied is indicatief weergegeven met een rood vierkant.

De **schelpkokerworm** (*Lanice conchilega*) is een borstelworm die in Nederland geen beschermde status heeft. Toch speelt deze soort een belangrijke rol voor de habitats H1110 en H1140, die onder de Habitatrichtlijn vallen. Daarnaast is het herstel van biogene rifvormende soorten een van de doelen van de Marine Strategy Framework Directive (MSFD). De schelpkokerworm is volgens onderzoek van Herman & van Rees (2021) de meest voorkomende soort op de Noordzee. Schelpkokerwormen hebben een voorkeur voor ondiepe wateren, welke bijvoorbeeld te vinden zijn bij de Bruine Bank, Doggersbank en kustzones (Bos et al., 2019; Herman & van Rees, 2022a). Volgens de habitat geschiktheidskaarten uit Sas et al. (2023) (Figuur A4-8, links) is er een aannemelijke kans dat de schelpkokerworm ook in het projectgebied voorkomt, omdat ze hebben een voorkeur voor zandige tot modderachtige habitats met een matige tot hoge

hydrodynamiek, waar ze profiteren van de toevoer van voedsel en zuurstof. Deze omstandigheden komen in het projectgebied voor. Hier kan de schelpkokerworm buizen bouwen van zandkorrels en schelpfragmenten die boven de zeebodem uitsteken. Schelpkokerwormen kunnen op deze manier de structuur en functie van de zeebodem beïnvloeden door hun buizenbouw en filteractiviteit. De biogene riffen die ze bij hoge dichtheden bouwen trekken veel andere soorten aan. Daarnaast is deze soort zeer algemeen en is aangepast aan een zeer dynamische omgeving, waarbij er zelfs aanwijzingen zijn dat deze meer voorkomt bij hogere visserij intensiteit (door relatief hoog herstelvermogen ten opzichte van andere soorten) (Herman & van Rees, 2022a). Schelpkokerwormen spelen dus een belangrijke rol in de ecologie en geomorfologie van zandige kustsystemen (Sas et al., 2023).

De **gestekelde zandkokerworm** (*Sabellaria spinulosa*) is een andere biogene rif bouwer die in het NCP voorkomt (Figuur A4-8, rechts). De gestekelde zandkokerworm is een filter/detritusfeeder die een hardsubstraat en grote hoeveelheden langs de bodem bewegend zand nodig heeft om te settelen. Ze komen dus vaak voor in gebieden met een hoge bodem turbulentie/dynamiek. De gestekelde zandkokerworm heeft geen wettelijke bescherming in Nederland, maar er zijn wel maatregelen om de soort te behouden en te herstellen. Dit komt omdat gestekelde zandkokerworm een kenmerkende soort is voor habitattype H1110 volgens de Nederlandse toepassing van de Habitatrichtlijn. De soort wordt vermeld als een rif vormende soort voor habitattype H1170, het staat op de OSPAR-lijst en er is een milieudoelstelling voor het herstel van biogene rif vormende soorten in het kader van de Nederlandse KRM (Sas, Duren, van, et al., 2023). De gestekelde zandkokerworm komt als soort in bijna heel Europa voor. Toch zijn volgens van Duren et al. (2016) grootschalige riffen van de gestekelde zandkokerworm zeldzaam in de EEZ.

De vorming van de riffen gebeurt alleen onder specifieke omstandigheden, met name in gebieden met hoge dynamiek en voldoende zandtoevoer en een hard/grind substraat (Herman & van Rees, 2022b). Uit modellen van de geschiktheid van het leefgebied blijkt dat de meest geschikte gebieden zich bevinden langs de kust van Groot-Brittannië.

Riffen van de gestekelde zandkokerworm zijn aangetroffen bij de Bruine Bank en mogelijk ook bij het Friese Front, waar ze zich lijken te hechten aan Spisula-schelpen (Van der Reijden et al., 2019). Bakker et al. (2023) hebben dit bevestigd met een recente survey. Het is nog onbekend of deze gestekelde zandkokerwormen samenstellingen voldoende dicht zijn om als riffen te functioneren. Kleine groepen van gestekelde zandkokerwormen zijn gevonden op kunstmatige harde substraten zoals windturbines, scheepswrakken of op aangelegde oesterbanken (Bos et al., 2019). Deze substraten kunnen fungeren als steunpunten voor de verspreiding van gestekelde zandkokerwormen in de gebieden waar de natuurlijke riffen zijn verdwenen (Sas, Duren, van, et al., 2023). De soort is niet aangetroffen in het projectgebied tijdens de milieustudie van Fugro (2024).

A4.2 Vissen en vislarven

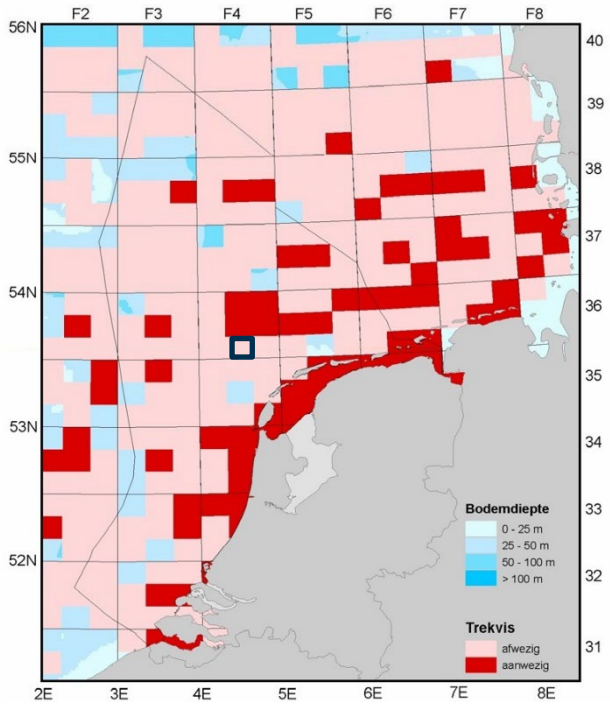
De Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone is aangewezen voor de vissen zeeprik, rivierprik en fint. Daarnaast zijn er onder het soortengedeelte van het Bal van de Ow slechts een klein aantal vissen beschermd, zoals steur en noordzeehouting. Ook zijn de vissen en vislarven van meerdere soorten van belang wanneer dit soorten betreft die relevant zijn als voedselbron voor de beschermde zeezoogdieren en vogels zoals de zeekoet (A199).

A4.2.1 Trekvissen

Veel vissoorten trekken als onderdeel van hun levenscyclus van zout naar zoet water om te paaien of andersom, dit worden diadrome vis soorten genoemd. In Nederland wordt deze migratie tussen de rivieren en de zee vaak bemoeilijkt door de vele dammen, gemalen en sluizen in ons watersysteem. Voor de natura-2000 gebieden Noordzeekustzone zijn de aangewezen vis soorten Zeeprik (*Petromyzon marinus*), Rivierprik (*Lampetra fluviatilis)* en Fint (*Alosa fallax).* Voor deze soorten geld een gebiedsbescherming onder de habitatrichtlijn Bijlage II. Daarnaast zijn er ook soorten die onder de omgevingswet horen en soortbescherming hebben, dit zijn soorten zoals steur (*Acipenser sturio*) en Noordzeehouting (*Coregonus oxyrinchus*). Al deze vissen zijn diadrome soorten. Deze trekvissen brengen een groot deel van hun leven door in zout water. Voortplanting vindt plaats in zoet water, waarvoor de vissen de rivieren op trekken.

Over het voorkomen van de steur, houting, zeeprik, rivierprik en fint op zee is weinig bekend en kwantitatieve gegevens ontbreken. Ter Hofstede & Baars hebben in 2006 een cumulatieve verspreidingskaart gemaakt van alle trekvissen op het NCP (Figuur A4-9) (Ter Hofstede & Baars, 2006). In de literatuurstudies door van Emmerik (2016) en Winter et al. (2014) worden de bovengenoemde trekvissen beschreven als zeer zeldzaam op open zee.

De verdere beschrijving van deze voorkomende soorten is hieronder verder uitgewerkt en ook of deze in het projectgebied voorkomen. Naast de Natura-2000 en de OW stelt ook de Kaderrichtlijn water ecologische doelen om de vismigratie te verbeteren. Recent zijn er in de EU Green Deal doelen geformuleerd over vrij stromende rivieren. Dit is vooral voor Nederland belangrijk aangezien wij het hoogste aantal migrerende vis soorten in Europa hebben die rivieren op trekken (CBS et al., 2022). In Nederland is de zuidwestelijke delta een van de grootste kruispunten van zoet en zout water vissen omdat de drie grote rivieren (Rijn, Maas en Schelde) hier uitmonden. Ook de Noordzeekustzone en Waddenzee zijn belangrijke gebieden voor trekvissen die richting het IJsselmeer trekken. En met de (deels)opening van de Haringvleet sluizen in 2018 is er een start gemaakt voor de terugkeer van een natuurlijke brakke zone en Estuarium van de Rijn. Daarnaast moet de Vismigratierivier in de afsluitdijk de migratie tussen de Waddenzee en het IJsselmeer bevorderen. Dit kan een belangrijke stap vooruit zijn voor veel trekvissen in de Nederlandse delta (Visser et al., 2020).



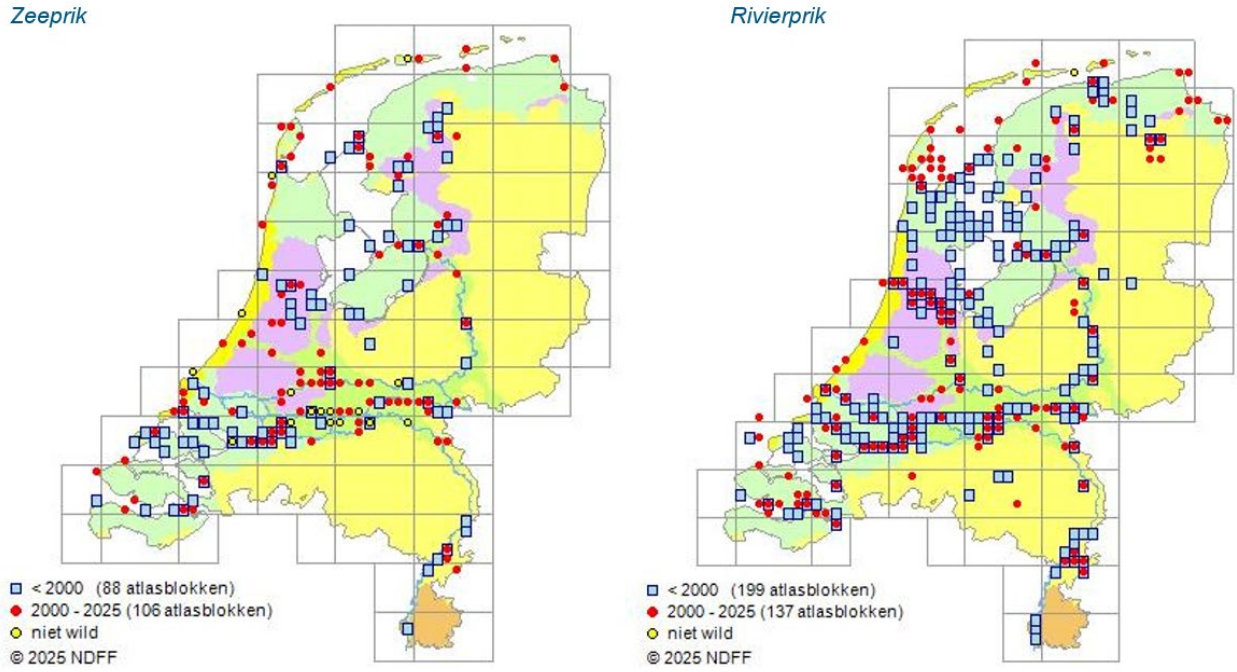
Figuur A4-9. Verspreiding van trekvissen, waaronder Atlantische zalm, elft, fint, rivierprik en 1996-2005 (Ter Hofstede & Baars 2006) waarbij een eenmalige vangst al wordt gemarkeerd als aanwezig. Het projectgebied is indicatief weergegeven met het blauwe vierkant.

Zeeprik

Anders dan zijn naam doet vermoeden verblijft de zeeprik niet het grootste groot deel van zijn leven op zee. Zijn larvale stadium die de zeeprik in de rivier doorbrengt, zit hij in gegraven in het rivierbed en kan zes tot acht jaar duren (Maitland, 2003). Zodra ze het larvale stadium hebben gepasseerd migreren de zeeprikken van hun zoetwater kraamkamer naar open zee. Hier verblijven ze twee tot vier jaar waarna ze tussen februari en juni terug richting zoetwater trekken om in de rivieren en beken te paaien. In deze periode zijn ze dus terug te vinden in de voordelta en de kust zone. Na het paaien sterven de volwassen dieren. Verder is er nog weinig bekend over het migratie gedrag van de zeeprik in Nederland wat bescherming moeilijk maakt (van Kessel et al., 2022). De zeeprik is zeer zeldzaam op open zee en iets minder zeldzaam langs de kust (Figuur A4-10) (van Emmerik, 2016; Winter et al., 2014). Volwassen exemplaren leven parasitair in zee en leven vooral op grotere vissen, maar ook op bruinvissen en andere walvisachtigen (Ministerie van Economische Zaken, 2008b). Zeeprikken komen voornamelijk voor in grote rivieren en in de kustzones. De landelijke staat van instandhouding van de zeeprik is matig ongunstig. Het plangebied is geen vast rust- of verblijf- of voortplantingsplaats van de soort. Het is onwaarschijnlijk dat de zeeprik in het plangebied voorkomt.

Rivierprik

De rivierprik is zeer zeldzaam op open zee, maar langs de kust en vooral in brak water wordt de soort vaker aangetroffen (Figuur A4-10) (van Emmerik, 2016; Winter et al., 2014). De Voordelta maakt onderdeel uit van het foerageer- en leefgebied van de rivierprik. De rivierprik komt met name in de maanden december en januari in volwassen stadium voor rond de Nederlandse kust. Dit is de periode dat de rivierprik vanuit zee richting het zoetwater trekt om te paaien (Rijssel & Winter, 2022). De paaiplaatsen van prikken liggen bovenstrooms in de rivier. Jonge rivierprikken filteren algen en organisch materiaal en voeden zich daarmee. Volwassen exemplaren kunnen zowel parasitair leven in zee of als roofvis jagen op kleine vissoorten zoals haring en kabeljauwachtigen (Ministerie van Economische Zaken, 2008a). De landelijke staat van instandhouding van de rivierprik is matig ongunstig. Het plangebied is geen vast rust- of verblijf- of voortplantingsplaats van de soort. Het is onwaarschijnlijk dat de rivierprik in het plangebied voorkomt.



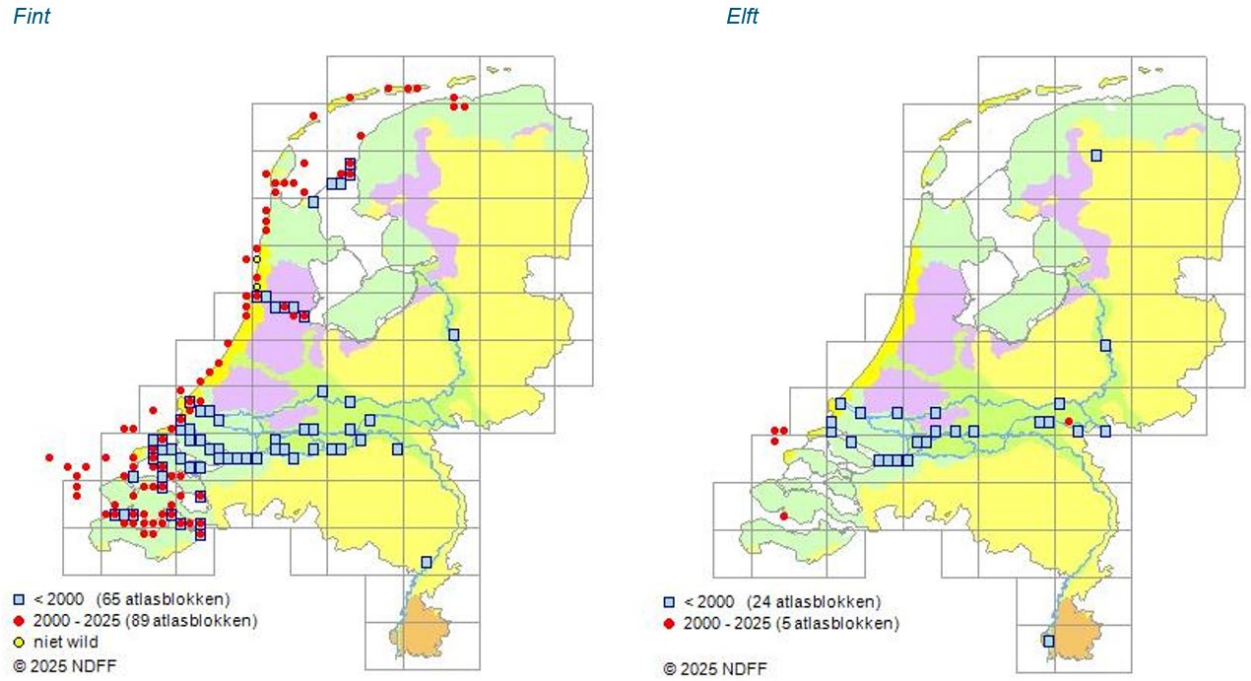
Figuur A4-10. Verspreidingskaarten van de zeeprik (links) en rivierprik (rechts). Verkregen van www.verspreidingsatlas.nl.

Elft

De elft is een haringachtige vis (*Clupidae)* en is een inheemse soort in de Benelux. Net als andere trekvissen brengen volwassen elften een groot gedeelte van hun leven door op zee en trekken doorgaans stroomopwaarts om te paaien (Figuur A4-11, rechts). Van de elft is bekend dat deze paait in de hogere uitlopers van de Rijn (nabij Koblenz) (De Groot, 2002). Net als bij andere trekvissen hebben de aanleg van stuwen en dammen impact gehad op het vermogen van de elft om te reproduceren (Baglinière et al., 2003). De elft komt voor in kustwateren, delta's en open zee (de Mesel et al., 2007). De landelijke staat van instandhouding voor de elft is zeer ongunstig. Het plangebied is geen vast rust- of verblijf- of voortplantingsplaats van de soort. Het is onwaarschijnlijk dat de rivierprik in het plangebied voorkomt.

Fint

De fint wordt vaker aangetroffen in zee dan de andere beschermde vissen, maar van een stabiele populatie is geen sprake (van Emmerik, 2016; Winter et al., 2014). Met name de kustzones zijn een belangrijk foerageer- en leefgebied voor de soort (Figuur A4-11, links). De fint trekt tot het gebied waar het getij nog merkbaar is. Daarom worden met name langs de kust en in de Waddenzee soms grote hoeveelheden juveniele exemplaren waargenomen, vermoedelijk afkomstig uit het buitenland. Volwassen exemplaren op open zee zijn zeldzamer (Patberg et al., 2005). De landelijke staat van instandhouding van de fint is zeer ongunstig. Het plangebied is geen vast rust- of verblijf- of voortplantingsplaats van de soort. Het is onwaarschijnlijk dat de rivierprik in het plangebied voorkomt.



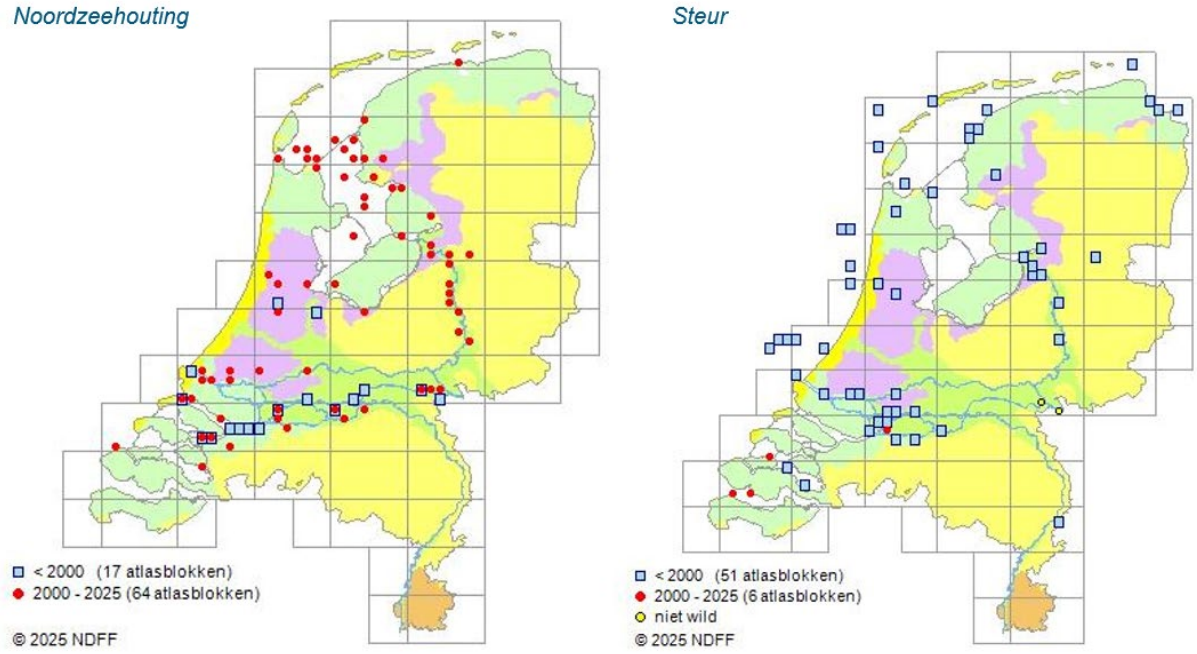
Figuur A4-11. Verspreidingskaarten van de fint (links) en elft (rechts). Verkregen van www.verspreidingsatlas.nl.

Noordzeehouting

De Noordzeehouting verdween in de 20e eeuw uit onze rivieren en kustwateren. Door herintroductie van de soort tussen 1999 en 2006 worden er inmiddels weer incidenteel Noordzeehoutingen in rivieren en de Waddenzee gevangen (Figuur A4-12, links). Door gebrek aan open verbindingen met de Noordzee groeit in Nederland een groot deel van de Noordzeehoutingen op in het IJsselmeer en verblijven hier ook als volwassenen (Winter et al., 2014). De Noordzeehouting komt op de Noordzee vooral voor langs de kustwateren, aangezien de soort brak water prefereert. Er zijn geen aanwijzingen dat de Noorzeehouting voorkomt in het projectgebied.

Steur

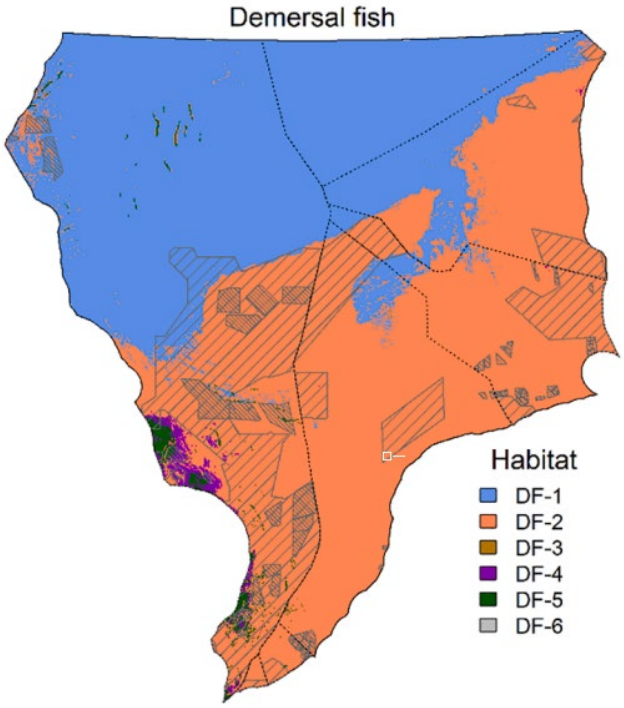
De Europese steur (*Acipenser sturio*) kwam in het verleden in alle kustwateren en grote rivieren van noordwest Europa voor. De Rijn was vroeger een van de hoofd rivieren waar de steur voorkwam. In de jaren 50 van de 20ste eeuw was de laatste steur uit de Rijn gevist. De steur heeft een ingewikkelde levenscyclus, waarbij het meerdere malen van zoet naar zout water migreert (Visser et al., 2020). In de afgelopen decennia wordt geprobeerd deze soort te herintroduceren (Daan, 2000). Zo is er in diverse Europese rivieren steur uitgezet. Specifiek in Nederland zijn in 2012, 47 individuen uitgezet in de Nieuwe Maas en de Rijn ter hoogte van Kekerdom en in 2015 nog eens 53 individuen in de Rijn nabij de Duitse grens. Al deze dieren zijn naar zee getrokken. De steur komt daarom voornamelijk voor in de kustzones en mogelijk ook op open zee (Figuur A4-12, rechts). Een tracking studie door (Vis et al., 2016) bracht de migratie van Europese steuren in kaart. Recent zijn er ook meldingen van vangsten van steur in de Delta (Sportvisserij Nederland, 2023). Er zijn geen aanwijzingen dat de steur voorkomt in het projectgebied.



Figuur A4- 12. Verspreidingskaarten van de Noordzeehouting (links) en steur (rechts). Verkregen van www.verspreidingsatlas.nl.

A4.2.2 Overige vissen

Onderzoek door Van der Reijden et al. (2021) heeft verschillende demersale visgemeenschappen in kaart gebracht in de Noordzee. De demersale visgemeenschap op het NCP is uniform, met een ander voorkomen van een visgemeenschap rond in het uiterst noordelijke deel van de Doggerbank en het noordoostelijk deel de oestergronden (Figuur A4-13). Nabij het projectgebied komt de demersale visgemeenschap DF-2 voor (Van der Reijden et al., 2021). De meest bepalende factoren voor het vormen van deze visgemeenschap is dat er nauwelijks stratificatie van de waterkolom voorkomt in combinatie met minder stabiele bodemtemperaturen en golven gedreven schuifspanning (Van der Reijden et al., 2021). Hier zijn soorten als schar (*Limanda limanda*), schol (*Pleuronectes platessa*), dwergtong (*Buglossidium luteum*) en schurftvis (*Arnoglossus laterna*) het meest dominant. Dit is een zeer algemene soortengemeenschap die voorkomt op het NCP (Van Der Reijden et al., 2021). Deze soorten kunnen als voedselbron dienen voor zeezoogdieren als zeehonden en bruinvissen.



Figuur A4-13. Ruimtelijke distributie van demersale visgemeenschappen in de zuidelijke Noordzee (Van Der Reijden et al., 2021). Het projectgebied is indicatief weergegeven met een wit vierkant.

Zandspiering
Zandspiering is een kleine algemene vissoort die een sleutelrol speelt in het voedselweb van de Noordzee. De soort is van groot belang voor zeevogels, het broedsucces is direct afhankelijk van zandspiering. Zandspiering is niet alleen voor veel zeevogels een hele belangrijke prooi, maar ook voor zeezoogdieren in de Noordzee, zoals bruinvissen, dwergvinvissen en de gewone en grijze zeehond.

Door de afwezigheid van een commercieel belang is er in Nederland nooit veel onderzoek naar zandspiering gedaan. Er zijn op dit moment (nog) geen verspreidingskaarten beschikbaar van deze soort. Er wordt vanuit gegaan dat de zandspiering overal in de Noordzee kan voorkomen en dus ook in het gebied waar activiteiten plaatsvinden.

A4.2.3 Vislarven

Van Damme et al. (2011) hebben de distributie van viseieren en larven in de zuidelijke Noordzee tussen april 2010 en maart 2011 in kaart gebracht. Uit deze studie blijken vislarven met name langs de kust voor te komen in hoge dichtheden en in de zuidelijke bocht. De vislarven komen vooral tussen januari en mei in hoge concentraties voor. Vislarven van meerdere soorten zijn relevant als voedselbron voor zeezoogdieren en vogels.

A4.3 Zeezoogdieren

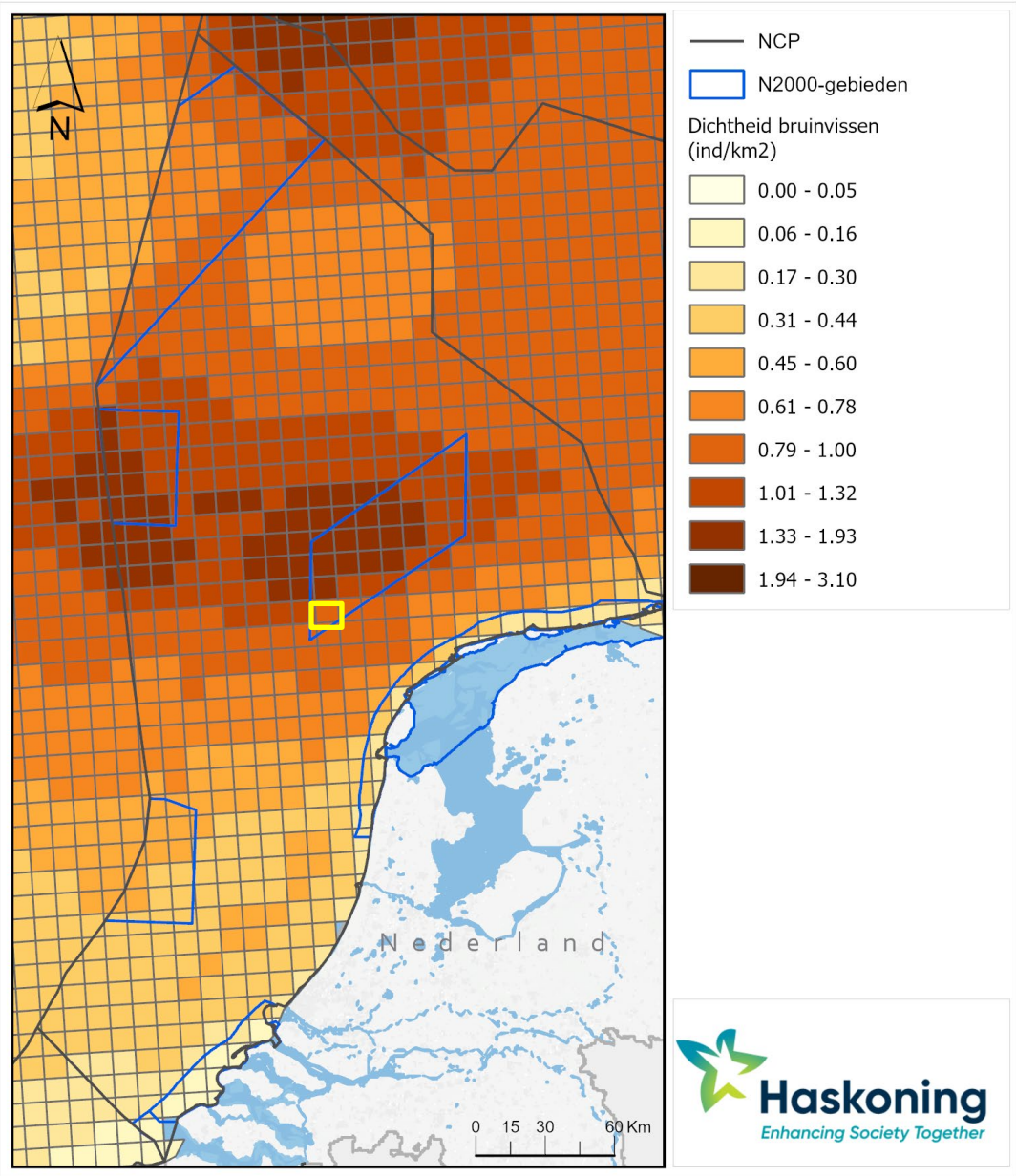
A4.3.1 Bruinvis

De bruinvis (*Phocoena phocoena*) is een kleine walvisachtige die leeft in de gehele Noordzee en is beschermd via de Habitatrichtlijn bijlage IV. In de Ow vindt bescherming plaats onder artikel 11.46 (Bal). De bruinvis is ook opgenomen in de OSPAR-lijst van bedreigde diersoorten en valt onder ASCOBANS. De Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Klaverbank zijn aangewezen gebieden voor de bruinvis. Op de Doggersbank worden bruinvissen beschermt onder het habitattype “zandbanken”, omdat hier een grote diversiteit aan bodemdieren voorkomt.

Omvang en verspreiding
De populatie bruinvissen op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) wordt geschat op 62.771 dieren (Gilles et al., 2020; Heinis et al., 2025). Het NCP herbergt tenminste minimaal 14% (juli) tot maximaal tenminste 48% (maart) van de totale Noordzeepopulatie bruinvissen (Geelhoed et al., 2014; Geelhoed & van Polanen Petel, 2011). Het aantal bruinvissen op het NCP vertoont dus veel seizoensvariatie, maar ook veel ruimtelijke variatie.

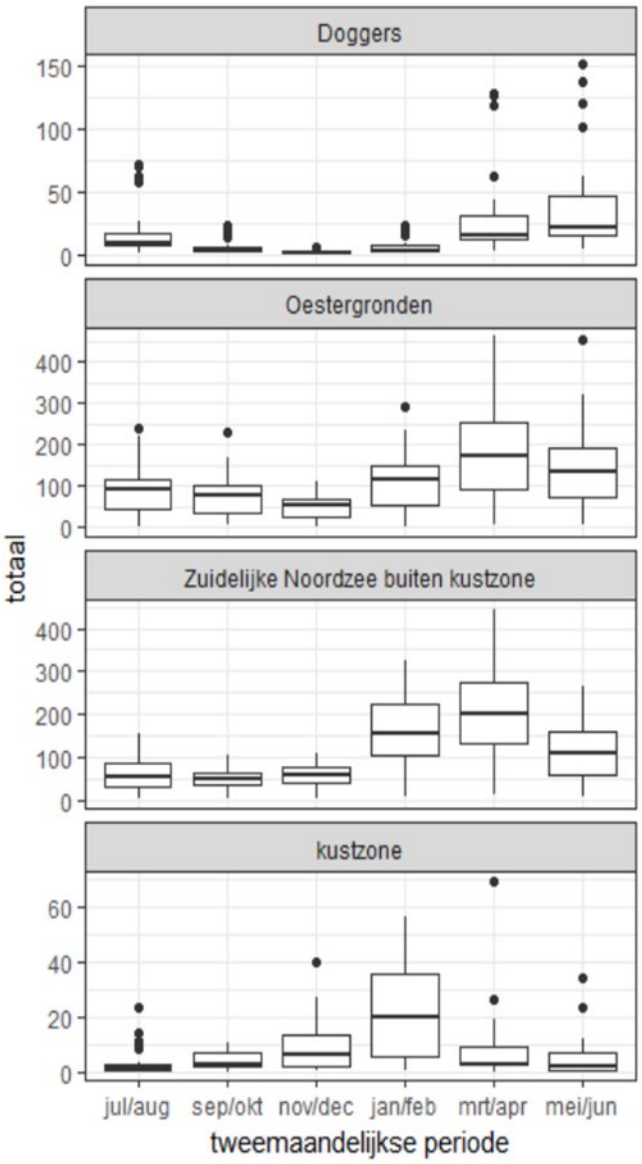
Gilles et al. (2025) hebben voor de bruinvispopulatie op de Noordzee een vernieuwd dichtheids- en distributiemodel ontwikkeld op basis van data van de SCANS-IV surveys uit Gilles et al. (2023). De surveys zijn uitgevoerd in de zomer van 2022. Op de Noordzee worden de hoogste dichtheden verwacht rondom de Doggerbank, het Friese Front, het noordoosten van de Schotse Noordzee (ten zuiden van Orkney) en in het noordelijke gedeelte van het Kattegat. Op basis van eerdere SCANS-surveys is door de jaren heen een verschuiving waargenomen met lagere dichtheden in de Grote Belt tussen Denemarken, Duitsland en Zweden en langs de oostelijke kust van Engeland en zuidoostelijke kust van Schotland en hogere dichtheden richting Het Kanaal tussen Engeland en Frankrijk. Verder naar het zuiden in de richting van Spanje en Portugal zijn de dichtheden over het algemeen lager.

Op basis van de data uit Gilles et al. (2025) is door Haskoning in kaart gebracht waar de populatiedichtheden op het NCP het hoogst waren (Figuur A4-14). De hoogste dichtheden zijn aangetoond in het zeegebied tussen Natura 2000-gebieden Klaverbank en Friese Front. De resultaten op basis van dit model worden gebruikt als input voor de bruinvis dichtheid in het plangebied. Er worden 0,79-1,00 bruinvissen per km^2 in het plangebied verwacht (Figuur A4-14).



Figuur A4-14. Verwachte bruinvis dichtheden (ind/km^2) in de Noordzee in de zomer. Deze dichtheidskaart is door Haskoning gebaseerd op data verkregen uit Gilles et al. (2025). Het projectgebied is indicatief weergegeven met het gele vierkant.

De bruinvismonitoring van Nederland heeft deze seizoensverschillen ook opgemerkt en heeft vier locaties met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat de bruinvissen in de loop van de lente/zomer naar het noorden migreren. Redenen hiervoor zijn nog vrij onbekend. Het zou kunnen gaan om veranderingen in voedselaanbod, of het opzoeken van rustigere wateren in verband met de geboorten van kalven in de zomer (Soldaat & Poot, 2019) (Figuur A4-15).



Figuur A4-15 Seizoensgebonden voorkomen van bruinvissen in vier regio's op het NCP (Soldaat & Poot, 2019).

Foerageerplaatsen in het NCP

De bruinvis heeft een gevarieerd dieet van zowel pelagische als benthische soorten. Foerageergedrag wordt vaak waargenomen in sterk turbide gebieden, en waar hoge stroom snel heden voorkomen door botsing van getijden stromen, ook fronten die de scheiding vormen tussen gestratificeerde en gemixte wateren en upwelling zones. Een van deze gebieden is het Marsdiep tussen Texel en Den Helder, ook komen jagen bruinvissen soms erg dicht bij de kust. Kustgebieden die frequent worden bezocht door foeragerende bruinvissen kenmerken zich vaak door diverse en complexe bathymetrie, substraat en vis gemeenschappen. De complexiteit van deze kustzones beïnvloedt het foerageergedrag van de bruinvis. Zo kan het zijn dat bruinvissen in het ene gebied zich hebben gespecialiseerd op een specifieke vis soort,

terwijl andere bruinvissen zich juist generalistisch opstellen als het gaat om foerageergedrag (Camphuysen & Siemensma, 2011). In de Noordzee is de bruinvis dan ook de meest voorkomende walvisachtige. Waar de bruinvis goed gedijd vanwege de vele temperatuur fronten en front structuren die ontstaan zijn door het mixen van water bij de uitstroom van de Oostzee, en de instroom van de Atlantische oceaan vanuit het noorden en vanuit Het Kanaal (Otto et al., 1990). Dit zorgt ervoor dat de Noordzee een dynamisch systeem is waar de bruinvis goed gedijt.

Geboortegronden
Bruinvissen paren in de zomerperiode van juni tot augustus, met een draagtijd van 11 maanden worden de meeste jongen dan ook geboren in Juli. Bruinvissen zijn over het algemeen solitaire of in kleine losse groepjes (2-8) van jonge dieren gezien, dit is anders dan de meeste cetaceeën (walvisachtigen), echter wanneer je er twee samen ziet zijn dit vaak moeder en kalf, de kalven blijven tot acht maanden zogen. Kalven worden in het eerste jaar opgeleid om zelf voedsel te vinden, dit zijn vaak kleine vissen zoals haring, wijting en sprot en bodem dieren zoals zandspiering, krabben, wormen en grondels (Ecomare, 2024). Bruinvissen zijn erg mobiel en kunnen zich snel aanpassen als er veranderingen in voedselaanbod optreden. Ze zijn hiermee een goede indicator voor het voedsel systeem. Daarnaast zijn bruinvissen ook een soort die erg gevoelig is voor menselijk handelen in het ecosysteem. Bruinvissen zijn gevoelig voor oppervlakteverlies, verontreiniging en verstoring door geluid, trilling, licht en mechanische effecten (effectenindicator) (Geelhoed et al., 2020). IJsseldijk et al. (2020) heeft een demografie analyse gedaan op basis van strandingsgegevens langs de gehele Noordzeekustzone. Door middel van de strandingsgegevens kunnen demografie trends worden gevonden zoals gebieden die belangrijke geboortegronden kunnen zijn zoals te zien in Figuur A4-15.

Zo werd er een hoog aantal juveniele dieren gevonden langs de kustlijn van Denemarken, en Schleswig-Holstein in Duitsland. Dit correspondeert met eerdere onderzoeken die het gebied rondom de eilanden van Sylt, Amarum, en zuidelijk Rømø en het Sylt buitenrif al als belangrijke geboortegronden voor de bruinvis hadden aangewezen (Gilles et al., 2009; Siebert et al., 2006). De bevindingen van het strandingsonderzoek beamen dit, en voegen nog een potentieel belangrijke geboortegrond toe, die bij de Nederlandse noordelijke kust (IJsseldijk et al., 2020).

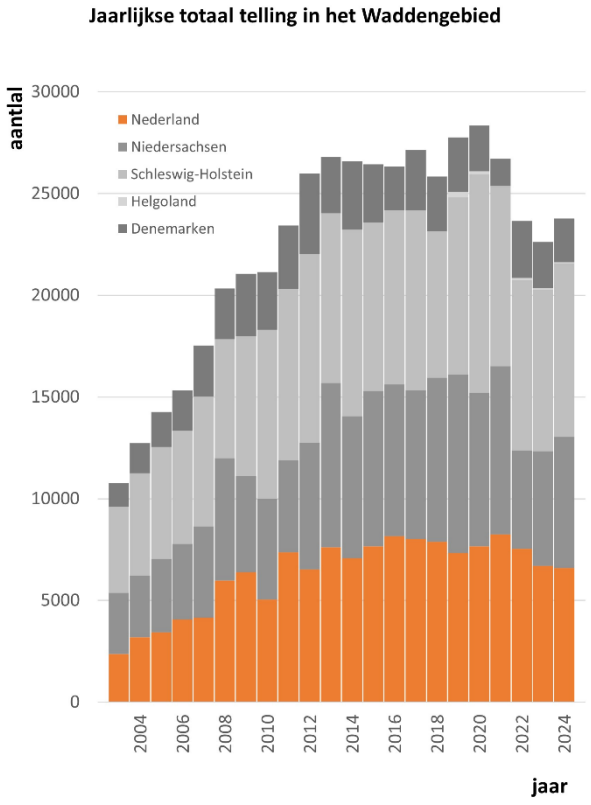
A4.3.2 Gewone zeehond

De gewone zeehond (*Phoca vitulina*) is in de Ow beschermd onder artikel 11.54 (Bal). De soort heeft o.a. een instandhoudingsdoelstelling in Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Klaverbank. De landelijke staat van instandhouding is gunstig, de doelstelling betreft behoud van omvang en behoud van de kwaliteit van het leefgebied voor het behoud van de populatie.

Algemene informatie
In de Nederlandse wateren is de gewone zeehond een algemene soort en komt het gehele jaar voor. De soort foerageert vooral op aan de bodem gebonden vis, zoals platvis. In de periode mei tot en met juni werpt de gewone zeehond haar jongen op droogvallende wadplaten. De pups kunnen vrijwel direct na hun geboorte zwemmen. De droogvallende platen gebruikt de gewone zeehond ook om tijdens foerageertochten te rusten en om te verharen (zomerperiode).

Omvang en verspreiding
De Noordzee omvat een metapopulatie gewone zeehonden, bestaande uit een aantal deelpopulaties waarvan de meeste dieren in de Waddenzee van Nederland tot Denemarken voorkomen. In Nederland is daarnaast een kleine deelpopulatie in de Deltawateren aanwezig. Geregeld vindt uitwisseling van zeehonden plaats tussen de deelpopulaties in Nederland, maar ook met Engeland, Duitsland en Denemarken. Elk jaar worden gewone zeehonden, die het grootste deel van hun tijd in de Noordzee doorbrengen, geteld wanneer ze in juni jongen krijgen en in augustus verharen op de zandplaten van de

Waddenzee. Deze tellingen worden gecoördineerd met Duitsland en Denemarken om een volledig beeld van de populatie te verkrijgen. Dieren die zich in het water bevinden tijdens de tellingen, worden niet geteld. De ruitellingen zijn daarom een schatting en dus een indicatie voor de werkelijke populatiegrootte. Waar de zeehondenpopulatie tussen 2002 en 2012 jaarlijks met 9% toenam, stagneerde de groei tussen 2012 en 2020, met een gemiddelde jaarlijkse toename van slechts 1%. De afgelopen jaren daalt de populatie jaarlijks gemiddeld met 5%. Ook daalt sinds 2022 het aantal pups gemiddeld 8% per jaar, terwijl dit tot voor kort was blijven stijgen. De getelde aantallen zijn in 2024, ondanks een licht groei in de getelde totalen in sommige gebieden, lager dan tien jaar geleden (Wageningen Marine Research, 2024). In augustus 2024 werden er 23.772 zeehonden geteld. Ondanks een stijging (ruim 5%) in de totale aantallen ten opzichte van 2023, ligt het aantal in 2024 nog steeds lager dan in de periode 2012-2020. In Nederland werden dit jaar tijdens de augustustelling 6.604 dieren waargenomen, wat in tegenstelling tot de algemene trend in de Waddenzee een lichte daling van 2% betekent ten opzichte van 2023. In 2023 werd er in de internationale Waddenzee (Nederland, Duitsland en Denemarken) een daling van 4% waargenomen ten opzichte van een jaar eerder, tot een totaal van 22.600 dieren. In 2022 was er een daling van maar liefst 12% en in 2021 een daling van 5% (Figuur A4-16, Brasseur & Leuverink, 2023). De reden voor deze daling is nog onbekend en wordt verder onderzocht.

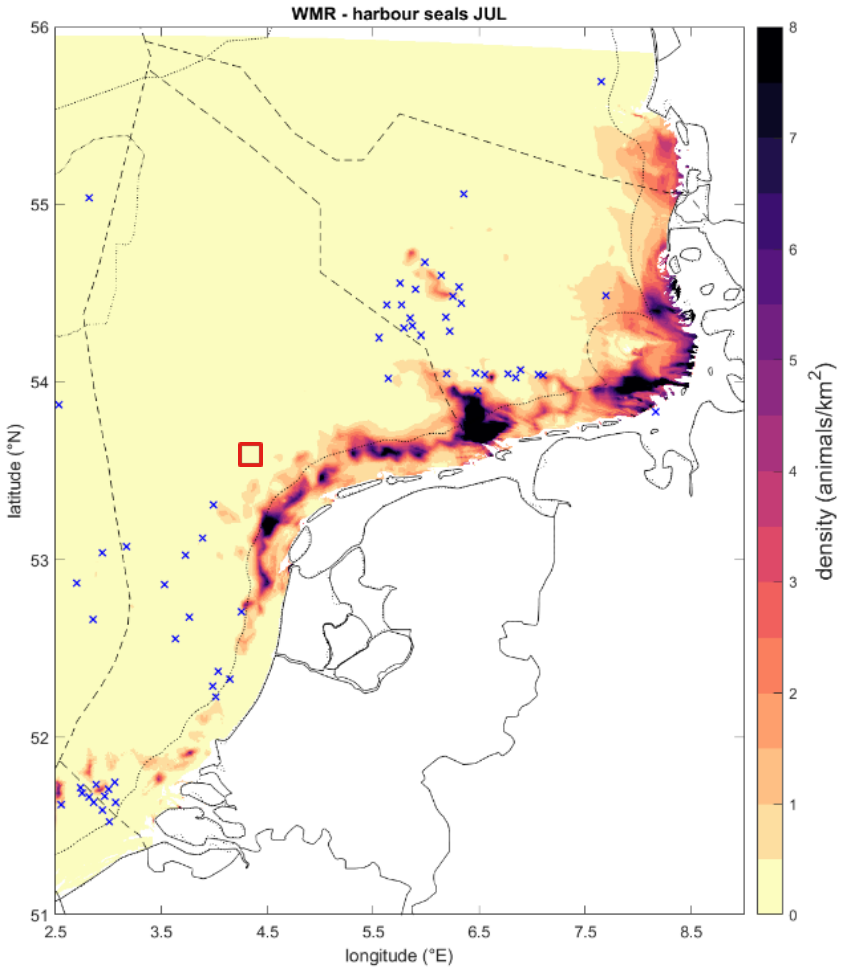


Figuur A4-16. Resultaten van gewone zeehonden tellingen in de internationale Waddenzee (1990-2023) Bron: Wageningen Marine Research.

In de internationale Waddenzee werden in juni 2024 in totaal 8.230 pups geteld, waarvan 1.956 in Nederland. De afname van het aantal pups in Nederland bedroeg 15% ten opzichte van 2023, iets sterker dan de gemiddelde daling in de tellingen van de hele Waddenzeepopulatie (12%) (Wageningen Marine Research, 2024). De gewone zeehond leeft voornamelijk in getijdengebieden waar plekken aanwezig zijn die bij eb droogvallen (Figuur A4-17). Deze plekken zijn vooral te vinden langs zandige kusten en rotskusten, maar ook op met wier bedekte riffen, kiezelsteenstranden, zandplaten en stenen. Ze hebben een sterke voorkeur voor rustige plekken, zonder menselijke aanwezigheid. Vooral tijdens het verharen en de werp-

en zoogperiode hebben ligplaatsen als zandbanken en stranden een belangrijke functie. De dichtheden van zeehonden zijn hoog langs de kust waar ze foerageren (Aarts et al., 2013., 2016; Brasseur et al., 2012). Tijdens hoog water zwemmen gewone zeehonden naar andere (diepere) delen om te foerageren. Ze kunnen foerageertochten van meer dan 80 km maken, maar vaak worden gebieden in nabijheid van rustplaatsen gebruikt om te foerageren (Aarts et al., 2016). Hierbij is een seizoenspatroon te zien, waarbij de dieren in de lente en zomer dichter bij hun rustplaatsen foerageren en in de winterperiode langere tochten maken. Hierdoor kunnen ze ook in het plangebied op open zee voorkomen, hetzij minder frequent dan in de kustzone. Een enkele keer komt een gewone zeehond (tijdelijk) voor bij riviermondingen of zelfs in (zoete) binnenwateren (Zoogdiervereniging, n.d.-b). Individuen van de gewone zeehond kunnen het plangebied passeren. Het is bekend dat gewone zeehonden rusten en mogelijk ook jongen krijgen op de strandjes (bij o.a. Edison Baai) in de buurt van de Maasvlakte (Hoekstein et al., 2022). Ook de zandplaat Noorderhaaks die vlak bij de haven van Den Helder is gelegen, wordt veel door zeehonden gebruikt om te rusten, pups te zogen en te verharen. Op open zee is de concentratie van zeehonden over het algemeen laag.

Op basis van telemetrie data (i.e. het zenderen van zeehonden) uit (Aarts et al., 2016) is in combinatie met een habitatmodel (Aarts, 2021) een schatting gemaakt van de gemiddelde dichtheid van de gewone zeehond op het NCP in de maand juli (Figuur A4-17). Er is een zeer kleine kans dat de gewone zeehond in juli in het plangebied voorkomt (0-0,5 dieren per km^2).



Figuur A4-17. Gemiddelde populatie distributie van de gewone zeehond op het NCP in juli op basis van Aarts (2021). Verkregen uit Heinis et al. (2022). Het projectgebied is indicatief weergegeven met een rood vierkant.

A4.3.3 Grijze zeehond

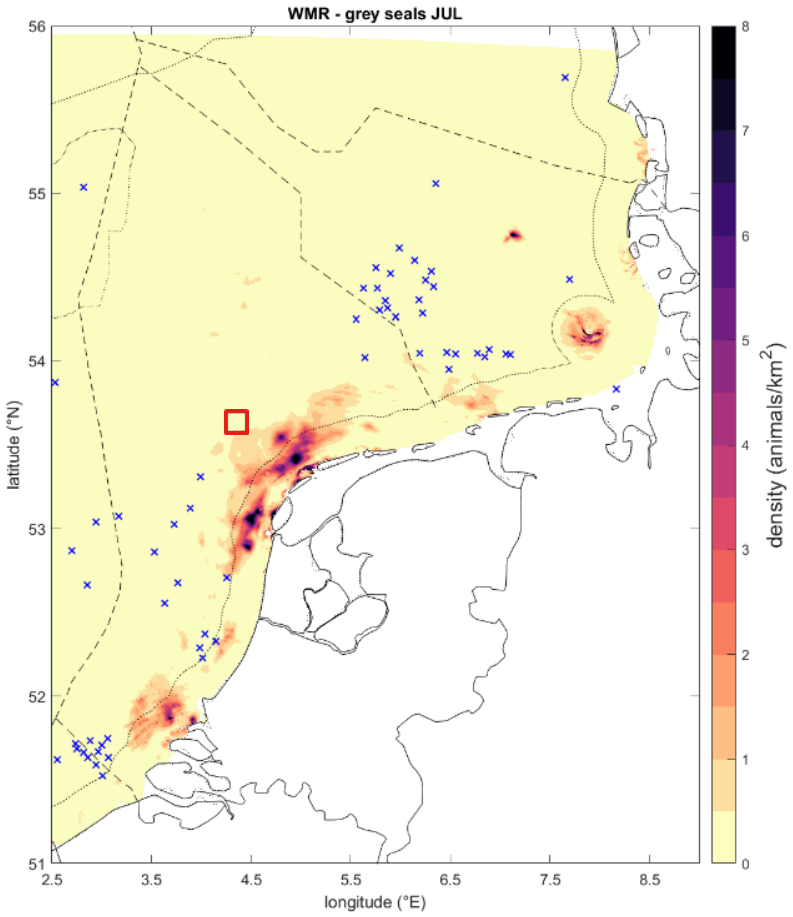
De grijze zeehond (*Halichoerus grypusis*) is in de Ow beschermd onder artikel 11.54 (Bal). De soort heeft onder andere een instandhoudingsdoelstelling in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en Klaverbank. De landelijke staat van instandhouding is gunstig, de doelstelling betreft behoud van omvang en behoud van de kwaliteit van het leefgebied voor het behoud van de populatie.

Algemene informatie
De grijze zeehond foerageert op zee, vooral op platvissen. In vergelijking met de gewone zeehond brengt deze soort meer tijd in het water door en minder op rustplaatsen buiten het water (Geelhoed & van Polanen Petel, 2011). Grijze zeehonden krijgen hun jongen in de periode november tot en met februari op droogblijvende platen of stranden. De pups van de grijze zeehond kunnen in tegenstelling tot de pups van gewone zeehond niet direct zwemmen na hun geboorte. De grijze zeehond verhaart in de periode maart, april (Brasseur et al., 2010). Ook in deze periode zijn ze gebonden aan permanent droog liggende platen, stranden en duinen.

Omvang en verspreiding
Sinds 1990 komt de grijze zeehond weer in onze wateren voor, nadat de soort in de Middeleeuwen door jacht hier was uitgeroeid. Ten opzichte van de gewone zeehond zijn er minder grote aantallen grijze zeehonden op het NCP, maar de populatieomvang neemt vrijwel jaarlijks toe. Deze toename wordt vooral toegeschreven aan immigratie vanuit andere landen, zoals de Britse populatie grijze zeehonden (Brasseur et al., 2015). Het is echter onbekend of er sprake is van specifieke migratieroutes (Brasseur, 2017; Brasseur et al., 2008).

Net zoals bij de populatie gewone zeehonden, bestaat de Nederlandse populatie grijze zeehonden uit de dieren van de Waddenzee en de Delta.
In maart en april 2024 zijn tijdens de ruiperiode in de internationale Waddenzee en op Helgoland 11.515 grijze zeehonden geteld, een stijging van 9% ten opzichte van 2023. In de Nederlandse Waddenzee werd een lichte toename waargenomen met 7.821 getelde grijze zeehonden, wat een groei van 3% betekent ten opzichte van 2023 (7.613 dieren). Nederland blijft het belangrijkste leefgebied met 67% van de totale populatie in de Waddenzee. Echter, door de toename van grijze zeehonden in het Duitse en Deense deel van de Waddenzee, wordt Nederland relatief minder belangrijk als leefgebied (Wageningen Marine Research, 2024).

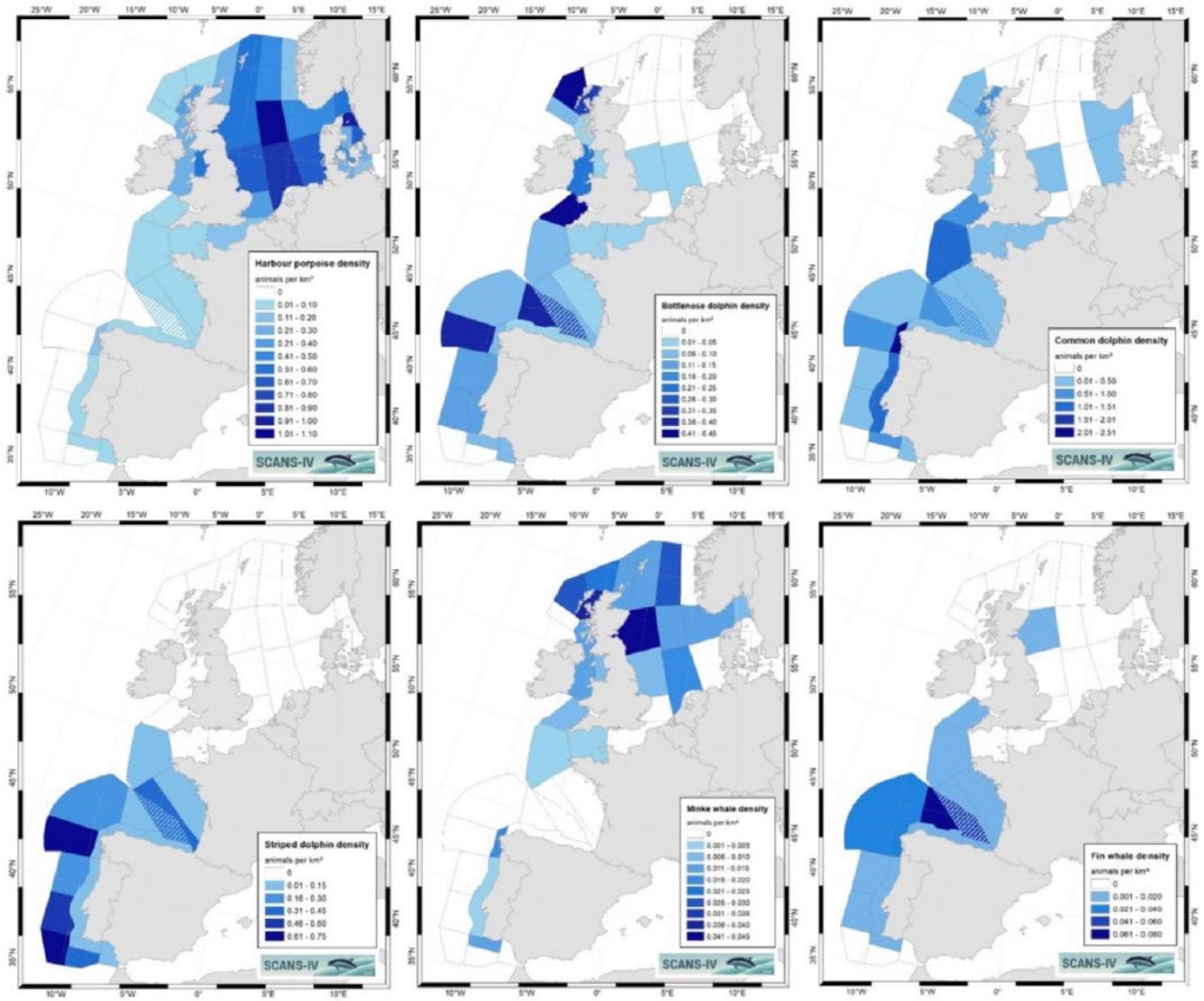
Tijdens het geboorteseizoen van november en december 2024 werden in de Waddenzee 2.547 grijze zeehondenpups geteld, een stijging van 1% ten opzichte van het vorige seizoen. In de Nederlandse Waddenzee werden 1.395 pups geteld, wat een daling van 3% is ten opzichte van 2022. Winterstormen hebben mogelijk bijgedragen aan het afspoelen van pups van hun ligplaatsen, waardoor veel pups aanspoelden op de kust en stranden van de Waddeneilanden (Wageningen Marine Research, 2024).
De Noordzeekustzone is een belangrijk foerageer- en doortrekgebied voor grijze zeehonden (Brasseur et al., 2010). Op basis van telemetrie data van de grijze zeehond uit (Aarts et al., 2016) is in combinatie met een recent habitatmodel (Aarts, 2021) een schatting gemaakt van de gemiddelde dichtheid van grijze zeehonden op het NCP in juli. Van de grijze zeehond is bekend dat deze over het algemeen een grote voorkeur heeft voor gebieden die dicht bij hun rustplaatsen (‘haul-out-sites’) gelegen zijn (Aarts, 2021). Daarmee is de gemiddelde dichtheid voor de grijze zeehond ook hoger in de kustgebieden (Figuur A4-12). Het is onwaarschijnlijk dat grijze zeehonden aanwezig zijn in het plangebied. De verwachte dichtheid van grijze zeehonden in het projectgebied is in juli 0-0,5 dieren per km^2.



Figuur A4-18. Gemiddelde populatie distributie van de grijze zeehond op het NCP in juli op basis van Aarts (2021). Verkregen uit Heinis et al. (2022). Het projectgebied is indicatief weergegeven met een rood vierkant.

A4.3.4 Overige zeezoogdieren in de Noordzee

Naast de algemeen voorkomende bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond komen er diverse andere walvisachtigen voor op het NCP. In het KEC worden vier soorten genoemd die als dwaalgast voorkomen op het NCP. Dit zijn de dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*), witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*), tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en bultrug (*Megaptera novaeangliae*). Op ondere andere de verspreidingsgegevens en tellingen van Gilles *et al.* (2023) zijn de verspreiding en dichtheden van deze zeezoogdieren in beeld gebracht (Figuur A4-19). Deze staan hieronder, per soort, verder uitgewerkt



Figuur A4-19. Studiegebieden voor het in kaart brengen van de verspreiding van zeezoogdieren in Europees Atlantische wateren in de zomer van 2022 (Gilles et al., 2023).

Dwergvinvis

De dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) is beschermd via de Habitatrichtlijn bijlage IV. In de Ow vindt bescherming plaats onder artikel 11.46 (Bal). De dwergvinvis behoort tot de groep baleinwalvissen. De dwergvinvis heeft een wereldwijde verspreiding. De soort verblijft vooral in relatief ondiep water (<200 m) langs kusten en soms zelfs in estuaria en baaien. Voor de geboorte van een kalf trekken dwergvinvissen naar warme wateren. Tussen oktober en maart worden de meeste kalfjes geboren in de Atlantische Oceaan. Na de geboorte trekken de dwergvinvissen naar voedselrijke gebieden op hogere breedtegraden. Het dieet van de dwergvinvis is erg gevarieerd en bestaat uit krill tot overwegend vis, zoals scholen van haring, kabeljauw en zandspiering (Geelhoed & van Polanen Petel, 2011).

Tijdens de jaarlijkse zeezoogdiertellingen zijn enkele dwergvinvissen waargenomen in het NCP (Geelhoed & Scheidat, 2018). Tijdens de vier grootschalige SCANS-surveys van het Europese continentaal plat in 1994, 2005, 2016, en 2022 werd het aantal dwergvinvissen in de Noordzee geschat op respectievelijk 8.400, 10.500, 13.101 en 12.417 individuen, (Hammond et al., 2002, 2013; Hammond, Lacey, Gilles, Viquerat, Boerjesson, et al., 2017; Gilles et al., 2023). In 2023 zat daar een gemiddelde dichtheid van 0,021 tot 0,025 dwergvinvis per km^2. Waarnemingen op het NCP zijn grotendeels beperkt tot het westelijk en noordwestelijk deel, hoewel er recentelijk ok steeds meer dwergvinvissen verder in het zuidelijk deel van de Noordzee

worden gezien, dit suggereert dat er in de zomer maanden een uitbreiding van hun leefgebied is (Gilles, Authier, Ramirez Martinez, et al., 2023). De soort kan voor het NCP gekwalificeerd worden als een bewoner in lage aantallen, de abundantie in het NCP wordt geschat op ongeveer 1000 dieren (Gilles et al.,2023).

In het projectgebied kan incidenteel een dwergvinvis worden aangetroffen. Op basis van het SCANS-IV onderzoek wordt de dichtheid op het NCP geschat op 0,021 dwergvinvissen per km^2 (Gilles, Authier, Ramirez Martinez, et al., 2023).
Migratiebewegingen van dwergvinvis in de Noordzee zijn niet bekend. Afgaand op het aantal strandingen op de Noordzeekust is er geen duidelijke periode wanneer de dwergvinvis op het NCP voorkomt, er zijn sinds 2009 jaarlijks tussen de nul tot vier dwergvinvissen gestrand op de Nederlandse Noordzeekust. (http://www.walvisstrandingen.nl/search/node/Dwergvinvis). In vrijwel alle maanden is wel eens een waargenomen langs de kust. In het projectgebied kunnen dwergvinvissen aangetroffen worden. Het is echter geen belangrijke rust- of voortplantingsplaats voor de soort.

Witsnuitdolfijn
De witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirost*) is beschermd via de Habitatrichtlijn bijlage IV. In de Ow vindt bescherming plaats onder artikel 11.46 Bal. De witsnuitdolfijn behoort tot de groep tandwalvissen. De witsnuitdolfijn komt vooral in de gematigde en subarctische ondiepe wateren van de Atlantische Oceaan voor. Het verspreidingsgebied strekt zich uit van West-Groenland en Cape Cod aan de Amerikaanse kust via Spitsbergen en Nova Zembla tot de Franse kust. De verspreiding is grotendeels beperkt tot water van 50 tot 100 meter diep op het continentaal plat (Reid et al., 2003). Tussen juni en oktober worden kalfjes waargenomen. Het dieet van de witsnuitdolfijn is erg gevarieerd, maar met name kabeljauwachtigen zijn een belangrijke voedselgroep. Jonge witsnuitdolfijnen jagen ook nog op kleine prooidieren, zoals inktvis en grondels (Geelhoed & van Polanen Petel, 2011).

In de Noordzee ligt het zwaartepunt van de verspreiding in het noordwestelijk deel van de centrale en noordelijke Noordzee. De zuidgrens van de verspreiding ligt min of meer in de zuidelijke Noordzee. De SCANS-surveys laten een langzame groei trend zien, echter komt de witsnuitdolfijn maar in zeer lage aantallen voor, naar schatting leven er 150 dieren op het NCP (Gilles et al., 2023).

In 2022 zat daar een gemiddelde dichtheid van 0,046 witsnuitdolfijnen per km^2. Het voorkomen van witsnuitdolfijnen in de zuidelijke Noordzee lijkt invasie-achtig, met talrijke waarnemingen in korte tijd gevolgd door perioden zonder waarnemingen (Camphuysen et al., 2006). Op het NCP zijn incidenteel witsnuitdolfijnen waargenomen (Geelhoed et al., 2014a, 2014b), maar nauwelijks kalfjes, zodat aangenomen kan worden dat geen of nauwelijks voortplanting plaatsvindt op het NCP. In het projectgebied kunnen witsnuitdolfijnen aangetroffen worden. Het is echter geen belangrijke rust- of voortplantingsplaats voor de soort.

Tuimelaar
De tuimelaar (*Tursiops truncatus*) is beschermd via de Habitatrichtlijn bijlage IV. In de Ow vindt bescherming plaats onder artikel 11.46 Bal. De tuimelaar behoort net als de witsnuitdolfijn ook tot de groep van tandwalvissen. De tuimelaar komt wereldwijd voor in (sub)tropische en gematigde klimaatzones. Tuimelaars kunnen zowel voorkomen in ondiepe kustzones als in diepe oceanen (Geelhoed & van Polanen Petel, 2011). In de noordoostelijke Atlantische oceaan komt de tuimelaar vooral in het zuidelijk deel, met de Noordzee als de noordelijke grens van het verspreidingsgebied. Er zijn echter ook waarnemingen bekend tot in IJsland en Noorwegen. Tuimelaars hebben een breed voedselspectrum: vissen, schelpdieren en inktvissen. Lokale groepen tuimelaars kunnen zich wel specialiseren in enkele prooidieren (Geelhoed & van Polanen Petel, 2011).

De observaties uit de SCANS-IV survey zijn vergelijkbaar met die van SCAN-III (Hammond, Lacey, Gilles, Viquerat, Boerjesson, et al., 2017; Gilles et al., 2023). Hiermee zijn in de studie van Gilles et al. (2023) rond de 96 tuimelaars waargenomen in de zomer van 2022 in studiegebied NS-H met een dichtheid van ca. 0,02 tuimelaars per km^2 (Figuur A4-19). Over het hele studiegebied van de SCANS-surveys en niet alleen de Noordzee is er een abundantie van in totaal 80.000 tuimelaars. Waarnemingen op het NCP zijn vooral gelokaliseerd langs de kust en zelfs in de Waddenzee. In augustus van 2004 was er een grote groep van 50-100 dieren waargenomen in de Waddenzee tot aan de Afsluitdijk (Geelhoed & van Polanen Petel, 2011). In juni van 2019 zijn er twee groepen van ongeveer 10 tuimelaars waargenomen tussen Texel en Den Helder[30]. In het projectgebied kunnen tuimelaars incidenteel aangetroffen worden. Het is echter geen belangrijke rust of voortplantingsplaats voor de soort.

Bultrug

De bultrug (*Megaptera novaeangliae*) is een grote vinvis soort behorende tot de baleinwalvissen (*Mysticeti*). De bultrug is beschermd onder de Wet natuurbescherming via de Habitatrichtlijn bijlage IV. In de Ow vindt bescherming plaats onder artikel 11.46 Bal. De bultrug is ook opgenomen in ASCOBAMS (CMS Appendix I).

In het noorden van de Atlantische oceaan worden twee populaties bultrug erkent wiens grens strekt van de Canadese kust (Maine) tot Noorwegen. Doorgaans verblijven bultruggen in de zomermaanden bij het poolgebied om hun vetreserves op te bouwen. Dit doen ze door zich te voeden met jonge sprot (*Sprattus sprattus*), haring (*Clupea harengus*) en krill (*Meganyctiphanes norvegica*) (Ryan et al., 2014). Na het opbouwen van hun vetreserves, trekken bultrug in de winter richting de evenaar om te paren. Inherent aan vele soorten baleinwalvissen en met name bultrug, is dat deze vaak dicht langs de kust migreren (Hammond et al., 2021).

Historisch gezien heeft er een flinke afname plaatsgevonden door het commercieel aanlanden van de soort. Om die reden werden in het verleden waarnemingen van bultruggen in het zuidelijke deel van de Noordzee als erg zeldzaam beschouwd, met daarbij als uiterste het incidenteel voorkomen van een bultrug in de Waddenzee in 2007 (Berrow et al., 2021; Camphuysen, 2007). De laatste jaren laat echter een groeiende trend zien in het aantal strandingen en waarnemingen van bultruggen voor de Nederlandse kust en in andere delen van de Noordzee (Berrow & Whooley, 2022). Met name in zuidelijke delen van de Noordzee wordt beargumenteerd dat de soort daar steeds beter kan overleven doordat het gedrag laat zien dat er genoeg voedsel te vinden is (Leopold et al., 2018; Ryan et al., 2016)

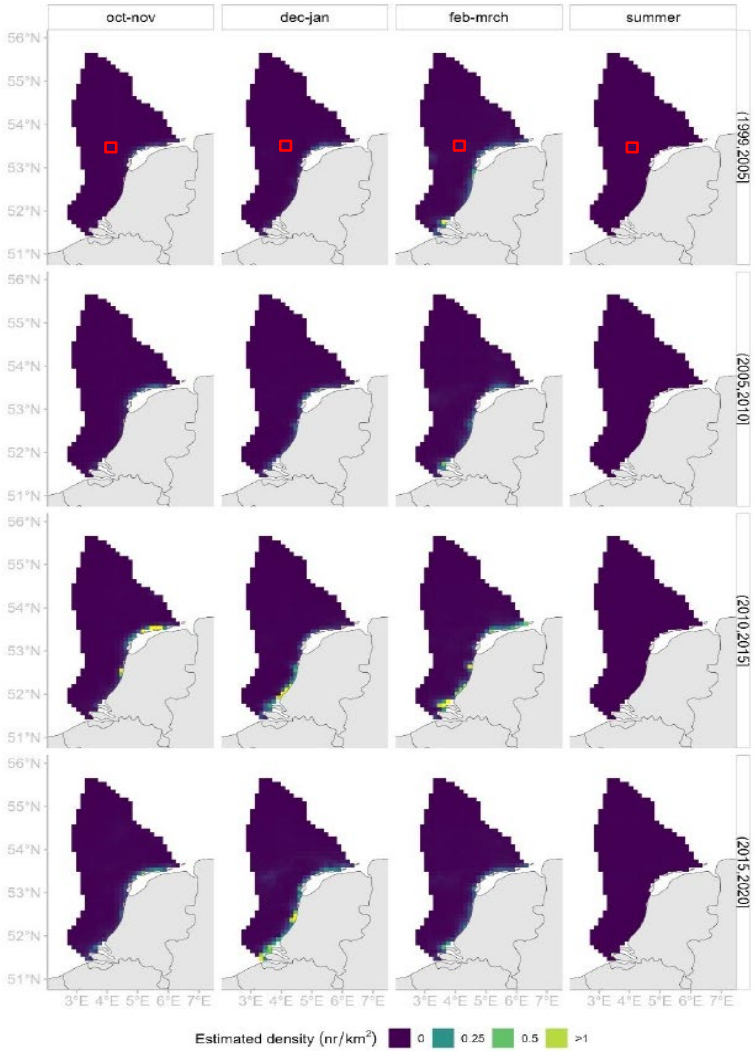
[30] https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/marine-research/show-marine/Schotse-tuimelaars-tussen-Texel-en-Den-Helder.htm

A4.4 Vogels

Er komt een groot aantal vogelsoorten voor op de Noordzee waaronder lokaal foeragerende en trekkende zeevogels (duikers, zeekoeten, alken, jan van genten, meeuwen, jagers, duikers en zee-eenden) en foeragerende en migrerende landvogels (zangvogels, steltlopers en ganzen). Een aantal van deze vogels zijn beschermd onder de Europese Vogelrichtlijn.

A4.4.1 Roodkeelduiker

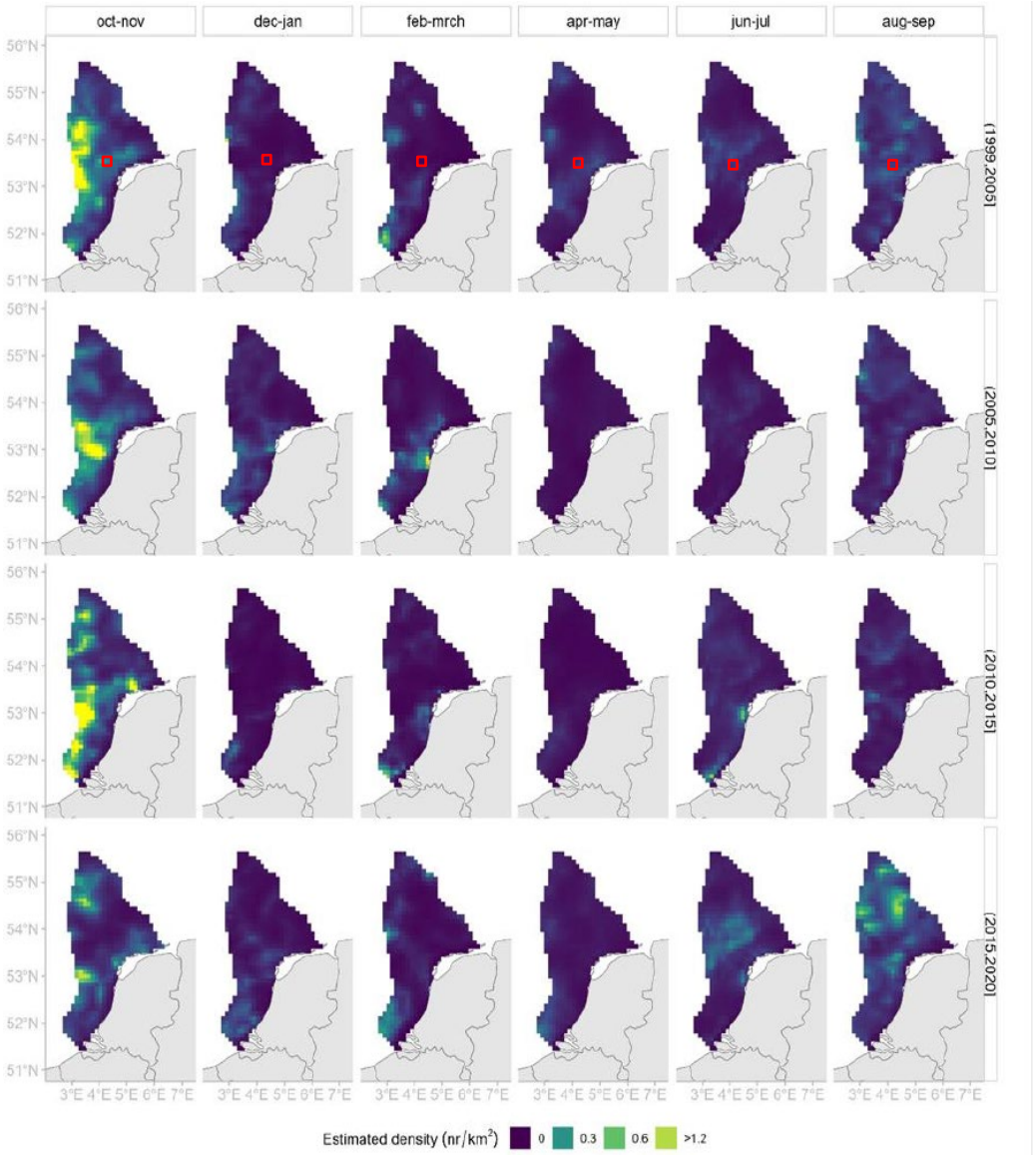
De roodkeelduiker is een duikende viseter. Het dieet bestaat uit vis, waaronder kabeljauw, haring, sprot, zeedonderpad en zalmachtigen. Soms eet de roodkeelduiker ook kreeftachtigen (garnalen en krabben), mollusken, kuit, kikkers, insecten en zelfs plantaardig materiaal. Het is een trekvogel die voornamelijk op de Noordzee te zien is in de periode oktober-mei. De broedgebieden bevinden zich in de toendra- en taigagordel van het noordelijk halfrond (Vogelbescherming, n.d.-i). De verspreiding van de roodkeelduikers is nagenoeg beperkt tot de kustzone (Van Donk et al., 2024). Op basis van andere tellingen (van Bemmelen et al., 2024) is de soort nog wel eens, in met name de wintermaanden, op het NCP aangetroffen. De soort kan daarom mogelijk voorkomen in het plangebied



Figuur A4-20. Verspreidingsvoorspelling van de roodkeelduiker op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.2 Jan-van-gent

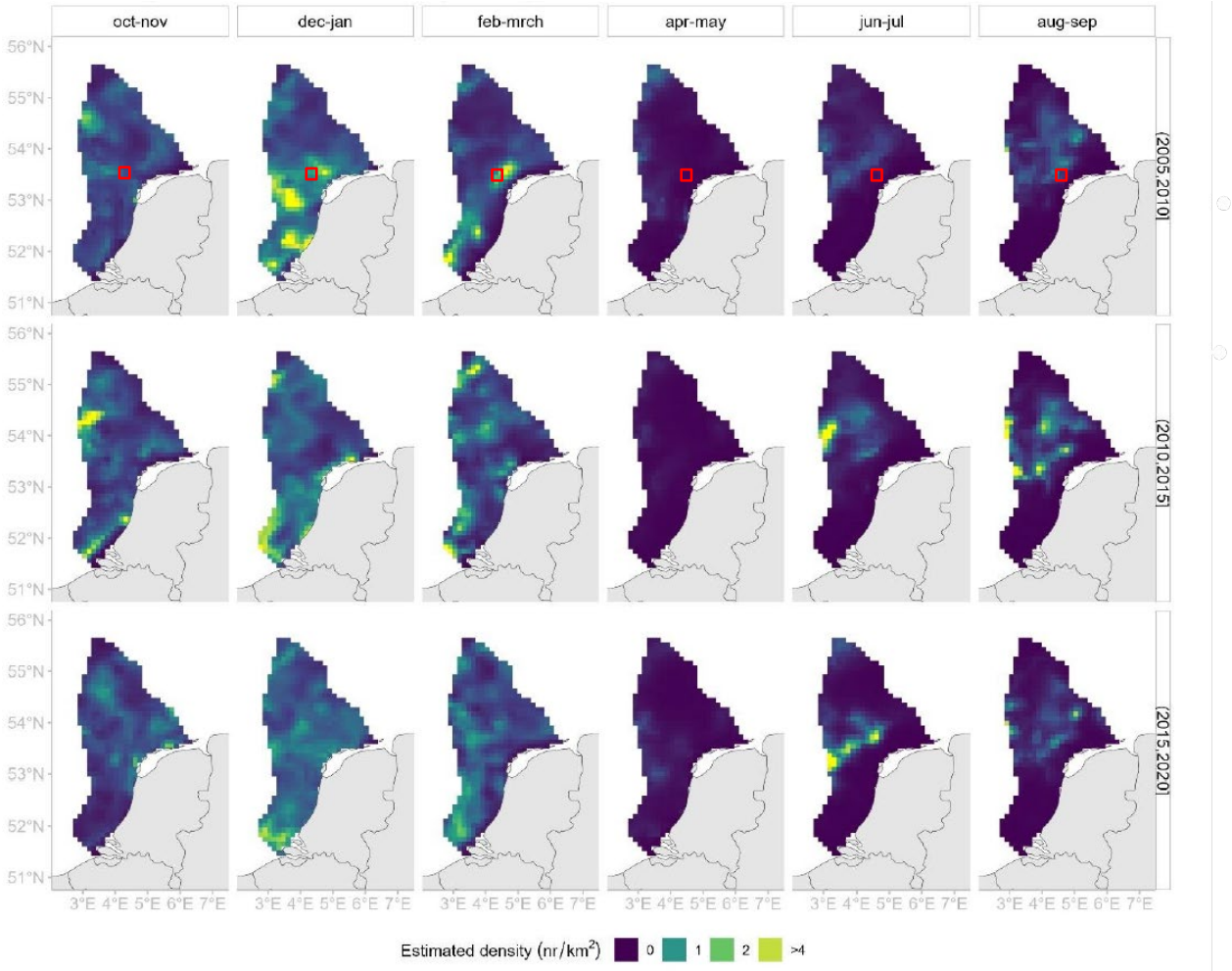
De jan-van-gent (*Morus bassanus*) is de grootste in Nederland voorkomende zeevogel. Deze soort broedt niet in Nederland. De grootste kolonie jan-van-genten is te vinden langs de kust van Schotland (Bass Rock) en een kleinere kolonie langs de oostkust van Engeland (Bempton Cliffs) (Hamer et al., 2001), echter met de vogelgriep uitbraak in juni 2022 is de populatie in omvang afgenomen. De jan-van-gent duikt steil in water om vis te vangen, tot wel 40 m diepte. Het dieet bestaat voornamelijk uit vis met een lengte van 2,5 tot ruim 30 cm. De jan-van-gent jaagt soms ook op scholen vis tot maximaal 25 m diepte. De jan-van-gent komt over het algemeen verspreid voor op het NCP, met hoge concentraties op plekken zoals de Klaverbank en Bruine Bank zo rond het najaar (Van Donk et al., 2024).



Figuur A4-21. Verspreidingsvoorspelling van de jan-van-gent op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.3 Drieteenmeeuw

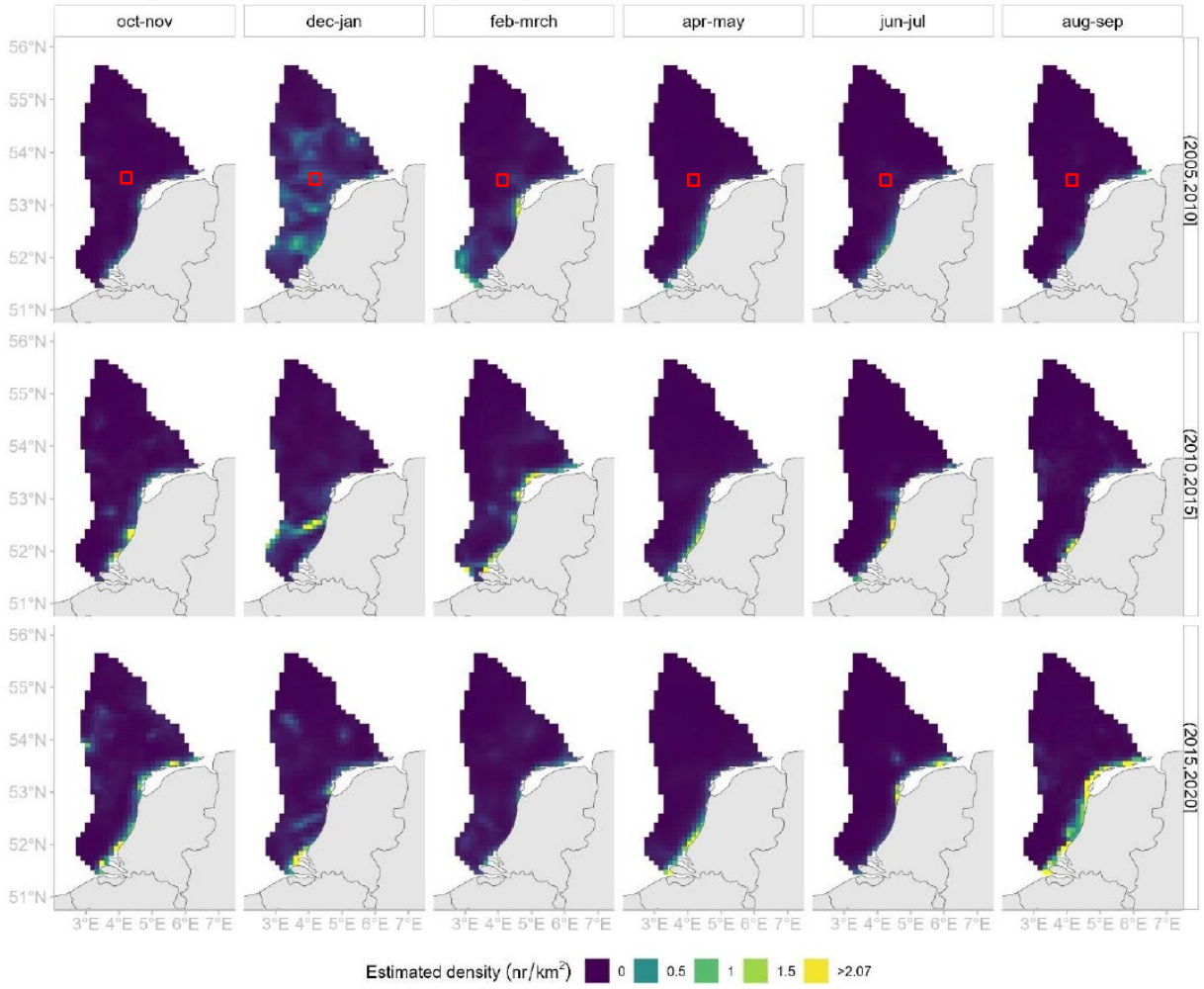
De drieteenmeeuw is een echte pelagische soort. Dit is de meest talrijke meeuwensoort op het NCP. Er bevinden zich grote broedkolonies rondom de Noordzee in Noordoost-Engeland, Oost- Schotland en op de Orkeys en Shetland eilanden. In Nederlandse wateren broedt de soort op een klein aantal gasplatforms in de Noordzee, onder andere aan de zuidwest kant van het Friese Front (Camphuysen & Leopold, 2007). Een goed overzicht van de huidige broedkolonies ontbreekt. De drieteenmeeuw eet voornamelijk vis en visafval, ook wel kreeftachtigen (Vogelbescherming, n.d.-b). De drieteenmeeuw is voornamelijk wintergast op het NCP. Over het algemeen wordt de kustzone vermeden. In de maanden oktober, november, januari en februari waren er concentraties verspreid over het gehele NCP (Van Donk et al., 2024). De laagste aantallen worden voorspeld in de maanden april-mei. Het is zeer waarschijnlijk dat de drieteenmeeuw in het projectgebied voorkomt.



Figuur A4-22. Verspreidingsvoorspelling van de drieteenmeeuw op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.4 Zilvermeeuw

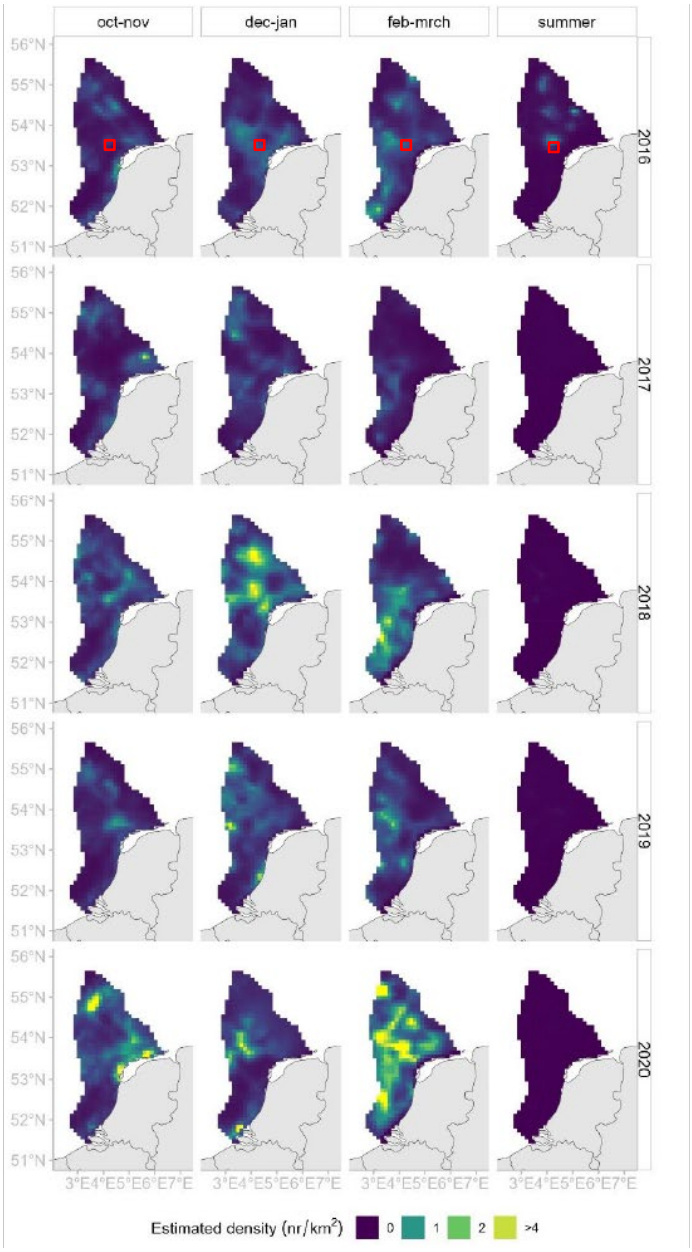
De zilvermeeuw komt in de landen rondom de Noordzee voor als broedvogel. De grootste broedkolonies van Nederland bevinden zich in het Delta- en Waddengebied. Het wordt ook steeds vaker geconstateerd dat de zilvermeeuw op daken broedt in steden in het westen van Nederland. In het zomerhalfjaar is de verspreiding beperkt tot de kustzone in de nabijheid van de broedkolonies. In het najaar zwermen de vogels uit over de Zuidelijke Noordzee en het Kanaal. De zilvermeeuw is een echte alleseter. Op zee voeden ze zich met vis en schelpdieren, op land vaak ook menselijke etensresten of kuikens van andere broedvogels. De zilvermeeuw komt het hele jaar voor op het NCP, maar de verspreiding is meestal beperkt tot de kustzone en omgeving (Van Donk et al., 2024). De zilvermeeuw volgt regelmatig schepen en kan daarmee wijdverspreid voorkomen op het NCP. De soort kan mogelijk voorkomen in het projectgebied.



Figuur A4-23. Verspreidingsvoorspelling van de zilvermeeuw op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.5 Alk

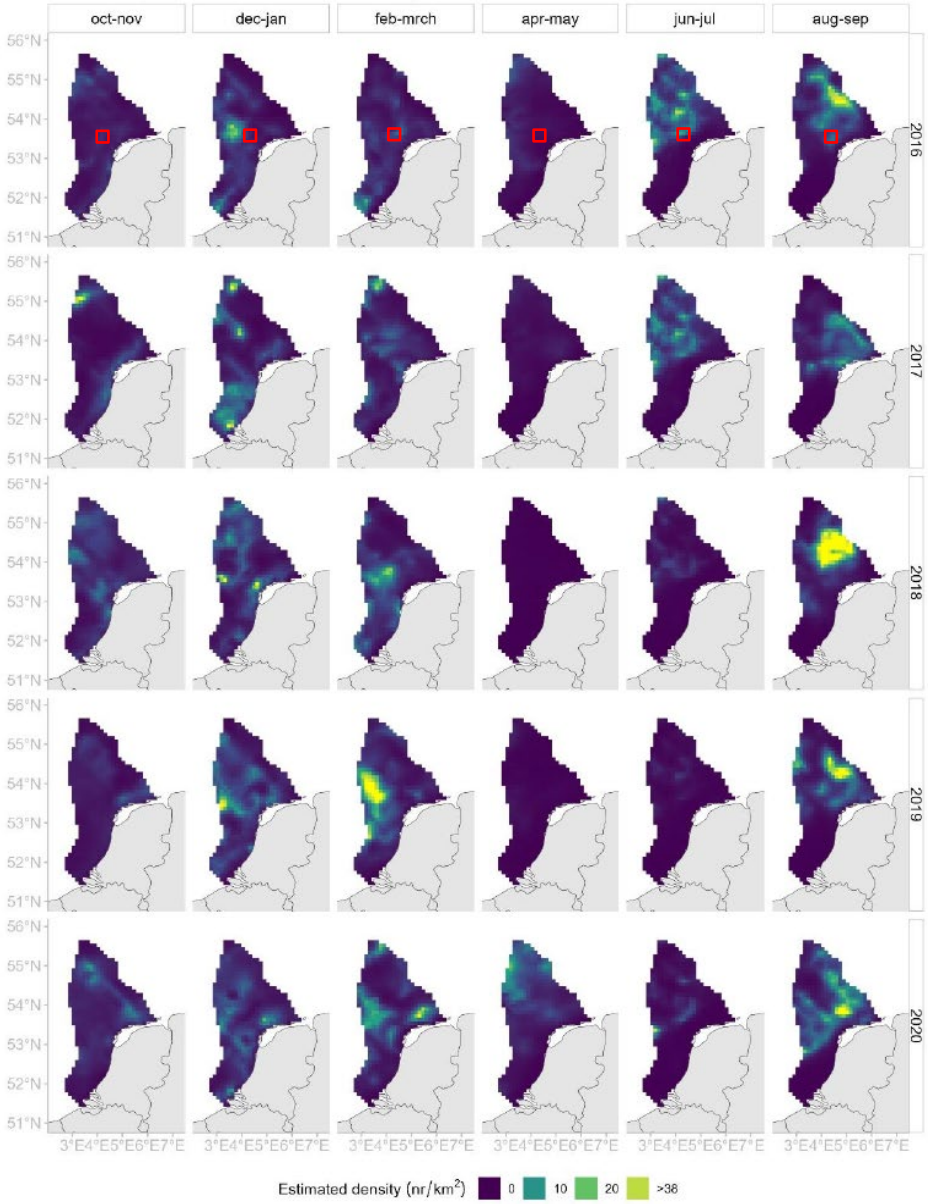
Alken zijn zeevogels die alleen voorkomen in het Noord-Atlantisch gebied. Alken zoeken hun voedsel op open zee. Het dieet bestaat uit kleine vissoorten, zoals spiering en haring. Soms worden kreeftachtigen opgedoken. De alk bouwt zijn nest op steile rotswanden (Vogelbescherming, n.d.-a). Het voorkomen van de alk is volledig seizoensafhankelijk. De alk arriveert later in het najaar dan de zeekoet. Er werden pas grote getallen alk waargenomen tijdens de monitoring in november (van Bemmelen et al., 2024). De voorspellingskaarten door Van Donk et al. (2024) laten zien dat de soort met name in het begin van het jaar verspreid voorkomt op het NCP. Het is aannemelijk dat de soort gedurende de wintermaanden en het voorjaar voorkomt in het projectgebied.



Figuur A4-24. Verspreidingsvoorspelling van de alk op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.6 Zeekoet

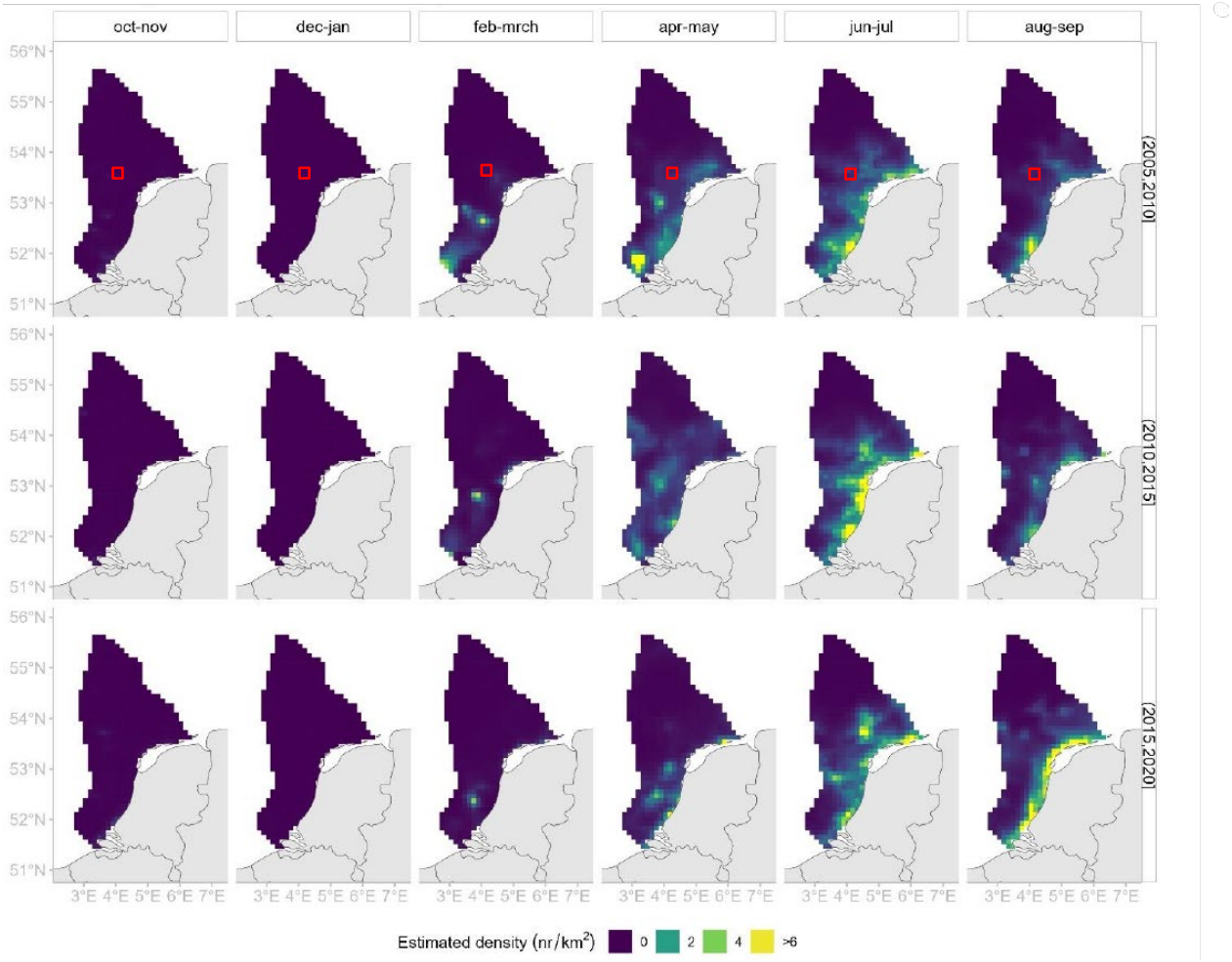
De zeekoet is een pelagische, duikende zeevogel en vormt de doelsoort voor het Natura 2000-gebied Friese Front. De soort komt hier voor als niet-broedvogel, met name in de ruiperiode van juli tot en met oktober, wanneer grote aantallen foerageren en rusten binnen het gebied. Gedurende deze periode zijn zeekoeten extra kwetsbaar voor verstoring, aangezien zij dan tijdelijk niet kunnen vliegen. Het voorkomen van de zeekoet op het NCP is daarmee sterk seizoensafhankelijk. Op basis van de verspreidingsstudie door Van Donk et al. (2024) is te zien dat aantallen en verspreiding ster variëren. Deze studie geeft tweemaandelijkse periodes weer, waarbij te zien is dat zeekoeten in de maanden juni-september aankomen op het Friese Front. Later verspreid de soort zich in een band richting gebieden zoals de Klaverbank. Dit vindt met name plaats in het voorjaar. De soort komt naar verwachting voor in het projectgebied.



Figuur A4-25. Verspreidingsvoorspelling van de alk op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.7 Kleine mantelmeeuw

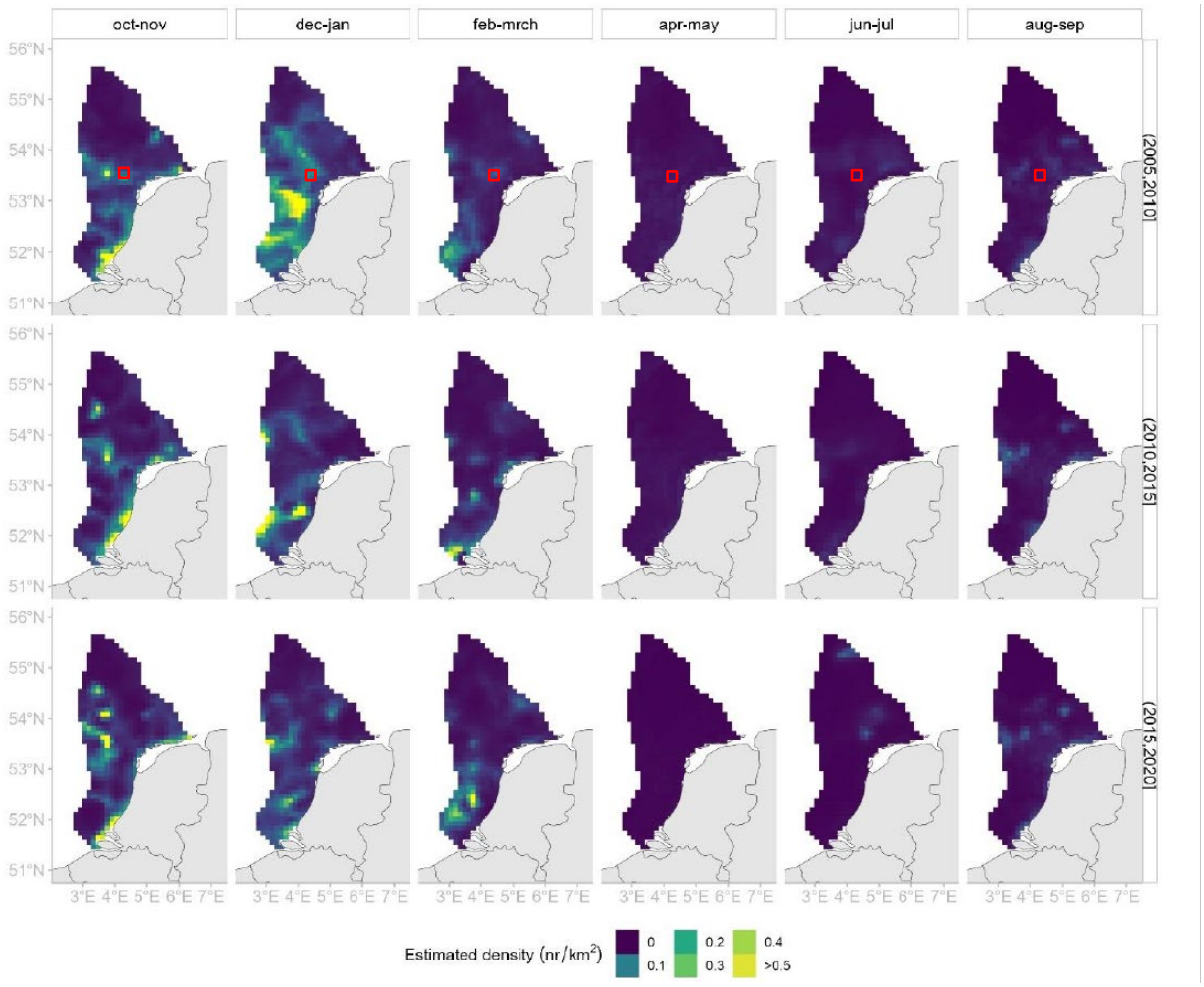
De kleine mantelmeeuw komt in Nederland voor aan de kust, maar ook steeds meer in het binnenland. Het is een algemeen voorkomende broedvogel met kolonies op de Waddeneilanden en de Maasvlakte. De aantallen zijn het hoogst in het Waddengebied en de Zeeuwse Delta. De kleine mantelmeeuw broedt in kustgebieden op strandvlakten en duinen, schorren en dijken maar steeds vaker ook op gebouwen in steden om predatoren als vossen te vermijden. In het najaar trekken de vogels naar het zuiden, hier wordt overwinterd op het Iberisch schiereiland en langs de kust van Zuid-Afrika. De kleine mantelmeeuw zoekt eten op zee en maakt in de broedtijd lange tochten (tot meer dan 100 km) uit de buurt van de broedkolonie. Het dieet bestaat uit schelpdieren, kleine vissen, vogeleieren en kuikens, knaagdieren en bessen. Het foerageergedrag van een kleine mantelmeeuw is divers: ze zoeken lopend naar voedsel, vliegen achter trawlers aan of pikken vissen uit het water. Dit betreft vis die vlak onder de oppervlakte zwemt (Vogelbescherming, n.d.-g). De kleine mantelmeeuw komt als zomergast voor op het NCP. In november en januari waren er nauwelijks kleine mantelmeeuwen te zien. Gedurende de rest van het jaar werden ze vooral in de kustzone waargenomen, vooral in juni-juli (Van Donk et al., 2024). De soort kan voorkomen in het projectgebied.



Figuur A4-26. Verspreidingsvoorspelling van de kleine mantelmeeuw op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.8 Grote mantelmeeuw

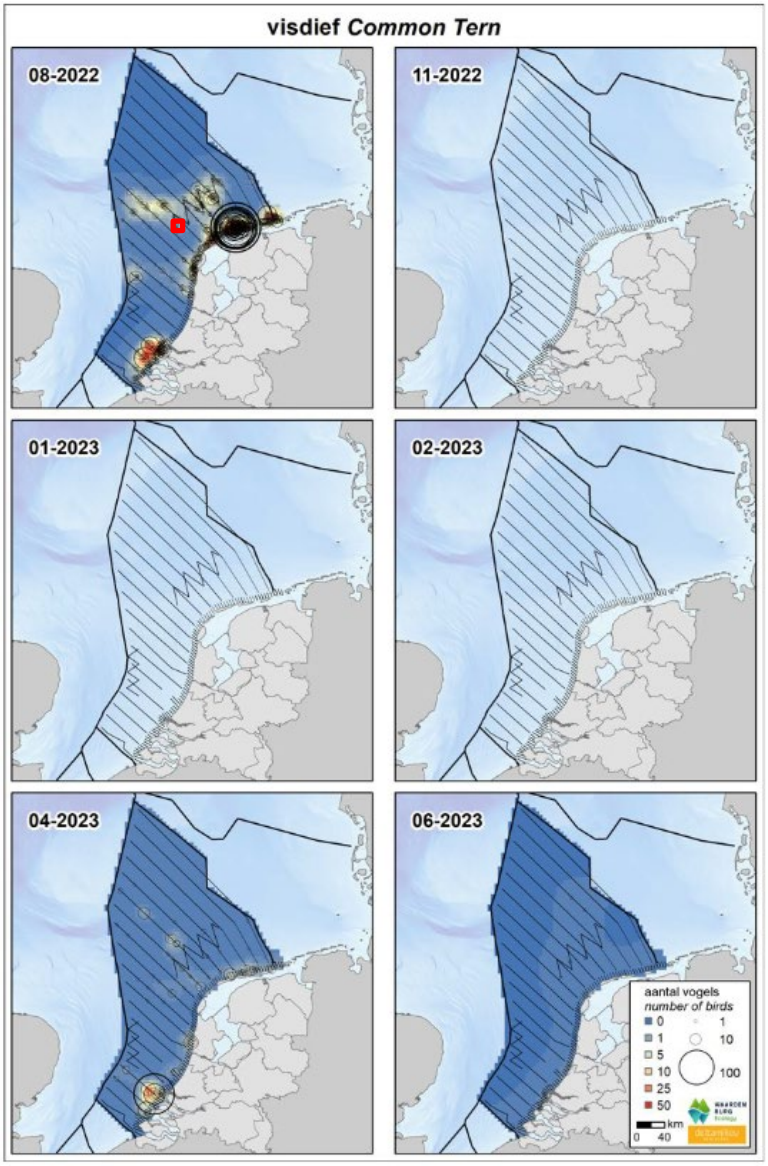
De grote mantelmeeuw is de grootste meeuw ter wereld. Sinds 1993 broedt de grote mantelmeeuw jaarlijks in Nederland in toenemende aantallen, maar de soort wordt nog wel als schaarse broedvogel beschouwd. De soort legt eieren in de periode vanaf midden april tot eind mei. De eieren worden in open gebieden gelegd, tussen de hoge grassen. In Nederland broedt de grote mantelmeeuw voornamelijk solitair tussen andere soorten meeuwen, in het buitenland vormen zich wel losse kolonies van grote mantelmeeuwen. De broedgevallen zijn meestal in het Delta- en Waddengebied, maar er zijn ook gevallen bekend rondom het IJsselmeer. Nederland is de zuidrand van het vestigingsgebied. Het voedsel wordt gevonden aan zee en aan de kust. Het dieet bestaat uit alle soorten dierlijk voedsel, inclusief water- en zeevogels maar ook dode vissen, aas en visafval (Vogelbescherming, n.d.-e). Op het NCP is de grote mantelmeeuw voornamelijk een wintergast (Van Donk et al., 2024). Het is aannemelijk dat de soort voorkomt in het projectgebied



Figuur A4-27. Verspreidingsvoorspelling van de grote mantelmeeuw op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.9 Visdief

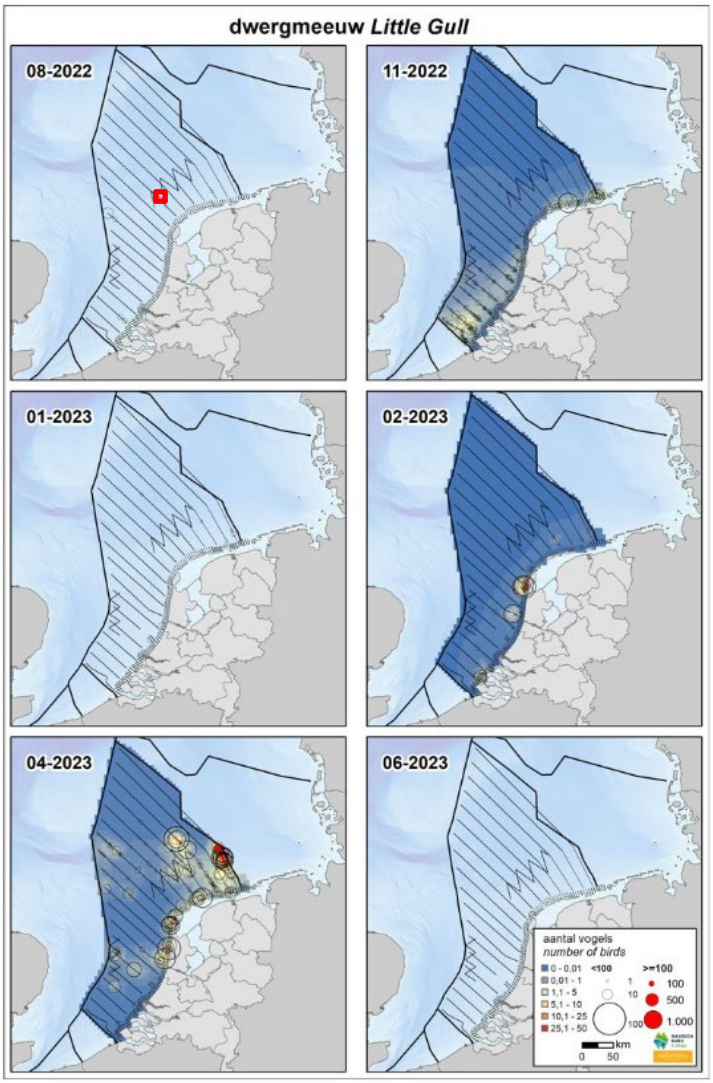
De visdief komt op het NCP voor als doortrekker en zomergast. De visdief komt voornamelijk voor in de kustgebieden. Het voedsel wordt gezocht in zoete en zoute milieus: intergetijdenzone, kust, moeras, rivieren beken en meren. De visdief bidt en duikt naar kleine vis als spiering. Het overwinteringsgebied bevindt zich voornamelijk langs de westkust van Zuid-Europa en Afrika, met name het kustgebied van Mauritanië en Nigeria. Visdieven verschijnen vanaf eind maart. De meeste voorjaarstrek vindt plaats tussen half april en eind mei. Begin juli vertrekken groepen visdief richting het zuiden, dit gaat door tot aan september en begin oktober (Vogelbescherming, n.d.-j). In augustus bevonden zeer grote aantallen visdief zich in en net buiten de kustzone, er werden ook opvallende aantallen waargenomen op het Friese Front en ten westen daarvan. In april werden visdieven offshore waargenomen, maar in vrij lage aantallen. In januari en februari werden geen visdieven op het NCP waargenomen (Figuur A4-28). Gezien de verspreiding is het met name in augustus waarschijnlijk dat de visdief zich in (de omgeving van) het projectgebied bevindt.



Figuur A4-28. Verspreiding van de visdief op het Nederlands Continentaal Plat (van Bemmelen et al., 2024). Het projectgebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.10 Dwergmeeuw

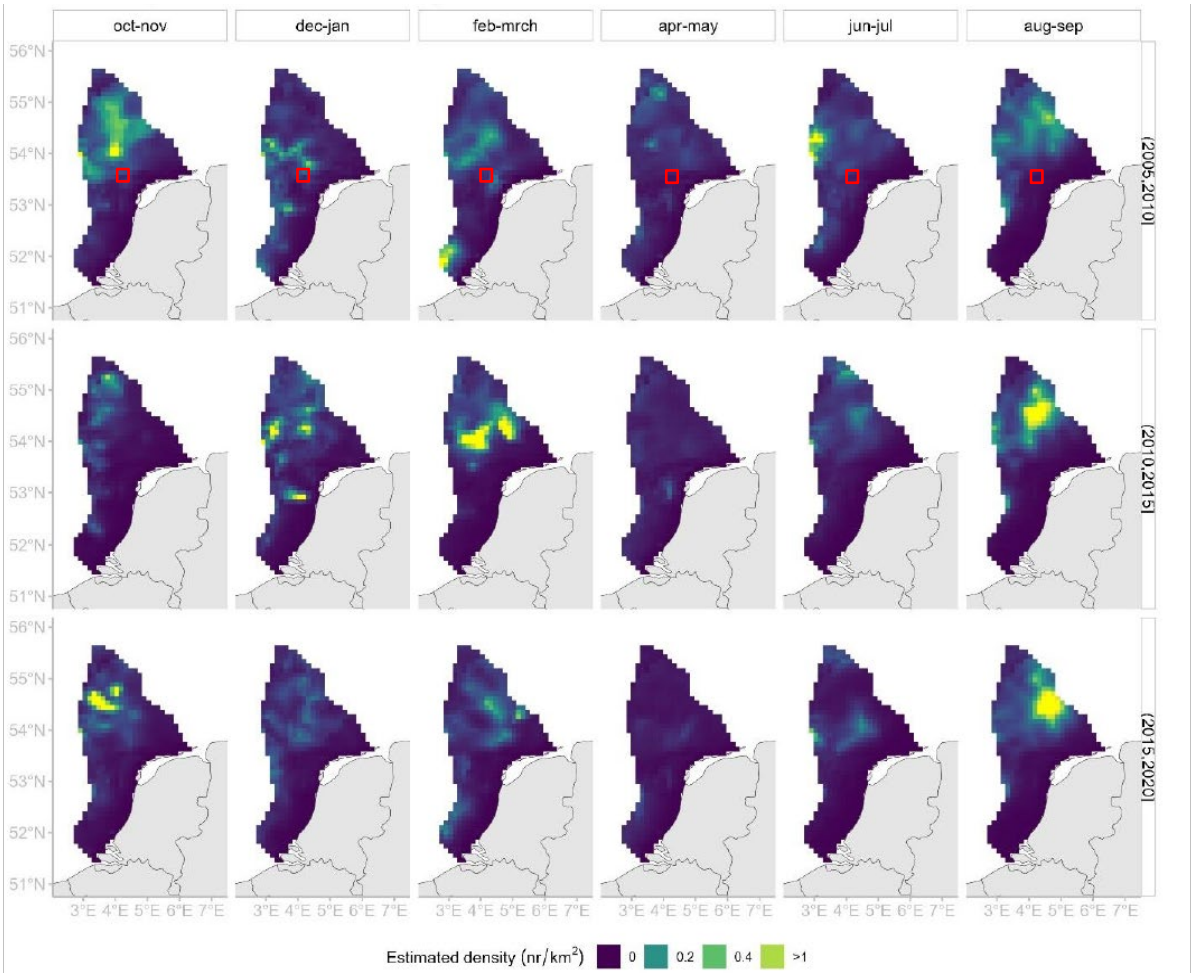
De dwergmeeuw is een zeldzame broedvogel in Nederland. De dwergmeeuw broedt graag in kolonies van kokmeeuwen, deze helpen bij het verjagen van mogelijke vijanden. De broedtijd is van eind juni tot juli. De voorkeurshabitat is terreinen met pioniervegetatie. Voorbeelden hiervan zijn kwelders, schaars begroeide zandplaten en recentelijk ingepolderde gebieden. Het dieet van de dwergmeeuw bestaat uit insecten die van het oppervlak wordt gepikt. Ook op vliegende insecten wordt gejaagd. Op zee leeft de dwergmeeuw vermoedelijk van kreeftachtigen die van het wateroppervlak worden gepikt. In de winter trekt de dwergmeeuw naar grote open wateren, met name naar de zee (Vogelbescherming, n.d.-c). De dwergmeeuw komt in de kustzone en op het NCP voor. In de maand november werden op het zuidelijke deel verhoogde concentraties waargenomen. In februari was de verspreiding voornamelijk beperkt tot de kustzone. Tijdens monitoringsvluchten in augustus, januari en juni werden geen dwergmeeuwen aangetroffen. In april werden de hoogste aantallen aangetroffen, voornamelijk in de kustzone, rondom het Friese Front en in het noordelijke deel van het NCP (Figuur A4-29). In het voorjaar kan de dwergmeeuw in het projectgebied voorkomen.



Figuur A4-29. Verspreiding van de dwergmeeuw op het Nederlands Continentaal Plat (van Bemmelen et al., 2024). Het projectgebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.11 Noordse stormvogel

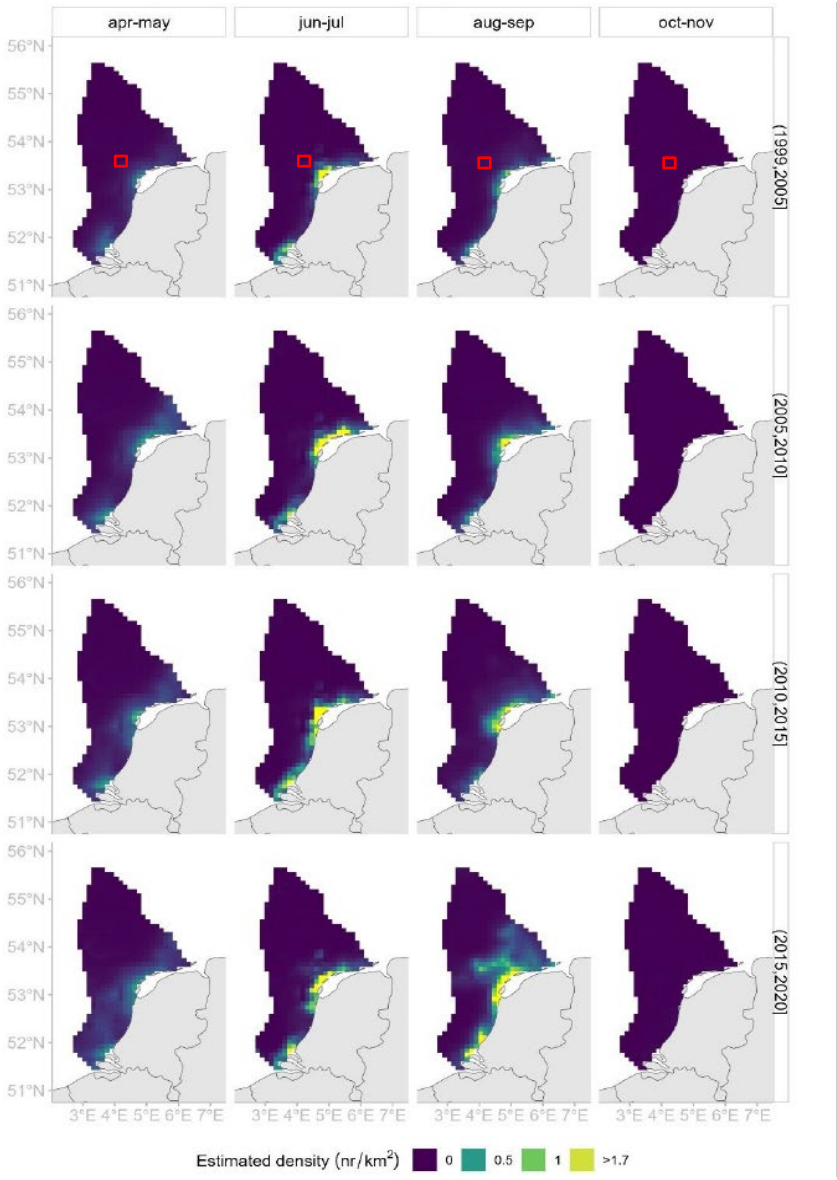
De Noordse stormvogel is een algemene zeevogel op de Noordzee. Het is een echte pelagische soort die de kustzone grotendeels vermijdt. De Noordse stormvogel broedt op steile kliffen aan zee, bij voorkeur op eilanden. Soms worden ook broedgevallen aangetroffen verder het binnenland in. Het dieet bestaat voornamelijk uit vis zoals lodde, wijting en zandspiering. Soms eet de Noordse stormvogel ook kwallen, visafval en aas. De samenstelling van het voedsel is afhankelijk van de locatie. Vogels die zich in de noordelijke broedgebieden bevinden trekken zuidwaarts bij het dichtvriezen van de zee, er wordt dan onder andere in de Noordzee overwinterd. Noordse stormvogels zijn in Nederland voornamelijk in september tot november te zien tijdens de vogeltrek (Vogelbescherming, n.d.-h). De meeste waargenomen Noordse stormvogels bevinden zich op de centrale Noordzee (van Bemmelen et al., 2024). Op basis van het voorspellingsmodel door Van Donk et al. (2024) is de Noordse stormvogel verspreid over het jaar met name in het noorden van het NCP te verwachten. Het is aannemelijk dat de soort in lage aantallen voorkomt in het projectgebied.



Figuur A4-30. Verspreidingsvoorspelling van de Noordse stormvogel op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.12 Grote stern

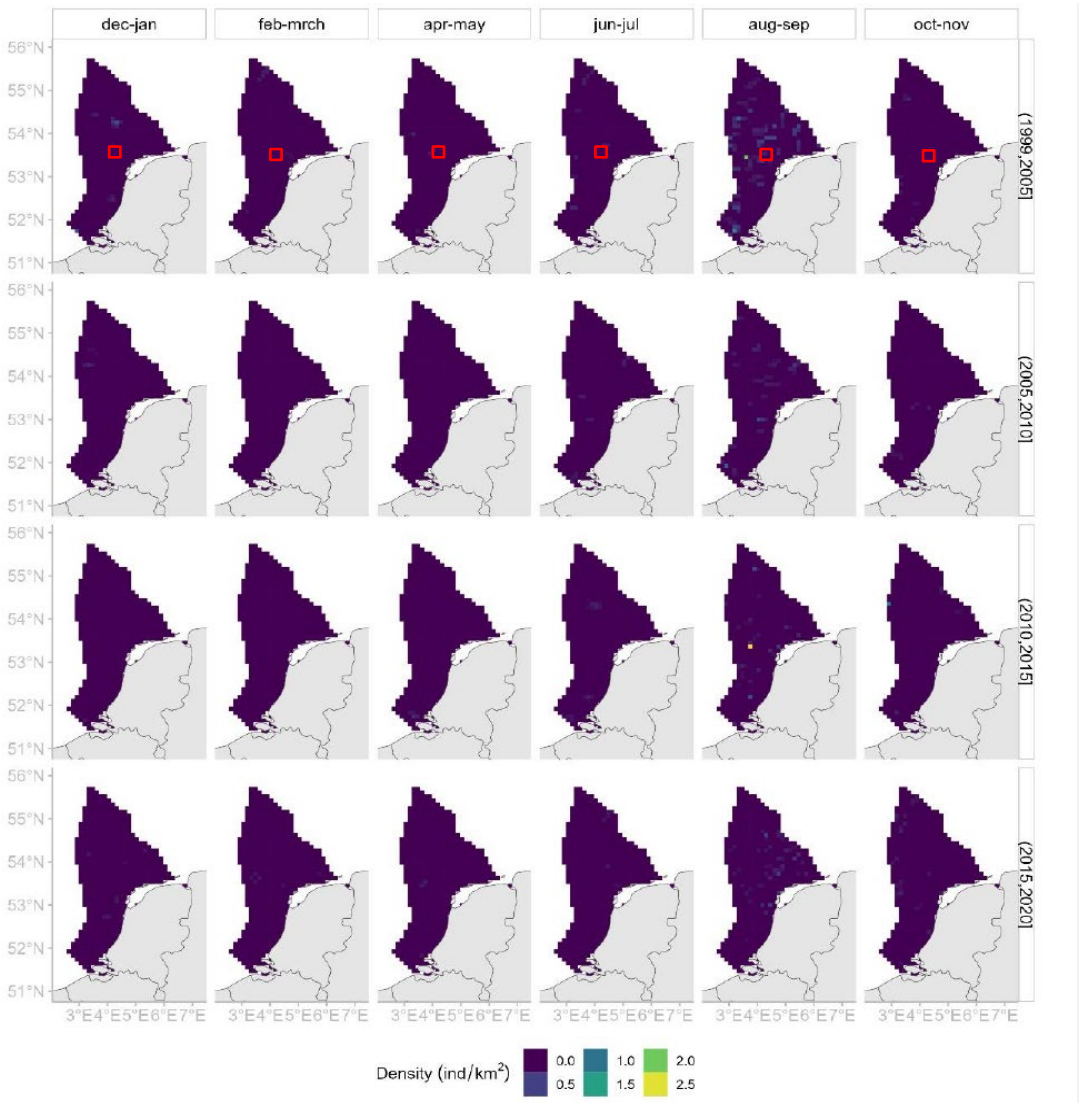
De grote stern is een kustvogel die in broedkolonies broedt op kwelders, groene stranden en schaars begroeide eilanden. In Nederland bevinden de broedkolonies zich in het Delta- en Waddengebied. De broedtijd start vanaf eind april/ begin mei. De kuikens kunnen niet direct voor het eigen voedsel zorgen, en worden nog wekenlang door de ouders gevoed met kleine vis. Het dieet bestaat voornamelijk uit zandspiering, haring en sprot. Er wordt gefoerageerd in de kustzone van de Noordzee, in geulen in de Waddenzee en in de zoute estuaria. De grote stern staat erom bekend dat ze lange foerageervluchten vanaf de kolonie kunnen maken. Soms beland de grote stern zo tijdens de broedtijd ver op zee. Eind maart arriveren de grote sterns in Nederland. De wegtrek vindt plaats vanaf midden juli tot september. Een alsmaar toenemend aantal overwinterd in de Zeeuwse Delta (Vogelbescherming, n.d.-f). De soort komt met name voor in de kustgebieden, maar kan komt is ook in lente- en zomermaanden verder op het NCP te verwachten (Van Donk et al., 2024). Het is mogelijk dat grote sterns voorkomen in het projectgebied



Figuur A4-31. Verspreidingsvoorspelling van de grote stern op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.13 Grote jager

De grote jager (*Stercorarius skua*) is in Nederland een echte kustvogel. Dit kan een agressieve vogel zijn, die in staat is grote gezonde zeevogels aan te vallen en te doden. Het is dan ook een opportunistische soort met een divers dieet. De grote jager vangt voornamelijk zelf vis (zoals spiering), hij voedt zich ook met visafval van trawlers, steelt vis van andere zeevogels, dood vogels zoals de drieteenmeeuw en papegaaiduiker of eet pijlinktvis en aas. De grote jager zoekt graag vissersschepen op en wordt op die manier vaak gezien. De voorkeur is om op eilanden te broeden waar weinig menselijke verstoring kan plaatsvinden, het liefst op vlak gebied met lage vegetatie. Regelmatig wordt hiermee de broedplek gevonden op korte afstand van andere zeevogelkolonies. De broedgebieden betreffen de Schotse eilanden, de Faeröer, IJsland, Noorse kust, Noord-Finland, Spitsbergen en Noord-Rusland. De grote jager trekt langs de Nederlandse kust van juli tot in februari, in hogere aantallen van midden september tot midden november (Vogelbescherming, n.d.-d). Hoewel hun aantallen doorgaans laag zijn, worden grote jagers met name gedurende de augustus-september verwacht (Van Donk et al., 2024) Het is mogelijk dat de grote jager sporadisch voorkomt in het projectgebied.

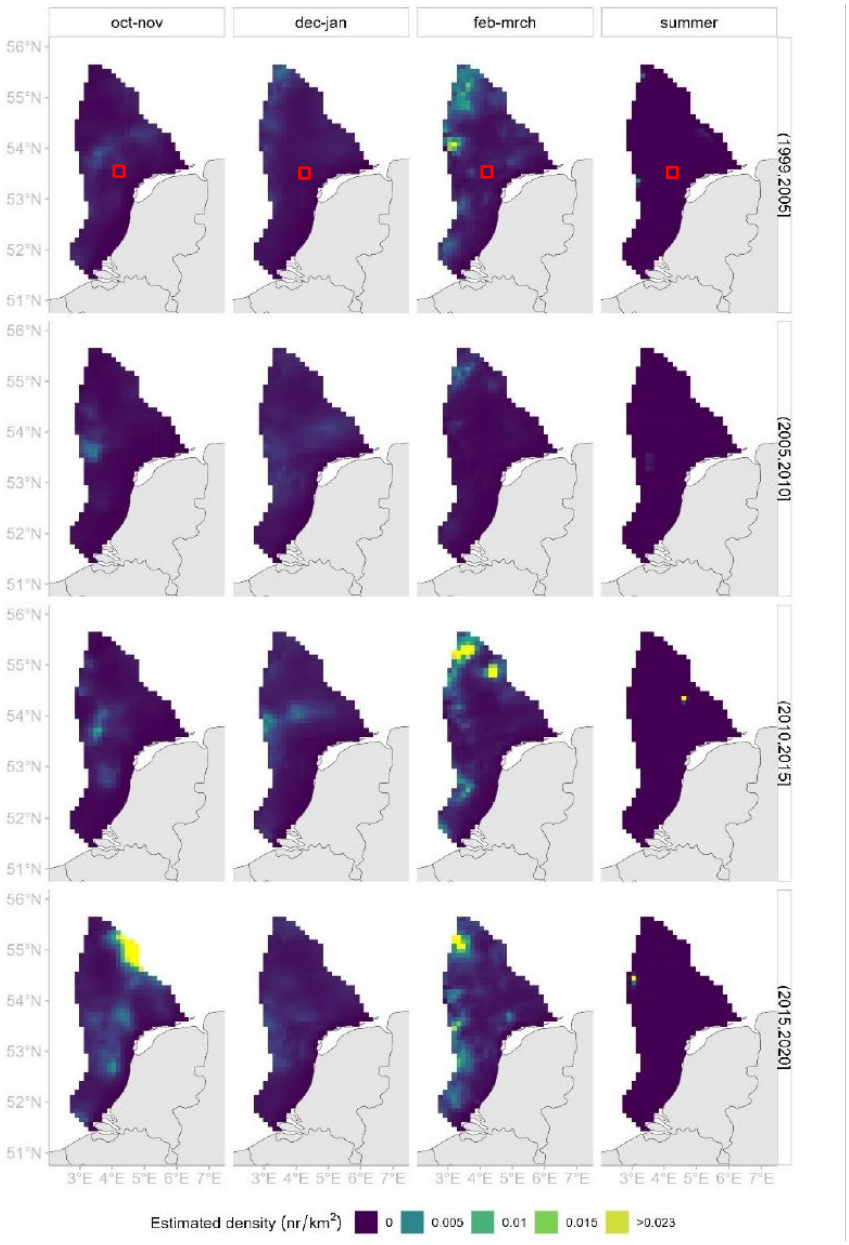


Figuur A4-32. Verspreidingsvoorspelling van de grote stern op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

.

A4.4.14 Papegaaiduiker

De papegaaiduiker (*Fratercula arctica*) is een kolonievogel die broedt op ruige rotskusten. Zijn belangrijkste voedselbron, de zandspiering, vangt hij op open zee. Buiten het broedseizoen leeft de soort volledig op zee, voornamelijk in de Noord-Atlantische Oceaan, de Noorse Zee en de Barentszzee. Het is een echte zeevogel die alleen tijdens de broedtijd aan land komt. Populatieschattingen van de papegaaiduiker op het NCP zijn op dit moment nog niet te bepalen en kennen grote onzekerheden in de data (van Bemmelen et al., 2024). Op basis van de het voorspellingsmodel uit Van Donk et al. (2024) is de verwachting met name dat de soort voorkomt in het Noorden van het NCP, nabij de Doggersbank en Centrale Oestergronden. Het is niet aannemelijk dat de soort voorkomt in het projectgebied.



Figuur A3-33. Verspreidingsvoorspelling van de papegaaiduiker op het Nederlands Continentaal Plat (Van Donk et al., 2024). Het plangebied is indicatief weergegeven met het rode vierkant.

A4.4.15 Trekvogels

De zuidelijke Noordzee (51-52 ˚NB) vormt een belangrijk leef- en doortrekgebied voor een aantal vogelsoorten die het gebied gebruiken om te foerageren, te slapen en/of door te migreren. Er zijn grofweg drie categorieën van trekvogels die van de Noordzee gebruik maken. De eerste categorie zijn de zeevogels die broeden op het land, maar brengen het grootste deel van hun level op zee door, waar ze in zoute wateren foerageren en goed aangepast zijn aan het mariene milieu (Tabel A4-2). Sommige soorten hebben een duidelijke voorkeur voor offshore gebieden, terwijl andere voor hun foerageergebied meer kustgebonden zijn en zich binnen een straal van 20 km van de kustlijn ophouden (Stienen et al., 2007). Een tweede categorie zijn de kustvogels, die broeden aan de kust, maar op zee foerageren. Een aantal soorten zee- en kust vogels gebruikt de Noordzee alleen als doortrekgebied, maar andere overwinteren ook deels aan de Nederlandse kust (Tabel A4-2). Een derde categorie is de landvogels (zangvogels, roofvogels, steltlopers, watervogels), deze soorten gebruiken de Noordzee enkel als doortrekgebied.

Tabel A4-2. Overzicht van geschatte aantallen vogels van het Nederlandse kustgebied die de zuidelijke Noordzee (51-52 ˚NB) gebruiken als overwintering- en doortrekgebied per jaar, met een indicatie van de afstand van het leefgebied ten opzichte van de kust, populatietrends, de landelijke staat van instandhouding en de Natura 2000 gebieden waar de soort voor is aangewezen.

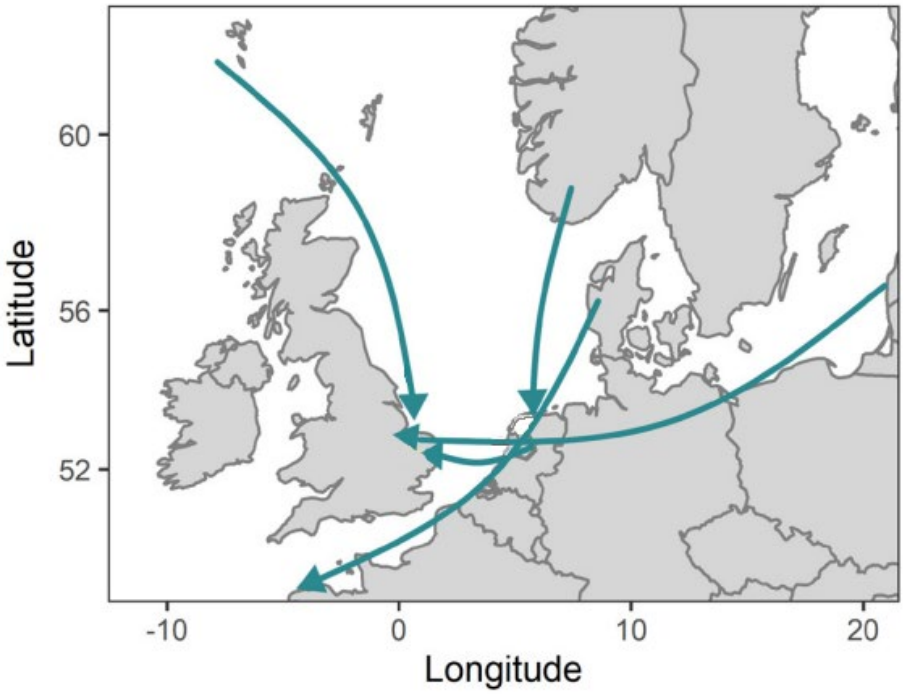
Trekvogelsoorten (Noordeze 51-52 ˚ ˚NB)	Categorie	Geschatte max. doortrek 2008-2012 (Sovon, 2022) ** 2012-2017 (Sovon, 2022)	Geschat max. overwinterende vogels 2013-2015 (Sovon, 2022)	Afstand van de kust (oa Stienen et al., 2007)	Trend laatste twaalf jaar (Sovon, 2022)	Landelijke staat van instandhouding (niet-(broedvogel) ***	Aangewezen Natura-2000 gebieden Noordzee
Roodkeelduiker (*Gavin sellata*)	Zeevogel	2.000-10.000	2.000-10.000	K	+, +	Gunstig	N, V
Fuut (*Podiceps christatus*)	Kustvogel	26.000-33.000**	20.000-25.000	K	0	Matig ongunstig	V
Noordse stormvogel (*Fulmarus glacialus*)	Zeevogel	50.000-200.000	10-20	O	-	Gunstig	-
Jan-van-Gent (*Morus bassanus*)	Zeevogel	10.000-50.000	500-2500	O	+	Gunstig	B
Aalscholver (*Phalacrocorax carbo*)	Kustvogel	46.100-72.200**	29.000-38.000	K	+, 0	Gunstig	N, V
Eider (*Somateria mollissima*)	Kustvogel	50.000-200.000	97.000-110.000	K	++, ++	Zeer ongunstig	N, V
Zwarte zee-eend (*Melanitta negra*)	Zeevogel	10.000-50.000	40.000-50.000	K	+, ~	Zeer ongunstig	N, V
Scholekster (*Haematopus ostralegus*)	Kustvogel	180.000-120.000**	170.000-190.000	K	~, +	Zeer ongunstig	N, V
Grote jager (*Stercorarius skua*)	Zeevogel	2.000-10.000	20-50	O	?	Onbekend	B

Trekvogelsoorten (Noordeze 51-52 ° °NB)	Categorie	Geschatte max. doortrek 2008-2012 (Sovon, 2022) ** 2012-2017 (Sovon, 2022)	Geschat max. overwinterende vogels 2013-2015 (Sovon, 2022)	Afstand van de kust (oa Stienen et al., 2007)	Trend laatste twaalf jaar (Sovon, 2022)	Landelijke staat van instandhouding (niet-(broedvogel) ***	Aangewezen Natura-2000 gebieden Noordzee
Dwergmeeuw (*Larus minutus*)	Zeevogel	10.000-50.000	200-400	K	+, +, ?	Gunstig	N, V, B
Kokmeeuw (*Larus ridibundus*)	Zeevogel	390.000-600.000**	380.000-420.000	K	0	Gunstig	-
Stormmeeuw (*Larus canus*)	Zeevogel	300.000-450.000**	350.000-430.000	K	0	Gunstig	-
Kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*)	Zeevogel	200.000-1.000.000	500-1500	K/V*	+	Matig ongunstig	-
Zilvermeeuw (*Larus argentatus*)	Zeevogel	88.100-160.000	100.000-130.000	K/V*	-	Matig ongunstig	-
Grote mantelmeeuw (*Larus marinus*)	Zeevogel	6.700-9.800**	5.400-6.500	V	0	Matig ongunstig	B
Drieteenmeeuw (*Rissa tridactyla*)	Zeevogel	50.000-200.000	1.000-4.000	O/V*	0	Gunstig	-
Grote stern (*Thalasseus sandvicensis*)	Zeevogel	10.000-50.000	15-30	K	?	Zeer ongunstig	V
Visdief (*Sterna hirundo*)	Zeevogel	10.000-50.000	Nihil	K	?	Zeer ongunstig	V
Dwergstern (*Sterna abifrons*)	Zeevogel	500-2000	Nihil	K	~	Onbekend	N
Zeekoet (*Uria aalge*)	Zeevogel	200.000-1.000.000	1000-2500	O	+	Gunstig	V, F
Alk (*Alca torda*)	Zeevogel	50.000-200.000	50-250	O	?	Onbekend	B

*K = kust-soort met grootste aantallen op max. 20 km van de kustlijn, O = offshore-soort die nauwelijks wordt waargenomen binnen 20 km van de kustlijn, V = Verspreid over zowel kust- als offshore wateren, N = Noordzeekustzone, V = Voordelta, B = Bruine Bank, F = Friese Front, * = Verspreidingspatronen zijn seizoensafhankelijk, ** = Tellingen in periode 2012-2017 en *** = Bepaling Staat van Instandhouding (geen Natura 2000) | Sovon*

Trekroutes

Door de ligging tussen Scandinavië, Nederland, Duitsland en de Britse eilanden, is de Noordzee het kruispunt van één van ‘s werelds grootste migratiesystemen ter wereld: The East-Atlantic Flyway (Bird Life International 2010). Jaarlijks trekken er ‘s nachts ongeveer honderd miljoen trekvogels van 250 verschillende soorten over de Noordzee om op zoek te gaan naar hun overwinteringsgebieden in het noorden of hun broedgebieden in het zuiden (Hüppop et al., 2006). Er zijn op de Nederlandse Noordzee grofweg twee relevante vogeltrekbewegingen te onderscheiden: de oost-westtrek (van oost Europa naar het Verenigd Koninkrijk) en noord-zuidtrek (van Scandinavië naar Zuid-Europa of Afrika), die elk afhankelijk van de locatie van herkomst en bestemming van de vogels weer verder zijn onder te verdelen (Bradarić et al., 2020; Lensink et al., 1999) (Figuur A4-33). De breedte van deze zone is variabel, afhankelijk van soort, jaargetijde en weersinvloeden (Camphuysen & Leopold, 1994; Camphuysen & Van Dijk, 1983; Platteeuw et al., 1994).



Figuur A4-34. Globale weergave van trekroutes over de Noordzee (Braderic et al., 2020).

Timing

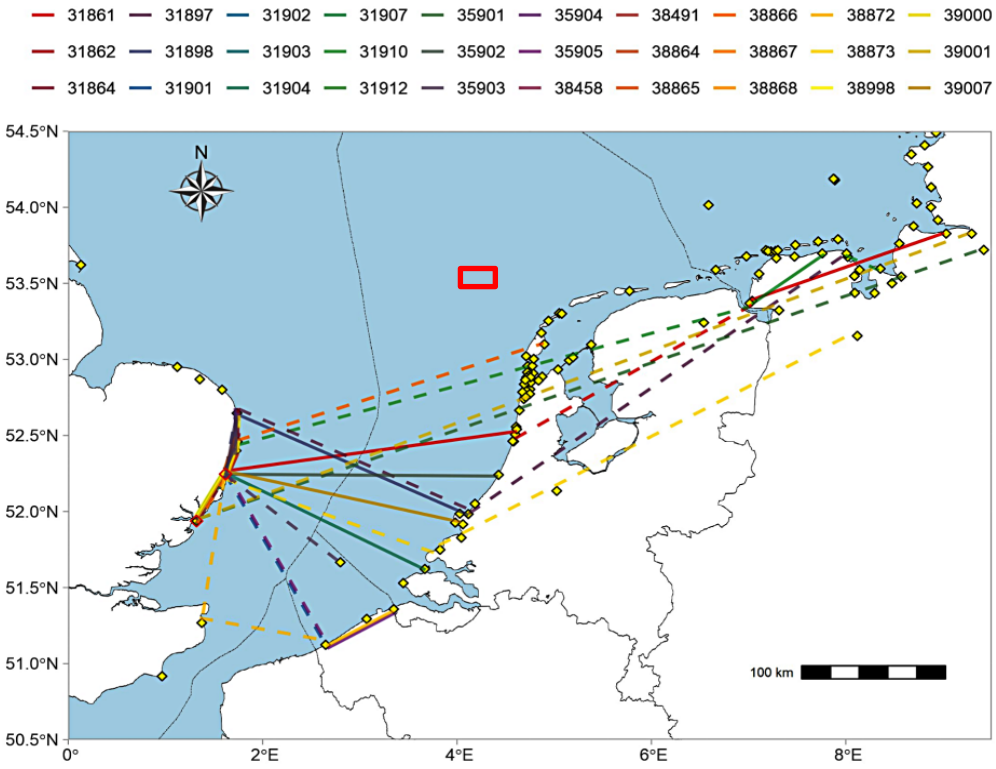
Voor landvogels die normaal niet in of rondom zout water leven, kan migreren over grote watermassa’s zoals de Noordzee (960 km van noord naar zuid) een groot risico vormen, omdat er geen plaats om te rusten, foerageren en te schuilen (Bradarić et al., 2020; Shamoun-Baranes & van Gasteren, 2011). Om het risico op uitputting en verhongering zo klein mogelijk te maken, stemmen trekvogels hun nachtelijke vertrekdatum goed af op de windrichting en hun einddoel (Bradarić et al., 2020). Over de Noordzee vinden er in een jaar twee verschillende momenten plaats waar de vogeltrek het grootst is: het voorjaar (half feb-eind mei) en het najaar (begin aug-eind nov). Migratiepieken vinden veelal plaats wanneer het stabiel weer is dat gedomineerd wordt door hogedruk systemen zonder regen of regenfronten (Manola et al., 2020). Uit onderzoek van Bradarić et al. (2020) blijkt dat vogels in het voorjaar de dominante zuidwestelijke windrichting gebruiken als rugwind om de oversteek over de Noordzee te maken en vanuit Engeland naar het oosten te migreren. In het najaar vertrekt het grootste aandeel vogels vanuit Denemarken, Duitsland en het noorden van Nederland richting het zuidwesten van Europa (Bradarić et al., 2020). Voor de najaarstrek is zijwind het meest geschikt (Manola et al., 2020).

A4.5 Vleermuizen

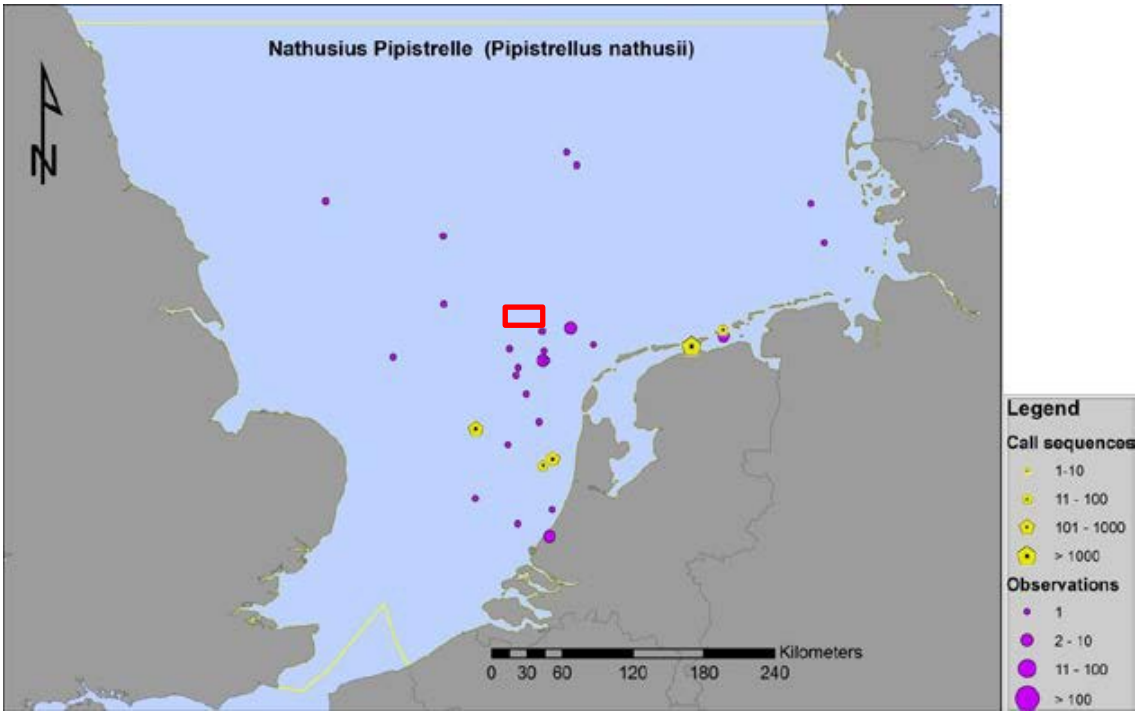
In de kuststreek komen diverse vleermuissoorten voor, waaronder ruige en gewone dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusii* en *Pipistrellus pipistrellus*), rosse vleermuis (*Nyctalus noctula*), watervleermuis (*Myotis daubentonii*) en meervleermuis (*Myotis dasycneme*). Vleermuizen hebben hun verblijfplaatsen op het land. Van grofweg maart tot en met november maken vleermuizen vanuit hun verblijfplaatsen foerageertochten. In de winterperiode gaan ze in winterslaap en foerageren ze nagenoeg niet. De foerageerafstand vanaf de kust van de watervleermuis, rosse vleermuis en meervleermuis is minder dan 10 kilometer. Foeragerende vleermuizen komen daarom hoogstwaarschijnlijk niet voor in het plangebied.

In de herfst migreren rosse vleermuizen en ruige dwergvleermuizen naar gebieden met een gematigd zeeklimaat (Rydell et al., 2010). Vooral de ruige dwergvleermuis staat erom bekend in het voor- en najaar van Noord-Holland over de Noordzee naar Groot-Brittannië te trekken (Boshamer & Bekker, 2008; Fleming et al., 2003). Volgens Lagerveld et al., (2019) is de najaarstrek iets intensiever dan de voorjaarstrek. Het is momenteel niet duidelijk of de vleermuizen verspreid over een bredere regio trekken of geconcentreerd in een smalle band de oversteek maken. Ook is nog niet zeker of de vleermuizen alleen 's nachts migreren of ook overdag actief zijn boven de Noordzee. In de Nederlandse windparken OWEZ en PAWP, nabij Egmond aan Zee, zijn ruige dwergvleermuizen waargenomen. Deze offshore structuren worden gebruikt als rustplaatsen gedurende de dag. (Jonge Poerink et al., 2013; Rijkswaterstaat, 2015c). In 2021 en 2022 werden 44 vleermuizen (ruige dwergvleermuizen) uitgerust met radiozenders aan de oostkust van het Verenigd Koninkrijk, en hun bewegingen naar continentaal Europa werden gevolgd met het MOTUS Wildlife Tracking System (Lagerveld et al., 2024) (Figuur III-33). De resultaten laten zien dat vleermuizen lange overtochten over zee vermijden door langs de kust te migreren. Vrouwtjes vertrekken eerder in het seizoen vertrekken dan mannetjes. De gemiddelde migratiesnelheid van vrouwtjes was 61 km/dag, oplopend tot 88 km/dag na hun laatste detectie in het VK. Vleermuizen passen hun vliegsnelheid aan op basis van windomstandigheden, waarbij ze bij rugwind hun snelheid verdubbelen tot 60,5 km/u en vlieghoogtes kiezen met gunstige windomstandigheden, variërend van enkele honderden meters tot mogelijk 2.500 meter.

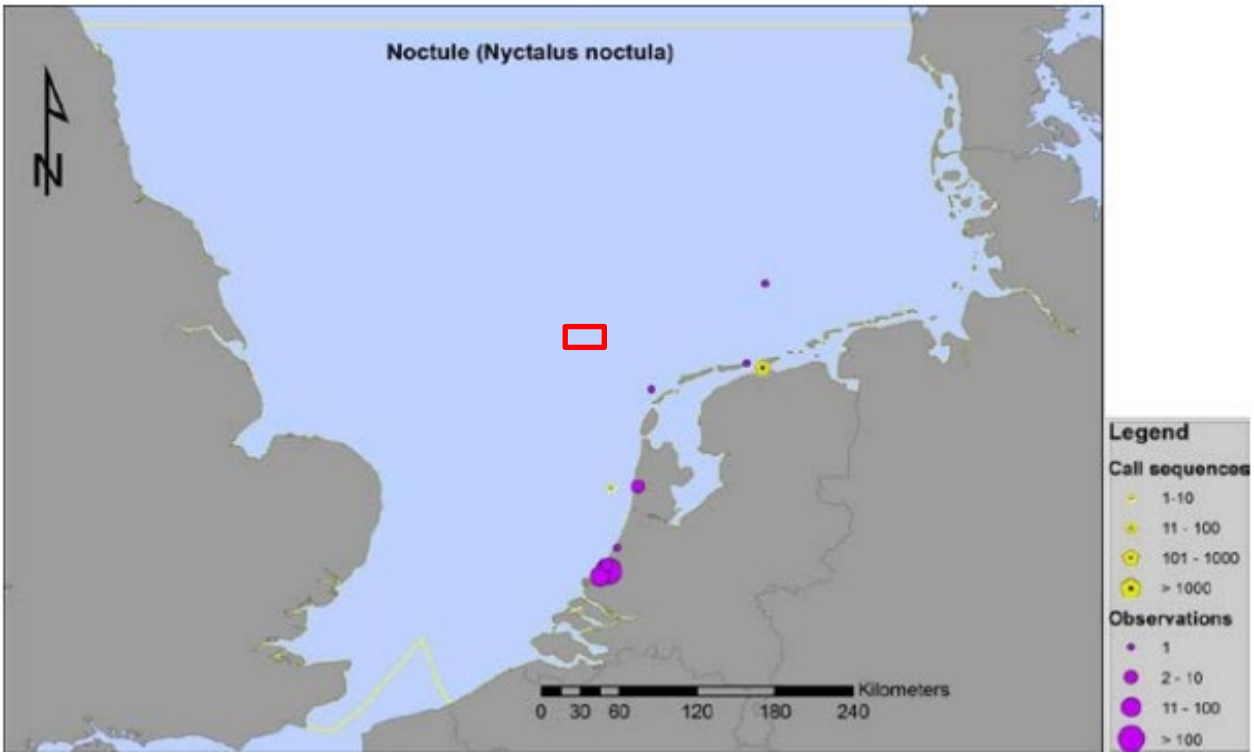
Rosse vleermuizen worden minder frequent waargenomen op zee. Echter zijn er offshore waarnemingen gedaan van deze soort (Figuur III-4 en III-35) (Leopold et al., 2015). Beide soorten zijn beschermd via het Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn (Ow Bal § 11.2.3). Het is mogelijk dat migrerende ruige dwergvleermuizen en rosse vleermuizen incidenteel in het plangebied voorkomen.



Figuur A4-35. Bewegingen van Pipistrellus nathusii*, gedetecteerd buiten de taglocaties, waarbij gele stippen de ontvangststations en rode cirkels de taglocaties aangeven, en de lijnen de migratieroutes langs de kust en over de Noordzee weergeven (Lagerveld et al., 2024).*



*Figuur A4-36. De verspreiding van de ruige dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusii*) (Leopold et al., 2015). Het plangebied is indicatief aangegeven met een rood vierkant.*



*Figuur A4-37. De verspreiding van de rosse vleermuis (*Nyctalus noctula*) (Leopold et al., 2015). Het plangebied is indicatief aangegeven met een rood vierkant.*

RAPPORT

Bovenwatergeluid

Gaswinning L7-F

Klant: Eni Energy Netherlands B.V.

Referentie: BH5808-146 Bovenwatergeluid L7-F
Status: Definitief/001
Datum: 22 mei 2025

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
Email: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document: Bovenwatergeluid

Ondertitel: Bovenwatergeluid L7-F
Referentie: BH5808-146 Bovenwatergeluid L7-F
Status: 001/Definitief
Datum: 22 mei 2025
Projectnaam: MER Gaswinning L7-F

Projectnummer: BH5808-146

Opgesteld door:	FvH, RHDHV
Gecontroleerd door:	MGi, SF
Datum:	2025 22 mei
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	2025 22 mei
Classificatie:	Projectgerelateerd

Classificatie
Projectgerelateerd

Inhoud

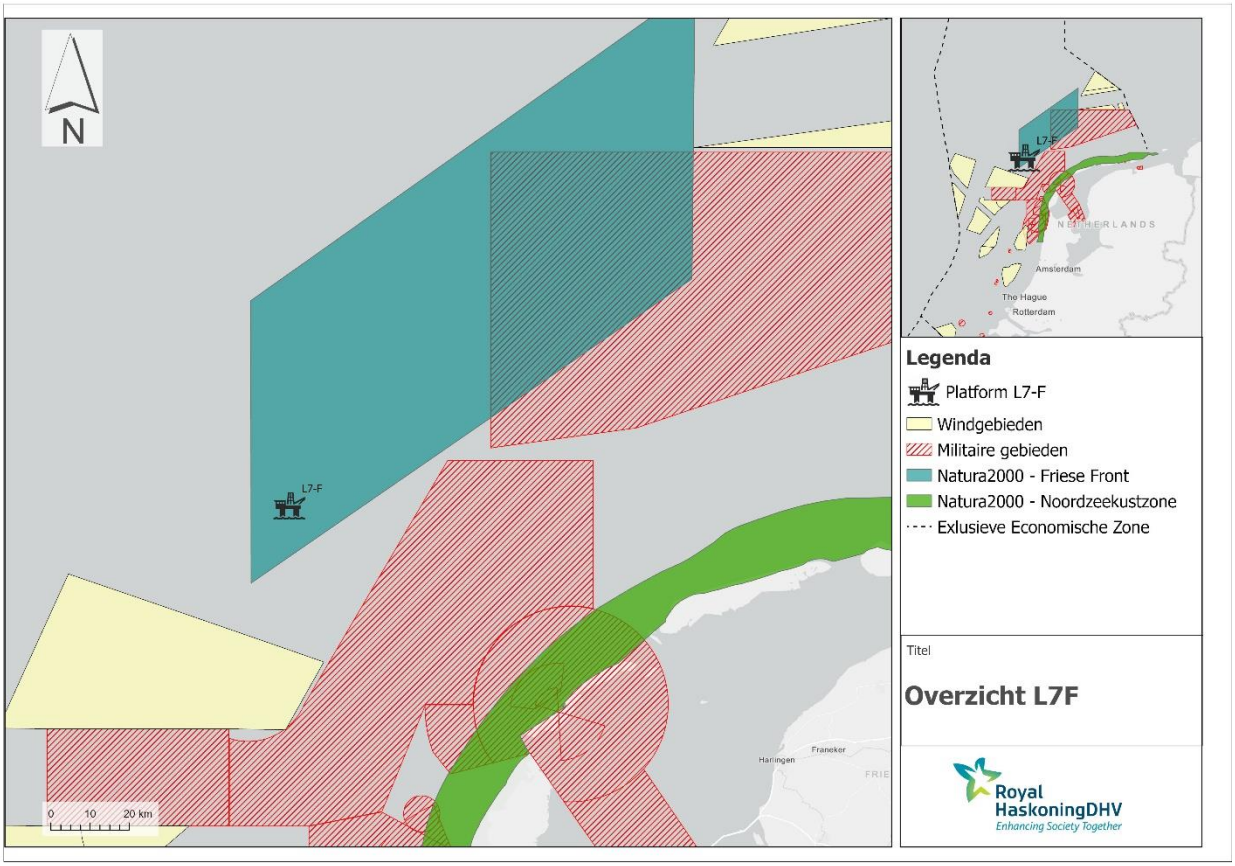
1	**Inleiding**	**1**
1.1	Geluid en beleidskader	2
1.2	Leeswijzer	2
2	**Aanlegfase**	**3**
2.1	Plaatsen platform en heiwerk verankeringspalen	3
2.2	Aanleggen en ingraven van de pijpleiding	4
3	**Boorfase**	**5**
3.1	Heiwerk conductors	5
3.2	Boren van de putten	6
3.3	Schoonproduceren van de putten	8
4	**Productiefase**	**9**
5	**Ontmantelingsfase**	**11**
6	**Transportbewegingen van schepen en helikopters**	**12**
7	**Cumulatie van geluid**	**13**
8	**Maximale geluidsniveaus**	**14**
9	**Overzicht**	**14**

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

1 Inleiding

Het nieuwe platform L7-F is gepland in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ), ongeveer 70 km ten noordwesten van Den Helder. Het gewonnen gas wordt per pijpleiding afgevoerd naar een bestaand gastransportsysteem. De kaart in Figuur 1-1 geeft de ligging van de locatie op de Noordzee weer.

De voorgenomen activiteiten van Eni Energy Netherlands B.V. richten zich op gaswinning uit 2 putten in 2026 en eventueel 1 put in 2028. Deze putten worden aangesloten op het platform L7-F, dat ten minste 10 jaar gas zal gaan leveren.



Figuur 1-1: Het projectgebied voor de gaswinning uit het aardgasveld L7-F

Voor het realiseren van de gaswinning worden voor het onderdeel bovenwatergeluid vier fasen onderscheiden. De te onderzoeken activiteiten voor bovenwatergeluid voor de vier fasen zijn:

- Aanlegfase
  - plaatsen platform en heiwerk verankeringspalen;
  - aanleggen van de pijpleiding;
- Boorfase
  - heiwerk conductors;
  - boren van de putten;
- Productiefase (gasbehandeling).
- Ontmantelingsfase.

Hiernaast is sprake van transportbewegingen van schepen en helikopters.

1.1 Geluid en beleidskader

Op zee zijn twee soorten geluid van belang: in de lucht boven het zeeoppervlak (bovenwatergeluid) en onder water in de zee (onderwatergeluid). Bovenwatergeluid is het geluid dat door mensen en dieren wordt gehoord. Deze studie richt zich op bovenwatergeluid.

De Nederlandse regelgeving met betrekking tot geluid richten zich op het voorkomen van geluidsoverlast voor mensen in de omgeving van een activiteit. Geluidsgevoelige objecten betreffen daarom met name woningen en andere gebouwen en terreinen waar mensen kunnen verblijven. Omdat op zee geen geluidsgevoelige objecten in de zin van deze wetgeving voorkomen, is deze regelgeving niet relevant met betrekking tot bovenwatergeluid op zee. Hiermee zijn er ook geen toetswaarden waaraan de geluidsniveaus van het project kunnen worden getoetst.

Wel hebben ecologen op basis van onderzoek vastgesteld dat zeevogels een gebied gaan mijden bij geluidsniveau's van meer dan 60 dB(A). Dit heeft een effect op het natuurlijk gedrag van de zeevogels.

In deze studie wordt inzichtelijk gemaakt op welke afstand de 60 dB(A) geluidcontour ligt voor de verschillende activiteiten tijdens de verschillende projectfases. Deze 60 dB(A) contouren worden in het MER en de natuurstudies voor het L7-F project gebruikt voor het bepalen van de effecten van bovenwatergeluid op met name zeevogels.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 tot en met 6 worden de activiteiten benoemd en de bijbehorende geluidemissie en 60 dB(A) geluidcontour bepaald. In hoofdstuk 7 wordt aandacht besteed aan de cumulatie van geluid door het gelijktijdig boren en produceren (*concurrent drilling*). Hoofdstuk 8 gaat in op de maximale geluidsniveaus (piekemissies) en tot slot geeft hoofdstuk 9 een overzicht van de vastgestelde 60 dB(A) geluidcontour per activiteit.

2 Aanlegfase

2.1 Plaatsen platform en heiwerk verankeringspalen

De belangrijkste geluidsbron bij het plaatsen van het productieplatform is het heiwerk van de verankeringspalen waarmee de onderbouw van het platform in de zeebodem wordt verankerd. Het betreft het plaatsen van 4 palen, de globale afmetingen per paal zijn 52 meter lengte en 8 cm wanddikte (3 inch). Verdere gegevens zijn als volgt:

- De heihamer is van het type S1200 van IHC of gelijkwaardig. Dit type heihamer is gekozen vanwege de diameter van de hamer, niet vanwege het benodigde heivermogen. De hamer wordt op niet meer dan 50% van zijn maximale vermogen belast.
- Het aantal heislagen is 40 tot 47 per minuut.
- De heiduur per paal is minimaal 50 minuten. Rekentechnisch wordt een ruimere heiduur van effectief 2 uur gehanteerd.
- De vier palen worden misschien in één dag geplaatst, er bestaat een kans dat het heien verspreid is over twee etmalen. De in de berekeningen gehanteerde effectieve heiduur in één etmaal is 6 uur.
- De te hanteren bronhoogte is 18 meter. Dit is bepaald uitgaande van de regel volgens de meet- en rekenmethode geluid industrie, bijlage IVh van de Omgevingsregeling. Deze regel betreft het hanteren van een bronhoogte van 2/3 van de maximale hoogte van de bron als de bronhoogte varieert in de tijd. De maximale hoogte van de heipaal is 27 meter boven het wateroppervlak: 52 meter (lengte van de heipaal) minus 25 meter (waterdiepte).

Het geluidvermogen van de heihamer S1200 is gebaseerd op het onderzoek ‘Hornsea Offshore Wind Farm Project One’ Annex 4.3.1 ‘Airborne noise Technical report’ juli 2013 door RPS. De bijbehorende gegevens zijn in Tabel 2-1 vermeld.

Tabel 2-1: Meetresultaten heihamer IHC S1200

Meetafstand [m]	Geluidsdrukniveau [1] [Lp dB (A)]	Geluidsvermogenniveau [LWR in dB(A)]
25	100	139
50	92	137
100	87	138
200	83	140
400	77	140
800	66	135
Gemiddeld geluidvermogen IHC S1200 (energetisch gemiddeld)		138,5

1) Het geluidvermogenniveau is een specifieke eigenschap van een apparaat die onafhankelijk is van zijn omgeving. Het geluidsdrukniveau (Lp) is een maat voor de blootstelling aan geluid uit een bepaalde geluidsbron. Beiden worden uitgedrukt in decibel of dB(A).

Geluidmetingen die Royal HaskoningDHV in 2016 heeft verricht aan zwaar heiwerk ten behoeve van de zeesluis te IJmuiden leidden tot vastgestelde geluidsvermogens van circa 140 dB(A). Het betrof stalen buispalen langer dan 35 meter met diameters van meer dan 1500 mm.

Voor het onderhavige project wordt op grond van de genoemde gegevens en met name de bovenstaande Tabel 2-1, een maximaal geluidvermogen van 140 dB(A) (L_W re 1 pW) gehanteerd als de heihamer op vol vermogen wordt gebruikt. Voor het heien van de verankeringspalen wordt de heihamer op maximaal 50% van zijn maximaal vermogen gebruikt, wat leidt tot een reductie van het geluidvermogen van 3 dB(A), zodat het effectieve vermogen maximaal 137 dB(A) (L_W re 1 pW) bedraagt. De bijbehorende afstanden tot de geluidcontouren zijn vermeld in Tabel 2-2. Hierbij wordt uitgegaan van een volledig akoestisch reflecterende bodem, ook een harde bodem genoemd, en is gebruik gemaakt van berekeningen met het programma Geomilieu van DGMR.

Tabel 2-2: Afstand van heilocatie tot geluidcontouren $L_{Aeq,24u}$ in dB(A) tijdens het heien van de verankeringspalen

Heien verankeringspalen	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Heihamer	600 m

2.2 Aanleggen en ingraven van de pijpleiding

Als relevante geluidsbronnen bij het leggen van de pijpleiding wordt uitgegaan van de inzet van twee schepen, te weten het pijplegschip en een trencher, gedurende 2 maanden. Een trencher is een schip dat de zeebodem fluïdeerd waardoor de pijpleiding gecontroleerd de zeebodem in zakt. Een realistisch geluidvermogen dat optreedt tijdens het gelijktijdig inzetten van de beide schepen is 124 dB(A). Het geluidvermogen is ontleend aan het onderzoek Hornsea Offshore Wind Farm Project One, Environmental Statement, Volume 4 – Introductory Annexes, Annex 4.3.1 Airborne Noise Technical Report, juli 2013 door RPS.

De aanlegwerkzaamheden veroorzaken een geluidcontour van 60 dB(A) vanaf het akoestisch zwaartepunt van de schepen op een afstand van 200 meter. Opgemerkt wordt dat de gemiddelde snelheid van de schepen van 0,2 km/u zich beneden de minimale in te voeren snelheid van 1 km/u bevindt volgens Geomilieu V5.21. Om deze reden is als snelheid van de mobiele bron 1 km/u ingevoerd en het geluidvermogen gecorrigeerd met een factor 5 (+7 dB).

Tabel 2-3: Afstand van werkschepen tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) tijdens aanleg leiding

Aanleg leiding	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Werkschepen	200 m

3 Boorfase

3.1 Heiwerk conductors

Voor het boren wordt een conductor geplaatst. Dit is een zware metalen buis met een diameter van ongeveer tachtig centimeter (30 inch). De *conductor* buis vormt de verbinding tussen de boorvloer van het platform en het boorgat en de boring wordt binnen de *conductor* uitgevoerd. De *conductor* zorgt daarnaast ook voor de stabiliteit van het ondiepe boorgat en voorkomt intreding van grond- en zeewater.

Bij platform L7-F worden maximaal 2 conductors geplaatst gebruikmakend van een IHC S90 Hydrohamer. Twee conductors worden in 2026/2027 na elkaar geplaatst. Rekentechnisch wordt het volgende gehanteerd:

- De lengte van een geplaatste conductor is 100 meter, waarvan ongeveer 50 meter in de bodem zal doordringen.
- De diameter van een conductor is 0,76 meter.
- De slagfrequentie is 46 slagen per minuut.
- Het benodigde aantal heislagen per paal is gebaseerd op het aantal heislagen bij conductors voor andere putten in de Noordzee. Gemiddeld bedraagt het aantal heislagen per paal 20.638 en maximaal 30.839 stuks.
- De heiduur per conductor is daarmee (maximaal) 30.839 / 46 is ca. 11,2 uur.
- Het heiwerk van de conductors neemt in totaal 3 dagen in beslag. De berekende contourafstanden zijn per dag overigens identiek.
- De slagenergie is ca. 90 kJ.
- De bronhoogte is vanuit akoestisch oogpunt ongeveer 50 meter boven het wateroppervlak. Dit is bepaald uitgaande van de rekenregel uit de Omgevingsregeling bijlage IVh dat bij een bron die in de tijd zakt qua hoogte een bronhoogte gehanteerd moet worden van 2/3 van de maximale hoogte van de bron. De maximale hoogte van de heipaal is 75 meter boven het wateroppervlak.

Het geluidvermogen van de heihamer S90 is volgens opgave van Terracon Funderingstechniek 134 tot 136 dB(A). De database met meetgegevens van Royal HaskoningDHV geeft voor de heihamer type S90 een geluidvermogen van 137,6 dB(A). Rekentechnisch wordt de laatstgenoemde waarde van 137,6 dB(A) (L_W re 1pW) gehanteerd.

De afstand tot de geluidcontouren (LAeq,24u) is in tabel 5 opgenomen. Hierbij wordt uitgegaan van een volledig akoestisch reflecterende (harde) bodem en heitijd per conductor van het S90 blok van 11 uur. De berekeningen zijn verricht gebruikmakend van het programma Geomilieu van DGMR.

Tabel 3-1: Afstand van heilocatie tot geluidcontouren $L_{Aeq,24u}$ in dB(A) tijdens het heien van conductors

Heien van conductors	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Heihamer	850 m

3.2 Boren van de putten

Gedurende de situatie waarin wordt geboord is een groot aantal geluidbronnen in werking. Deze bronnen zijn weergegeven in de onderstaande lijst. De bronnen in de lijst zijn afzonderlijk gemeten: per bron is het geluidvermogen berekend. Vrijwel alle geluidbronnen zijn modelmatig bezien continu in werking met uitzondering van de kranen die ca. 50% van de tijd actief zijn.

De gegevens zijn ontleend aan een geluidonderzoek inclusief geluidmetingen dat door Royal Haskoning (inmiddels Royal HaskoningDHV) is verricht aan het boorplatform Ensco 72 ten tijde van boringen in de Waddenzee te Zuidwal[1]. Dit platform is relatief klein en stil in vergelijking tot andere boorplatforms die zich op de Noordzee bevinden. De meetgegevens van de Ensco 72 zijn daarom opgeschaald om de geluidsgegevens representatief te maken voor een gemiddelde boorinstallatie. Ondanks het feit dat het merendeel van de geluidbronnen continu in werking wordt verondersteld, is dat in de praktijk niet het geval. Het geluidvermogen waarvan gemiddeld sprake is, is in de praktijk daarom enigszins lager dan vermeld in Tabel 3-2. Ensco 72 beschikt over eigen generatoren voor de benodigde energie.

Tabel 3-2: Geluidsvermogens (LW in dB(A)) boorinstallatie

Noise source	Geluidsvermogen (LW) in dB(A) inclusief bedrijfsduurcorrectie (Cb)
crane, star board	108
crane, port side	105
supply fan 21, drill store, port side	89
supply fan 23, sack storage	80
exhaust fan 24, sack storage	77
supply fan 25 mud pump room	84
exhaust fan 26 mud pump room	84
supply fan 27 cement unit	86
exhaust fan 28 cement unit	88
supply fan 29 drill store star board	86
supply fan 33 bulk mud	83
exhaust fan 35 mud pit	77
supply fan 36 mud pit	73
supply fan 37 bulk cement	75
supply fan 39 aux. machinery room, port side	76
exhaust fan 40 aux. machinery room, port side	72
exhaust fan 41 aux. machinery room, star board	89
supply fan 42 aux. machinery room, star board	74
supply fan 43 main engines, port side	87
supply fan 44 main engines, star board	87
exhaust fan 45 main engines, port side	88

[1] *Rapport 9P7939.01 R0002 'Ensco 72, Noise survey: status for Zuidwal' final report d.d. 10 mei 2005 door Royal Haskoning*

Noise source	Geluidsvermogen (LW) in dB(A) inclusief bedrijfsduurcorrectie (Cb)
exhaust fan 46 main engines, star board	88
exhaust fan mud treatment (A)	88
exhaust fan mud treatment (B)	88
exhaust fan mud treatment (C)	88
exhaust fan mud treatment (D)	88
shale shaker house	81
cooling water pumps draw works	73
exhaust pipe generators 1 & 2	78
exhaust pipe generators 3 & 4	78
exhaust pipe generator 5	78
3 air fin coolers main engines	91
op drive	100
hydraulic power unit, side wall	73
hydraulic power unit, louvers	83
hydraulic power unit, motor cover on roof	85
hydraulic power unit, natural ventilation	86
hydraulic power unit, fans on roof	85
blower DC motor draw work A, supply	82
blower DC motor draw work B, supply	84
blower DC motor rotary, supply	85
exhaust fan galley (rectangular)	76
exhaust fan galley (mushroom)	74
airco unit on roof radio room	87
3 mud centrifuges	82
2 air coolers brakes draw works	86
B.O.P. accumulator, pneumatic driven	87
2 exhaust pipes cement pumps	83
Halliburton coolers	93
aircon condenser fans	94
wireline unit Schlumberger (electric power unit only)	94
noise emission hull	105
noise from drill floor during tripping	-
noise from drill floor during dripping	107
4 electric motors of cuttings transport system	92
Totaal geluidvermogen LW in dB(A):	113,2

Noise source	Geluidsvermogen (LW) in dB(A) inclusief bedrijfsduurcorrectie (Cb)
met kranen Cb = 3 dB (elk 50% actief)	
Geïnstalleerd elektr. vermogen t.o.v. initiatief is factor 2	+3
Totaal geluidvermogen LW in dB(A):	116,2

Opgemerkt wordt dat boorgruis en -spoeling op waterbasis wordt geloosd op zee. Van extra scheepvaartbewegingen voor de afvoer van dergelijk boorgruis en -spoeling is daarom geen sprake.

Tabel 3-3: Afstand van het boorplatform tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) tijdens het boren van putten

Boren van putten	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Boorplatform representatief in werking	210 m

3.3 Schoonproduceren van de putten

Het fakkelen van aardgas tijdens het schoonproduceren van de putten produceert gedurende een beperkte periode geluid (in totaal 24 uur fakkelen per geboorde put). Tijdens het fakkelen ligt de 60 dB(A) contour op een afstand van ca. 200 meter. Deze afstand is gebaseerd op een geluidvermogen van 115 dB(A) volgens de onderzoeksrapportage TNO R2004/246 versie 2 ‘MER voor de ontwikkeling van het De Ruyter olie- en gasveld in blok P10/P11b in het Nederlands deel van het continentaal plat’ d.d. 1 september 2004.

Tabel 3-4: Afstand van boorplatform tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) tijdens het testen van putten

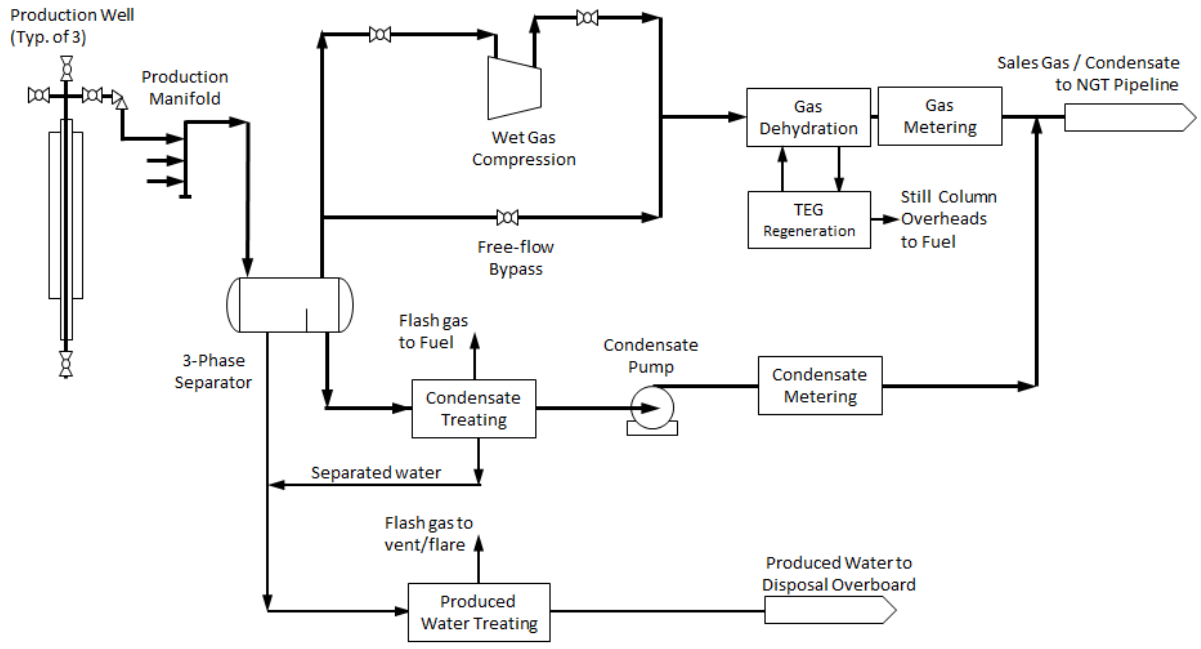
Schoonproduceren van de putten	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Fakkelen	200 m

4 Productiefase

De gasbehandeling bestaat op hoofdlijnen uit de volgende delen:

- Gasstroming choke (max. 3 putten).
- Luchtkoeler gasinlaat.
- Depletiecompressor: depletiecompressie wordt na een of enkele jaren geplaatst en wordt naar verwachting uitgevoerd als centrifugaalcompressor aangedreven door een gasturbine. Het wordt een twee of drietrapscompressor met tussen- en nakoelers (luchtkoelers).
- Afgasrecompressie: kleine viertrapscompressor met tussen en after coolers (luchtkoelers), elektrisch aangedreven.
- In de variant 'eigen energieopwekking productieplatform' verzorgt een gasmotor gedreven generator de opwekking van elektriciteit.

De inletseparators met luchtkoelers worden dubbel geplaatst, al het overige materieel wordt enkelvoudig opgesteld. De akoestisch relevante geluidbronnen zoals de gasmotor, gasturbine en compressoren worden in een geluidsisolerende omkasting opgesteld. Onderstaand is in Figuur 4-1 een vereenvoudigd overzicht weergegeven van de gasbehandelingsinstallaties.



Figuur 4-1: vereenvoudigd overzicht van de gasbehandelingsinstallatie

In Tabel 4-1 zijn de geluidsvermogens van de verscheidene delen van de gasbehandeling weergegeven. Deze zijn gebaseerd op de geluidsvermogens die gemeten zijn bij een aantal gasbehandelingsinstallaties op land. Er is gekozen om uit te gaan van vergelijkbare onshore apparatuur omdat hiervan in tegenstelling tot offshore apparatuur goede meetdata voorhanden is.

De meetgegevens van de genoemde landinstallaties zijn gecorrigeerd voor het verwachte debiet (de hoeveelheid te winnen gas per tijdseenheid) van het L7-F platform. Hierbij zijn onder meer vermogens van apparatuur op het platform en de bijbehorende geluidsemissies aangepast en is rekening gehouden met de offshore situatie.

Tabel 4-2 zijn de afstanden tot de 60 dB(A) contour weergegeven. Hierbij zijn gegevens gebruikt van gasbehandelingsinstallatie Hemrik van Tulip Oil in Friesland en van de gasbehandelingsinstallatie van de NAM in Barendrecht, Zuid-Holland.

Tabel 4-1: Geluidvermogen (LW in dB(A)) van de deelbronnen gasbehandeling.

Deelbronnen: Hemrik betreft 500.000 Nm3/dag		***L WR in dB(A)***	***Opmerking:***
Choke		96,0	X1200 Hemrik
Luchtkoeler gasinlaat		85,0	X3000 Hemrik
Manifold		96,0	X2000 Hemrik
Depletiecompressor	Variant geelektrificeerd:		
	compressor en leidingwerk	96,7	NAM Barendrecht-Ziedewij
	Luchtkoelers	90,0	Luchtkoeler als X3000 3 st.
	Variant zonder elektrificatie:		
	gasturbine geisoleerd t.b.v. compressor	106,8	OPRA omkaste gasturbine(-s)
			Totaal 43 MWth
Afgasrecompressie	Luchtkoelers	90,0	Luchtkoeler als X3000 3 st.
	compressor	92,7	Atlas Copco 110 kW productblad
TEG regeneratie	ventilator en injectiepomp	98,0	X6000 Hemrik
	kleppen	96,0	X6000 Hemrik
Condensaatpomp		85,0	Hemrik
Gasmotor omkast	Variant zonder elektrificatie		
	Gasmotor geisoleerd t.b.v. generator	104,0	Omkaste gasmotor obv Eshia Albanie & opstelling met Sm 300 m2: Lp = 80 dB(A) @ 1m buiten de omkasting Lw = 80 + 25 -1 = 104 dB(A)
Totaal LWR:	Inclusief gasmotor & gasturbine	110,0	O.b.v. 500.000 Nm3/dag
	Exclusief gasmotor en gasturbine	104,4	O.b.v. 500.000 Nm3/dag
Totaal LWR*:	1 unit inclusief gasmotor en gasturbine	112,5	O.b.v. 2 E6 Nm3/dag
	1 unit exclusief gasmotor en gasturbine	110,2	O.b.v. 2 E6 Nm3/dag
Totaal LWR L7-F:	Eindsituatie** deels dubbel (eigen energieopwekking)	113,2	O.b.v. 3 tot maximaal 4 E6 Nm3/dag
* verschaling in verband met gasvolume			
** Eindsituatie betekent uitsluitend verdubbeling geluid van choke, luchtkoeler gasinlaat en manifold			

Tabel 4-2: Afstand van platform tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) tijdens de operationele fase

Fase	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Productiefase	160 m

5 Ontmantelingsfase

Na het beëindigen van de gaswinning worden de putten afgesloten en de installaties schoongemaakt en ontmanteld. Hierbij is het ook mogelijk dat de leidingen worden verwijderd. Het geheel aan ontmantelingsactiviteiten wordt decommissioning genoemd.

Omdat de decommissioning naar verwachting over meer dan 15 jaar van nu plaats gaat vinden, is nog niet bekend hoe de ontmanteling wordt uitgevoerd en wat de eisen daarvoor zijn. De verwachting is dat de geluidsproducerende activiteiten vergelijkbaar zijn met de aanleg- en boorwerkzaamheden, en dat de geluidsniveaus zeker niet groter zijn dan het geluid van de overeenkomstige activiteiten.

Gezien de onzekerheid van de uit te voeren activiteiten is de geluidsemissie ten gevolge van de decommissioning niet verder beschouwd.

6 Transportbewegingen van schepen en helikopters

Schepen en helikopters die de boor- en productielocatie bezoeken zijn een bron van bovenwatergeluid. Geluid ten gevolge van helikopterbezoeken vormt de voornaamste geluidproductie van alle activiteiten op en rond het platform. Het treedt echter slechts gedurende een kortdurende periode op. Tijdens de boorfase wordt de locatie maximaal 5 á 6 keer per week bezocht door bevoorradingsschepen en gemiddeld zes keer per week door helikopters. Tijdens de productiefase wordt de locatie heel beperkt (gemiddeld 1x per twee weken) per schip en wekelijks éénmaal per helikopter bezocht.

De 60 dB(A) geluidcontour ten gevolge van scheepvaartbewegingen bevindt zich op een afstand van minder dan 100 meter uit de vaarroute. Deze indicatie is gebaseerd op het akoestisch rekenmodel bij Milieueffectrapport 9W8475/R00001/900200 ‘Havenbestemmingsplannen Samenvatting’, Royal HaskoningDHV, d.d. mei 2013.

Het 60 dB(A) geluidsniveau van een helikopter is ontleend aan de geluidsniveaus die worden gebruikt voor het bepalen van de geluidbelasting voor de overige burgerluchthavens[2]. Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium geeft hiervoor geluidgegevens van diverse helikopters voor verscheidene prestatieprofielen, zoals stijgvlucht, horizontale vlucht en nadering vanaf circuithoogte. De bij het L7-F project in te zetten helikopters vallen in het algemeen in categorie 012 (2-motorige helikopter met een Maximum Take-off Weight (maximum startgewicht)) van ca. 5300 kg. De indicatieve afstand tot het 60 dB(A) geluidniveau van dit helikoptertype is weergegeven in Tabel 6-1.

Eni Energy Netherlands B.V. onderzoekt de mogelijkheden om stillere helikopters in te zetten. Een nog als realistisch aan te merken afname van het geluidvermogen van een helikopter is 3 dB(A). De in de Tabel 6-1 aangegeven afstanden bij start, landing en circuit nemen dan af met een factor 1,4. De resterende afstanden vanuit de helikopter naar de geluidcontour van 60 dB(A) zijn in geval van een 3 dB(A) stillere helikopter in Tabel 6-1 tussen haken aangegeven. De oppervlakte binnen een cirkelvormige geluidcontour halveert als het geluidvermogen van de geluidbron met 3 dB(A) afneemt.

Tabel 6-1: Afstand van scheeps- en helikopterbewegingen tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A)in de operationele fase

Transporten	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Scheepsbewegingen	100 m
Helikopterbewegingen:	
- Start	1000 m (715 m)
- Landing	1700 m (1215 m)
- Circuit (kruisvlucht)	1000 m (715 m)

[2] *NLR-CR-96650L-Versie13.3 ‘Appendices van de voorschriften voor de berekening van de geluidbelasting in Lden voor de overige burgerluchthavens bedoeld in artikel 8.1 van de Wetluchtvaart, Geluidsniveaus, prestatiegegevens en indeling naar categorie’ Versie 13.3 d.d. oktober 2015.*

7 Cumulatie van geluid

Van cumulatie van geluid is bij de ontwikkeling van het gasveld L7-F geen sprake, met uitzondering van het gelijktijdig boren en produceren, het zogenoemde *concurrent operation*.

Het produceren kan zowel tijdens *free flow* (het aardgas komt vanzelf omhoog als gevolg van de hoge druk in het veld) als met behulp van depletiecompressie. De worst case situatie treedt op als gelijktijdig wordt geboord en geproduceerd met depletiecompressie. De afstand tot de 60 dB(A) geluidcontour is weergeven in Tabel 7-1.

Tabel 7-1: Afstand van platform tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) door cumulatie boren en productie

Situatie	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
Gelijktijdig boren en produceren	250 m

8 Maximale geluidsniveaus

Tijdens de productiefase treden geen maximale geluidsniveaus op die hoger zijn dan de equivalente geluidimmissie. Gasbehandeling is een proces zonder duidelijke pieken in de geluidsemissie.

Tijdens de boorfase treden wel maximale geluidniveaus op. Door Royal HaskoningDHV zijn geluidmetingen verricht op afstanden van 300 meter uit het platform Ensco 72 te Zuidwal. Tijdens deze boorfase waren de maximale geluidemissies 4 tot 6 dB hoger dan de gemiddelde gemeten waarden (LAeq).

9 Overzicht

In Tabel 9-1 is de afstand van de verschillende activiteiten tot de 60 dB(A) geluidcontour en de tijdsduur dat deze activiteit plaatsvindt, getoond. In Tabel 9-2 worden afstanden van de verschillende varianten getoond bij gelijktijdig boren en produceren (*concurrent drilling)*. Voor de activiteiten die niet in Tabel 9-2 genoemd worden zijn de afstanden tot de 60 dB(A) contour gelijk aan de gegeven contouren in Tabel 9-1.

Tabel 9-1: Afstand van de bron tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) voor de afzonderlijke activiteiten

Activiteit	Tijdsduur totaal[3]	Afstand contour 60 dB(A) LAeq,24u
Aanlegfase		
Plaatsen productieplatform ▪ Heien verankeringspalen ▪ Werkschepen	2 weken 2 dagen 2 weken	 600 m 100 m
Aanleg leiding ▪ Werkschepen	10 tot 12 weken	 200 m
Boorfase		
Heien conductors	2 dagen	850 m
Boren putten	0,5 tot 1 jaar	210 m
Fakkelen	Max. 72 uur in 3 dagen	200 m
Productiefase		
Productie-installaties	10-15 jaar	160 m
Transporten		
Schepen	periodiek	100 m
Helikopters	periodiek	1700 m

Tabel 9-2: Afstand van de bron tot geluidcontouren LAeq,24u in dB(A) bij concurrent drilling

Boorplatform	Productieplatform	Geluidcontour 60 dB(A) LAeq,24u
In bedrijf	In bedrijf	250 m

[3] *De opgegeven tijdsduur is de totale tijd over het project. Deze tijd kan aaneengesloten plaatsvinden maar kan ook verdeeld zijn over een aantal periodes.*

RAPPORT

Onderwatergeluid

Gaswinning L7-F Noordzee

Klant:	Eni Energy Netherlands B.V.
Referentie:	BH5808-146 Onderwatergeluid L7-F
Status:	Definitief/001
Datum:	17 juli 2025

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONING NEDERLAND B.V.

Postbus 151
6500 AD Nijmegen
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 70 00
E-mail: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document:	Onderwatergeluid
Ondertitel:	Gaswinning L7-F Noordzee
Referentie:	BH5808-146 Onderwatergeluid L7-F
Status:	Definitief/001
Datum:	17 juli 2025
Projectnaam:	MER Gaswinning L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Auteur(s):	RHDHV
Opgesteld door:	FvH
Gecontroleerd door:	MGi, SF
Datum:	2025 17 juli
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	2025 17 juli
Classificatie:	Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Inleiding 1

2 Staand beleid 2

3 Onderwatergeluid bij L7-F 3

4 Onderwatergeluid in de bouwfase 4

4.1 Inzet pijplegschip of trencher 4

4.2 Inzet heavy lift schip 6

4.3 Scheepvaart 7

4.4 Heien van conductorpijpen 8

4.4.1 Ongewogen breedband single strike exposure level 8

4.4.2 Verstoringsoppervlakte 8

4.5 Heien van verankeringspalen van het platform 8

4.5.1 Ongewogen breedband single strike exposure level 9

4.5.2 Alternatieve heimethoden verankeringspalen 9

4.5.3 Verstoringsoppervlakte 10

4.6 Boren van putten 11

4.7 Ondiep seismisch onderzoek 12

Tabellen

Tabel 4-1. Drempelwaarden TTS en PTS voor vissen 5

Tabel 4-2. Afstand en verblijftijd samenhangend met PTS vanwege een pijplegschip, representatieve situatie 6

Tabel 4-3. Afstand samenhangend met mijding vanwege een pijplegschip, representatieve situatie 6

Tabel 4-4: Berekening afstand in [m] tot achtergrondgeluidniveau, mijding uitgaande van 130 dB re 1 µPa 7

Tabel 4-5: Berekening afstand in [m] tot achtergrondgeluidniveau, mijding uitgaande van 137 dB re 1 µPa 7

Figuren

Figuur 4-1: Voorbeeld van een pijplegschip. 4

1 Inleiding

Deze rapportage betreft onderwatergeluid, onderdeel van het MER voor het initiatief van Eni Energy Netherlands B.V. (hierna: Eni Energy) voor het project gaswinning L7-F in de Noordzee.

Deze rapportage heeft betrekking op het milieuthema onderwatergeluid. De eigenschappen van het onderwatergeluid zoals de bron, het niveau van geluid met geluidfrequentie, de duur van de geluidproductie en de jaargetijden zijn bepalend voor de mogelijke effecten. De effecten worden beoordeeld onder het thema natuur en gerapporteerd in de natuurtoets Passende beoordeling.
Dit rapport maakt deel uit van het milieueffectrapport voor L7-F en kwantificeert het optredende onderwatergeluid.

Effecten van onderwatergeluid treden op als gevolg van activiteiten in wateromgeving tijdens de uitvoering van diepboringen, de aanleg van de pijpleiding en het platform op zee. Beoordelingen van het onderwatergeluidseffect zijn uitgevoerd via een bureauonderzoek, waarbij gebruik is gemaakt van bestaande informatie.

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van onderwatergeluid worden voor het te toetsen alternatief beschreven. Voor onderwatergeluid is de aanlegfase relevant. De aanlegfase bestaat uit het uitvoeren van diepboringen, het plaatsen van de pijpleiding en het platform op zee.
In hoofdstuk 4 is nader gespecificeerd welke geluidbronnen onderwater van belang en bij deze studie zijn betrokken.

De geluiduitstraling onderwater veroorzaakt effecten op het marine ecosysteem. De studie naar onderwatergeluid is input voor de effectbepaling bij het thema natuur. De geluiduitstraling wordt bepaald aan de hand van hinderafstanden voor het in te zetten materieel. In de studie naar onderwatergeluid wordt betrokken:

- Effecten van onderwatergeluid door bouwwerkzaamheden ten aanzien van het uitvoeren van diepboringen, de aanleg van de pijpleiding en het platform;
- Geluidemissies van schepen, zowel van vaarbewegingen als schepen op locatie. Naast varende schepen veroorzaken schepen met inwerking zijnde generatoren eveneens geluid onderwater. Vaarbewegingen met een relatief lage intensiteit op zee komen niet aan bod. Dit in tegenstelling tot hoge vaarintensiteiten en langdurig verblijf van een schip in een beperkt gebied op zee met relevantie voor onderwatergeluid. De onderzochte activiteit in het kader van een langdurig verblijf bestaat uit de inzet van een pijplegschip en een heavy lift schip;

Hoofdstuk 2 van dit rapport gaat kort in op staand beleid. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de relevante werkzaamheden en activiteiten die onderwatergeluid veroorzaken en hoe deze worden beoordeeld. Hoofdstuk 4 belicht het onderwatergeluid tijdens de bouwfase in detail.

2 Staand beleid

Geluidnorm heiwerk Noordzee
De standaard voor activiteiten die samenhangen met het Noordzeeakkoord betreft momenteel een geluidnorm onderwater van 164 dB re 1 μPa^2s op 750 meter van een heilocatie. Deze norm behoort bij het ontwerpkavelbesluit IJmuiden Ver en betreft de bouw van windturbineparken en niet de bijbehorende Net Op Zee platforms. De voornoemde norm vervangt de geluidnorm van 168 dB re 1 μPa^2s op 750 meter van de heilocatie.

Met de gekozen strengere geluidsnorm van 164 dB re 1 μPa^2s is een balans gezocht tussen enerzijds het beperken van de toename van het aantal bruinvisverstoringsdagen en anderzijds het rekening houden met de uitvoerbaarheid van de aanlegwerkzaamheden. Hiermee blijft er onverminderd een prikkel bestaan om te investeren in onderzoek naar en ontwikkeling van geluidsarmere funderingstechnieken, terwijl negatieve effecten op de staat van instandhouding van de bruinvis kunnen worden uitgesloten. Voor nadere informatie over de normering zie het ‘Ontwerpkavelbesluit kavel Alpha windenergiegebied IJmuiden Ver’, paragraaf 7.3.3 Bruinvis.

3 Onderwatergeluid bij L7-F

De activiteiten die onderwatergeluid veroorzaken, treden op in de bouwfase. De te onderzoeken activiteiten in de bouwfase bestaan uit:

- De inzet van een pijplegschip;
- De inzet van een heavy lift schip;
- Overig gebruik van schepen, varend in gevoelig gebied, met een hoge intensiteit of werkzaam op een vaste locatie;
- Het heien van conductorpijpen;
- Het heien van verankeringspalen van het platform;
- Ondiep seismisch onderzoek.

Door RHDHV is een aantal berekeningen uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de te verwachten verstoringseffecten voor vissen, bruinvissen en zeehonden. Hierbij is rekening gehouden met de waterdiepte, de uitbreiding en de frequentie van geluid. De overige omgevingsparameters, zoals bodem en wateroppervlak waar geluid wordt verstrooid en geabsorbeerd, zijn niet in de berekeningen betrokken omdat hiervoor geen gevalideerde rekenprogrammatuur beschikbaar is. De rekenresultaten, bijvoorbeeld in de vorm van afstanden, leiden door het ontbreken van absorptie eerder tot een overschatting van de effecten dan een onderschatting. Zo zijn afstanden tot enkele kilometers voldoende nauwkeurig te berekenen, bij grote afstanden vanaf meerdere kilometers bestaat de kans dat de afstand significant (met factor 1,5 tot 2) wordt overschat. In deze notitie wordt diverse malen verwezen naar door TNO uitgevoerde berekeningen. Hierin zijn meer variabelen verwerkt wat de nauwkeurigheid ten goede komt. De rekenresultaten van TNO hebben betrekking op andere projecten dan gaswinning L7-F en worden waar nodig door RHDHV gebruikt voor correctie indien het schaalniveau van L7-F afwijkt.

Om het te verwachten onderwatergeluid in verband te brengen met de invloed ervan op de zeedieren, wordt uitgegaan van het begrip PTS (permanent threshold shift) oftewel gehoorschade door een permanente verhoging van de gehoordrempel. Naast PTS komt gedragsbeïnvloeding aan bod, bijvoorbeeld het mijden van een bepaald gebied, waardoor eventueel minder mogelijkheden voor zeedieren bestaan om te foerageren.

4 Onderwatergeluid in de bouwfase

De in de inleiding onderwatergeluid vermelde onderwerpen zijn onderstaand uitgewerkt, het gaat dan om situaties die achtereenvolgens in de paragrafen 4.1 tot en met 4.6 aan bod komen.

4.1 Inzet pijplegschip of trencher

Bij de aanleg van de pijpleiding wordt een zogenoemd pijplegschip of trencher ingezet. Van het pijplegschip de 'Solitaire' zijn geluidgegevens voorhanden. We ontlenen de voornoemde gegevens aan het onderzoek dat door TNO is uitgevoerd in opdracht van RoyalHaskoningDHV met referentie TNO-MEM-2011-00473 'Onderwatergeluid bij de aanleg en het in bedrijf zijn van de CO_2 opslag in het kader van het ROAD project' d.d. 5 april 2011. Een pijplegschip produceert vooral onderwatergeluid in het frequentiebereik van 125 Hz tot 1 kHz. Ten behoeve van het dynamic positioning system beschikt de Solitaire over thrusters met een totaal vermogen van ca. 50 MW. Thrusters zijn schroeven die zich in een behuizing onder het schip bevinden. Die behuizing kan 360 graden roteren. De Solitaire produceert onderwatergeluid en heeft een door TNO geschat bronniveau van 188 dB re 1 μPa^2m^2. Op 100 meter afstand en bij een waterdiepte van 25 meter leidt dit bronniveau van 188 dB re 1 μPa^2m^2 tot een geluiddrukniveau (SPL) van 154 dB re 1 µPa. Het bijbehorende sound exposure level over 24 uren op 100 meter afstand is hiermee 203 dB re 1 μPa^2s.

Eni Energy maakt gebruik van de schepen Subsea 7 Borealis, de Allseas Lorelay of een vergelijkbaar pijplegschip. De pijplegschepen hebben een maximaal geïnstalleerd vermogen van 35 MW en maken gebruik van een positioneringssysteem DP2 of DP3. In verband met bedrijfszekerheid en veiligheid mag bij DP2 en DP3 slechts 50% van het vermogen tijdens de gangbare werking worden benut. Een representatief in werking zijnd pijplegschip heeft daarmee een vermogen van 18 MW, dat betekent een geluiddrukniveau (SPL) van maximaal 149,5 dB re 1 µPa. Gelet daarop wordt een geluiddrukniveau (SPL) van 149,5 dB re 1 µPa representatief geacht voor alle mogelijke typen in te zetten pijplegschepen. Zie de navolgende afbeelding voor het pijplegschip, de Subsea 7 Borealis, met een lengte van 182 meter.

Figuur 4-1: Voorbeeld van een pijplegschip.

Ten slotte wordt opgemerkt dat een pijplegschip of trencher kan worden ondersteund door één of (incidenteel) enkele schepen in verband met monitoring en de aanvoer van materialen. Akoestisch bezien zijn de ondersteunende schepen door de relatief beperkte motorvermogens niet relevant.

Gehoorschade bij vissen en zeezoogdieren in de vorm van een verhoging van de gehoordrempel kan tijdelijk of permanent zijn. Een tijdelijke verhoging wordt aangeduid als TTS (*temporary threshold shift*) en een permanente verhoging als PTS (*permanent threshold shift*). De veilige afstand en veilige verblijfstijd voor vissen en zeezoogdieren zijn berekend voor het pijplegschip. De drempels 'PTS SEL' betreffen ongewogen waarden.

Toepassing M-weging

Voor de veilige afstand en de veilige verblijfstijd is bij bruinvissen en zeehonden een (M-)weging toegepast. De M-weging, volgens Southall et al. (2007) 'Marine mammal noise exposure criteria', zorgt ervoor dat in berekeningen het feit wordt meegewogen dat elk dier een specifiek gehoor heeft en dus niet voor alle frequenties even gevoelig is. De gehanteerde drempels zijn afkomstig van:

- NOAA's National Marine Fisheries Service (NMFS), '2018 Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0) - Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts', zie bijlage 1;
- Voor vissen geldt in het kader van gedragsverandering (het mijden van een gebied) een geluiddrukniveau van 150 dB re 1 µPa (effectieve waarde). De bron hiervoor is Stadler en Woodbury (2009);
- Voor vissen hanteren we als drempel voor PTS (*permanent threshold shift*), oftewel gehoorschade door een permanente gehoordrempelverhoging, de waarde van 207 dB re 1 μPa^2s, zie tabel 4-1.

Tabel 4-1. Drempelwaarden TTS en PTS voor vissen

Species	Acoustic range	TTS	PTS
Fish*			
General [1],[2],[3]	30-1000 Hz	187 dB 1 re µPa2s	207 dB 1 re µPa2s
* The PTS is assumed to be 20 dB higher than TTS 15			

1. Weir CR, Dolman SJ (2007) Comparative review of the regional marine mammal mitigation guidelines implemented during industrial seismic surveys, and guidance towards a worldwide standard. J Int Wildl Law Policy 10:1-27
2. DeRuiter SL (2010) Marine animal acoustics. In: Lurton X (ed) An introduction to underwater acoustics: principles and applications (2nd edn). Praxis Publishing, Chichester, p 425-474
3. Oestman, R., Buehler, D., Reyff, J. A., & Rodkin, R. (2009). Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish. Prepared for California Department of Transportation.

De berekende veilige afstanden en verblijfstijden zijn in de tabellen 4-2 en 4-3 vermeld. De drempels PTS SEL in tabel 4-2 betreffen ongewogen waarden. De M-weging is verwerkt voor de veilige verblijfstijd en afstanden in de tabellen 4-2 en 4-3 voor bruinvissen en zeehonden. Het verschil in de eigenschappen tussen de bruinvis en zeehond (uitgedrukt in de weegfactoren) is significant. Als gevolg daarvan treedt bijvoorbeeld – zichtbaar in tabel 4-3 - bij een identieke drempel een groot verschil in mijdingsafstand op.

Tabel 4-2. Afstand en verblijftijd samenhangend met PTS vanwege een pijplegschip, representatieve situatie

Bron van onderwater geluid	PTS gerelateerd					
	Diersoort	Drempel PTS SEL in dB re 1 μPa^2s	SEL op 100m 1 μPa^2s (24u)	Veilige afstand in m bij verblijf van 24 uur	Veilige afstand in m bij verblijf van 3 uur	Veilige verblijf-tijd op 100m afstand in uren
Pijpen leggen	Bruinvis	173	199	7	1	(>) 24
	Grote vis	207	199	16	2	(>) 24
	Kleine vis	207	199	16	2	(>) 24
	Zeehond	201	199	16	2	(>) 24

Tabel 4-3. Afstand samenhangend met mijding vanwege een pijplegschip, representatieve situatie

Bron van onderwater geluid	Mijding gerelateerd				
	Diersoort	Drempel mijding SPL in dB re 1 µPa	Drempel mijding* SPL in dB re 1 µPa verhoogde achtergrond	Mijding op afstand in m	Mijding op afstand in m mits verhoogde achtergrond
Pijpen leggen	Bruinvis	120	130	16	2
	Grote vis	150	n.v.t.	89	n.v.t.
	Kleine vis	150	n.v.t.	89	n.v.t.
	Zeehond	120	130	22909	2291
	Zeekoet	137	137	5012	5012

*NOAA stelt dat de drempel van 120 dB mag worden verhoogd bij achtergrondgeluidniveaus ≥ 120 dB re 1 µPa

4.2 Inzet heavy lift schip

Middels een heavy lift schip of kraanschip worden de jacket en de topside van het platform geplaatst. Voor het varen en het dynamic positioning system beschikt een heavy lift schip over meerdere thrusters. Voor het pijplegschip is gerekend met een totaal opgesteld motorvermogen van 18 MW. Onder representatieve omstandigheden zal het heavy lift schip eveneens kunnen volstaan met globaal 18 MW. Onder representatief wordt verstaan de situatie waarbij de voor de geluidproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor een bedrijfsvoering bij volledige capaciteit. Hogere vermogens dan 18 MW zijn niet voorzien.

De in de tabellen 4-2 en 4-3 genoemde afstanden kunnen als representatieve waarden worden aangehouden voor een varend en op locatie werkend heavy lift schip. De inzet van het heavy lift schip is verder kortdurend, het gaat in totaal om ongeveer 6 etmalen voor het platform.

4.3 Scheepvaart

Naast de genoemde grote schepen, het pijplegschip en het heavy lift schip, worden tevens de volgende minder grote schepen ingezet. Bij het pijplegschip zijn betrokken:

1. Een wachtschip (chase and guard vessel) met een lengte van 40 tot 50 meter. Inzet gedurende 63 dagen, de lengte van de vaarweg is 27 km gemiddeld per dag;
2. Een bevoorradingsschip (supply vessel) met een lengte van 85 meter. In totaal 14,4 dagen varen voor aanvoer van materiaal.

Het heavy lift schip wordt niet begeleid. Ten slotte is ten behoeve van het realiseren van het bellenscherm een schip noodzakelijk:

3. Een werkschip (DBS supply vessel) met een lengte van 85 meter. In totaal 12 dagen varen voor aanvoer van materiaal.

Het genoemde aantal dagen is enigszins overschat, omdat rekening is gehouden met vertraging door weersomstandigheden. De overschatting van de duur van de inzet betreft 5 tot 25%. De schepen onder de punten 1 t/m 3 betreffen zogenoemde middelgrote schepen.

We hanteren als bronniveau voor varende middelgrote schepen tot 85 meter volgens Richardson et al. (1995) 171 dB re 1 µPa op 1 m. Uitgedrukt in acoustic Watt is dit 1W. In het onderzoek van Veirs S, Veirs V, Wood JD. 2016 'Ship noise extends to frequencies used for echolocation by endangered killer whales', PeerJ 4:e1657, worden 12 scheepsklassen en bijbehorende bronniveaus vermeld die aansluiten bij de gehanteerde waarde van 171 dB re 1 µPa op 1 m. Uitsluitend de klassen Bulk carrier, Container, Cargo, Vehicle carrier en Tanker zijn hierin met een source level van 173 tot en met 178 dB luider dan het genoemde bronniveau van 171 dB voor middelgrote schepen. De overige 7 klassen bezitten lagere bronniveaus.

De afstand tot het bereiken van het achtergrondgeluidniveau van 130 dB re 1 µPa en daarmee mijding door zeezoogdieren van een middelgroot schip is weergegeven in tabel 4.4. Het betreft een afstand van 300 meter. Voor de zeekoet is de mijdingsafstand door varende middelgrote schepen 67 meter, zie tabel 4.5.

Tabel 4-4: Berekening afstand in [m] tot achtergrondgeluidniveau, mijding uitgaande van 130 dB re 1 µPa

PREDICTION OF MAXIMUM LIKELY UNDERWATER NOISE LEVELS
using a dual red/white spectrum source

Enter source data		S1	S2
Transition Frequency Hz		500	0
Broadband acoustic power watts		1	0

Broadband noise at receptor		Lower	Upper
	dB//µPa		
130,5	between	250	1000

Estimate maximum transmission limit (only spreading and water losses)

Enter range (m)	300
Water depth (m)	20
Water temp degC	10

Hz bands (inclusive)

Tabel 4-5: Berekening afstand in [m] tot achtergrondgeluidniveau, mijding uitgaande van 137 dB re 1 µPa

PREDICTION OF MAXIMUM LIKELY UNDERWATER NOISE LEVELS
using a dual red/white spectrum source

Enter source data		S1	S2
Transition Frequency Hz		500	0
Broadband acoustic power watts		1	0

Broadband noise at receptor		Lower	Upper
	dB//µPa		
137	between	250	1000

Estimate maximum transmission limit (only spreading and water losses)

Enter range (m)	67
Water depth (m)	20
Water temp degC	10

Hz bands (inclusive)

4.4 Heien van conductorpijpen

Het memorandum TNO 2020 M10542A 'Onderwatergeluidsberekeningen voor gasboringsproject ONE-Dyas' d.d. 23 september 2020 (verder genoemd de TNO-rapportage) is richtinggevend voor de te verwachten geluidsemissies onderwater door het plaatsen van conductorpijpen. De conductorpijpen worden nieuw geplaatst.

De TNO-rapportage betrof het platform N05-A dat circa 20 km ten noorden van Schiermonnikoog ligt. De rekenresultaten volgend uit het TNO model Aquarius 4 worden wederom benut voor de conductorpijpen van het platform van Eni Energy.

Overeenkomstig het TNO rapport voor het ONE-Dyas wordt uitgegaan van een constante hei-energie van 90 kJ, hetgeen significant lager is dan bij het heien van verankeringspalen. Volgens opgave worden de conductorpijpen van het nieuwe platform steeds met circa 90 kJ energie en in een tijdsbestek van maximaal 2 dagen gerealiseerd.

Opgemerkt wordt dat het TNO-rekenmodel de maximaal optredende geluidniveaus berekent (*worst case*). Omdat propagatieverlies toeneemt bij toenemende windsnelheid en golfhoogte, is door TNO alleen gerekend aan de situatie zonder wind. Verder is sprake van een beperkte modelvalidatie waardoor onzekerheid bestaat in de berekende geluidverspreiding. De *worst case* rekenresultaten van het ONE-Dyas project worden desondanks geschikt geacht als maat voor de geluidverspreiding van het L7-F project. De berekeningen betreffen onder andere de dosismaat (SEL_{SS}) en de verstoringsoppervlakte. De rekenresultaten zijn in de navolgende paragrafen vermeld.

4.4.1 Ongewogen breedband single strike exposure level

Het berekende ongewogen breedbandige *single strike exposure level* (SEL_{SS}) is bij de soortgelijke conductorpijpen van ONE-Dyas 164 dB re 1 μPa^2s. Dat is gelijk aan de te hanteren norm van 164 dB re 1 μPa^2s voor het heien van turbinefundaties voor offshore windparken. Hierbij moet worden bedacht dat de berekeningen zijn gebaseerd op *worst case* aannamen en de rekenmethodiek onzekerheden bevat. Gelet op de berekeningen wordt aan de genoemde norm voldaan.

4.4.2 Verstoringsoppervlakte

De door TNO berekende verstoringsoppervlakte in km^2 rond de conductorpijpen is voor één platform en per dag 94 km^2 voor bruinvissen en 54 km^2 voor zeehonden. De verstoringsoppervlakte is het gebied waarbinnen het heigeluid de drempelwaarde voor verstoring van bruinvissen (SEL_{SS} = 140 dB re 1 μPa^2s) en zeehonden (Mpw-gewogen SEL_{SS} = 145 dB re 1 μPa^2s) overschrijdt. Hierbij verwijst de term 'Mpw-gewogen' naar het toepassen van een frequentieweging volgens het door Southall et al (2007) gedefinieerde filter voor zeehonden. Deze oppervlakten gelden per etmaal en zijn input voor de in de natuurtoets opgenomen berekeningen, zoals over het aantal verstoorde bruinvissen en het effect op de bruinvispopulatie. Mitigatie is niet aan de orde, de genoemde oppervlakten van 94 en 54 km^2 behoren dan ook bij de uitgangssituatie.

4.5 Heien van verankeringspalen van het platform

Eni Energy gaat een nieuw platform plaatsen. Hierbij worden 4 verankeringspalen (ook platformpalen of jacketpalen genoemd) in de zeebodem geheid. De uitgangspunten liggen nog niet definitief vast. Het realiseren van de verankeringspalen zal echter naar verwachting overeenkomen met de in 2014 geplaatste palen van dit type bij het Leman AC platform (Block 49/26 UK sector Noordzee). Daaruit volgen de volgende uitgangspunten:

- Het aantal te plaatsen verankeringspalen is bij het Leman AC platform 4 stuks, de diameter van de palen is 1,5 meter en de realisatie neemt 2 etmalen in beslag. De hei-energie is voor globaal de helft van de slagen 250 kJ en voor de andere helft 1000 kJ.

In de bovengenoemde TNO-rapportage staan rekenresultaten van het TNO model Aquarius 4 die worden benut voor de verankeringspalen van het L7-F platform van Eni Energy. De verankeringspalen bij het Leman platform zijn kleiner dan in het ONE-Dyas project waardoor de geluiduitstraling in de berekeningen voor L7-F waarschijnlijk enigszins wordt overschat. Totdat informatie in meer detail beschikbaar is, wordt verondersteld dat de geluiduitstraling van de Eni Energy gerelateerde verankeringspalen overeenkomt met het ONE-Dyas project. Dit vormt een conservatieve benadering.

Het TNO rekenmodel berekent de maximaal optredende geluidniveaus (*worst case*). Omdat propagatieverlies toeneemt bij toenemende windsnelheid en golfhoogte, is door TNO alleen gerekend aan de situatie zonder wind. Verder is sprake van een beperkte modelvalidatie waardoor onzekerheid bestaat in de berekende geluidverspreiding. We achten de *worst case*-rekenresultaten van het ONE-Dyas project desondanks geschikt als maat voor de geluidverspreiding van het voornemen. De berekeningen betreffen onder andere de dosismaat (SEL_{SS}) en de verstoringsoppervlakte. De rekenresultaten zijn in de navolgende paragrafen vermeld.

4.5.1 Ongewogen breedband single strike exposure level

Het berekende ongewogen breedbandige *single strike exposure level* (SEL_{SS}) is bij de soortgelijke verankeringspalen van ONE-Dyas 171 dB re 1 μPa^2s. Dat is met 7 dB beperkt hoger dan de te hanteren norm van 164 dB re 1 μPa^2s voor het heien van turbinefundaties voor offshore windparken.

Hierbij moet worden bedacht dat de berekende SEL_{SS} is gebaseerd op *worst case* aannamen en de rekenmethodiek onzekerheden bevat. Onzeker zijn enerzijds de uitgangspunten en anderzijds de validatie van het rekenmodel. Voor uitgangspunten zoals de hei-energie worden maximale waarden aangehouden ter voorkoming van het onderschatten van het rekenresultaat. Ook is onzeker of de verrichte validaties voldoende representatief zijn voor de betreffende omgeving. De onzekerheden leiden ertoe dat de berekende geluidniveaus veelal hoger zijn dan de in de praktijk optredende geluidniveaus.

4.5.2 Alternatieve heimethoden verankeringspalen

De onderbouw van het platform wordt in de zeebodem verankerd met heipalen die verticaal in de zeebodem worden geheid.
Als gevolg van het onderwatergeluid van het heien kunnen met name zeezoogdieren en vissen worden verstoord en hun gehoor- en sonarorganen worden beschadigd. Alternatieve technieken voor het heien, bijvoorbeeld boren, trillen of zuigpalen (*suction piling*), zouden de verstoring kunnen beperken. In het project zijn de onderstaande alternatieve technieken voor de fundering van de constructie geëvalueerd.

1. *Fundatie door middel van boren of trillen van conventionele heipalen*

Bij constructies die gefundeerd worden door middel van conventionele palen worden palen in de poten van het jacket, of in zogenaamde *pile sleeves* die aan het jacket zijn gelast, gestoken. Deze palen kunnen vervolgens in principe door middel van heien, trillen of boren op de gewenste diepte worden gebracht.

De gebruikelijke techniek op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) is om de palen in de zeebodem te heien en dit is ook het voorkeursalternatief.

Alternatief zouden de palen in de zeebodem kunnen worden geboord. Een geboorde paal wordt toegepast als de zeebodem uit rots of steen bestaat. Er wordt dan een overmaats gat geboord in de zeebodem

waarin de paal wordt geplaatst. De holte tussen rots en paal wordt gevuld met beton om krachten over te dragen. Op het NCP bestaat de ondergrond uit (een combinatie van) zand, silt en/of klei. Het toepassen van de met beton omhulde geboorde paal is technisch moeilijk uitvoerbaar en vereist grote wijzigingen in ontwerp en installatie. Het toepassen van een niet met beton omhulde geboorde paal is niet mogelijk vanwege de lagere draagcapaciteit in met name trekkracht. Geboorde palen zullen dus langer moeten zijn met de gevolgen van dien voor realisatie, materiaalgebruik, transport- en plaatsingswerkzaamheden en kosten.

In theorie kunnen de palen ook in de zeebodem worden getrild. Dit is mogelijk voor kleinere diameters palen. Maar door het gebrek aan gegevens over het effect van de plaatsingsmethode op de draagcapaciteit van de paal, wordt deze methode niet aanbevolen voor axiaal belaste palen (ISO 19901-4).

2. *Fundatie door middel van zuigpalen (suction piling)*
Bij constructies gefundeerd middels zuigpalen worden aan de poten van het jacket zuigpalen gelast. De jacket met zuigpalen wordt geïnstalleerd door deze op de zeebodem te plaatsen en vervolgens een pomp te activeren die water uit de zuigpaal verwijderd. Hierdoor wordt een drukverschil opgewekt wat resulteert in een neerwaartse kracht die de zuigpaal in de zeebodem drukt. Door de geringe waterdiepte is de beschikbare inzuigkracht gelimiteerd. Verder zijn er tijdens het installeren van zuigpalen diverse additionele risico's in vergelijking met heipalen.

De draagcapaciteit van de zuigpaal wordt gegenereerd door wandwrijving en druk op de onderrand van de zuigpaal. De afmetingen van de zuigpaal worden bepaald door de uitwendige krachten die op het platform aangrijpen en de condities van de grond. Een ruwe schatting gaat uit van een benodigde diameter van 8-12m en inzuigdiepte van 8-12m voor zuigpalen voor dit type platform. Het gebruik van zuigpalen zal het gewicht en de afmetingen van het jacket aanzienlijk vergroten, met gevolgen voor materiaalgebruik, transport- en plaatsingswerkzaamheden en kosten.

Op basis van deze beschouwing wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat er geen alternatieve methodieken zijn met een veel lager geluidsniveau. Zodoende wordt er uitgegaan van de standaard waarden en de toepassing van de benodigde mitigerende maatregelen. Mitigatie bestaat uit het gebruik maken van afschrikmethodes, soft start, bellenschermen en/of geluidwerende mantels.

4.5.3 Verstoringsoppervlakte

Bij het voldoen aan de norm van 164 dB re 1 μPa^2s is sprake van een beperkte mate van verstoring van zeezoogdieren. De verstoringsoppervlakte is naast de luidheid van de bron onder andere ook afhankelijk van de waterdiepte en de gesteldheid van de zeebodem. De door TNO berekende verstoringsoppervlakte in km^2 rond de verankeringspalen van ONE-Dyas is per etmaal 610 km^2 voor bruinvissen en 231 km^2 voor zeehonden. De verstoringsoppervlakte is het gebied waarbinnen het heigeluid de drempelwaarde voor verstoring van bruinvissen (SEL_{SS} = 140 dB re 1 μPa^2s) en zeehonden (Mpw-gewogen SEL_{SS} = 145 dB re 1 μPa^2s) overschrijdt. Hierbij verwijst de term 'Mpw-gewogen' naar het toepassen van een frequentieweging volgens het door Southall et al (2007) gedefinieerde filter voor zeehonden. Deze oppervlakten gelden per etmaal. De norm van 164 dB re 1 μPa^2s zal naar verwachting met 7 dB wordt overschreden. De genoemde oppervlakten van 610 km^2 en 231 km^2 behoren bij een situatie zonder mitigatie. Om aan de norm te voldoen moeten mitigerende maatregelen worden toegepast zoals genoemd in paragraaf 0. Door het treffen van de mitigerende maatregelen nemen de genoemde oppervlakten af. Als vuistregel bij overdracht van geluid geldt dat als de verstoringsafstand in de situatie met maatregel (ten minste) halveert, de verstoringsoppervlakte tot een kwart afneemt. De input voor de natuurtoets is dan een verstoringsoppervlakte van 153 km^2 voor bruinvissen en 58 km^2 voor zeehonden.

4.6 Boren van putten

Bij het boren van de nieuwe putten wordt vooral continue geluid geproduceerd. Het geluid van het boren van de putten heeft als voornaamste frequentie 62 Hz en is daarmee laagfrequent geluid. Naast lage frequenties treden echter ook hogere frequenties op van hamerslagen op casings (stalen pijpen) en machinegeluid van de aandrijving van de boor en van onder andere centrifuges ter verwerking van de boorvloeistoffen. Het geluid van alle aan het boren gerelateerde bronnen tezamen is aan te merken als continu geluid.

Boorgeluid bij bruinvis en zeehond
De bepalende frequentie van het boren is 62 Hz. Deze frequentie ligt buiten het gehoorbereik van zowel bruinvissen (10 - 100 kHz) als zeehonden (0,075 – 75 kHz) waardoor deze soorten minimaal tot geen last zullen hebben van het boorgeluid. Om deze reden is het boren van de injectieputten niet verder meegenomen in de effectbeoordeling.

Boorgeluid bij zeekoet
Laagfrequent geluid
Aangezien zeekoeten niet of minder gevoelig zijn voor laagfrequent geluid (Hildebrand, 2009; Smith et al., 2023) en boringen met name bestaan uit laag frequent geluid, kunnen significant negatieve effecten worden uitgesloten.

Hoogfrequent geluid
Zoals bovenstaand is aangegeven treedt ook in enige mate hoogfrequent geluid op bij het boren van putten. Over eventuele gehoorschade en mijding van zeekoeten door deze hogere frequenties melden we het volgende.

Een deelactiviteit tijdens boren bestaat uit hameren op de casings (stalen pijpen). In de TNO rapportage ‘Bijlage 1, Onderwatergeluid bij de aanleg en het in bedrijf zijn van de CO2 opslag in het kader van het ROAD project’ d.d. 5 april 2011 is vermeld dat hierbij een geluidniveau onderwater van 150 dB re 1 µPa en een sound exposure level van 199 dB re 1 µ Pa2s op een afstand van 100 meter van de bron optreedt. Het gehoor van een zeekoet komt overeen met een marmeralk. Bij een studie naar marmeralken (SAIC, 2011) is een grenswaarde van 202 dB re 1 µPa2s (cumulatief) vastgesteld. De genoemde grenswaarde van 202 dB re 1 µPa2s wordt dan bereikt op een afstand van globaal 50 meter van de boorlocatie.

In het uitgangspunt van 199 dB re 1 µPa2s is zowel geluid met lage frequentie (62 Hz) als hoge frequentie (≥ 1 kHz) meegenomen. We hanteren in de bovenstaande indicatieve berekening een worst case benadering waarin 199 dB re 1 µPa2s volledig wordt toegekend aan het hoogfrequente geluid.

Anderson Hansen et al. (2020) heeft onderzoek gedaan naar het effect van een mid-frequentie marine sonar signaal op twee zeekoeten. Beide zeekoeten lieten reacties zien op de geluidniveaus van tussen de 110 en 137 dB re 1 µPa (Anderson Hansen et al., 2020). Het experiment is gedaan in een zwembad.

Boorwerkzaamheden veroorzaken geluidniveaus onderwater van 150 dB re 1 µPa op een afstand van 100 meter van de bron. Het overdrachtsverlies van onderwatergeluid verloopt ten opzichte van de afgelegde afstand volgens de formule 14*log(r). De waarde van 137 dB re 1 µPa wordt dan bereikt op een afstand van 800 meter uit de boorlocatie.

In het uitgangspunt van 150 dB re 1 µPa is zowel geluid met lage frequentie (62 Hz) als hoge frequentie (≥ 1 kHz) meegenomen. Zoals is aangegeven speelt boorgeluid zich met name af in het lage deel van het

geluidspectrum, zoals ook aangetoond in het onderzoek van Huang L-F, Xu X-M, Yang L-L, Huang S-Q, Zhang X-H and Zhou Y-L (2023). In de indicatieve berekening van de mijdingsafstand van 800 m kennen we 150 dB re 1 µPa echter volledig toe aan het hoogfrequente deel (worst case benadering).

Het mijdingsoppervlak behorend bij de mijdingsafstand van 800 m bedraagt 2 km^2. Daarmee is er sprake van een klein beïnvloedingsgebied. Er vindt dus door zowel laag- als hoogfrequent geluid geen significante verstoring van de zeekoeten plaats. Significante negatieve effecten worden uitgesloten.

4.7 Ondiep seismisch onderzoek

Een ondiep seismisch onderzoek dient om de stabiliteit van de zeebodem en eventuele onregelmatigheden in de ondiepe ondergrond in kaart te brengen en levert informatie voor het ontwerp en de plaatsing van buisleiding en platform.

Zo'n onderzoek wordt uitgevoerd met akoestische signalen nabij de toekomstige locatie van het platform en de route van de pijpleiding. Hierbij wordt de bodem ondiep onderzocht, hetgeen inhoudt dat het onderzoek zich beperkt tot een diepte van 2 á 3 meter.

Bij ondiep seismisch onderzoek worden airguns gebruikt, die een beduidend kleiner volume laten horen dan seismisch onderzoek voor diepere bodemlagen. Airguns veroorzaken daarom minder onderwatergeluid in de omgeving dan diep (zogeheten 3D) seismisch onderzoek. De mijdingsafstand van zeezoogdieren is, uitgaande van 3D, circa 12 kilometer. Deze afstand is gebaseerd op een 3D seismisch onderzoek te Whitby in de zuidelijke Noordzee (blok UKCS 41) uitgevoerd door SLR Consulting Limited in 2019. Ook is gekeken naar een onderzoek van Waterproof Marine Consultancy & Services in gebied N4 van de zuidoostelijke Nederlandse Noordzee in 2022.

Bij ondiep seismisch onderzoek is deze afstand beduidend korter dan 12 kilometer. We gaan uit van een conservatieve aanname waarbij de afstand (slechts) halveert en daarmee ca. 6 km bedraagt.
Doordat de geluidbron minder krachtig is, is de mijdingsafstand dus aanzienlijk kleiner. Ten slotte heeft het kleinere onderzoeksgebied ook een positief effect op de duur van een ondiep onderzoek. Die duur zal (veel) korter zijn dan van een 3D seismisch onderzoek.

RAPPORT

Morfodynamiek nabij platform L7

Klant: Eni Energy Netherlands B.V.

Referentie: BH5808-146 Morfodynamiek L7-F

Status: Definitief/01

Datum: 7 februari 2025

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
Email: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document:	Morfodynamiek nabij platform L7
Ondertitel:	Morfologische effecten van platform, steenbestorting en boorgruis
Referentie:	BH5808-146 Morfodynamiek L7-F
Status:	01/Definitief
Datum:	7 februari 2025
Projectnaam:	MER Gaswinning L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Opgesteld door:	ML, RHDHV
Gecontroleerd door:	FS
Datum:	2025 7 februari
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	2025 7 februari

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Inleiding 1

1.1 Achtergrond 1

1.2 Methodiek 2

1.3 Leeswijzer 2

2 Beschrijving huidige condities 3

2.1 Inleiding 3

2.2 Stromings- en golfcondities 3

2.2.1 Stroming 3

2.2.2 Golven 4

2.2.3 Sedimenteigenschappen 6

3 Lokale morfologische effecten 7

3.1 Inleiding 7

3.2 Beschrijving 7

3.2.1 Boor- en productieplatform 7

3.2.2 Lozing van boorgruis 8

3.3 Verwachtte morfologische effecten 9

3.3.1 Boor- en productieplatform 9

3.3.2 Boorgruis 10

3.3.2.1 Uitzakken van het boorgruis 10

3.3.2.2 Transport van boorgruis over de zeebodem 13

4 Conclusies en aanbevelingen 17

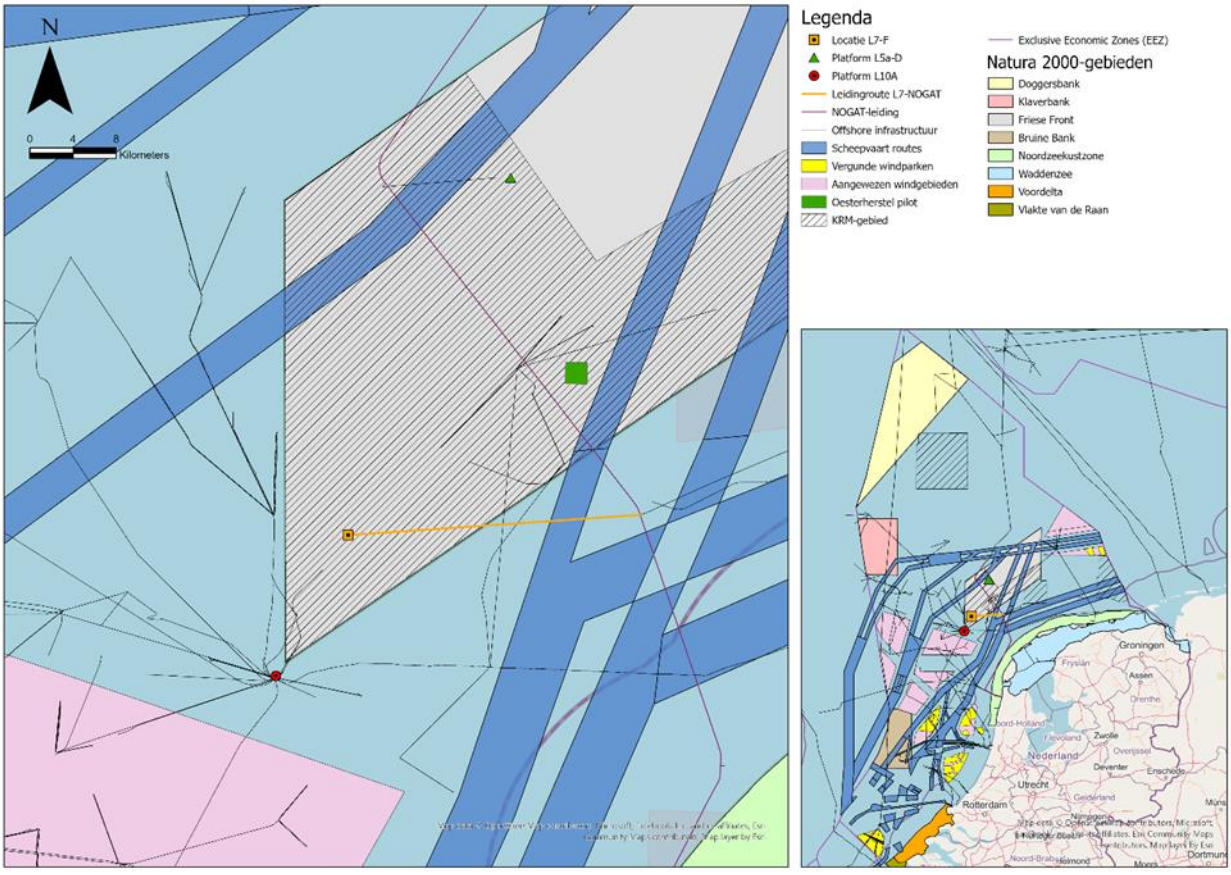
5 Referenties 18

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Eni Energy Netherlands B.V. (hierna Eni Energy) is van plan om een diepboring voor het aardgaswinningsproject uit te voeren in het blok L7 in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ). De te boren put wordt aangeduid als put L7-F2.

Royal HaskoningDHV heeft opdracht gekregen om een MER voor deze boring in de Noordzee op te stellen (Figuur 1-1). Dit gaswinningsproject omvat onder andere de plaatsing van een tijdelijk boorplatform en een productieplatform op de zeebodem.



Figuur 1-1:. Ligging L7-F2 boorlocatie ten opzichte van Natura 2000-gebieden die worden beschermd onder de Habitatrichtlijn en/of de Vogelrichtlijn.

Het doel van deze studie is om de lokale morfologische effecten van de boring en de aanwezigheid van het boor- en productieplatform te voorspellen. Hierbij spelen de lokale effecten van het boor- en productieplatform en het geloosde boorgruis op de stroming en het sedimenttransport een belangrijke rol.

In dit document wordt een beschrijving en voorspelling gegeven van de morfologische effecten van de aanwezigheid van het boorgruis. Daarnaast wordt een voorspelling gegeven van hoe het boorgruis naar de zeebodem zakt, waar het vervolgens terecht komt en hoe het onder invloed van stroming en golven wordt verplaatst en verspreid over de zeebodem.

Volgens de beschikbare informatie over de boorvolgorde zal de put in zes secties worden geboord. De totale boordiepte is circa 4,7 km. De eerste sectie wordt geboord met zeewater, secties twee en drie worden geboord met *Water Based Mud* (WBM) als boorspoeling, en de laatste met *Oil Based Mud* (OBM). De boorgruis van de secties geboord met zeewater en WBM worden op zee geloosd vanaf het platform. De boorgruis van de laatste secties, geboord met OBM, wordt niet geloosd, maar afgevoerd per schip en verwerkt op land, en daarom worden ze niet meegenomen in deze studie omdat ze geen morfologische effecten hebben.

1.2 Methodiek

De voorspellingen van de morfologische effecten in dit document zijn gebaseerd op diverse eerdere studies, conceptuele modellen en vereenvoudigde berekeningen.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een kort overzicht gegeven van de belangrijkste natuurlijke processen en eigenschappen van het natuurlijke sediment op de zeebodem. In Hoofdstuk 3 wordt vervolgens een beschrijving gegeven van de niet-natuurlijke elementen, namelijk het boor- en productieplatform en de lozing van boorgruis. Daarna wordt in Hoofdstuk 3 een inschatting gemaakt van de lokale morfologische effecten van het platform en van het uitzakken en sedimenteren van het boorgruis. In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen gedaan.

2 Beschrijving huidige condities

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de belangrijkste eigenschappen van de zeebodem ter plekke van het boor- en productieplatform. Daarnaast wordt een kort overzicht gegeven van de golf- en stromingscondities, aangezien deze processen het sedimenttransport sturen en het uitzakken van boorgruis beïnvloeden.

2.2 Stromings- en golfcondities

2.2.1 Stroming

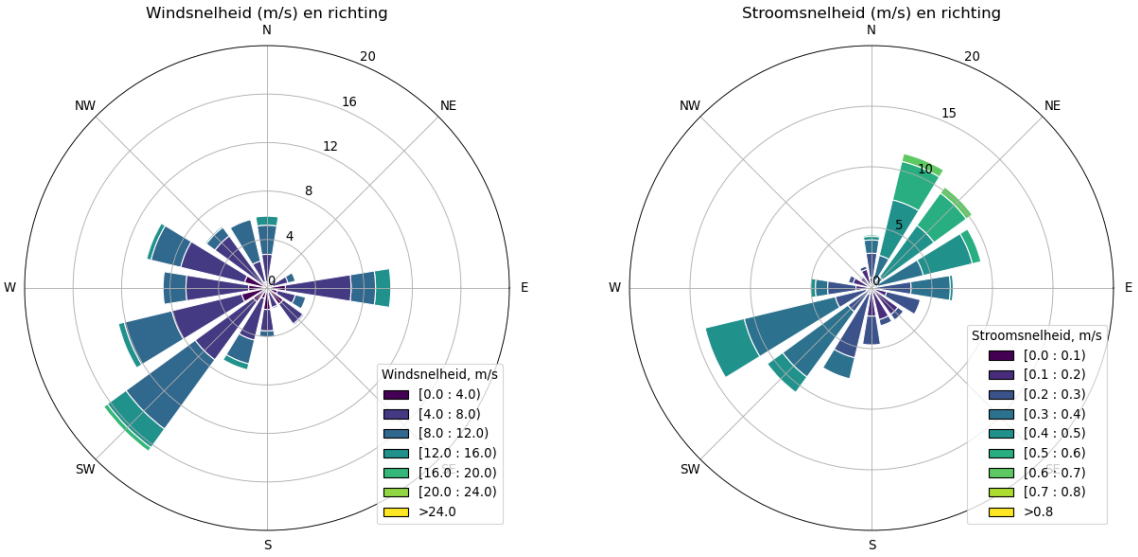
De stromings- en golfcondities zijn beschreven in de rapportage van de pluimstudie [1].

Getijde is een belangrijk aandrijvingsmechanisme voor stroming in de Noordzee. Het hoogteverschil tussen eb en vloed varieert tussen ongeveer 1,5 m tijdens doodtij en ongeveer 2 m tijdens springtij. De getijdestroming draait elke zes uur, van eb naar vloed en andersom. Als gevolg van de grootschalige stromingscirculatie in de Noordzee is de vloedstroming richting het oosten iets sterker dan de ebstroming richting het westen.

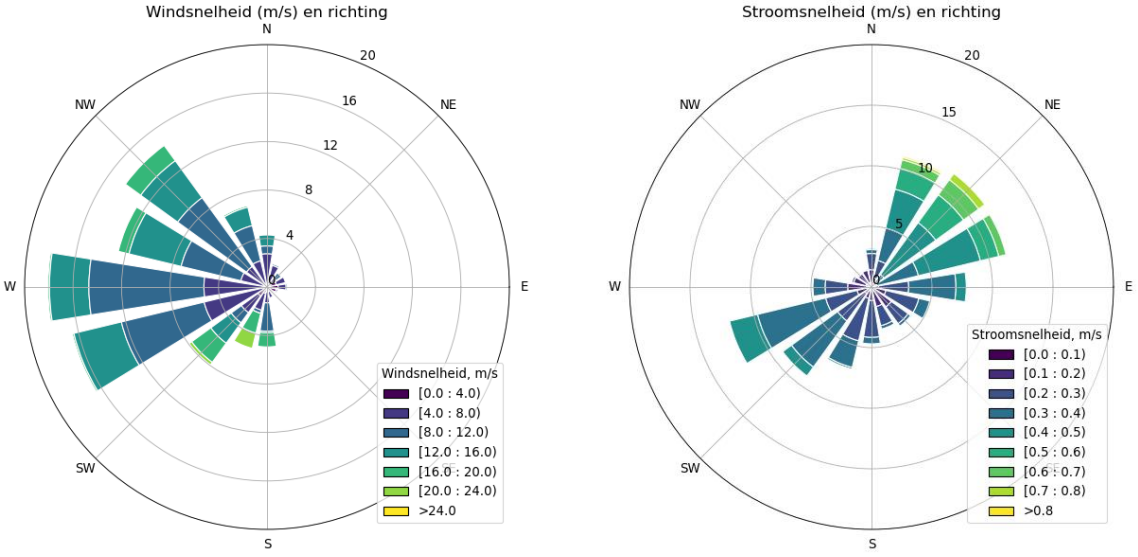
Dicht bij de kust is daarnaast ook sprake van in- en uitstroming tussen de Waddeneilanden als gevolg van het getijde. De maximale stroomsnelheden als geval van het getijde is hier in de orde van twee à drie m/s. Op de locatie van het boorplatform is het effect van zeegaten op stromingen echter minimaal, omdat het platform ongeveer 50 km uit de kust ligt op een waterdiepte van 25 meter.

Daarnaast is sprake van stroming als gevolg van wind. De windroos bij het platformlocatie (Figuur 2-1), laat zien dat de dominante wind vanuit richtingen tussen het zuidwesten en noordwesten komt en de sterkste wind tijdens het winterseizoen komt uit het zuidwesten,. Wind vanuit het zuidwesten versterkt de vloed-gedreven stroming en remt de eb-gedreven stroming.

De combinatie van getijde en wind zorgt ter plekke van de platformlocatie voor dagelijkse piekstroomsnelheden van ca. 0,6 m/s nabij het wateroppervlak, ca. 0,5 m/s in het midden van de waterkolom, en ca. 0,35 m/s nabij de zeebodem. De maximale stroomsnelheid die ongeveer één keer per jaar optreedt, de 1/jaar-stroomsnelheid, is op basis van de modellering ter plekke van de platformlocatie in de orde van maximaal één m/s nabij het wateroppervlak, maximaal 0,9 m/s in het midden van de waterkolom, en maximaal 0,74 m/s nabij de zeebodem [1].



A.



B.

Figuur 2-1: Wind- en stromingscondities op de boorlocatie tijdens een rustige periode in juni 2017 (A) en stormperiode in november 2017 (B) [1].

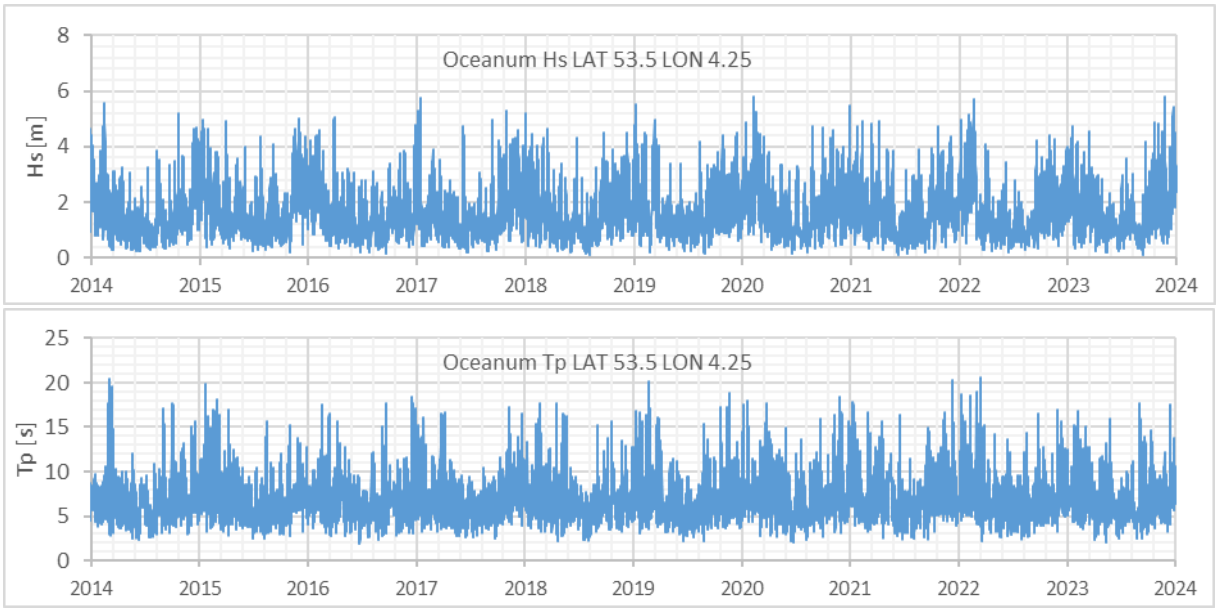
2.2.2 Golven

De golfhoogte varieerde in de periode 2014-2024 van circa één meter tot ruim zes meter (Figuur 2-2), met golfperiodes tot ruim twintig seconden. Gedurende het grootste deel van de tijd komen de golven op de platformlocatie vanuit het zuidwesten, noordnoordwesten en noorden (Figuur 2-3), hebben de golven een golfhoogte van een half tot drie meter, en hebben de golven een piekperiode van twee tot tien seconden (Figuur 2-4).

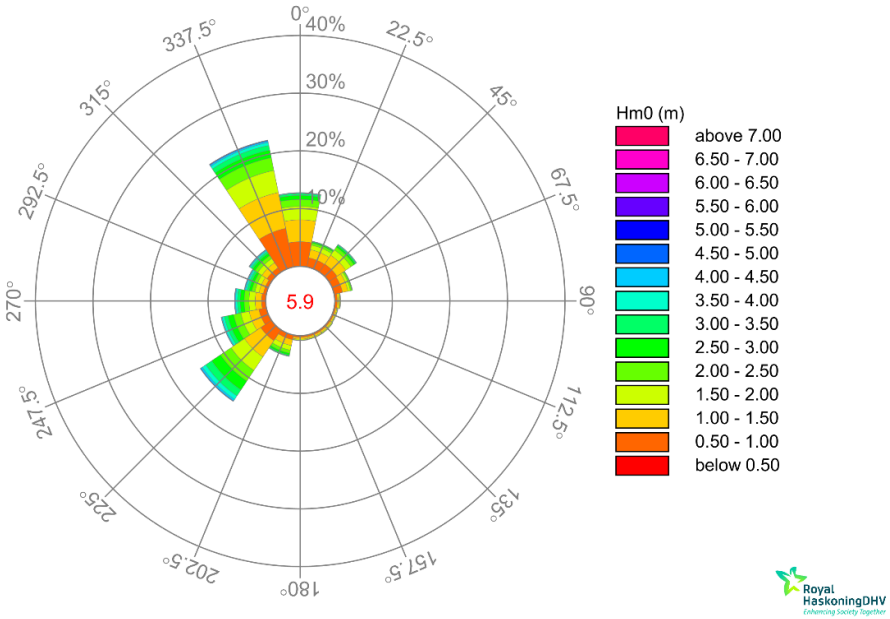
Het effect van de golven op het sedimenttransport en morfologie is mede afhankelijk van de waterdiepte: hoe groter de waterdiepte des te minder stroming veroorzaken de golven nabij de zeebodem (Figuur 2-5). Daarnaast speelt ook de golflengte een rol: hoe langer de golven, des te dieper hebben de golven effect.

Bij een waterdiepte groter dan de halve golflengte wordt een golf niet meer gevoeld op de zeebodem. In de waterdiepte van 26 m bij de platformlocatie is dat dus een golflengte van 52 meter, wat hoort bij een golf met een golfperiode van: [golflengte / 1,56]^{0,5} = zes seconden. Golven met een golfperiode langer dan zes seconden hebben dus een effect op het transport van boorgruis op de zeebodem in de platformlocatie. Gedurende bijna de helft van de tijd is de golf-piekperiode op de platformlocatie groter dan zes seconden (Figuur 2-4), en heeft een deel van de golven dus effect op het transport van sediment en boorgruis op de zeebodem.

De golven spelen naar verwachting een dominantere rol in het ondiepere zuidelijke deel van het tracé van de pijpleiding.



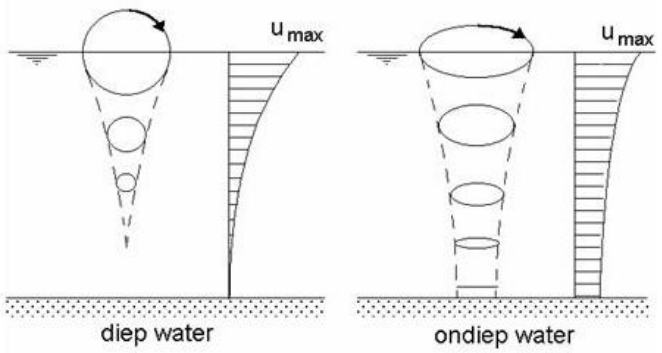
Figuur 2-2: Golfcondities nabij de platformlocatie (bron: Oceanum)



Figuur 2-3: Jaarlijkse golfhoogte op de platformlocatie (bron: Oceanum)

Significant Wave Height [m] \ Peak period [s]	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	Total [%]	Exceed [%]
6.5-7.0										<0.01	<0.01														0.0	
6.0-6.5									<0.01	<0.01	<0.01														0.0	0.0
5.5-6.0								<0.01	0.02	0.02	<0.01														0.0	0.0
5.0-5.5								0.04	0.11	0.06	<0.01														0.2	0.1
4.5-5.0							<0.01	0.26	0.20	0.05															0.5	0.3
4.0-4.5							0.14	0.77	0.29	0.05															1.3	0.8
3.5-4.0						<0.01	1.35	0.86	0.42	0.07	0.01	<0.01	<0.01												2.7	2.0
3.0-3.5						0.31	2.87	0.83	0.44	0.13	0.07	0.04	0.02	<0.01	<0.01										4.7	4.7
2.5-3.0					0.05	2.35	3.21	0.94	0.49	0.25	0.14	0.08	0.05	0.02	<0.01	<0.01									7.6	9.5
2.0-2.5				<0.01	1.18	4.93	2.30	1.07	0.63	0.35	0.23	0.18	0.12	0.04	0.01	<0.01	<0.01		<0.01						11.1	17.0
1.5-2.0				0.49	5.40	4.92	2.30	1.43	0.86	0.56	0.57	0.38	0.14	0.05	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01					17.1	28.1
1.0-1.5			0.21	5.16	7.66	3.30	2.68	1.68	1.29	1.20	0.84	0.41	0.15	0.07	0.07	0.07	0.04	0.03	<0.01	<0.01	<0.01				24.9	45.2
0.5-1.0		0.17	3.09	6.30	3.84	2.39	2.05	1.65	1.54	0.95	0.45	0.25	0.27	0.36	0.33	0.21	0.09	0.04	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	24.0	70.1
0.0-0.5	<0.01	0.37	1.08	1.12	0.58	0.46	0.53	0.39	0.25	0.12	0.15	0.20	0.26	0.18	0.13	0.06	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01				5.9	94.1
Total [%]	0.01	0.54	4.38	13.1	18.7	18.7	17.4	9.91	6.54	3.79	2.45	1.54	1.01	0.72	0.56	0.36	0.15	0.09	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	100	

Figuur 2-4: Jaarlijkse golfhoogte en golfperiode op de platformlocatie(bron: Oceanum).



Figuur 2-5: Principe van effect van waterdiepte op de golf-gedreven stroming bij de zeebodem

2.2.3 Sedimenteigenschappen

De zeebodem ter plekke van het (boor)platform bestaat uit zand met schelpresten. Dit zand heeft korreldiameters in de ordegrootte van tweehonderd micrometer (200 µm ofwel 0,2 mm). Daarbij zijn er kleibrokken te vinden die tot vijftig centimeter boven de rest van de zeebodem uitsteken. Ook de lokale aanwezigheid van grof zand en grind resulteert in bodemhoogtevariatie ter plekke van het platform. Voor de rest is de zeebodem bij de locatie van het platform vrijwel vlak zonder duidelijke golf- en stromingsribbels, duinen of grotere beddingvormen.

De afwezigheid van golf- en stromingsribbels op de zandige zeebodem is een indicatie dat er weinig sedimenttransport plaatsvindt en dat de lokale zeebodem dus niet heel dynamisch is. Zandkorrels van tweehonderd micrometer beginnen in beweging te komen bij een stroomsnelheid van circa. 0,2 m/s. Aangezien tijdens dagelijkse omstandigheden al stroomsnelheden tot circa 0,5 m/s in het midden van de waterkolom voorkomen, is het natuurlijke sediment ter plekke van het platform tenminste in een deel van de eb-vloedcyclus in beweging. Golven met een golfperiode langer dan zes seconden dragen ook bij aan het in beweging brengen van het sediment. Bij kentering zakt dit sediment weer op de zeebodem en blijft, afhankelijk van de golfcondities, een aantal uur stilliggen tot de stroomsnelheid nabij de zeebodem weer boven de circa 0,2 m/s is. Het fijnere deel van het natuurlijke sediment op de zeebodem is mobieler dan het grovere deel van het sediment, en wordt dus vaker en over grotere afstanden getransporteerd.

3 Lokale morfologische effecten

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een voorspelling gedaan van de lokale morfologische effecten van het boorplatform en de boorwerkzaamheden. Hierbij is steeds de vraag hoe de platforms en de boorwerkzaamheden de morfologie van de natuurlijke zeebodem beïnvloeden door extra erosie en sedimentatie rondom het boorplatform.

Voor de lokale morfologische effecten zijn twee elementen relevant die in paragraaf 3.2 in meer detail worden beschreven:

1. De poten van het boorplatform.
2. De poten en steenbestorting van het productieplatform
3. Lozing van boorgruis tijdens de boorfase.

Op basis van deze beschrijving worden in paragraaf 3.3 de verwachtte morfologische effecten per element beschreven.

3.2 Beschrijving

3.2.1 Boor- en productieplatform

Tijdens de boor- en aanlegfase bestaat het platform uit een tijdelijk boorplatform en het productieplatform (Figuur 3-1). Daarna zal het tijdelijke boorplatform worden weggehaald en blijft het productieplatform staan.

Figuur 3-1: Foto van het platform tijdens de boor- en aanlegfase met tijdelijk boorplatform (links) en de jacket van het productieplatform, welke blijft staan tijdens de productieplatform (rechts).

Het tijdelijke boorplatform heeft drie poten. Bij het opzetten van het boorplatform wordt het drijvende boorplatform op de juiste locatie gebracht, vastgezet met tijdelijke ankers en worden vervolgens de drie poten neergelaten tot deze de zeebodem bereiken. Daarna worden de ankers verwijderd en wordt het boorplatform opgekrikt tot gewenste hoogte. Het productieplatform wordt geplaatst op een jacket met vier poten en daartussen dwarsverbindingen ter versteviging van de constructie.

De poten van het tijdelijke boorplatform en de jacket van het productieplatform hebben effect op de stroming, golven, sedimenttransport en morfologie. Gezien de beperkte dikte van de constructie zal het effect relatief klein zijn.

3.2.2 Lozing van boorgruis

De hele boorsequentie voor het L7-F2 bestaat uit zes secties. De bovenste drie secties worden geboord met zeewater of met boorspoeling op waterbasis (WBM), waarvan het boorgruis in zee mag worden geloosd. De onderste secties worden geboord met oliehoudende spoeling (OBM) en in dit geval kan het boorgruis niet in zee worden geloosd, maar moet het per schip worden afgevoerd en aan land worden verwerkt. Daarom wordt in dit rapport alleen gekeken naar het boorgruis van de bovenste drie secties geboord met WBM. De hoeveelheid te lozen boorgruis en de tijdsduur varieert per boorsectie en is weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Boorvolgorde met de boorgruis hoeveelheid per sectie

Boor sectie	MD RKB (m)	m drill	hole size ‘’	Boorgruis (ton)	Boorvolume (m^3)	Boorgruis volume (m^3)[1]	Tijdsduur (dagen)	Boorgruis lozing (ton/hr)	Type sediment
1	86-300	214	30	293	98	163	5	2.4	Zand
2	300-1457	1157	24	1013	338	563	5	8.4	Grof boorgruis
3	1457-3170	1713	17.5	797	266	443	6	5.5	
Totaal	**86-3170**	**3084**	**-**	**2103**	**701**	**1168**	**16**	**5.5**	**-**

[1] Volume van boorgruis na afzetting op de zeebodem, rekening houdend met 40% poriën in deze afzetting.

De totale hoeveelheid te lozen boorgruis is dus ca. 701 m^3 en 2103 ton. Met een dichtheid van 2650 kg/m^3 voor het gesteente en 40% poriën in het op de zeebodem afgezette boorgruis is de totale hoeveelheid te lozen boorgruis gelijk aan ongeveer 1168 m^3. In werkelijkheid varieert de dichtheid per gesteentelaag, en is ook de porositeit van het afgezette boorgruis variabel, dus de daadwerkelijke hoeveelheden kunnen afwijken.

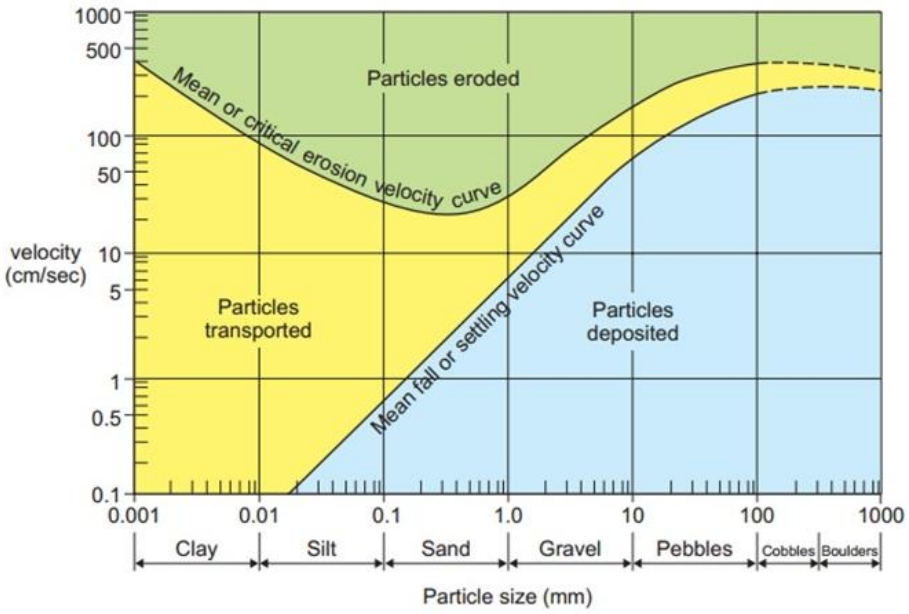
De korrelgrootteverdeling van het geloosde boorgruis is onzeker en varieert over de diepte. Geotechnisch onderzoek toont aan dat de bovenste sectie grotendeels uit los fijn en medium zand bestaat. Daaronder ligt vast gesteente. De korrelgrootteverdeling van het boorgruis afkomstig uit het vaste gesteente varieert per gesteentelaag, en is grover dan het daarbovenliggend zand.

Om ondanks de onzekerheden en variaties in steensoort en korrelgroottes toch een inschatting te kunnen maken van de afzetting van boorgruis op de zeebodem, wordt een bepaalde normale korrelgrootteverdeling aangenomen. Hierbij wordt ingeschat dat een korrelgrootte van ongeveer 1,25 mm het meest voorkomt. Voor de bovenste sectie, die voornamelijk uit fijn en middelzand bestaat, werd een mediane korreldiameter van 0,35 mm aangenomen.

Voor het bepalen van de kritische stroomsnelheid waarbij het boorgruis in beweging komt, bestaan diverse empirische relaties. Volgens het Hjulström diagram (Figuur 3-2) komt het boorgruis in beweging bij een stroomsnelheid van ca. 0,25 m/s voor het fijne boorgruis van 0,5 mm, en ca. 0,5 m/s voor boorgruis van twee millimeter. Volgens een andere methode van Van Rijn [2] komt het fijne boorgruis pas bij 0,45 m/s in beweging, en het grove twee mm boorgruis pas bij 0,85 m/s. Voor de zand sedimenten met een mediane diameter van 0,35 mm is de kritische stroomsnelheid volgens het Hjulström diagram ongeveer 0,2 m/s en volgens de methode van Van Rijn rond 0,4 m/s. Hierbij is nog geen rekening gehouden met eventuele

golfwerking en turbulentie waardoor het boorgruis bij iets lagere stroomsnelheden al in beweging kan komen. Duidelijk is wel dat het grove boorgruis slechts heel beperkt getransporteerd kan worden, en het fijne boorgruis alleen rond de getijdepieken in beweging kan komen.

Ondanks de onzekerheden in de korrelgrootteverdeling van het boorgruis lijkt het aannemelijk dat een significant deel van het boorgruis een grotere korreldiameter heeft dan het natuurlijke sediment (ca. 0,2 mm diameter) op de zeebodem ter plekke van de boorlocatie. Het boorgruis is dan ook minder mobiel dan het natuurlijke sediment. Het boorgruis wordt pas bij hogere stroomsnelheden/golven en over minder grote afstanden getransporteerd.



Figuur 3-2: Hjulström diagram met drempelwaarden van stroomsnelheid voor erosie, transport en sedimentatie van sediment.

3.3 Verwachtte morfologische effecten

3.3.1 Boor- en productieplatform

De poten van het boor- en productieplatform vormen een gedeeltelijke blokkade voor de stroming. Dit zorgt voor lokale stroomvertraging aan de stroomopwaartse zijde van elke poot, stroomversnelling langs elke poot en een turbulentie aan de stroomafwaartse zijde van elke poot. Hoe gestroomlijnder en gladder de poten, des te kleiner zijn deze effecten. De dwarsverbindingen in de constructie zorgen voor extra weerstand en turbulentie.

Bij de bodem kan de stroomvertraging voor lokale sedimentatie zorgen. De stroomversnelling en de benedenstroomse turbulentie zorgen echter voor erosie: de vorming van ontgrondingskuilen. Als gevolg van deze erosie is de sedimentatie aan de bovenstroomse zijde vaak klein of afwezig.

De vorming van ontgrondingskuilen wordt voorkomen door de aanleg van de steenbestorting rondom de poten van het productieplatform. Deze steenbestorting bestaat uit grof materiaal,waarbij de stenen dusdanig groot zijn dat ze blijven liggen bij zware omstandigheden, zoals een zware storm in combinatie met getijdestroming.

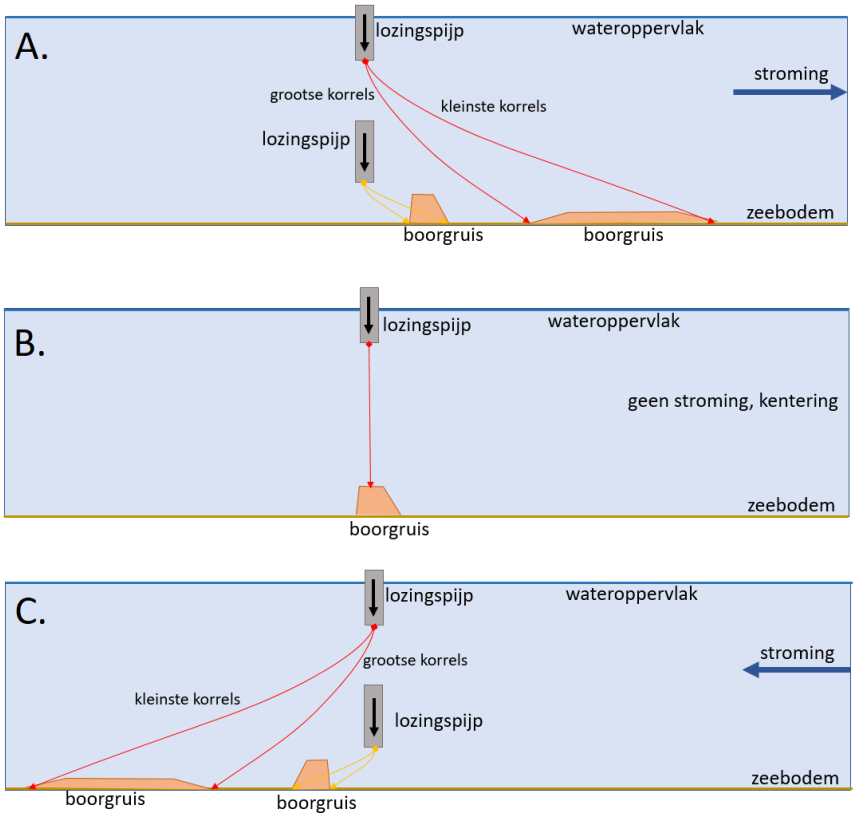
Het is aannemelijk dat langs de randen van de steenbestorting enige erosie van de zeebodem optreedt. De steenbestorting vormt namelijk een pleisterlaag, waarbij het natuurlijke sediment onder de steenbestorting niet kan bewegen. Bovendien blijft natuurlijk sediment achter de grove stenen van de steenbestorting hangen. Het sediment-arme water vanaf de steenbestorting neemt langs de randen van de steenbestorting sediment op waardoor lokale erosie optreedt. Als gevolg van de erosie kan de steenbestorting langs de randen in de erosiekuilen rollen. Dit type erosiekuilen zal zich vooral vormen langs het zuidwesten en noordoosten van de bodembescherming, aangezien dit de richting van de getijdestroming is.

Rondom het tijdelijke boorplatform wordt geen steenbestorting aangelegd, maar vanwege het tijdelijke karakter van dit boorplatform zijn de morfologische effect relatief klein en tijdelijk. Na de boorfase wordt het boorplatform verwijderd en blijft alleen het productieplatform aanwezig. Eventuele ontgrondingskuilen die ondanks de bodembescherming toch zijn ontstaan, worden hierna naar verwachting binnen een periode van enkele dagen tot weken opgevuld door natuurlijke sedimentatie.

3.3.2 Boorgruis

3.3.2.1 Uitzakken van het boorgruis

Het uitzakken van het boorgruis na lozing uit de lozingspijp is een belangrijk proces waarbij verschillende factoren een rol spelen. In Figuur 3-3 is het proces van uitzakken van het boorgruis schematisch weergegeven. Vanuit de lozingspijp heeft het boorgruis een bepaalde snelheid. Al snel daarna bepalen de stroomsnelheid, stroomrichting en de valsnelheid waar het boorgruis op de zeebodem neerkomt.

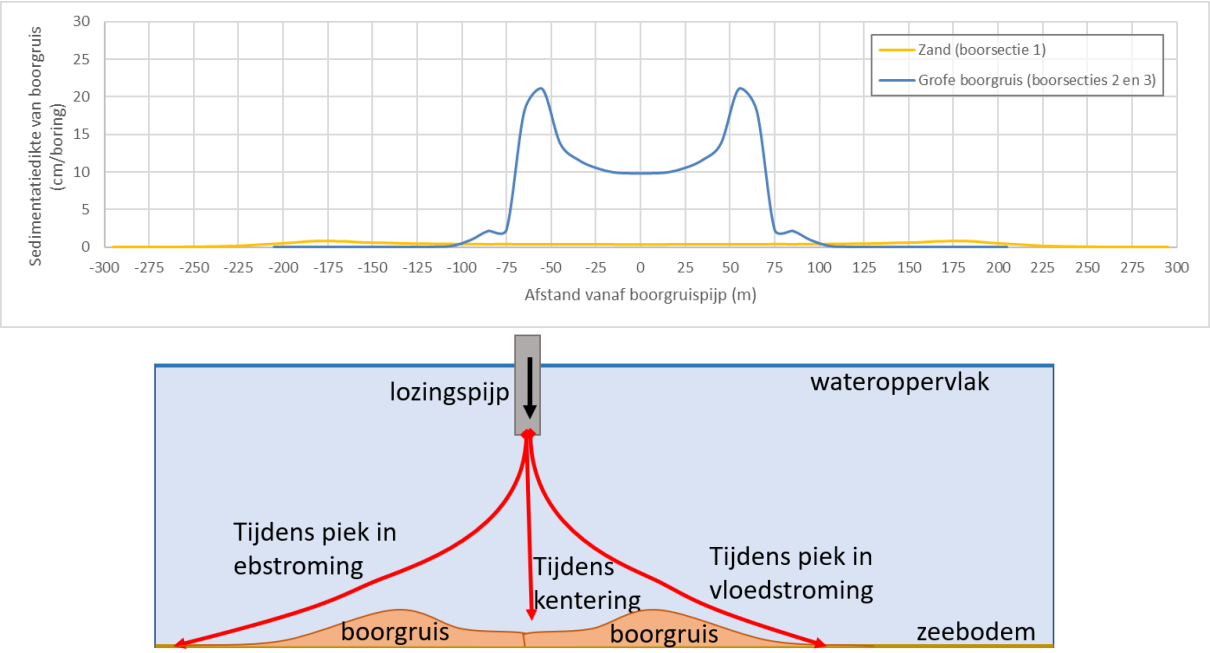


Figuur 3-3: Schematische weergave van het effect van (getijde)stroming en hoogte van de lozingspijp op de sedimentatie van boorgruis, tijdens stroming naar rechts (A), kentering (B) en stroming naar links (C).

Vereenvoudigde rekensommen kunnen een indicatie geven van waar het boorgruis op de zeebodem neerkomt en hoe dik de afzetting wordt:

- Zanddeeltjes van 0,35 mm hebben een lage valsnelheid van ongeveer 5 cm/s, relatief kleine boorgruis korrels (0,5 mm) hebben een valsnelheid van 7 cm/s. De grotere korrels van 2 mm hebben een valsnelheid van orde 20 cm/s. Als het uiteinde van de lozingspijp op twintig meter boven de zeebodem ligt, dan duurt het dus gemiddeld bijna twee minuten voor de grotere korrel, bijna vijf minuten voor de kleine korrels, en zeven minuten voor de zanddeeltjes om de zeebodem bereiken.
- Voor het uitzakken van het boorgruis is relevant dat het suspensie-nummer Z voor zowel de kleine als de grote boorgruiskorrels groter is dan vijf, wat betekent dat de valsnelheid dusdanig groot is dat de valsnelheid de turbulente stromingen die de korrels in suspensie kunnen houden, overwint.
- Als de lozingspijp dichter bij de zeebodem ligt dan is de tijd die de korrels nodig hebben om de bodem te bereiken een stuk korter. Bijv. op tien meter boven de zeebodem duurt het 3,5 minuut voor de zanddeeltjes, 2,5 minuut voor de kleine korrels en één minuut voor de grotere korrels om de zeebodem bereiken.
- De locatie waarop het boorgruis op de zeebodem komt is vervolgens ook afhankelijk van de stroomsnelheid, zie Tabel 3-2 waarin de afstand berekend is op basis van de hoogte van de lozingspijp, de valsnelheid en de stroomsnelheid. Tijdens vloedstroming komt het boorgruis ten oosten van de platformlocatie terecht; bij ebstroming komt het boorgruis ten westen van de platformlocatie terecht. Twee keer per etmaal is er ebstroming, en twee keer per etmaal is er vloedstroming. Rondom kentering is er nauwelijks stroming en komt het geloosde boorgruis onder de lozingspijp terecht (Figuur 3-3).
- Voor de boorsecties 2 en 3, gezien de geschatte korrelgrootteverdeling van het boorgruis en de variërende stroomsnelheid gedurende een eb-vloed cyclus, wordt naar verwachting het meeste boorgruis afgezet op een afstand van 55 meter van de lozingspijp (Figuur 3-3). Op een afstand groter dan ongeveer honderd meter wordt nauwelijks boorgruis afgezet. Op de afstand van 55 meter is de sedimentatiesnelheid van het boorgruis in de orde van 13,2 mm/dag. Zonder transport van het boorgruis komt dit neer op een laagdikte van 21 cm na uitvoering van één boring, uitgaande van een noord-zuid verspreiding over vijftig meter en een totale lozing van 1006 m^3 boorgruis. Op een afstand van ca. 90 m van de lozingspijp is de laagdikte ca. 1,5 cm voor één boring.
- Voor het eerste boorsectie, die voornamelijk uit zand bestaat, wordt de meeste sedimentatie verwacht op ca. 175 m afstand van de lozingspijp (Figuur 3-3). De maximale dikte van de sedimentlaag, uitgaande van het totale sedimentatievolume van 163 m^3 en een zuid-noordspreiding van vijftig meter, zal echter slechts 0,8 cm bedragen voor één boring. Op een afstand van 235 m is de verwachte sedimentatiedikte minder dan 0,1 cm.
- In de volgende paragraaf wordt een inschatting gemaakt van het transport van het boorgruis, waardoor het boorgruis over een groter oppervlak wordt verspreid en dus dunner wordt. Het fijne deel van het boorgruis zal meer en sneller verspreid worden dan het grove boorgruis, waardoor met name de laagdikte langs de buitenkant van de boorgruis-afzetting (op ca. 175 meter afstand van de lozingspijp) waar het fijnere boorgruis is afgezet snel dunner wordt.
- Golven generen verticale en horizontale circulaties waardoor het uitzakken van het boorgruis een wat complexer patroon volgt dan hierboven beschreven. Op de platformlocatie zorgen de golven echter niet voor een netto transport in een bepaalde richting.
- Ook wind-gedreven stromingen maken het uitzakken van het boorgruis wat complexer. Wanneer de wind in dezelfde richting gaat als het getijde, dan nemen de stroomsnelheden toe en komt het boorgruis over een grotere afstand van de lozingspijp terecht. Als voorbeeld: extreme windcondities

kunnen voor een toename van enkele tientallen cm/s zorgen tot ca. 0,9 m/s bij een 1/jaar conditie. Bij deze stroomsnelheden komt het boorgruis op ruim 92 tot 253 meter afstand van de lozingspijp terecht.



Figuur 3-4: Berekende laagdikte van het boorgruis bij één boring en een lozingspijphoogte van 20 meter (boven) en schematische weergave van de ruimtelijke verdeling van de boorgruis-afzetting over een eb-vloed cyclus (onder).

Tabel 3-2: Voorbeelden van berekende afstand waarop het boorgruis neerkomt op de zeebodem, in meters vanaf het uiteinde van de lozingspijp. De richting waarin de afstand geldt is afhankelijk van eb of vloed.

Korrelgrootte (mm)	Boorgruispijphoogte (m boven zeebodem)	Stroomsnelheid (m/s)	Afstand vanaf boorgruispijp (m)
0,35	20	0.5	195
0,5	20	0.5	141
1	20	0.5	79
2	20	0.5	51
0,35	10	0.5	98
0,5	10	0.5	70
1	10	0.5	40
2	10	0.5	26
0,35	20	0.9	352
0,5	20	0.9	253
1	20	0.9	142
2	20	0.9	92
0,35	20	0.1	39
0,5	20	0.1	28
1	20	0.1	16
2	20	0.1	10

In een eerdere studie voor een vergelijkbaar boorplatform zijn voorspellingen gedaan van de sedimentatiedikte van het boorgruis op basis van modelberekeningen [3]. Hierin werd een maximale laagdikte van 22 cm boorgruis voorspeld voor één boring. De laagdikte op een afstand van vierhonderd

meter was maximaal 6,5 mm, waarbij het boorgruis vooral in oostelijke en westelijke richtingen door de getijdestroming werd verspreid.

In de berekeningen en eerdere studie is het effect van het boorplatform en het productieplatform op de lokale stroming niet meegenomen. De poten van beide platforms kunnen de getijdestroming deels blokkeren en voor extra turbulentie zorgen. Afhankelijk van de locatie van de lozingspijp t.o.v. de poten van de platformen en de stromingsrichting zal het boorgruis verder of juist minder ver van de lozingspijp worden afgezet. Aangezien de dominante stroomrichtingen van het getij naar het oosten en westen is (Figuur 2-1), is het aannemelijk dat de (poten van de) platformen voor acceleratie van de getijdestroming langs de noordkant en zuidkant zorgt, terwijl de stroming aan de oost- en westkant juist vertraagd wordt. Voor een zo groot mogelijke verspreiding (en dunnere sedimentatie-laag) van het boorgruis zou de lozingspijp dus aan de noord- of zuidzijde van het boorplatform geplaatst dienen te worden.

3.3.2.2 Transport van boorgruis over de zeebodem

Zodra het boorgruis op de zeebodem ligt, bepalen de korrelgrootte en de stroming of, en zo ja, hoe snel het boorgruis verder verplaatst wordt. Zoals beschreven in paragraaf 3.2.2 is het boorgruis met een typische korreldiameter van ca. 0,5 – 2 mm duidelijk grover dan het natuurlijke sediment op de boorlocatie. Hierdoor is het boorgruis minder mobiel dan het van nature aanwezige sediment.

Het lijkt aannemelijk dat vrijwel alleen het fijne deel van het boorgruis rondom de dagelijkse pieken in eb- en vloedstroming mobiel is, gezien:

1. de dagelijkse pieken in dieptegemiddelde stroomsnelheid van ca. 0,5 m/s;
2. de minimale golfperiode van zes seconden om effect te hebben op de zeebodem, wat ongeveer de helft van de tijd voorkomt;
3. de kritische stroomsnelheden van ca. 0,25 - 0,45 m/s voor het fijne boorgruis;
4. de kritische stroomsnelheden van ca. 0,5 - 0,85 m/s voor het grove boorgruis.

Het grove deel van het boorgruis is onder dagelijkse omstandigheden niet mobiel, en tussen de pieken door is het boorgruis geheel niet mobiel.

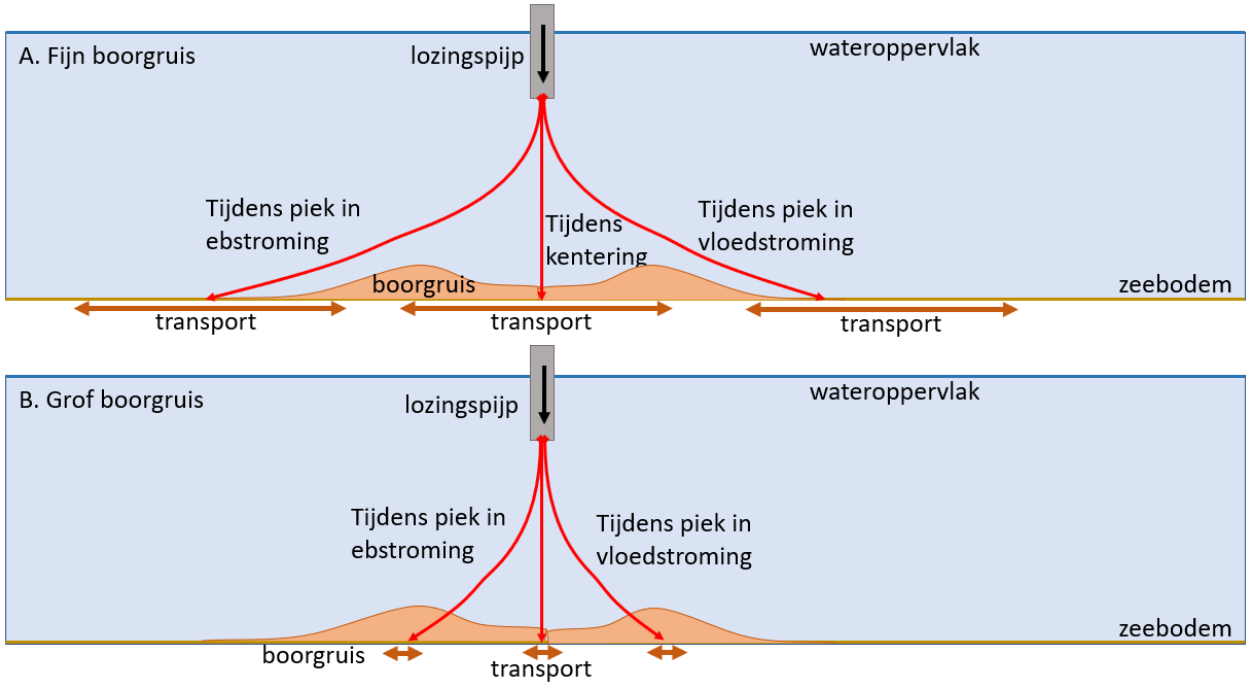
Een berekening van het transport van het boorgruis (met de Soulsby – Van Rijn sedimenttransport-voorspeller [4]) geeft een indicatie van hoeveel van het geloosde boorgruis na het neerzakken op de zeebodem getransporteerd wordt over de zeebodem. Tijdens het boren wordt 59 - 203 ton/dag boorgruis geloosd, afhankelijk van de boorsectie. Bij dagelijkse omstandigheden zoals een stroomsnelheid van 0,5 m/s, golfhoogte van een meter en golfperiode van zes seconden wordt minder dan 0,1% van het dagelijkse lozingsvolume getransporteerd. Dit betekent dat elke dag 99,9% van het geloosde boorgruis blijft liggen waar het op de zeebodem neerzakt. Bij extreme condities die ongeveer eens per jaar voorkomen (dieptegemiddelde stroomsnelheid van 0,9 m/s, golfhoogte van 5,5 meter en golfperiode van veertien seconden), is het dagelijkse transport ca. 160 – 350 ton/dag, dus dezelfde orde als het dagelijkse geloosde volume boorgruis. Dat betekent dat tijdens extreme condities slechts een fractie van het totale geloosde boorgruis wordt verplaatst.

Op basis van deze berekeningen kan worden voorspeld dat het minstens weken, maar waarschijnlijker maanden tot jaren duurt voordat het boorgruis vanaf de platformlocatie verspreid wordt over een groot gebied in de Noordzee. Dit is mede afhankelijk van de weers- en stromingsomstandigheden.

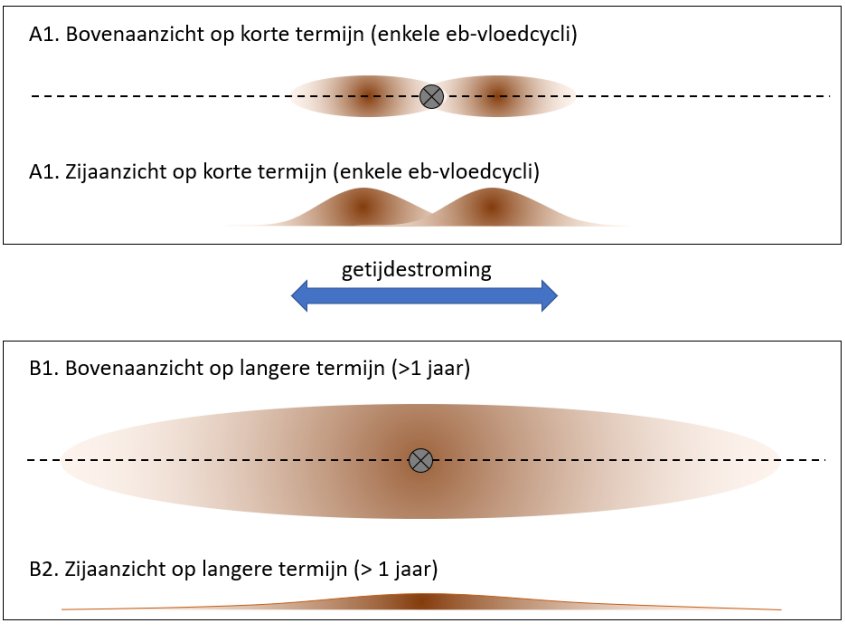
In de maanden en jaren na de boorperiode wordt zowel het fijne als het grove deel van het boorgruis geleidelijk steeds meer verspreid. Het grove deel van het boorgruis wordt slechts over een klein gebied verplaatst en verdeeld en het fijne deel van het boorgruis wordt over een groter gebied verplaatst en verdeeld (Figuur 3-5). Een automatisch gevolg van deze verspreiding is dat de boorgruislaag steeds dunner

wordt. Dit proces is weergegeven in Figuur 3-6. Het totale volume boorgruis op de zeebodem blijft onveranderd, tenzij het door bijvoorbeeld zandwinning verwijderd wordt.

Figuur 3-7 geeft een indicatie van de verspreiding van het boorgruis na enkele jaren, waarbij het totale volume boorgruis gelijk blijft. De dikte van de boorgruislaag neemt af, maar het oppervlak neemt toe. In dit indicatieve voorbeeld wordt uitgegaan van een min of meer identieke verspreiding in beide richtingen en een breedte van honderd meter. In dit voorbeeld wordt de drempelwaarde van anderhalve centimeter laagdikte overschreden binnen een afstand van ongeveer 145 meter vanaf de lozingspijp, wat resulteert in een totale oppervlakte van bijna 3 hectare waarbinnen de anderhalve centimeter wordt overschreden.

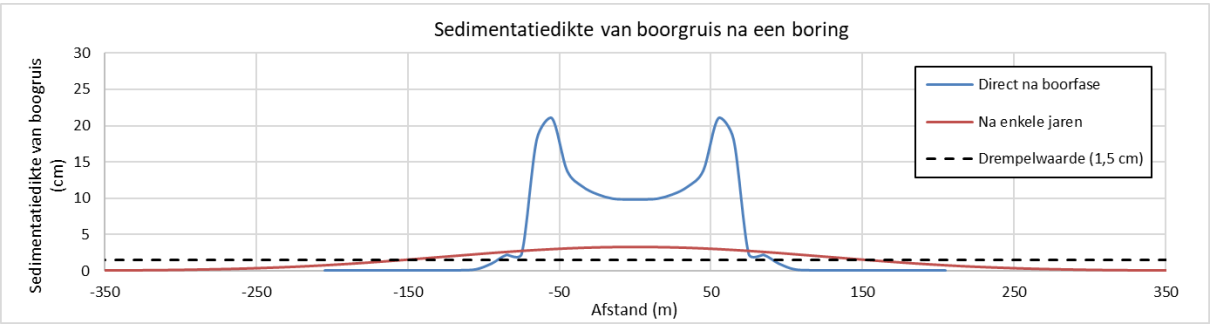


Figuur 3-5: Schematische weergave van transport van boorgruis zodra het op de zeebodem is neergezakt: voor het fijne deel van het boorgruis (A) en voor het grove deel van het boorgruis (B).



Figuur 3-6: Schematische weergave van de verspreiding en laagdikte van het boorgruis op korte termijn (boven) en lange termijn (onder).

De verspreiding van het fijne boorgruis op lange termijn is voornamelijk in oost-westelijke richting als gevolg van het getij, en in mindere mate in noord-zuidelijke richting door bijvoorbeeld wind-gedreven stroming en golven. Bij een symmetrisch getijde zou het fijne boorgruis hierbij na elke eb-vloed cyclus min of meer weer op dezelfde plek liggen, dus binnen een afstand van ongeveer honderd meter van de platformlocatie maar wat meer verspreid. Echter, gezien de getijde-asymmetrie waarbij de vloedstroming in oostelijke richting sterker is dan de eb-stroming, is de verwachting dat met name het fijne deel van het boorgruis netto elk eb-vloed cyclus iets in oostelijke richting wordt getransporteerd.



Figuur 3-7: Indicatie van de sedimentatiedikte van het boorgruis na een boring en na verloop van tijd. Na enkele jaren wordt de 1,5 cm drempelwaarde overschreden op een afstand van ca. 145 m vanaf de lozingspijp.

Daarbij komt dat sedimenttransport een stochastisch proces is, wat inhoudt dat niet al het boorgruis tegelijkertijd met dezelfde snelheid over dezelfde afstand wordt getransporteerd. Kleine variaties in korrelgrootte, turbulentie, oneffenheden in de zeebodem, etc. resulteren in variatie in het transport. Daardoor wordt het boorgruis geleidelijk over een steeds groter stuk zeebodem verspreid en wordt de boorgruislaag op de zeebodem automatisch steeds dunner en minder aanwezig nabij de boorlocatie.

In een eerdere studie voor een ander boorplatform in de Noordzee heeft Imares [5] geconcludeerd dat het boorgruis geen zichtbaar morfologisch effect heeft, en slechts een klein effect heeft op de lokale flora en

fauna. Hierbij is enerzijds belangrijk dat de waterdiepte (47 meter) op die platformlocatie groter was dan op de L7-platformlocatie en daardoor het boorgruis tijdens het neerzakken over een groter gebied verdeeld kan zijn. Anderzijds kan uit die studie wel worden opgemaakt dat het boorgruis in de loop van de tijd verspreid is over de zeebodem en nu onderdeel uitmaakt van die zeebodem.

4 Conclusies en aanbevelingen

In dit document is op basis van vereenvoudigde berekeningen, analyses en eerdere studies een inschatting gemaakt van de morfologische effecten van het boor- en productieplatform en het geloosde boorgruis. Daarnaast is een inschatting gemaakt van de dynamiek van het boorgruis.

Op basis van het onderstel van het boor- en productieplatform is het aannemelijk dat enige erosie optreedt langs de randen van de steenbestorting. Het is ook aannemelijk dat deze ontgrondingskuilen worden opgevuld met steenbestorting die in de kuilen rolt. Ook de tijdelijke poten van het productieplatform kunnen voor enige, tijdelijke, erosiekuilen zorgen.

Op basis van de berekeningen van het uitzakken van het boorgruis wordt geconcludeerd dat de hoogte van de lozingspijp boven de zeebodem een groot effect heeft op de lengte waarover het boorgruis neerslaat op de zeebodem. Een lozingspijp nabij de zeebodem resulteert in een kleine, maar dikke sedimentatielaag met boorgruis, terwijl een lozingspijp hoog in de waterkolom resulteert in een meer verspreide en dunnere sedimentatielaag van het boorgruis. Ook de locatie van de lozingspijp speelt een rol bij de verspreiding: een lozingspijp aan de noord- of zuidzijde zorgt voor een grotere verspreiding van het boorgruis.

De dikte van de boorgruisafzetting varieert over de afstand tot de lozingspijp en met de tijd. Bij een lozingspijphoogte van twintig meter boven de zeebodem is maximale laagdikte ca. 21 cm per boring. Bij een lagere lozingspijphoogte is de boorgruisafzetting dikker en verspreid over een kleiner oppervlak.

Wanneer voor het bepalen van de ecologische effecten van de boorgruisafzetting een kritische laagdikte van anderhalve centimeter wordt aangehouden, dan wordt deze kritische laagdikte bij één boring binnen een afstand van circa 90 m rondom de lozingspijp overschreden. De maximale dikte van de zandlaag, die wordt gevormd door de lozing van sedimenten bij het boren van de eerste sectie, overschrijdt de kritische waarde van 1,5 cm niet.

Op basis van de korrelgrootte van het boorgruis, de kritische stroomsnelheid voor begin van beweging, de stroomsnelheden als gevolg van het getij en wind, en sedimenttransportberekeningen is het aannemelijk dat een zeer klein deel van het boorgruis, en dan slechts het fijne deel van het boorgruis, rond de pieken in eb- en vloedstroming in beweging komt en meegevoerd wordt met de getijdestroming. Dit deel van het boorgruis gaat heen en weer met de eb- en vloedstroming. Tijdens jaarlijkse stormcondities kan een hoeveelheid van ongeveer de dagelijkse lozing worden getransporteerd. Dit betekent dat het minstens weken, maar waarschijnlijker maanden tot jaren duurt voordat het boorgruis over een grote afstand vanaf de platformlocatie is verspreid, mede afhankelijk van het voorkomen van stormen.

Het is belangrijk om te noemen dat de analyses en berekeningen in deze studie een zekere onzekerheid hebben. Deze onzekerheid zit met name in de analyses en berekeningen ten aanzien van het boorgruis. Belangrijke onzekere facturen zijn o.a. de korrelgrootteverdeling van het boorgruis en de natuurlijke variatie in turbulentie, stromings- en golfcondities.

5 Referenties

[1] Royal HaskoningDHV, „Pluimmodellering L7,” 2024.

[2] L. van Rijn, „Simple general formulae for sand transport in rivers, estuaries and coastal waters, www.leovanrijnsediment.com.,” 2013.

[3] Xodus Group, „Cuttings Dispersion Modelling - ParTrack: Diamant Z1 Exploration Well,” 2017.

[4] R. Soulsby, „Dynamics of marine sands,” Thomas Telford, UK, 1997.

[5] Imares, „Post drill survey A6-A6, Ref. No.: C046.15, pp. 41,” 2015.

RAPPORT

Pluimmodellering

Boring van de gasputten

Klant: Eni Energy Netherlands B.V.

Referentie: BH5808-146 Pluimmodellering diepboringen L7-F

Status: Definitief/01

Datum: 7 februari 2025

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 90 00
Email: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document:	Pluimmodellering
Referentie:	BH5808-146 Pluimmodellering diepboringen L7-F
Status:	01/Definitief
Datum:	7 februari 2025
Projectnaam:	MER Gaswinning L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Opgesteld door:	ML, RHDHV
Gecontroleerd door:	FS
Datum:	2025 7 februari
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	2025 7 februari

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Achtergrond 1
1.2 Methodiek 2
1.3 Leeswijzer 3

2 Projectbeschrijving 4
2.1 Projectlocatie 4
2.2 Uitvoering van de boring 4
2.3 Bepaling brontermen 5
2.4 Natuurgebieden in de omgeving van L7 6

3 Historische data 7
3.1 Wind 7
3.2 Golfcondities 10
3.3 Waterstand 11
3.4 Stromingscondities 12
3.5 Sediment op de zeebodem 13
3.6 Natuurlijke slibconcentratie 14
3.7 Modelscenariokeuze 15

4 Opzet en validatie van het numerieke model 19
4.1 Gebruikte software 19
4.2 3D DCSM-FM model 19
4.3 3D DCSM-FM model voor slib 20
4.4 Aanpassingen in het model 20
4.5 Modellering van opgeloste stoffen 21
4.6 Modellering van barietdeeltjes 22

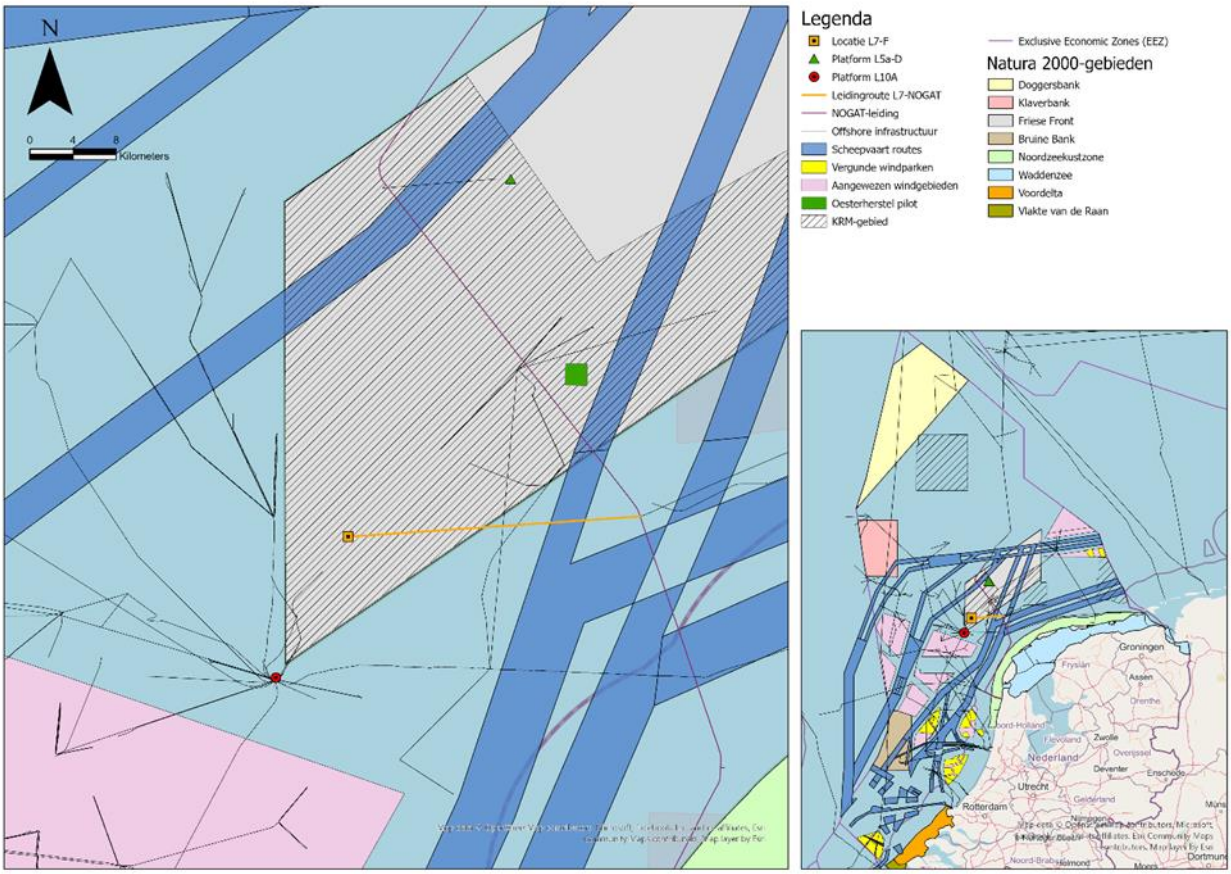
5 Verspreiding van boorspoeling en tracers rondom L7-F2 24
5.1 Algemeen 24
5.2 Opgeloste hulpstoffen in boorspoeling 24
5.2.1 Scenario Juli 24
5.2.2 Scenario November 29
5.3 Bariet in boorspoeling 32
5.3.1 Scenario Juli 32
5.3.2 Scenario November 37

6 Conclusies en aanbevelingen 40
6.1 Conclusies 40
6.2 Onzekerheden 41
6.3 Aanbevelingen 41
7 Referenties 43

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Eni Energy Netherlands B.V. (hierna Eni Energy) is van plan om een diepboring voor het aardgaswinningsproject uit te voeren in het blok L7 in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ, Figuur 1-1). De te boren put wordt aangeduid als put L7-F2. Royal HaskoningDHV heeft opdracht gekregen om een Milieueffectrapportage (MER) voor deze boring in de Noordzee op te stellen.



Figuur 1-1: Ligging L7-F2 boorlocatie ten opzichte van Natura 2000-gebieden die worden beschermd onder de Habitatrichtlijn en/of de Vogelrichtlijn.

Het gaswinningsproject omvat onder andere de plaatsing van een tijdelijk boorplatform voor het boren van de put en een productieplatform voor de gaswinning. Bij het boren van de put wordt boorspoeling gebruikt om de boorkop af te koelen, het boorgruis naar de oppervlakte te brengen en tegendruk te geven op het geboorde gesteente. In de bovenste bodemlagen wordt boorspoeling op waterbasis toegepast, waarbij het boorgruis en de boorspoeling vanaf het boorplatform via een pijp onder het wateroppervlak in zee wordt geloosd. Voor de diepere bodemlagen wordt boorspoeling op oliebasis toegepast, waarbij het boorgruis en de boorspoeling per schip wordt afgevoerd naar een verwerker op land.

De boorspoeling op waterbasis bevat fijne barietdeeltjes en diverse opgeloste hulpstoffen. Lozing van deze boorspoeling in Noordzee zou kunnen leiden tot verhoogde concentraties van de opgeloste hulpstoffen en fijn sediment en meer sedimentatie in de omgeving van het platform. Een kwantitatieve onderbouwing van

deze effecten door middel van pluim- en sedimentatiemodellering is gewenst vanwege de natuurwaarden in het gebied, waaronder Natura 2000-gebieden. Als onderdeel van het MER is daarom deze pluim- en sedimentatiestudie uitgevoerd.

Het doel van deze pluim- en sedimentatiemodellering is om de verspreiding van de barietdeeltjes en opgeloste hulpstoffen, en de sedimentatie van de barietdeeltjes die tijdens het boren van de put vrijkomen te bepalen, zodat de impact op de omgeving en de nabijgelegen natuurgebieden, zoals de Natura-2000 gebieden, kan worden bepaald.

In dit rapport is alleen gekeken naar de boorspoeling, bestaande uit de kleioplossing en opgeloste hulpstoffen. De verspreiding en sedimentatie van het boorgruis wordt behandeld in een ander rapport van Royal HaskoningDHV [1].

1.2 Methodiek

In deze studie wordt de verspreiding van de barietdeeltjes en opgeloste hulpstoffen uit de boorspoeling en sedimentatie van de barietdeeltjes voorspeld met behulp van het numerieke model D-Flow FM. In dit model worden de hydrodynamische processen op de Noordzee, zoals stroming door getij en wind berekend voor verschillende periodes.

In de modelberekening wordt de boorspoeling op de platformlocatie losgelaten in de zee, waarna het verder getransporteerd wordt door de stroming. Dit zorgt voor een zogenaamde pluim: een wolk van verhoogde sedimentconcentraties in het water welke zich uitstrekt in de richting van de stroming en met het getij mee om de platformlocatie heen draait. Vanuit deze pluim zakken de barietdeeltjes uit naar de bodem waar ze, bij geschikte omstandigheden, kunnen sedimenteren. Hoe zwaarder een deeltje, des te makkelijker deze uitzakt. Bij hoge golven of sterke stroming kunnen deeltjes ook weer eroderen en in suspensie komen. De opgeloste stoffen uit de boorspoeling zakken niet naar de bodem, maar blijven in oplossing en worden verspreid door de stroming en diffuse processen zoals golven en turbulentie.

Afhankelijk van de omstandigheden (wind, golven, stroming) verschillen de vorm van en de concentraties binnen de pluim en de hoeveelheid sedimentatie:

- Hoe harder de stroming, des te verder wordt het sediment vervoerd en des te groter is de pluim. De concentraties binnen de pluim zijn in dit geval lager. Bij deze omstandigheden treedt relatief weinig sedimentatie op. Materiaal kan zelfs weer eroderen en in suspensie komen en zich mogelijk mengen met bestaand bodemmateriaal dat in suspensie komt. Dit weer leidt tot hogere concentraties.
- Bij rustige omstandigheden, bijv. rond kentering, blijft de pluim dichterbij de platformlocatie, resulterend in een relatief kleine pluim met relatief hoge concentraties. Het barietdeeltje kan nu makkelijker uitzakken en sedimenteren, waardoor een relatief dikke sedimentlaag ontstaat op de zeebodem vlakbij de platformlocatie.

De pluimmodellering wordt uitgevoerd voor twee scenario's om het bereik van mogelijke concentraties en sedimentatie van de boorspoeling te tonen. Hierbij zijn de scenario's zo geselecteerd dat ze verschillende stromings- en golfcondities omvatten. De scenario's zijn niet bedoeld om geschikte of minder geschikte periodes in het jaar te selecteren voor het uitvoeren van de boringen, maar om inzicht te verschaffen in de effecten van de pluim. De keuze voor de twee periodes is gebaseerd op historische data van hydrodynamica en wind op de Noordzee en wordt beschreven in Hoofdstuk 3.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het project. In Hoofdstuk 3 wordt de historische data beschreven, op basis waarvan de scenario's geselecteerd zijn. In Hoofdstuk 4 wordt het numerieke model besproken. In Hoofdstuk 5 worden de resultaten van het numerieke model voor de verspreiding van de boorspoeling en bijbehorende opgeloste stoffen getoond. Tenslotte worden in Hoofdstuk 6 de conclusies behandeld.

2 Projectbeschrijving

2.1 Projectlocatie

In het project is platform L7-F2 gepland op circa 50 km ten noordwesten van de kust van Vlieland bij een waterdiepte van ongeveer 25 meter. In de omgeving van het platform bevinden zich meerdere gebieden met natuurwaarden, onder andere Natura 2000 gebieden en het Oesterbankherstelproject (Figuur 1-1). De coördinaten van het platform worden weergegeven in Tabel 2-1.

Dit gebied van de Noordzee kenmerkt zich van nature door een getijde-gedreven stroming in noordoost-zuidwestelijke richting, dominante windrichting vanuit het zuidwesten en wind-gedreven golven. De bovenlaag van de zeebodem bestaat voornamelijk uit fijn zand en is relatief vlak zonder grote beddingvormen. Een uitgebreidere beschrijving van deze natuurlijke condities en de sturende (natuurlijke) processen voor de verspreiding van boorspoeling wordt gegeven in Hoofdstuk 3.

Tabel 2-1: Coördinaten van het platform L7-F2

Coördinatenstelsel	Latitude (Y)	Longitude (X)
EPSG:4326 – WGS84	53.52°	4.30°
EPSG:32631 – WGS84 / UTM zone 31 N	5931100 m	586400 m

2.2 Uitvoering van de boring

Tijdens de boor- en aanlegfase bestaat het platform uit een tijdelijk boorplatform en het productieplatform (Figuur 2-1). Daarna zal het tijdelijke boorplatform worden weggehaald en blijft het productieplatform staan.

Figuur 2-1: Foto van het platform tijdens de boor- en aanlegfase met tijdelijk boorplatform (links)

De totale boordiepte van de L7-F2 put is circa 4,7 km. Bij de boring wordt gebruik gemaakt van boorspoeling. Met behulp van deze vloeistof wordt vermalen gesteente uit de put (het ‘boorgruis’) afgevoerd naar de oppervlakte. Tegelijkertijd zorgt de spoeling voor smering en koeling van de boorbeitel en voor stabilisatie van het boorgat.

Waar mogelijk wordt de boring uitgevoerd met boorspoeling op waterbasis (*Water Based Mud* – WBM). WBM is een mengsel van water en klei (bariet). Aan dit mengsel worden met toenemende diepte hulpstoffen toegevoegd, zoals zetmeel, kalk, zout en smeermiddelen. Voor bepaalde gedeeltes van de put kan het echter noodzakelijk zijn om oliehoudende spoeling (*Oil Based Mud* – OBM) te gebruiken die naast dezelfde componenten als WBM, tot 75% minerale olie kan bevatten.

Volgens de beschikbare informatie over de boorvolgorde zal de L7-F2 put in zes secties worden geboord. De eerste sectie wordt geboord met zeewater, secties twee en drie worden geboord met WBM als boorspoeling, en de laatste secties worden geboord met OBM. De boorspoeling van de secties geboord met WBM mag (onder voorwaarden) vanaf het platform op de Noordzee worden geloosd. In deze studie wordt een voorspelling gedaan van de verspreiding en sedimentatie van WBM na lozing op de Noordzee. De boorspoeling van de laatste secties geboord met OBM wordt niet geloosd, maar afgevoerd per schip en verwerkt op land, en daarom worden ze niet meegenomen in deze pluimmodelleringsstudie.

2.3 Bepaling brontermen

Drie typen materiaal worden tijdens een boring geloosd op zee:

1. Boorgruis
2. Boorspoeling:
    a. Bariet (kleideeltjes)
    b. Hulpstoffen opgelost in de boorspoeling

Op basis van aangeleverde informatie over de boorvolgorde zijn de brontermen van het bariet en in boorspoeling opgeloste stoffen bepaald. In deze studie is ervan uit gegaan dat de lozing op ongeveer tien meter onder het gemiddeld wateroppervlak plaatsvindt. De bronterm geeft aan hoeveel materiaal er per tijdseenheid wordt geloosd voor het boren van één put, uitgaande van serieel boren van de put. Deze bronterm is onafhankelijk van in welke periode in het jaar geloosd wordt. De bronterm wordt toegevoegd in het numerieke model. Omdat op het moment van de pluimmodellering de boormethodologie nog niet definitief was bepaald, komt de gepresenteerde boorvolgorde overeen met het slechtst mogelijke scenario wat betreft de hoeveelheden geloosde boorspoeling.

Een inschatting van de duur van het boren en lozen per sectie is aangeleverd door ENI Energy, zie Tabel 2-1. Tussen de lozingsperiodes van de verschillende secties geboord met WBM zitten tussenperiodes. De totale duur van de eerste drie lozingsperiodes met de twee tussenperiodes beslaat 21,6 dagen, oftewel drie weken. Op basis van de geloosde hoeveelheid materiaal in ton, aangeleverd door ENI Energy, en de lozingsduur per sectie is de bronterm van bariet per sectie bepaald. De mediane korrelgroottes van bariet in de boorspoeling is 0,015 mm.

Omdat de compositie en concentraties van opgeloste stoffen in de boorspoeling op het moment van deze studie nog niet definitief bepaald waren, werden deze stoffen in het model gesimuleerd als een enkele conservatieve tracer zonder verval en bezinking, dus alleen beïnvloed door advectie en diffusie. Deze tracer had tijdens de boorperioden een bronterm van 1 kg/s, waaruit de concentraties en relatieve verdunning van de tracer na de lozing in de Noordzee werden berekend. Om later de concentraties van een bepaalde opgeloste stof te verkrijgen, kan de berekende relatieve verdunning van de tracer vermenigvuldigd worden met de werkelijke instroom van de geloosde stof.

Tabel 2-1: Boorvolgorde met de tijdsduur van de boor- en tussenperiodes, inclusief de lozing van bariet

Boor sectie	MD RKB (m)	m drill	hole size ‘’	Boorgruis (ton)	WBM fluid (ton)	Bariet in WBM (ton)	Tijdsduur (dagen)	Lozing bariet (kg/s)
1	86-300	214	30	293	0 (zeewater)	0	5	0
Tussenperiode 1: 7 uur								
2	300-1457	1157	24	1013	878	297	5	0,69
Tussenperiode 2: 128 uur (5.3 dagen)								
3	1457-3170	1713	17,5	797	766	467	6	0,90

2.4 Natuurgebieden in de omgeving van L7

De boorlocatie L7-F2 ligt binnen het Natura 2000-gebied Friese Front en op 25 km afstand van het Friese Front Oesterherstel pilotgebied. Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone ligt op 44 km afstand van het plangebied. Het dichtstbijzijnde Natura 2000-gebied op land is Duinen en Lage Land Texel en dit ligt op 50 km (zie Figuur 1-1).

Het Natura 2000-gebied Friese Front is een zeegebied ten noorden van de Waddeneilanden op een afstand van ongeveer 60 km uit de kust. Het gebied heeft een oppervlak vergelijkbaar met de Nederlandse Waddenzee (2.880 km²) en vormt een overgangszone tussen de ondiepe zuidelijke en de diepe centrale Noordzee. In deze overgangszone komen verschillende watermassa’s samen, wat een front veroorzaakt met een verhoogde biologische productie en een verhoogde biodiversiteit van het bodemleven. Het Friese Front is hierdoor een belangrijk foerageergebied voor vogels en is uitsluitend Vogelrichtlijngebied. Het Oesterherstel pilotgebied ligt binnen het Friese front in het centrale deel en omvat 4 km^2.

Het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone bestaat uit de kustwateren van de Noordzee. Het gebied begint langs de Noord-Hollandse kust ten noorden van Bergen en gaat door langs de gehele waddenkust tot aan de Eems tussen de hoogwaterlijn en de 20 m dieptelijn. De stranden en vooroevers van de Noordzeekustzone zijn een belangrijke zandleverancier voor de eilanden. Tussen de Noordzeekustzone, de eilanden en de Waddenzee is er veel wisselwerking van sedimentatie- en erosieprocessen met duinen, geulen, kwelders, platen en ondieptes.

3 Historische data

In dit hoofdstuk wordt de historische data op het gebied van stroming, golven en wind op de Noordzee beschreven. Op basis van een analyse van deze data zijn twee scenario's geselecteerd (twee periodes van ongeveer een maand in het jaar 2017), welke een reikwijdte in de mogelijke verspreiding van de boorspoeling en de opgeloste stoffen geven.

3.1 Wind

De windomstandigheden voor het studiegebied werden beoordeeld op basis van beschikbare KNMI-gegevens van het meetstation L9-FF-1 [2]. Deze locatie ligt ongeveer 45 km ten oosten van het L7-F2 platform, 30 km uit de kust van Terschelling. De windstatistieken voor de periode 2011-2020 zijn getoond aan de hand van windrozen (Figuur 3-1) en maandelijkse statistieken (Tabel 3-1, Tabel 3-2 en Tabel 3-3). De dominante windrichting is jaarbreed vanuit het zuidwesten, maar over de seizoenen verschilt dit wel. De meeste windsnelheden boven 20 m/s komen vanuit het zuidwesten en vinden plaats in de herfst- en winterperiode.

Op basis van een extreme-waardeanalyse van de winddata over 2011-2020 (Tabel 3-4) is de eens per jaar voorkomende hoge windsnelheid bepaald: dit is 25,0 m/s. Dit betekent dat deze windsnelheid gemiddeld eens per jaar wordt overschreden.

Tabel 3-1: Voorkomen van verschillende windrichtingen bij het L9-FF-1 platform (%) voor de jaren 2011 – 2020

Maand	Windrichting							
	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
Januari	7,3	2,6	6,7	8,3	17,8	24,9	18,4	14,1
Februari	5,4	5,2	12,6	6,8	20,4	22,7	16,9	10,0
Maart	7,5	8,3	18,2	6,2	11,8	20,5	15,9	11,5
April	11,2	10,0	18,7	5,5	10,6	19,6	12,2	12,3
Mei	11,3	11,9	15,8	5,9	7,9	20,1	12,5	14,5
Juni	13,4	9,8	9,2	5,4	7,9	24,9	13,8	15,6
Juli	9,2	8,1	11,0	5,5	7,9	24,8	15,9	17,5
Augustus	5,5	4,5	9,5	7,8	13,0	29,4	17,6	12,7
September	6,6	4,8	9,8	6,5	12,0	24,4	20,9	15,0
Oktober	5,2	6,5	9,6	9,8	18,4	23,8	15,1	11,7
November	5,3	3,0	8,5	12,9	25,0	18,2	15,9	11,2
December	4,4	1,8	2,9	4,9	19,9	30,0	23,8	12,4
Jaar	7,7	6,4	11,1	7,1	14,3	23,6	16,5	13,3

Figuur 3-1: Windrozen bij het L9-FF-1 platform voor de vier seizoenen en het volledige jaar (voor de jaren 2011 – 2020). De richting geeft aan waar de wind vandaan komt

Tabel 3-2: Gemiddelde windsnelheid per maandbij het L9-FF-1 platform (%) voor de jaren 2011 – 2020

Maand	Windrichting								Alle richtingen
	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	
Januari	7,5	6,0	7,7	7,3	9,9	11,5	10,1	9,9	9,7
Februari	7,4	7,6	8,4	7,1	10,3	11,8	9,9	8,1	9,6
Maart	5,7	7,0	10,0	6,3	9,1	10,0	8,7	7,2	8,6
April	5,4	6,7	9,0	6,3	7,7	8,7	7,2	7,1	7,6
Mei	6,1	7,1	8,9	6,6	7,3	8,6	6,6	6,8	7,5
Juni	5,5	6,3	6,8	5,6	7,1	8,8	6,1	6,5	6,9
Juli	5,5	5,8	7,5	5,6	6,4	7,7	6,2	6,4	6,7
Augustus	5,2	5,4	7,1	5,4	6,8	8,3	6,6	6,7	7,0
September	6,0	5,3	6,5	5,7	7,7	9,0	7,6	7,1	7,5
Oktober	6,4	7,4	7,4	7,9	9,5	10,2	8,9	9,3	8,9
November	7,3	7,9	7,7	6,7	9,4	10,8	9,5	8,8	8,9
December	7,6	7,1	6,9	6,8	10,6	12,3	9,9	9,8	10,3
Jaar	6,1	6,6	8,2	6,5	8,9	9,8	8,2	7,7	

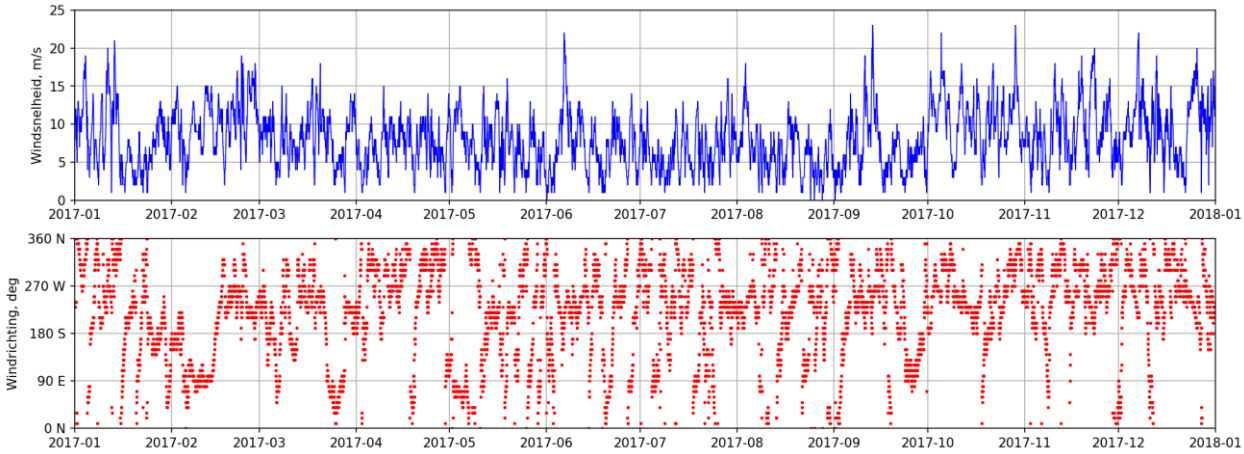
Tabel 3-3: Gemiddeld voorkomen van windsnelheid boven een bepaalde waarde bij het L9-FF-1 platform (%) voor de jaren 2011 – 2020

Wind snelheid, m/s	Maand												Jaar
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	
≤3 (kalm)	7,6	7,4	9,0	13,6	13,4	16,0	17,0	13,8	14,0	7,6	7,5	4,3	11,0
>7	66,4	66,7	56,2	48,2	47,7	38,2	37,1	40,3	45,6	62,9	61,7	71,7	53,5
>11	33,5	31,2	22,9	15,8	13,4	10,3	7,6	9,0	13,6	23,6	24,8	38,7	20,3
>15	10,5	9,9	5,9	1,9	1,2	2,0	0,7	1,3	2,0	4,5	6,1	11,9	4,8

Tabel 3-4: Extreme windsnelheid voor verschillende terugkeerperioden en windrichtingen bij het L9-FF-1 platform (m/s) voor de jaren 2011 – 2020

Terugkeer periode, jaar	Windrichting								Alle richtingen
	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	
1	17,7	15,5	18,1	14,7	23,2	24,3	21,3	21,4	25,0
5	19,4	17,6	20,6	15,5	26,4	26,9	23,9	24,1	27,5

De windsnelheid bij het L9-FF-1 platform [2] gedurende 2017 is weergegeven in Figuur 3-2 en gemiddelde maandelijkse windsnelheid is weergegeven in Tabel 3-5. Hieruit kan worden afgeleid dat de hoogste windsnelheden in 2017 werden waargenomen in februari, oktober, november en december, terwijl de laagste windsnelheden werden waargenomen in juli en augustus. Bij meerdere gelegenheden bereikte de windsnelheid 23 m/s, wat iets lager is dan de gemiddelde 1/jaar storm.



Figuur 3-2: Windsnelheid voor het jaar 2017 bij het L9-FF-1 platform

Tabel 3-5: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid voor het jaar 2017 bij het L9-FF-1 platform

Wind snelheid, m/s	Maand											
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Gemiddelde	8,0	10,3	8,2	7,1	7,3	7,1	6,5	6,3	6,7	10,7	9,0	9,9

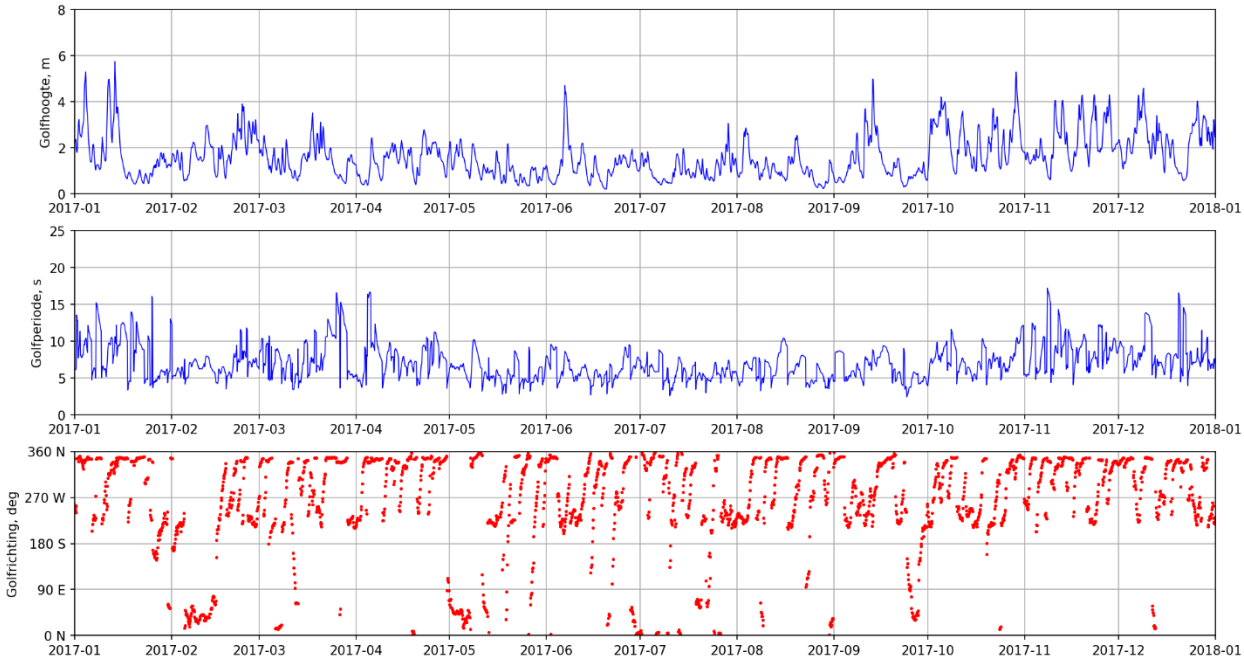
3.2 Golfcondities

Golfdata werden verkregen van de gevalideerde Oceanum Global Wave Hindcast dataset [3] op de locatie nabij het boorplatform (53,5°N 4,25°E). Deze hindcast is gemaakt met het derde generatie spectrale golfmodel WAVEWATCH III en de ERA5 winddataset en bestrijkt de periode van 1979. Een tijdserie van de golfcondities in 2017 is weergegeven in Figuur 3-3 en gemiddelde maandelijkse golfhoogte is weergegeven in Tabel 3-6. De significante golfhoogte, golfperiode en de golfrichting zijn getoond. De significante golfhoogte is de gemiddelde hoogte van de hoogste 33% van de gemeten golven en is daarmee een statistische benadering. In de figuur is duidelijk te zien dat de hoogste golven plaatsvinden in de herfst- en winterperiode.

Op basis van een extreme-waardeanalyse voor de periode 1980 – 2023 is de 1/jaar voorkomende golfhoogte bepaald. Dit is 5,38 m. Deze golfhoogte wordt in 2017 meerdere keren overschreden en de pieken in de golfhoogte vallen samen met de pieken in hoge windsnelheid.

Tabel 3-6: Gemiddelde maandelijkse golfhoogte voor het jaar 2017 nabij het L7-F2 boorlocatie

Golfhoogte, m	Maand											
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Gemiddelde	1.77	1.88	1.47	1.44	1.08	1.23	1.06	1.11	1.29	2.36	2.27	2.27

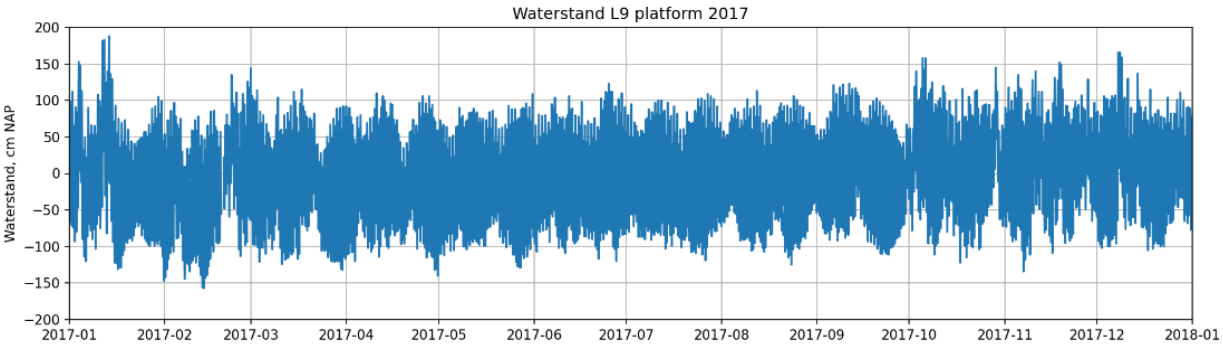


Figuur 3-3: Significante golfhoogte, golfperiode en golfrichting (komend uit) voor het jaar 2017 nabij het L7-F2 boorlocatie (bron: Oceanum [3])

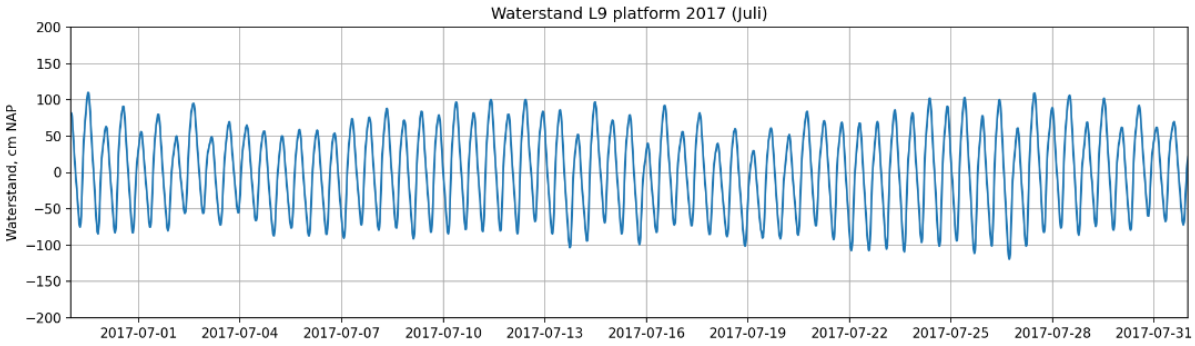
3.3 Waterstand

Waterstandsvariatie door het getij is de belangrijkste ‘motor’ voor stroming rondom de platformlocatie, met twee keer per dag een eb-vloedcyclus. Bovenop de waterstandsvariatie door getij komt een waterstands-variatie als gevolg van wind en stormen. Bij een storm is vaak sprake van een lagedrukgebied en een tijdelijke, lokale verhoging van de waterstand. De wind kan voor verhoging of juist verlaging van de waterstand zorgen, afhankelijk van de windrichting.

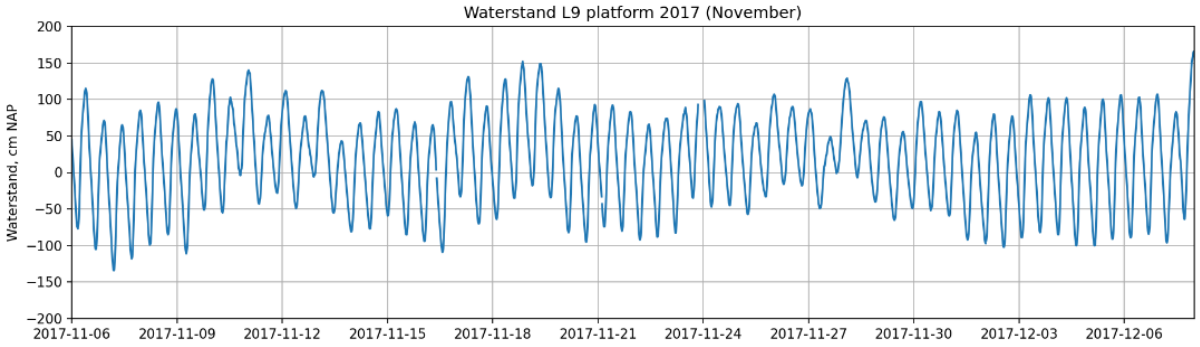
De waterstandsvariatie voor het jaar 2017 bij de L9 platform is weergegeven in Figuur 3-4 samen met de waterstandvariatie tijdens een rustige en een stormachtige periode. In deze figuur is te zien dat het gedurende een dag twee keer hoogwater en twee keer laagwater is. Om de veertien dagen is het springtij (zon, maan en aarde staan op een lijn en de getijkrachten van de zon en de maan versterken elkaar): de getijdeamplitude is maximaal. Tussen twee periodes van springtij is het doodtij (de getijkrachten van de zon en de maan staan haaks op elkaar) en is de getijdeamplitude minimaal. Het hoogteverschil tussen eb en vloed varieert tussen ongeveer 1,5 m tijdens doodtij en ongeveer 2 m tijdens springtij.



a.



b.



c.

Figuur 3-4: Waterstand bij het L9 platform voor het jaar 2017: a. heel jaar; b. Juli (rustige periode); c. November (stormperiode)

3.4 Stromingscondities

Getijde is een belangrijk aandrijvingsmechanisme voor stroming in de Noordzee. De getijdestroming draait elke zes uur, van eb naar vloed en andersom. De vloedstroming gaat naar het oosten, en de ebstroming naar het westen. Als gevolg van de grootschalige stromingscirculatie in de Noordzee is de vloedstroming richting het oosten iets sterker dan de ebstroming richting het westen.

Het getij in de Noordzee komt voort uit het getij op de Atlantische oceaan, aangezien de Noordzee te klein is voor het genereren van een eigen getij. Via Het Kanaal en via de ingang tussen Schotland en Noorwegen komen getijgolven binnen op de Noordzee. Deze getijdegolven bewegen zich tegen de klok in vanwege het Corioliseffect. Figuur 3-5 illustreert de grootschalige loop van de getijdegolf langs de Nederlandse kust. De getijdegolf, en dus de grootschalige stroming, loopt vanaf het zuiden van Nederland, langs de Nederlandse

kust naar het noorden richting Denemarken. Ten noorden van de Waddeneilanden is de vloedstroming vanuit het zuidwesten richting het noordoosten.

Dicht bij de kust is daarnaast ook sprake van in- en uitstroming tussen de Waddeneilanden als gevolg van het getijde. De maximale stroomsnelheden als geval van het getijde is hier in de orde van twee à drie m/s. Op de locatie van het boorplatform is het effect van zeegaten op stromingen echter minimaal, omdat het platform ongeveer 50 km uit de kust ligt op een waterdiepte van 25 meter.

Naast de getijde-gedreven stroming is er wind-gedreven stroming. De wind nabij het wateroppervlak genereert stroming in de richting van de wind. Dit geldt met name voor het bovenste deel van de waterkolom. De windroos bij het L9-FF-1 meetlocatie (Figuur 3-1), laat zien dat de dominante wind vanuit tussen het zuiden en noordwesten komt en de sterkste wind tijdens het winterseizoen komt uit het zuidwesten. Wind vanuit het zuidwesten versterkt de vloed-gedreven stroming en remt de eb-gedreven stroming.

De combinatie van getijde en wind zorgt ter plekke van de platformlocatie voor dagelijkse piekstroomsnelheden van ca. 0,6 m/s nabij het wateroppervlak, ca. 0,5 m/s in het midden van de waterkolom, en ca. 0,35 m/s nabij de zeebodem. De maximale stroomsnelheid die ongeveer één keer per jaar optreedt, de 1/jaar-stroomsnelheid, is op basis van de modellering ter plekke van de platformlocatie in de orde van maximaal één m/s nabij het wateroppervlak, maximaal 0,9 m/s in het midden van de waterkolom, en maximaal 0,74 m/s nabij de zeebodem.

Figuur 3-5: Loop van de vloedgolf door de Noordzee (Bron: Ecomare).

3.5 Sediment op de zeebodem

De zeebodem ter plekke van het (boor)platform bestaat uit zand met schelpresten. Dit zand heeft korreldiameters in de ordegrootte van tweehonderd micrometer (200 µm ofwel 0,2 mm). Daarbij zijn er kleibrokken te vinden die tot vijftig centimeter boven de rest van de zeebodem uitsteken. Ook de lokale aanwezigheid van grof zand en grind resulteert in bodemhoogtevariatie ter plekke van het platform. Voor de rest is de zeebodem bij de locatie van het platform vrijwel vlak zonder duidelijke golf- en stromingsribbels, duinen of grotere beddingvormen.

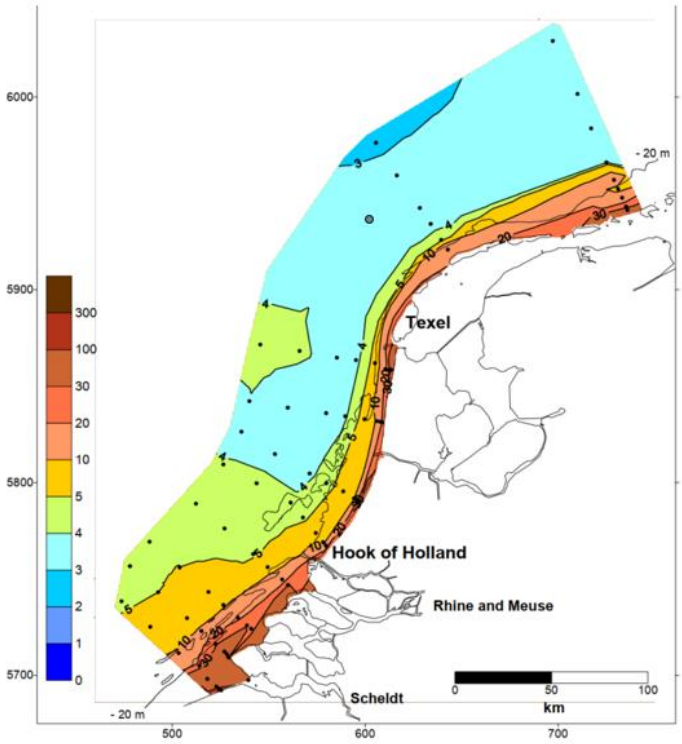
De afwezigheid van golf- en stromingsribbels op de zandige zeebodem is een indicatie dat er weinig sedimenttransport plaatsvindt en dat de lokale zeebodem dus niet heel dynamisch is. Zandkorrels van

tweehonderd micrometer beginnen in beweging te komen bij een stroomsnelheid van circa. 0,2 m/s. Aangezien tijdens dagelijkse omstandigheden al stroomsnelheden tot circa 0,5 m/s in het midden van de waterkolom voorkomen, is het natuurlijke sediment ter plekke van het platform tenminste in een deel van de eb-vloedcyclus in beweging. Golven met een golfperiode langer dan zes seconden dragen ook bij aan het in beweging brengen van het sediment. Bij kentering zakt dit sediment weer op de zeebodem en blijft, afhankelijk van de golfcondities, een aantal uur stilliggen tot de stroomsnelheid nabij de zeebodem weer boven de circa 0,2 m/s is. Het fijnere deel van het natuurlijke sediment op de zeebodem is mobieler dan het grovere deel van het sediment, en wordt dus vaker en over grotere afstanden getransporteerd.

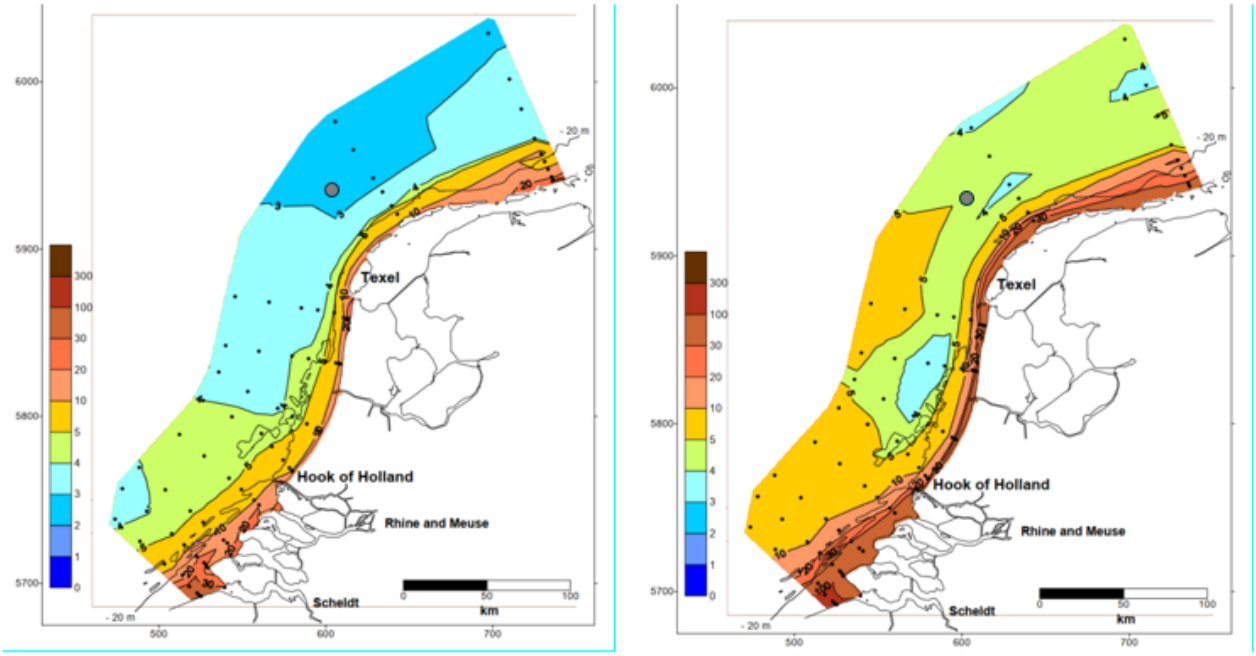
3.6 Natuurlijke slibconcentratie

De natuurlijke slibconcentratie aan het wateroppervlak in de kustzone is weergegeven in Figuur 3-6. Hierin is een sterke gradiënt in slibconcentratie langs de kust te zien, met slibconcentraties van 5-30 mg/l binnen een afstand van vijftig kilometer vanaf de Waddeneilanden. De slibconcentratie op de platformlocatie is jaargemiddeld ongeveer 3-4 mg/l nabij het wateroppervlak. Dichter bij de zeebodem kan de slibconcentratie wat hoger zijn, maar omdat de lokale zeebodem uit zandig materiaal bestaat is het onwaarschijnlijk dat de slibconcentraties nabij de zeebodem veel hoger zijn.

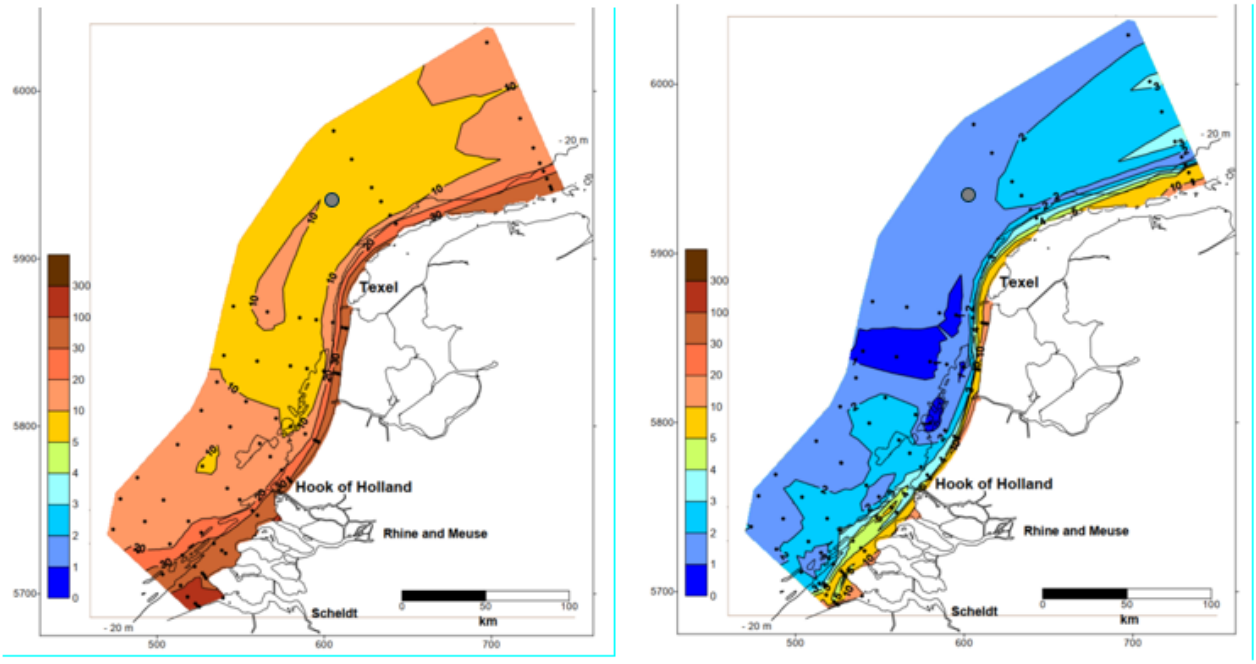
Deze jaargemiddelde concentraties zeggen echter niets over de variatie in slibconcentratie gedurende het jaar. In de wintermaanden zijn de gemiddelde slibconcentraties over het algemeen hoger dan in de zomer, met gemiddelde slibconcentraties op de platformlocatie van ongeveer 3 mg/l in de zomer en ongeveer 4-5 mg/l in de winter (Figuur 3-7). Daarnaast varieert de slibconcentratie als gevolg van stormen (Figuur 3-8). Tijdens en vlak na een storm zijn de slibconcentraties een stuk hoger (typisch ongeveer 10 mg/l op de platformlocatie) dan na een rustige periode (typisch ongeveer 2 mg/l).



Figuur 3-6: Gemeten jaargemiddelde slibconcentratie aan het wateroppervlak in mg/l [4]. De platformlocatie is weergegeven met een grijze stip



Figuur 3-7: Gemiddelde gemeten slibconcentratie aan het wateroppervlak in zomer (links) en winter (rechts) in mg/l [5]. De platformlocatie is weergegeven met een grijze stip



Figuur 3-8: Typische gemeten slibconcentratie aan het wateroppervlak na stormachtig weer (links) en in een rustige periode (rechts) in mg/l [5]. De platformlocatie is weergegeven met een grijze stip

3.7 Modelscenariokeuze

De pluimmodellering is uitgevoerd voor twee verschillende periodes om het bereik van mogelijke concentraties en sedimentatie van de boorspoeling te bepalen. Onder verschillende omstandigheden verspreiden de boorspoeling en de opgeloste stoffen zich namelijk verschillend.

Zoals al beschreven in paragraaf 1.2 zijn de vorm en de concentraties binnen de pluim en de hoeveelheid sedimentatie afhankelijk van de omstandigheden (wind, golven, stroming):

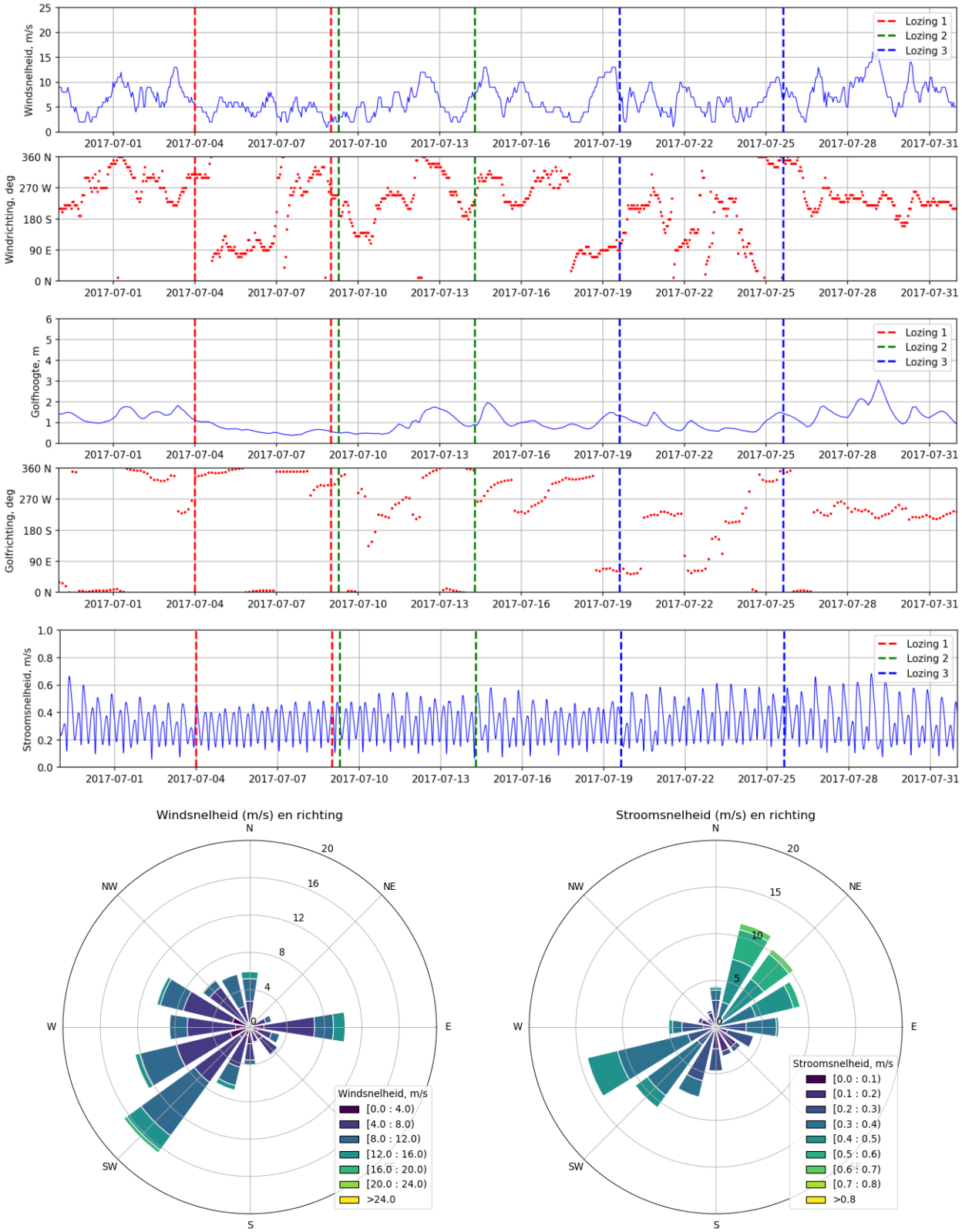
- Bij rustige omstandigheden blijft de pluim dichterbij de boorlocatie. Materiaal kan makkelijker uitzakken en sedimenteren, er ligt een dikkere laag sediment op de bodem vlakbij de boorlocatie.
- Hoe harder de stroming, des te verder wordt het sediment vervoerd en des te groter is de pluim. De concentraties binnen de pluim zijn in dit geval lager. Bij deze omstandigheden treedt relatief weinig sedimentatie op, materiaal kan zelfs eroderen en in suspensie komen, leidend tot hogere concentraties.

Om deze uitersten te bepalen, zijn twee scenario's met verschillende wind-, golf- en stromingscondities gedefinieerd:

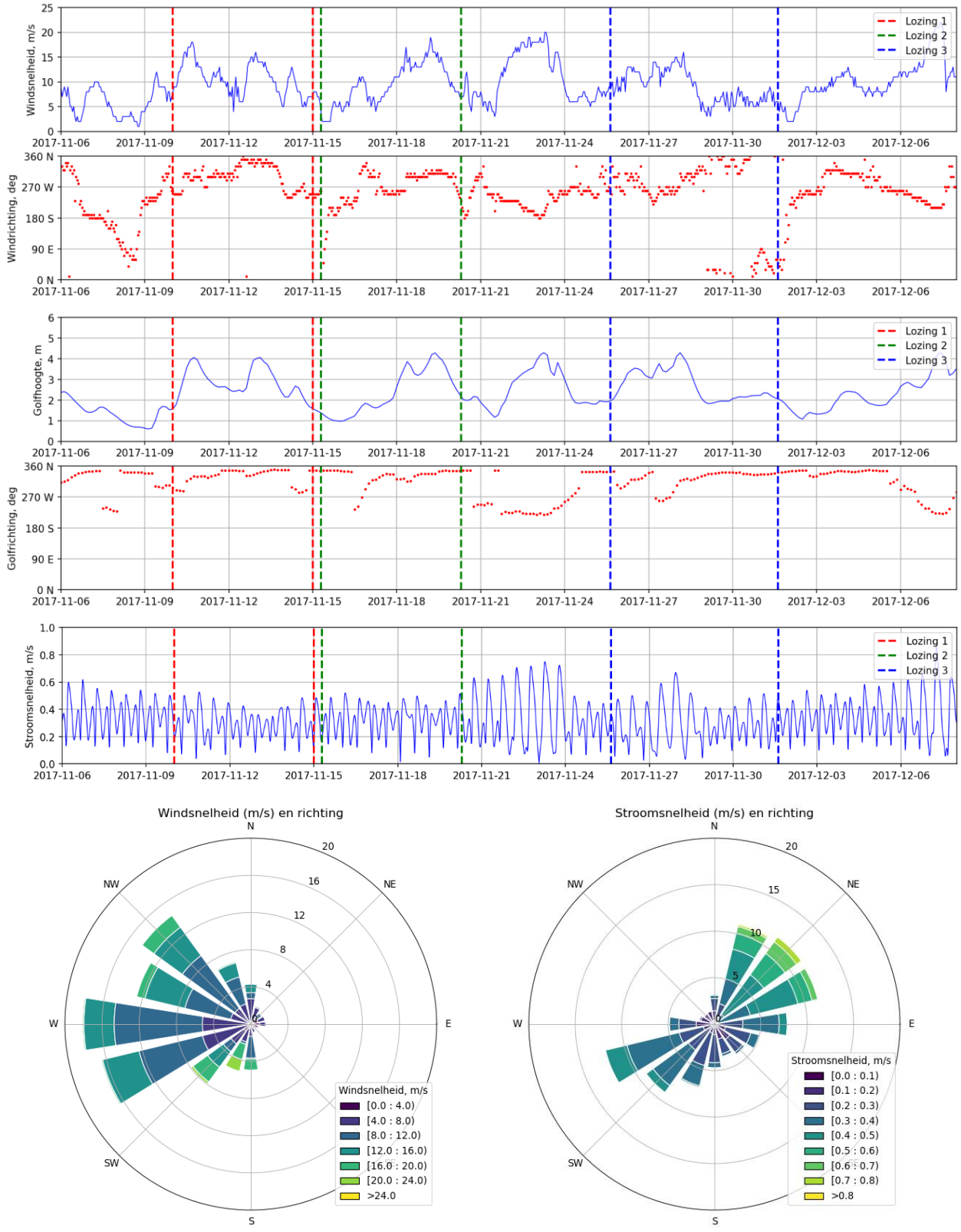
- **Scenario Juli** (Figuur 3-9): een zeer rustige periode. De windsnelheid tijdens dit scenario is zelden hoger dan 10 m/s en de dominante windrichtingen zijn ZW tot WNW. De gemiddelde golfhoogte is ongeveer 1 m en de maximale diepte gemiddelde stroomsnelheid varieert van 0,4 tot 0,6 m/s. In dit scenario wordt verwacht dat de pluim relatief dicht bij de platformlocatie blijft.

- **Scenario November** (Figuur 3-10): een periode met relatief hoge wind en golven. Dit scenario wordt gekarakteriseerd door meerdere achtereenvolgende pieken in golfhoogte (tot 4 m) en windsnelheid (tot 20 m/s) uit richtingen variërend tussen ZW en NW. Dieptegemiddelde stroomsnelheden onder bepaalde omstandigheden kunnen oplopen tot 0,75 m/s. In dit scenario wordt verwacht dat de pluim zich verder van de boorlocatie zal verspreiden met lagere concentraties.

De windcondities zijn gebaseerd op KNMI-gegevens van het L9-FF-1 platform [2], de golfcondities zijn verkregen uit de Oceanum golfhindcast nabij de L7-F2 boorlocatie [3] en de dieptegemiddelde stromingen op de boorlocatie zijn gehaald uit de 3D-DCSM Noordzee modelresultaten.



Figuur 3-9: Wind-, golf- en stromingscondities voor scenario Juli. De wind- en golfrichting geeft waar deze vandaan komt. De stroomrichting geeft aan waar de stroming naartoe gaat



Figuur 3-10: Wind-, golf- en stromingscondities voor scenario November. De wind- en golfrichting geeft waar deze vandaan komt. De stroomrichting geeft aan waar de stroming naartoe gaat

4 Opzet en validatie van het numerieke model

In dit hoofdstuk wordt de opzet van het numerieke model besproken. Een bestaand, volledig gekalibreerd en gevalideerd D-Flow FM model van de Noordzee is gebruikt en aangepast aan de specifieke eisen gesteld aan het model in deze studie.

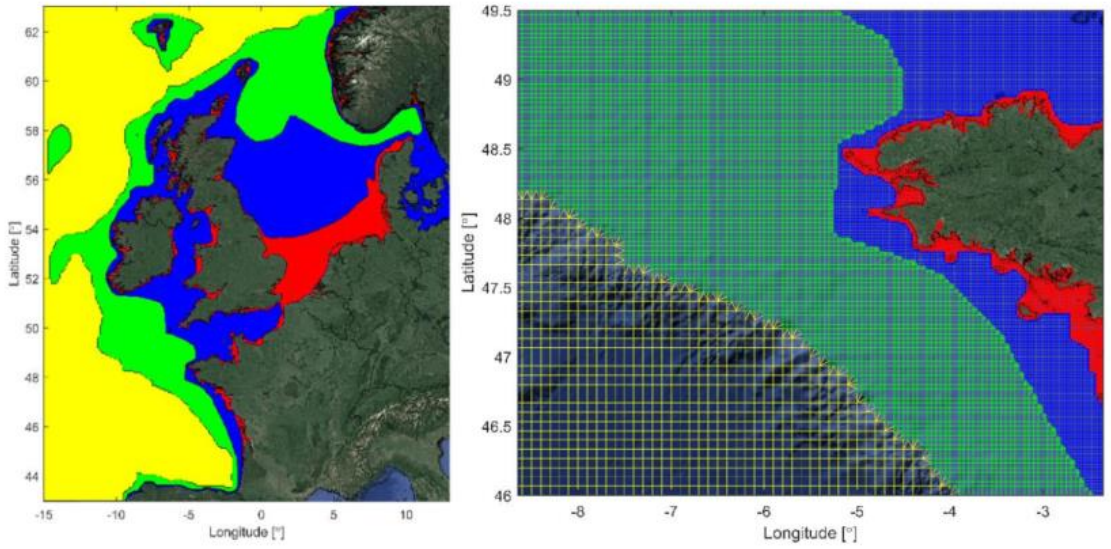
4.1 Gebruikte software

Voor de pluim- en sedimentatiemodellering is de D-Flow Flexible Mesh (FM) modelsoftware gebruikt. Deze software is ontwikkeld door Deltares en wordt wereldwijd toegepast bij modellering van stroming en sediment transport in kust- en riviersystemen. Daarnaast wordt D-Flow FM veelvuldig toegepast bij pluimstudies voor het simuleren van de verspreiding van sediment en opgeloste stoffen. De D-Flow FM modelsoftware kan verschillende typen sediment modelleren, evenals opgeloste stoffen (‘tracers’).

4.2 3D DCSM-FM model

Voor de Noordzee is een gekalibreerde en gevalideerde 3D modelschematisatie beschikbaar voor D-Flow FM: *3D Dutch Continental Shelf Model* (3D DCSM-FM). Deze modelschematisatie omvat het Noordwest-Europese Continentaal Plat, inclusief de gehele Noordzee, Ierse Zee en Waddenzee (Figuur 4-1). Het rekenrooster bestaat in totaal uit ongeveer 630.000 gridcellen met een variabele resolutie en is gespecificeerd in geografische coordinaten (WGS 84). De grootste cellen hebben een grootte van 1/10° in de oost-west richting en 1/15° in de noord-zuid richting – hetgeen overeenkomst met 4 x 4 nautische mijlen of 4,9-8,1 km bij 7,4 km afhankelijk van de latitude.De kleinste cellen komen overeen met 0,5 nm x 0,5 nm of 840 m x 930 m in de nabijheid van de Nederlandse wateren (rode gebied).

Voor de verticale laagverdeling wordt een combinatie van strikt horizontale z-lagen en tereinvolgende sigmalagen gebruikt. In gebieden ondieper dan 100 m worden 20 equidistante sigma-lagen gebruikt. In diepere gebieden worden daaronder maximaal 30 z-lagen met in neerwaartse richting toenemende laagdikte toegevoegd. In totaal worden maximaal 50 lagen in de vertikaal gebruikt, afhankelijk van de lokale bodemdiepte.



Figuur 4-1: Modeldomein van de 3D DCSM-FM modelschematisatie

Op de open randen in het noorden, westen en zuiden van het model domein worden waterstanden opgedrukt die bestaan uit getij-component, opzet-component en de barocliene bijdrage. Voor het 3D model

worden op de open randen tevens dagelijkse zout-, temperatuur-, en snelheidsprofielen afkomstig van CMEMS opgedrukt.

Transport van saliniteit en temperatuur wordt meegenomen in de modelberekening. De meteorologische forcering van het model omvat tijd- en ruimteafhankelijke windsnelheden (op 10 m hoogte) en luchtdruk (op MSL) afkomstig van het meteorologische model ERA5 van het European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Het model bevat ook de warmte- en massa uitwisseling tussen het water en de atmosfeer. Langs de volledige kustlijn in het model zijn rivierafvoerlocaties toegevoegd.

Uitgebreide beschrijving van de opzet, kalibratie en validatie van het 3D DCSM-FM model wordt gegeven in [6]. Dit model (versie is *dflowfm3d_noordzee_0_5nm-j22_6-v1a*) is gebruikt als basis voor de modelschematisatie in deze studie. De met bijbehorende randvoorwaarden omvatten de jaren 2012-2017. Om de simulaties van het 3D DCSM-FM model uit te voeren, is de D-Flow FM sofware versie 2023.02 gebruikt.

4.3 3D DCSM-FM model voor slib

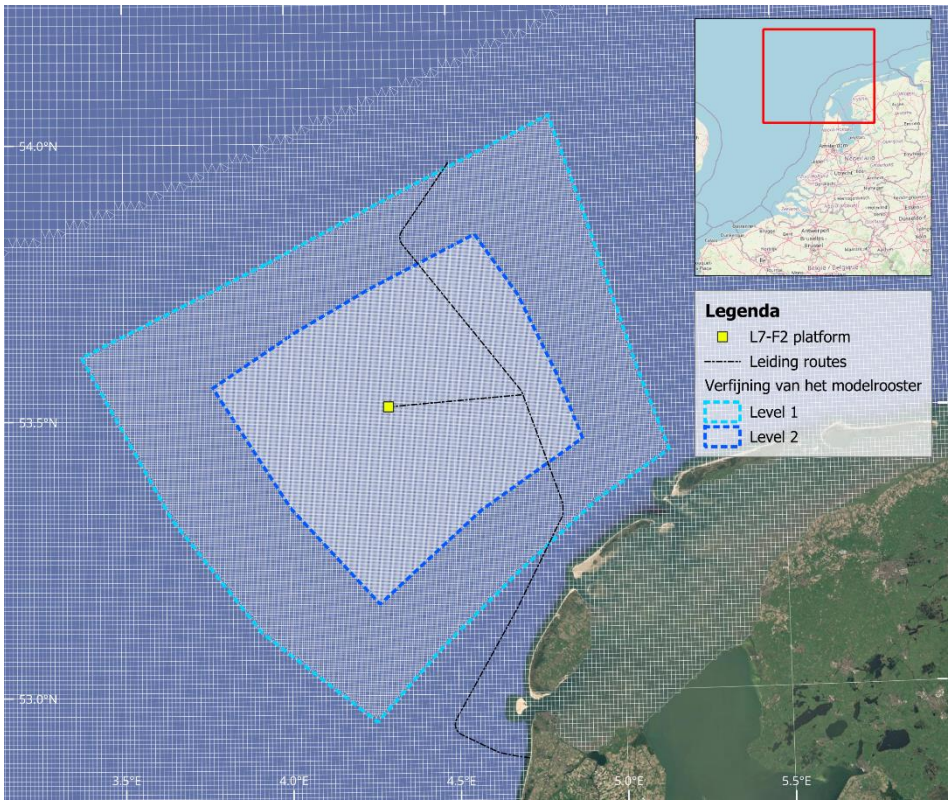
Om de verspreiding en sedimentatie van het kleioplossing te modelleren, is een andere versie van het 3D DCSM-FM model gebruikt, waarin ook slib is opgenomen. De slibdynamiek is in dat model berekend door middel van een koppeling van het hydrodynamische model (in D-Flow FM) met D-Water Quality. Het model bevat meerdere slibfracties (IM1, IM2 en IM3), die enkel van elkaar verschillen in valsnelheid (d.w.z. eigenschappen voor erosie zijn gelijk). Voor de slibdynamiek wordt gebruik gemaakt van het buffermodel. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een makkelijk erodeerbare sliblaag (S1) op de bodem en een onderlaag (S2) met een hogere weerstand tegen erosie.

Dit model is gebaseerd op hetzelfde rooster als het basismodel dat hierboven is beschreven. Aanvullende randvoorwaarden voor het model omvatten gemiddelde slibconcentraties op de open modelranden en bij de rivierafvoerlocaties. Om opwerveling van slib door golven te schematiseren wordt gebruik gemaakt van de strijklengte-aanpak. Op basis van de berekende orbitaalsnelheden bij de bodem wordt de bodemschuifspanning door golven (τ_{wave}) bepaald. Een lineaire optelling van τ_{wave} met de bodemschuifspanning door stroming (τ_{flow}) wordt in D-Water Quality gebruikt als basis voor de erosie van slib. Hiervoor omvatten de modelrandvoorwaarden ook tijd- en ruimteafhankelijke significante golfhoogte en piekgolfperiode, die werden berekend door een golfmodel.

Een toepassing van dit model voor ecologische beoordeling, inclusief kalibratie en validatie, wordt voorgesteld in [7]. De model versie gebruikt als basis voor deze studie is *dflowfm3d_dwaq_slib-noordzee_0_5nm-j17_6-v1* met bijbehorende randvoorwaarden voor de jaar 2007. Om de simulaties van dit model uit te voeren, is een specifieke D-Flow FM versie (2022.04) toegepast.

4.4 Aanpassingen in het model

In het kader van deze studie zijn een aantal wijzigingen aangebracht in het 3D DCSM-FM model. Een van de aanpassingen is een verfijning van het rekenrooster nabij de platformlocatie, waardoor de rekenroostercellen nabij de platformlocatie een lengte van ca. 100 m hebben.



Figuur 4-2: Verfijning van het 3D DCSM-FM modelrooster voor de L7-F2 platformlocatie

De starttijd en eindtijd van het model werden aangepast volgens de scenario's die in paragraaf 3.7 werden gedefinieerd. Om het model te initialiseren werd de starttijd ingesteld op ongeveer 2 weken voor het starten van het boren van sectie 2, wanneer het lozen van de boorspoeling in zee begint. De initiële condities met driedimensionale velden van watertemperatuur en saliniteit over het modeldomein voor de startdatum werden uit CMEMS gehaald. De eindtijd van het model werd ingesteld op 1 week na het einde van de laatste boorsectie met geloosde boorspoeling (sectie 3) om de verspreiding van de pluim te beoordelen. Om te controleren of het aangepast model waarheidsgetrouwe stromingsresultaten oplevert, zijn de resultaten van het aangepaste model vergeleken met de resultaten van het originele, gekalibreerde en gevalideerde 3D DCSM-FM model.

Het effect van golven op de bodemschuifspanning en het transport van gesuspendeerd sediment werd meegenomen met constante significante golfhoogte en piekgolftijd van 1 m en 6 s voor het scenario van juli en 3 m en 9 s voor het scenario van november, dat overeenkomt met de gemiddelde omstandigheden die tijdens deze perioden worden waargenomen (Figuur 3-9 en Figuur 3-10).

4.5 Modellering van opgeloste stoffen

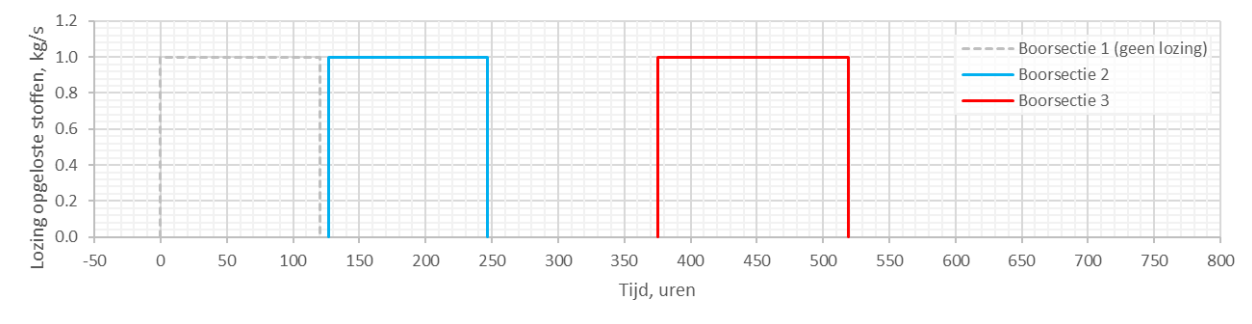
Naast bovengenoemde aanpassing in het model zijn de lozingen van opgeloste stoffen als brontermen toegevoegd aan het model op de locatie van het L7-F2 platform. Uitgangspunt is dat de boorspoelinglozing op tien meter onder het gemiddeld oppervlak plaatsvindt.

De opgeloste stoffen zijn gemodelleerd als conservative tracers, één tracers-fractie wordt gebruikt voor elke sectie geboord met *WBM.* Deze fracties kunnen niet bezinken, sedimenteren of eroderen. Ze worden wel verspreid over de waterkolom en horizontaal verspreid over de Noordzee. Zoals beschreven in hoofdstuk 2.3, zijn de compositie en concentraties van opgeloste stoffen in de boorspoeling van L7-F2 boring op het

moment van deze studie nog niet definitief bepaald. Daarom is voor elke boorperiode een theoretische 1 kg/s constante bronterm van opgeloste stoffen gebruikt, waaruit de relatieve verdunning van de tracer na de lozing in de Noordzee is berekend. Deze resultaten kunnen later gebruikt worden om de bekende concentraties van opgeloste stoffen aan de bron om te rekenen naar de werkelijke concentraties in de Noordzee na lozing.

Figuur 4-3 toont de tijdserie van de lozingen van de opgeloste stoffen. Gedurende het boren van sectie 2 en 3 wordt één van de tracer fracties geloosd. Bij de boring van sectie 1 worden geen opgeloste stoffen geloosd omdat zeewater als boorspoeling wordt gebruikt. Tijdens de tussenperiodes en na de derde boorsectie wordt niets geloosd. Over de verticaal bevond de bron zich op tien meter onder het gemiddeld wateroppervlak.

Er moet ook worden opgemerkt dat alleen de aanvullende concentraties zijn gemodelleerd, dus zonder de natuurlijke achtergrondconcentraties van opgeloste stoffen. De resultaten geven dus de toegevoegde waarde van de lozing van boorspoeling ten opzichte van de (natuurlijke) achtergrondwaarden.

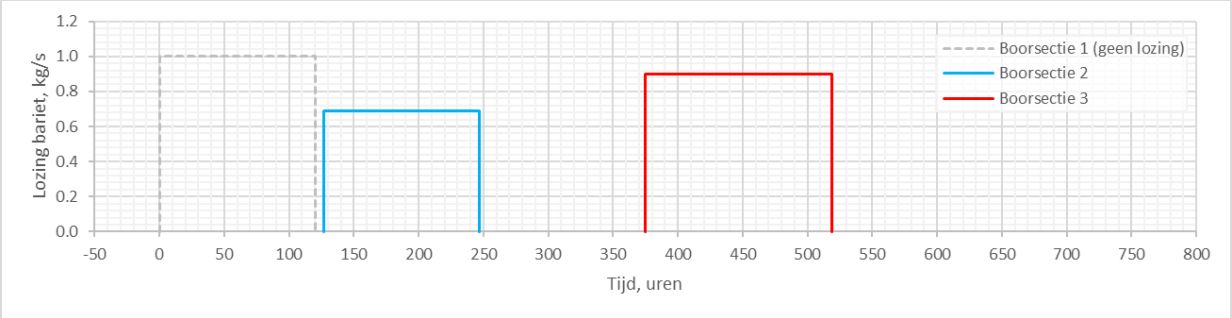


Figuur 4-3: Tijdserie van de opgeloste stoffen brontermen zoals ze in het model worden opgelegd

4.6 Modellering van barietdeeltjes

Voor het modelleren van bariet is een sedimentfractie met een korrelgrootte van 0,015 mm aangenomen. Deze sedimentdeeltjes worden verticaal verspreid over de waterkolom en horizontaal verspreid over de Noordzee onder invloed van stroming, golven en turbulentie. De deeltjes kunnen ook bezinken, sedimenteren en eroderen.

Net als bij de opgeloste stoffen, zijn de lozingen van bariet ook als brontermen toegevoegd aan het model op de locatie van het L7-F2 platform en tien meter onder het gemiddeld wateroppervlak. Figuur 4-4 toont de tijdserie van de lozingen van bariet die werden bepaald op basis van de boorgegevens in hoofdstuk 2.3. Net als voor opgeloste stoffen, er is geen bariet geloosd bij de boring van sectie 1, tijdens de tussenperiodes en na de derde boorsectie. Natuurlijke achtergrondconcentraties van fijn sediment zijn ook niet gemodelleerd en de resultaten geven allen de toegevoegde waarde van bariet aan de achtergrondconcentratie.



Figuur 4-4: Tijdserie van de bariet brontermen zoals ze in het model worden opgelegd

5 Verspreiding van boorspoeling en tracers rondom L7-F2

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de modelresultaten voor de verschillende scenario's beschreven. De keuze voor de scenario's is beschreven in paragraaf 3.7. Het doel van de scenario's is om een range in de pluimverspreiding en sedimentatie te analyseren door verschillende mogelijke omstandigheden zoals golfhoogtes en windrichting te modelleren.

De twee scenario's zijn (zie paragraaf 3.7):

- **Scenario Juli**: een zeer rustige periode.
- **Scenario November**: een periode met relatief hoge wind en golven.

Voor elk scenario zijn de volgende figuren met resultaten opgenomen:

- Kaarten van de maximale verdunningsfactor van opgeloste stoffen (tracers) voor verschillende boorsecties en maximale concentraties van bariet over de gehele waterkolom gedurende het scenario.
- Maximale sedimentatiedikte van het bariet gedurende het scenario. Tracers bezinken niet en daarom is er voor de tracers geen figuur van sedimentatie getoond.
- Tijdseries van verdunningsfactor, concentraties en sedimentatie op de platformlocatie. De concentraties geven de maximale waarde over de gehele waterkolom weer.

In paragraaf 5.2 zijn de resultaten voor opgeloste stoffen voor een rustig en een storm scenario uitgebreid besproken en paragraaf 5.3 beschrijft de resultaten voor bariet. Alle kaarten in dit hoofdstuk zijn weergegeven in coördinatensysteem WGS84 / UTM zone 31 N (EPSG:32631).

5.2 Opgeloste hulpstoffen in boorspoeling

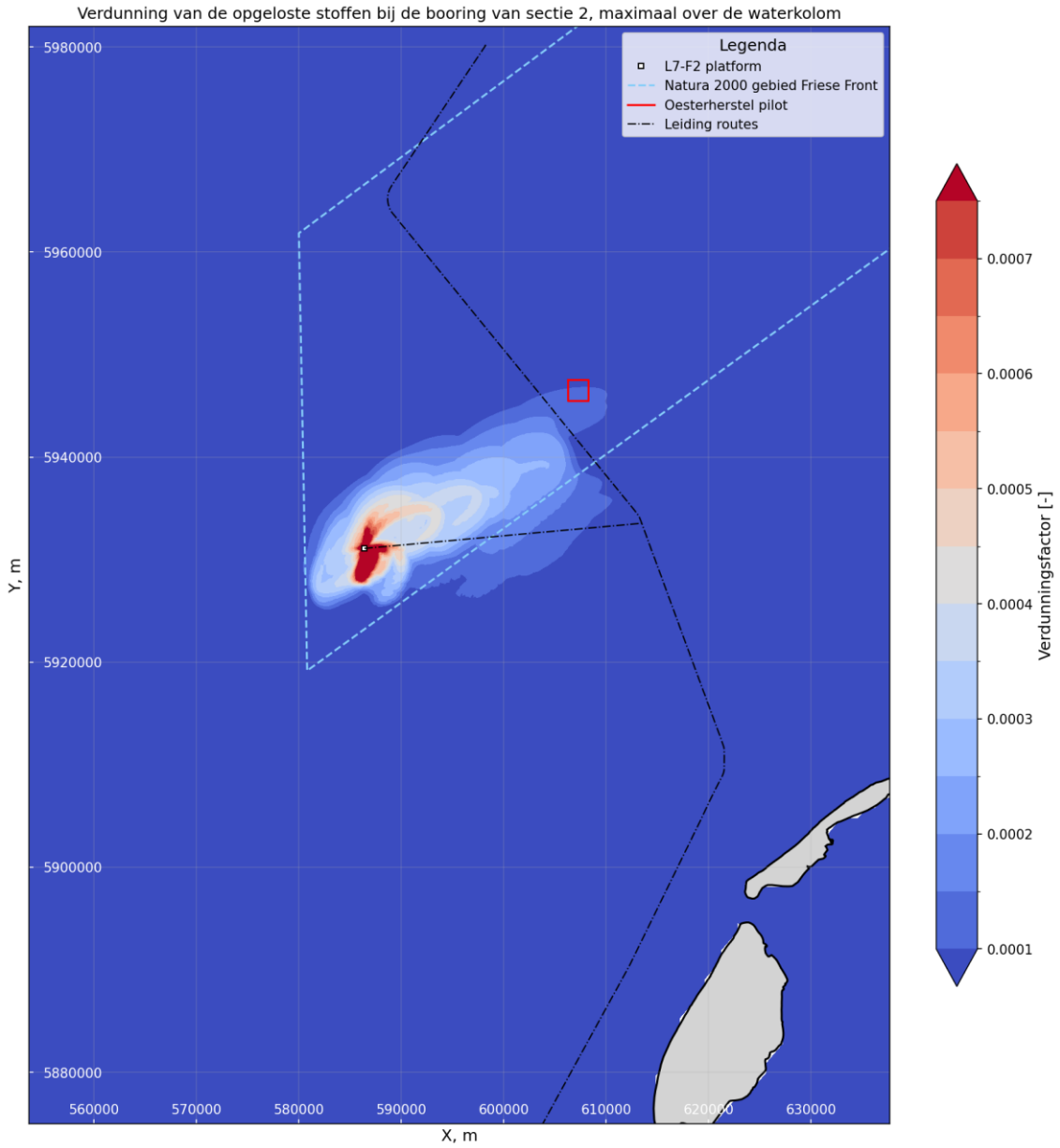
5.2.1 Scenario Juli

Figuur 5-1 en Figuur 5-4 tonen de kaarten van de maximale verdunningsfactor voor de opgeloste stoffen die geloosd zijn tijdens het boren van sectie 2 en sectie 3 onder kalme zomercondities in juli. Figuur 5-5 toont de tijdreeks van de verdunning op de platfomlocatie.

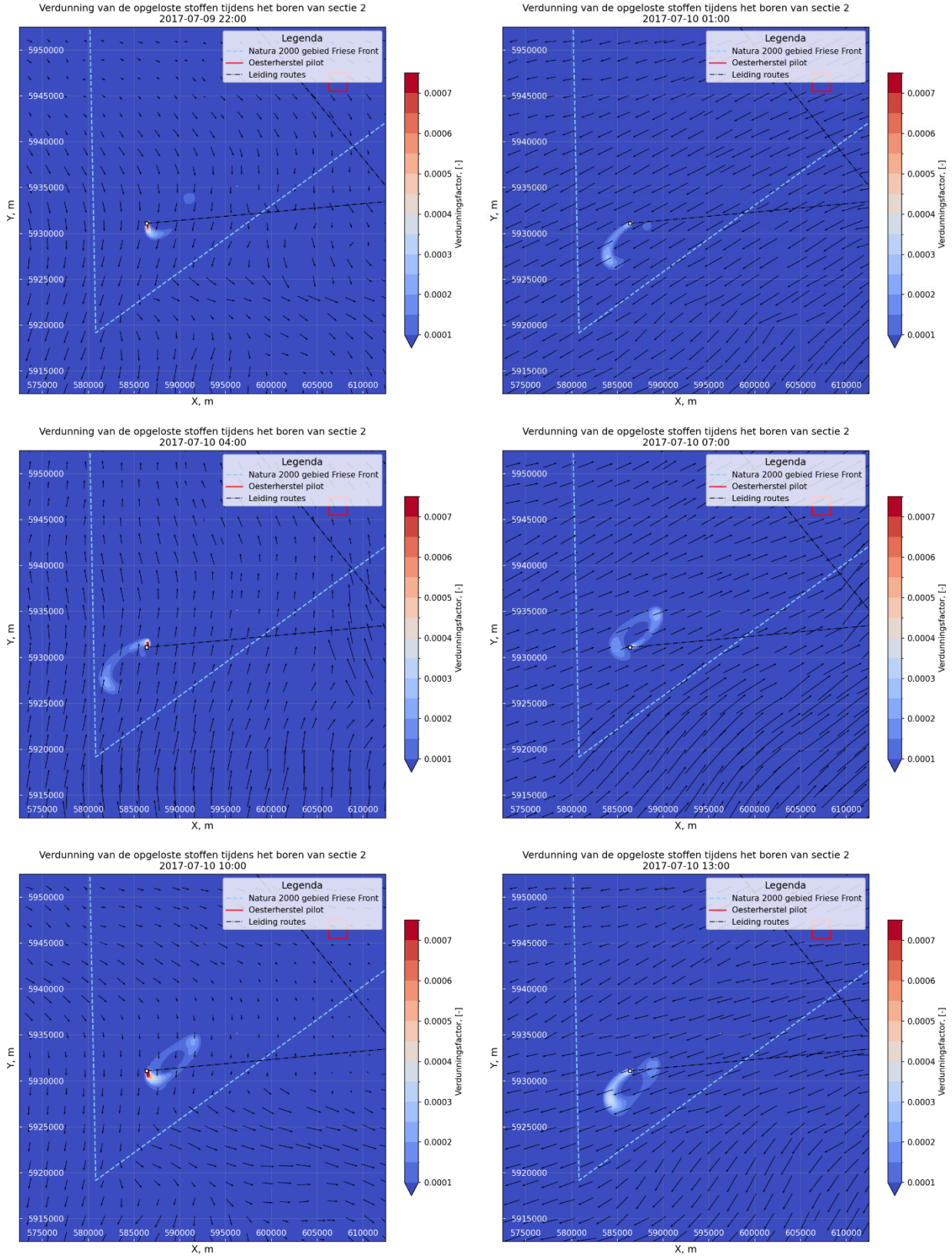
0,00

Er moet opgemerkt worden dat de getoonde kaarten de absolute maximale waarden van de verdunningsfactor laten zien over de gehele duur van het boren van de sectie en een periode nadat het boren is afgerond. De omvang van de pluim op elk specifiek moment in tijd is aanzienlijk kleiner en varieert afhankelijk van de fase van de getijcyclus. Een voorbeeld van deze temporele variatie van de pluim tijdens kalme zomeromstandigheden wordt getoond in Figuur 5-3 voor de beginfase van het boren en in Figuur 5-4 voor de eindfase. Het is te zien dat de hoogste tracerconcentraties bij de bron worden waargenomen tijdens doodtij wanneer de stroomsnelheden dicht bij 0 liggen, terwijl tijdens de piek van vloed- en ebstroom de omvang van de pluim groter wordt en de maximale concentraties afnemen. De figuren laten ook zien dat de totale omvang van de pluim in het begin van de boring klein is en naar het einde van de boring groter wordt. Dit komt doordat de concentraties van de opgeloste stoffen in het model alleen afnemen door diffusie (zonder bezinking of verval). Dit proces verloopt relatief langzaam en daarom kunnen opgeloste stoffen zich tijdens het boorproces dicht bij de bron ophopen. Na het einde van de boring zullen de omvang van de pluim en de concentraties geleidelijk afnemen.

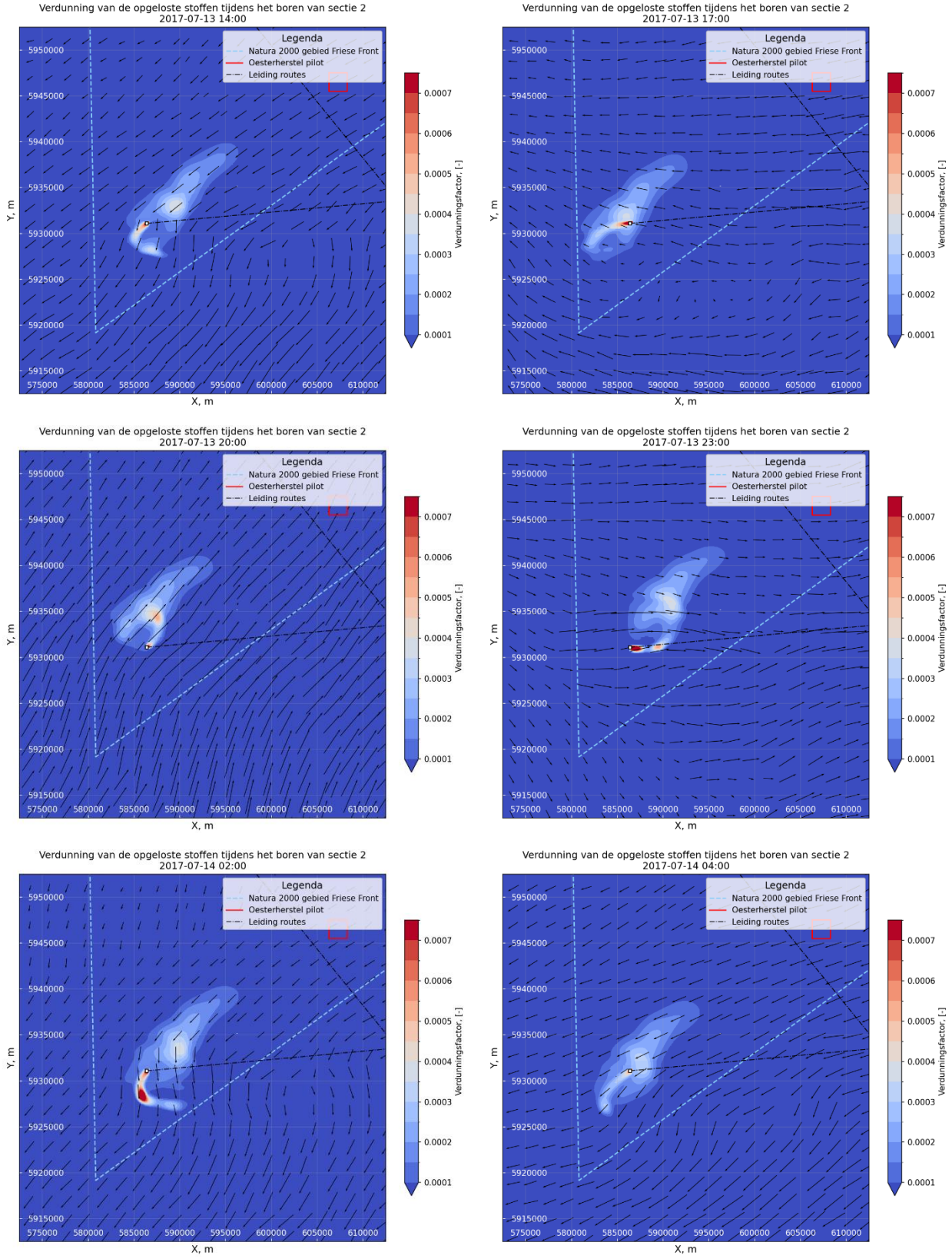
Een overzicht van de maximale omvang van de pluim voor verschillende waarden van de verdunningsfactor wordt gegeven in Tabel 5-1.



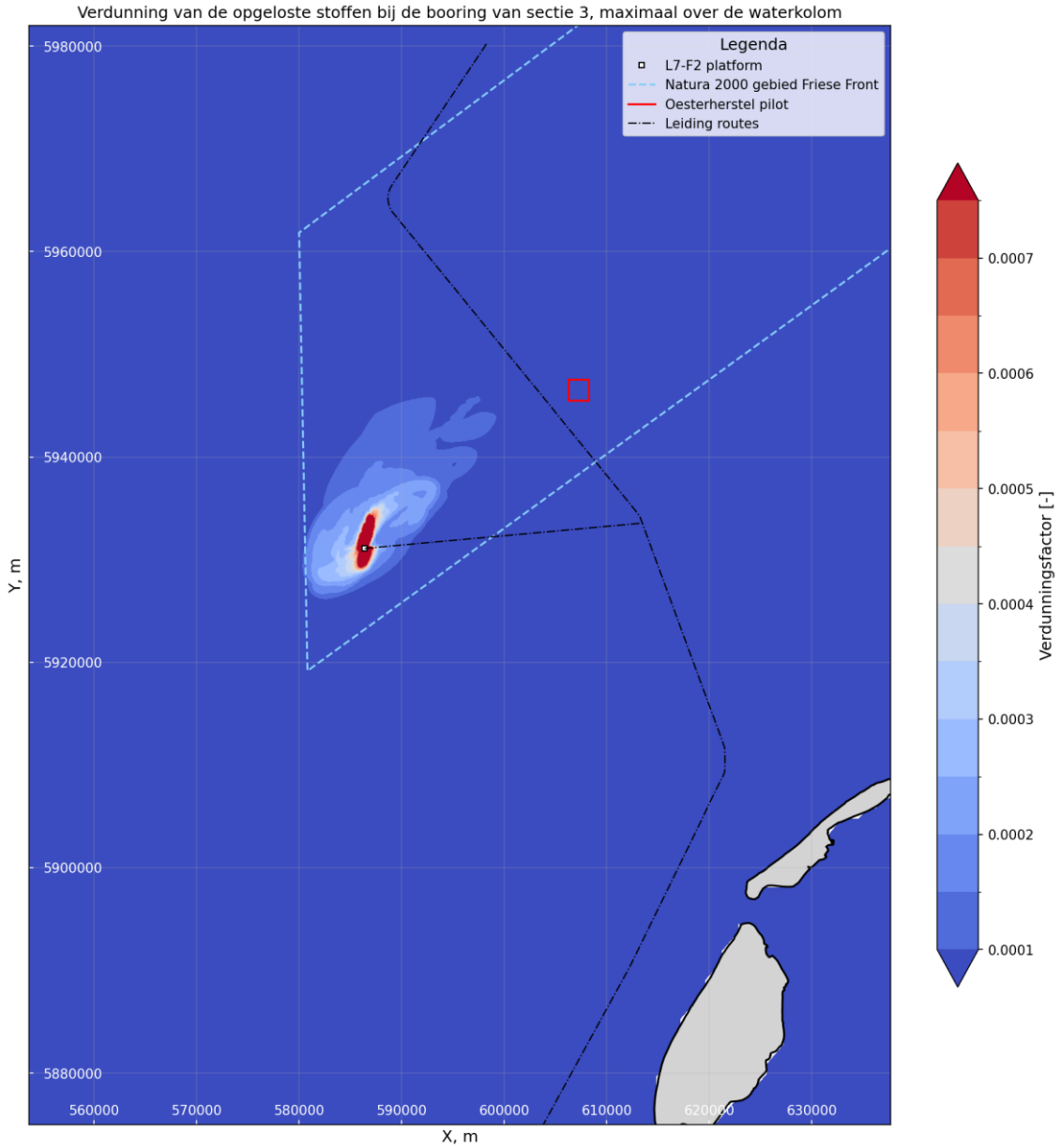
Figuur 5-1: Maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom tijdens het boren van sectie 2, scenario Juli



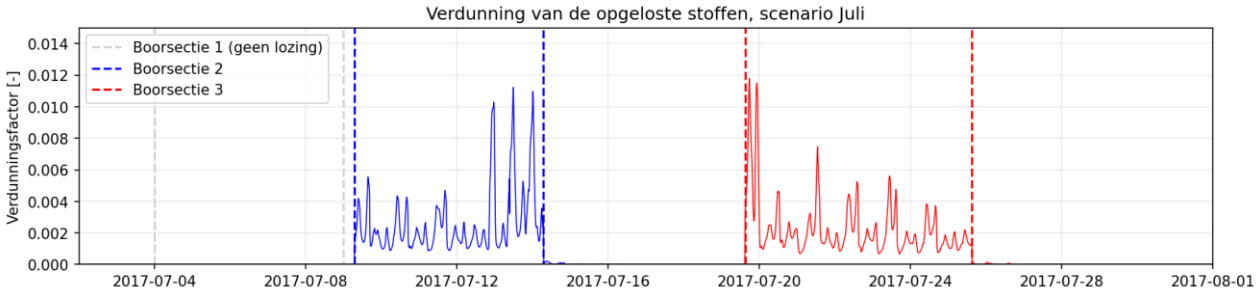
Figuur 5-2: Temporele variatie van de pluim tijdens het boren van sectie 2 (begin), scenario Juli



Figuur 5-3: Temporele variatie van de pluim tijdens het boren van sectie 2 (einde), scenario Juli



Figuur 5-4: Maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom tijdens het boren van sectie 3, scenario Juli



Figuur 5-5: Maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom bij de L7-F2 platform locatie, scenario Juli

Tabel 5-1: Gemodelleerde omvang van de pluim van opgeloste stoffen voor verschillende boorsecties en hydrodynamische omstandigheden

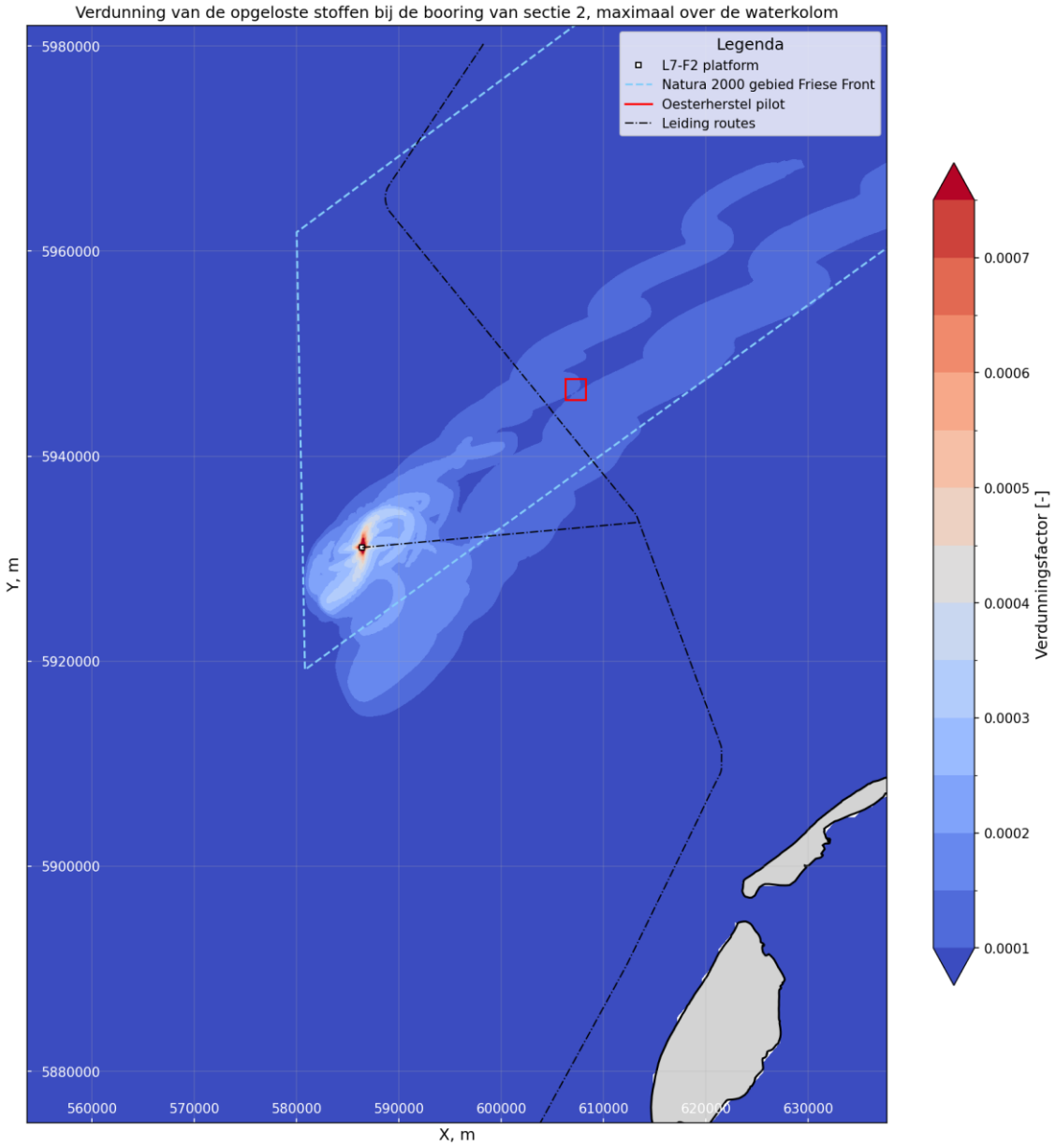
Scenario	Boorsectie	Omvang van de pluim, km²		
		Max. verdunning >0,0001	Max. verdunning >0,0002	Max. verdunning >0,00075
Juli	2	400	208	7,6
	3	196	59,5	5,5
November	2	831	85,7	0,6
	3	217	93,9	1,1

5.2.2 Scenario November

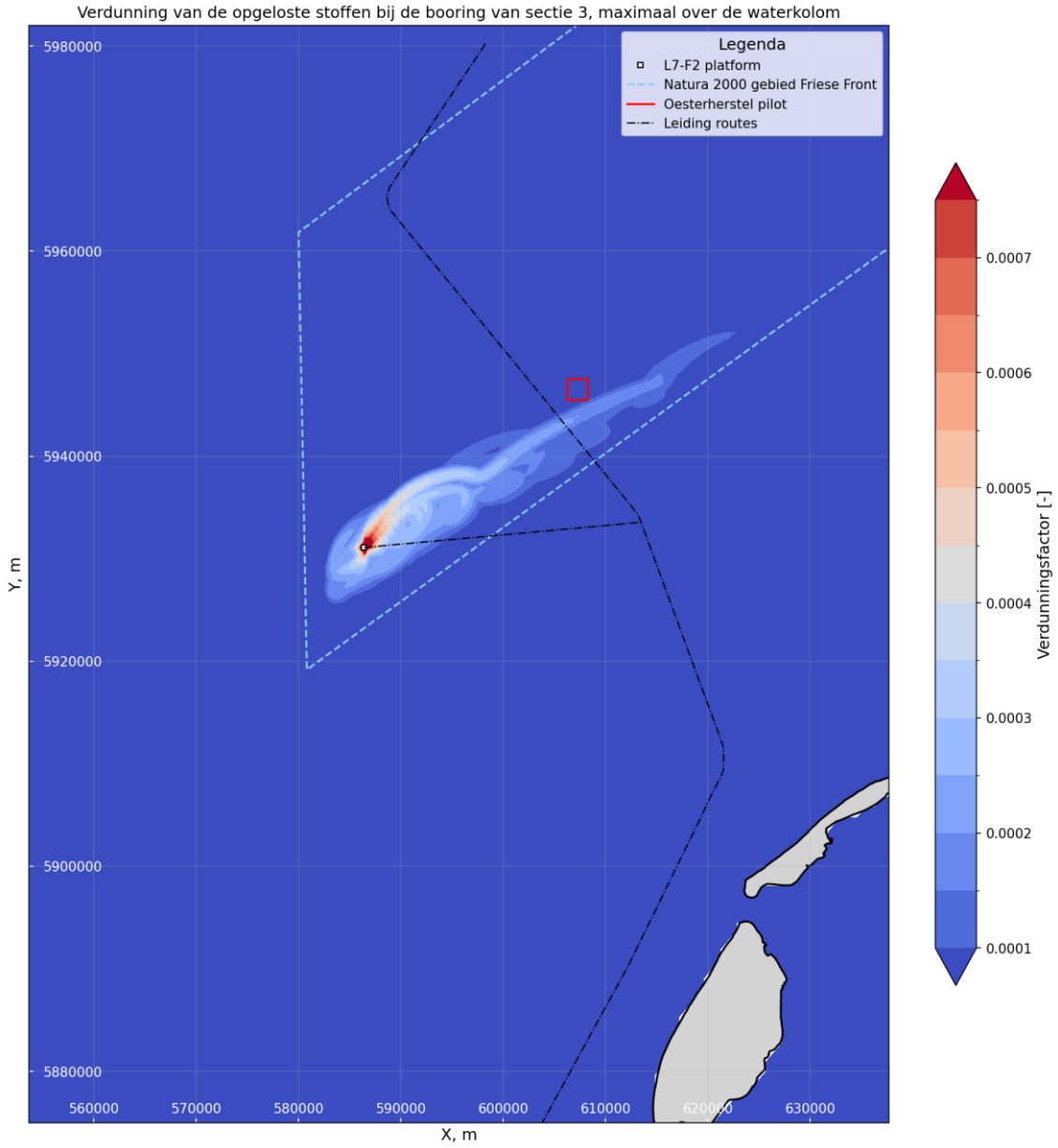
Figuur 5-6 en Figuur 5-7 tonen de kaarten en Figuur 5-8 toont de tijdreeks van de pluimverdunning als de boring wordt uitgevoerd in november, een maand die zich kenmerkt door meer dynamische condities van de zee.

Uit de kaarten blijkt dat in november het gebied met de maximale verdunningsfactor boven 0,00075 significant lager is dan in juli. Dit kan verklaard worden door de hogere stroomsnelheden, golfhoogte en -periode, die leiden tot een actievere menging van de pluim in de buurt van de bron. Figuur 5-8 toont aan dat de hoogste verdunningsfactor op de boorlocatie niet hoger is dan 0,004. De resultaten voor november tonen ook een sterkere verspreiding van de pluim naar het noordoosten, wat komt door sterkere winden uit westelijke en zuidwestelijke richtingen in die periode.

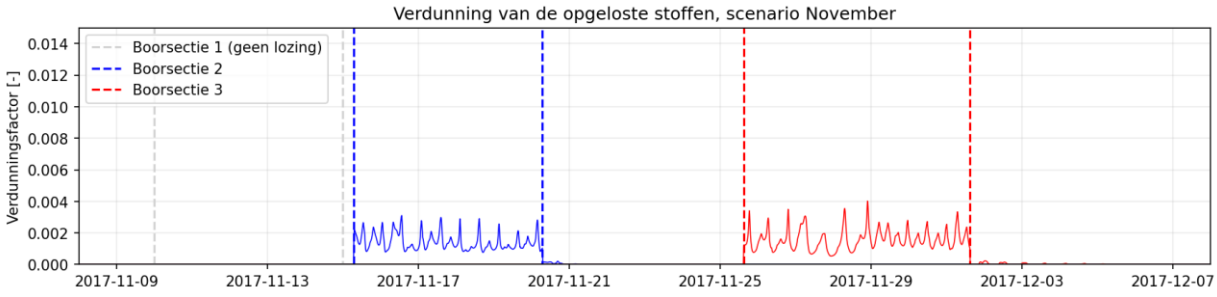
De pluim met een maximale verdunningsfactor boven 0,0001 als gevolg van het boren van sectie 2 (Figuur 5-6) heeft een aanzienlijk groter gebied vergeleken met sectie 3 (Figuur 5-7) en ook met de resultaten voor het Juli-scenario. Dit volgt uit een relatief rustige periode tussen twee stormen die wordt waargenomen na het einde van het boren van sectie 2. Tijdens deze periode is de menging verminderd en kan de pluim zich verder van de bron verspreiden. De concentraties zijn echter aanzienlijk lager vergeleken met de bron en voor een iets hogere waarde van de verdunningsfactor van 0,002 is te zien dat de omvang van de pluim ook aanzienlijk lager is en vergelijkbaar is met andere scenario's. Een overzicht van de maximale omvang van de pluim voor verschillende waarden van de verdunningsfactor in november is gegeven in Tabel 5-1.



Figuur 5-6: Maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom tijdens het boren van sectie 2, scenario November



Figuur 5-7: Maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom tijdens het boren van sectie 2, scenario November



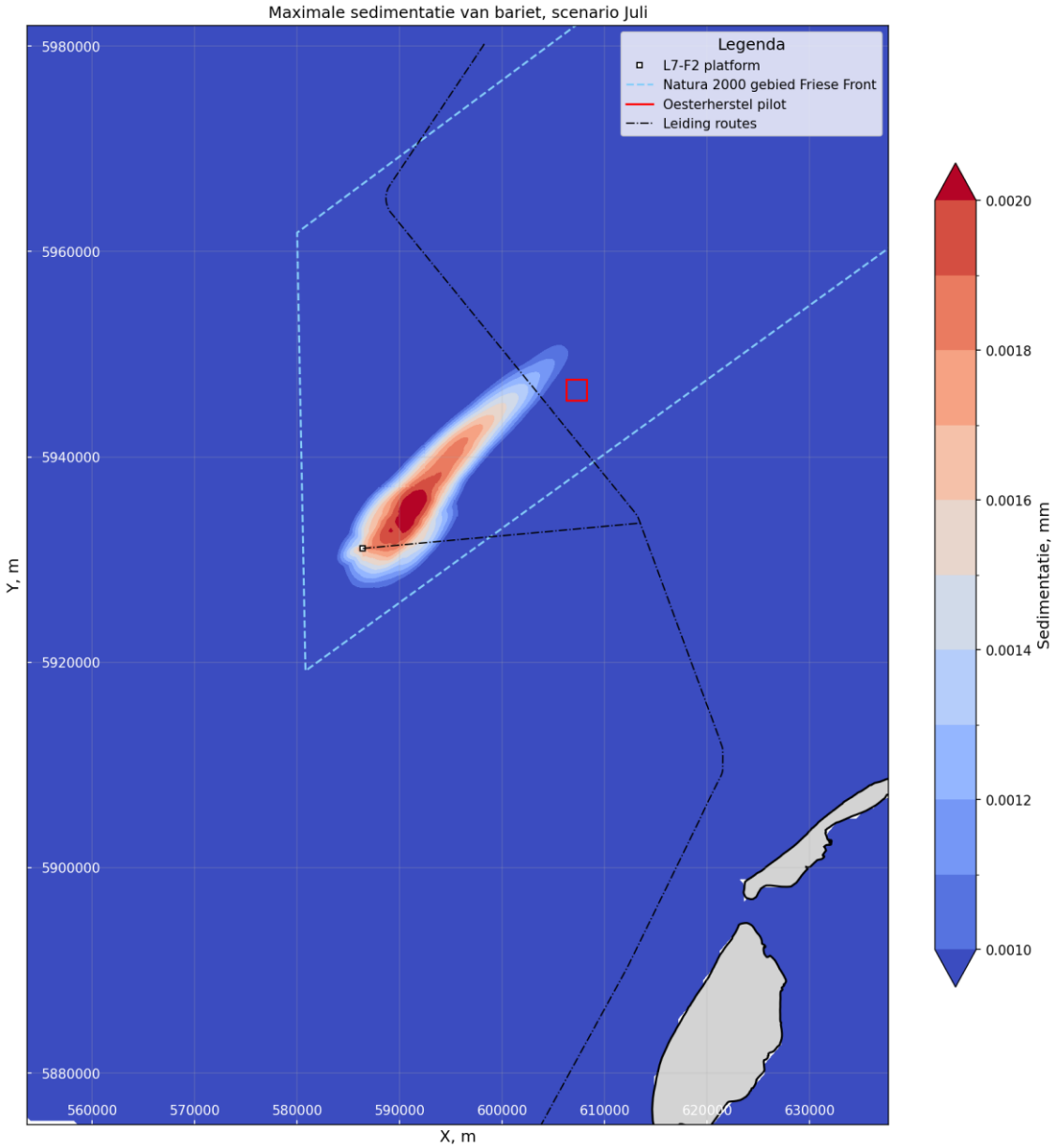
Figuur 5-8: Maximale verdunning van de opgeloste stoffen over de gehele waterkolom bij de L7-F2 platform locatie, scenario November

5.3 Bariet in boorspoeling

5.3.1 Scenario Juli

Figuur 5-9 toont de kaart van de absolute maximale barietconcentratie over de gehele simulatie en over de gehele waterkolom als gevolg van de boringen van sectie 2 en 3 tijdens kalme zomercondities in juli. Het is te zien dat de hoogste barietconcentraties worden waargenomen op de locatie van het platform met een maximum van ongeveer 3,5 mg/l tijdens het boren van sectie 2 en 7 mg/l tijdens het boren van sectie 3 (Figuur 5-10). Deze concentraties nemen snel af met toenemende afstand tot de bron.

De maximale verspreiding van de concentratiecontour van 0,7 mg/l komt niet verder dan ongeveer 1,5 km van de bron. Dit komt overeen met een 23-35% toename van de concentratie van fijn sediment ten opzichte van de natuurlijke achtergrondconcentratie van fijn sediment tijdens een rustige zomerperiode, die ongeveer 2-3 mg/l is. De 0,3 mg/l-contour, die overeenkomt met een toename van 10-15% van de achtergrondconcentratie van fijn sediment, strekt zich maximaal uit op ongeveer 8 km van de bronlocatie. De verspreiding van de barietpluim vindt ook voornamelijk plaats in noordoostelijke richting, wat samenhangt met de richting van de residuele stromingen. De maximale concentraties op de locatie Oesterbankherstel zijn over de gehele modelperiode niet hoger dan 0,1 mg/l (tijdelijke toename van 3 - 5% ten opzichte van de achtergrondconcentratie).



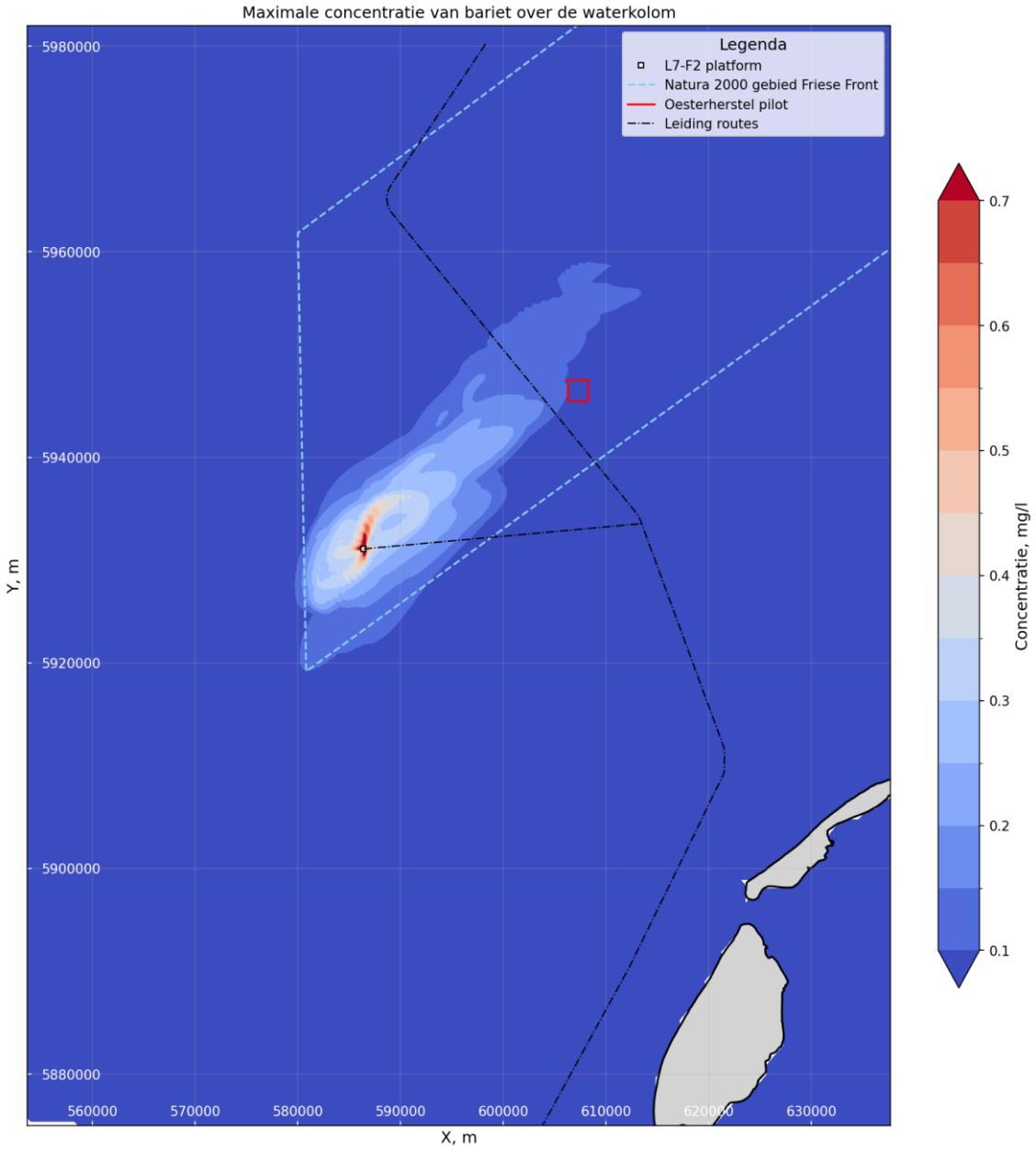
Figuur 5-11 toont de maximale sedimentatie van bariet gedurende de modelsimulatieperiode in de rustige zomeromstandigheden. Het is te zien dat het meeste sediment direct bij het platform worden afgezet en ongeveer 5 km in noordoostelijke richting, wat overeenkomt met de richting van de dominante verspreiding van de pluim. De maximale sedimentdikte tijdens dit scenario is niet meer dan 0,002 mm. In Figuur 5-12 is ook te zien dat tijdens de boring voor beide secties de dikte van de sedimentlaag op de bodem nabij de bronlocatie toeneemt en na afloop van de boring weer afneemt. Dit toont aan dat de afgezette fijne sedimentdeeltjes weer mobiel kunnen worden en zich verder van de bronlocatie kunnen verspreiden. De sedimentatie op de locatie Oesterbankherstel als gevolg van de boringen bedraagt niet meer dan 0,001 mm.

Een overzicht van de omvang van de pluim voor verschillende scenario's is gegeven in Tabel 5-2.

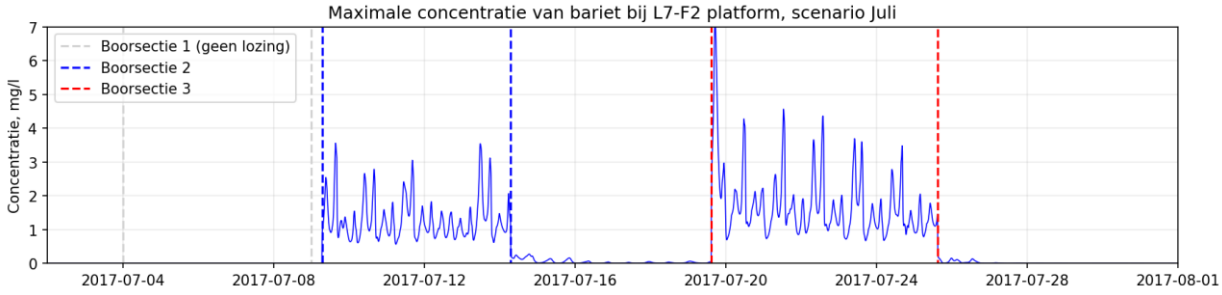
Tabel 5-2: Gemodelleerde omvang van de bariet pluim voor verschillende boorsecties en hydrodynamische omstandigheden

Scenario	Omvang van de pluim, km^2

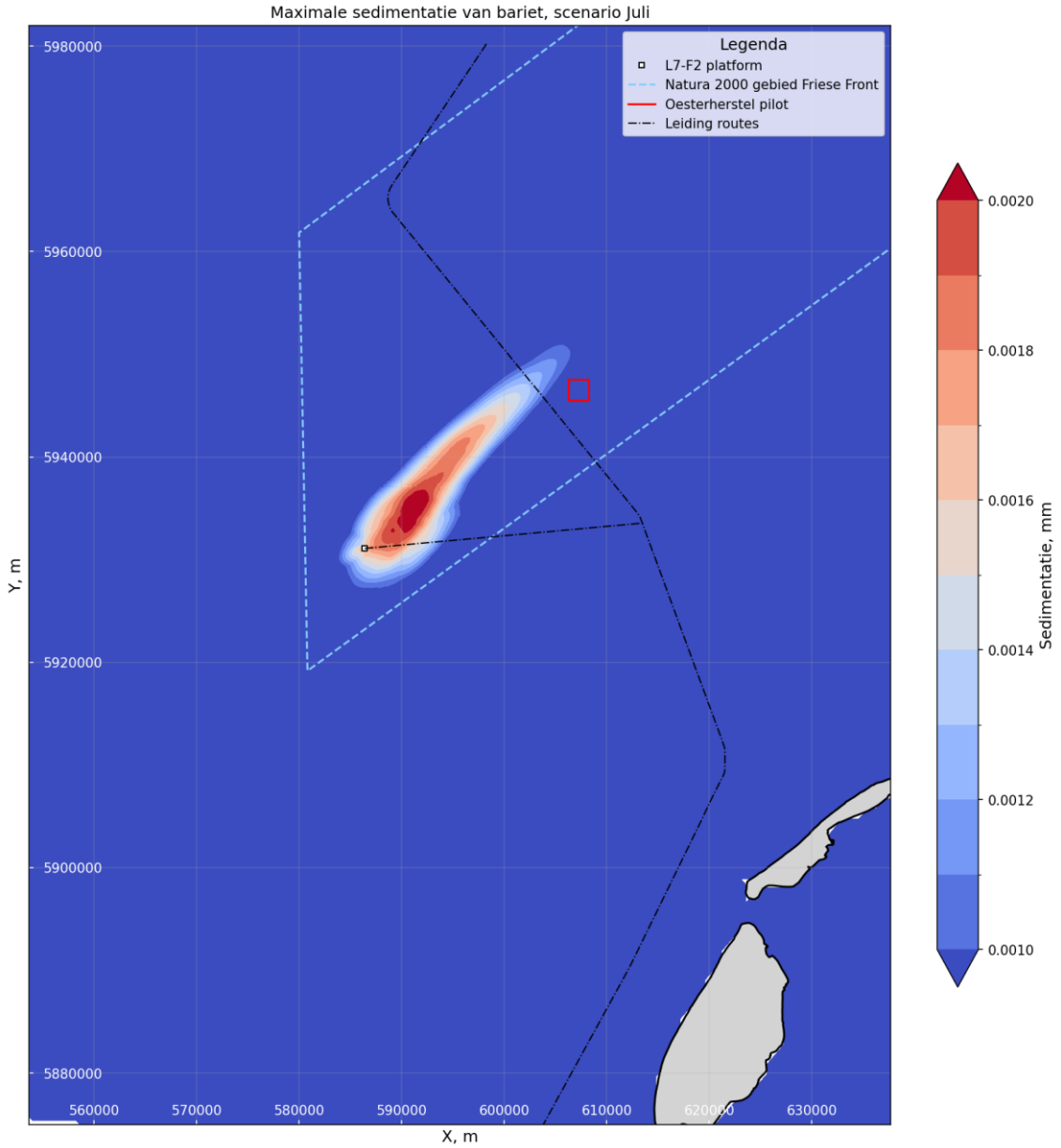
	Max. concentratie >0,1 mg/l	Max. concentratie >0,3 mg/l	Max. concentratie >0,7 mg/l
Juli	452	50,9	0,7
November	350	22,8	0,9



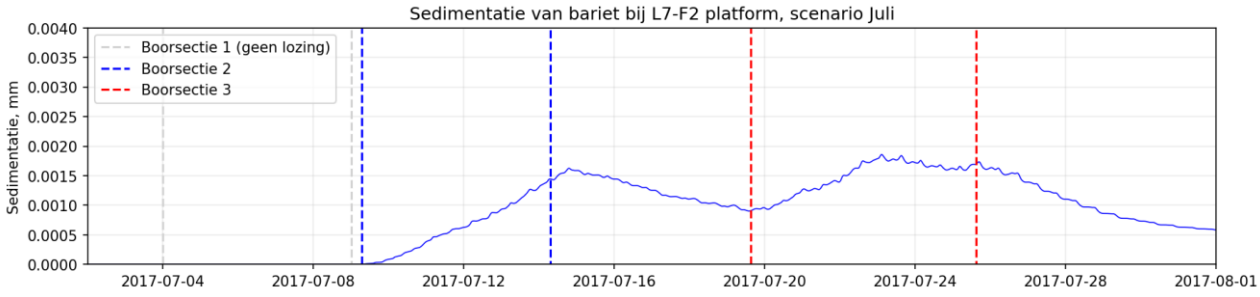
Figuur 5-9: Maximale concentratie van bariet over de gehele waterkolom, scenario Juli



Figuur 5-10: Maximale concentratie van bariet over de gehele waterkolom bij de L7-F2 platform locatie, scenario Juli



Figuur 5-11: Maximale sedimentatie van bariet, scenario Juli

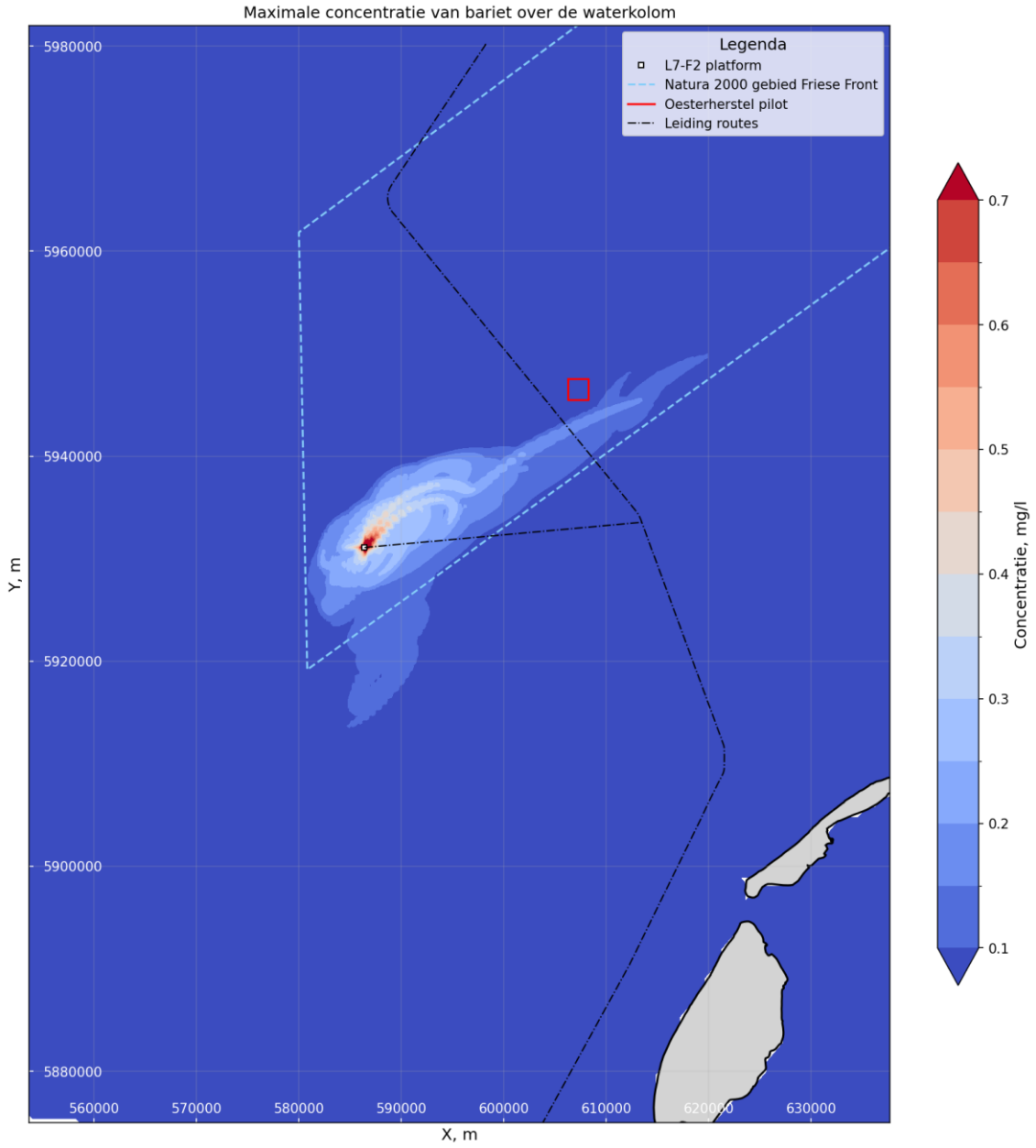


Figuur 5-12: Sedimentatie van bariet bij de L7-F2 platform locatie, scenario Juli

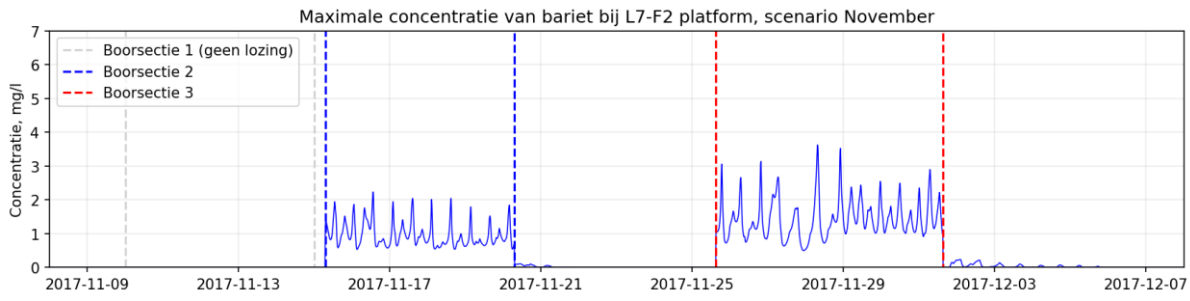
5.3.2 Scenario November

Figuur 5-13 toont de absolute maximale barietconcentratie voor het November-stormscenario. De totale omvang van de weergegeven pluim tijdens stormomstandigheden is kleiner dan tijdens de rustige zomeromstandigheden, wat wordt verklaard door een actievere menging. De maximale concentraties op de platformlocatie voor de boringen van sectie 2 en 3 zijn in dit geval niet hoger dan respectievelijk 2 en 3,5 mg/l (Figuur 5-14). Dit komt overeen met een maximale verdunningsfactor bij de bron van 0,003 - 0,004, die ook is waargenomen voor opgeloste stoffen. Gezien de hogere achtergrondconcentraties van fijn sediment tijdens het stormseizoen (5 - 10 mg/l) is het effect van de boring voor het November scenario ook kleiner in vergelijking met Juli. De 0,3 mg/l-contour, die in dit geval maximaal 10 km van de platformlocatie ligt, komt overeen met slechts 3 - 6% toename van de concentratie boven de achtergrond. Een overzicht van de omvang van de pluim voor verschillende scenario's wordt gegeven in Tabel 5-2.

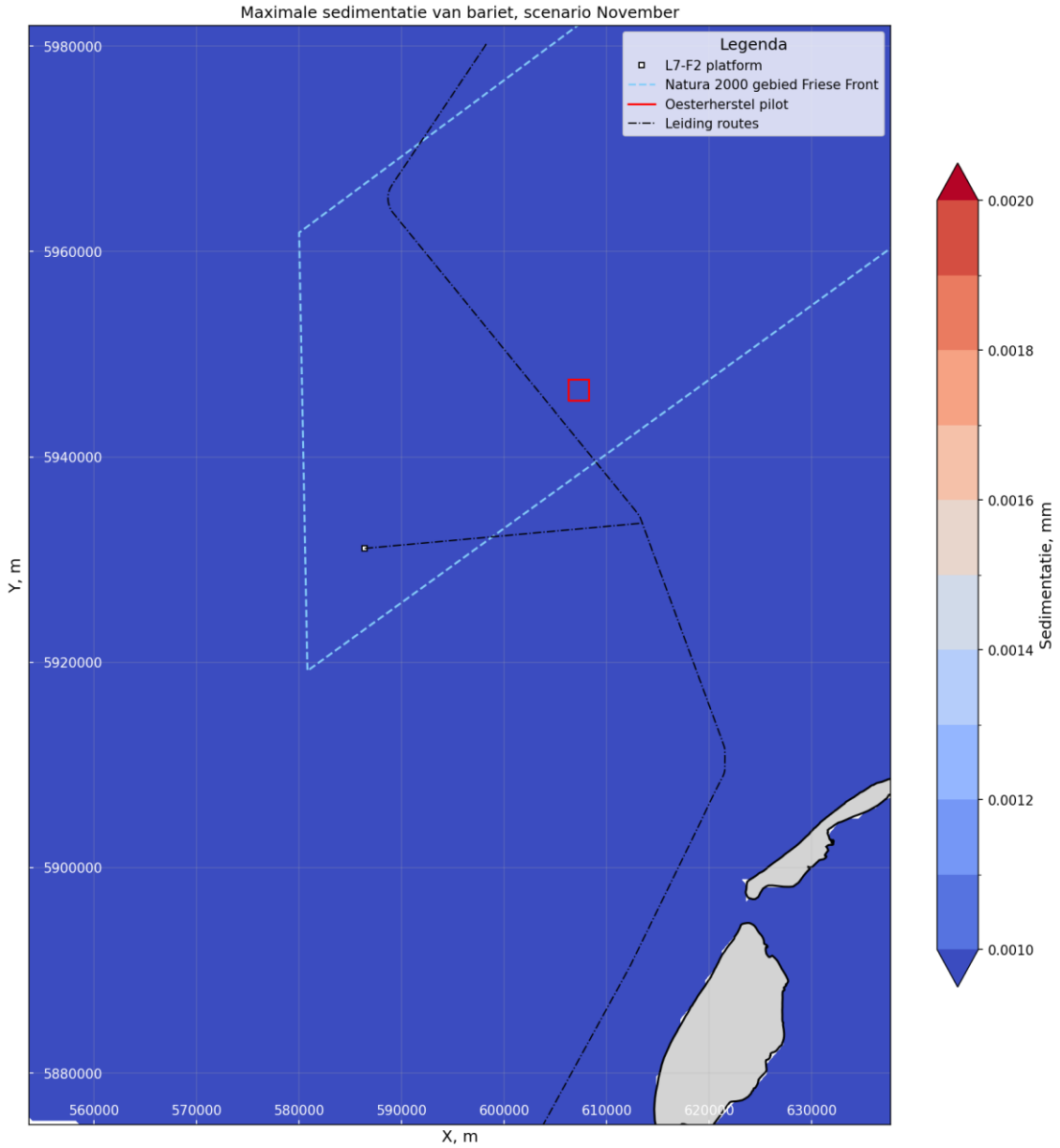
Uit Figuur 5-15 blijkt dat er tijdens stormcondities geen sedimentatie is in het gebied met een laagdikte van meer dan 0,001 mm. Figuur 5-16 toont dat op de platformlocatie de maximale sedimentatie slechts rond de 0,0005 mm ligt. Dit komt doordat tijdens stormcondities sediment meestal in suspensie blijft door hogere stroomsnelheden en meer dynamische golfcondities.



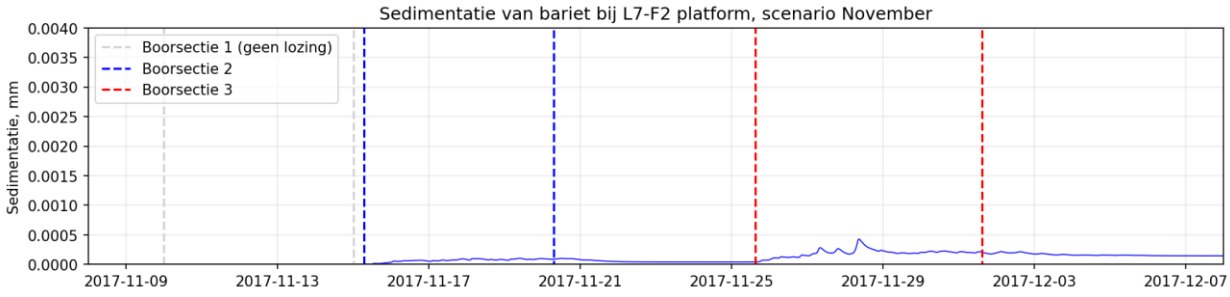
Figuur 5-13: Maximale concentratie van bariet over de gehele waterkolom, scenario November



Figuur 5-14: Maximale concentratie van bariet over de gehele waterkolom bij de L7-F2 platform locatie, scenario November



Figuur 5-15: Maximale sedimentatie van bariet, scenario November



Figuur 5-16: Sedimentatie van bariet bij de L7-F2 platform locatie, scenario November

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

In deze studie is gekeken naar de verspreiding van de kleideeltjes en opgeloste hulpstoffen uit de boorspoeling die vrijkomt bij het boren van put L7-F2 in de Noordzee. Op basis van de modellering zijn de concentraties en de sedimentatie als gevolg van het lozen van boorspoeling op waterbasis op en rondom de platformlocatie bepaald. Hierbij is vooral gekeken naar de maximale concentraties en sedimentatie gedurende de boorperiode, en de variatie in concentraties en sedimentatie op specifieke locaties.

De resultaten van de modelsimulaties hebben het volgende aangetoond:

- Maximale concentraties van opgeloste stoffen en fijn sediment (bariet) worden waargenomen direct nabij de boorlocatie en nemen significant af met toenemende afstand tot de bron.
- De grootste verspreiding van de pluim vindt plaats in noordoostelijke richting vanaf de platformlocatie, wat overeenkomt met de richting van de residuele getijdenstroming en dominante windrichting.
- De hoogste concentraties van de pluim worden waargenomen tijdens kalme zomeromstandigheden nabij de platformlocatie. Verder van de bronlocatie hebben de waarden van de verdunningscoëfficiënt een orde van grootte van 0,0001 - 0,0075, waarbij de laatste zich slechts enkele kilometers van de platformlocatie uitstrekt.
- Concentraties van fijn sediment afkomstig van boringen variëren tussen 0,1 en 0,7 mg/l, wat overeenkomt met een tijdelijke toename van ongeveer 3 - 35% boven de natuurlijke achtergrondconcentraties tijdens de zomerperiode.
- Tijdens stormachtige omstandigheden zijn de maximale barietconcentraties vergelijkbaar, maar de omvang van de sedimentpluim en de relatieve impact van de boring zijn kleiner omdat de natuurlijke achtergrondconcentraties van fijn sediment hoger zijn.
- De maximale sedimentatie van bariet tijdens de zomer wordt direct bij het platform en in noordoostelijke richting waargenomen en bedraagt niet meer dan 0,002 mm. Dit is aanzienlijk lager dan de natuurlijke dynamiek van de zeebodem in het studiegebied. Tijdens het stormseizoen blijft het sediment meestal in suspensie door de meer dynamische omstandigheden en bedraagt de maximale sedimentatie niet meer dan 0,0005 mm.
- Tijdens kalme omstandigheden kan de pluim tijdelijk de Oesterbankherstel-projectlocatie bereiken, maar de maximale concentratie van opgeloste stoffen is niet hoger dan 0,0001 van de bronconcentratie. De maximale concentratie van fijn sediment op de Oesterbankherstellocatie is niet hoger dan 0,1 mg/l en de sedimentatie is niet hoger dan 0,001 mm.

Er moet worden opgemerkt dat de resultaten absolute maximumwaarden weergeven van de verdunningscoëfficiënt en de concentraties gesuspendeerd sediment over de simulatieperiode. De omvang van de pluim op elk specifiek moment in tijd is aanzienlijk lager en varieert afhankelijk van de fase van de getijcyclus.

Omdat de compositie en concentraties van opgeloste stoffen in de boorspoeling op het moment van deze studie nog niet definitief bepaald was, werd alleen de relatieve verdunning van de tracer na de lozing in de Noordzee berekend. Deze resultaten kunnen gebruikt worden om de bekende concentraties van opgeloste stoffen aan de bron om te rekenen naar de werkelijke concentraties in de Noordzee na lozing.

6.2 Onzekerheden

Modelberekeningen zoals toegepast in deze studie zijn onderhevig aan onzekerheden en natuurlijke variatie. Eén van de onzekerheden is de natuurlijke variatie in sturende processen zoals stroming, golven en wind. Deze kunnen tot op zekere hoogte voorspeld worden. Historische meetgegevens en statistieken geven een idee van de intensiteit van de processen die verwacht kan worden. Tegelijkertijd is elke dag en elke storm weer anders. Deze variatie in de sturende processen vertaalt zich in een onzekerheid in de voorspelde concentraties van boorspoeling en opgeloste stoffen en in de voorspelde sedimentatie.

Een voorspelling van de relatieve toename van de slibconcentratie is daarnaast ook onderhevig aan de natuurlijke variatie in de achtergrondconcentraties en sedimentatie, zie ook paragraaf 3.6. De variatie in de relatieve toename van de concentraties en sedimentatie als gevolg van boorwerkzaamheden is dus ook een onzekerheid waar rekening mee dient te worden gehouden bij de effectbepaling van de boorwerkzaamheden.

Verder is een model zoals D-Flow FM een versimpeling van de werkelijkheid. Zo wordt een rekenrooster gebruikt om het aantal rekenpunten waarin de sturende processen en verspreiding van het fijne materiaal berekend wordt terug te brengen tot een behapbaar aantal. Dit kan ten koste gaan van het detailniveau: de ruimtelijke variatie in sedimentconcentratie en sedimentdikte binnen de cellen van het rekenrooster blijven onbekend. Bovendien worden processen die op een kleinere schaal dan de afmeting van de rekenroostercellen plaatsvinden (bijv. turbulentie) niet nauwkeurig berekend.

Daarnaast zijn zoveel mogelijk relevante processen meegenomen in de modellering, zoals saliniteit, temperatuur, een warmtemodel en golven. Chemische processen, zoals reacties tussen de opgeloste stoffen, zijn echter niet meegenomen. De concentraties van opgeloste stoffen die wel reageren met de andere opgeloste stoffen of na de lozing reageren met het zeewater kunnen dus in werkelijkheid afwijken en ook in de tijd veranderen als gevolg van de chemische reacties.

Gezien de onzekerheden wat betreft de natuurlijke variatie in stromings-, golf- en windcondities, de onzekerheden en de vereenvoudigingen in de modellering, moeten de resultaten van de modellering eerder als een antwoord met ordegrootte worden gezien, in plaats van een exact antwoord. In het algemeen wordt een onzekerheidsmarge van factor 2 aangehouden voor sedimenttransportberekeningen. Dit betekent dat de daadwerkelijke concentraties en sedimentatiediktes tussen orde de helft tot twee keer de berekende concentraties en sedimentatiedikte liggen. Gezien de zeer kleine voorspelde sedimentatiediktes zou ook een verdubbeling van deze voorspelde sedimentatiedikte nog een zeer kleine sedimentatiedikte betekenen. Voor het Oesterbankherstelproject zou de maximale toename in slibconcentratie dan niet hoger zijn dan 0,2 mg/l.

6.3 Aanbevelingen

Deze modelstudie heeft een beeld geschetst van de verspreiding en sedimentatie van boorspoeling na lozing vanuit het boorplatform.

Een belangrijke vervolgstap is het bepalen van het effect van de boorspoeling en de opgeloste stoffen op de verschillende functies van de Noordzee, waaronder de natuur. Wat zijn bijvoorbeeld de kritische concentraties en hoelang mogen deze kritische concentraties overschreden worden voordat er een significante negatieve impact is op de flora en fauna? De modelresultaten van deze studie kunnen input leveren aan zo'n analyse.

In de modelsimulaties is een zo gedetailleerd mogelijke aanpak toegepast, met zoveel mogelijk relevante processen en een zo gedetailleerd mogelijke nabootsing van de lozingen. Alleen wanneer de voorspelde

toename van de concentraties en/of sedimentatie tot mogelijke overschrijding van kritische waarden leidt of de relatieve toename van de concentraties en/of sedimentatie als te groot wordt beschouwd, is verdere detaillering van de modelsimulaties en een gevoeligheidsanalyse aan te bevelen.

Gezien de variatie in de golf-, wind- en stromingscondities in de twee modelscenario's heeft het modelleren van aanvullende scenario's nauwelijks toegevoegde waarde.

In de modellering is geen rekening gehouden met eventuele chemische reacties van het bariet of de opgeloste stoffen. Indien de kans is dat bepaalde chemische reacties tot hogere concentraties of sedimentatie-diktes zouden kunnen leiden, dan kunnen de chemische reacties in een nabewerking meegenomen worden in de voorspelling van de concentraties en sedimentatiediktes.

7 Referenties

[1] HaskoningDHV, „Morfodynamiek nabij platform L7,” 2024.

[2] Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, „Winddata L9-FF-1 platform,” 2024.

[3] Oceanum, „Global ERA5 wave hindcast parameters,” 2024.

[4] RIKZ, „Variability of near-surface total suspended matter concentrations in the Dutch coastal zone of the North Sea,” Rapport RIKZ/OS/2001.150X., 2001.

[5] RIKZ, „Atlas of near-surface total suspended matter concentrations in the Dutch coastal zone of the North Sea,” Report RIKZ/2002.059, 2002.

[6] F. Zijl, T. Zijlker, S. Laan en J. Groenenboom, „3D DCSM FM: a sixth-generation model for the NW European Shelf, 2022 release, 11208054-004-ZKS-0003,” Deltares, 2023.

[7] F. Zijl, S. Laan, L. Leummens, T. Zijlker, T. van Kessel, V. van Zelst, L. Jaksic, L. Vilmin, L. Schneider en L. van Duren, „Scenario studies on potential ecosystem effects in future offshore wind farms in the North Sea, 11208071-001-ZKS-0010,” Deltares, 2023.

RAPPORT

Pluimmodellering

Aanleg van de pijpleiding

Klant: Eni Energy Netherlands B.V.

Referentie: BH5808-146 Pluimmodellering pijpleiding L7-F

Status: Definitief/01

Datum: 7 februari 2025

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 90 00
Email: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document:	Pluimmodellering
Referentie:	BH5808-146 Pluimmodellering pijpleiding L7-F
Status:	01/Definitief
Datum:	7 februari 2025
Projectnaam:	MER Gaswinning L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Opgesteld door:	ML, FS, RHDHV
Gecontroleerd door:	FS
Datum:	2025 7 februari
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	2025 7 februari

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

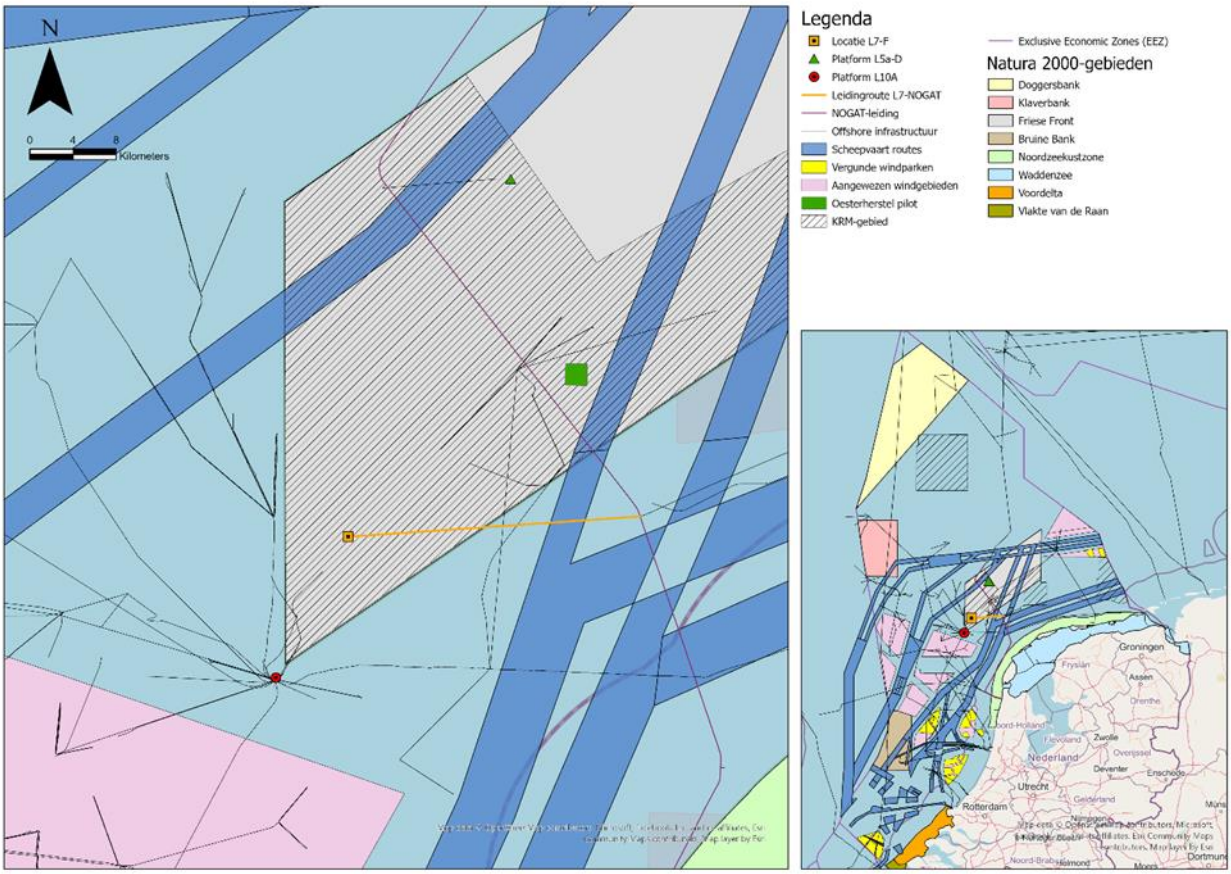
Inhoud

1	**Inleiding**	**4**
1.1	Achtergrond	4
1.2	Methodiek	5
1.3	Leeswijzer	5
2	**Achtergrondgegevens**	**6**
2.1	Tracé van de pijpleiding	6
2.2	Natuurlijke zeebodem	7
2.3	Natuurlijke sedimentconcentraties	8
2.4	Beschrijving methodiek ingraven	9
2.5	Vrijkomend sediment	10
3	**Modelbeschrijving**	**11**
3.1	Gebruikte software	11
3.2	3D DCSM-FM model	11
3.3	3D DCSM-FM model voor slib	12
3.4	Aanpassingen in het model	12
3.5	Modellering van vrijkomend fijn sediment	13
4	**Modelresultaten**	**15**
4.1	Slibconcentratie als gevolg van *jetten*	15
4.2	Sedimentatie als gevolg van *jetten*	20
5	**Conclusies en discussie**	**22**
5.1	Conclusies	22
5.2	Onzekerheden	22
6	**Referenties**	**24**

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

ENI Energy Netherlands B.V. (hierna ENI Energy) is van plan om een diepboring voor het aardgaswinningsproject uit te voeren in het blok L7 in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ, Figuur 1-1). De te boren put wordt aangeduid als put L7-F2. Royal HaskoningDHV heeft opdracht gekregen om een Milieueffectrapportage (MER) voor deze boring in de Noordzee op te stellen.



Figuur 1-1: Ligging L7-F2 boorlocatie ten opzichte van Natura 2000-gebieden die worden beschermd onder de Habitatrichtlijn en/of de Vogelrichtlijn

Eén van de onderdelen van de voorgenomen activiteit is de aanleg van een pijpleiding vanaf het gaswinningsplatform naar de bestaande NGT-hoofdtransportleiding in de Noordzee. Deze leiding heeft een lengte van circa 27 km. De pijpleiding wordt om veiligheidsredenen ingegraven in de zeebodem.

Bij het ingraven van de pijpleiding wordt fijn sediment uit de zeebodem opgewoeld. Een deel van dit fijne sediment wordt vervolgens door stroming verspreid in de Noordzee, wat kan leiden tot een toename van sedimentatie langs de pijpleiding en verhoogde sedimentconcentraties in de waterkolom. Een kwantitatieve onderbouwing van deze effecten door middel van pluim- en sedimentatiemodellering is gewenst vanwege de natuurwaarden in het gebied, waaronder Natura 2000-gebieden.

Het doel van deze studie is om de verspreiding en sedimentatie van het fijne sediment dat vrijkomt bij het ingraven van de pijpleiding tussen het L7-F2 platform en het aansluitpunt op de NGT-hoofdtransportleiding te voorspellen, zodat de impact op de omgeving en de nabijgelegen natuurgebieden, zoals de Natura-2000 gebieden, kan worden bepaald.

1.2 Methodiek

In deze studie wordt de verspreiding en sedimentatie van het fijne sediment dat vrijkomt bij het ingraven van de pijpleiding voorspeld met behulp van het numerieke model D-Flow FM. De modellering wordt uitgevoerd met hetzelfde modelschematisatie als waarmee de pluim- en sedimentatiestudie is uitgevoerd om de effecten van het boren van de gasputten te bepalen [1]. In die modellering zijn de hydrodynamische processen in de Noordzee, zoals golven en stroming door getij en wind, en de dynamiek van boorspoeling berekend voor verschillende condities. In deze studie wordt dezelfde modelmethodiek toegepast om de verspreiding van het opgewoelde fijne sediment te voorspellen. De resultaten van deze studie dienen als input voor effectbeoordeling, waaronder de effecten op natuurwaarden in het gebied.

1.3 Leeswijzer

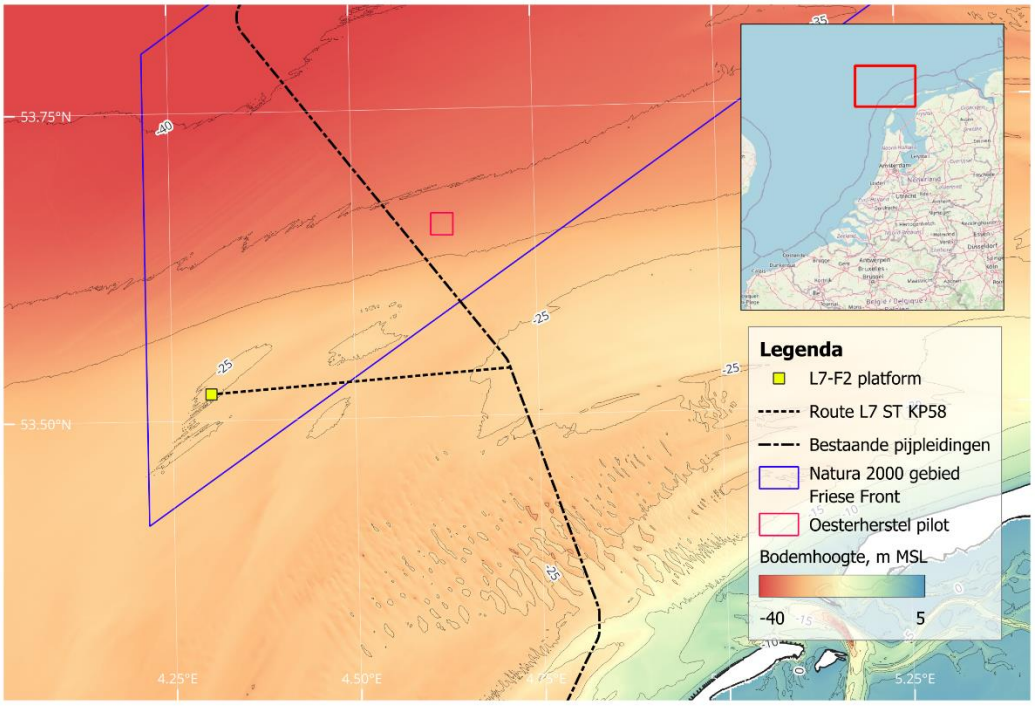
Dit rapport beschrijft de gehanteerde methodiek en de resultaten van de pluimmodellering van het ingraven van de pijpleiding. In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de achtergrondgegevens zoals het tracé van de pijpleiding, de natuurlijke zeebodem en slibconcentratie, de methode voor ingraven van de pijpleiding en de berekening van het vrijkomend fijn sediment bij het ingraven. In Hoofdstuk 3 wordt een beschrijving van het numerieke model gegeven, en in Hoofdstuk 4 worden de resultaten van de modellering beschreven. In Hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies gepresenteerd en mogelijke onzekerheden worden besproken.

2 Achtergrondgegevens

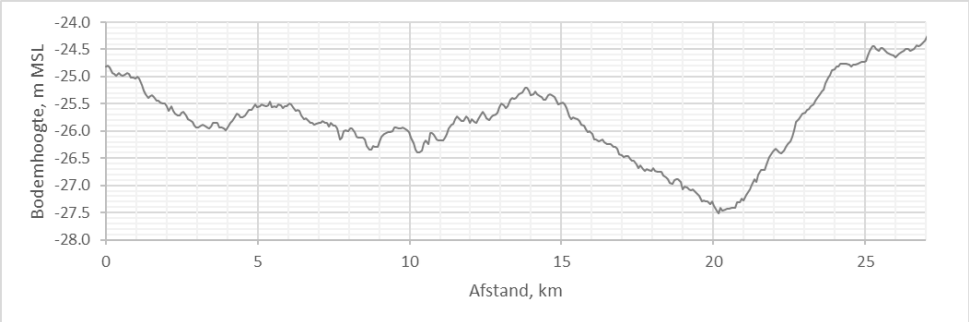
In dit hoofdstuk wordt als eerste een beschrijving gegeven van het tracé van de pijpleiding. Als tweede worden de huidige, natuurlijke situatie van de zeebodem en sedimentconcentraties langs het tracé van de pijpleiding beschreven. Als derde wordt beschreven hoe de pijpleiding in de zeebodem wordt ingegraven. Als laatste wordt beschreven hoeveel fijn sediment tijdens het ingraven van de pijpleiding in suspensie komt, wat belangrijke informatie is voor de pluimmodellering.

2.1 Tracé van de pijpleiding

Het tracé van de pijpleiding is getoond in Figuur 2-1. De pijpleiding loopt vanaf het platform L7-F2 richting het oosten en sluit daar aan op de bestaande NGT-hoofdgasleiding. De lengte van de nieuwe pijpleiding is 27,2 km. De bodemhoogte in het tracé varieert van -27,5 tot -24,5 m MSL (Figuur 2-2).



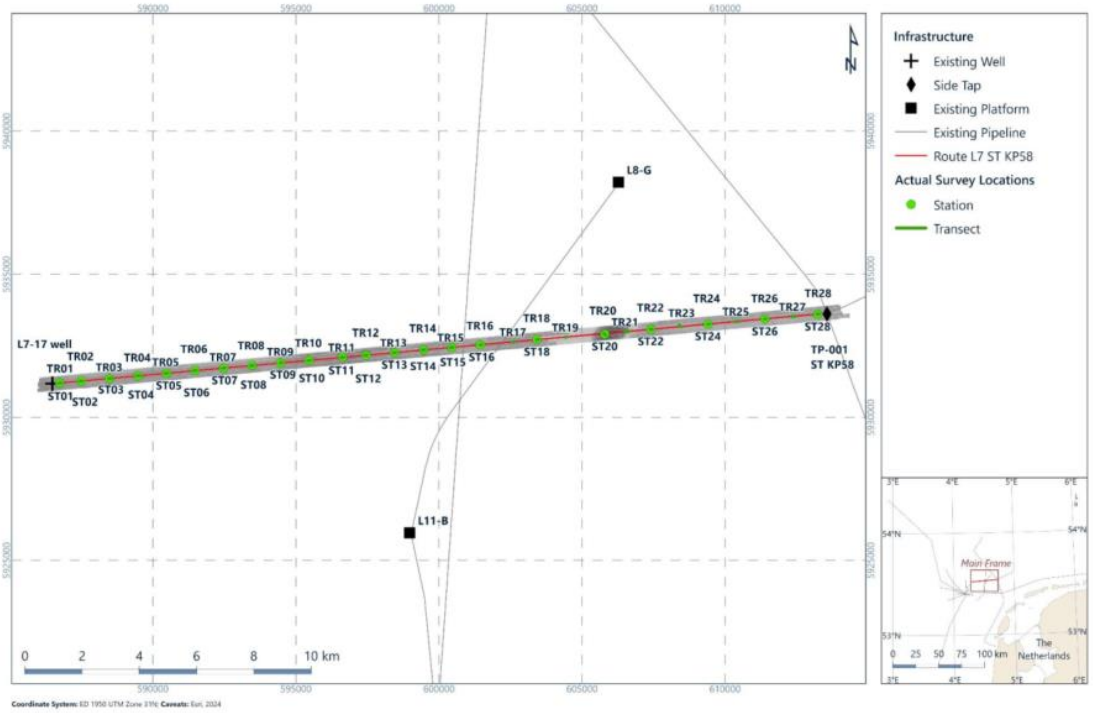
Figuur 2-1: Tracé van de L7 ST KP58 pijpleiding en de NGT-hoofdtransportleiding



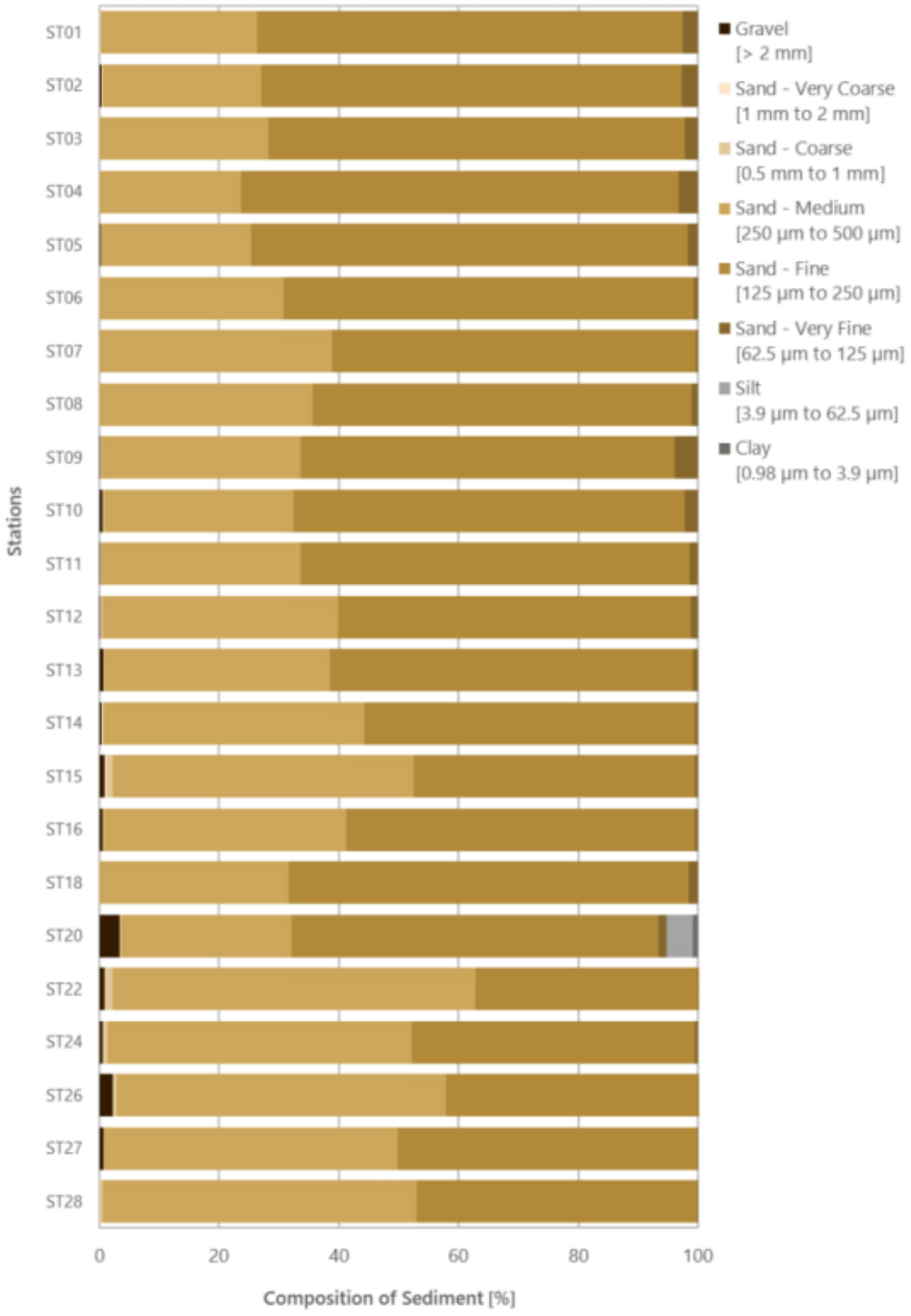
Figuur 2-2: Bathymetrie van de zeebodem langs het tracé van de pijpleiding, met links het L7-F2 platform en rechts de aansluiting op de NGT-hoofdtransportleiding

2.2 Natuurlijke zeebodem

Langs het tracé van de pijpleiding is een onderzoek uitgevoerd naar de eigenschappen van de zeebodem [2]. De locaties van de genomen steekproeven zijn weergegeven in Figuur 2-3. Uit de analyse van de steekproeven volgt dat alle stations gedomineerd zijn door fijne en middelgrote zandfracties met een mediane korreldiameter langs het pijpleidingtracé die varieert van 205 tot 277 µm en een gemiddelde van 230 mm. Zeer fijn zand (korreldiameter van 62,5 tot 125 µm) wordt in de meeste samples gevonden, maar hun aandeel is niet groter dan ongeveer 5%. Fijn sediment (korrelgrootte <62,5 µm) wordt slechts op 1 van de 23 locaties (ST20) aangetroffen met een aandeel van 5,3%, op de overige 22 locaties was het aandeel van fijn sediment 0%. De verdeling tussen de verschillende sedimenttypes langs de pijpleiding wordt getoond in Figuur 2-4.



Figuur 2-3: Onderzoeklocaties langs de tracé van de L7 ST KP58 pijpleiding



Figuur 2-4: Sedimentsamenstelling langs het tracé van de L7 ST KP58 pijpleiding [2]

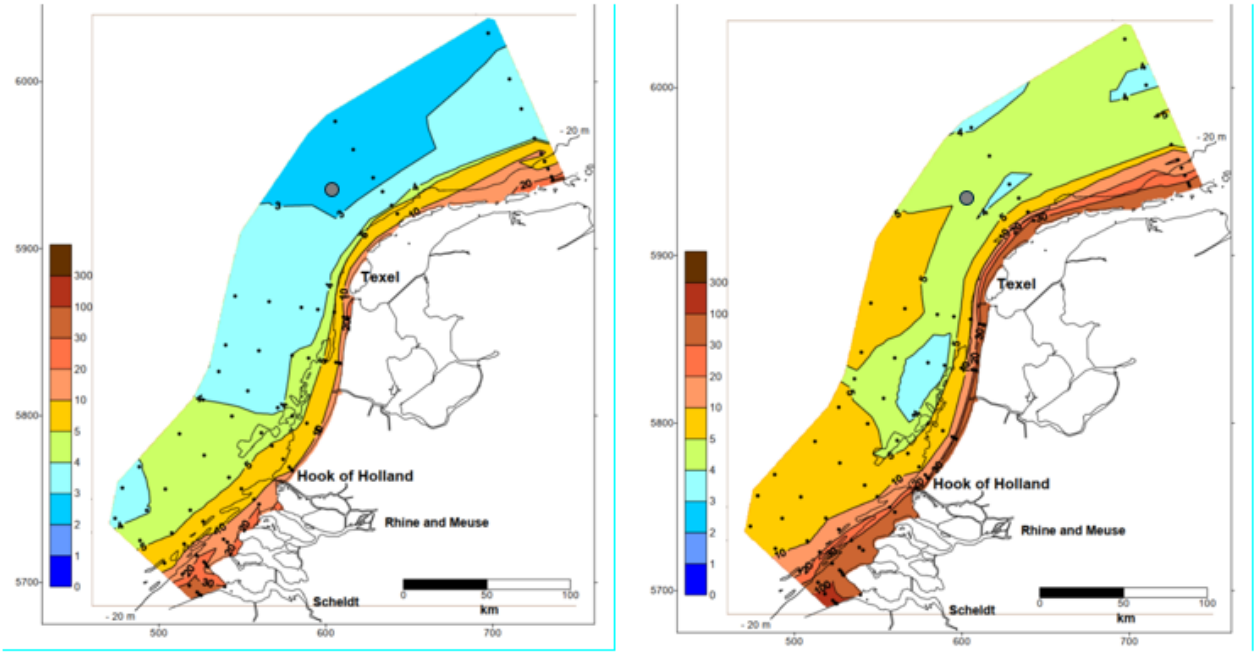
2.3 Natuurlijke sedimentconcentraties

De natuurlijke slibconcentratie aan het wateroppervlak in de kustzone is weergegeven in Figuur 2-5, waarin de gemiddelde slibconcentraties in de zomer en winter te zien zijn. Deze kaarten tonen een sterke ruimtelijke gradiënt in slibconcentratie langs de kust, met slibconcentraties van 3 tot 100 mg/l binnen een afstand van vijftig kilometer vanaf de Waddeneilanden.

De slibconcentratie op de platformlocatie en nabij de aansluiting met de bestaande NGT-pijpleiding is jaargemiddeld ongeveer 3-4 mg/l nabij het wateroppervlak. De natuurlijke slibconcentraties variëren per seizoen: in de winter is de seizoensgemiddelde slibconcentratie ca. 4-5 mg/l langs het tracé van de pijpleiding en in de zomer ca. 3 mg/l.

Daarnaast varieert de slibconcentratie ook over de waterkolom. Dichter bij de zeebodem is de slibconcentratie naar verwachting wat hoger, maar omdat de lokale zeebodem vooral uit zandig materiaal bestaat is het onwaarschijnlijk dat de slibconcentraties nabij de zeebodem veel hoger zijn dan hoger in de waterkolom.

In de pluimstudie voor de boring [1] en RIKZ-rapportage van gemeten slibconcentraties [3] is een uitgebreidere beschrijving van de variaties in slibconcentraties gegeven, waarbij o.a. vermeld wordt dat de concentraties na een rustige periode kunnen dalen tot ca. 2 mg/l. Na een stormachtige periode stijgen de slibconcentraties tot typische waarden van ca. 10 mg/l.



Figuur 2-5: Gemiddelde gemeten slibconcentratie aan het wateroppervlak in zomer (links) en winter (rechts) in mg/l [3]. De platformlocatie is weergegeven met een grijze stip

2.4 Beschrijving methodiek ingraven

Het plaatsen van de pijpleiding kan worden uitgevoerd volgens twee methoden. De eerste variant is het ingraven van de pijpleiding met een *mechanical trencher* die op rupsbanden over de zeebodem rijdt en graaft een V-vormige sleuf onder de pijpleiding. Achter de graafmachine zakt de pijpleiding in de sleuf. De tweede variant is het ingraven met een *jet sled*. Bij het ingraven met een *jet sled* wordt het sediment op de zeebodem eerst los gemaakt door middel van hogedrukwaterjets (‘fluïdiseren’). De losgemaakte grond kan daarna via een eductorsysteem uit de sleuf wordt gezogen; dit is echter niet altijd nodig. Tijdens het *jetten* zakt de leiding door zijn eigen gewicht in de sleuf. Bij beide varianten wordt de pijpleiding eerst op de zeebodem gelegd met een speciaal schip en vervolgens wordt de pijpleiding ingegraven.

Jetten zorgt er aan de ene kant voor dat een relatief smalle sleuf wordt gemaakt, maar aan de andere kant wordt wel relatief veel sediment in beroering gebracht. Hierdoor wordt ten opzichte van trenching een

grotere en troebelere sedimentpluim gegenereerd. Daarom kan deze optie worden beschouwd als het meest conservatieve scenario en is verder gebruikt voor de pluim- en sedimentatiemodellering.

De gemiddelde snelheid van het *jetting* proces is circa 300 m/uur, afhankelijk van de grondsoort en gekozen uitvoering. Volgens de huidige planning zou het graven van het 27 km lange tracé ongeveer 4 dagen duren, inclusief mogelijke pauzes in de werkzaamheden. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat er geen pauzes zijn in de werkzaamheden en dat de graafsnelheid 500 m/uur bedraagt (het hele traject van 27 km wordt afgerond in 2,25 dagen). Dit zal leiden tot een hoger cumulatief effect omdat fijn sediment dat in suspensie komt enige tijd nodig hebben om te bezinken.

Er wordt ook aangenomen dat het graven zal worden uitgevoerd tijdens rustige omstandigheden en tijdens de periode van doodtij. Deze omstandigheden worden gekenmerkt door de laagste golven en stromingen en, zoals werd aangetoond in de modelleringsstudie van de boorpluim [1], resulteert dit in een lagere pluimverspreiding en een hogere concentraties en sedimentatie nabij de bron. Voor de richting van de graafwerkzaamheden wordt aangenomen dat deze van het westen (L7-F2 platform) naar het oosten (aansluiting op de bestaande NGT-hoofdgaspijpleiding) zal zijn. Met de residuele stroming richting het noordoosten zal dit resulteren in een hogere concentratie van fijn sediment in de waterkolom. In het algemeen kan de combinatie van de hierboven beschreven uitvoeringsmethode en hydrodynamische omstandigheden worden gekarakteriseerd als het meest conservatieve scenario.

De sleuf die gegraven wordt, heeft een diepte van ongeveer 1 meter. De totale sleufbreedte is 4 meter. De *jet sled* hangt boven de te graven sleuf. Hierdoor is verstoring door middel van rupsbanden niet aan de orde. Aangenomen wordt dat uit deze sleuf 4 m^3 sediment per meter geullengte vrijkomt. Conservatief wordt ervan uitgegaan dat de uitworphoogte van het sediment (bronhoogte) zich 4 meter boven de zeebodem bevindt. Dit is een worstcase-benadering, aangezien het niet per se nodig is om het sediment weg te blazen.

2.5 Vrijkomend sediment

Bij het voorspellen van de extra sedimentconcentratie en sedimentatie als gevolg van het graven van de sleuf zijn alleen de fijne sedimentfracties relevant. Bij het graven worden deze fijne fracties opgewoeld en zakken vervolgens heel langzaam weer naar de zeebodem. Gedurende dit uitzakken wordt het fijne sediment meegevoerd door stroming. Bij hoge stroomsnelheden en golfcondities kan het fijne sediment helemaal niet uitzakken.

De grove sedimentfracties, bijvoorbeeld het grove zand, wordt tijdens het graven van de sleuf wel verplaatst maar wordt niet opgewoeld. Het komt direct langs de sleuf weer op de zeebodem terecht. De grove sedimentfractie wordt daarom niet meegenomen in de pluim- en sedimentatiemodellering.

Omdat het bodemonderzoek [2] beschreven in paragraaf 2.2 heeft aangetoond dat de bodem voornamelijk bestaat uit middelgrote en fijne zand met een heel kleine fractie van zeer fijn zand en bijna geen slib, is in deze studie conservatief aangenomen dat als gevolg van jetting 5% van het verwerkte bodemmateriaal met een gemiddelde korrelgrootte van 62,5 µm en een valsnelheid van 3,5 mm/s (of 12,6 m/uur) in suspensie zal komen. Met een productie van de *jet sled* van 4 m^3/m resulteert dit in een volume gesuspendeerd materiaal van 0,2 m^3/m. Uitgaande van een zanddeeltjes dichtheid van 2650 kg/m^3, een porositeit van 0,4 en een corresponderende dichtheid van het bodemmateriaal van 1590 kg/m^3, zal de massa sediment die in suspensie komt per meter tracé 318 kg bedragen. Gezien de *jetting* snelheid van 500 m/uur komt dit overeen met een mobiele bronterm van 44,2 kg/s.

3 Modelbeschrijving

In dit hoofdstuk wordt de opzet van het numerieke model besproken. Een bestaand, volledig gekalibreerd en gevalideerd D-Flow FM model van de Noordzee is gebruikt en aangepast aan de specifieke eisen gesteld aan het model in deze studie.

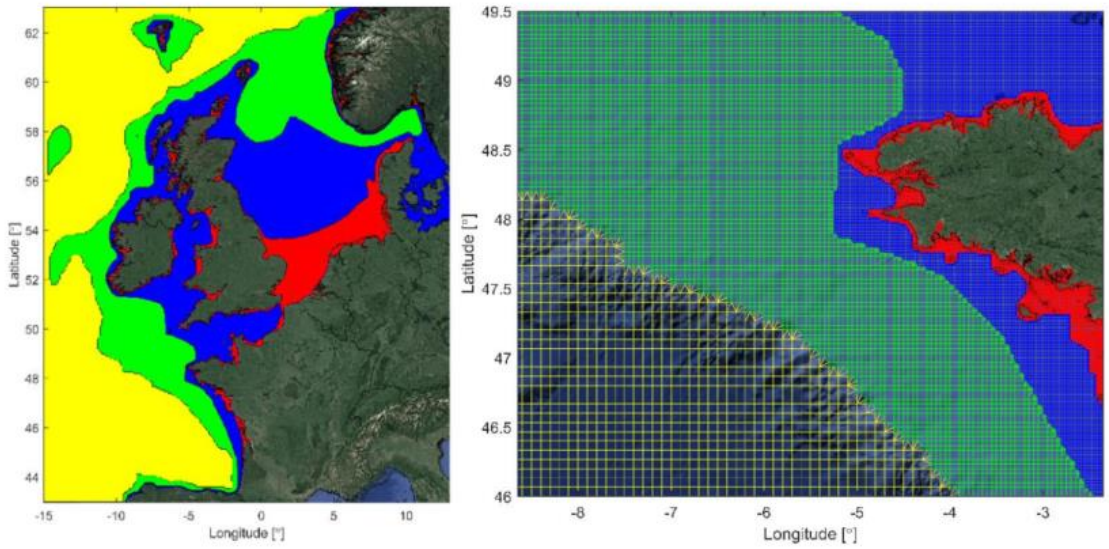
3.1 Gebruikte software

Voor de pluim- en sedimentatiemodellering is de D-Flow Flexible Mesh (FM) modelsoftware gebruikt. Deze software is ontwikkeld door Deltares en wordt wereldwijd toegepast bij modellering van stroming en sediment transport in kust- en riviersystemen. Daarnaast wordt D-Flow FM veelvuldig toegepast bij pluimstudies voor het simuleren van de verspreiding van sediment en opgeloste stoffen. De D-Flow FM modelsoftware kan verschillende typen sediment modelleren.

3.2 3D DCSM-FM model

Voor de Noordzee is een gekalibreerde en gevalideerde 3D modelschematisatie beschikbaar voor D-Flow FM: *3D Dutch Continental Shelf Model* (3D DCSM-FM). Deze modelschematisatie omvat het Noordwest-Europese Continentaal Plat, inclusief de gehele Noordzee, Ierse Zee en Waddenzee (Figuur 3-1). Het rekenrooster bestaat in totaal uit ongeveer 630.000 gridcellen met een variabele resolutie en is gespecificeerd in geografische coordinaten (WGS 84). De grootste cellen hebben een grootte van 1/10° in de oost-west richting en 1/15° in de noord-zuid richting – hetgeen overeenkomst met 4 x 4 nautische mijlen of 4,9-8,1 km bij 7,4 km afhankelijk van de latitude.De kleinste cellen komen overeen met 0,5 nm x 0,5 nm of 840 m x 930 m in de nabijheid van de Nederlandse wateren (rode gebied).

Voor de verticale laagverdeling is een combinatie van strikt horizontale z-lagen en tereinvolgende sigmalagen gebruikt. In gebieden ondieper dan 100 m zijn 20 equidistante sigma-lagen toegepast. In diepere gebieden zijn daaronder maximaal 30 z-lagen met in neerwaartse richting toenemende laagdikte toegevoegd. In totaal zijn maximaal 50 lagen in de vertikaal gebruikt, afhankelijk van de lokale bodemdiepte.



Figuur 3-1: Modeldomein van de 3D DCSM-FM modelschematisatie

Op de open randen in het noorden, westen en zuiden van het model domein zijn waterstanden opgelegd die bestaan uit getij-component, opzet-component en de barocliene bijdrage. Voor het 3D model zijn op de open randen tevens dagelijkse zout-, temperatuur-, en snelheidsprofielen afkomstig van CMEMS opgelegd.

Transport van saliniteit en temperatuur is meegenomen in de modelberekening. De meteorologische forcering van het model omvat tijd- en ruimteafhankelijke windsnelheden (op 10 m hoogte) en luchtdruk (op MSL) afkomstig van het meteorologische model ERA5 van het European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Het model bevat ook de warmte- en massa uitwisseling tussen het water en de atmosfeer. Langs de volledige kustlijn in het model zijn rivierafvoerlocaties toegevoegd.

Uitgebreide beschrijving van de opzet, kalibratie en validatie van het 3D DCSM-FM model is gegeven in [4]. Dit model (versie is *dflowfm3d_noordzee_0_5nm-j22_6-v1a*) is gebruikt als basis voor de modelschematisatie in deze studie. De met bijbehorende randvoorwaarden omvatten de jaren 2012-2017. Om de simulaties van het 3D DCSM-FM model uit te voeren, is de D-Flow FM sofware versie 2023.02 gebruikt.

3.3 3D DCSM-FM model voor slib

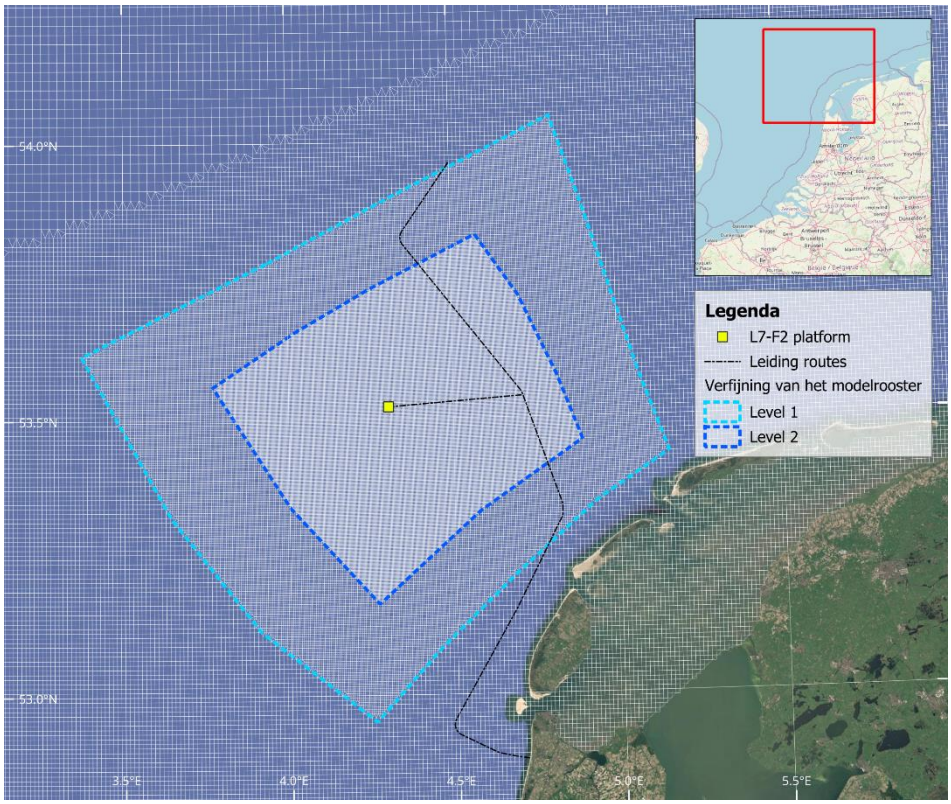
Om de verspreiding en sedimentatie van het kleioplossing te modelleren, is een andere versie van het 3D DCSM-FM model gebruikt, waarin ook slib is opgenomen. De slibdynamiek is in dat model berekend door middel van een koppeling van het hydrodynamische model (in D-Flow FM) met D-Water Quality. Het model bevat meerdere slibfracties (IM1, IM2 en IM3), die enkel van elkaar verschillen in valsnelheid (d.w.z. eigenschappen voor erosie zijn gelijk). Voor de slibdynamiek wordt gebruik gemaakt van het buffermodel. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een makkelijk erodeerbare sliblaag (S1) op de bodem en een onderlaag (S2) met een hogere weerstand tegen erosie.

Dit model is gebaseerd op hetzelfde rooster als het basismodel dat hierboven is beschreven. Aanvullende randvoorwaarden voor het model omvatten gemiddelde slibconcentraties op de open modelranden en bij de rivierafvoerlocaties. Om opwerveling van slib door golven te schematiseren is gebruik gemaakt van de strijklengte-aanpak. Op basis van de berekende orbitaalsnelheden bij de bodem is de bodemschuifspanning door golven (τ_{wave}) bepaald. Een lineaire optelling van τ_{wave} met de bodemschuifspanning door stroming (τ_{flow}) is in D-Water Quality gebruikt als basis voor de erosie van slib. Hiervoor omvatten de modelrandvoorwaarden ook tijd- en ruimteafhankelijke significante golfhoogte en piekgolfperiode, die werden berekend door een golfmodel.

Een toepassing van dit model voor ecologische beoordeling, inclusief kalibratie en validatie, is voorgesteld in [5]. De model versie gebruikt als basis voor deze studie is *dflowfm3d_dwaq_slib-noordzee_0_5nm-j17_6-v1* met bijbehorende randvoorwaarden voor de jaar 2007. Om de simulaties van dit model uit te voeren, is een specifieke D-Flow FM versie (2022.04) toegepast.

3.4 Aanpassingen in het model

In het kader van deze studie zijn een aantal wijzigingen aangebracht in het 3D DCSM-FM model. Een van de aanpassingen is een verfijning van het rekenrooster nabij de platformlocatie, waardoor de rekenroostercellen nabij de platformlocatie een lengte van ca. 100 m hebben.



Figuur 3-2: Verfijning van het 3D DCSM-FM modelrooster voor de L7-F2 platformlocatie

Voor het modelleren van het ingraven van de pijpleiding is één scenario gekozen uit de twee scenario's die voor de pluimstudie van de gasputten [1] zijn gedefinieerd: het scenario voor juli 2017. Dit is een maand met relatief rustige golf-, wind- en stromingscondities, waardoor de sedimentpluim dicht bij het tracé blijft, wat resulteert in relatief hoge piekconcentraties en relatief grote sedimentatiediktes. Ook in de praktijk worden pijpleidingen meestal gelegd in rustige weersomstandigheden.

Het ingraven in het model vindt plaats van 18:00 17 juli tot 00:00 20 juli (totale duur 2 dagen en 6 uur), wat overeenkomt met de doodtijfase met een waterstandsverschil van ongeveer 1,3 m en maximale dieptegemiddelde stroomsnelheden rond 0,4 m/s. Om het model te initialiseren werd de starttijd ingesteld op ongeveer 1 week voor het starten van het ingraven. De initiële condities met driedimensionale velden van watertemperatuur en saliniteit over het modeldomein voor de startdatum werden uit CMEMS gehaald.

De eindtijd van het model werd ingesteld op 1 week na het einde van het ingraven om de verspreiding van de pluim te beoordelen. Om te controleren of het aangepast model waarheidsgetrouwe stromingsresultaten oplevert, zijn de resultaten van het aangepaste model vergeleken met de resultaten van het originele, gekalibreerde en gevalideerde 3D DCSM-FM model. Het effect van golven op de bodemschuifspanning en het transport van gesuspendeerd sediment werd meegenomen met constante significante golfhoogte en piekgolftijd van 1 m en 6 s, dat overeenkomt met de gemiddelde omstandigheden die tijdens deze perioden worden waargenomen.

3.5 Modellering van vrijkomend fijn sediment

Langs het tracé van de leiding zijn 90 brontermen voor het vrijkomende fijne sediment gemodelleerd, ongeveer om de 300 meter. Iedere bronterm vertegenwoordigt het sediment dat vrijkomt in de betreffende sectie van 300 meter. Achtereenvolgens komt fijn sediment vrij langs het tracé. De tijdsduur van elke

bronterm is gelijk aan de tijd die de graafmachine erover doet om een sectie van 300 meter te graven: bij een rijsnelheid van 500 m/uur is de tijdsduur 36 minuten voor een sectie. Het ingraven begint bij het platform: Sectie 1 is dus het meest westelijke lozingspunt, en Sectie 90 het meest oostelijke. Bij het jetten komt het sediment vrij op een hoogte van 4 meter boven de bodem. Natuurlijke achtergrondconcentraties van fijn sediment zijn niet gemodelleerd en de resultaten geven allen de toegevoegde waarde van fijn sediment aan de achtergrondconcentratie.

4 Modelresultaten

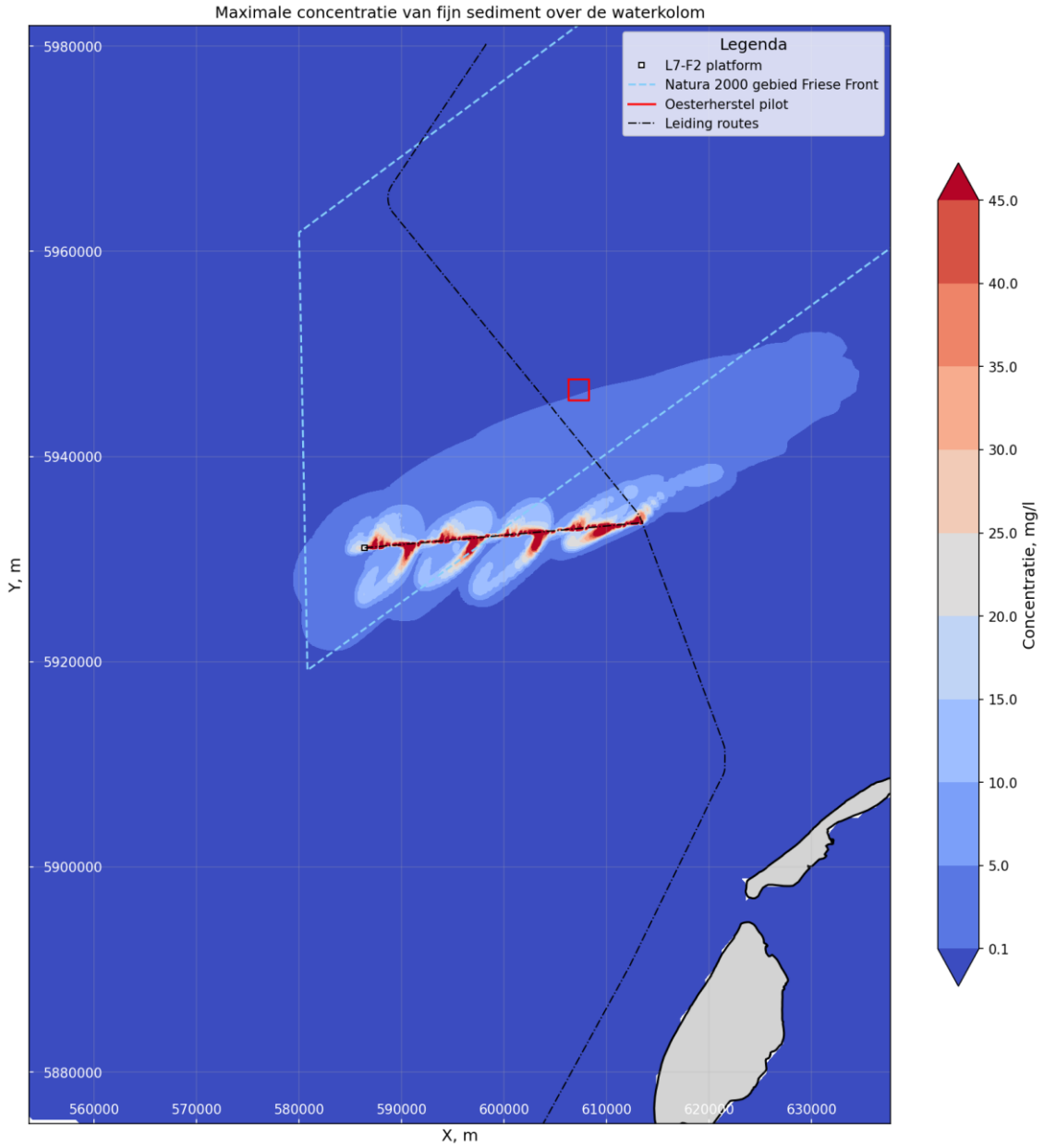
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de pluimmodellering getoond. In paragraaf 4.1 zijn de maximale concentraties fijn materiaal gedurende de simulatie over de gehele waterkolom besproken en paragraaf 4.2 beschrijft de resultaten voor maximale sedimentatiedikte gedurende de simulatie.

4.1 Slibconcentratie als gevolg van *jetten*

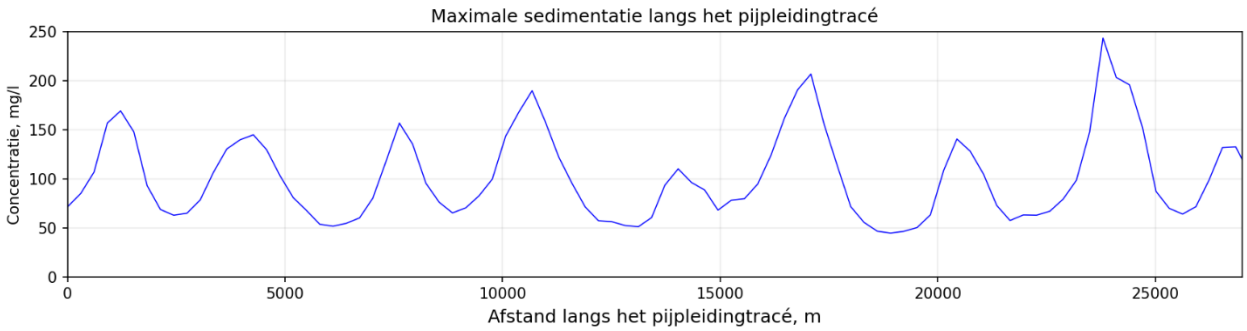
In Figuur 4-1 is de maximale concentratie van fijn sediment, opgewoeld door het *jetten*, gedurende de simulatie over de gehele waterkolom te zien. Dit is de extra concentratie als gevolg van het jetten, de achtergrondconcentratie is hierin niet meegenomen. De maximale concentraties worden waargenomen vlakbij het pijpleidingtracé en de waarden zijn aanzienlijk hoger dan de achtergrondconcentraties van fijn sediment tijdens de rustige zomerperiode van 2-3 mg/l. Figuur 4-2 toont dat de maximale concentraties langs het tracé variëren tussen 50 en 250 mg/l afhankelijk van de locatie en getijdenfase tijdens de werkzaamheden. Aan weerszijden van het tracé neemt de concentratie echter snel af. De maximale afstand van het pijpleidingtracé tot waar concentraties van meer dan 50 mg/l kunnen bereiken is niet groter dan ongeveer 1 km. De extra concentratie van 5 mg/l tijdens de simulatie kan worden overschreden binnen ongeveer 5 km van de pijpleiding. De maximale concentraties op de locatie Oesterbankherstel zijn over de gehele modelperiode niet hoger dan 0,1 mg/l (tijdelijke toename van 3 - 5% ten opzichte van de achtergrondconcentratie).

Er moet opgemerkt worden dat de getoonde kaart de absolute maximale concentratie van fijn sediment laat zien over de gehele duur van het jetten en een periode nadat het jetten is afgerond. Uit Figuur 4-3 en Figuur 4-4, die de temporele variatie van de pluim laten zien, blijkt dat de hoogste concentraties alleen worden waargenomen direct op de locatie waar het graafwerk op dit specifieke moment wordt uitgevoerd. Er is ook te zien dat de totale omvang van de pluim toeneemt tegen het einde van de graafwerkzaamheden als gevolg van het cumulatieve effect, maar de concentraties in deze residuele pluim zijn meestal niet hoger dan 5 mg/l. De zeer beperkte tijdsduur van hoge concentraties fijn sediment kan ook worden gezien uit de maximale concentratie tijdreeksen op verschillende locaties langs het pijpleidingtracé die zijn weergegeven in Figuur 4-5.

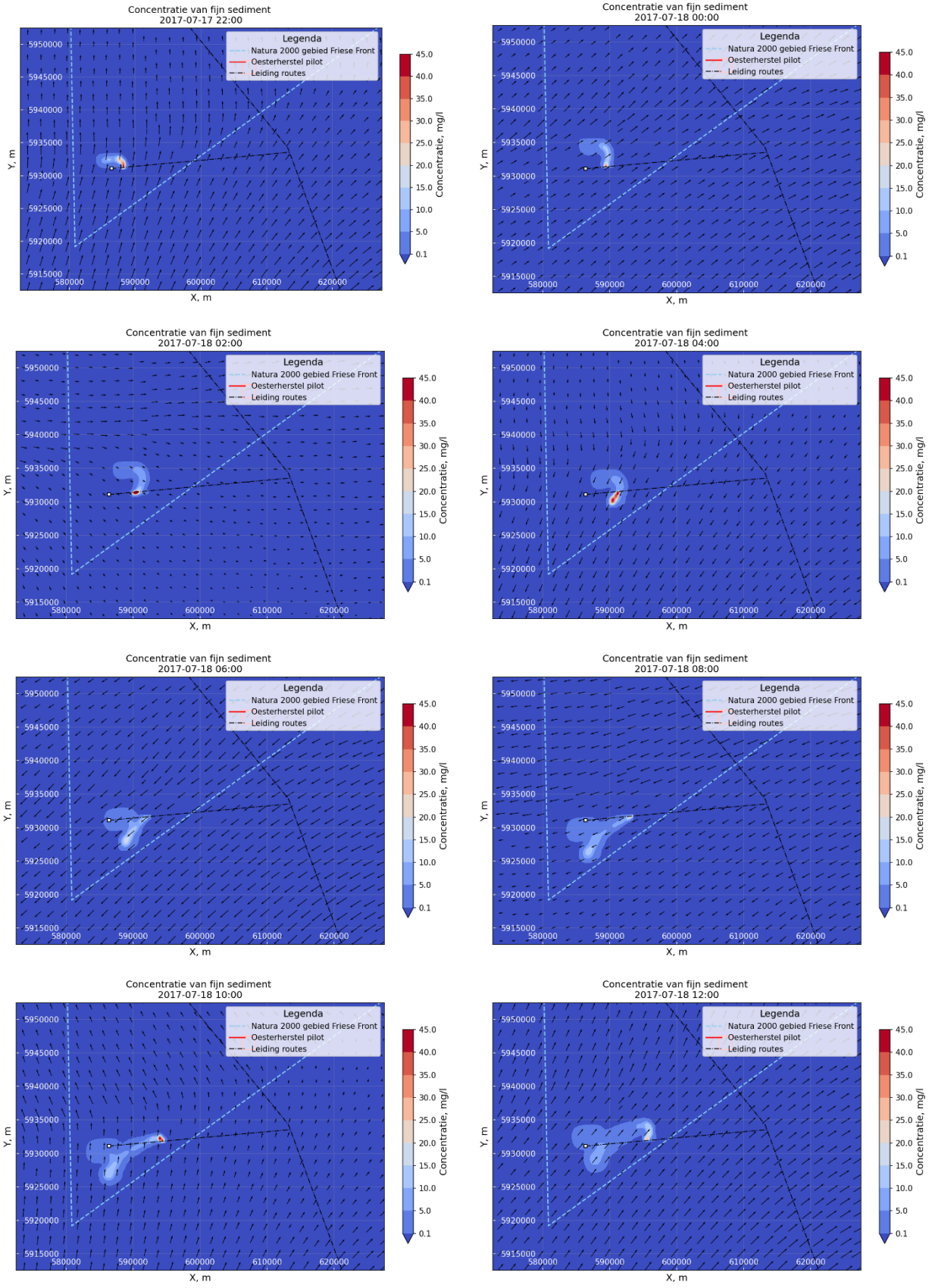
Kaarten tonen ook de maximale concentratie over de waterkolom. In Figuur 4-6 is te zien dat het gebied met hoge concentraties zich alleen in het onderste deel van de waterkolom bevindt, dicht bij de locatie van de bronterm (4 m boven de bodem).



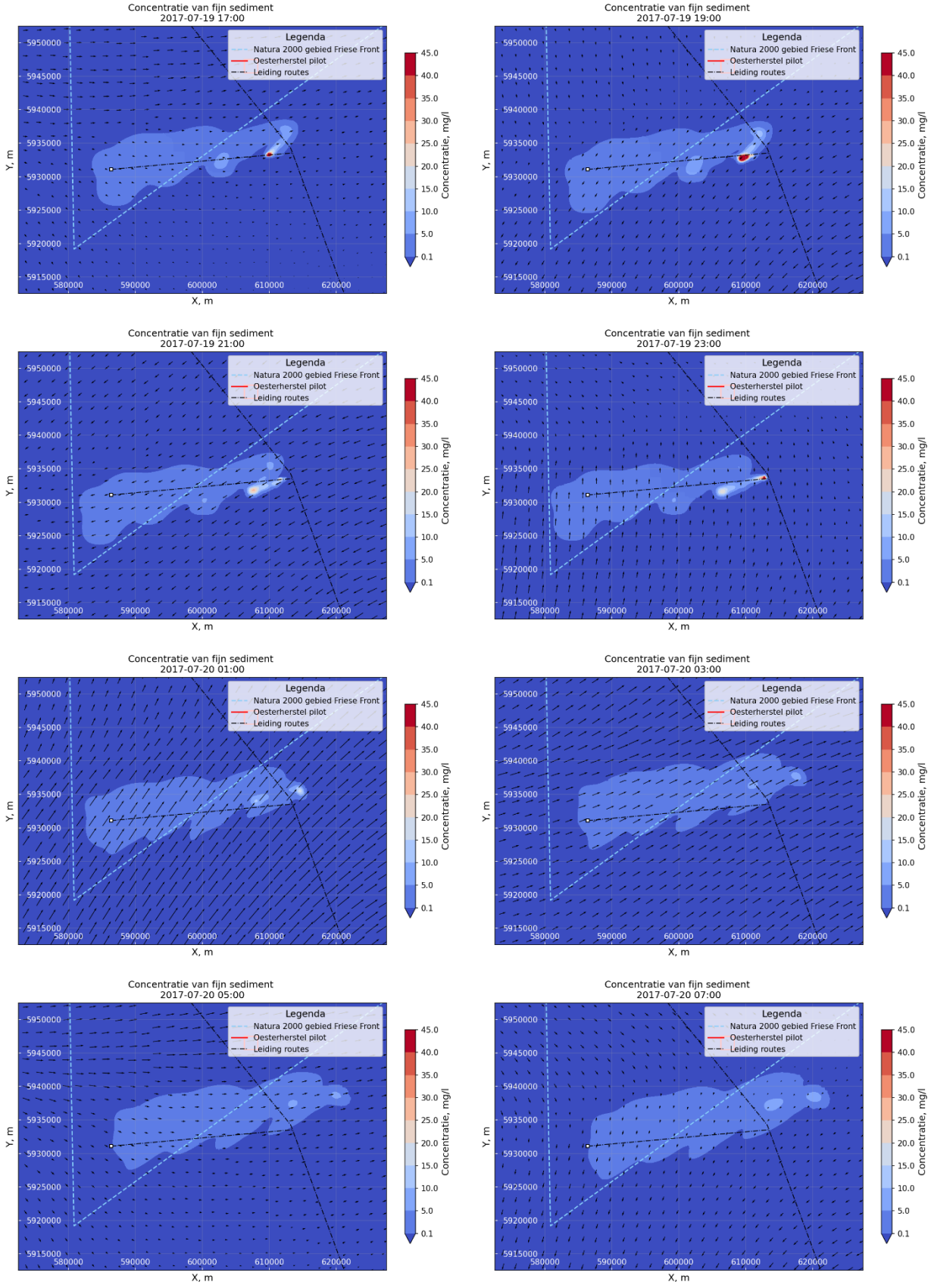
Figuur 4-1: Maximale concentratie van fijn sediment over de gehele waterkolom gedurende de simulatie



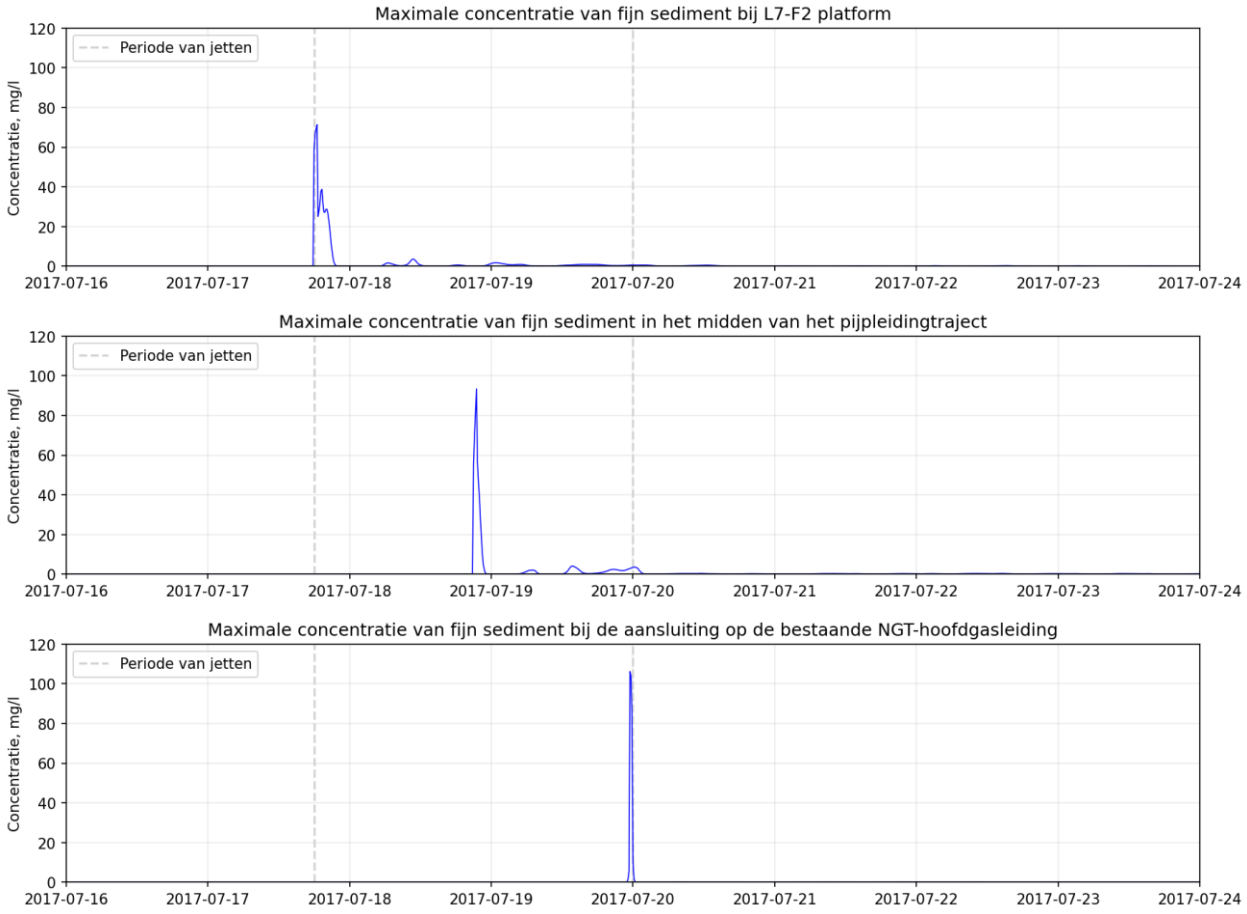
Figuur 4-2: Maximale concentratie van fijn sediment over de gehele waterkolom langs het pijpleidingtracé gedurende de simulatie (links – L7-F2 platform, rechts – aansluiting op de NGT-hoofdtransportleiding)



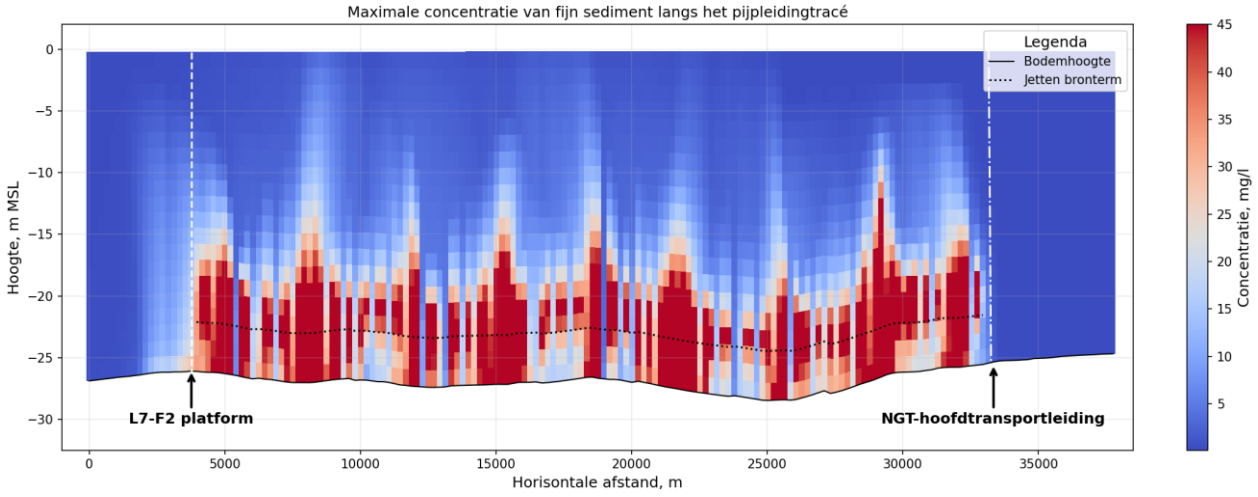
Figuur 4-3: Temporele variatie van de pluim tijdens het ingraven van de pijpleiding (begin)



Figuur 4-4: Temporele variatie van de pluim tijdens het ingraven van de pijpleiding (einde)



Figuur 4-5: Maximale concentratie van fijn sediment over de gehele waterkolom op verschillende locaties langs het pijpleidingtracé

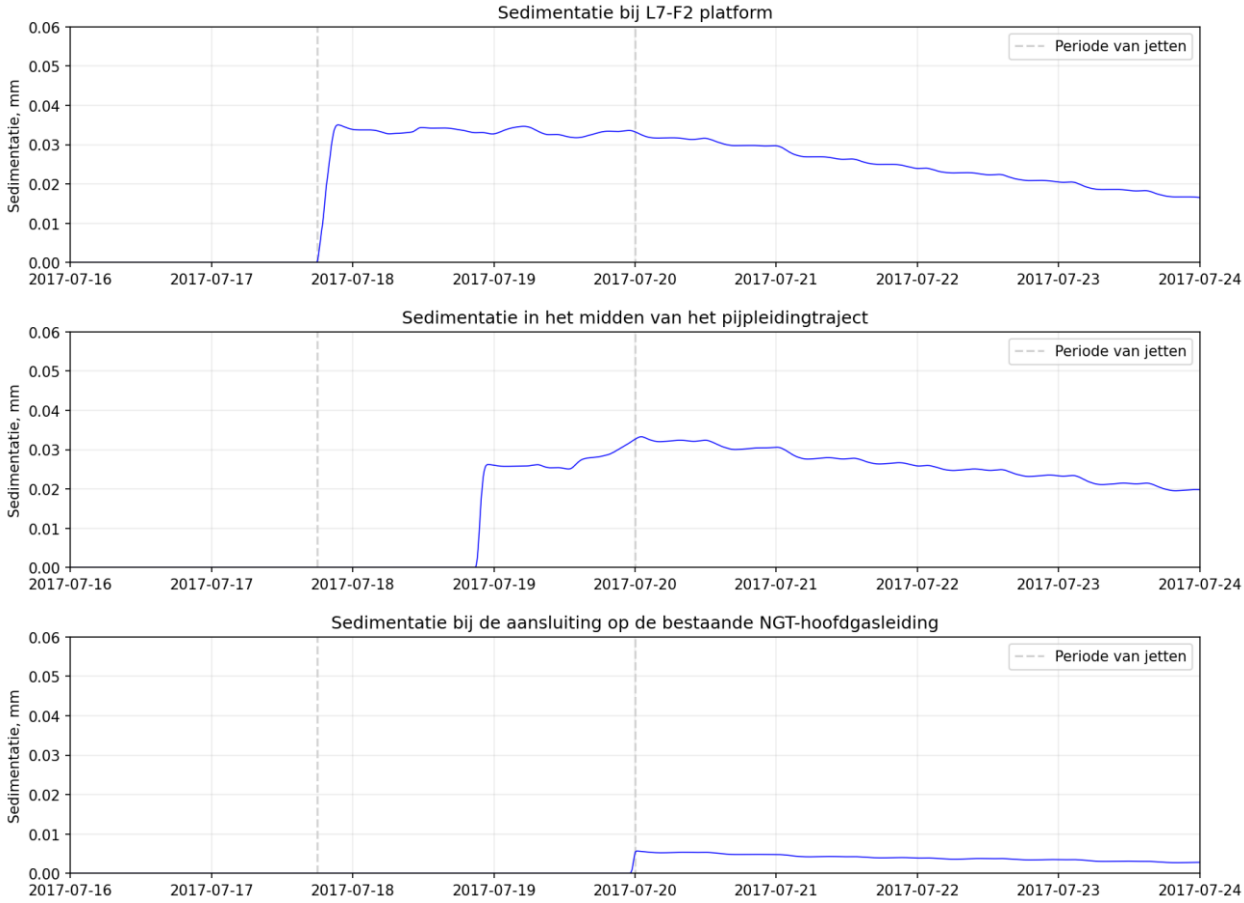


Figuur 4-6: Dwarsdoorsnede van de maximale concentratie van fijn sediment gedurende de simulatie langs het pijpleidingtracé

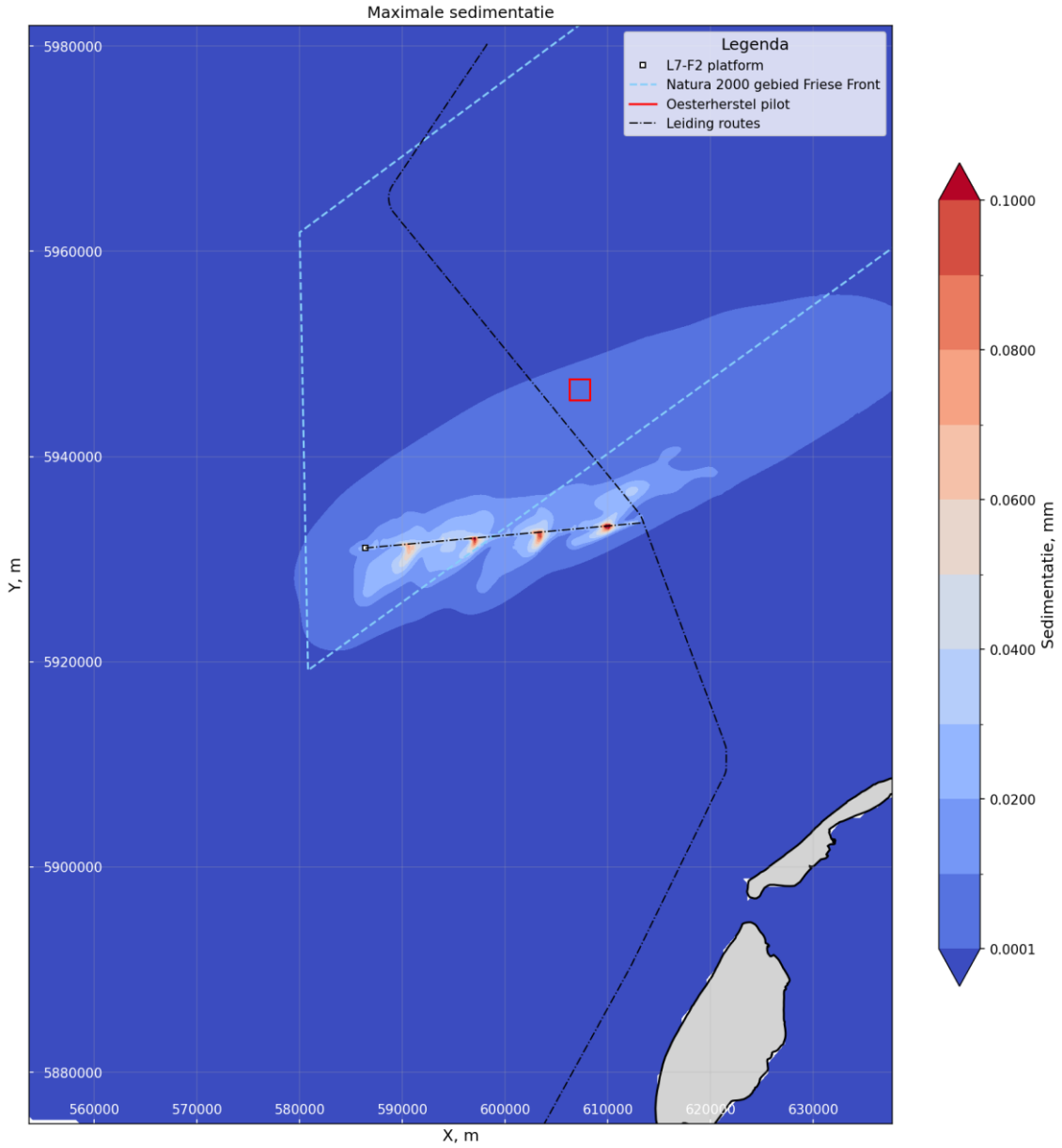
4.2 Sedimentatie als gevolg van *jetten*

In Figuur 4-8 is de maximale sedimentatie van fijn sediment afkomstig van het *jetten* gedurende de simulatie te zien. De maximale sedimentatie wordt waargenomen langs het tracé van de pijpleiding en Figuur 4-9 toont dat het varieert van 0,025 tot 0,15 mm afhankelijk van de locatie en getijdenfase tijdens de werkzaamheden. Uit Figuur 4-7, die de tijdreeks van sedimentatie op verschillende locaties langs het pijpleidingtracé toont, blijkt dat de meeste sedimentatie optreedt tijdens of snel na het ingraven op deze specifieke locatie. Daarna neemt de dikte van de sedimentlaag geleidelijk af. De maximale sedimentatie als gevolg van het *jetten* is op de locatie Oesterbankherstel over de gehele modelperiode niet hoger dan 0,01 mm.

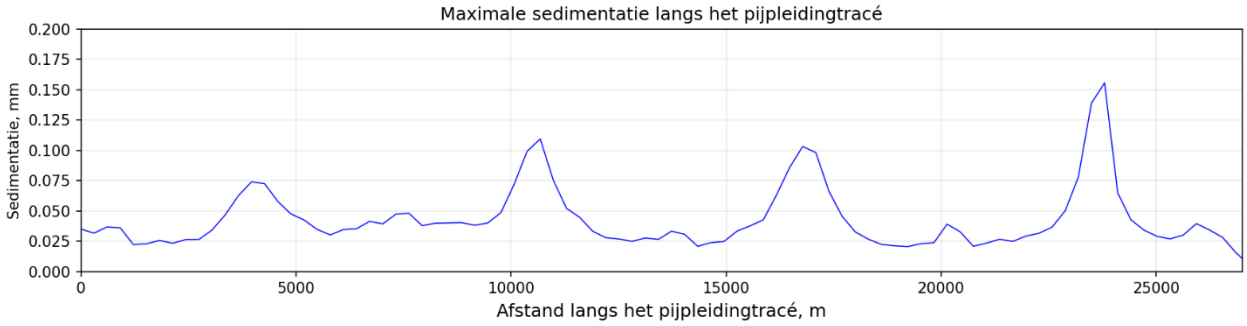
Gerealiseerd moet worden dat de afmetingen van de rekenroostercellen in het model rondom het tracé op z'n kleinst circa 100 meter is; daarbinnen is geen gedetailleerdere informatie beschikbaar. De sedimentatiedikte van fijn sediment is de ruimtelijk-gemiddelde sedimentatiedikte binnen zo'n 100-meter rekenroostercel.



Figuur 4-7: Sedimentatie op verschillende locaties langs het pijpleidingtracé als gevolg van het jetten



Figuur 4-8: Maximale sedimentatie als gevolg van het jetten gedurende de simulatie



Figuur 4-9: Maximale sedimentatie als gevolg van het jetten langs het pijpleidingtracé gedurende de simulatie (links – L7-F2 platform, rechts – aansluiting op de NGT-hoofdtransportleiding)

5 Conclusies en discussie

5.1 Conclusies

In deze studie is de verspreiding van fijn bodemmateriaal gemodelleerd, wat als gevolg van het ingraven van een pijpleiding in suspensie komt. Op basis van de modellering zijn de toegevoegde concentraties en sedimentatie rondom het tracé bepaald als gevolg van de graafwerkzaamheden, dus zonder de natuurlijke achtergrondconcentraties in de Noordzee. Hierbij is vooral gekeken naar de maximale concentraties tijdens het graven en de variatie in concentraties en maximale sedimentatiedikte op specifieke locaties. De effectbeoordeling van de werkzaamheden wordt in deze studie niet gegeven.

De resultaten van de modelsimulaties hebben het volgende aangetoond:

- De maximale concentratie fijn sediment als gevolg van de graafwerkzaamheden wordt waargenomen langs het pijpleidingtracé. Het varieert afhankelijk van de locatie en de getijdenfase tijdens de werkzaamheden tussen 50 en 250 mg/l en is aanzienlijk hoger dan de achtergrondconcentraties tijdens de zomerperiode (2-3 mg/l).
- De hoogste concentraties fijn sediment als gevolg van de graafwerkzaamheden worden alleen waargenomen op de locatie waar de werkzaamheden op dit specifieke moment worden uitgevoerd. Ze zijn beperkt tot het onderste deel van de waterkolom dicht bij de bron, worden gedurende een zeer beperkte periode waargenomen en nemen sterk af met de afstand van de pijpleiding.
- Tegen het einde van de graafwerkzaamheden neemt de totale omvang van de fijne sedimentpluim toe door het cumulatieve effect, maar de toegevoegde concentraties van deze residuele pluim zijn meestal niet hoger dan 5 mg/l.
- De maximale sedimentatie wordt waargenomen langs het tracé van de pijpleiding en varieert van 0,025 tot 0,15 mm afhankelijk van de locatie en getijdenfase tijdens de werkzaamheden.
- Op de Oesterbankherstel-projectlocatie is het effect zeer klein, de maximale concentratie als gevolg van graafwerkzaamheden is niet hoger dan 0,1 mg/l en de maximale sedimentatie is lager dan 0,01 mm.

5.2 Onzekerheden

De resultaten zijn gebaseerd op een aantal aannames in de modelinput. De belangrijkste aannames hierbij zijn gericht op de sedimenteigenschappen van de zeebodem ter plekke, het percentage van het fijne sediment dat bij het ingraven in suspensie komt, de snelheid van de graafmachine, de timing van het ingraven ten opzichte van de hydrodynamische condities (getij en golven) en intrinsieke modelonzekerheden. Deze studie geeft dus een indicatief beeld van de sedimentpluimen die kunnen ontstaan bij het ingraven van de pijpleiding.

De eigenschappen van de zeebodem langs het pijpleidingtracé, waaronder het percentage fijn sediment, cohesiviteit (kleverigheid) en de dichtheid van het sediment, spelen een belangrijke rol bij het bepalen van de bronterm. In de huidige studie bestond het bodemmateriaal meestal uit middelgroot en fijn zand, dat niet in suspensie komt tijdens de graafwerkzaamheden en niet ver van het pijpleidingtrace wordt getransporteerd. Het aandeel zeer fijn zand varieerde langs het tracé met een maximum van ongeveer 5% en slib werd slechts op 1 van de 23 locaties waargenomen.

Naast de bodemeigenschappen ter plekke is ook het percentage fijn materiaal dat daadwerkelijk in suspensie wordt gebracht (en dus niet in de zandhopen terecht komt) onzeker. De keuze voor dit percentage werkt lineair door in de brontermen en is dus ook medebepalend voor de sedimentpluimen die ontstaan bij het ingraven. In deze studie werd uitgegaan van het hoogste aandeel zeer fijn zand en de laagst mogelijke

korreldiameter (62,5 µm), waarbij 100% van deze sedimenten in suspensie kwam als gevolg van jetting om een conservatief scenario weer te geven.

Ook is er de rijsnelheid van de graafmachine die een groot verschil kan maken in de brontermen: een twee keer zo grote rijsnelheid geeft een tweemaal zo grote bronterm in die sectie. Hierbij moet echter wel gerealiseerd worden dat het totale ingravingsproces dan ook tweemaal zo kort duurt, waardoor het totale effect op de sedimentconcentratie en sedimentatie beperkt blijft. In deze studie werd uitgegaan van de maximaal mogelijke snelheid van het jetten, wat resulteert in de hoogste concentraties van fijn sediment nabij de bron.

Ook de timing van het ingraven is bepalend voor de pluimvorming. Het maakt namelijk een verschil of gestart wordt met ingraven tijdens eb, vloed of kentering. Aangezien per sectie van de leiding maar circa een half uur geloosd wordt, hangt de exacte vorm van de pluim (de uitlopers richting het oosten en westen) af van deze timing. Daarnaast is er ook een langdurigere variatie in het getij: springtij en doodtij. Aangezien de totale lozingsduur in de orde van een aantal dagen is, heeft ook deze timing effect op de pluimverspreiding. Ook kan de timing ten opzichte van bijvoorbeeld een storm en het seizoen effect hebben op de verspreiding en sedimentatie van het fijne sediment. In deze studie werd aangenomen dat de werkzaamheden zijn uitgevoerd in het rustige periode zonder stormen en tijdens doodtij, wat overeenkomt met het meest negatieve scenario voor de pluimverspreiding.

Verder is een model zoals D-Flow FM een versimpeling van de werkelijkheid. Zo wordt een rekenrooster gebruikt om het aantal rekenpunten waarin de sturende processen en verspreiding van het fijne materiaal berekend wordt terug te brengen tot een behapbaar aantal. Dit kan ten koste gaan van het detailniveau: de ruimtelijke variatie in sedimentconcentratie en sedimentdikte binnen de cellen van het rekenrooster blijven onbekend. Bovendien worden processen die op een kleinere schaal dan de afmeting van de rekenroostercellen plaatsvinden (bijv. turbulentie) niet nauwkeurig berekend.

Gezien de onzekerheden wat betreft de natuurlijke variatie in stromings-, golf- en windcondities, de onzekerheden en de vereenvoudigingen in de modellering, moeten de resultaten van de modellering eerder als een antwoord met ordegrootte worden gezien, in plaats van een exact antwoord. In het algemeen wordt een onzekerheidsmarge van factor 2 aangehouden voor sedimenttransportberekeningen. Dit betekent dat de daadwerkelijke concentraties en sedimentatiediktes tussen orde de helft tot twee keer de berekende concentraties en sedimentatiedikte liggen. Gezien de zeer kleine voorspelde sedimentatiediktes zou ook een verdubbeling van deze voorspelde sedimentatiedikte nog een zeer kleine sedimentatiedikte betekenen.

6 Referenties

[1] Royal HaskoningDHV, „Pluimmodellering L7,” 2024.

[2] Furgo, „Neptune Energy Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58,” 2024.

[3] RIKZ, „Variability of near-surface total suspended matter concentrations in the Dutch coastal zone of the North Sea,” Rapport RIKZ/OS/2001.150X, 2001.

[4] F. Zijl, T. Zijlker, S. Laan en J. Groenenboom, „3D DCSM FM: a sixth-generation model for the NW European Shelf, 2022 release, 11208054-004-ZKS-0003,” Deltares, 2023.

[5] F. Zijl, S. Laan, L. Leummens, T. Zijlker, T. van Kessel, V. van Zelst, L. Jaksic, L. Vilmin, L. Schneider en L. van Duren, „Scenario studies on potential ecosystem effects in future offshore wind farms in the North Sea, 11208071-001-ZKS-0010,” Deltares, 2023.

RAPPORT

Stikstofberekening L7-F

Klant:	Eni Energy Netherlands b.V.
Referentie:	BH5808-146 L7-F Aerius 20251027
Status:	Definitief/03
Datum:	27 October 2025

Haskoning
Enhancing Society Together

HASKONING NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 70 00
E-mail: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Stikstofberekening L7-F
Ondertitel:	
Referentie:	BH5808-146 L7-F Aerius 20251027
Uw kenmerk	Click or tap here to enter text.
Status:	Definitief/03
Datum:	27 October 2025
Projectnaam:	Gaswinning l7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Auteur(s):	RvdV, ES
Opgesteld door:	Haskoning
Gecontroleerd door:	MGi
Datum:	28 oktober 2025
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	28 oktober 2025
Classificatie:	Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
2	**Stikstofemissies boringen**	**1**
2.1	Emissies boorplatform	1
2.2	Sleepboten boorplatform	2
2.3	Fakkel	2
2.4	Bevoorradingsschepen	2
2.5	Helikopters	3
2.6	Wachtschepen	3
3	**Stikstofemissies aanlegwerkzaamheden**	**4**
3.1	Plaatsing productieplatform	4
3.2	Leggen gasleiding en aansluiting op bestaande NOGAT-leiding	5
4	**Stikstofemissies gasproductie**	**6**
4.1	Emissies productieplatform	6
4.2	Schepen en helikopters	6
5	**Rekeninstellingen en resultaten**	**7**
6	**Conclusie**	**8**
7	**Referentielijst modelschepen**	**8**

Tabellen

Tabel 1: Bepaling NO_x- en NH_3-emissievracht als gevolg van de dieselgeneratoren op het boorplatform 2
Tabel 2: Bepaling emissievrachten als gevolg van de plaatsing van het productieplatform 2
Tabel 3: Bepaling NO_x-emissievracht als gevolg van het affakkelen van gas tijdens de boringen op het boorplatform 2
Tabel 4: Bepaling NO_x-emissievracht als gevolg van supply vessels 3
Tabel 5: Bepaling NO_x-emissievracht als gevolg van het wachtschip 3
Tabel 6: Bepaling emissievrachten als gevolg van de plaatsing van het productieplatform 5
Tabel 7: Bepaling emissievracht door het leggen van de gasleiding en koppeling op de bestaande NGT-leiding 5
Tabel 8: Bepaling emissievracht NO_x in verband met de energievoorziening op het productieplatform 6
Tabel 9: Bepaling jaarlijkse emissievracht als gevolg van platformbezoeken tijdens de operationele fase. 6
Tabel 10: Rekeninstellingen AERIUS Calculator 7
Tabel 11: Resultaten AERIUS berekening 7
Tabel 12: Overzicht van de gebruikte referentieschepen 8

Bijlagen

Bijlage 1: Aerius berekening bouwfase

Bijlage 2: Aerius berekening productiefase

1 Inleiding

Eni Energy Netherlands B.V. (verder: Eni Energy) is van plan om op de Noordzee het L7-F-gasveld te ontwikkelen. Dit voornemen bestaat uit het boren van een aantal gaswinputten, het aanleggen van een gasproductieplatform en een gasleiding voor het winnen van het gas, en het daadwerkelijk winnen van aardgas met de faciliteiten. In dit rapport worden de NO_x, NH_3 en CO_2-emissies geraamd die met dit voornemen samenhangen. In de volgende paragrafen is dit beschreven.

Bij de berekening van de stikstofdepositie als gevolg van de transporten naar de platformlocatie is alleen het verkeer tot aan het punt meegenomen waar 'het is opgenomen in het heersend verkeers- en vaarbeeld'. Dit is conform de invulinstructie van AERIUS 2025. De instructie vermeldt daarbij nog expliciet dat zeescheepvaart buitengaats wordt beschouwd als onderdeel van het heersende verkeersbeeld en dat dit niet hoeft te worden gemodelleerd. De reden achter deze aanpak is dat het verkeer op doorgaande wegen al verwerkt is in de achtergrondconcentratie en dat projectverkeer na het opmengen hier niet nog een keer in hoeft te worden berekend. In tegenstelling tot de AERIUS-instructie is het vaarverkeer van het platform naar een scheepsroute wel meegenomen, hoewel dat buitengaats niet zou hoeven.

2 Stikstofemissies boringen

Voor het project wordt de eerder geboorde exploratieput heropend en worden twee nieuwe gasputten geboord. Het boren kost bij elkaar ruim zeven maanden. De stikstofemissies tijdens de boringen bestaan uit de emissies van het boorplatform en de scheeps- en luchtvaartbewegingen ten behoeve van de boringen. Onderstaand zijn de emissiebronnen beschreven die een relevante bijdrage leveren aan de emissie van NO_x en NH_3.

2.1 Emissies boorplatform

De proefboring wordt uitgevoerd met een mobiel zelfheffend boorplatform. Dergelijke boorplatforms worden voor het overgrote deel elektrisch aangedreven, waarbij de elektriciteit met eigen dieselgeneratoren op het boorplatform wordt opgewekt.

Om een betrouwbare elektriciteitsvoorziening te krijgen, zijn op boorplatforms in het algemeen vier tot zes (identieke) generatoren aanwezig. Om de emissies van stikstof en daarmee de stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitattypen in Natura 2000-gebieden op land te beperken, streeft Eni Energy ernaar om een boorplatform te contracteren waarop Best Beschikbare Technieken (BBT) zijn toegepast om de NO_x-emissies van de generatoren te reduceren, waaronder het uitrusten van de generatoren met SCR-systemen (Selective Catalytic Reduction). Omdat de beschikbaarheid van een dergelijk boorplatform niet gegarandeerd kan worden, is in deze stikstofberekeningen uitgegaan van een boorplatform zonder SCR's.

De emissiekentallen die voor de berekeningen gebruikt zijn, zijn ontleend aan een rapportage van de leverancier van het boorplatform van een vergelijkbare boring voor het Q10-A-project. In dit geval is dit de Prospector 1 van de firma Borr Drilling. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de gebruikte parameters voor de dieselgeneratoren.

NB: Het Borr Prospector 1 boorplatform is hier als typisch platform opgevoerd, maar Eni Energy houdt zich het recht voor om een ander boorplatform met gelijkwaardige prestaties in te zetten.

Tabel 1: Bepaling NO_x- en NH_3-emissievracht als gevolg van de dieselgeneratoren op het boorplatform

Parameter	Totaal boringen
Dieselverbruik generatoren totale boring (7,5 maanden à 11 m^3/ dag)	2080 m^3 diesel
NO_x-emissie o.b.v. een gemiddelde emissie van 10.65 kg NO_x/dag (opgave Borr)	15 400 kg NO_x
CO_2-emissie o.b.v. een CO_2-emissiefactor van 3.10 kg CO_2/ kg diesel	6450 ton CO_2

2.2 Sleepboten boorplatform

Het boorplatform wordt via een scheepvaartroute over de Noordzee door een of twee sleepboten naar de locatie gebracht en vervolgens daar geplaatst. Er wordt vanuit gegaan dat het mobiliseren en demobiliseren beide een dag duurt en dat twee sleepboten worden gebruikt.

In onderstaande tabel is de bepaling van de emissievrachten samengevat.

Tabel 2: Bepaling emissievrachten als gevolg van de plaatsing van het productieplatform

Bron	Categorie schip	Scheeps-dagen	Dieselverbruik [ton/jaar]	Emissievracht [kg NO_x/jaar]	Emissievracht [ton CO_2/jaar]
Sleepboten	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 3 000 - 4 999	4	4	200	11

2.3 Fakkel

Na het boren van een put wordt deze schoongeproduceerd en getest. Hierbij wordt (een deel van) het geproduceerde gas afgefakkeld (‘*flaring*’). De hoeveelheid af te fakkelen gas varieert per type put en of het testgas via de procesinstallatie op het productieplatform verwerkt worden. In dat geval hoeft alleen het eerste gas dat nog te sterk verontreinigd is met resten boorspoeling, gefakkeld te worden. Bij dit onderzoek wordt er conservatief vanuit gegaan dat per put één miljoen Nm^3 aardgas wordt gefakkeld. Dit is ook de maximale toegestane hoeveel op grond van de methaanverordening.

Voor het bepalen van de emissievracht van de fakkel op het boorplatform wordt aangesloten bij de systematiek uit MilieuMonitor 14[1]. Hierin wordt voor NO_x een emissiekental van 9 g/GJ gegeven bij volledige verbranding en 4,5 g/GJ bij onvolledige verbranding. Als worst case-aanname wordt een emissiekental van 9 g/GJ gehanteerd voor het bepalen van de NO_x-emissievracht tijdens het affakkelen.

Tabel 3: Bepaling NO_x-emissievracht als gevolg van het affakkelen van gas tijdens de boringen op het boorplatform

Parameter	Totaal boringen
Totale fakkelhoeveelheid (3 putten à 1 miljoen Nm^3/put)	3 miljoen Nm^3 aardgas
NO_x-emissie o.b.v. een emissiefactor van 9 g NO_x/ GJ	970 kg NO_x
CO_2-emissie o.b.v. een CO_2-emissiefactor van 1.78 kg CO_2/Nm^3 aardgas	4270 ton CO_2

2.4 Bevoorradingsschepen

Voor de bevoorrading van het boor- en het productieplatform worden de platforms regelmatig bezocht door bevoorradingsschepen (supply vessels). De schepen varen vanaf de scheepvaartroute over de Noordzee over een afstand van ongeveer 25 km naar de platformlocatie. Aangenomen wordt dat vanwege deze relatief korte afstand ieder bezoek van een supply vessel equivalent is aan een halve scheepsdag.

[1] *‘Diffuse emissies en emissies bij op- en overslag, Handboek emissiefactoren’ Rapportagereeks MilieuMonitor, nummer 14, RIVM, maart 2004.*

Tabel 4: Bepaling NO_x-emissievracht als gevolg van supply vessels

Parameter	Totaal boringen
Scheeptype AERIUS	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 1000 - 2999
Aantal scheepsdagen berekend op basis van 5 bezoeken per week à 0,5 scheepsdag per bezoek	43 scheepsdagen
NO_x-emissie o.b.v. een emissiekental van 28,3 kg NO_x/scheepsdag	2290 kg NO_x
Dieselverbruik	43 ton diesel
CO_2-emissie o.b.v. een CO_2-emissiefactor van 3.10 kg CO_2/ kg diesel	130 ton CO_2

1) Voor een overzicht van alle gehanteerde modelschepen en bijbehorende emissiekentallen wordt verwezen paragraaf 7.

2.5 Helikopters

Het boor- en het productieplatform worden regelmatig bezocht per helikopter. Iedere helikopter landt en stijgt per bezoek eenmaal op het helidek (*Landing and Take-Off*; LTO). De kruishoogte van een helikopter is 3000 voet (circa 900 meter). Aangenomen mag worden dat deze zich boven de onderste inversielaag in de atmosfeer bevindt. Hierdoor vindt verspreiding van geëmitteerde stoffen op zo'n grote schaal plaats dat het effect van het vliegen van helikopters op kruishoogte niet meer merkbaar is op leefniveau (1,5 meter hoogte). Daarom wordt voor helikopters alleen de LTO op het helidek beschouwd als relevante emissie-bron. De emissievracht als gevolg van de LTO van helikopters is berekend op grond van de emissiekentallen zoals gegeven in de rapportage 'Guidance on the Determination of Helicopter Emissions' van het Zwitserse 'Federal Office of Civil Aviation' (FOCA)[2]. Daarbij is de EC155b van Eurocopter/Airbus als representatief model gehanteerd. Dit levert een emissiekental van 0,286 kg NO_x/LTO. Verwacht wordt dat het boorplatform gedurende ruim zeven maanden zes keer per week bezocht wordt ofwel bijna 200 bezoeken in totaal 60 kg NO_x.

2.6 Wachtschepen

Gedurende de boringen is continu een wachtschip of guard vessel aanwezig. Op basis van het scheepstype voor wachtschepen en het bijbehorende emissiekental is hieronder de emissievracht van deze bron samengevat.

Tabel 5: Bepaling NO_x-emissievracht als gevolg van het wachtschip

Parameter	Totaal boringen
Scheeptype AERIUS	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 100 - 1599
Aantal scheepsdagen	227 scheepsdagen
NO_x-emissie o.b.v. een emissiekental van 7,5 kg NO_x/scheepsdag	1700 kg NO_x
Dieselverbruik	33 ton diesel
CO_2-emissie o.b.v. een CO_2-emissiefactor van 3.10 kg CO_2/ kg diesel	98 ton CO_2

1) Voor een overzicht van alle gehanteerde modelschepen en bijbehorende emissiekentallen wordt verwezen paragraaf 7.

[2] *'Guidance on the Determination of Helicopter Emissions', edition 2, FOCA, december 2015, ref: COO.2207.111.2.2015750*

3 Stikstofemissies aanlegwerkzaamheden

De aanleg omvat het plaatsen van het productieplatform en het leggen van de pijpleiding voor de afvoer van het gewonnen aardgas. De stikstofemissies tijdens de aanleg bestaan vooral uit de emissies van de werkschepen die bij de aanleg worden gebruikt. Onderstaand zijn de emissiebronnen beschreven die een relevante bijdrage leveren aan de emissie van NO_x en NH_3.

Bij alle aanlegactiviteiten geldt dat de invloed van de emissies afkomstig van de schepen wordt bepaald vanaf een doorgaande scheepsroute tot aan platformlocatie en terug. Schepen op een scheepsroute bevinden zich in het heersende verkeersbeeld en worden niet tot het project gerekend, omdat deze al in de achtergrondconcentraties opgenomen zijn. De afstand van de scheepvaartroute tot aan de locatie van het platform is conservatief geraamd op 25 km (50 km retour).

In dit stadium van het project staan nog niet alle ingezette schepen en scheepstypes vast. Daarom wordt voor de verschillende activiteiten uitgegaan van een aantal typische schepen. Per schip wordt daarbij uitgegaan van een gemiddeld scheepstype en een typische inzetduur. De inzetduur wordt uitgedrukt in ‘scheepsdagen’. Dit is het aantal equivalente dagen dat een bepaald scheepstype in totaal aanwezig is. Voor een scheepsdag wordt aangenomen dat deze 24 uur duurt, zodat variaties in ligtijd, motorcapaciteit en het varen van/naar de scheepvaartroute verdisconteerd zijn in het te hanteren emissiekental. Bij alle aannames geldt dat bij onzekerheden wordt uitgegaan van conservatieve aannames om een onderschatting van de emissies te voorkomen.

Voor een overzicht van representatieve schepen per brontype die als modelschip gehanteerd zijn, wordt verwezen naar paragraaf 7. Hierin is tevens de bepaling van de emissiekentallen opgenomen. Daarbij is het jaar 2026 als peiljaar gehanteerd, omdat dit het vroegste jaar is dat de activiteiten kunnen plaatsvinden. Trends van emissiekentallen voor schepen tonen aan dat motoren van schepen steeds schoner worden, waarmee het hanteren van het oudere jaren als ‘worst case’-aanname geldt.

3.1 Plaatsing productieplatform

Het productieplatform wordt via een scheepvaartroute over de Noordzee door een sleepboot naar de locatie gebracht en vervolgens met een kraanschip geplaatst. Er wordt vanuit gegaan dat de plaatsing van het productieplatform ongeveer tien dagen in beslag neemt. Gedurende die periode wordt ervan uitgegaan dat de volgende schepen aanwezig zijn:

- 1 sleepboot om het platform naar de locatie te vervoeren: totaal 1 scheepsdag;
- 1 kraanschip voor het plaatsen van het platform: totaal 10 scheepsdagen;
- 1 guard vessel voor beveiliging en calamiteitondersteuning (stand-by aanwezig): totaal 10 scheepsdagen.

In onderstaande tabel is de bepaling van de emissievrachten samengevat.

Tabel 6: Bepaling emissievrachten als gevolg van de plaatsing van het productieplatform

Bron	Categorie schip	Scheeps-dagen	Dieselverbruik [ton/jaar]	Emissievracht [kg NO_x/jaar]	Emissievracht [ton CO_2/jaar]
Sleepboten	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 3 000 - 4 999	4	4	200	11
Kraanschip	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 10 000 - 29 999	10	40	2180	125
Wachtschip	Koelschepen en vissersschepen, GT: 100 - 1 599	10	1,5	75	5

3.2 Leggen gasleiding en aansluiting op bestaande NOGAT-leiding

Het geproduceerde gas wordt via een nieuw te leggen gasleiding naar de NOGAT-leiding getransporteerd. Deze nieuwe gasleiding wordt gelegd met een pijpenlegschip. Daarnaast zijn diverse andere schepen ter ondersteuning aanwezig. Na het leggen wordt de leiding aangesloten op het platform en de NOGAT-leiding wat ook de inzet van schepen vereist. In totaal wordt, op basis van voorlopige studies van Eni Energy, ervan uitgegaan dat de volgende schepen ingezet worden:

- 1 pijpenlegschip voor het leggen van de gasleiding: totaal 45 scheepsdagen (inclusief marge voor slecht weer);
- 1 stenenstortschip voor afstorten van kruisingen met kabels en leidingen van derden: totaal 15 scheepsdagen (inclusief marge voor slecht weer;
- 1 guard vessel voor beveiliging en calamiteitondersteuning (stand-by aanwezig): totaal 45 scheepsdagen;
- 1 supply vessel (bevoorradingsschip) voor aan- en afvoer van mensen en materieel: totaal 40 bezoeken à een halve scheepsdag is 20 scheepsdagen;
- 1 diving support vessel (duikondersteuningsschip) voor subsea construction (stand-by aanwezig): totaal 75 scheepsdagen (inclusief marge voor slecht weer);

De emissievrachtbepaling is in tabel 7 samengevat.

Tabel 7: Bepaling emissievracht door het leggen van de gasleiding en koppeling op de bestaande NGT-leiding

Bron	Categorie schip	Scheeps dagen	Dieselverbruik [ton/jaar]	Emissievracht [kg NO_x/jaar]	Emissievracht [ton CO_2/jaar]
Pijpenlegschip	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 10 000 - 29 999	45	180	9810	565
Steenstorter	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 10 000 - 29 999	15	60	3270	52
Guard vessel	Koelschepen en vissersschepen, GT: 100 - 1599	45	6	350	2
Supply vessel	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 1000 - 2999	20	100	570	312
Duikondersteuningsschip	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 5000 - 9999	75	105	5700	327

4 Stikstofemissies gasproductie

Na de plaatsing van het platform en het boren van de putten wordt gestart met de gasproductie. In de productiefase worden stikstofemissies vooral veroorzaakt door de energievoorziening op het L7-F-platform en de scheeps- en luchtvaartbewegingen ten behoeve van de activiteiten. Onderstaand zijn de emissiebronnen beschreven die een relevante bijdrage leveren aan de emissie van NO_x.

4.1 Emissies productieplatform

Het productieplatform wordt voornamelijk elektrisch bedreven, waarbij de elektriciteit met een of twee gasmotor gedreven elektriciteitsgeneratoren wordt opgewekt. Gezien de afstand tot land, is ‘walstroom’ niet mogelijk. Daarnaast is een diesel gedreven noodstroomgenerator voor het geval van elektriciteitsuitval.

Ook wordt voorzien dat na een aantal jaar depletiecompressie wordt ingezet om bij een dalende druk in het veld, de gasproductie op peil te houden. De compressor(en) word(en) door een gasmotor of gasturbine aangedreven. In totaal wordt geraamd dat het eigen gasverbruik voor de energievoorziening, gascompressie en enkele kleine verbruikers maximaal zes miljoen kubieke meter gas per jaar bedraagt. Alle stookinstallatie motor voldoet aan de emissie-eisen van het Bal. De NO_x-emissiegrenswaarde voor grote gasmotoren bedraagt 35 mg/Nm^3. Uitgaande van deze waarde levert dit een jaarlijkse NO_x-emissie van 5600 kg NO_x op.

Tabel 8: Bepaling emissievracht NO_x in verband met de energievoorziening op het productieplatform

Bron	Emissie-eis NO_x [mg/Nm^3]	Gasverbruik [Nm^3/jaar]	Stoich. droog RG-volume @ 15% O_2) [Nm^3/Nm^3]	Emissievracht [kg NO_x/jaar]	Emissievracht [ton CO_2/jaar]
Eigen gasverbruik	35	6 miljoen	26,6	5590	10 700

4.2 Schepen en helikopters

Evenals bij de boringen worden ook tijdens gasproductie schepen en helikopters ingezet voor de bevoorrading van het platform en het vervoer van personeel. De bezoekfrequentie is echter veel lager omdat tijdens productie veel minder materiaal en materieel getransporteerd hoeft te worden. Ook is tijdens productie geen guard vessel vereist. Verwacht wordt dat het platform gemiddeld eens per week per helikopter (52 LTO’s) wordt bezocht wat resulteert in een emissie van in totaal 15 kg NO_x (52 bezoeken à 0,286 kg NO_x/LTO).

Naar verwachting wordt het platform in de operationele fase eens per twee weken bezocht per schip (26 bezoeken à een halve scheepsdag).

Tabel 9: Bepaling jaarlijkse emissievracht als gevolg van platformbezoeken tijdens de operationele fase.

Bron	Categorie schip	Scheeps dagen	Dieselverbruik [ton/jaar]	Emissievracht [kg NO_x/jaar]	Emissievracht [ton CO_2/jaar]
Supply vessel	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 1000 - 2999	13	65	370	200

De NO_x- emissievrachten van de schepen als helikopters is beschreven in de betreffende onderdelen van paragraaf 2.

Evenals bij de boringen worden ook tijdens concurrent operations schepen (supply vessels) en helikopters ingezet voor de bevoorrading van het platform en het vervoer van personeel. Er is vanuit gegaan dat de bezoeken worden gecombineerd voor de boringen en gasproductie. De bezoekfrequentie wordt bepaald

door de boringen omdat daarvoor de meeste transporten nodig zijn. Er zijn dus geen extra bezoeken voor het productieplatform vereist. In verband met de afvoer van boorgruis en -spoeling in het aangepaste VKA is het aantal supply vessels tijdens de jaren met boringen (Jaar1 en Jaar3) hoger dan bij het oorspronkelijke VKA.

5 Rekeninstellingen en resultaten

De stikstofdepositie is berekend met behulp van AERIUS Calculator. Het model bestaat uit de invoer van de verwachte emissiebronnen die zijn geïnventariseerd in hoofdstuk 2. De gehanteerde rekeninstellingen staan in Tabel 10.

Tabel 10: Rekeninstellingen AERIUS Calculator

Omschrijving	Toelichting
Versie AERIUS Calculator	Versie 2025.1
Rekenjaar	2026 (aanleg) en 2027 (winning)
Berekende stoffen	NO_x + NH_3
Rekenconfiguratie	Bereken natuurgebieden
Beoordeling gebouwinvloeden[1)]	Er is geen gebouwinvloed van toepassing als wordt voldaan aan één van de onderstaande criteria: 1. Uitsluitend mobiele bronnen 2. Afstand > 3 km tot Natura 2000-gebieden 3. Geen dominant gebouw in omgeving (binnen een afstand van 10 keer de gebouwhoogte van het dominante gebouw) 4. Schoorsteenhoogte > 2,5 x gebouwhoogte Aangezien de afstand tot Natura 2000-gebieden meer dan 3 km is, is gebouwinvloed niet van toepassing.
Beoordeling pluimstijging[1)]	Gebruik vaste default waarden in AERIUS Calculator.

1) Gebouwinvloed en pluimstijging zijn beoordeeld op basis van de criteria in Instructie gegevensinvoer voor AERIUS Calculator 2025, *versie 1, Oktober 2025, Auteur: Expertiseteam Stikstof en Natura 2000 van BIJ12,* *https://www.aeriusproducten.nl/documenten/publicaties/2025/10/7/instructie-gegevensinvoer-aerius-calculator-2025*

De resultaten van de uitgevoerde stikstofdepositieberekeningen zijn weergegeven in de onderstaande tabel. In deze tabel is ook het unieke AERIUS-kenmerk genoemd. De AERIUS-rapportages zijn separaat als bijlage bijgevoegd aan deze notitie.

Tabel 11: Resultaten AERIUS berekening

Situatie	AERIUS-kenmerk	Emissie NO_x (ton/jaar)	Emissie NH_3 (kg/jaar)	Grootste toename	Grootste afname
Beoogde situatie aanleg en boren	RxwRRpmZQYkn	42,7	0	-	-
Beoogde situatie winning	RejCSgcMU6Bv	6,0	0	-	-

6 Conclusie

Eni Energy heeft het voornemen om het L7-F-platform op te richten en daarmee aardgas te winnen en af te voeren. Een stikstofdepositieberekening is uitgevoerd om te onderzoeken wat de effecten van de vrijgekomen emissies van de activiteit zijn op de nabijgelegen stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden.

Uit de berekeningen met AERIUS Calculator volgt een maximale stikstofdepositiebijdrage van 0,00 mol/ha/jaar op stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in Nederland. Dit betekent dat significant negatieve effecten op Natura 2000-gebieden als gevolg van de stikstofemissies van het project uit te sluiten zijn. Daarmee is er vanuit het aspect stikstofdepositie geen sprake van een Natura 2000-activiteit en geldt hiervoor geen vergunningplicht in het kader van de Omgevingswet.

7 Referentielijst modelschepen

Tabel 12: Overzicht van de gebruikte referentieschepen

Type	Modelschip	Categorie	Ref	Emissiekental NO_x [1] [kg/scheepsdag]	Uitworphoogte [m]	Emissie-warmte [MW]
Kraanschip	T.b.n.	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 10 000 - 29 999	[1]	218	28	0,88
Sleepboot	'Boka Smit' (Boskalis)	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 3 000 – 4 999	[2]	46	16	0,14
Guard vessel	'Dolfijn' (Rederij Groen)	Koelschepen en vissersschepen, GT: 100-1599	[3]	7.5	4	0,01
Pijpen/kabel-legschip	'Lorelay' (Allseas)	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 10 000 - 29 999	[4]	218	28	0,88
Support vessel	'Claimt Jane' (Allseas)	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 10 000 - 29 999	[5]	218	28	0,88
Diving support vessel	'Boka Da Vinci' (Boskalis)	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 5 000 - 9 999	[6]	76	20	0,24
Supply vessel	'VOS Base' (Vroon)	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 1 600 - 2999	[7]	28,3	13	0,08
Jack-up platform	'Kraken' (Seajacks)	Sleepboten, werkschepen en overige, GT: 1600 - 2999	[8]	28,3	13	0,08

1) Een scheepsdag beslaat 24 uur. Scheepsdagemissiekentallen zijn gebaseerd op de emissiekentallen voor stilliggende schepen (jaar 2021) volgens de rapportage 'Handboek Data AERIUS 2023' https://www.aeriusproducten.nl/documenten/publicaties/2024/4/4/handboek-data-aerius-2023-v3

Referenties:

[1] https://www.jackupbarge.com/fleet/detail/jb-118-self-elevating-platform/

[2] https://boskalis.com/about-us/fleet-and-equipment/offshore-vessels/oceangoing-and-anchor-handling-tugs.html

[3] http://www.rederijgroen.nl/wp-content/uploads/2017/05/Vessel-Specs-Dolfijn.pdf

[4] https://allseas.com/equipment/lorelay

[5] https://allseas.com/equipment/calamity-jane/

[6] https://boskalis.com/download-center/download/eyJmaWxlVWlkIjoxNTE1NywicmVmZXJlbmNlVWlkIjowfQ%3D%3D/b01705e403fc5d73e44ebb5e9493d9059d0f4f1c.html

[7] https://www.vroon.nl/Files/VesselParticulars/VOS%20BASE20190621102452.pdf

[8] https://www.seajacks.com/wp-content/uploads/2019/09/Seajacks-KRAKEN-Specs-2019.pdf

Bijlage 1: Aerius berekening bouwfase

Bijlage 2: Aerius berekening productiefase

Periplus Archeomare

Bureauonderzoek

Productielocatie L7-F en pijpleiding naar de NOGAT-leiding Noordzee

Periplus Archeomare rapport 24A002-01

Auteur:

R.W. Cassée

In opdracht van:

NEPTUNE ENERGY

Neptune Energy Netherlands B.V.

Prinses Beatrixlaan 5

2595 AK, Den Haag

Document Controle	
Revisie	2.0 (Definitief)
Datum	21-03-2024
Periplus Archeomare referentie	24A002-01
Klant projectreferentie	BH5808-146 cNRD L7-F 20230703
Klant projectnaam	MER Gaswinning L7-F
Klant projectnummer	RTDV9-EXT3-HE-RPT-0006

Colofon

Periplus Archeomare Rapport 24A002-01

Bureauonderzoek Productielocatie L7-F en pijpleiding naar de NOGAT-leiding, Noordzee
Auteurs: R.W. Cassée

In opdracht van: Neptune Energy Netherlands B.V.
Contactpersoon: T. Grundmeijer

© Periplus Archeomare, maart 2024
Afbeeldingen en tekeningen: Periplus Archeomare, tenzij anders vermeld

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers. Periplus Archeomare aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit de toepassing van de adviezen of het gebruik van de resultaten van dit onderzoek.

ISSN 2352-9547

Revisie details

Revisie	Omschrijving	Auteurs	Controle	Autorisatie	Datum
2.0	Definitief	RC	RvL	BvM	21-03-2024
1.1	Concept – ter beoordeling Bevoegd Gezag	RC	RvL	BvM	29-02-2024
1.0	Concept - ter beoordeling klant	RC	RvL	BvM	22-02-2024

Autorisatie:
B.E.J.M. van Mierlo
Senior KNA prospector waterbodems

Periplus Archeomare
Kraanspoor 14
1033 SE – Amsterdam
Tel: 020-6367891
Email: info@periplus.nl
Website: www.periplus.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting **3**

Summary (English) **4**

1. Inleiding **5**

1.1. Aanleiding 5

1.2. Doelstelling 6

1.3. Onderzoeksvragen 6

1.4. Methodiek 6

1.5. Actoren 7

1.6. Bronnen 7

2. Resultaten **8**

2.1. Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik (LS01) 8

2.2. Beschrijving van de huidige situatie (LS02) 9

2.3. Historische situatie en mogelijke verstoringen (LS03) 12

2.4. Geologische gegevens (LS04) 16

2.5. Archeologische waarden (LS04) 21

2.6. Gespecificeerde verwachting (LS05) 26

3. Beantwoording onderzoeksvragen **29**

4. Conclusies en advies **31**

5. Conclusions and advice **32**

Lijst met afbeeldingen **33**

Lijst met tabellen **33**

Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen **34**

Referenties **36**

Bijlage 1. Archeologische en geologische tijdschaal **38**

Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems **39**

Periode	Tijd in jaren				
Nieuwe tijd Laat	1850	na Chr.	-	heden	
Nieuwe tijd Midden	1650	na Chr.	-	1850	na Chr.
Nieuwe tijd Vroeg	1500	na Chr.	-	1650	na Chr.
Late-Middeleeuwen	1050	na Chr.	-	1500	na Chr.
Vroege-Middeleeuwen	450	na Chr.	-	1050	na Chr.
Romeinse tijd	12	voor Chr.	-	450	na Chr.
IJzertijd	800	voor Chr.	-	12	voor Chr.
Bronstijd	2000	voor Chr.	-	800	voor Chr.
Neolithicum (Nieuwe Steentijd)	5300	voor Chr.	-	2000	voor Chr.
Mesolithicum (Midden Steentijd)	8800	voor Chr.	-	4900	voor Chr.
Paleolithicum (Oude Steentijd)	300.000	voor Chr.	-	8800	voor Chr.

Tabel 1. Archeologische perioden

Plaats:	Noordzee, Blokken L7, L8 en L9		
Toponiem:	Gaswinning L7-f		
Kaartblad:	Hydrografie BA 266		
Hoekpunt coördinaten (ED50 UTM31N)	no	Easting	Northing
	1	585 955	5 930 790
	2	585 955	5 934 274
	3	614 128	5 930 790
	4	614 128	5 934 274
Oppervlakte onderzoeksgebied	27.9 km^2		
Huidig watergebruik	Beroepsvaart, visserij, infrastructuur		
Waterstaatkundige gegevens	Open zee, zout water, getijdenstroming, infrastructuur Waterdiepte (gemiddeld) 25.6 m LAT		
Beheerder gebied:	Rijkswaterstaat Zee en Delta		
Bevoegd gezag:	Rijkswaterstaat Zee en Delta		
Contactpersoon bevoegd gezag:	Dhr. J. van Zoonen		
Adviesorgaan bevoegd gezag:	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed		
Deskundige RCE:	Mw. M. Snoek		
ARCHIS-zaaknummer	5508424100		
Periplus-projectcode:	24A002-01		
Periode van uitvoering:	februari 2024		
Beheer en plaats documentatie:	Periplus Archeomare BV, Amsterdam		

Tabel 2. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied

Samenvatting

Periplus Archeomare BV heeft in opdracht van Neptune Energy Netherlands BV (Neptune Energy) een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd in verband met de geplande installatie van de productielocatie L7-F en een pijpleiding vanaf L7-F naar de NOGAT pijpleiding in de L7, L8 en L9 mijnbouwblokken op de Noordzee.

Het bureauonderzoek heeft uitgewezen dat in het onderzoeksgebied geen archeologische waarnemingen bekend zijn. Daarentegen kunnen onontdekte historische scheepswrakken, resten van gevechtsvliegtuigen uit WOI en WOII, en prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde resten wel voorkomen.

Op basis van de uitkomst van het bureauonderzoek wordt geadviseerd om een inventariserend veldonderzoek (opwaterfase) uit te voeren om de archeologische verwachting te toetsen en nader te specificeren[1]. Voorafgaand aan de werkzaamheden wordt standaard een *Route Survey* uitgevoerd. De data van deze *survey* kunnen worden gebruikt voor de toets. Voorwaarde is wel dat de datakwaliteit voldoende is. Het verdient aanbeveling de *technische Scope of Work* af te stemmen met het archeologisch team alvorens met de survey werkzaamheden te beginnen.

De verwachte prehistorische resten bestaan uit jachtkampen en begravingen uit het Laat *Paleolithicum* en Vroeg *Mesolithicum*. Deze resten zijn gerelateerd aan mogelijke voorkomen van beekafzettingen van het Laagpakket van Singraven op 4 m onder de zeebodem.

Indien een *subbottom profiler* wordt ingezet tijdens de route survey, wordt aanbevolen om de ingewonnen data te gebruiken voor een geo-archeologische assessment, zodat een beter beeld wordt verkregen van de ontwikkeling van prehistorische landschappen in dit deel van het Noordzeegebied. Dit geldt eveneens voor geotechnische data die worden verkregen uit sonderingen en boringen (vibro-coring en/of borehole sampling).

Geadviseerd wordt de *technische Scope of Work* af te stemmen met een certifieerde archeologische contractor alvorens met de survey werkzaamheden te beginnen. De eisen die voor het archeologische onderzoek aan de geofysische opnamen worden gesteld dienen te worden vastgelegd in een archeologisch Programma van Eisen (PvE), en dit dient, samen met de onderzoeksvragen voorafgaand aan het onderzoek te zijn ondertekend door bevoegd gezag.

[1] Conform KNA Waterbodems protocol 4103.

Summary (English)

Periplus Archeomare BV commissioned Neptune Energy Netherlands BV (Neptune Energy) to conduct an archaeological study in connection with the planned installation of the production location L7-F and a pipeline to the NOGAT pipeline in the L7, L8, and L9 blocks in the North Sea.

The desktop research has shown that no archaeological finds are known in the research area. However, historic shipwrecks that have not been discovered, remains of fighter planes from WWI and WWII, and prehistoric landscapes and related remains can occur.

Based on the outcome of this desk study it is advised to conduct inventory field research under the Dutch Quality Standard for Archaeological Research (Dutch: KNA 4.1 Waterbodems) to test and further specify the archaeological expectancy[2]. Before the activities, a *survey* will be carried out. The data acquired during this *survey* can be used to test the archaeological expectancy. The survey data shall be fit for the archaeological assessment. A sufficient quality of the data is therefore considered to be an important precondition. It is advised to communicate the *Technical Scope of Work* with the archaeological sub-contractor before the start of the works.

The expected prehistoric remains consist of campsites and burials from the Late Palaeolithic and Early Mesolithic. These remains are related to the possible occurrence of stream deposits of the Singraven Member at an estimated 4 m below the seabed.

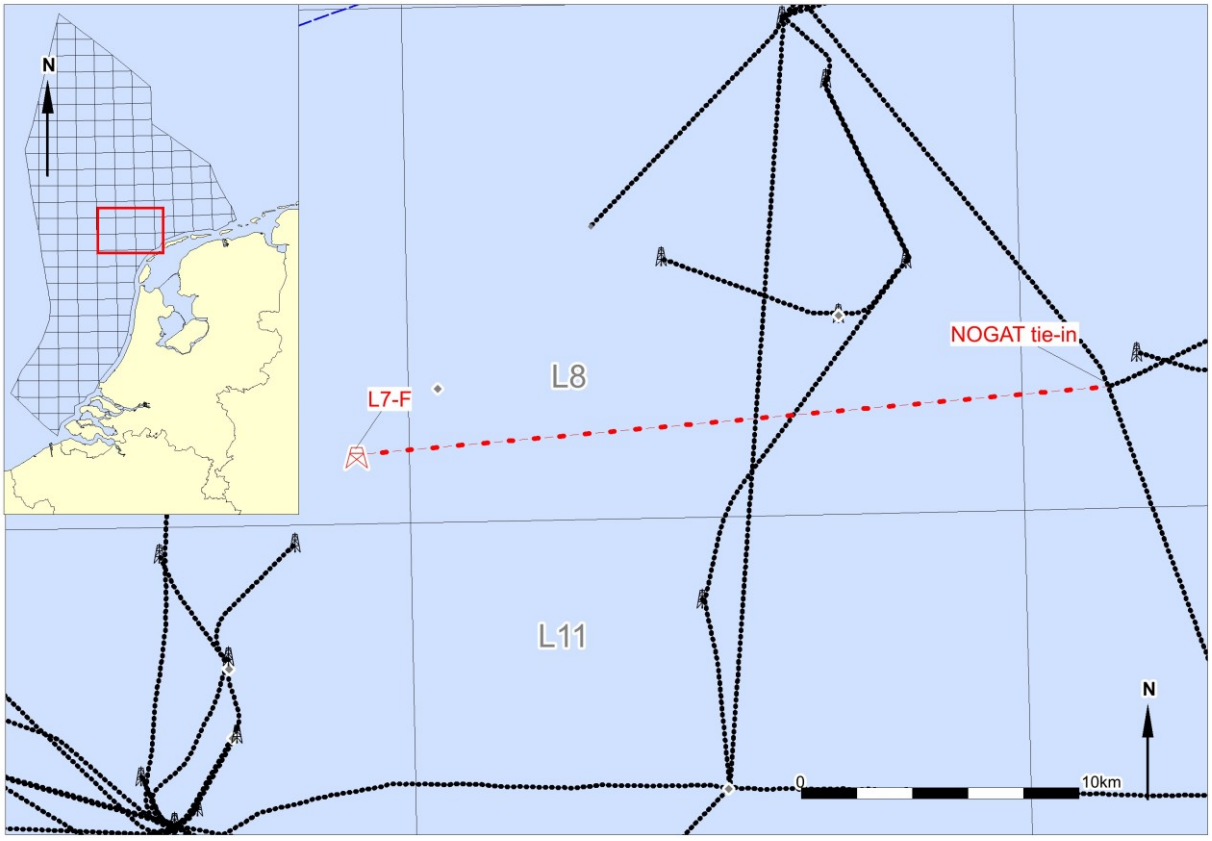
Suppose a *subbottom profiler* is used during the route survey. In that case, it is recommended to use the collected data for a geo-archaeological assessment, to obtain a better picture of the development of prehistoric landscapes in this part of the North Sea area. This also applies to geotechnical data obtained from CPTs and drillings (vibro-coring and/or borehole sampling).

It is advised to align the technical Scope of Work with a certified archaeological contractor before commencing the survey activities. The requirements for archaeological research on the geophysical survey should be documented in an archaeological Program of Requirements (PoR), and this should be signed by the competent authority along with the research questions before the investigation.

[2] In accordance with the Dutch Quality Standard for Archaeological Research; protocol 4103.

1. Inleiding

Periplus Archeomare BV heeft in opdracht van Neptune Energy Netherlands BV (Neptune Energy) een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd in verband met de geplande installatie van een boorplatform op locatie L7-F en een pijpleiding vanaf L7-F naar de NOGAT pijpleiding de L7, L8 en L9 mijnbouwblokken op de Noordzee.



Afbeelding 1. Ligging van het plangebied.

1.1. Aanleiding

In 2023 heeft Neptune Energy exploratieboring L7-17 geplaatst. Ten behoeve van deze boring heeft Periplus Archeomare een archeologisch rapport opgesteld (PPA rapport 22A004-01).

De proefboring was een succes en Neptune wil de locatie gaan ontwikkelen tot een productielocatie met de aanduiding L7-F (beoogde ingebruikname: 2026). Daartoe zal een platform worden geplaatst, zullen maximaal drie putten worden geboord en zal een pijpleiding worden gelegd vanaf de L7-F locatie naar het NOGAT gastransport systeem. Voor dit plangebied dient een archeologisch bureauonderzoek te worden opgesteld.

In de Omgevingswet (2024) en de Erfgoedwet (2016), voortgekomen uit het verdrag van Malta (1992), is de bescherming van het archeologische erfgoed geregeld Dit is ook specifiek benoemd in artikel 8 van de Mijnbouwbesluit[3]. Als het bodemarchief door bodemingrepen wordt bedreigd geldt de wettelijke

[3] wetten.nl - Regeling - Mijnbouwbesluit - BWBR0014394 (overheid.nl)

verplichting om archeologisch onderzoek te verrichten Door de installatie van een platform en uitvoering van boringen kunnen eventuele archeologische waarden worden aangetast. Dit gegeven vormde de directe aanleiding voor het verrichten van het onderhavige onderzoek.

1.2. Doelstelling

Het doel van het bureauonderzoek is het specificeren van de archeologische verwachting voor het plangebied.

1.3. Onderzoeksvragen

Voor het archeologisch bureauonderzoek waterbodems zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- *Zijn er archeologische waarden in het plangebied bekend? Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van deze vindplaatsen?*

- *Kunnen in het plangebied, naast eventuele bekende waarden, archeologische resten verwacht worden? Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van de verwachte archeologische resten?*

- *Vormt de installatie van een platform en het leggen van een pijpleiding een bedreiging voor bekende of verwachte archeologische waarden? Zo ja: Kan een aantasting van archeologische waarden door planaanpassing worden voorkomen of beperkt?*

Indien de archeologische waarden niet kunnen worden behouden:

- *Welke vorm van nader onderzoek is nodig om de aanwezigheid van archeologische waarden en hun omvang, ligging, aard en datering voldoende te kunnen bepalen om te komen tot een selectiebesluit?*

1.4. Methodiek

Het archeologische bureauonderzoek vormt de eerste fase in het archeologische proces. Een stroomdiagram met de opeenvolgende fasen binnen dit proces is als bijlage 2 bij dit rapport opgenomen.

Het bureauonderzoek is uitgevoerd conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (*KNA* waterbodems 4.1; Protocol 4002). Het betreft in het bijzonder de specificaties LS01, LS02, LS03, LS04 en LS05. Dit gedeelte van het onderzoek wordt gerapporteerd conform LS06.

Voor het bureauonderzoek zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik;
- Beschrijving van de huidige situatie;
- Beschrijving van de historische situatie en mogelijke verstoringen binnen het plangebied en in de directe omgeving
- Beschrijving van bekende archeologische waarden en aardwetenschappelijke gegevens;
- Beschrijven mogelijke aanwezigheid bouwhistorische waarden (onder water).

Op grond van deze onderdelen wordt een gespecificeerde verwachting van het gebied opgesteld (specificatie LS05). Hierin wordt verwoord of, en zo ja, welke archeologische waarden verwacht kunnen worden. De eigenschappen van deze waarden zullen zo gedetailleerd mogelijk worden aangegeven.

De resultaten van het bureauonderzoek worden behandeld in hoofdstuk 2. De resultaten van het onderzoek leiden tot een gespecificeerde archeologische verwachting, die is samengevat in paragraaf 2.6. Op basis van de gespecificeerde verwachting worden de onderzoeksvragen beantwoord in hoofdstuk 3. Het onderzoek wordt afgesloten met een advies in hoofdstuk 4.

1.5. Actoren

Het bureauonderzoek is uitgevoerd door R.W. Cassée (KNA Archeoloog Ma specialisme Waterbodems| Actornummer 63047901).

1.6. Bronnen

De volgende bronnen zijn geraadpleegd voor het onderzoek:

- Nationaal Contact Nummer (NCN)
- Dienst der Hydrografie
- Deltares model geologie Noordzee
- DINO Loket
- Rijkswaterstaat Noordzee
- *TNO-NITG*; geologische boringen en kaarten
- Archis III, beheerd door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Databases Periplus Archeomare
- Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie (NFLA)
- Diverse bronnen op Internet

Voor een volledig overzicht van de geraadpleegde bronnen en literatuur zie referenties op pagina 36.

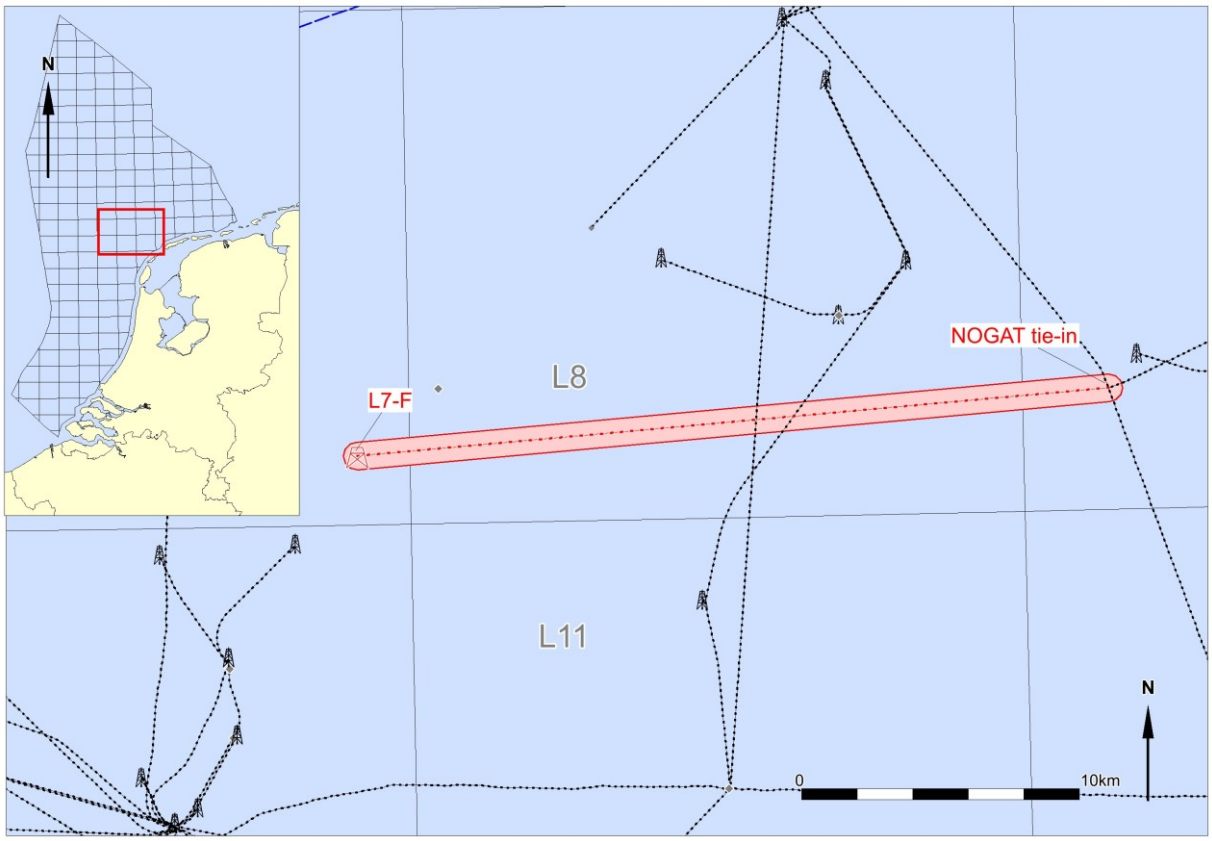
Schuingedrukte woorden worden toegelicht in de verklarende woordenlijst op pagina 34.

2. Resultaten

2.1. Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik (LS01)

Het onderzoeksgebied ligt in de Noordzee, in de L7, L8 en L9 mijnbouwblokken van het Nederlands Continentaal Plat. Het plangebied omvat de geplande platformlocatie en het beoogd pijpleidingtracé naar de NOGAT leiding, plus een bufferzone van 500 meter aan weerszijde van het beoogde tracé (afbeelding 2). De reden voor deze uitbreiding is het feit dat de geregistreerde posities van bekende waarnemingen op de Noordzee tot wel één kilometer kunnen afwijken van de werkelijke locatie.

Tijdens de installatie van een platform en de uitvoer van de boringen kunnen minimaal tot de verstoringsdiepte archeologische resten worden aangetast. Het gaat hierbij om directe verstoringen tijdens het verankeren van de onderbouw van het platform met heipalen in de zeebodem, het boren van maximaal drie gaswinningsputten en het leggen van een 12 inch pijpleiding. Het is momenteel nog onbekend of de pijpleiding zal worden ingegraven. Na de installatie van het platform kunnen indirecte verstoringen optreden zoals slijpgeulvorming rondom de poten van het platform[4].

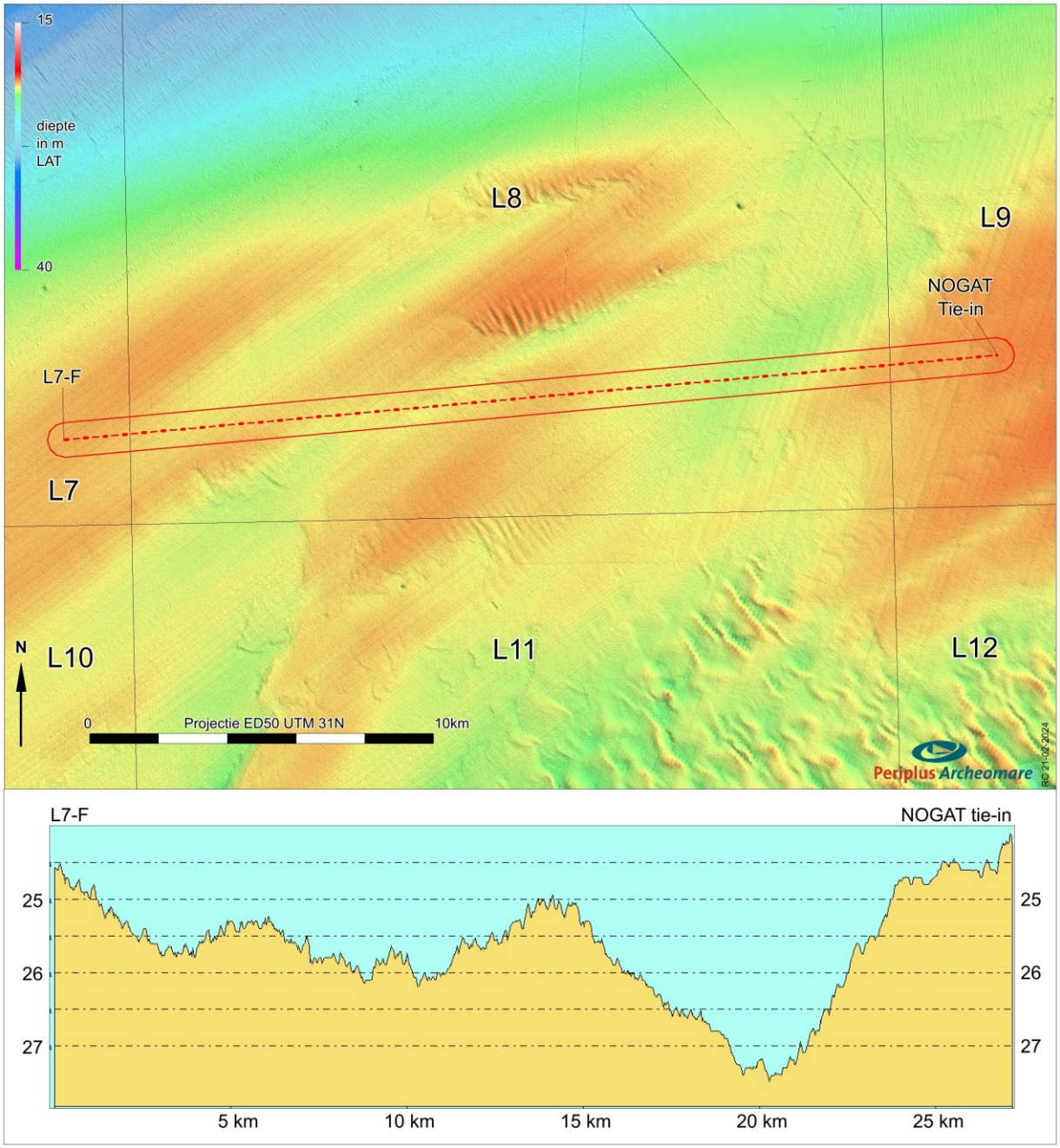


Afbeelding 2: Ligging van het onderzoeksgebied.

[4] Giesberts & Steijn, 2023

2.2. Beschrijving van de huidige situatie (LS02)

Afbeelding 3 toont het onderzoeksgebied op een generieke dieptekaart. De gebruikte dieptegegevens zijn afkomstig van de Dienst der Hydrografie (100 x 100m grid, 2019). De diepte in het onderzoeksgebied varieert van 23.8 m tot 27.5 m LAT; de gemiddelde diepte is 25.6 m LAT.



Afbeelding 3. Diepteligging van de waterbodem in het onderzoeksgebied.

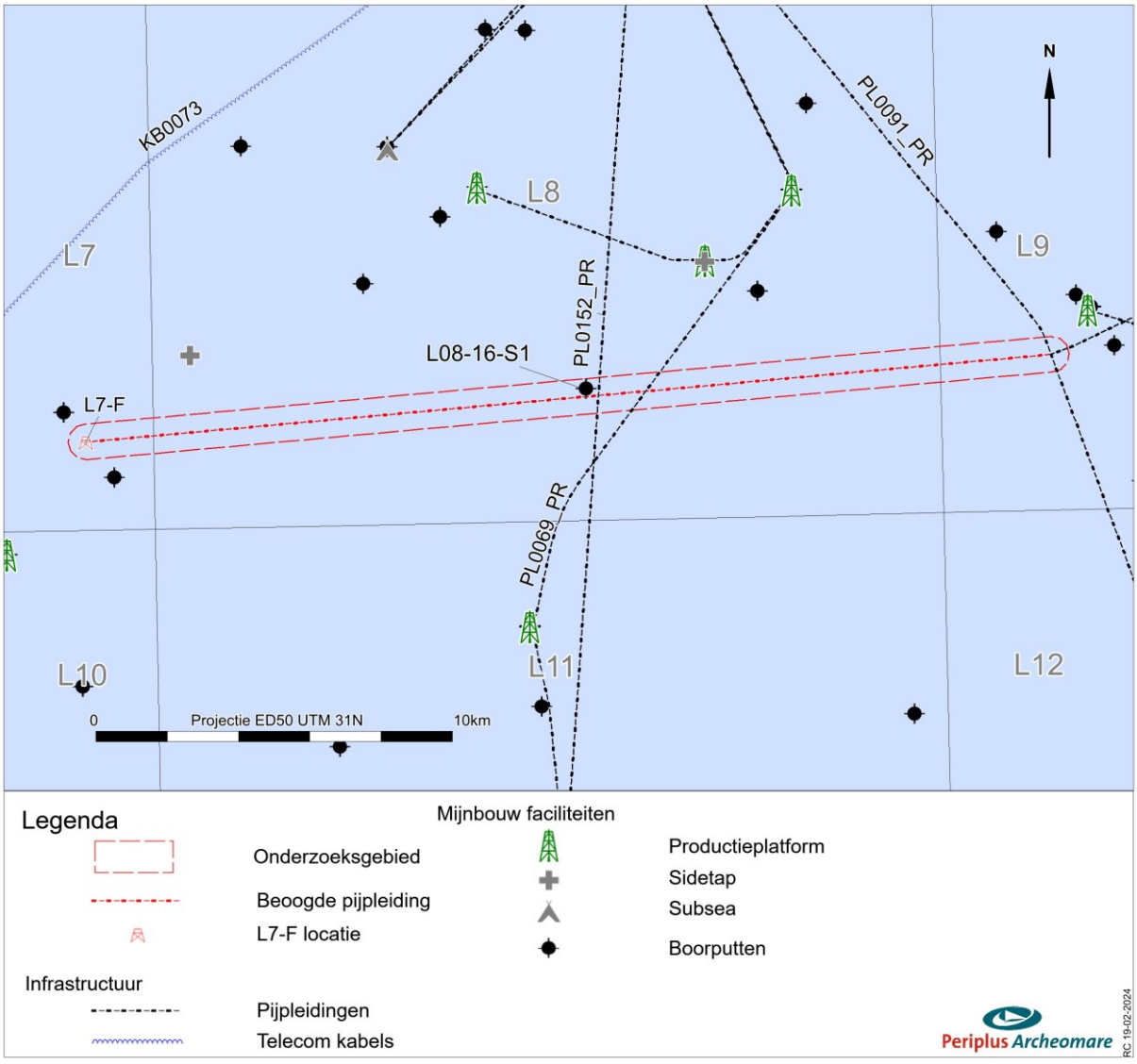
De locatie L7-F ligt op een zuidwest – noordoost georiënteerde zandrug (zie afbeelding 3). De waterbodem rondom de geplande platform locatie is vlak; er zijn geen zichtbare hoogteverschillen. De pijpleiding vanaf de L7-F locatie naar de NOGAT-leiding zal gelegd moeten worden over verschillende zuidwest – noordoost georiënteerde zandruggen, waarop west – oost georiënteerde zandgolven gesupponeerd liggen. Door de grootte van de gridcellen (= 100 m) is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de aanwezigheid van kleinere sedimentaire structuren, zoals stroomribbels.

Het onderzoeksgebied wordt doorkruist door twee pijpleidingen (afbeelding 4 en tabel 3). Kabels doorkruisen het onderzoeksgebied niet. De ligging van de pijpleidingen en kabels is gebaseerd op gegevens van Rijkswaterstaat (februari 2023). *As Built* data van de operators van betreffende kabels en leidingen zijn niet opgevraagd.

RWS-nr	Diameter	Status	Stof	Van	Naar	Operator
PL0052_PR	16-inch	Actief	Gas	L8-P4	L11-NGT Sidetap	Wintershall Noordzee B.V.
PL0069_PR	14-inch	Inactief	Gas	L8-G	L11b-A	Noordgastransport BV

Tabel 3: Kruisende pijpleidingen (bron: RWS feb. 2023).

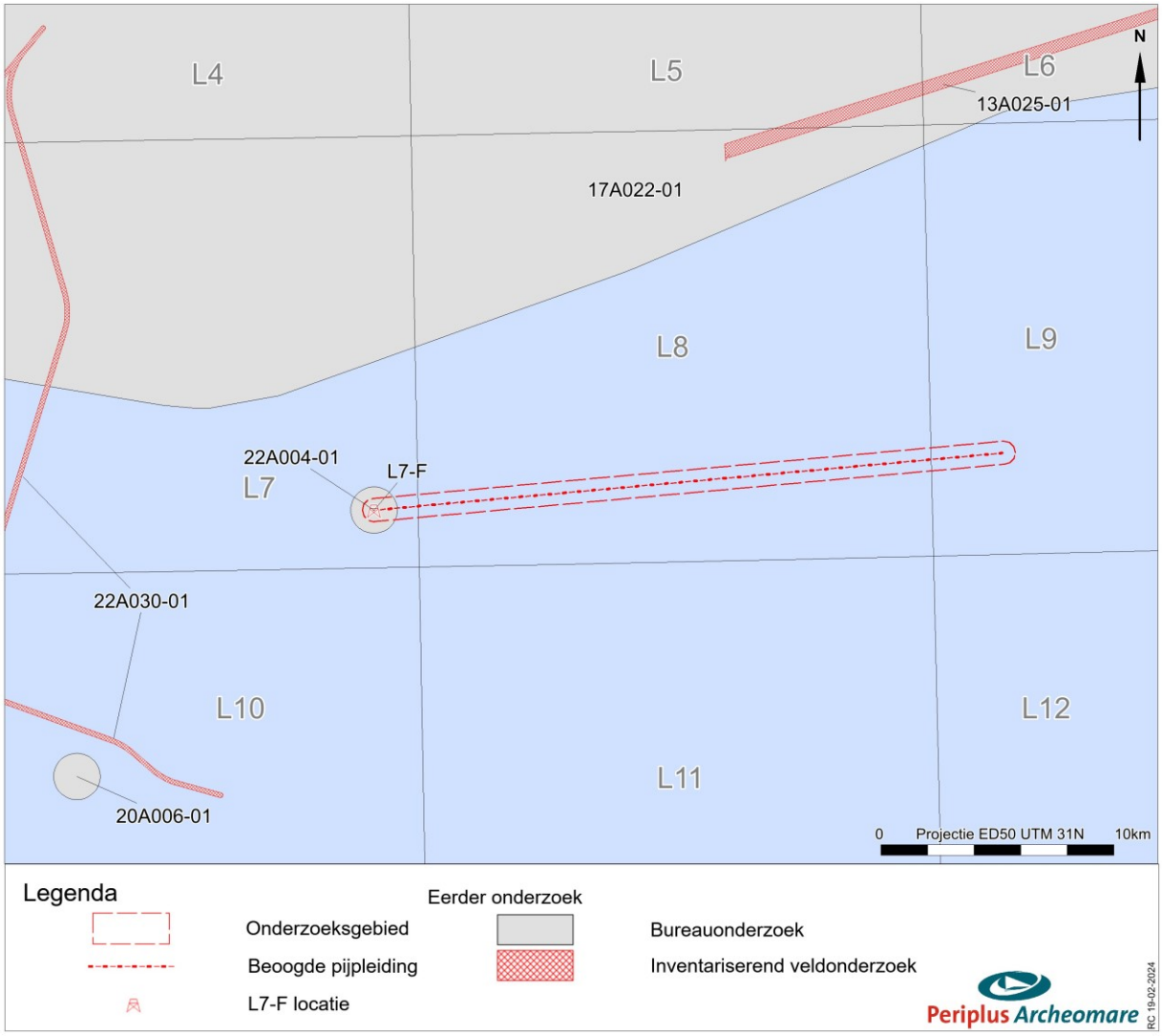
Binnen de begrenzing van het onderzoeksgebied ligt één oude boorput (08-16) en een bijbehorende sidetap (08-16-S1). Deze boorput ligt op 150 meter ten noorden van het beoogde tracé.



Afbeelding 4. Infrastructuur in de omgeving van het onderzoeksgebied.

Eerder uitgevoerde onderzoeken in het gebied

De eerder uitgevoerde onderzoeken zijn weergegeven in afbeelding 5. Een opsomming van de rapportages van deze onderzoeken zijn opgenomen in tabel 4. In 2013 heeft Periplus Archeomare een inventariserend veldonderzoek uitgevoerd in het kader van de Wintershall geplande aanleg van een pijpleiding en umbilical van L6-B naar L8-P4. In 2019 en 2023 heeft Periplus Archeomare diverse archeologische bureauonderzoeken uitgevoerd in verband met de geplande ontwikkeling van boorputten en de ontmanteling van boorinstallaties door Neptune, waaronder de L7-F locatie.



Afbeelding 5. Overzicht van de eerder uitgevoerde onderzoeken in- en rond het gebied.

De relevante resultaten van de verschillende onderzoeken zijn verwerkt in de gespecificeerde archeologische verwachting in paragraaf 2.6. Een verwijzing naar de rapporten van de onderzoeken is opgenomen in de referentielijst op pagina 36.

Archisregistratie	Type onderzoek	Rapport	Omschrijving	Opdrachtgever
59144	Inventariserend veldonderzoek	13A025-01	Tracé pijpleiding en umbilical van L6-B naar L8-P4	Wintershall
4562271100	Bureauonderzoek	17A022-01	Neuconnect Cable	Witteveen en Bos
4777287100	Bureauonderzoek	20A006-01	L10-S2 ontmanteling	Neptune
5160642100	Bureauonderzoek	22A004-01	Productielocatie L7-17	Neptune
5330686100	Inventariserend veldonderzoek	22A030-01	Aramis	Total Energie

Tabel 4. Overzicht van de eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken in het gebied. Alle onderzoeken zijn uitgevoerd door Periplus Archeomare.

2.3. Historische situatie en mogelijke verstoringen (LS03)

Prehistorische bewoning in de Noordzeebekken

De Noordzeebekken vormde ca 12 kjaar geleden een uitgestrekt dekzandlandschap met een toendraklimaat.[5] Aan het eind van de laatste IJstijd (ca 11.5 kjaar geleden) steeg de temperatuur, als gevolg waarvan de noordelijke gletsjers smolten. Door het vrijkomende water steeg de zeespiegel en raakte de Noordzeebekken geleidelijk opgevuld. De bewoners van het gebied moesten naar hoger gelegen gebieden vertrekken[6]. Een voorbeeld van een hoger gelegen gebied is de Doggersbank in het noorden van het Nederlands Continentaal Plat.

Oude landschappen

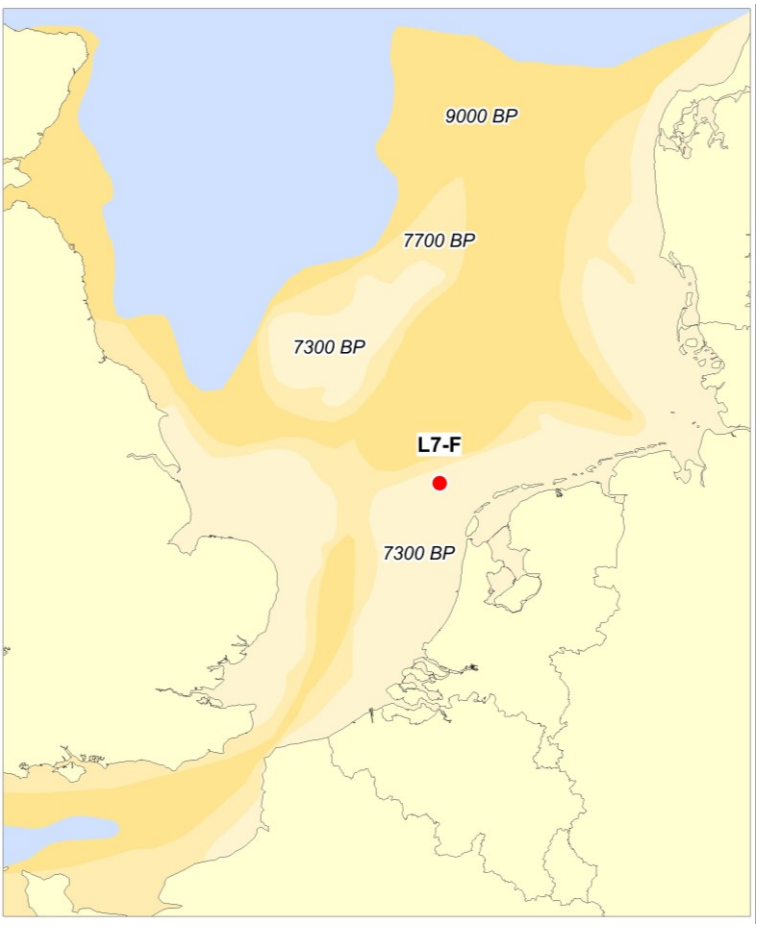
De zeespiegelstijging ging samen met het verdrinken van oude landschappen. Resten van oerbossen (Berk, Den, Eik, Iep en Hazelaar) kunnen in de ondergrond bewaard zijn gebleven. Vondsten hiervan zijn wel bekend langs de kust van Engeland, maar (nog) niet bij Nederland. De verdronken landschappen zijn door middel van geofysische en geotechnische technieken in beeld gebracht. Recent is op basis van seismische gegevens uit de olie-industrie een prehistorisch landschap in beeld gebracht nabij de Engelse oostkust[7].

100 km ten noordoosten van het huidige onderzoeksgebied is het prehistorische landschap van het toekomstige windpark Ten noorden van de Waddeneilanden met seismische methoden in kaart gebracht[8]. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek is een geo-archeologisch onderzoek uitgevoerd[9]. Hiervoor zijn met een vibrocorer tot circa vijf meter diepte sedimentkernen bemonsterd. De microfossielen die in deze sedimentmonsters voorkomen zijn geanalyseerd om een beeld te krijgen van de ontwikkeling van aquatische - en terrestrische landschappen op de overgang van het *Pleistoceen* naar het Holoceen. Voor het onderzoek zijn pollen, sporen, diatomeeën, ostracoden, foraminiferen, macroresten van planten en schelpen geanalyseerd. Uit het onderzoek is een duidelijk beeld van de ontwikkeling van het landschap tijdens het Laat *Glaciaal*, het Preboreaal en het Boreaal - tot en met de inundatie van het gebied - naar voren gekomen.

[5] kjaar = 1000 jaar.
[6] Gaffney e.a. 2007.
[7] Zie het project 'North sea paleolandscapes' van de Universiteit van Birmingham.
[8] Van Lil 2020.
[9] Van Lil in voorbereiding.

Artefacten

In het Noordzeegebied zijn naast fossielen ook artefacten in de netten van vissers aangetroffen. In de omgeving van de Bruine Bank is een versierd bizonbot gevonden. Het bot dateert uit de *Allerød interstadiaal*, circa 13 tot 12 kjaar geleden. In het *Allerød* trad, tijdens de overwegend zeer koude eindfase van het *Weichselien*, een kortstondige opwarming van het klimaat op. De zeespiegel stond zeer laag, waardoor de Noordzee droog lag. Jagers trokken tijdens hun jacht op onder meer rendieren door het gebied. Een voorbeeld van de resten die in november 2019 door vissers zijn aangetroffen en door een van hen, Kommer Tanis, worden verzameld, is weergegeven in afbeelding 7. De precieze vindplaats van de resten, en in het bijzonder de menselijke schedel, is niet bekend. Vermoedelijk zijn ook deze resten op de Bruine Bank gevonden.



Afbeelding 6. Reconstructie van de historische kustlijnen in het Noordzeebekken.

Naast de overblijfselen die in de netten van vissers worden aangetroffen, worden ook langs de gehele Nederlandse kust met enige regelmaat prehistorische vondsten gedaan. Het gaat om archeologische resten die als gevolg van kustversteviging (zandsuppleties) op het strand belanden. Zo zijn bij de aanleg van de Maasvlakte I en II, de Zandmotor en op het strand bij Hoek van Holland groot aantal van bekende benen spitsen uit het *Mesolithicum* aangetroffen.

In 2019 is een 50 kjaar oud vuurstenen werktuig van een Neanderthaler gevonden. Aan het artefact zat een dikke laag teer dat van berkenhars was gemaakt. Een sensationele vondst, omdat het kleine stukje vuursteen veel vertelt over de kennis die Neanderthalers kennelijk al in huis hadden om berkenpek te produceren en als lijm te gebruiken. De vondst geeft temeer aan dat tijdens de warmere *interstadialen* in het overwegend koude *Weichselien* het Noordzeegebied door de jagende en verzamelende mens werd

bewoond. Het artefact is vermoedelijk afkomstig uit het zandwingebied Q16F of Q16H, die als wingebieden voor het suppletiezand zijn gebruikt.

Noordelijker zijn op de stranden van Texel en Ameland eveneens artefacten uit het Midden *Paleolithicum* gevonden. Deze artefacten zijn vermoedelijk afkomstig uit zandwingebied M9H en via zandsuppleties op de stranden terechtgekomen[10].

Afbeelding 7. Menselijke schedel gevonden in de netten van vissers in 'Noordzee/Doggerland' in November 2019 (foto: Kommer Tanis).

Scheepvaart

De vroegste en meest concrete aanwijzingen voor scheepvaart op de Noordzee dateren vanaf de Bronstijd[11]. Het gaat dan wel om indirecte gegevens. Het zijn in Nederland gevonden bronzen voorwerpen die als grafgiften zijn meegegeven aan de doden. Van enkele van deze voorwerpen kan op basis van stijl gesteld worden dat ze Brits zijn en per schip overgebracht naar het continent. Vanaf de eerste contacten in de Bronstijd is sprake van een intensivering van de scheepvaart op de Noordzee met enkele historisch goed gedocumenteerde pieken. Gedurende de Romeinse tijd geldt de Noordzee en in het bijzonder het Kanaal als verbindingsbrug voor het imperium. Vanaf de vroege en volle Middeleeuwen ontstaan machtscentra langs de kust van de Noordzee[12]. Deze waren georiënteerd op de Noordzee en scheepvaart, handel en overzeese contacten speelden daarbij een centrale rol. Verder moeten in dit verband ook de raids (plundertochten) van de Vikingen genoemd worden. Vanaf de Late Middeleeuwen en de Nieuwe tijd waren de internationale handel en de scheepsbouw dermate ontwikkeld dat de Noordzee een opstap vormde voor wereldwijde vaarroutes, met voor dit gebied specifiek de Oostzeehandel. De scheepvaartgeschiedenis in hoofdlijnen is met vele bekende en tot op heden onbekende schipbreuken

[10] Stapert 2013.
[11] Maarleveld en Van Ginkel 1990, 42-44.
[12] Kramer e.a. 2003; Cunliffe 2001, 484-488.

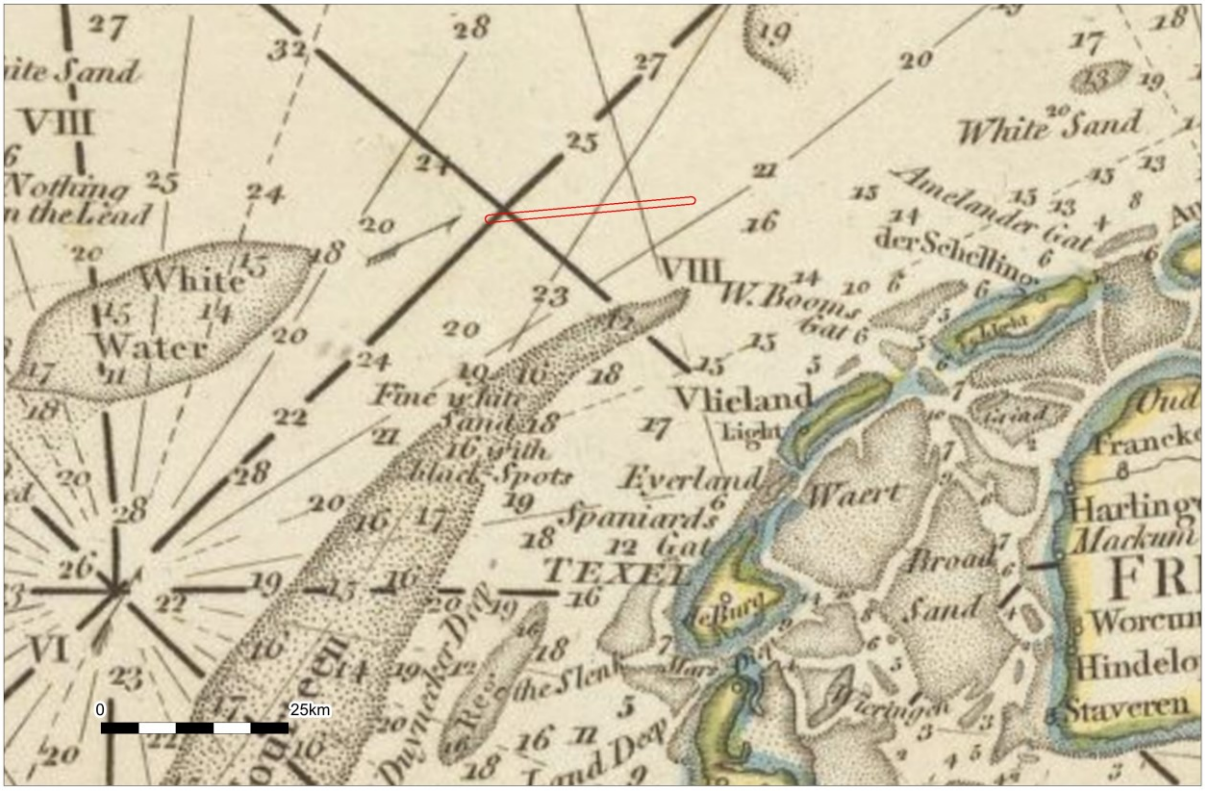
samengegaan. Scheepswrakken vormen de sporen van het maritieme verleden en deze kunnen onder gunstige conserveringsomstandigheden in de waterbodem bewaard zijn gebleven.

Vliegtuigwrakken

Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen uit de Eerste en Tweede Wereldoorlog dat nog vermist wordt. Ook de locatie van de vliegtuigwrakken is meestal niet heel nauwkeurig. Bekend is wel dat het gaat om honderden vliegtuigen[13].

Gezien de oorlogshandelingen die boven de Noordzee hebben plaatsgevonden kunnen ook in het plangebied vliegtuigwrakken voorkomen. Tijdens de impact kunnen zware onderdelen van het vliegtuig (zoals de motor) diep in de bodem doordringen. Op land en in het Waddengebied zijn dergelijke onderdelen meters onder het maaiveld teruggevonden. Door de grote waterdiepte (meer dan 40 meter) in het onderzoeksgebied mag worden aangenomen dat een gevechtsvliegtuig tijdens zijn crash sterk door het water wordt afgeremd, waardoor het op, en niet in de waterbodem belandt.

In afbeelding 8 (onder) is de ligging van het onderzoeksgebied op een kaart van William Faden uit 1777 weergegeven. Het onderzoeksgebied ligt noorden en noordoosten van twee grote zandbanken: '*White Water*' en de noordpunt van '*Broad Fourteens*'. De bodem van laatstgenoemde wordt beschreven als '*fine white sand with black spots*'.



Afbeelding 8. Ligging van het onderzoeksgebied op de kaart van Faden, 1777

[13] Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie, NFLA.

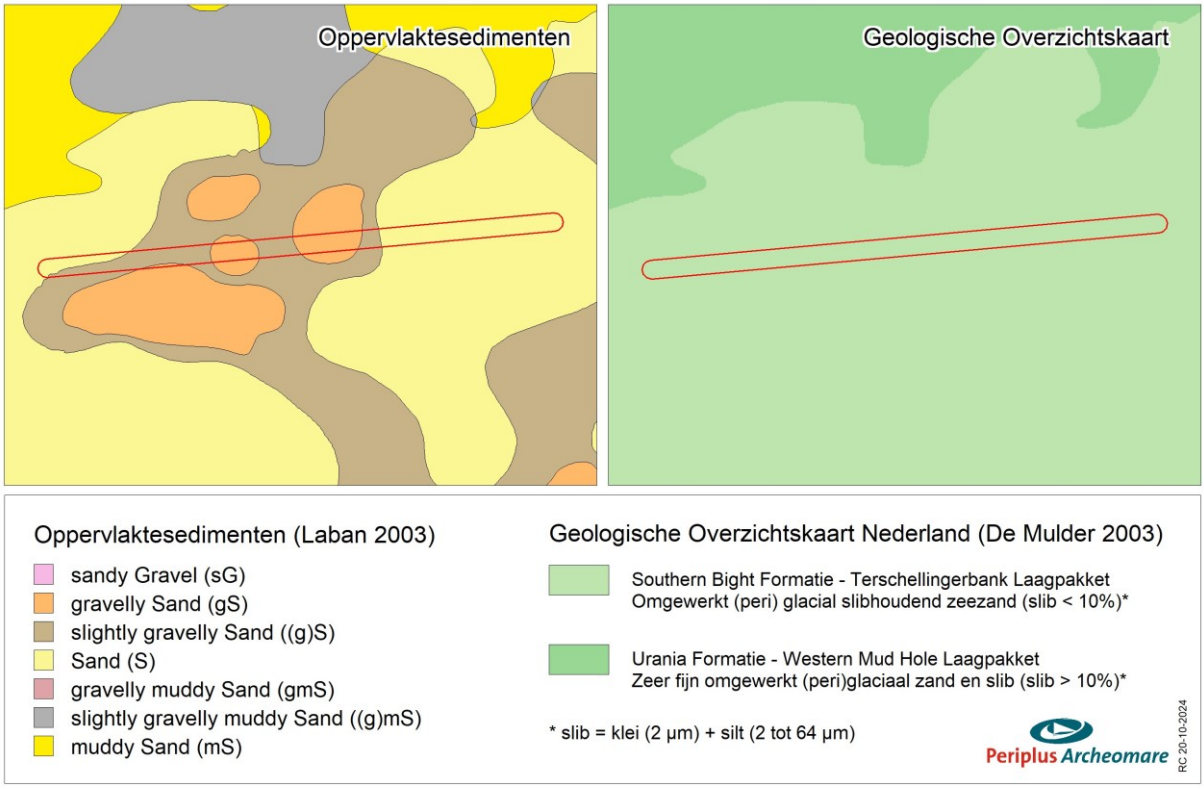
Bekende verstoringen in het plangebied

Het gebied wordt doorkruist door verschillende pijpleidingen (zie paragraaf 2.2). In het gebied is één boorput bekend. Het is niet bekend of de pijpleidingen geploegd zijn aangelegd. Verstoring van de bodem door visserijactiviteiten (bijvoorbeeld traditionele boomkorvisserij) is niet uitgesloten[14].

2.4. Geologische gegevens (LS04)

De archeologische verwachting voor prehistorische resten is sterk gerelateerd aan de geogenese van het onderzoeksgebied. De geogenese kan worden herleid uit de aanwezige lithostratigrafische eenheden, de aard van laaggrenzen (erosief versus non-erosief) en indicaties voor bodemvorming in de sedimenten. Daarom vormen geofysische en geologische data een belangrijke bron om vragen met betrekking tot de aard, diepteligging, voorkomen, gaafheid en conservering van te verwachten archeologische resten in het plangebied te beantwoorden.

Volgens de oppervlaktesedimentenkaart bestaat de zeebodem binnen het onderzoeksgebied uit zand, zwak grindig zand en grindig zand (zie afbeelding 9). Op de Geologische overzichtskaart van Nederland zijn de voorkomens van zand gekarteerd als de Southern Bight Formatie | Terschellingerbank Laagpakket[15]. Deze eenheid bestaat uit omgewerkt (peri)glaciaal slibhoudend zeezand (slib<10%), dat tijdens het *Holoceen* is afgezet. Slib omvat zowel klei (korrelgrootte < 2µm) als silt (korrelgrootte 2 – 63 µm). Het bovenste niveau van dit laagpakket vormt de mobiele toplaag.

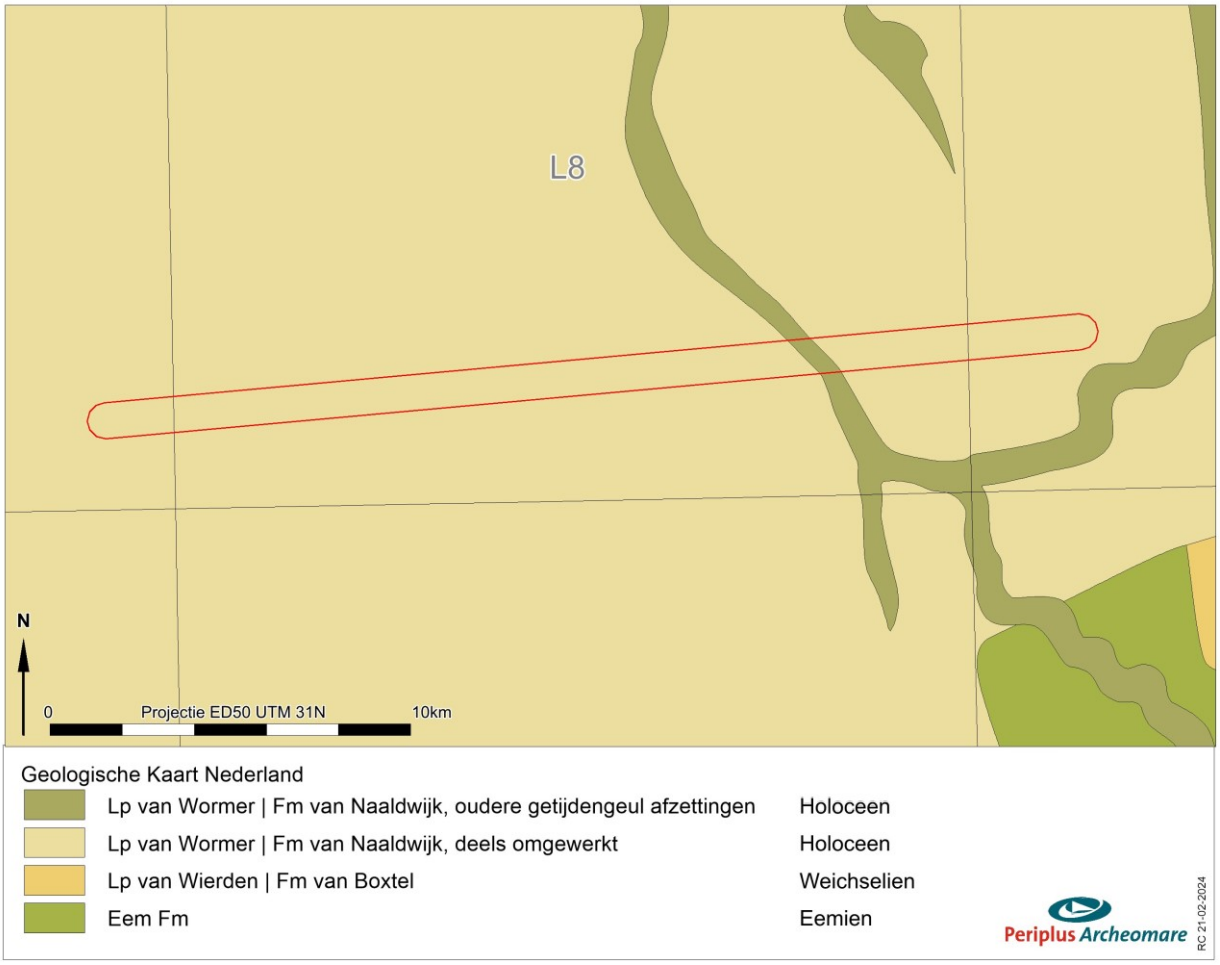


Afbeelding 9: Oppervlaktesedimenten (links) en Geologische Overzichtskaart uit 2003 (rechts).

[14] Bodemfauna Noordzee en bodemvisserij | Compendium voor de Leefomgeving (clo.nl).
[15] De Mulder 2003.

Op de geologische kaart van Nederland uit 2021 zijn de Southern Bight Formatie en de Urania Formatie deels weggelaten om de onderliggende eenheden zichtbaar te maken. Deze kaart toont de holocene eenheden die onder de mobile laag aanwezig zijn.

In het gehele onderzoeks gebied is het Laagpakket van Wormer | Formatie van Naaldwijk aanwezig. De geologische kaart van Nederland maakt onderscheid binnen dit laagpakket aan de hand van het afzettingsmilue van deze eenheid. In het meerendeel van het onderzoeksgebied is de eenheid omgewerkt, alleen in een klein stukje in het oosten van het onderzoeksgebied komen oudere getijdengeul afzettingen voor. Het is mogelijk dat aan de basis van deze geul deels is opgevuld met laatglaciale en/of vroeg-holocene afzettingen van een zoetwatervoerende beek. Indien dit het geval is, kan aan de top van deze beekafzettingen veen voorkomen.



Afbeelding 10: Geologische kaart Nederland.

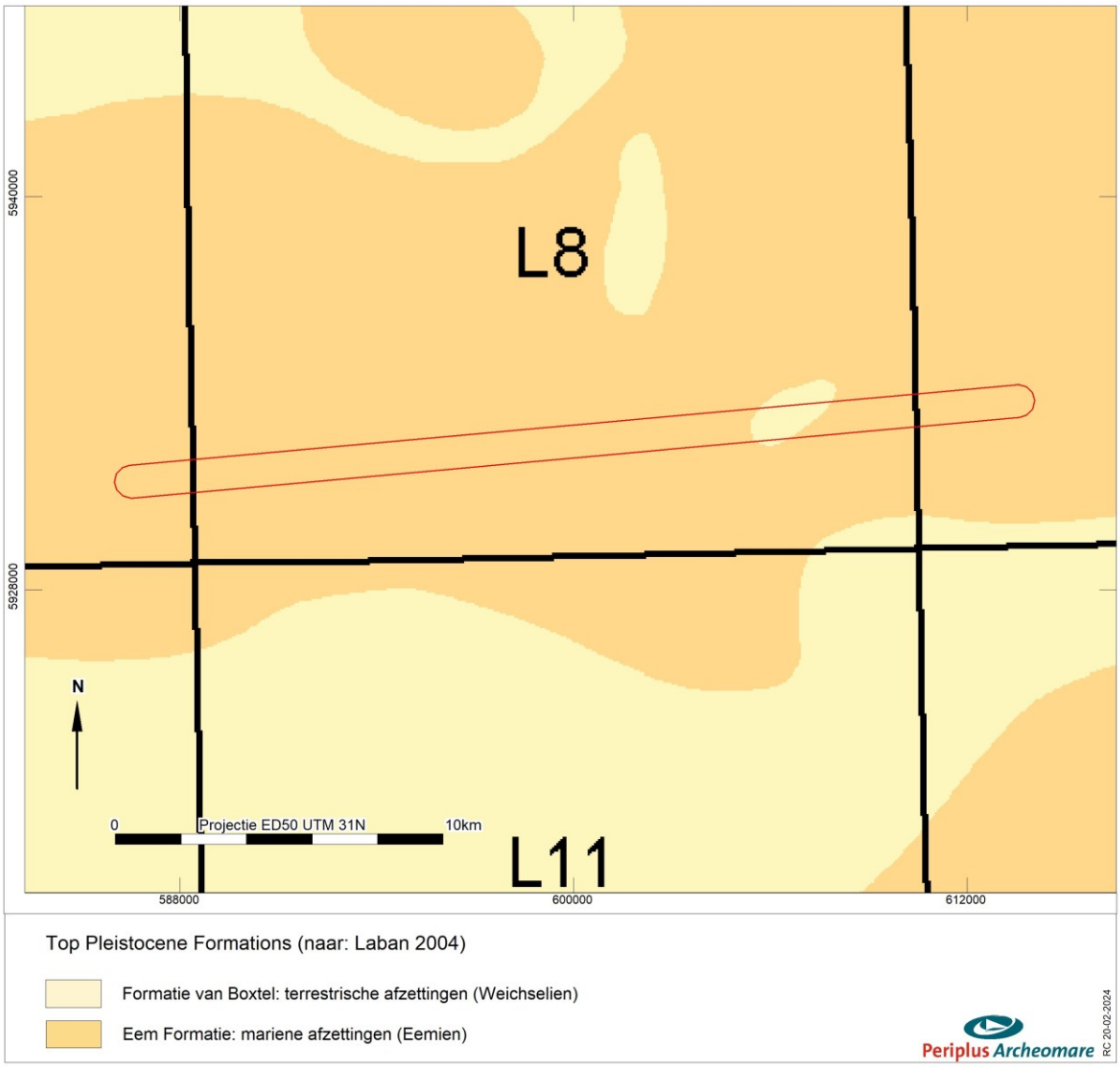
De Top Pleistocene Formations Map toont de *pleistocene* eenheden die in het gebied aanwezig zijn (zie afbeelding 11)[16].

In meerendeel van het onderzoeksgebied wordt de top van de *pleistocene* opeenvolging gevormd door de Eem Formatie. De Eem Formatie bestaat hoofdzakelijk uit schelpenhoudende mariene zanden die tijdens

[16] Laban, 2004

het Eemien interglaciaal zijn afgezet[17]. Op de overgang van het Eemien naar het Weichselien zijn brak- en zoetwaterkleien afgezet in de lagunes en meren die achterbleven in de glaciale bekkens tijdens de regressie van de Eem zee.

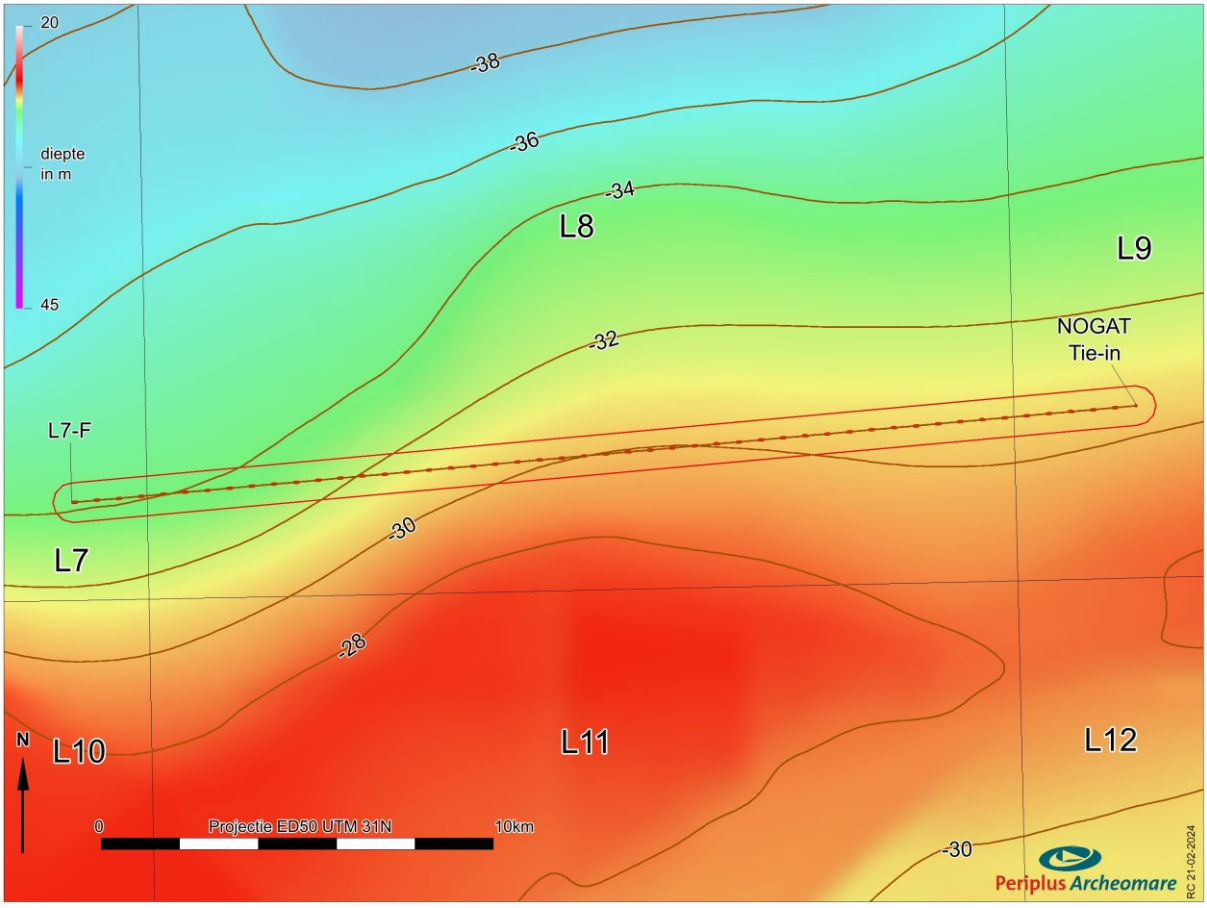
In het oostelijke gedeelte van het onderzoeksgebied is de Formatie van Boxtel (voormalige Formatie van Twente) gekarteerd. De Formatie van Boxtel is vermoedelijk opgebouwd uit eolische afzettingen van het Laagpakket van Wierden (dekzand) en beekafzettingen in de vorm van klei, leem en fijn zand van het Laagpakket van Singraven. De afzettingen dateren uit het Weichselien (115.000 tot 12.000 jaar geleden) en het Vroeg Holoceen (12.000 tot 8.700). De top van de Formatie van Boxtel kan tijdens afzetting van onder meer het Terschellingerbank en Western Mud Hole Laagpakket en de Formatie van Naaldwijk door erosie zijn aangetast. Als de Basisveen Laag in het gebied voorkomt, kan de top van de Formatie van Boxtel juist ongaangestast aanwezig zijn het onderoeksgebied.



Afbeelding 11: Door holocene afzettingen afgedekte pleistocene formaties.

[17] Eemien: interglaciale periode tussen 130.000 en 115.000 jaar geleden

Volgens digitale grid data van TNO ligt de top van de *pleistocene* opeenvolging in het onderzoeksgebied rond tussen de -30 en -36 meter[18] (zie afbeelding 12).



Afbeelding 12: Diepteligging van de top van het pleistocene landschap in meters (referentievlak is onbekend).

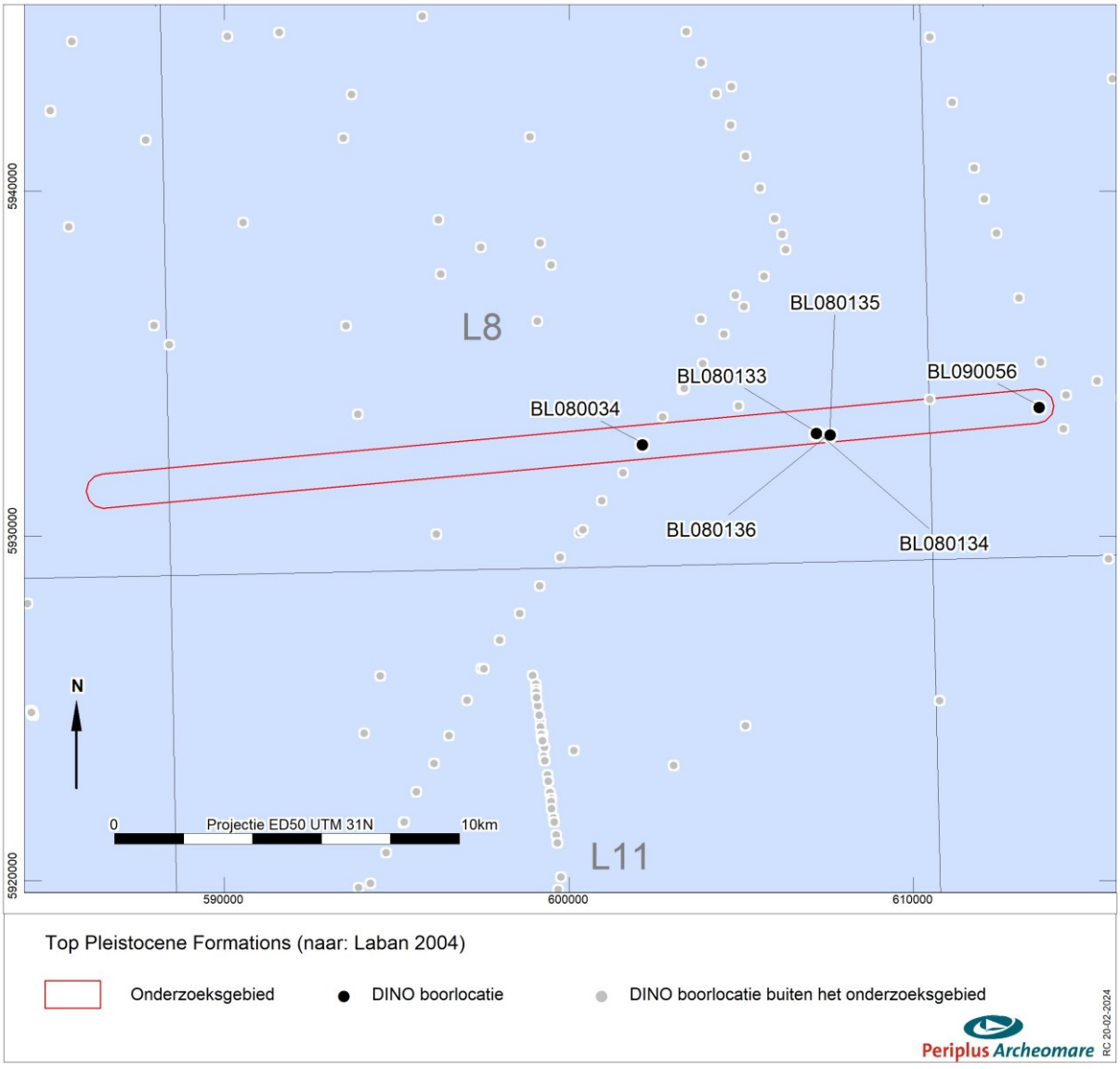
In het oosten van het onderzoeksgebied zijn zes boringen bekend in de DINO-database[19] (zie afbeelding 13). Voor vier boring is de lithostratigrafie geïnterpreteerd. In de onderstaande tabel zijn alle boringen kort beschreven.

Nitg nummer	Eind diepte	Diepte in m		Lithologie	Lithostratigrafie (volgens DINO)
		top	Basis		
BL080034	1.80	0.00	1.80	Zand midden categorie	GEEN
BL080133	2.30	0.00	0.38	Zand midden categorie	Southern Bight Formatie
		0.38	2.94	Zand fijne categorie	Formatie van Naaldwijk
		2.94	3.30	Zand midden categorie	Boxtel Formatie
BL080134	3.40	0.00	0.50	Zand midden categorie	Southern Bight Formatie
		0.50	3.40	Zand fijne categorie	Formatie van Naaldwijk
BL080135	3.10	0.00	0.35	Zand midden categorie	Southern Bight Formatie
		0.35	3.10	Zand fijne categorie	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren
BL080136	3.52	0.00	0.23	Zand midden categorie	Southern Bight Formatie

[18] Referentievlak (MSL, NAP, LAT of anders) is niet bekend.
[19] www.dinoloket.nl.

Nitg nummer	Eind diepte	Diepte in m		Lithologie	Lithostratigrafie (volgens DINO)
		top	Basis		
		0.23	3.34	Zand fijne categorie	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren
		3.34	3.52	Klei	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer
BL090056	1.3	0.00	1.30	Zand midden categorie	GEEN

Tabel 5: Overzicht van bekende DINO boring in het gebied, inclusief de lithostratigrafische interpretatie volgens het DINO-loket.



Afbeelding 13. DINO-boringen in de omgeving.

Aan de hand van de verschillende geologische kaarten samen met de gegevens uit het DINO-loket, wordt een interpretatie van de lithologische opeenvolging gegeven. Aan de top wordt het omgewerkte (peri)glaciale slibhoudende zeezand van de Terschellingerbank Laagpakket | Southern Bight Formatie verwacht, met een dikte tussen de 10 en 50 centimeter.

Direct onder deze laag kunnen de omgewerkte getijdenafzettingen van de Formatie van Naaldwijk, het Laagpakket van Walcheren en/of het Laagpakket van Wormer voorkomen, met een dikte variërend tussen

de 2.5 en 3.1 meter. Mogelijk komt lokaal aan de basis van het Laagpakket van Wormer humeuze klei (Laagpakket van Wormer | Laag van Velsen) en/of veen (Formatie van Nieuwkoop | Basisveen Laag) voor. De aanwezigheid van veen en/of klei kan een aanwijzing vormen dat het onderliggende pleistocene landschap met aan de top een oude bodem ('paleosol') intact bewaard is gebleven. Voorwaarde is dan wel dat voorafgaand en tijdens de afzetting van het veen en/of de humeuze klei geen erosie is opgetreden.

Onder deze holocene eenheden worden de pleistocene eenheden van de Formatie van Boxtel en de Eem Formatie verwacht. De Formatie van Boxtel bestaat uit eolische afzettingen van het Laagpakket van Wierden (dekzand) en beekafzettingen in de vorm van klei, leem en fijn zand van het Laagpakket van Singraven. De beekafzettingen van het Laagpakket van Singraven zouden mogelijk aan de basis van de getijdengeulafzettingen van het Laagpakket van Wormer kunnen liggen.

Formatie	Laagpakket | Laag	Lithologie	Ouderdom	Genese	Opmerking
Southern Bight	Terschellingerbank	Zand	Holoceen	Open marien	Mobiele laag
Naaldwijk	Walcheren	Klei en zand	Holoceen	Marien	getijdenafzettingen
	Wormer	Klei en zand	Holoceen	Marien	getijdenafzettingen
	Velsen	Humeuze Klei	Holoceen	Lagunair	kustzone
Nieuwkoop	Basisveen	Veen	Vroeg holoceen	Organoleptisch	kustveen
Boxtel	Wierden	Fijn zand	Weichselien tot vroeg holoceen	Eolisch	Dekzand; polwoestijn
	Sinkgraven	Zand, leem, klei en veen		Fluviatiel	Beekafzettingen
Eem	-	Zand en klei	Eemien	Open mariem	schelpenhoudend

Tabel 6: Lithostratigrafie binnen het onderzoeksgebied.

2.5. Archeologische waarden (LS04)

Archeologie Continentaal Plat algemeen

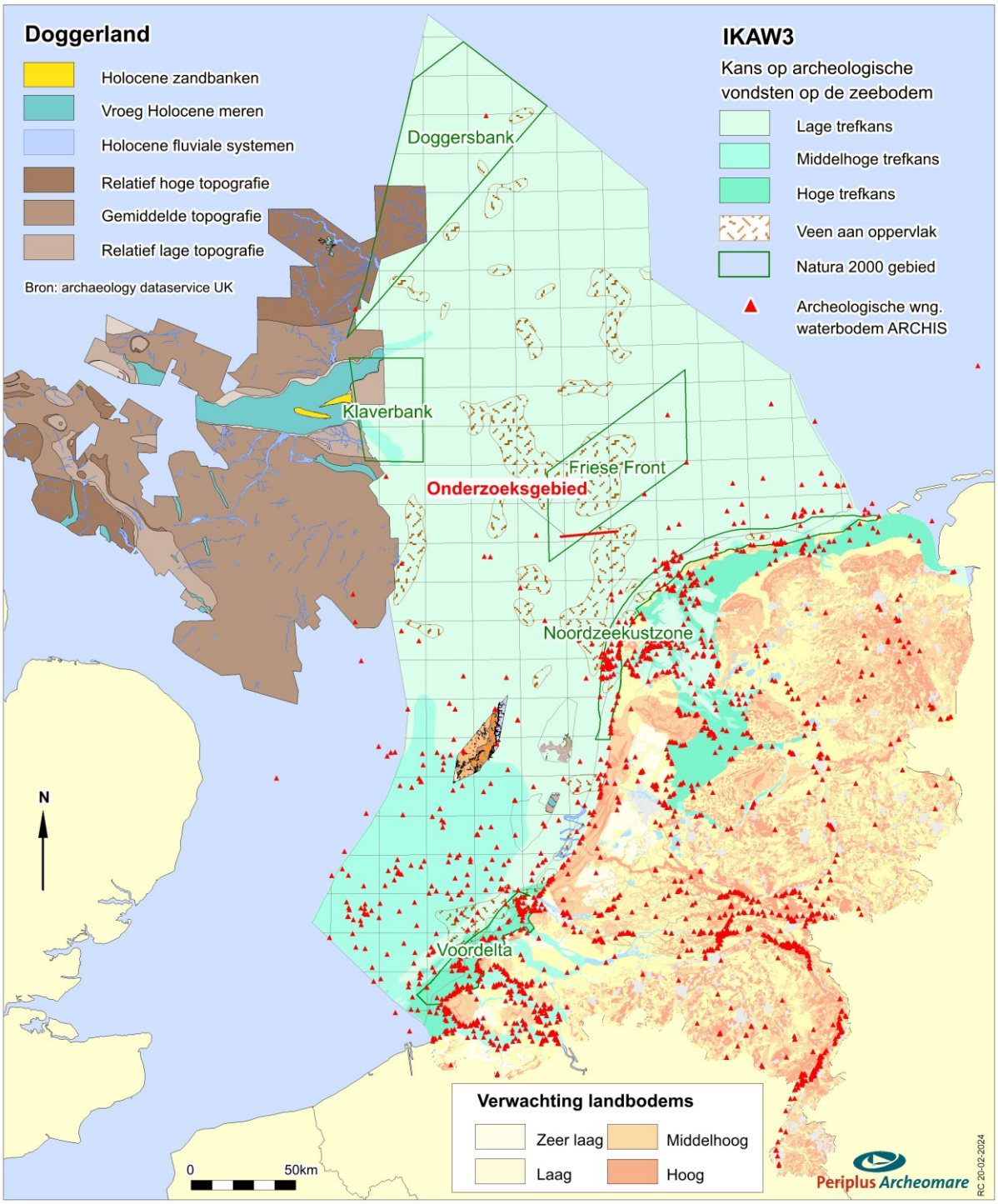
Door de voormalige Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB, nu Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed) is in samenwerking met Rijkswaterstaat dienst Zee en Delta en *TNO-NITG* op basis van geologische en archeologische waarnemingen een globale archeologische kaart voor het Continentaal Plat opgesteld (zie onderstaande afbeelding)[20].

De Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat geeft de trefkans van goed geconserveerde scheepswrakken (en daarmee veelal een scheepsvondst van hoge archeologische waarde) voor het Nederlandse deel van het Continentale Plat weer. Deze kaart is echter zeer beperkt bruikbaar, mede door de kleinschaligheid van 1: 500.000. Daarnaast hangt de mate van conservering sterk samen met geologie en morfologie. De achterliggende redenering hierbij is dat in geulafzettingen of gebieden met een "slap" sediment, een wrak snel wegzakt in de bodem en daardoor in goede staat bewaard blijft. In andere gebieden is de trefkans op scheepsresten niet per definitie lager, maar wel de trefkans op een goed geconserveerd schip waarbij de lading en de uitrusting van het schip nog aanwezig zijn.

Op de kaart zijn ook gebieden aangegeven waar venen en kleien bewaard zijn gebleven. Deze afdekking met klei/veen zegt uitsluitend iets over de mogelijke ligging van *pleistocene* afzettingen aan/nabij de zeebodem. Daar waar *holocene* kleien/venen zijn geërodeerd, kunnen *pleistocene* niveaus met artefacten/faunaresten aanwezig zijn. Waar het om vroeg *holocene* afzettingen gaat, kunnen

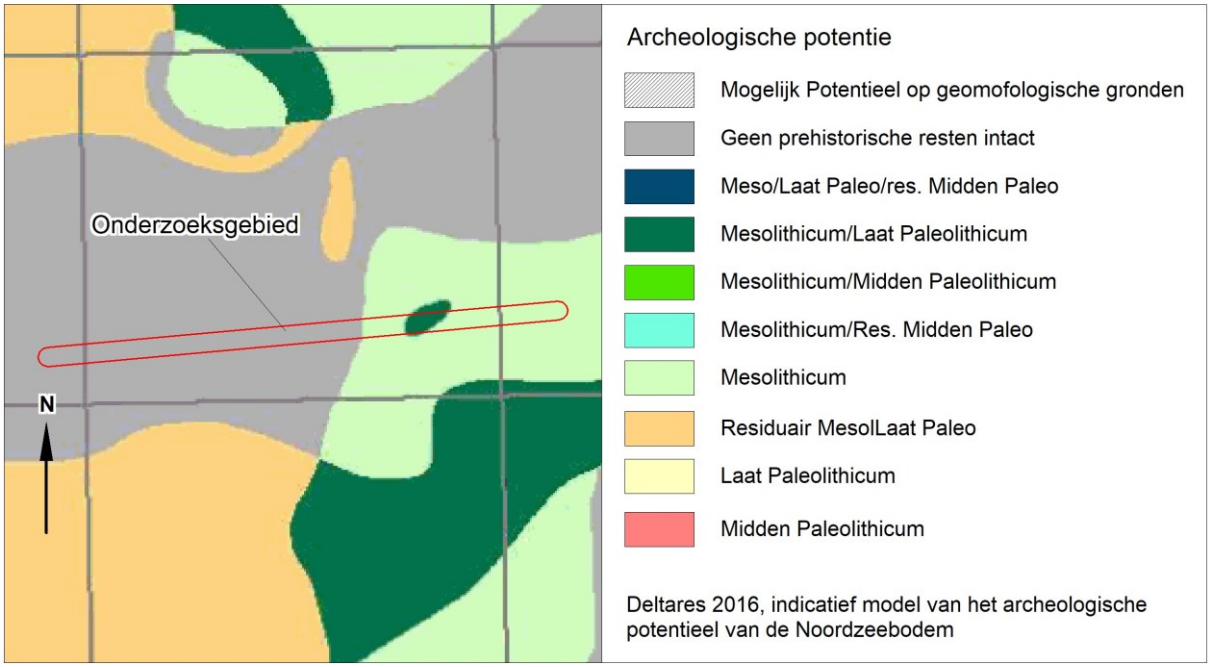
[20] IKAW 3e generatie, RCE 2008.

bewoningsresten uit de Prehistorie voorkomen gerelateerd aan afgedekte *pleistocene* en vroeg-*holocene* landschappen.



Afbeelding 14. Overzichtskaart Natuur- en archeologiewaarden van het Nederlands Continentaal Plat

Uit onderzoek is gebleken dat de kans op het aantreffen van prehistorische bewoningsresten in de Noordzee veel groter is dan aanvankelijk werd gedacht[21]. De archeologische verwachtingskaart voor het Nederlands Continentaal Plat zal daarom moeten worden herzien. In 2016 heeft Deltares een eerste verwachtingskaart opgezet van het prehistorische potentieel van de Noordzee[22].



Afbeelding 15. Archeologische potentie prehistorische resten

Het model dat hiervoor is gebruikt is gerelateerd aan de geologie van de top van het *Pleistoceen*. Volgens dit model kent het onderzoeksgebied in het westen geen potentie voor intacte archeologische resten. Dit houdt verband met het verwachte voorkomen van de Eem Formatie. Deze formatie bestaat uit mariene afzettingen die tijdens het Eemien zijn afgezet[23]. In het oosten van het onderzoeksgebied is een potentieel voor intacte resten uit het Midden Paleolithicum tot en met het Mesolithicum gekarteerd. Dit het verband met het verwachte voorkomen van de Formatie van Boxtel en de Formatie van Nieuwkoop | Basisveen Laag (zie afbeelding 16).

Bekende objecten en waarnemingen

Voor een overzicht van bekende waarnemingen binnen het onderzoeksgebied is gebruik gemaakt van de database van het Nationaal Contact Nummer (NCN).

De NCN database is eigendom van- en wordt beheerd door Rijkswaterstaat Zee en Delta. Toestemming voor het gebruik van de gegevens is verleend door de contactpersoon bij Rijkswaterstaat Zee en Delta[24]. Binnen de NCN database heeft ieder object op de Nederlandse waterbodem een uniek nummer (NCN). Dit is gebaseerd op één of meerdere onderliggende databases.

[21] Zie het project 'North Sea Paleolandcapes' van de Universiteit van Birmingham en North Sea Research and management Framework 2009 (Peeters e.a. 2009).
[22] Vonhögen et al. 2016.
[23] Eemien: interglacial (= warme periode tussen twee ijstijden), 130 kjaar tot 115 kjaar geleden.
[24] P. de Boer, RWS CIV per e-mail

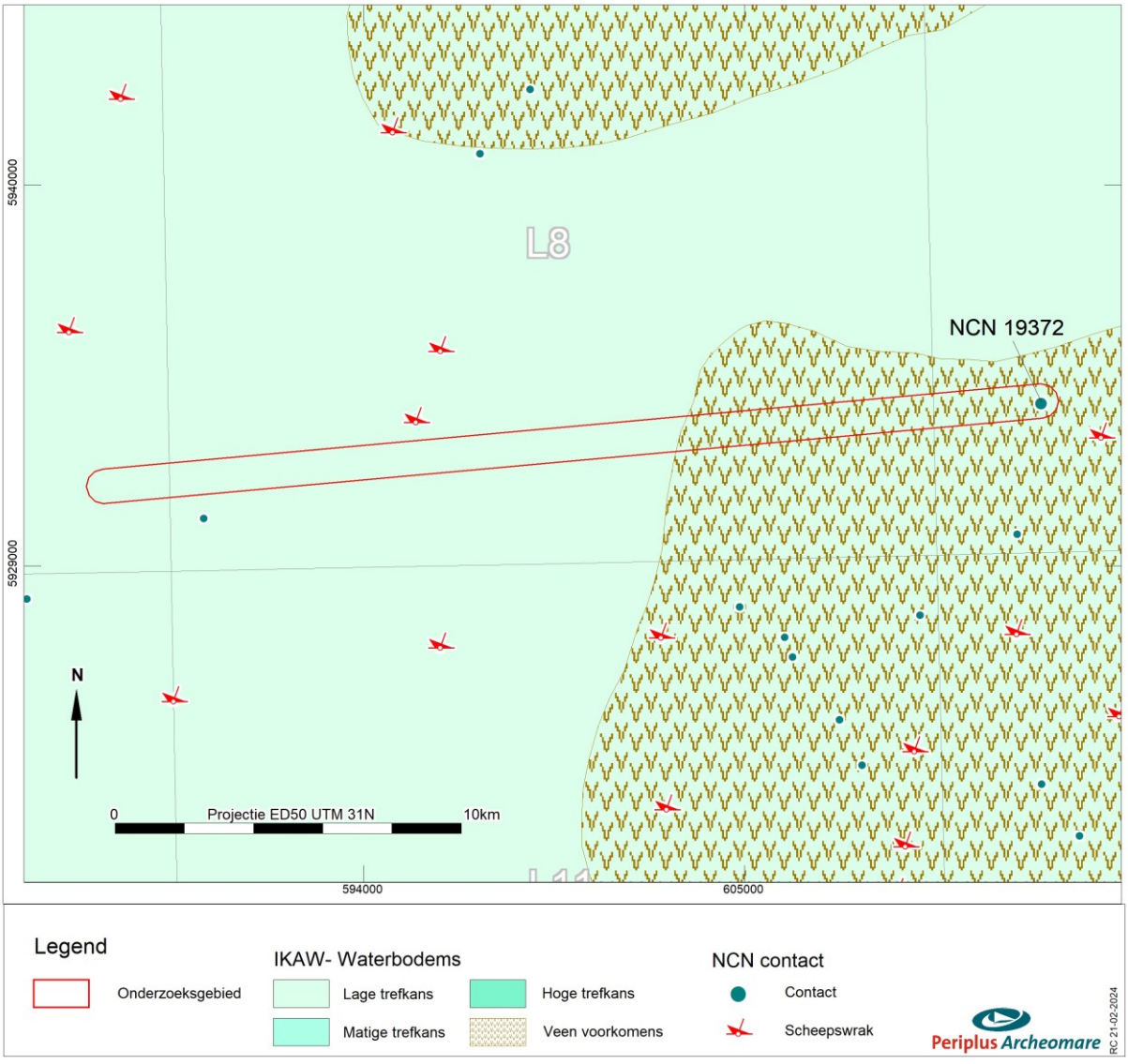
Het Nationaal Contact Nummer (NCN)

De NCN database combineert de gegevens van drie verschillende overheidsbronnen:

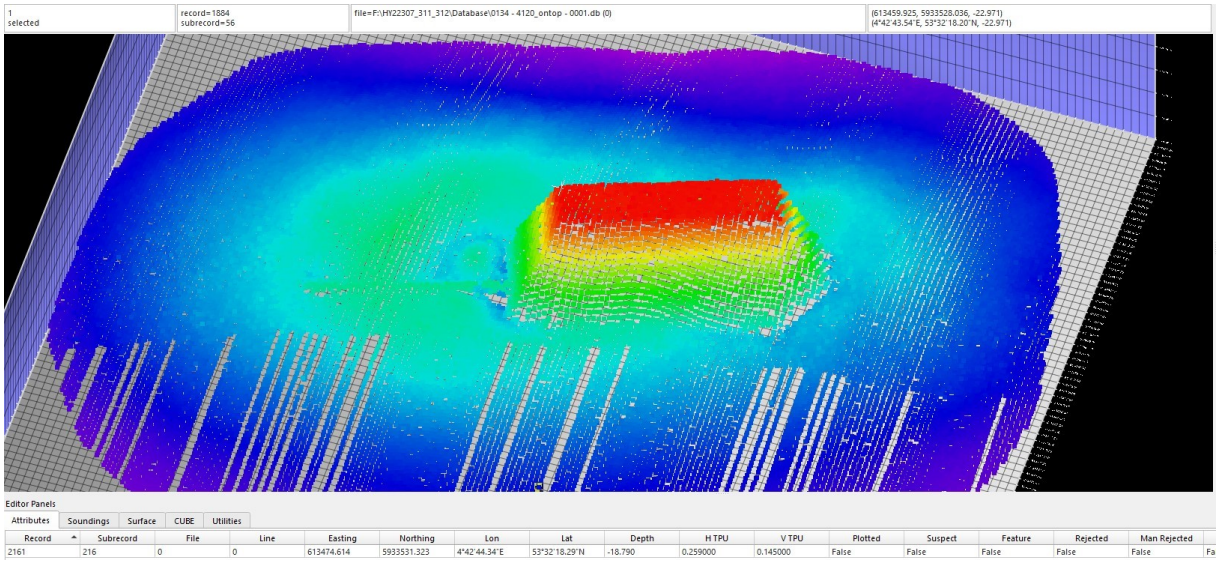
- Het Wrakkenregister van de Dienst der Hydrografie;
- De SonarReg92 objecten database van Rijkswaterstaat;
- De ARCHISII database van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Binnen het onderzoeksgebied is een waarnemingen bekend. Dit betreft NCN 19372, een onbekend contact gekarteerd door de Dienst der Hydrografie op 5 juli 2022 met de volgende dimensies: 19 m x 7 m x 3.75 m. Op basis van de bijgevoegde multibeamafbeelding wordt verondersteld dat het om een onbekend recent antropogeen object gaat (afbeelding 17).

De bekende wrakken liggen zo ver weg dat het niet zinvol wordt geacht om details van deze bekende wrakken in dit rapport op te nemen. Daarnaast wordt in het oosten van het onderzoeksgebied veen verwacht.



Afbeelding 16. Overzicht van de bekende waarnemingen rondom het onderzoeksgebied



Afbeelding 17: multibeam afbeelding van NCN 19372, het onbekende object.

Vliegtuigwrakken

Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen uit de Eerste en Tweede Wereldoorlog dat nog vermist wordt. Het gaat in ieder geval om honderden[25]. Voor het IJsselmeergebied bezit Rijkswaterstaat een overzichtskaart waarop vondsten en vermissingen zijn weergegeven. Een vergelijkbare kaart van de Noordzee bestaat (nog) niet[26].

[25] Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie, NFLA.

[26] Persoonlijk commentaar Majoor A. Kappert, voormalig bergingsofficier Koninklijke Luchtmacht

2.6. Gespecificeerde verwachting (LS05)

Vroege prehistorie

De archeologische verwachting voor het onderzoeksgebied hangt nauw samen met de geogenese van het Noordzeegebied.

Tijdens de *Bølling* en *Allerød* interstadialen (Laat *Glaciaal*) en het *Preboreaal* (Vroeg *Holoceen*) werd de toegenomen neerslag en smeltwater via beken afgevoerd. Deze beken sneden zich in. Het is niet uitgesloten dat dergelijke beken ook door het plangebied stroomden. De geulsystemen zijn tijdens het inunderen van het Noordzee gebied veranderd in getijdengeulen. De afzettingen van deze getijdengeulen behoren tot het Laagpakket van Wormer binnen de Formatie van Naaldwijk. De top van het Laagpakket van Singraven ligt naar verwachting op 3 m onder de zeebodem, hoewel de precieze diepteligging niet bekend is.

Het Laagpakket van Singraven maakt deel uit van de Formatie van Boxtel. Eolische afzettingen binnen deze formatie hebben tijdens hun afzetting ruggen en duinen gevormd. Deze 'dekzanden' worden tot het Laagpakket van Wierden gerekend. Het is minder waarschijnlijk dat dergelijke dekzanden intact bewaard zijn gebleven.

In het onderzoeksgebied kunnen resten van laat-paleolithische en vroeg-mesolithische jachtkampen, begravingsresten en verloren of gedumpte objecten (jachtattributen) verwacht worden. De landschappelijke context voor de jachtkampen wordt gevormd door de oevers van laat-glaciale en vroeg-holocene beken. De lithologische context bestaat uit zand, leem, veen en klei van Laagpakket van Singraven.

Zowel organische resten (hout, bot, botanische macroresten, pollen) als anorganische resten (vuursteen, natuursteen) kunnen goed geconserveerd zijn in het Laagpakket van Singraven, zeker als de context wordt gevormd door leem, klei of veen. Organische resten die oorspronkelijk langere tijd boven de grondwaterspiegel lagen, zijn waarschijnlijk minder goed bewaard zijn gebleven.

Vindplaatsen worden gekenmerkt door de aanwezigheid van houtskoolconcentraties, artefacten van vuursteen, natuursteen, been en gewei. Begravingsresten kunnen voorkomen. In het geval een locatie herhaaldelijk of langdurig is gebruikt kan in de klei een vondstlaag tot ontwikkeling zijn gekomen. De vondstdichtheid kan variëren van laag tot middelhoog.

De archeologische verwachting voor het onderzoeksgebied is samengevat in
historische **scheepswrakken**
binnen het onderzoeksgebied zijn geen (historische) scheepswrakken bekend. de aanwezigheid van nog onontdekte wrakken kan niet worden uitgesloten.

indien een schip zinkt en uiteindelijk op de zeebodem terecht komt, zal door de getijdenstroming het casco zich snel in een losse, zachte bodem inslijpen tot op het niveau van een harde bodem. hoe dikker de laag met los materiaal, hoe meer van het schip hierin wordt verpakt en bewaard blijft. vooral in gebieden waar de losse laag bestaat uit materiaal met een hoger kleigehalte zal die afdichting een sterke conserverende werking hebben. in meer zandige gebieden zal dit effect door de grotere zandfractie veel minder groot zijn.

formatie	laagpakket | laag	lithologie	ouderdom	archeologische	periode

				verwachting*	
southern bight	terschellingerbank	zand	holoceen	i, iv	me – nt
naaldwijk	walcheren	klei en zand	holoceen	i, iv	me – nt
	wormer	klei en zand	holoceen	i, iv	vmeso – nt
	velsen?	humeuze klei	holoceen	ii, mogelijk iii	vmeso
nieuwkoop	basisveen	veen	vroeg holoceen	ii, mogelijk iii	vmeso
boxtel	wierden	fijn zand	weichselien tot vroeg holoceen	iii	lpaleo – vmeso
	sinkgraven	zand, leem, klei en veen		ii en iii	lpaleo – vmeso
eem	-	zand en klei	eemien	iv	mpaleo

* archeologische verwachting	
i	scheepswrakken en scheepvaart gerelateerde objecten; vliegtuigwrakken
ii	verloren of gedumpte objecten, waaronder vuurstenen en benen jachtattributen, visweren, visfuiken en boomstamboten
iii	nederzettingen en begravingsresten
iv	verspoelde artefacten

tabel 7.

Historische scheepswrakken

Binnen het onderzoeksgebied zijn geen (historische) scheepswrakken bekend. De aanwezigheid van nog onontdekte wrakken kan niet worden uitgesloten.

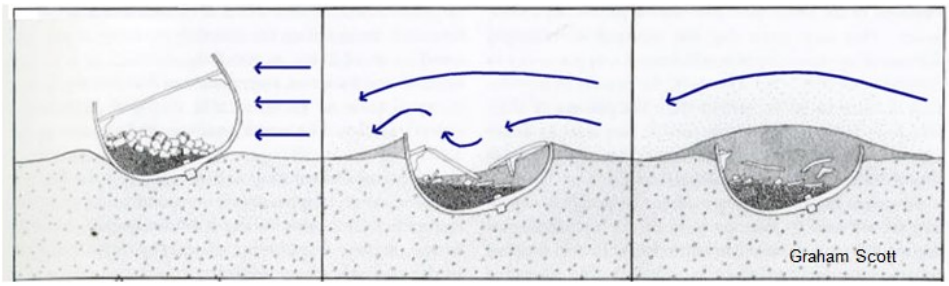
Indien een schip zinkt en uiteindelijk op de zeebodem terecht komt, zal door de getijdenstroming het casco zich snel in een losse, zachte bodem inslijpen tot op het niveau van een harde bodem. Hoe dikker de laag met los materiaal, hoe meer van het schip hierin wordt verpakt en bewaard blijft. Vooral in gebieden waar de losse laag bestaat uit materiaal met een hoger kleigehalte zal die afdichting een sterke conserverende werking hebben. In meer zandige gebieden zal dit effect door de grotere zandfractie veel minder groot zijn.

Formatie	Laagpakket | Laag	Lithologie	Ouderdom	Archeologische verwachting*	Periode
Southern Bight	Terschellingerbank	Zand	Holoceen	I, IV	ME – NT
Naaldwijk	Walcheren	Klei en zand	Holoceen	I, IV	ME – NT
	Wormer	Klei en zand	Holoceen	I, IV	VMESO – NT
	Velsen?	Humeuze Klei	Holoceen	II, mogelijk III	VMESO
Nieuwkoop	Basisveen	Veen	Vroeg holoceen	II, mogelijk III	VMESO
Boxtel	Wierden	Fijn zand	Weichselien tot vroeg holoceen	III	LPALEO – VMESO
	Sinkgraven	Zand, leem, klei en veen		II en III	LPALEO – VMESO
Eem	-	Zand en klei	Eemien	IV	MPALEO

* Archeologische verwachting	
I	Scheepswrakken en scheepvaart gerelateerde objecten; vliegtuigwrakken
II	Verloren of gedumpte objecten, waaronder vuurstenen en benen jachtattributen, visweren, visfuiken en boomstamboten
III	Nederzettingen en begravingsresten
IV	Verspoelde artefacten

Tabel 7. Archeologische verwachting gerelateerd aan de lithostratigrafie.

Volgens geologische bronnen komt in het onderzoeksgebied het Terschellingerbank Laagpakket voor. Deze eenheid bestaat uit fijn zand, maar bevat minder dan 10% fijn materiaal, zoals klei en silt. Op het moment dat wrakken door erosie of andere oorzaken aan het oppervlak van de zeebodem komen te liggen kunnen zij worden aangetast door voortgaande erosie en zeeorganismen zoals de paalworm. Het hout van scheepswrakken wordt door de paalworm opgevreten wat leidt tot een sterke aantasting van de gaafheid en conservering van het wrak.



Afbeelding 18. Voorbeeld van een wrakvormingsproces (Graham Scott)

Vliegtuigwrakken

Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen dat nog vermist wordt. Het gaat in ieder geval om honderden. Het is denkbaar dat zich meerdere onontdekte resten bevinden in de omgeving.

3. Beantwoording onderzoeksvragen

Op basis van het bureauonderzoek worden de onderzoeksvragen beantwoord.

Zijn er archeologische waarden in het plangebied bekend?
Nee, binnen het onderzoeksgebied zijn geen archeologische waarden bekend.

Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van deze vindplaatsen?
Deze vraag is niet van toepassing.

Kunnen in het plangebied, naast eventuele bekende waarden, archeologische resten verwacht worden?
Ja, de verwachting voor het onderzoeksgebied betreft:

- historische scheeps- en vliegtuigwrakken.
- intacte prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde resten.

Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van de verwachte archeologische resten?
a) scheeps- en vliegtuigwrakken
De verwachting betreft vooral scheepswrakken uit de Middeleeuwen tot en met de Nieuwe tijd (waaronder WOI/WOII gerelateerde wrakken), al kan de aanwezigheid van oudere scheepswrakken (zoals prehistorische boomstamboten) niet volledig worden uitgesloten. Het gaat om geïsoleerde vindplaatsen met in de omgeving mogelijk objecten die aan het wrak gerelateerd zijn, zoals verloren lading, of door erosie verspoelde delen van het wrak of de lading. Scheepswrakken kunnen overal in het gebied voorkomen; locaties zijn moeilijk te voorspellen.

De gaafheid en conservering van wrakken is sterk afhankelijk van het materiaal (hout of staal) en de context van de resten. Schepen die kort na het vergaan zijn afgedekt door sediment, en ingebed in sediment bewaard zijn gebleven, kunnen gaaf en goed geconserveerd zijn. Wrakken die aan het oppervlak liggen staan bloot aan erosie en aantasting door mariene organismen zoals de paalworm.

De verwachting voor vliegtuigwrakken betreft overblijfselen van gevechtsvliegtuigen uit WOII. Door de grote impact tijdens een crash kunnen resten over een groot gebied verspreid voorkomen.

b) prehistorische resten
Indien de top van de pleistocene opeenvolging gevormd wordt door geërodeerde mariene zanden van de Eem Formatie, wordt de kans op *in situ* resten uit de Prehistorie klein geacht. Verspoelde resten van vuurstenen en benen artefacten (zoals jachtattributen) kunnen wel voorkomen.

Indien de Eem Formatie is afgedekt door laat-glaciale beekafzettingen van het Laagpakket van Singraven, dan kunnen in het onderzoeksgebied *in situ* resten van kampplaatsen, begravingen en gedumpte en/of verloren objecten van jagers en verzamelaars uit het Laat *Paleolithicum* en Vroeg *Mesolithicum* voorkomen. Jachtkampen uit deze perioden zijn vaak klein (enkele m2), maar de aanwezigheid van grotere herhaaldelijk en/of langdurige bewoonde kampen kan niet worden uitgesloten. Het archeologische niveau wordt gevormd door het Laagpakket van Singraven. De top van deze eenheid ligt naar verwachting op 3 m onder de zeebodem. Bij bovenstaande verwachting moet worden aangetekend dat het voorkomen van het Laagpakket van Singraven niet is vastgesteld en onzeker is.

Archeologische niveaus kunnen *in situ* resten herbergen, mits deze niveaus niet tijdens de afzetting van de bovenliggende *Holocene* sedimenten zijn geërodeerd. Vindplaatsen worden gekenmerkt door de aanwezigheid van houtskoolconcentraties, artefacten van vuursteen, natuursteen, been en gewei. In kleiige afzettingen van het Singraven Laagpakket - indien aanwezig - kan een donkere vondstlaag tot ontwikkeling zijn gekomen. De vondstdichtheid kan variëren van laag tot middelhoog.

Vormt de installatie van een platform en het leggen van een pijpleiding een bedreiging voor bekende of verwachte archeologische waarden?
Het installeren van een platform kan een bedreiging vormen voor eventuele historische scheepswrakken, scheepvaart-gerelateerde objecten en resten van vliegtuigwrakken uit WOII. De bedreiging bestaat uit het baggerwerk zelf en door de ankers van werkschepen die de verdieping uitvoeren.

Tijdens de voorgenomen werkzaamheden kunnen archeologische niveaus voor prehistorische resten worden verstoord. De bodemverstoring is echter klein en zeer plaatselijk. Gezien de over het algemeen geringe omvang van jachtkampen uit het *Paleolithicum* en Vroeg *Mesolithicum* en de onzekerheid over het werkelijke voorkomen van het Laagpakket van Singraven, wordt de kans dat daadwerkelijk resten worden aangetast zeer klein geacht.

Zo ja: Kan een aantasting van archeologische waarden door planaanpassing worden voorkomen of beperkt?
Nee, het voorkomen van archeologische resten is in dit stadium niet bekend. Als tijdens een route survey scheeps- of vliegtuigwrakken worden aangetroffen, kan de locatie van het platform en de pijpleiding worden aangepast, zodat deze resten niet worden aangetast.

Indien de archeologische waarden niet kunnen worden behouden: Welke vorm van nader onderzoek is nodig om de aanwezigheid van archeologische waarden en hun omvang, ligging, aard en datering voldoende te kunnen bepalen om te komen tot een selectiebesluit?
De archeologische verwachting voor wrakken, scheepvaart gerelateerde resten en vliegtuigresten kan getoetst worden door het uitvoeren van een inventariserend veldonderzoek (opwaterfase), waarbij met een meetvaartuig uitgerust met een *multibeam echo sounder, side scan sonar*, en *magnetometer* het gebied in kaart wordt gebracht. In de beleidsregels met betrekking tot ontgrondingen in Rijkswateren[27] is opgenomen dat voor een afstand van 100 meter tot wettelijk beschermde monumenten van archeologische vondsten en locaties met melding van archeologische vondsten geen ontgrondingsvergunning wordt verleend. Dit betekent, dat naast het plangebied ook een bufferzone van minimaal 100 meter onderzocht dient te worden.

De aard en intactheid van het begraven prehistorische landschap en de aanwezigheid van archeologische resten zou kunnen worden onderzocht door middel van een *subbottom profiler* survey en een booronderzoek. Indien een subbottom profiler route survey en/of boringen en sonderingen worden uitgevoerd, wordt aanbevolen om de ingewonnen data te gebruiken voor een geo-archeologische assessment, zodat een beter beeld wordt verkregen van de ontwikkeling van prehistorische landschappen in dit deel van het Noordzeegebied.

[27] Beleidsregels ontgrondingen in Rijkswateren.

4. Conclusies en advies

Het bureauonderzoek heeft uitgewezen dat in het onderzoeksgebied geen archeologische waarnemingen bekend zijn. Daarentegen kunnen onontdekte historische scheepswrakken, resten van gevechtsvliegtuigen uit WOI en WOII, en prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde resten wel voorkomen.

Op basis van de uitkomst van het bureauonderzoek wordt geadviseerd om een inventariserend veldonderzoek (opwaterfase) uit te voeren om de archeologische verwachting te toetsen en nader te specificeren[28]. Voorafgaand aan de werkzaamheden wordt standaard een *Route Survey* uitgevoerd. De data van deze *survey* kunnen worden gebruikt voor de toets. Voorwaarde is wel dat de datakwaliteit voldoende is. Het verdient aanbeveling de *technische Scope of Work* af te stemmen met het archeologisch team alvorens met de survey werkzaamheden te beginnen.

De verwachte prehistorische resten bestaan uit jachtkampen en begravingen uit het Laat *Paleolithicum* en Vroeg *Mesolithicum*. Deze resten zijn gerelateerd aan mogelijke voorkomen van beekafzettingen van het Laagpakket van Singraven op 4 m onder de zeebodem.

Indien een *subbottom profiler* wordt ingezet tijdens de route survey, wordt aanbevolen om de ingewonnen data te gebruiken voor een geo-archeologische assessment, zodat een beter beeld wordt verkregen van de ontwikkeling van prehistorische landschappen in dit deel van het Noordzeegebied. Dit geldt eveneens voor geotechnische data die worden verkregen uit sonderingen en boringen (vibro-coring en/of borehole sampling).

Geadviseerd wordt de *technische Scope of Work* af te stemmen met een certifieerde archeologische contractor alvorens met de survey werkzaamheden te beginnen. De eisen die voor het archeologische onderzoek aan de geofysische opnamen worden gesteld dienen te worden vastgelegd in een archeologisch Programma van Eisen (PvE), en dit dient, samen met de onderzoeksvragen voorafgaand aan het onderzoek te zijn ondertekend door bevoegd gezag.

[28] Conform KNA Waterbodems protocol 4103.

5. Conclusions and advice

The desktop research has shown that no archaeological finds are known in the research area. However, historic shipwrecks that have not been discovered, remains of fighter planes from WWI and WWII, and prehistoric landscapes and related remains can occur.

Based on the outcome of this desk study it is advised to conduct inventory field research under the Dutch Quality Standard for Archaeological Research (Dutch: KNA 4.1 Waterbodems) to test and further specify the archaeological expectancy[29]. Before the activities, a *survey* will be carried out. The data acquired during this *survey* can be used to test the archaeological expectancy. The survey data shall be fit for the archaeological assessment. A sufficient quality of the data is therefore considered to be an important precondition. It is advised to communicate the *Technical Scope of Work* with the archaeological sub-contractor before the start of the works.

The expected prehistoric remains consist of campsites and burials from the Late Palaeolithic and Early Mesolithic. These remains are related to the possible occurrence of stream deposits of the Singraven Member at an estimated 4 m below the seabed.

Suppose a *subbottom profiler* is used during the route survey. In that case, it is recommended to use the collected data for a geo-archaeological assessment, to obtain a better picture of the development of prehistoric landscapes in this part of the North Sea area. This also applies to geotechnical data obtained from CPTs and drillings (vibro-coring and/or borehole sampling).

It is advised to align the technical Scope of Work with a certified archaeological contractor before commencing the survey activities. The requirements for archaeological research on the geophysical survey should be documented in an archaeological Program of Requirements (PoR), and this should be signed by the competent authority along with the research questions before the investigation.

[29] In accordance with the Dutch Quality Standard for Archaeological Research; protocol 4103.

Lijst met afbeeldingen

Afbeelding 1. Ligging van het plangebied. 5
Afbeelding 2: Ligging van het onderzoeksgebied. 8
Afbeelding 3. Diepteligging van de waterbodem in het onderzoeksgebied. 9
Afbeelding 4. Infrastructuur in de omgeving van het onderzoeksgebied. 10
Afbeelding 5. Overzicht van de eerder uitgevoerde onderzoeken in- en rond het gebied. 11
Afbeelding 6. Reconstructie van de historische kustlijnen in het Noordzeebekken. 13
Afbeelding 7. Menselijke schedel gevonden in de netten van vissers in 'Noordzee/Doggerland' in November 2019 (foto: Kommer Tanis). 14
Afbeelding 8. Ligging van het onderzoeksgebied op de kaart van Faden, 1777 15
Afbeelding 9: Oppervlaktesedimenten (links) en Geologische Overzichtskaart uit 2003 (rechts). 16
Afbeelding 10: Geologische kaart Nederland. 17
Afbeelding 11: Door holocene afzettingen afgedekte pleistocene formaties. 18
Afbeelding 12: Diepteligging van de top van het pleistocene landschap in meters (referentievlak is onbekend). 19
Afbeelding 13. DINO-boringen in de omgeving. 20
Afbeelding 14. Overzichtskaart Natuur- en archeologiewaarden van het Nederlands Continentaal Plat ... 22
Afbeelding 15. Archeologische potentie prehistorische resten 23
Afbeelding 16. Overzicht van de bekende waarnemingen rondom het onderzoeksgebied 24
Afbeelding 17: multibeam afbeelding van NCN 19372, het onbekende object. 25
Afbeelding 18. Voorbeeld van een wrakvormingsproces (Graham Scott) 28

Lijst met tabellen

Tabel 1. Archeologische perioden 2
Tabel 2. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied 2
Tabel 3: Kruisende pijpleidingen (bron: RWS feb. 2023). 10
Tabel 4. Overzicht van de eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken in het gebied. Alle onderzoeken zijn uitgevoerd door Periplus Archeomare. 12
Tabel 5: Overzicht van bekende DINO boring in het gebied, inclusief de lithostratigrafische interpretatie volgens het DINO-loket. 20
Tabel 6: Lithostratigrafie binnen het onderzoeksgebied. 21
Tabel 7. Archeologische verwachting gerelateerd aan de lithostratigrafie. 27

Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen

Term	**Omschrijving**
Antropogeen	Door menselijk handelen
Allerød interstadiaal	Het Allerød-interstadiaal is warme en nattere periode tijdens het laatste glaciaal (IJstijd) dat duurde van 13.900 tot 12.850 jaar geleden.
Bølling interstadiaal	Het Bølling-interstadiaal is warme en nattere periode tijdens het laatste glaciaal (IJstijd) dat duurde van 14.650 tot 14.000 jaar geleden.
Discordant	Hiaat tussen twee sedimentaire lagen, komt vaak tot uiting in een hoekverschil
Glaciaal	IJstijd
Glaciolacustriene afzetting	Afgezet in een smeltwatermeer; veelal fijn-gelaagde klei en leem
Holoceen	Jongste geologisch tijdperk (vanaf de laatste IJstijd, circa 10.000 v.Chr. tot heden)
In situ	Ter plaatse, in de oorspronkelijke toestand
Interglaciaal	Warme periode tussen twee ijstijden, zoals het Holoceen, de periode waar wij nu in leven.
Interstadiaal	Warme periode binnen een ijstijd.
Klastische rivierafzettingen	Klastisch wil zeggen dat een gesteente of sediment is opgebouwd of bestaat uit fragmenten van afgebroken gesteente (zogenaamde klasten).
KNA	Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie
Lithostratigrafie	Studie van de gesteentelagen binnen de stratigrafie en geologie.
Magnetometer	Techniek om afwijkingen veroorzaakt door de aanwezigheid van ferro-magnetisch materiaal (ijzer) in het natuurlijke magnetische veld te detecteren
Mesolithicum	De periode (8800-4900 voor Chr.) die begint na het aflopen van de laatste ijstijd en eindigt wanneer een samenleving overschakelt op landbouw en veeteelt en tal van nieuwe technologieën ontwikkelt of overneemt (Neolithicum)
Multibeam echosounder	Vlakdekkend akoestisch meetinstrument dat met verschillende bundels of beams de waterdiepte onder een meetvaartuig meet, waarna een gedetailleerd topografisch model van de waterbodem kan worden gemaakt
Paleolithicum	De oudste periode in de voorgeschiedenis van de mens en zijn materiële cultuur (300.000-8800 v. Chr.)
Pleistoceen	Geologisch tijdperk dat ongeveer 2 miljoen jaar geleden begon. De tijd van de IJstijden maar ook van gematigd warme perioden. Het Pleistoceen eindigt met het begin van het Holoceen, ca 12000 jaar geleden.
Seismiek	Een methode om een beeld te krijgen van de ondergrond met behulp van kunstmatig opgewekte akoestische golven.
Side scan sonar	Akoestisch meetinstrument dat vlakdekkend de sterkte van reflecterende geluidssignalen van de waterbodem onder een meetvaartuig registreert. Vergelijkbaar met het maken van een zwart/wit foto van de waterbodem; wordt gebruikt om objecten op te sporen en bodemmorfologie en type te classificeren
Stadiaal	Koude periode binnen een ijstijd.
Stratigrafie	De volgorde van opeenvolgende gesteentelagen. Hiermee kunnen aardlagen worden beschreven en gedateerd.
Stroomribbels	Asymmetrisch golfpatroon van het bodemoppervlak veroorzaakt door langsstromend water. De steile zijden van de ribbels liggen altijd aan de stroomafwaartse kant.

Term	**Omschrijving**
Survey	Onderzoek, standaardterm uit de offshore industrie
TNO-NITG	De Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
Weichselien	IJstijd, 115.000 tot 12.000 jaar geleden

Referenties

Literatuur

- Cunliffe, B., 2001: *Facing the Ocean, the Atlantic and its peoples, 8000 BC to AD 1500*, Oxford.
- De Mulder, E. e.a., 2003: *De ondergrond van Nederland*, Groningen.
- Deeben, J., D.P. Hallewas & Th.J. Maarleveld, 2002: Predictive modelling in Archaeological Heritage Management of the Netherlands: the Indicative Map of Archaeological Values (2nd Generation), Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 45, 9-56.
- Gaffney, V.L., K. Thomson en S. Fitch, 2005: *The Archaeology and geomorphology of the North Sea*, Kirkwall.
- Giesbert, M., en J. Steijn, 2023. Rapport gaswinning op de Noordzee, Platform L7-F. BH5808-146 cNRD L7-F 20230703.
- Kramer, E. e.a., 2003 (red.): *Koningen van de Noordzee*, 250-850, Leeuwarden / Nijmegen.
- Maarleveld, Th. J. en E.J. van Ginkel, 1990: *Archeologie onder water, het verleden van een varend volk*, Amsterdam.
- Roberts, D..H., D.J.A. Evans, S.L. Callard, C.D. Clark, M.D. Bateman, A. Medialdea, D. Dove, C.J. Cotterill, M. Saher, C. O Cofaigh, R.C. Chiverrell, S.G. Moreton, D. Fabel, and T. Bradwell, 2018: *Ice marginal dynamics of the last British-Irish Ice Sheet in the southern North Sea : Ice limits, timing and the influence of the Dogger Bank*., Quaternary science reviews., 198 . pp. 181-207.
- Stapert, D., Johansen, L. en Niekus, M.J.L.Th., 2013. *A Bifacial tool of the Neanderthals from Ameland, the Netherlands*. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw | 92 – 2/3 | 181-192 | 2013.
- Van den Brenk, S., R. van Lil en R.W. Cassée, 2019. *Bureauonderzoek Productielocatie L7-6, Noordzee*. Periplus Archeomare rapport 19A026-05.
  Van den Brenk, S., van Lil, R. en Cassee, R, 2019. Archaeological desk study Ten noorden van de Waddeneilanden Wind Farm Zone (TNWWFZ). Periplus Archeomare rapport 18A031-02.
  Van Lil, R. van, S. van den Brenk & R. Cassée, 2020. Ten noorden van de Waddeneilanden Wind Farm Zone (TNWWFZ): an archaeological assessment of geophysical survey results. Periplus Archeomare rapport 20A002-01.
- Van Lil, R. van, S. van den Brenk & R. Cassée, 2022. Windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden – An archaeological assessment of paleo-landscapes. Periplus Archeomare Report 20A002-02.
- Van Lil, R., S. van den Brenk and E.A. van den Oever, 2016: *Viking Link Interconnector – An archaeological assessment of geophysical survey results*. Periplus Archeomare Report 16A006-01.
- Verhart, L., 2005: *Een verdronken land. Mesolithische vondsten uit de Noordzee*, in: Louwe Kooijmans, L.P. e.a. (red.), de Prehistorie van Nederland, 157-160.
- Vonhögen-Peeters, L.M., S. van Heteren and J.H.M. Peeters, 2016. *Indicatief model van het archeologische potentieel van de Noordzeebodem*. Deltares rapport 209133-000

Atlassen en Kaarten

- Geologische kaarten *TNO-NITG*; GeoTOP-model Laag van Wijchen en Hollandveen Laagpakket
- Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat

- Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW, versie 3)
- Noordzeeatlas

Internetbronnen

- Dienst der Hydrografie (www.hydro.nl)
- Dinoloket (www.dinoloket.tno.nl)
- North Sea paleolandscapes, University of Birmingham (http://www.iaa.bham.ac.uk)
- Stichting Aircraft recovery Group 40-45 (http://www.arg1940-1945.nl)
- Werken in de offshore (http://werkenindeofshore.nl)

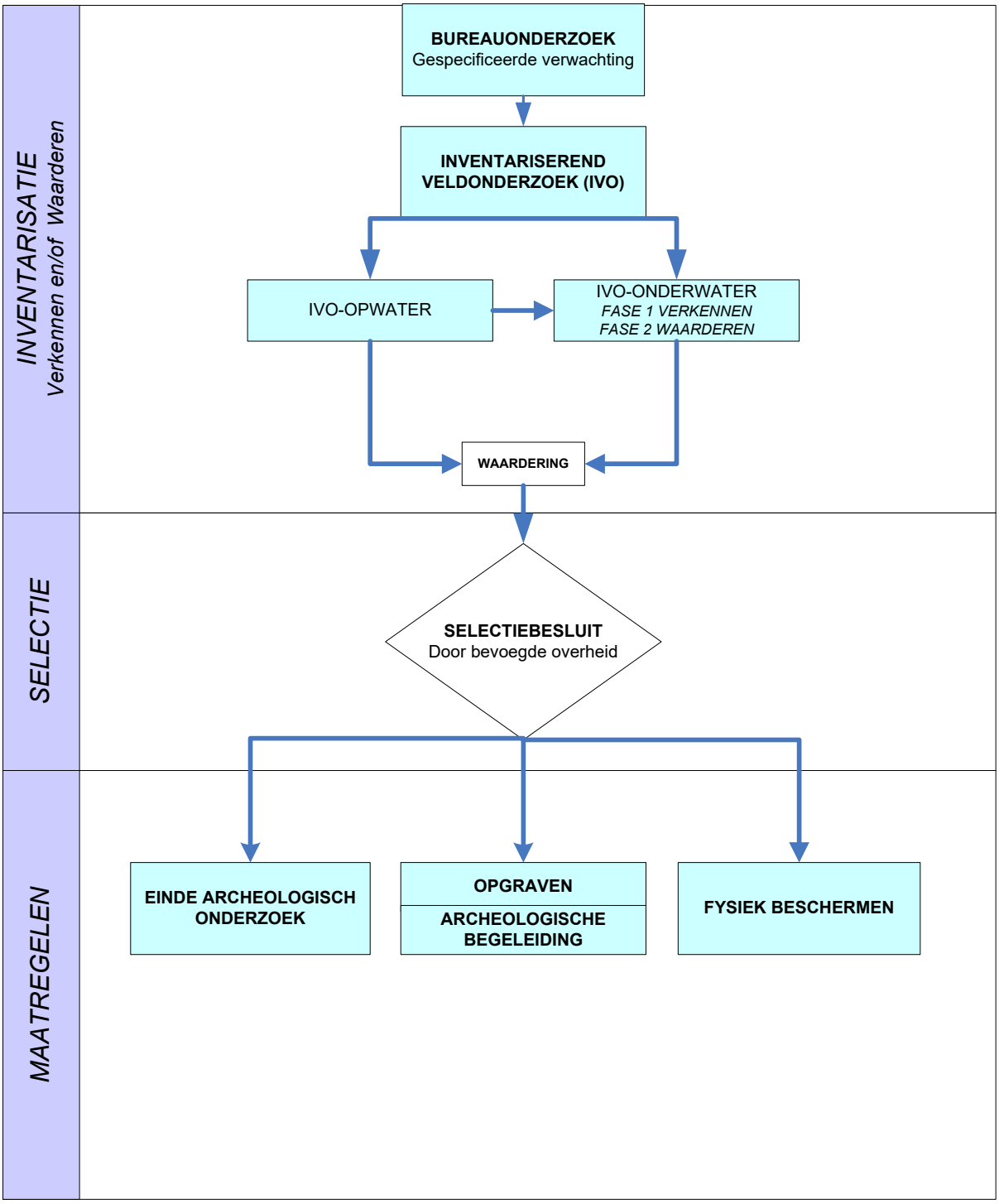
Overige bronnen

- Archis III, archeologische database Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Correspondentie en gesprekken met Majoor P. Petersen en Majoor A. Kappert, bergingsofficieren Koninklijke Luchtmacht
- Databases Periplus Archeomare
- KNA Waterbodems 4.1
- Nationale Onderzoeksagenda Archeologie 2.0
- SonarReg contacten database Rijkswaterstaat Zee en Delta

Bijlage 1. Archeologische en geologische tijdschaal

CHRONOSTRATIGRAFIE				ARCHEOLOGISCHE PERIODE				
SERIE	ETAGE - CHRONOZONE		TIJD	TIJDPERK				DATERING
Holoceen	**Laat Subatlanticum**		**1150 n. Chr**					
	Vroeg Subatlanticum		0	Nieuwe tijd			C	1850
							B	1650
							A	1500
				Middeleeuwen	Laat		B	1250
							A	1050
					Vroeg		D	900
							C	725
							B	525
							A	450
				Romeinse tijd			Laat	270
							Midden	70 n. Chr.
							Vroeg	15 v. Chr.
			450 v. Chr	Prehistorie	Metaaltijden	IJzertijd	Laat	250
							Midden	500
							Vroeg	800
						Bronstijd	Laat	1100
							Midden	1800
							Vroeg	2000
	Subboreaal		3700		Steentijd	Neolithicum	Laat	2850
							Midden	4200
							Vroeg	4900/5300
	Atlanticum		7300			Mesolithicum	Laat	6450
	Boreaal		8700				Midden	8640
	Preboreaal		9700				Vroeg	9700
Pleistoceen	Weichselien	Laat Glaciaal	Jonge Dryas			Paleolithicum	Laat	B 12.500
			11.000					
			Allerød					
			12.000					
			Oude Dryas					
			12.100					
			Bølling					
			13.000					
		Pleniglaciaal L					Jong	
			17.000					16.000
			Late Glacial Max					
			20.000					
			31.500					
			Denekamp					A
			34.000					35.000
		Pleniglaciaal M					Midden	
			40.000					
			Hengelo					
			41.500					
			45.000					
		Pleniglaciaal V	Moershoofd					
			50.000					
			71.000					
		Vroeg Glaciaal	Odderade					
			74.000					
			Brørup					
			Amersfoort					
			114.000					250.000
	Eemien		126.000					
	Saalien		236.000					
	Oostermeer		241.000					
	onbenoemd		322.000					
	Belvédère		336.000					
	onbenoemd		384.000					
	Holsteinien		416.000				Oud	
	Elsterien		463.000					

Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

Collision frequencies for platform L07-F

A SAMSON case study

Report No.	:	36380-1-MO-rev.1.0
Date	:	26 mei 2025
Version	:	1.0
		Final Report

Collision frequencies for platform L07-F

A SAMSON case study

Ordered by : Eni Energy Netherlands B.V
Prinses Beatrixlaan 5
2595 AK, The Hague

Reported by : Y. Koldenhof

Signature Management :

Version	Date	Version description	Checked by
0.1	25 april 2025	Draft	
0.2	12 mei 2025	Draft – adjusted dimensions platform	
1.0	26 mei 2025	Final – incl. adjusted platform orientation	K. Kauffman

CONTENTS PAGE

1 INTRODUCTION....1
1.1 Objectives....1

2 DESCRIPTION OF THE MODEL....2
2.1 AIS-data....2
2.2 Traffic model....2
2.3 Ship – Platform collision model....2
2.3.1 Probability calculation....3
2.3.2 Kinetic energy classes....3

3 INPUT FOR THE COLLISION RISK CALCULATIONS....4
3.1 Platform characteristics....4
3.2 Traffic database....4

4 RESULTS....7

5 CONCLUSION....11

REFERENCES....12

ABBREVIATIONS....13

APPENDIX 1 DESCRIPTION OF THE SHIP-OBJECT CONTACT MODEL SAMSON....15

1 INTRODUCTION

ENI has requested MARIN to perform a ship collision risk study for a new platform location L07-F in the North Sea. The proposed location for the platform is 26 nm northwest of Vlieland, see Figure 1-1.
This study is performed for two scenarios, one that is based on the current traffic around the platform (2024) and one that takes into account one of the proposed wind farm search areas “Lagelander”. Within the latest “Partiële Herziening of the “Program Noordzee[1]” the windfarm area of “Lagelander” will be reconsidered. Due to the windfarm area “Lagelander” the traffic near the proposed location L07-F will change (increase), therefore both scenarios (2024 and representing 2030) are taken into account in this study.

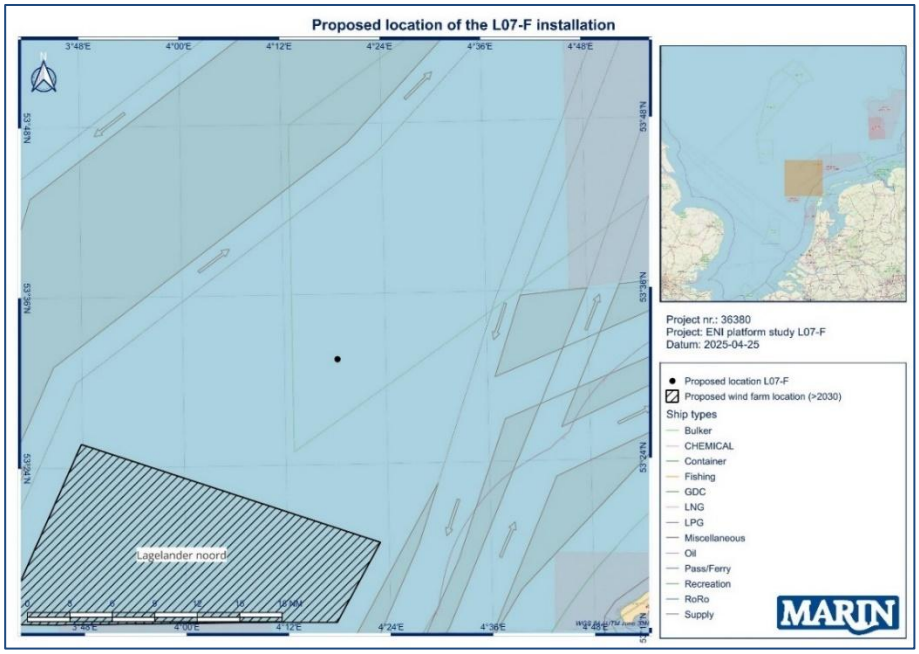


Figure 1-1 Location of the platform L07-F with surrounding traffic separation schemes.

This report describes the assumptions, approach and results of the collision risk assessment for the platform. A short description of the model is given in Chapter 2. Chapter 3 contains the different input parameters and some traffic pictures. The results are presented in Chapter 4 and the overall findings of this study are presented in Chapter 5.

1.1 Objectives

The objective of this study is to determine the collision risk for platform L07-F for the scenario representing the current traffic load around the platform location and a future situation 2030 (including wind farm Lagelander).

This is achieved by determining the collision frequencies for the offshore installation by passing ships based on recent AIS data from 2024. For the future situation the main traffic routes passing the windfarms are relocated, rusting is more traffic passing the proposed location of L07-F.
The collision frequencies are given for various energy classes, based on the characteristics of the colliding ships.

Determining the consequences of a collision for the platform is not part of the study.

[1] https://www.platformparticipatie.nl/programmanoordzee/default.aspx

2 DESCRIPTION OF THE MODEL

This chapter gives a description of the model used to determine the collision risk. In the first section, the general outline of the model is presented. The second section describes the part of SAMSON, which is used to calculate frequencies and impacts of ship-platform collisions.

2.1 AIS-data

Since January 2005, it is mandatory for all merchant vessels over 300 Gross Tonnage (GT) to send out AIS-messages. These messages contain information about the ship, such as the Maritime Mobile Service Identity (MMSI)-number, ship type, ship size, and position of the vessel. The messages containing the GPS-position of the vessel are broadcasted every 2 to 10 seconds. This system is developed for collision avoidance, but it is also a valuable source of information on the behaviour of ships. The AIS-data is received by base stations of the Dutch Coastguard along the coast and on some offshore platforms and sent to the Coastguard Centre in Den Helder. MARIN is allowed to use the data for research applications, for example to improve and/or build up the traffic image of the whole North Sea. In addition, analyses of the data are performed to improve the knowledge about the behaviour of vessels at sea.

2.2 Traffic model

The AIS-data is combined with modules of the SAMSON-model: the Safety Assessment Model for Shipping and Offshore in the North Sea. This model was developed for the Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management and is used for the calculation of frequencies and consequences of all sorts of accidents at sea. An important input for SAMSON is the traffic database, consisting of waypoints and connecting links. For each link (line), the number of movements per year for certain ship types and sizes is defined in the traffic database.

2.3 Ship – Platform collision model

Within this study, the ship-platform collision model of SAMSON is used. This is one of the casualty models of SAMSON. Due to different causes, a ship can collide with a platform or drilling platform. In the SAMSON-model, two types of collisions with an object are distinguished: ramming and drifting collisions. Both are shortly described below:

- A ***ramming*** collision occurs when a ship, during normal operation, is on a collision course with a platform and then a navigational error occurs. This error is not detected until after the point of no return, and then the ship collides with the platform. The collision may be at high or low speed depending on the time lapse between the point of no return and the implementation of a corrective action after the detection of the error.

- A ***drifting*** collision occurs when a ship in the vicinity of a platform/rig experiences a failure in the propulsion engine or in the steering equipment. Since the ship slowly becomes uncontrollable as it loses speed, the combined effect of wind, waves and current may carry it towards the platform. If dropping anchor does not help or is not practical and the repair time exceeds the available time, the ship may collide against the platform/rig. This generally happens at a low speed.

A more theoretical description of the model is enclosed in APPENDIX 1.

2.3.1 Probability calculation

For both types of collisions, two probabilities are calculated:

- the probability on the initial event leading to the collision
- the probability that this event will in fact lead to a collision

The product of both probabilities is the probability of a collision. In this section, some explanation is given on the considerations in the determination of the probabilities.

For *ramming,* the initial event is a *navigational error* resulting in a situation in which the ship is on a collision course with the platform. Such an error can for instance occur in case the navigator has left the bridge, or a mistake is made in setting the course, e.g. through incorrect instruments or reading there-of. Heart attack, drunkenness and sleep deprivation are contributory factors to the navigational error. Other infrequent factors are criminal negligence of duty and suicidal behaviour. It is also known that vessels use the platform as a fixed waypoint for navigation: this means that a vessel is oriented towards the installation with the intent of changing navigating away from the collision course well before arriving at the location.

If the error happens at a large distance from the platform, there is a probability that the error can be corrected before the ship collides with the platform. For instance, when the navigator has left the bridge and finds his vessel on a collision course upon his return, he will try to avoid the collision by giving a “full astern” or by initiating an emergency turn. This might prevent the collision or at least reduce the impact.

For *drifting,* the initial event is an *engine failure* resulting in a situation in which the ship is on a drifting collision course with the platform. In this case, there is a probability that the engine is repaired in time and that as such a collision can be averted. Another possibility is that the vessel successfully drops its anchor before it hits the platform. However, dropping the anchor is not always possible due to the presence of cables and pipelines. In addition, the success rate of the action, dropping the anchor, depends strongly on the weather conditions. A number of other methods like ballasting, use of rudder and bow thrusters can be used to obtain a small change in the drifting direction of the ship.

2.3.2 Kinetic energy classes

The result of the calculations is the collision frequency per year, divided over a number of kinetic energy classes. As such, collisions with high and low impact energy can be distinguished. The kinetic energy for the ramming and drifting collision used in these calculations is the worst-case energy value as if the contact with the platform or rig takes place in the direction of the movement of the centre of gravity of the ship. This is certainly not always the case, because of the following reasons:

- for ramming, a platform/rig is not always hit frontally. As a result, a part of the energy may not have to be resisted by the platform;
- for drifting, the first contact point can be spread over the whole length of the ship. The impact energy only approaches the energy value from the calculations when the first contact point lies near the middle of the ship.

3 INPUT FOR THE COLLISION RISK CALCULATIONS

This chapter describes the input for the SAMSON model. The input consists of two main elements. The characteristics of the platform, the size and heading, but also the position which is a parameter for the metocean traffic data to be used. This is described in section 3.1. Second, section 3.2, the traffic database, is an element that defines the exposure of vessel traffic to the platform location.

3.1 Platform characteristics

The location of the platform (Table 3-1) was provided by ENI. The orientation of the platform, within the SAMSON-model, is defined as the smallest angle between the geographical North and the direction of the longest side of the platform.

Table 3-1 Platform characteristics used in calculations.

	Position [UTM]		Length [m]	Width [m]	Orientation (clock wise)
	x	y			
L07-F	586496.47	5931302.61	30	28.5	135º

Although the upper structure of the platform is high above the water surface, the length and width of the largest deck level are taken as the basis for the platform dimensions. This results in a higher collision frequency than when the jacket is taken as the platform contour. The main reason to do this is that the ships, which are considered to actually threaten the platform integrity when colliding, reach the upper structure. These are the larger vessels, small vessels could sail below the upper structure without touching the upper structure. The result of this assumption is an conservative estimation of the collision frequency.

3.2 Traffic database

AIS data for the year 2024 from the Dutch coastguard was collected for a region around the platform.

In Figure 3-1 all tracks from May and October 2024 of so-called route bound vessels (cargo, tanker and passengers) in the neighbourhood of the platform location are presented and a similar picture for the non route bound vessels (fishing, work ad recreational vessels) is depicted in
Figure 3-2. Figure 3-1 shows that in the present situation a number of vessel pass at the south side of the platform location. These are mainly cargo vessels (bulker and container) sailing between the Netherlands and the UK.

All traffic is used to create a route network with weighted links, where the weight corresponds to the number of ships that traverse that link on a yearly basis. A density map is created from those AIS data points that cannot be assigned to a link, using square cells with an area of 16 km^2 (4 x 4 km cells).

The route network created in the cumulative effects research [Ref 1.] has been used as a basis for the route bound traffic database. The traffic intensities on the various routes has been determined using the AIS-data for 2024. Traffic that could not be assigned to the route structure was defined as non route bound traffic and added to the density map that is used as input for SAMSON. The final input is shown in Figure 3-3. Due to windfarm “Lagelander” some existing traffic routes that cross the proposed windfarm area in the current situation are reallocated. These are mainly vessels crossing the area in east-west direction, sailing between the Netherlands and the UK. These vessels will sail more north in the situation in which the windfarm will be present, resulting in more traffic passing the proposed platform location for L07-F. The situation representing 2030 does not include an increase in traffic per link, it only represents a relocations of the present traffic to include the proposed windfarms. The resulting route bound traffic database is shown in Figure 3-4.

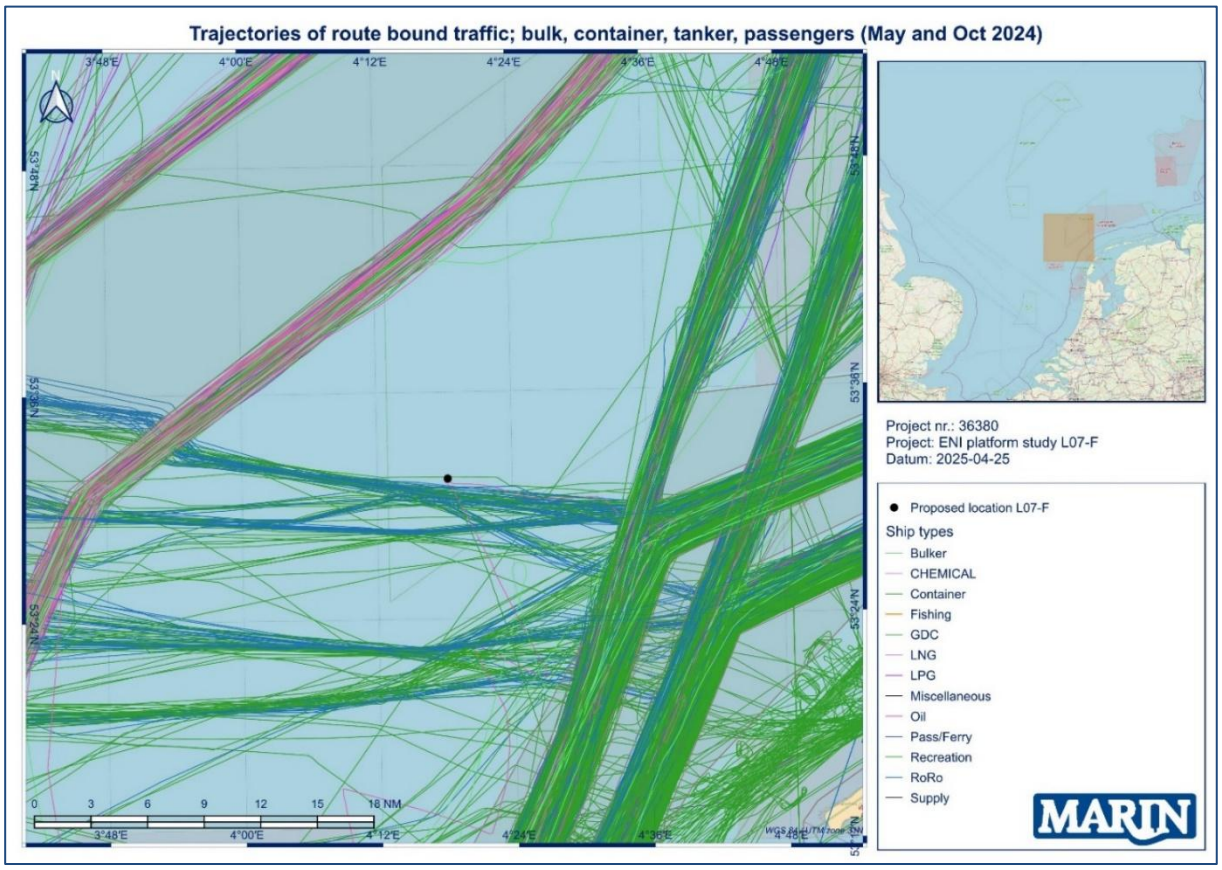


Figure 3-1 The trajectories of route bound vessels in the area of platform L07-F in May and October 2024.

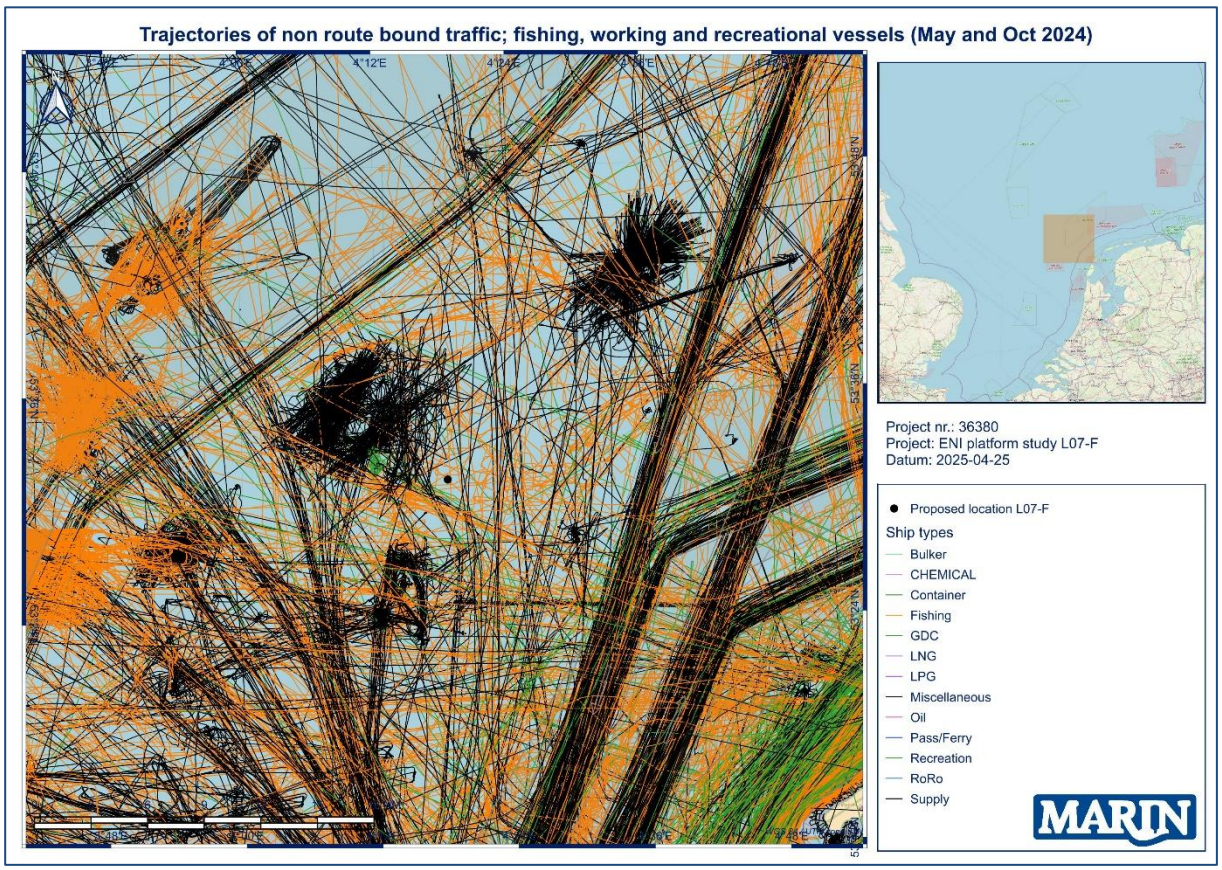


Figure 3-2 A sample of the trajectories of non route bound vessels in the area of platform L07-F in May and October 2024.

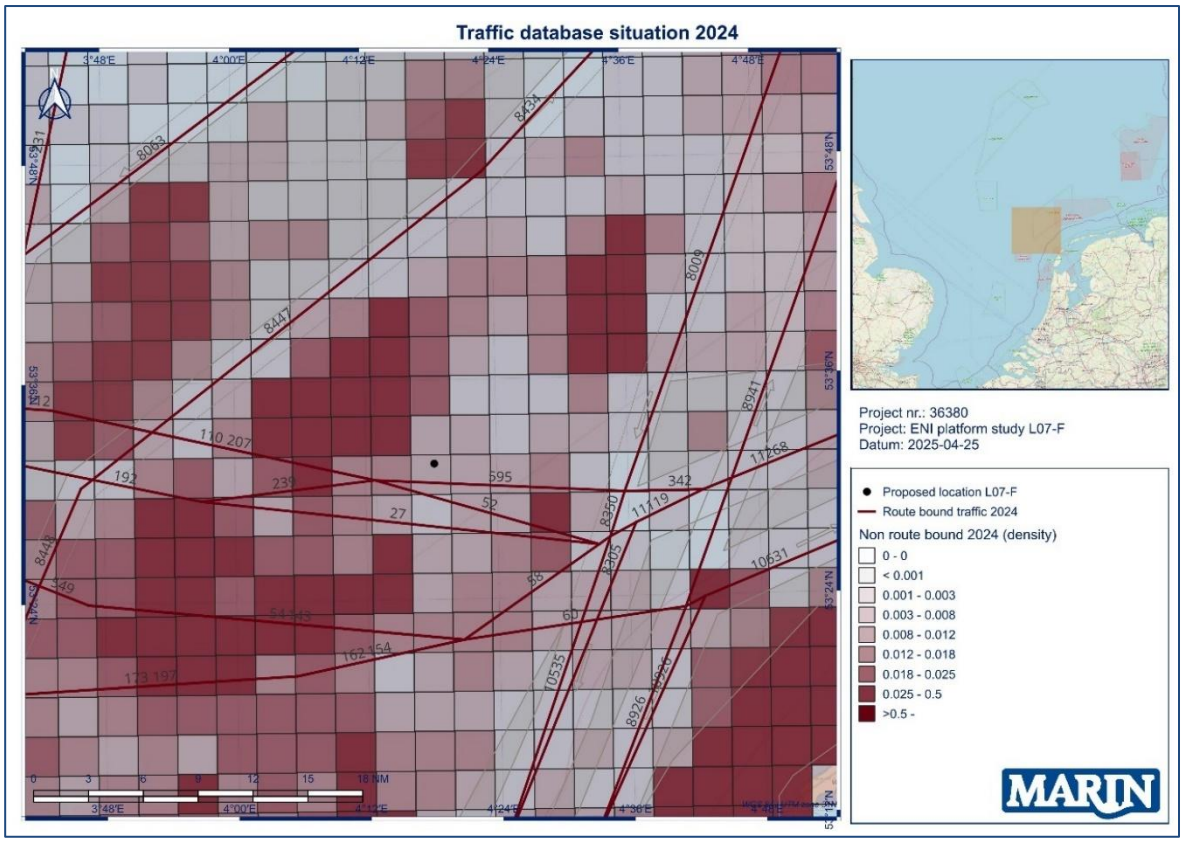


Figure 3-3 The traffic database. The lines represent the route network. The numbers on the lines are the number of ships that traverse the line in a year. "density" is the density map for NRB traffic, it corresponds to the average number of ships inside a grid cell during 2024.

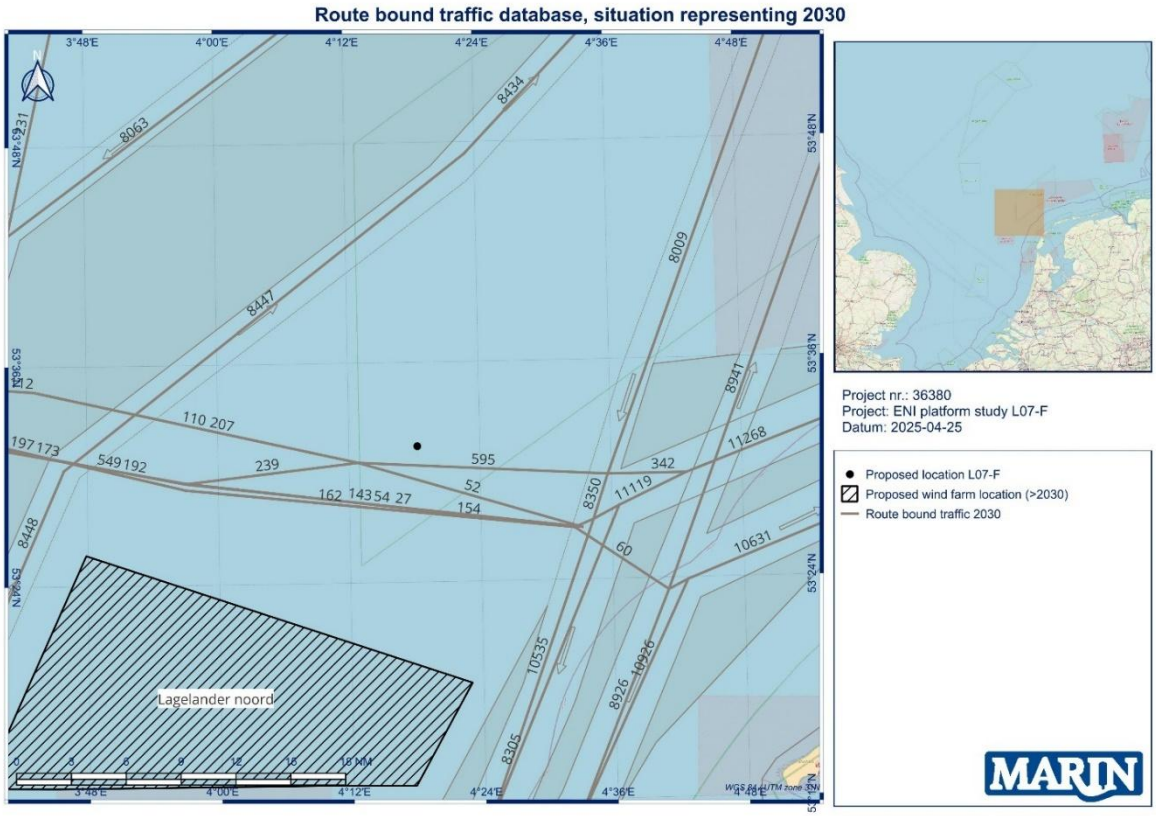


Figure 3-4 Route bound traffic database for the situation including windfarm "Lagelander" (2030)

4 RESULTS

The SAMSON model has been run for the 2024 traffic database and a traffic database representing the 2030 scenario (including “Lagelander” windfarm). The results are described in this chapter.

The overall collision frequencies for the proposed location are presented in Table 4-1. Collision frequencies are split per size and energy class and visualized in Figure 4-1, Figure 4-2, Table 4-2 and Table 4-3.

Table 4-1 Summary of collision frequencies for the platforms using traffic from 2024 and expected situation in 2030.

Platform	Year	Non-route bound[2]	Route bound	Total probability	Once every ... year
L07-F	2024	3.30E-04	2.80E-04	6.10E-04	1640
L07-F	2030	3.35E-04	2.94E-04	6.29E-04	1589

Table 4-2 The different size classes for ships for RB and NRB traffic.

Size	Non-route bound (GT)	Route bound (GT)
1	0 - 50	0 - 1000
2	50 - 100	1000 - 1600
3	100 - 500	1600 - 5000
4	500 - 1000	5000 - 10000
5	1000 - 1600	10000 - 30000
6	1600 - 5000	30000 - 60000
7	5000 - 10000	60000 - 100000
8	10000 - 1000000	100000 - 1000000

[2] Traffic that could not be assign to the main traffic routes (route structure) that are part of the route bound traffic database

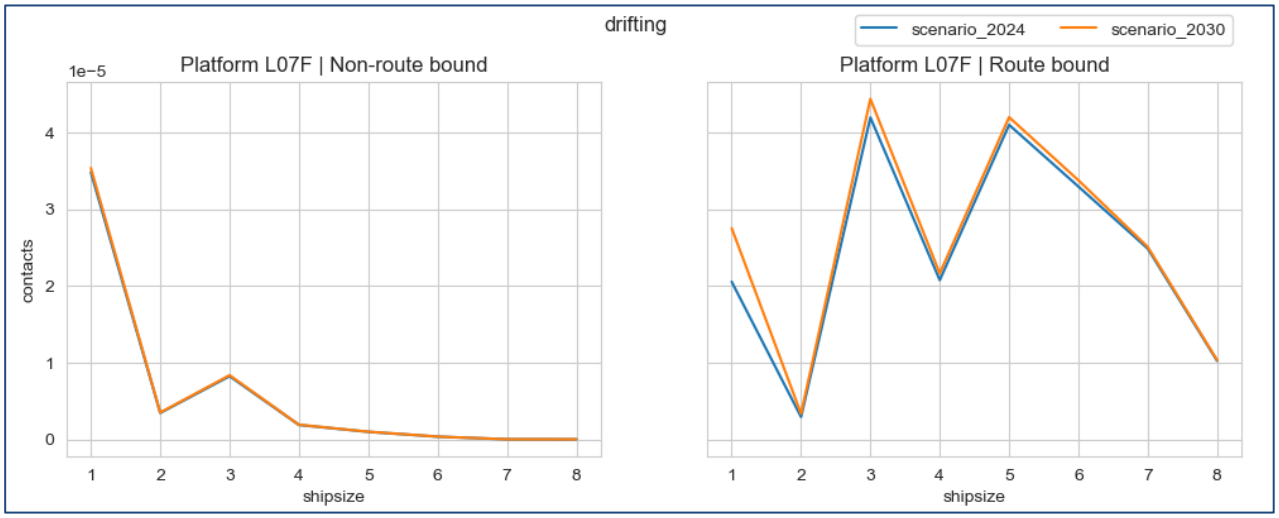


Figure 4-1 The probability of drifting collisions per size class.

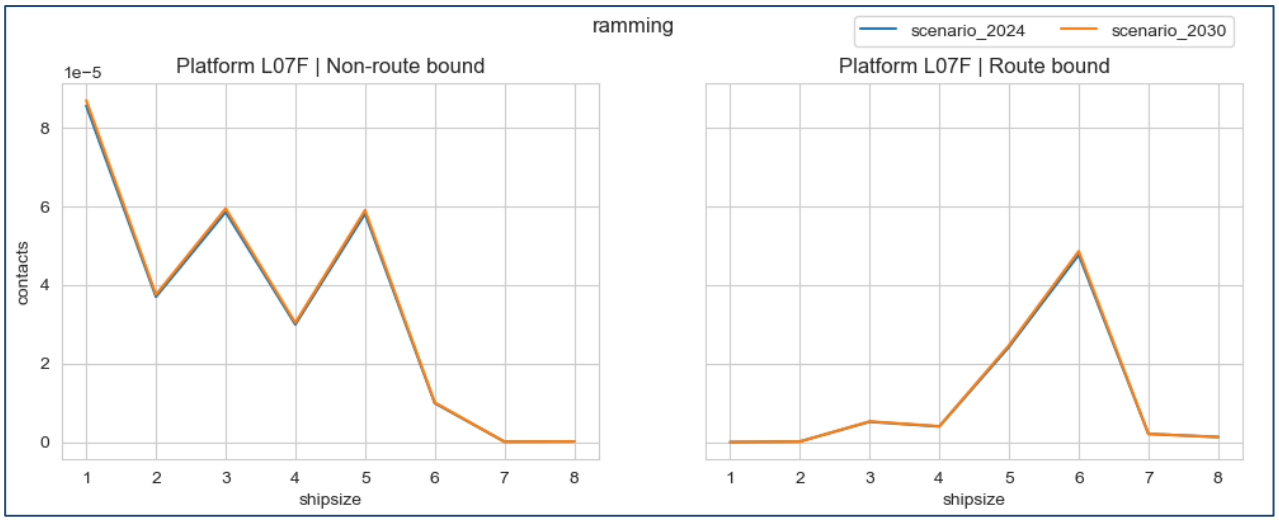


Figure 4-2 The probability of ramming collisions per size class.

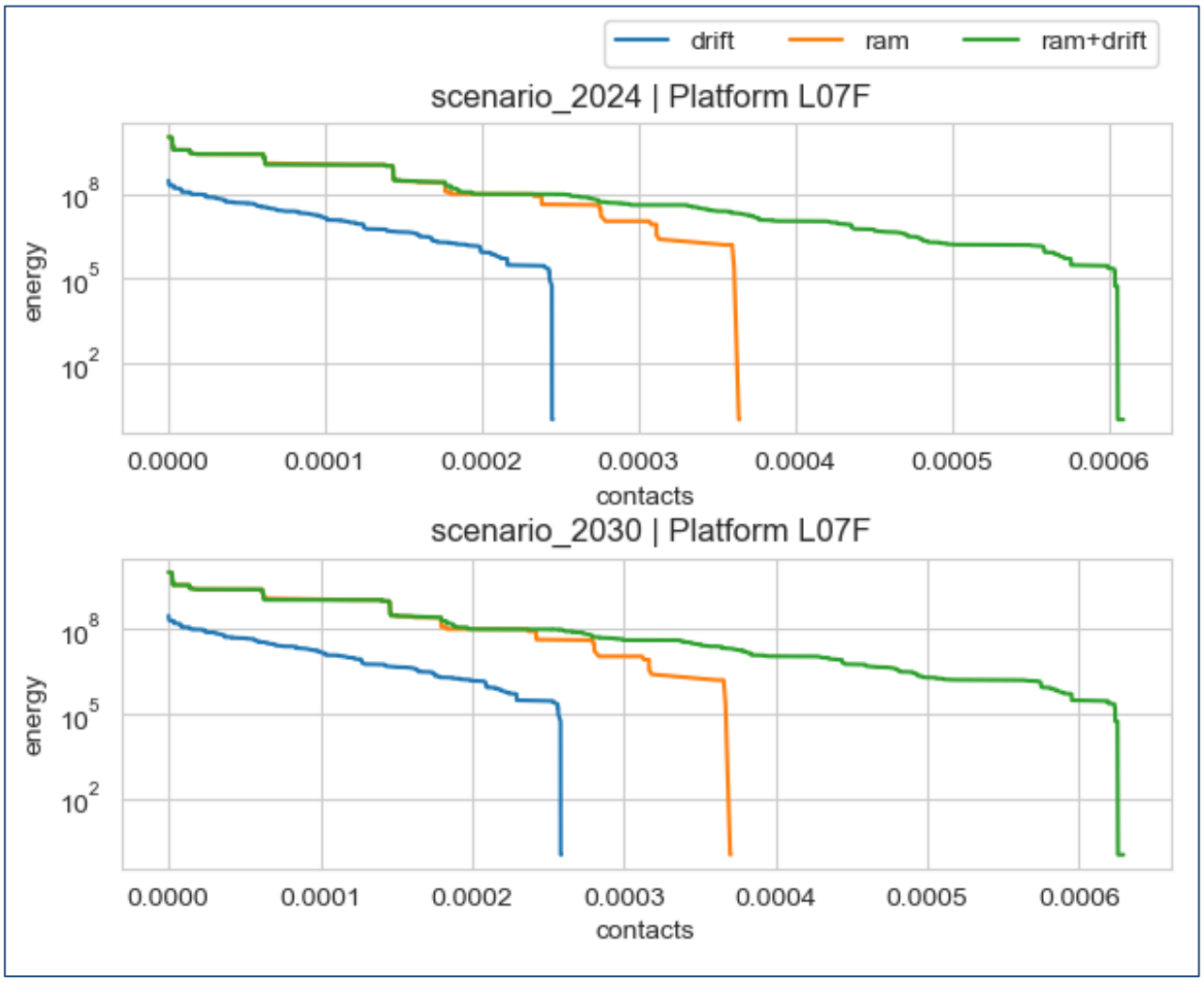


Figure 4-3 Frequency of ramming's / driftings / "rammings+driftings" per year above a certain kinetic energy value for the platform and both scenarios. Note that the x axes are different across the plots.

Table 4-3 Collision frequencies per year for different energy classes – scenario 2024

Platform	Energy (MJoules)	Drifting	Ramming	Total	Once every ... year
L07-F	**<1**	4.62E-05	4.59E-06	5.08E-05	19685
	1-3	3.87E-05	4.81E-05	8.68E-05	11521
	3-5	2.14E-05	2.08E-07	2.16E-05	46296
	5-10	2.41E-05	4.54E-06	2.86E-05	34965
	10-15	2.65E-05	3.10E-05	5.74E-05	17422
	15-50	4.72E-05	3.78E-05	8.50E-05	11765
	50-100	2.72E-05	5.82E-05	8.54E-05	11710
	100-200	1.36E-05	3.52E-06	1.71E-05	58480
	>200	4.25E-07	1.76E-04	1.77E-04	5650

Table 4-4 Collision frequencies per year for different energy classes – scenario 2030

Platform	Energy (MJoules)	Drifting	Ramming	Total	Once every ... year
L07-F	**<1**	4.97E-05	4.66E-06	5.44E-05	18382
	1-3	4.42E-05	4.89E-05	9.31E-05	10741
	3-5	2.23E-05	2.12E-07	2.25E-05	44444
	5-10	2.51E-05	4.62E-06	2.97E-05	33670
	10-15	2.74E-05	3.15E-05	5.88E-05	17007
	15-50	4.81E-05	3.84E-05	8.65E-05	11561
	50-100	2.79E-05	5.91E-05	8.70E-05	11494
	100-200	1.37E-05	3.59E-06	1.73E-05	57803
	>200	4.28E-07	1.79E-04	1.80E-04	5556

5 CONCLUSION

The collision frequency was determined for the proposed location of platform L07-F. The total collision frequency was determined to be 6.10E-04 (once every 1640 years) for the scenario based on the traffic situation of 2024. For the future situation including the windfarm “Lagelander” the total expected collision frequency is 6.29E-4 (once every 1589 years).

REFERENCES

[Ref 1.] Y. Koldenhof
SAMSON-analyse Wind op Zee; versnellingsopgave 2030 met doorkijk naar 2040
MARIN, 31797-1-MO-rev.1.0, August 2022

ABBREVIATIONS

AIS	= Automatic Identification System
RB	= Route bound
NRB	= Non-route bound
SAMSON	= Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea
TSS	= Traffic Separation Scheme
NUI	= Normally Unattended Installation
HKW	= Hollandse Kust West
HKZ	= Hollandse Kust Zuid
WTW	= Walk to Work system
DP	= Dynamic Positioning
ERTV	= Emergency Response Towing Vessel
SAMSON	= Safety Assessment Model for Shipping and Offshore in the North Sea
MMSI	= Maritime Mobile Service Identity
IALA	= International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
VTS	= Vessel Traffic Services
IMCA	= International Marine Contractors Association

APPENDIX

APPENDIX 1 DESCRIPTION OF THE SHIP-OBJECT CONTACT MODEL SAMSON

Description of the ship-object contact model

Two causes of contact between a ship and an object are revealed during accident analyses:
- a contact as a result of a navigational error,
- a contact as a result of a mechanical failure of the engine or steering engine.

The first type is due to a human failure in the vicinity of an object that cannot be recovered or is first recovered after the point of no return. In some cases, the forces of nature are too large to be compensated for with the power on board. In these cases, the navigator made the mistake to be too close to an object and the vessel has insufficient means to deal with the situation.
The second type is the result of a power failure near an object.
Both accident types have a common characteristic: the vessels are close to an object.

Contact with an object as a result of a navigational error (ramming)

In Figure A1-1 a vessel is shown at a distance x from the last waypoint. The vessel proceeds to the next waypoint where the vessel has to change course. For a given position of the vessel, 3 lines are drawn on either side of the vessel track with an interval of 10˚. The object near the vessel is defined as a selection of straight lines between different points. These straight lines are characterized by two geographic positions. In the figure, they are denoted as 1 and 2.

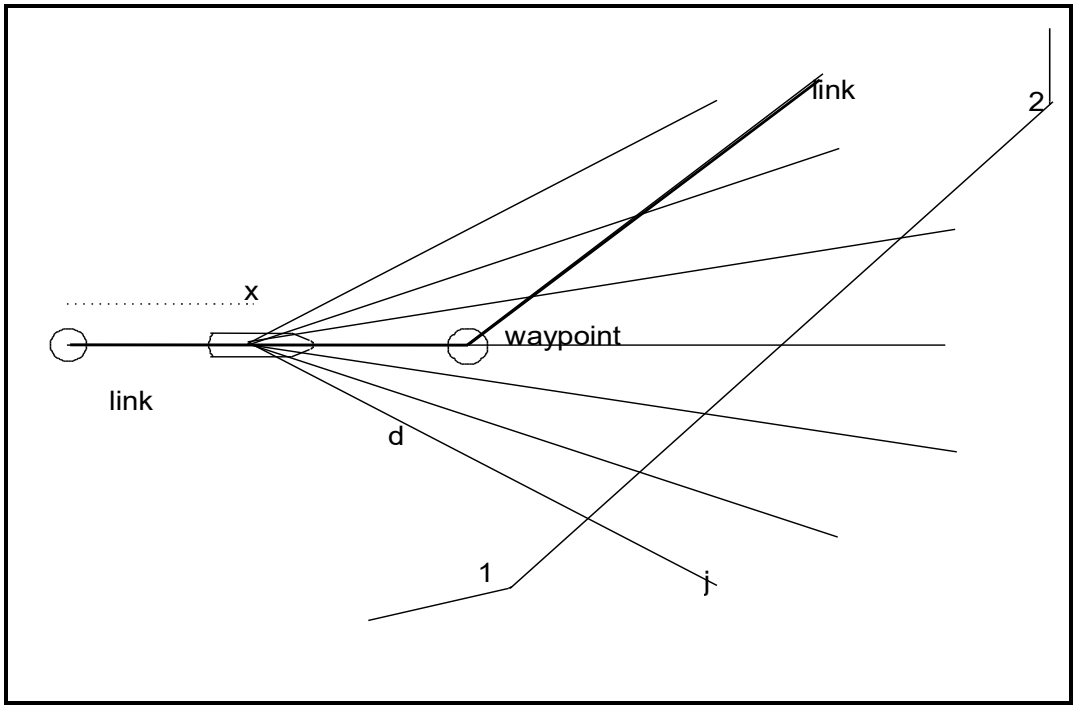


Figure A1-1 Definition of ramming opportunity

Contact with the object (ramming) due to a navigational error can start at every position. The speed at which the navigational error occurs is assumed to be equal to the service speed. The distance to the object, which is expressed by the number of ship lengths, is determined both for the initial course line and for the six new lines. The directions are weighed as follows: 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.2, 0.1, 0.05. The number of ship lengths that are available in each direction towards the object indicate the available time for the navigator to mitigate the consequences of his mistake. The probability of a navigational error is related to the distance as follows:

$$p_{nav} = \int_{x_1}^{x_2} e^{-a\frac{d_\psi(x)}{L_i}}\, dx \tag{1}$$

with:

a	=	Danger measure
d_ψ	=	Distance of the vessel on the link to the object in direction ψ
L_i	=	Ship length of class i
x	=	Position of the vessel on a link
p_{nav}	=	probability of a navigational error

The best fit between the predicted number of accidents and observed number was found for a = 0.1. This means that the probability of a contact by a navigational error at 6 ship lengths is more than 4 times as large as the probability after a navigational error at 20 ship lengths away from the object.
The ramming opportunity is now given by the following expression.

$$RO_k = \sum_\psi \sum_i p_\psi N_{ij} \int_{x_1}^{x_2} e^{-a\frac{d_\psi(x)}{L_i}}\, dx \tag{2}$$

with

N_{ij}	=	Number of vessels using link j of vessel class i
p_ψ	=	Probability of a course in direction ψ
RO_k	=	Ramming opportunity for an object on link k

The number of contacts can be calculated when the ramming opportunity is known:

$$\#contacts_{NE} = CASRAT_{RO} \sum_k RO_k \tag{3}$$

with:

NE	=	navigational error
$CASRAT_{RO}$	=	matrix with contact rate for contacts due to a navigational error, 0.65 *10^{-4} for each ship.

Contact as a result of an engine failure (drifting)

A contact with an object as a result of an engine failure can, in principle, be initiated at any position of the vessel. The vessel can drift in any direction indicated by the environmental conditions. The distance to the closest object line is a measure for the time available to repair the engine. In this model, the drifting speed is assumed to depend on the Beaufort class.

The probability of an engine failure with a given duration is determined according to the following information:

- a failure between 2 and 6 hours has a frequency of 3R
- a failure of more than 6 hours has a frequency of R

with:

R = probability that a vessel has an engine failure of more than 6 hours (number/year)

The value of R is determined using the Lloyds casualty database by the assumption that all vessels with an engine failure of more than 6 hours are assisted by a tug. This number is known. The corresponding value of R equals 10^{-6} /year.

To determine whether drifting results in a contact with an object, two times should be compared:

1. the drifting time: the time between the initiation of the engine failure and the time that the vessels hits an object, and
2. the repair time: the duration of the engine failure.

In other words: a contact occurs when the engine repair time is longer than the drifting time.

We suppose that the engine failure rate can be described by a probability function as follows:

$$p(t) = ce^{-t/T} \tag{4}$$

with:

p(t) = probability of engine failure of a certain time (t)
c = first engine failure parameter
t = engine time failure
T = second engine failure parameter

The parameters c and *T* are calculated using the number of failures with a duration of more than 6 hours and the number of failures between 2 and 6 hours.

$$c = 2.774\,R$$
$$T = 2.885$$

The probability that the duration of engine failure is larger than the drifting time is given as follows:

$$P(t > t_S) = \int_{t_S}^{\infty} 2.774\,\mathrm{Re}^{-t/2.885} dt = 8\,\mathrm{Re}^{-t_s/2.885} \tag{5}$$

with:

t_s = drifting time

The number of vessels that will hit the object on the danger miles *DM* for a given link k for Beaufort scale b can be determined by the provision of the danger miles *DM*:

$$DM_{bk} = \sum_{n}\sum_{n\psi}\sum_{i} p_n p_{n\psi} N_{ik} \int_{x_1}^{x_2} P(t > d_{n\psi}(x)/\, v_{dbin}) dx \tag{6}$$

In this equation the following parameters are used:

b = Beaufort class

DM_{bk} = Danger miles for link k and Beaufort scale b

$d_{n\psi}$ = Distance of a point x on a link to the object

i = ship class

k = link

n = loading condition

N_{ik} = Number of vessels in vessel class *i* on link *k*

$p_{n\psi}$ = Probability of a wind direction

p_n = Probability of a loading condition

v_{dbin} = Resulting drifting speed of ship *i* in loading condition *n* at Beaufort scale number b

x = Integration limits are determined by the geographical constraints

The number of contacts is determined by a summation of all links multiplied by the engine failure rate as follows:

$$\#contacts_{EF} = CASRAT_{EF0-7} \sum_{k}\sum_{b=0}^{7} p_b DM_{bk} + CASRAT_{EF8up} \sum_{k}\sum_{b=8}^{11} p_b DM_{bk} \tag{7}$$

$CASRAT_{EF0-7}$ = Engine failure rate for 0-7 Beaufort

$CASRAT_{EF8up}$ = Engine failure rate for 8-11 Beaufort

p_b = Probability of Beaufort class *b*

M A R I N
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

T +31 317 49 39 11
E info@marin.nl

I www.marin.nl

Bijlage

2. Publieksvriendelijke samenvatting milieueffectrapportage gaswinning L7-F

Blok L7e/L8f Noordzee

Haskoning
Enhancing Society Together

RAPPORT

Publiekssamenvatting

Milieueffectrapportage gaswinning L7-F

Klant:	Eni Energy Netherlands B.V.
Referentie:	BH5808-146 MER samenvatting 20251030
Status:	Definitief/3
Datum:	30 oktober 2025

Haskoning
Enhancing Society Together

HASKONING NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 70 00
E-mail: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Publiekssamenvatting
Ondertitel:	Milieueffectrapportage gaswinning L7-F
Referentie:	BH5808-146 MER samenvatting 20251030
Uw kenmerk	
Status:	Definitief/3
Datum:	30 oktober 2025
Projectnaam:	MER L7-F
Projectnummer:	BH5808-146
Auteur(s):	Marc Giesberts
Opgesteld door:	Haskoning
Gecontroleerd door:	Haskoning, Eni
Datum:	21 oktober 2025
Goedgekeurd door:	MGi
Datum:	21 oktober 2025
Classificatie:	Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Inleiding 1

2 Gaswinning L7-F 3

3 Voorkeursalternatief 5

4 Effectbeoordeling 6

4.1 Effecten op natuur 6

4.2 Ecologische effectbeoordeling 9

4.3 Archeologie en cultuurhistorie 11

4.4 Energie en klimaat 11

4.5 Afval 11

4.6 Bodembeweging 12

5 Onvoorziene voorvallen, beheersmaatregelen en monitoring 12

6 Leemten in kennis en informatie 13

7 Samenvatting effectbeoordeling 13

Tabellen

Tabel 3-1: Onderdelen van het voorkeursalternatief per fase. 6

Figuren

Figuur 1-1: aardgas, herkomst en emissies (bron: EBN). 2

Figuur 1-2: Situering productieplatform L7-F in het Friese Front. 3

Figuur 2-1: Een boorplatform op de voorgrond - op de afbeelding: bij het D18a-A platform. 4

Figuur 2-2: Plaatsing van een onderbouw. 4

Figuur 2-3: Plaatsing van een bovenbouw op een onderbouw. 5

Figuur 4-1: Beoordeling effecten aanlegfase – zonder mitigerende maatregelen. 9

Figuur 4-2: Beoordeling effecten productiefase. 9

Figuur 7-1: Effectbeoordeling gaswinning L7-F aanleg- en boorfase. 14

Figuur 7-2: Effectbeoordeling gaswinning L7-F productiefase. 15

1 Inleiding

Algemeen
Deze publiekssamenvatting gaat in op de gaswinning door Eni Energy Netherlands B.V. (verder: Eni Energy) op het Nederlandse deel van de Noordzee. Eni Energy wil aardgas winnen uit een zogeheten 'klein veld' onder de Noordzee.

De gaswinning vindt plaats uit een aantal putten die verbonden worden met een te plaatsen productieplatform. Het platform wordt aangeduid als 'L7-F' en wordt op een afstand van ongeveer zeventig kilometer ten noordwesten van Den Helder geplaatst in het Natura 2000-gebied Friese Front.

Er is voor de gaswinning een milieueffectrapport opgesteld. De gaswinning zal een hoeveelheid van meer dan 500.000 m^3 aardgas per dag omvatten. Het milieueffectrapport beschrijft de milieueffecten van de aanleg van het platform, het boren van putten, de aanleg van een pijpleiding en de gaswinning zelf.

Deze publiekssamenvatting geeft een uitleg over het project en beschrijft de verwachte effecten op natuur en milieu. Het milieueffectrapport is samengesteld op basis van meerdere studies en onderzoeken en gaat uiteraard dieper op de materie in dan in deze samenvatting wordt gedaan. Het milieueffectrapport is onderdeel van de besluitvorming door het bevoegd gezag (de minister van Klimaat en Groene Groei - KGG, de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening - VRO). Op het project is een projectbesluit van toepassing. Dat houdt in dat alle vergunningen tegelijkertijd worden aangevraagd en kunnen worden verleend.

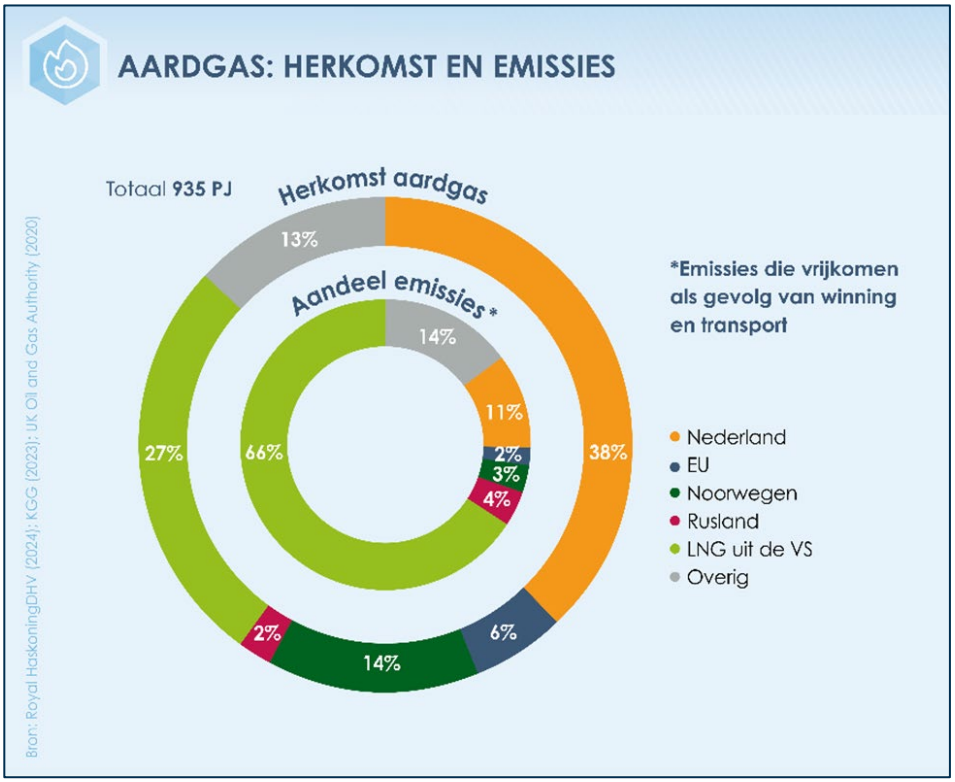
Er worden omgevingsvergunningen aangevraagd (natuur en milieu) in het kader van de Omgevingswet, waarvoor de minister van KGG en de minister van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur bevoegd gezag zijn. In een vroegtijdig stadium zijn door Eni Energy belanghebbende partijen betrokken bij het afstemmen van de plannen vor de gaswinning. Op het project is ook de Mijnbouwwet van toepassing. Daarvoor moet een winningsplan (voor gaswinning) worden opgesteld en goedgekeurd.
Eni Energy is een wereldwijd actief energiebedrijf en momenteel de grootste aardgasproducent in het Nederlandse deel van de Noordzee. Het bedrijf speelt een belangrijke rol in de energiezekerheid van Nederland. Met het oog op de energietransitie werkt Eni Energy voortdurend aan het verduurzamen van de energiemix, met als uiteindelijk doel volledige klimaatneutraliteit in 2050.

Het project
In het voorjaar van 2023 is met een proefboring door Eni Energy aangetoond dat er winbaar aardgas aanwezig is. Eni Energy verwacht gedurende tien tot vijftien jaar aardgas te winnen uit dit veld.

Voor de aardgaswinning wil Eni Energy een productieplatform (genaamd 'L7-F') op de zeebodem plaatsen. Dat platform wordt verbonden met een drietal (te boren) putten die reiken tot in het gasveld. Met een aan te leggen onderzeese pijpleiding van 27 km wordt het aardgas afgevoerd naar land. Deze gaswinning kan dagelijks 2,5 tot 3 miljoen kubieke meters aardgas produceren.

Belang van de gaswinning
De winning van aardgas uit kleine velden onder de Noordzee is door de Nederlandse overheid aangewezen als een activiteit van nationaal belang. Sinds het staken van de gaswinning uit het Groningenveld is de noodzaak om gas te winnen uit kleine velden onder de Noordzee toegenomen. In de huidige energietransitie wordt aardgas gezien als een belangrijke overgangsbrandstof naar een volledig duurzame energievoorziening. Het is een relatief schone fossiele brandstof en kan flexibel worden ingezet.

Het Nederlandse energiebeleid geeft de voorkeur aan versnelde gaswinning uit eigen kleine velden boven import van aardgas. Binnenlandse gaswinning heeft diverse voordelen: het heeft een (veel) kleinere CO_2-voetafdruk dan geïmporteerd gas (zie Figuur 1-1), het draagt bij aan de energiezekerheid, het is economisch voordeliger en het helpt kennis over de Nederlandse ondergrond te behouden.



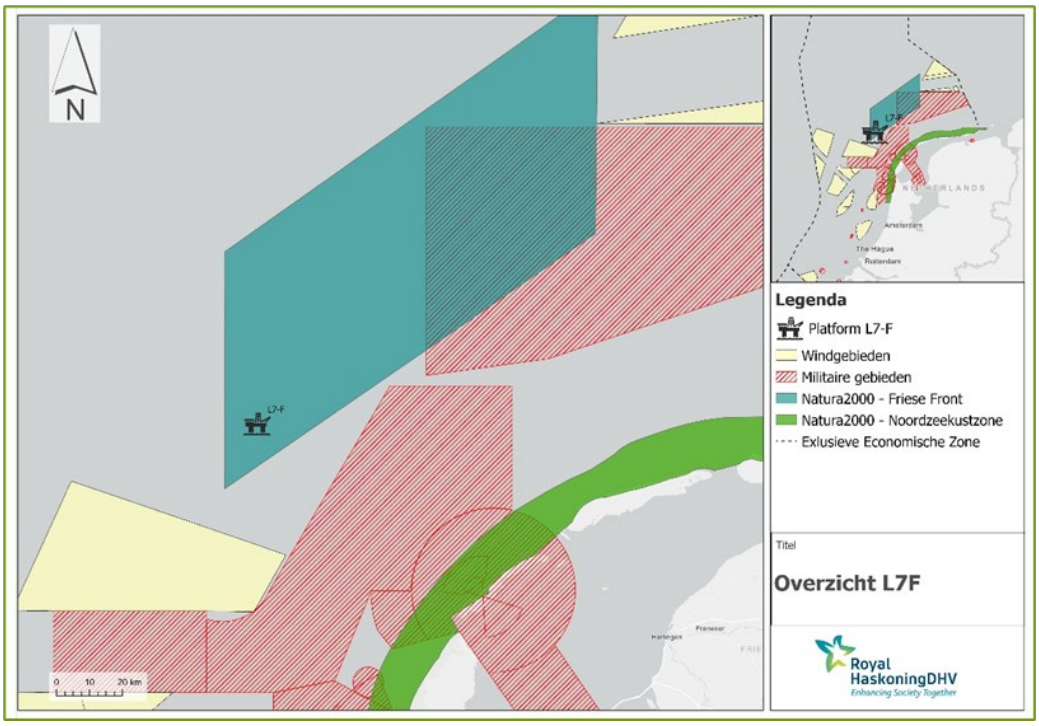
Figuur 1-1: aardgas, herkomst en emissies (bron: EBN).

De winning door Eni Energy bij L7-F betreft een zogenaamd klein veld onder de Noordzee. De gaswinning is in lijn met het Nederlandse energiebeleid en geeft invulling aan de gewenste versnelling van gaswinning op de Noordzee. Bij het ontwikkelen van de L7-F locatie houdt Eni Energy rekening met de afspraken die in het Akkoord voor de Noordzee[1] zijn gemaakt over activiteiten in Natura 2000-gebieden.

De positie van L7-F

Het L7-F-veld ligt onder het Natura 2000-gebied het Friese Front (Figuur 1-2). Er bestaat geen verbod om daar gas te winnen. Het Programma Noordzee 2022-2027[2] sluit aan bij het beleid aardgas onder de Noordzee zoveel mogelijk te benutten. Met een uitgebreid ecologisch onderzoek is vastgesteld dat met de nodige voorzorgsmaatregelen gaswinning haalbaar is. De positie van het gaswinningsplatform wordt bepaald door de ligging van het aardgasveld in de diepe ondergrond. Door het schuin boren van de putten ontstaat maar beperkte schuifruimte – enkele honderden meters. Om die reden en voor een efficiënte gaswinning wordt het gasproductieplatform L7-F centraal gepositioneerd boven het aardgasreservoir. Een locatie buiten het Natura 2000-gebied is door technische beperkingen geen realistisch alternatief. Kortom, er is geen andere locatie waarop deze gaswinning, die past binnen het Nederlandse energiebeleid en bijdraagt aan de gewenste versnelling van gaswinning op de Noordzee, uitgevoerd kan worden.

[1] *Het Akkoord voor de Noordzee omvat afspraken tussen de overheid en verschillende stakeholders om drie grote transities op de Noordzee te realiseren: energie, natuur en voedsel.*
[2] *Onderdeel van het Nationaal Water Programma 2022-2027.*



Figuur 1-2: Situering productieplatform L7-F in het Friese Front.

2 Gaswinning L7-F

In de aanlegfase van L7-F worden de putten geboord, het platform geplaatst en de pijpleiding gelegd. Na afronding van deze fase start de gaswinning. Na de productiefase, die naar verwachting 10 tot 15 jaar duurt, wordt de winning beëindigd en wordt de winningsinstallatie ontmanteld. Het project omvat:

Platform en putten
Er worden drie putten geboord en een productieplatform geplaatst. Het boren van de putten gebeurt door een tijdelijk boorplatform, zie Figuur 2-1. Het boren van een put duurt circa twee tot drie maanden. Voorafgaand aan het boren van een put wordt een grote stalen buis (‘conductor’) in de zeebodem geheid. Dit kost een etmaal per put. Zo’n buis geeft stabiliteit aan het boorgat. Na afloop van de boring wordt de put ‘schoongeproduceerd’. Het daarbij vrijkomende aardgas wordt gefakkeld. Dit duurt maximaal 24 uur per put.

Figuur 2-1: Een boorplatform op de voorgrond - op de afbeelding: bij het D18a-A platform.

Het productieplatform L7-F zal bestaan uit een nieuwe onderbouw (het gedeelte dat op de zeebodem rust) en een bovenbouw (het zichtbare deel boven zee) dat van elders komt. De onderbouw wordt op land gebouwd en op het dek van een ponton naar de L7-F-locatie gebracht en daar met een kraanschip geïnstalleerd, zie Figuur 2-2. De onderbouw wordt met heipalen verankerd in de zeebodem.

Figuur 2-2: Plaatsing van een onderbouw.

De bovenbouw bevat de procesinstallaties voor de gaswinning en is afkomstig van locatie E17a-A op de Noordzee, waar de winning wordt gestaakt. Op het platform wordt het gas behandeld en op de juiste specificatie gebracht, waarna het via de nieuwe pijpleiding wordt afgevoerd. De bovenbouw wordt met een kraanschip op de onderbouw geplaatst (Figuur 2-3). De bovenbouw heeft een helikopterdek.
Het plaatsen van het totale platform (onderbouw en bovenbouw) neemt circa twee weken in beslag.

Figuur 2-3: Plaatsing van een bovenbouw op een onderbouw.

Gaswinning
Het gewonnen gas wordt op het productieplatform behandeld, voordat het afgevoerd wordt naar land. De behandeling bestaat voornamelijk uit het scheiden van gas en concentraat (vloeibare koolwaterstoffen) en het drogen van het aardgas. Het aardgas kan namelijk waterdamp bevatten. De elektriciteitsvoorziening op het platform gebeurt door gasturbines (draaien op aardgas).

Afvoer aardgas naar land
De nieuwe pijpleiding wordt aangelegd tussen het platform en de bestaande NOGAT-gastransportleiding die aansluit op een verwerkingsinstallatie bij Den Helder. De pijpleiding krijgt een lengte van 27 km en wordt ingegraven in de zeebodem. De aanleg vindt plaats door een pijpenlegschip in twee tot drie maanden.

Onderhoud en beheer
Tijdens de productiefase wordt het platform regelmatig bezocht voor inspectie en onderhoud. Transport van personeel vindt plaats per helikopter, terwijl goederen en afvalstoffen worden aan- en afgevoerd per schip.

Ontmanteling
Na beëindiging van de gaswinning worden de putten veilig afgesloten en wordt het platform verwijderd.

3 Voorkeursalternatief

Het voorgaande hoofdstuk geeft beknopte weer hoe de gaswinning wordt uitgevoerd. Om het komen tot dit definitieve ontwerp van de gaswinning L7-F is in het milieueffectrapport een aantal varianten gepresenteerd en onderzocht. Door een afweging gebaseerd op milieu-impact, techniek, kosten en tijd zijn keuzes gemaakt. Met de gekozen varianten is het voorkeuralternatief samengesteld. Dat voorkeursalternatief is uitgewerkt en beoordeeld in het milieueffectrapport. Tabel 3-1 geeft per fase een overzicht van de onderdelen en activiteiten van het voorkeursalternatief.

Tabel 3-1: Onderdelen van het voorkeursalternatief per fase.

Projectfase	Onderdelen en activiteiten van het voorkeursalternatief
Aanlegfase	• Plaatsen van een gecombineerd gaswinnings- en behandelingsplatform op de gekozen locatie door plaatsing van een nieuwe onderbouw en hergebruik van het E17a-A platform. • Heien van verankeringspalen voor de bevestiging van de onderbouw op de zeebodem. • Leggen en aansluiten van een pijpleiding naar het bestaande L09 platform om daar aan te sluiten op de NOGAT-hoofdtransportleiding.
Boorfase	• Om het gasveld L7-F in productie te brengen wordt de exploratieput omgezet tot een productieput en worden twee nieuwe gasputten geboord met een boorplatform. • Boorgruis en boorspoeling op oliebasis wordt per schip afgevoerd naar de wal; boorgruis en boorspoeling op waterbasis wordt geloosd in zee.
Productiefase	• Winnen en behandelen van aardgas op het L7-F platform. • Het afvoeren van het geproduceerde aardgas per pijpleiding naar de bestaande NOGAT-leiding.
Transporten	• Bevoorrading van het platform met bevoorradingsschepen vanuit Den Helder. • Bezoeken van het platform per helikopter vanuit Den Helder.
Beëindiging en ontmanteling	• Afsluiten van de putten en verwijdering tot onder de zeebodem. • Schoonmaken en verwijdering van het platform. • Verwijderen of laten liggen van de gasleiding, afhankelijk van de dan geldende regelgeving.

4 Effectbeoordeling

In het milieueffectrapport zijn de mogelijke effecten van gaswinning bij L7-F op natuur en milieu beschreven en beoordeeld door een vergelijk te maken met de situatie dat er geen sprake is van gaswinning. Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste bevindingen. De grootste aandacht gaat uit naar de effecten op natuur.
Bij de beoordeling van de milieueffecten is rekening gehouden met de verschillende fasen van het project:

- De aanlegfase (inclusief de boorfase).
- De productiefase.
- Transport (voor alle fasen).

4.1 Effecten op natuur

De effecten op natuur worden beoordeeld aan de hand van verschillende thema's, zoals bovenwatergeluid, onderwatergeluid, vertroebeling en emissies naar het zeewater. Deze effecten vormen de basis voor de beoordeling van de impact op beschermde soorten en habitattypen.

Bovenwatergeluid
Bovenwatergeluid is geluid dat zich boven het zeeoppervlak voortplant en door mensen en dieren kan worden gehoord. In de referentiesituatie wordt de geluidsbelasting vooral veroorzaakt door het natuurlijke

geluid van wind en golven en door scheep- en luchtvaart. Bij offshore activiteiten zoals gaswinning wordt bovenwatergeluid vooral veroorzaakt door hei-activiteiten, scheepsbewegingen, booractiviteiten en testen van putten in de aanlegfase. De grootste bijdrage in de productiefase komt van schepen en helikopters.

De verstoring van fauna is het belangrijkste effect. Zeevogels in het gebied zullen geluid vermijden dat harder is dan 60 dB(A).

Het bovenwatergeluid veroorzaakt een kleine en tijdelijke verstoring van fauna bij de vaar- en vliegroutes. Voor de meeste soorten kunnen significante effecten tijdens alle fasen van het project worden uitgesloten omdat het totale verstoorde oppervlak klein is en vissen, zeezoogdieren en vogels deze plekken kunnen mijden.

Een belangrijke uitzondering vormt de zeekoet tijdens de ruiperiode (juli tot en met oktober). Tijdens deze periode hebben zeekoeten een beperkt vliegvermogen, waardoor uitwijkmogelijkheden beperkt zijn en significante effecten van bovenwatergeluid niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Het effect van bovenwatergeluid is negatief voor de aanleg- en boorfase en negatief voor de productiefase.

Onderwatergeluid
Veel zeedieren gebruiken geluidsignalen voor oriëntatie, communicatie en het zoeken van voedsel. Onderwatergeluid van menselijke activiteiten zoals scheepvaart en heiwerkzaamheden verstoort deze functies en kan zelfs gehoorschade veroorzaken bij hoge geluidsniveaus.
De bronnen voor onderwatergeluid zijn voornamelijk hei-activiteiten en scheepsbewegingen. Het heien geeft een grotere geluidsbelasting dan toegestaan (meer dan 164 dB op 750 mater afstand). Er is een sterk negatief effect in de aanlegfase en een neutraal effect in de productiefase. Voor de activiteiten in de aanlegfase zijn mitigerende maatregelen nodig.

Waterkwaliteit: emissies en vertroebeling
Tijdens de activiteiten bij L7-F kunnen verontreinigende stoffen in zee terechtkomen, vooral tijdens de aanlegfase. Deze stoffen kunnen de waterkwaliteit van de Noordzee beïnvloeden. In de aanlegfase komen deze stoffen vrij door het lozen van water gedragen boormateriaal, sanitair water en regenwater. In de productiefase is sprake van het lozen van productiewater dat vrijkomt bij de gasbehandeling en sanitair water en regenwater. Het productiewater wordt getest. Het water wordt pas geloosd als de olieconcentratie aan de norm voldoet.
Om de effecten van de lozing van boormateriaal (boorgruis en boorspoeling) in kaart te brengen, zijn modelberekeningen uitgevoerd naar de verspreiding of vertroebeling. Er blijkt dat:

- De hoogste concentraties direct nabij de boorlocatie worden waargenomen, met een snelle afname naarmate de afstand tot de bron toeneemt.
- Na maximaal zes dagen de concentratie van opgeloste stoffen terugkeert naar de oorspronkelijke concentratie.
- De barietconcentraties in het zeewater (een belangrijk bestanddeel van boorspoeling) slechts 3–35% hoger liggen dan de natuurlijke achtergrondconcentratie tijdens de rustige zomerperiode.

Het effect van vertroebeling voor de aanlegfase en de productiefase is neutraal, terwijl het effect van verontreiniging door emissies licht negatief is voor beide fasen.

Verstoring van de zeebodem
Verstoring van de zeebodem treedt op als gevolg van grondwerkzaamheden tijdens de aanlegfase. Deze verstoring betreft het ingraven van de pijpleiding, het storten van stenen bij de poten van het platform en bij kruisingen van de pijpleiding en sedimentatie van boorgruis op de zeebodem.

De belangrijkste verstoring is de aanleg van de 27 km lange pijpleiding, waarvan 13 km door het Natura 2000-gebied Friese Front. Er zijn modelberekeningen uitgevoerd, waaruit het volgende blijkt:

- De maximale concentratie fijn sediment langs het pijpleidingtracé varieert tussen 50 en 250 mg/l; aanzienlijk hoger dan de achtergrondconcentraties in de zomerperiode (tussen 2 en 3 mg/l).
- De concentratie aan weerszijden van het tracé neemt snel af; verhoogde concentraties van meer dan 50 mg/l tot maximaal 1 km van het tracé.
- Een lichte verhoging (5 mg/l) waarneembaar tot op ongeveer 5 km afstand van de pijpleiding.
- De maximale concentratie bij Oesterbankherstel is niet meer dan 3–5% ten opzichte van de achtergrondconcentratie.
- Na maximaal twee dagen is de concentratie van fijn sediment weer op oorspronkelijke niveau.

Ook is gekeken naar de afzetting van boorgruis op de zeebodem. Zo'n afzettingslaag verspreidt zich in de loop van maanden tot jaren over een groter gebied. Voor het bepalen van de ecologische effecten wordt een kritische laagdikte van 1,5 centimeter aangehouden. Deze wordt bij één boring overschreden over een oppervlak van maximaal 2,5 ha.
Het effect van de verstoring van de zeebodem is licht negatief voor de aanlegfase en neutraal voor de productiefase.

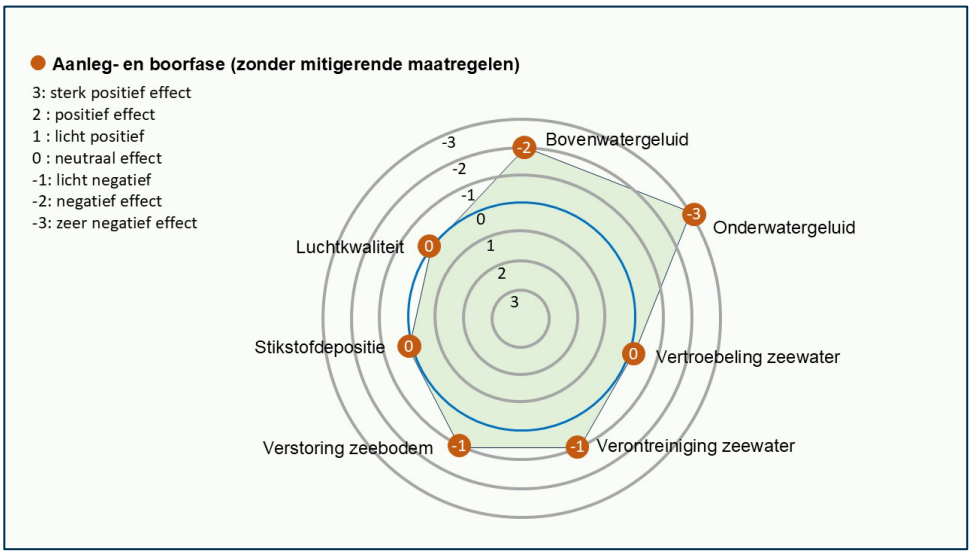
Emissies naar de lucht
Door de activiteiten vindt er uitstoot plaats van CO_2 (kooldioxide), VOS (vluchtige organische stoffen), NO_X (stikstofoxiden) en SO_2 (zwaveloxiden). Deze emissies zijn in hoofdzaak het gevolg van scheeps- en helikopterbewegingen, gebruik dieselgeneratoren bij boren, kortstondig fakkelen van aardgas (24 uur per put), gebruik gasturbines tijdens productiefase.

Er is een AERIUS-berekening uitgevoerd om de stikstofdepositie te bepalen. Omdat de L7-F locatie op een afstand van meer dan 25 km is gelegen van stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden is de berekende stikstofdepositie 0,00 mol/ha/jr[3].

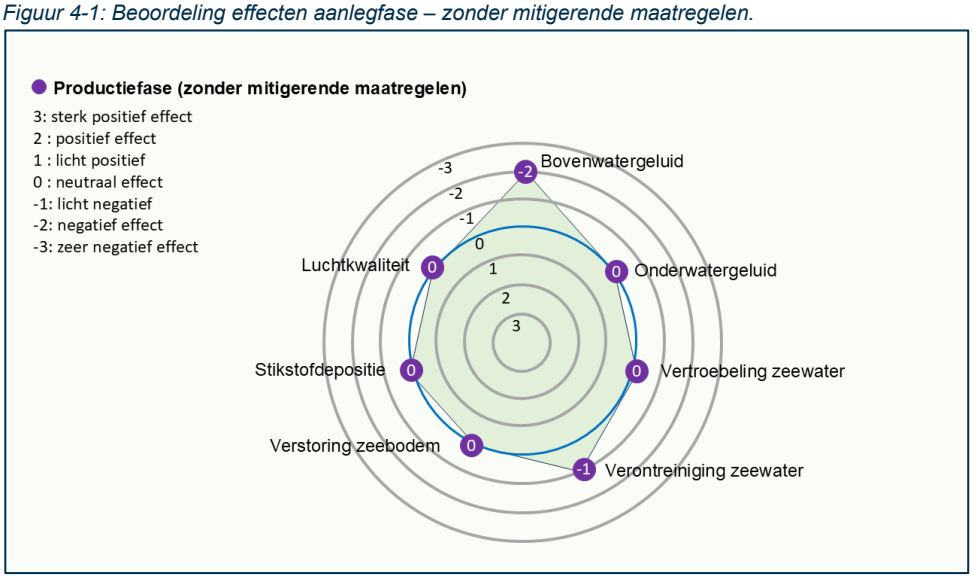
Significante effecten op stikstofgevoelige habitattypen kunnen op voorhand worden uitgesloten. Het effect van emissies naar de lucht wordt als neutraal beoordeeld voor alle activiteiten.

Samenvatting effecten op natuur
In Figuur 4-1 en Figuur 4-2 is de effectbeoordeling weergegeven voor thema's die van toepassing zijn op natuur. De effectbeoordeling heeft betrekking op de aanlegfase (inclusief boren) en de productiefase. Deze thema's zijn betrokken bij de beoordeling van effecten op beschermde soorten en habitattypen.

[3] *De Aerius rekenmethodiek geeft de uitkomst voor Natura 2000-gebieden binnen een straal van 25 km afstand van de bron.*



Figuur 4-1: Beoordeling effecten aanlegfase – zonder mitigerende maatregelen.



Figuur 4-2: Beoordeling effecten productiefase.

4.2 Ecologische effectbeoordeling

Effecten op beschermde gebieden en soorten

Er is een ecologische effectbeoordeling uitgevoerd. Het doel is om inzichtelijk te maken of de activiteiten van de gaswinning (significante) negatieve effecten kunnen hebben op de beschermde gebieden en soorten in het projectgebied en in de directe omgeving. Er is getoetst aan de instandhoudingsdoelstellingen voor Natura 2000-gebieden. Dergelijke instandhoudingsdoelstellingen zijn gericht op het behoud en de verbetering van de kwaliteit, oppervlakte, populatieomvang en verspreiding van beschermde gebieden en soorten.

Het projectgebied L7-F bevindt zich in het Natura 2000-gebied Friese Front. Dat gebied is aangemerkt als vogelrichtlijngebied voor de zeekoet. Op 70 km afstand ligt het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone met beschermde soorten (zoals de bruinvis) die ook in het projectgebied kunnen voorkomen.

In een zogenaamde voortoets zijn de emissies en verstoringen op de natuurlijke waarden beoordeeld. Significante negatieve effecten kunnen niet worden uitgesloten. Hierop is een effectbeoordeling Natura 2000 (passende beoordeling) uitgevoerd, waarin de effecten nader zijn onderzocht.

Voor het Natura 2000-gebied Friese Front is specifiek gekeken naar effecten op de zeekoet. Uit de passende beoordeling blijkt dat significante negatieve effecten door verstoring vanwege de aanwezigheid van schepen en helikopter niet uitgesloten kunnen worden, met name tijdens de ruiperiode (juli tot en met oktober), wanneer de zeekoet minder mobiel is.

Voor het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is gekeken naar effecten op de bruinvis, grijze zeehond, gewone zeehond en gewone zeehond. Deze beschermde soorten kunnen namelijk ook voorkomen in het projectgebied. Significante negatieve effecten op de zeehonden kunnen worden uitgesloten. Zonder mitigerende maatregelen kunnen significante negatieve effecten van onderwatergeluid op de bruinvis niet worden uitgesloten.
De volgende mitigerende maatregelen worden genomen om significante negatieve effecten te voorkomen:

- Tijdens de aanlegfase (inclusief boren) vinden er geen activiteiten plaats in de ruiperiode (juli tot en met oktober) van de zeekoet (geen aanleg van de pijpleiding, het platform en/of de putten).
- Transportbewegingen worden geminimaliseerd door van L7-F een bemand platform te maken.
- Tijdens de productiefase vindt groot en regulier onderhoud buiten de ruiperiode van de zeekoet plaats. Daarnaast wordt tijdens de ruiperiode gebruik gemaakt van de kortste vaarroute door het Natura 2000-gebied, een vogelwachter en aangepaste vaarsnelheden (maximaal 10 knopen).
- Bij de heiwerkzaamheden worden geluidsbeperkende maatregelen genomen (bijvoorbeeld door gebruik te maken van een bellenscherm of geluidgedempte hamer) om effecten op bruinvissen te voorkomen.
- Er wordt een ‘soft start’-procedure, een ‘Marine Mammal Observer’ (MMO), een ‘Passive Acoustic Monitoring’ (PAM) en een ‘Acoustic Deterrent Device’ (ADD) ingezet bij de heiwerkzaamheden.

Door het treffen van deze mitigerende maatregelen zijn significante negatieve effecten voor zeekoet uitgesloten. Vanwege onderwatergeluid zijn die effecten voor de bruinvis niet uitgesloten, zodat een omgevingsvergunning Natura 2000-activiteit wordt aangevraagd.

Door uitvoering van de werkzaamheden is gebleken dat er voor vleermuizen geen sprake is van schadelijk handelen. Dat is voor de bruinvis en de zeekoet wel het geval. Er worden maatregelen genomen om de verstoring te beperken. Voor de bruinvis en de zeekoet wordt een omgevingsvergunning flora- en fauna-activiteit aangevraagd.

Cumulatie
Voor de beoordeling van de effecten op de staat van instandhouding is gekeken naar projecten in de omgeving die gelijktijdig of aansluitend worden uitgevoerd. Dat zijn andere gaswinningsactiviteiten, wind-op-zee-projecten, net-op-zee-projecten en CCS-project Aramis (CO_2-opslag).
Voor offshore gasactiviteiten zijn verschillende vergunde projecten onderzocht. De belangrijkste potentiële cumulatieve effecten zijn onderwatergeluid door heiwerkzaamheden.
Dankzij de gefaseerde uitvoering en maatregelen om gehoorschade bij zeezoogdieren te voorkomen, worden geen significante cumulatieve effecten verwacht.
Voor wind-op-zee-projecten en net-op-zee-projecten zijn de cumulatieve effecten van onderwatergeluid onderzocht. Ondanks de afstand van >42 km tussen windenergiegebieden en het L7-F projectgebied zijn cumulatieve effecten niet uit te sluiten, omdat zeezoogdieren de hele Noordzee gebruiken. Voor net-op-zee-projecten (elektriciteitsverbinding tussen windparken en het vasteland), is vooral gekeken naar projecten die in dezelfde periode worden uitgevoerd als L7-F. Berekeningen tonen aan dat de maximale

populatiereductie van bruinvissen door de activiteiten onder de grens van 5% blijft en dus als niet significant wordt beschouwd. Voor zeehonden worden ook geen significante cumulatieve effecten verwacht.

Het Aramis project voor CO_2-opslag ligt 10–16 kilometer zuidwestelijk van L7-F en wordt ontwikkeld in de periode 2025-2030. Voor dit project worden twee nieuwe platforms gerealiseerd en een pijpleiding aangelegd. Het project draagt echter relatief beperkt bij aan de cumulatieve onderwatergeluidsverstoring.

Er blijkt geen sprake te zijn van significante effecten door cumulatie van effecten. De belangrijkste voorwaarde hiervoor is de toepassing van geluidsmitigatie bij heiwerkzaamheden om aan de Nederlandse geluidsnorm te voldoen.

4.3 Archeologie en cultuurhistorie

Effecten op archeologische waarden in de zeebodem kunnen optreden door graafwerkzaamheden tijdens de aanlegfase bij het plaatsen van het platform en bij de aanleg van de pijpleiding. Om de archeologische waarden in kaart te brengen, zijn twee onderzoeken uitgevoerd: een bureauonderzoek en een survey bij de platformlocatie en langs de route van pijpleiding.
Het bureauonderzoek signaleert dat geen archeologische waarnemingen bekend zijn. Dit sluit niet uit dat er wel resten kunnen voorkomen. De survey laat 237 magnetische anomalieën zien, waarvan er enkele van potentieel archeologische waarde zijn. Met dat resultaat is leidingtracé aangepast, zodat twee locaties met potentiële archeologische waarde worden vermeden. In overleg met Rijkswaterstaat is vastgesteld dat de anomalieën geen belemmering vormen voor het aangepaste tracé.
Indien bij de werkzaamheden archeologische resten worden aangetroffen, worden de vondsten conform de Omgevingswet en de Erfgoedwet gemeld bij het bevoegd gezag. Het effect op archeologie wordt beoordeeld als licht negatief voor de aanlegfase en neutraal voor de productiefase.

4.4 Energie en klimaat

De projectactiviteiten veroorzaken emissies van broeikasgassen, zoals CO_2 en CH_4 door verbranding van brandstoffen, fakkelen en onverbrand vrijkomen van aardgas. Beste Beschikbare Technieken beperken deze emissies.

Deze broeikasgasemissies worden negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Royal HaskoningDHV heeft in 2024 de broeikasemissies in de toeleveringsketen voor Nederlands aardgas geactualiseerd. Dat onderzoek toont aan dat de emissies van Nederlands gas en Noors gas vergelijkbaar zijn, terwijl LNG uit de VS en andere landen respectievelijk zevenmaal en viermaal hogere emissies heeft. Dit komt door het energiegebruik voor het vloeibaar maken van aardgas en hogere methaanemissies in de keten. Hierdoor leidt gaswinning bij L7-F tot aanzienlijk lagere CO_2 en CH_4 emissies dan LNG-import.

4.5 Afval

Tijdens alle projectfasen ontstaat afval. Dat is een negatief effect. De belangrijkste afvalstromen zijn niet-gevaarlijke afvalstoffen (huishoudelijk afval, schroot en lege verpakkingen), gevaarlijke afvalstoffen (afgewerkte smeermiddelen, olieverontreinigd afval), oliegedragen boormateriaal (alleen door het boren), schroot en andere materialen bij de ontmanteling in de toekomst.

Al het afval wordt op een gereguleerde wijze ingezameld, afgevoerd per schip naar de vaste wal en daar op passende wijze verwerkt. Verwerking van oliegedragen boormateriaal leidt tot hergebruik van de olie. Er komt geen afval in het milieu. Hierdoor is er sprake van een neutraal effect.

4.6 Bodembeweging

Bodembeweging (bodemdaling in het geval van gaswinning) en bodemtrillingen (aardbevingen) kunnen ontstaan doordat de gaswinning veranderingen in de diepe ondergrond teweegbrengt. Bodemdaling treedt op tijdens en na de productiefase, wanneer de winning van gas al enige tijd gaande is.
Door de ligging op zee op een afstand van circa zeventig km uit de kust, is er geen studie naar het optreden van bodembeweging en bodemtrillingen uitgevoerd. Eventuele bodemdaling blijft beperkt tot het directe winningsgebied op zee en heeft geen invloed op de Waddenzee (UNESCO-werelderfgoed). Bodemdaling en bodemtrillingen (indien ze optreden) hebben geen gevolgen voor gebruiksfuncties, niet op zee en niet op land en geen gevolgen voor natuur. Het effect van bodembeweging wordt als neutraal beoordeeld voor alle projectfasen.

5 Onvoorziene voorvallen, beheersmaatregelen en monitoring

Onvoorziene voorvallen
Naast de reguliere milieueffecten van het project, bestaat er een kleine kans op aanzienlijke effecten door incidentele gebeurtenissen en calamiteiten. De wetgeving en Eni Energy's veiligheidsbeheerssysteem zijn ontworpen om deze incidenten te voorkomen en de gevolgen te beperken. Mogelijke incidenten bij L7-F zijn blow-out, morsingen, lekkage aardgasleiding.

Blow-out
Een blowout is een ongecontroleerde uitstroom van aardgas, condensaat en boorspoelingen uit een put. Dit kan gebeuren tijdens het boren of door lekkage, aanvaringen, brand of explosie. Hoewel de kans klein is, worden diverse veiligheidsmaatregelen genomen om blow-outs te voorkomen. Als een blow-out toch optreedt, kan deze meestal binnen uren tot dagen worden beheerst, maar in ernstige gevallen kan het weken duren. Condensaat dat in zee terechtkomt, verspreidt zich als een dunne film en wordt snel afgebroken. De kans dat een olievlek de kust bereikt, is zeer klein.

Spills
Onbedoelde lozingen van olie of chemicaliën kunnen tijdens alle fasen van het project voorkomen. Eni Energy heeft een uitgebreid Oil Spill Response Plan (OSRP) om deze spills te bestrijden. Afhankelijk van het type spill en de omstandigheden worden verschillende maatregelen toegepast, zoals monitoring, natuurlijke verdamping, chemische middelen of olieschermen. Voor lichte olie is natuurlijke verdamping vaak het meest effectief. Het personeel krijgt speciale training en volgt regelmatig opfriscursussen om adequaat te reageren bij spills.

Aanvaring en lekkage of breuk van de aardgastransportleiding
Incidentele milieubelasting kan optreden door aanvaringen met schepen of beschadiging van pijpleiding door zinkende schepen, ankers of vistuig. De kans op een aanvaring hangt af van de nabijheid van scheepvaartroutes, terwijl de gevolgen variëren afhankelijk van de snelheid en grootte van het schip.

Beheersmaatregelen
Om incidenten te voorkomen en de gevolgen te beperken worden maatregelen getroffen:

- Veiligheidsafstanden: een veiligheidszone van 500 meter rond het platform waar geen scheepvaart is toegestaan.
- Ontwerp: Beoordeling van putten en platform door onafhankelijke experts en SodM; aanleg van gasleiding volgens NEN 3656 norm.

- Veiligheidssystemen: Productie- en boorplatforms zijn uitgerust met meerdere veiligheidssystemen om risico's te voorkomen en in te grijpen bij dreigende situaties.
- Oil Spill Response Plan: Een calamiteitenplan met communicatiestructuur en opruimmaatregelen voor verontreinigende stoffen.
- Getraind personeel: Medewerkers worden getraind om incidenten te voorkomen en adequaat te handelen bij incidenten.

Monitoring
Voor diverse milieuthema's vindt monitoring plaats:

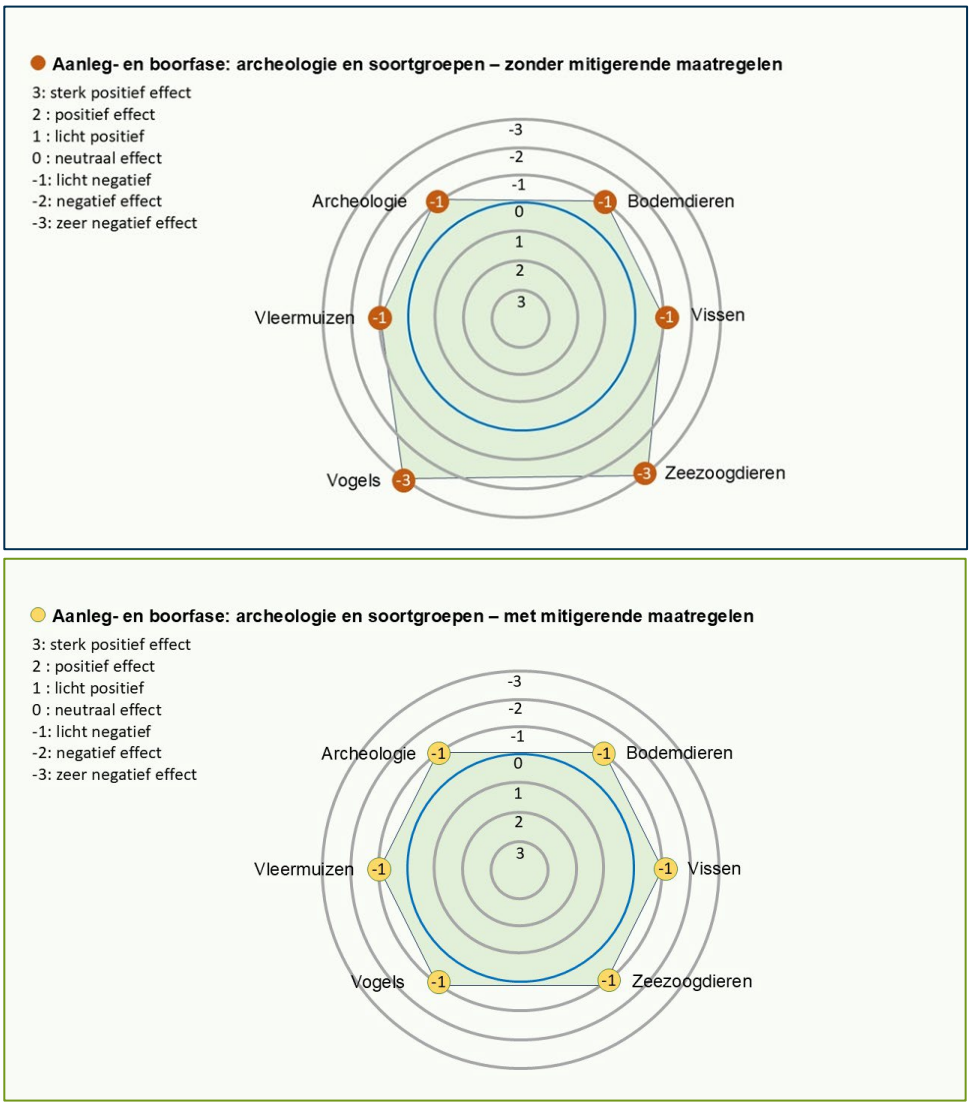
- Zeewateremissies: Wekelijkse metingen van opgeloste olie en BTEX.
- Luchtemissies: Jaarlijkse metingen van emissies van het productieplatform; NO_X-emissies worden vierjaarlijks gemeten.
- Methaanemissies: Monitoring volgens de Europese methaanverordening.
- Brandstofverbruik: Bijgehouden volgens het HSE-managementsysteem van Eni Energy.
- Afvalstromen: Gescheiden en gedocumenteerd voordat ze naar de wal worden verscheept.
- Zeebodem en pijpleiding: Periodieke surveys controleren de conditie en ligging.
- Archeologische resten: Melden bij het bevoegd gezag volgens de Erfgoedwet en het Mijnbouwbesluit.

6 Leemten in kennis en informatie

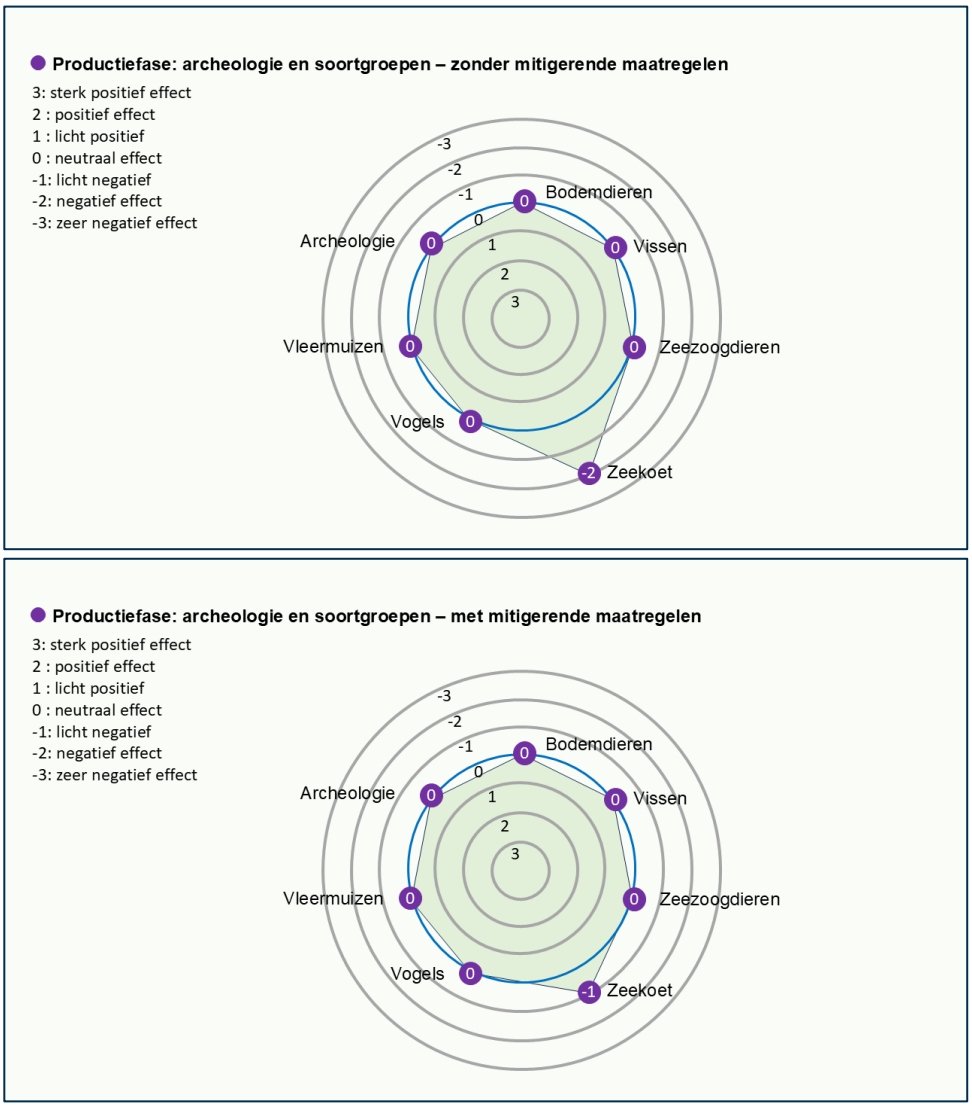
Het milieueffectrapport voor L7-F is gebaseerd op huidige informatie over de locatie en verwachte emissies. Nauwkeuriger gegevens zullen beschikbaar zijn na definitieve ontwerp- en operationele programma's, maar de milieubeoordeling zal waarschijnlijk niet veranderen. De effecten op de zeekoet in het Natura 2000-gebied Friese Front zijn gebaseerd op bestaand onderzoek, met een kennisleemte over werkelijke effecten ter plaatse. Monitoring kan deze leemte opvullen en toekomstige projecten helpen. Milieueffecten zijn tot 2035 redelijk nauwkeurig in te schatten, daarna nemen onzekerheden toe. Beleidskaders veranderen voortdurend, waardoor anticiperen op nieuw beleid beperkt mogelijk is. Monitoring van de gaswinning bij L7-F kan leiden tot aanpassingen of aanvullende maatregelen.

7 Samenvatting effectbeoordeling

Onderstaand Figuur 7-1 en Figuur 7-2 geven de effectbeoordeling voor de gaswinning L7-F. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase (inclusief boren) en de productiefase. Voor de fases wordt het verschil getoond tussen de situatie zonder en met mitigerende maatregelen, waaruit het positieve effect van deze maatregelen duidelijk blijkt.



Figuur 7-1: Effectbeoordeling gaswinning L7-F aanleg- en boorfase.



Figuur 7-2: Effectbeoordeling gaswinning L7-F productiefase.

Er wordt geconcludeerd dat:

- Zonder mitigerende maatregelen tijdens de aanlegfase zijn er zeer negatieve effecten (-3) voor de bruinvis, voornamelijk door onderwatergeluid tijdens heiwerkzaamheden.
- Zonder mitigerende maatregelen tijdens de productiefase veroorzaken transportbewegingen (bovenwatergeluid) negatieve effecten (-2) op de zeekoet (beschermde soort in het Friese Front).
- Met de voorgestelde mitigerende maatregelen worden de negatieve effecten op beschermde soortgroepen gereduceerd.

Hoewel het project negatief (-2) scoort voor energie en klimaat vanwege emissies tijdens aanleg en productie, is het belangrijk om deze score in een bredere context te plaatsen. De gaswinning L7-F betreft een klein veld. Zo'n klein gasveld speelt een belangrijke rol in het Nederlands energiebeleid, dat zich richt op binnenlandse gaswinning om negatieve milieueffecten van buitenlandse productie en import te vermijden. De broeikasgasemissies van in Nederland gewonnen gas zijn aanzienlijk lager dan die van geïmporteerd LNG. Vanuit dit bredere perspectief draagt het L7-F project positief bij aan de nationale klimaatdoelstellingen.

Bijlage

3. L07-F Subsea Pipeline Design Report

Eni Energy Netherlands B.V., december 2024

Haskoning
Enhancing Society Together

L07-F Subsea Pipeline Design

Pipeline Design Report

REV	ISSUE OR REVISION DESCRIPTION	ORIG BY	DATE	CHKD BY	DATE	APPD BY	DATE
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
01	FOR INFORMATION	EvW	05-07-24	ARF	05-07-24	PF	05-07-24
02	FOR CLIENT APPROVAL	PF	07-08-24	JS	07-08-24	PF	07-08-24
03	FOR CLIENT APPROVAL	EvW	23-12-24	ARF	23-12-24	PF	23-12-24

Revision Change Notices

Rev	Location of Change	Brief Description of Change
03		INCORPORATE BV COMMENTS
02		CLIENT COMMENTS INCORPORATED
01		-
-		-
-		-

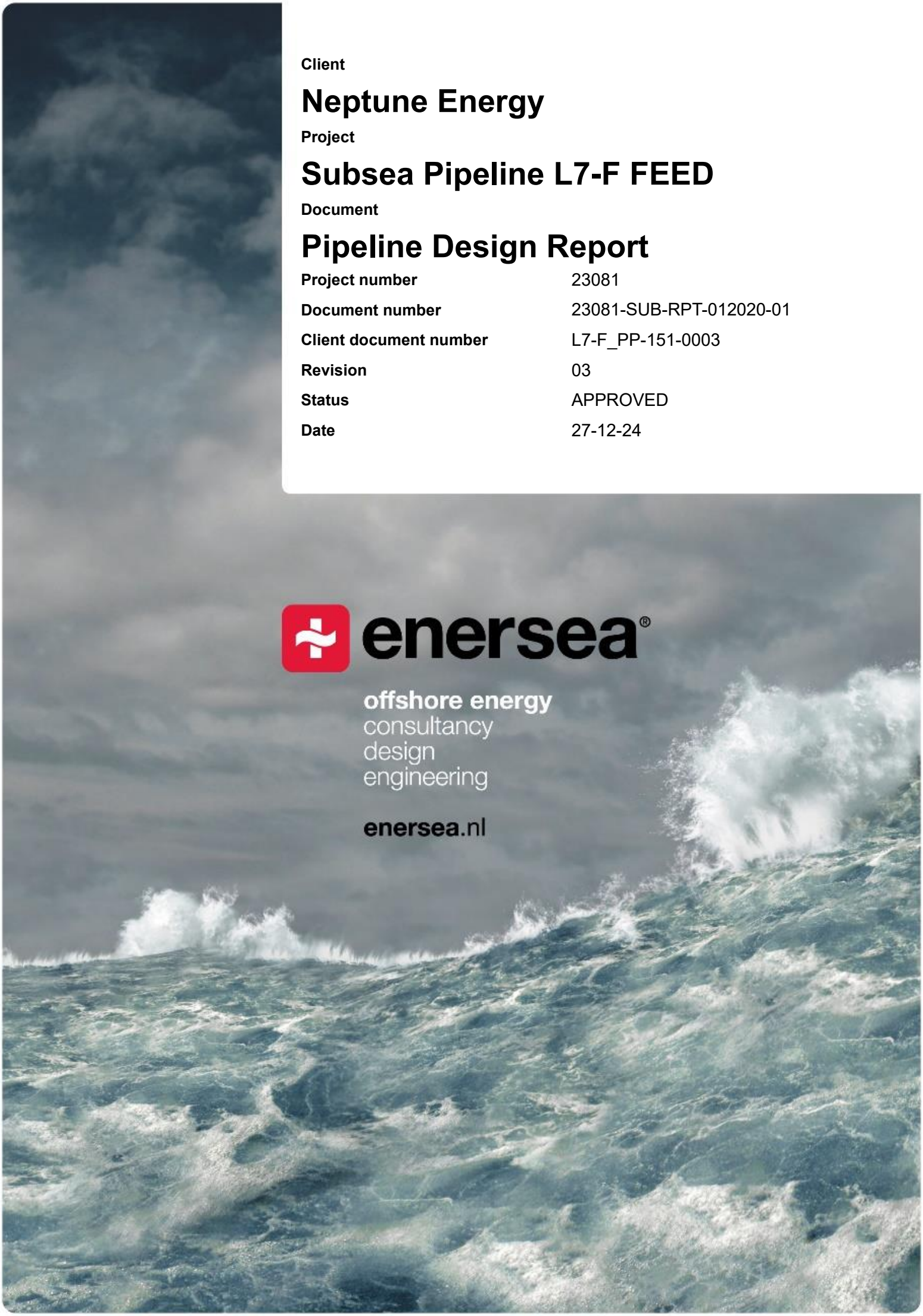
Classification Definitions

Classification Level	Definition
Unclassified	Information which may be made public without consequences for the entity or Eni.
Internal	Information intended to remain within Eni. Permission from a direct manager is required to disclose it outside the Group.
Restricted	Information which, if disclosed outside the appropriate perimeter, may have a serious impact on the entity or a serious impact on the Group. Access is limited to specific individuals or groups.
Confidential	Information which, if disclosed to people other than those specifically designated to receive it, would have a major impact on the entity or a major impact on the Group. In such cases, very strict rules apply to the information chain.

Contractor Details

Contractor Logo	enersea®
Contractor Name	Enersea
Contractor Document Number*	23081-SUB-RPT-012020-01
Contractor Revision*	03

*where CONTRACTOR aligns to COMPANY Document Numbering convention there is no requirement to complete this information



Client

Neptune Energy

Project

Subsea Pipeline L7-F FEED

Document

Pipeline Design Report

Project number	23081
Document number	23081-SUB-RPT-012020-01
Client document number	L7-F_PP-151-0003
Revision	03
Status	APPROVED
Date	27-12-24

Revision history

-	-
-	-
01	-
02	CLIENT COMMENTS INCORPORATED
03	INCORPORATE BV COMMENTS
Rev.	**Description**

-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
01	FOR INFORMATION	05-07-24	EvW	ARF	PF	
02	FOR CLIENT APPROVAL	07-08-24	PF	JS	PF	
03	FOR CLIENT APPROVAL	27-12-24	EvW	ARF	PF	
Rev.	**Description**	**Date**	**Prepared**	**Checked**	**Approved**	**Client**

Document status: APPROVED

All data in the table above is generated automatically by Enersea's Product Data Management (PDM) system, in accordance with our ISO9001 certificate.

All rights reserved. This document contains confidential material and is the property of enersea. No part of this document may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means electronic, mechanical, chemical, photocopy, recording, or otherwise, without prior written permission from the author.

Table of Contents

1. Introduction 1
1.1. Project Introduction 1
1.2. Purpose of document 1
1.3. System of Units 1
1.4. Abbreviations 2
2. References 3
2.1. Regulations, Codes, Standards and Guidelines 3
2.2. Project Reference Documents 3
3. Design Parameters 4
3.1. Pipe data 4
3.2. Process conditions 4
3.3. Coating material 5
3.4. Flange properties 6
3.5. Environmental data 6
3.6. Geotechnical Data 7
4. Pipeline route data 9
4.1. General 9
4.2. Coordinate system 9
4.3. Key facility coordinates 9
4.4. Bathymetry 9
4.5. Side scan sonar contacts & magnetometer Anomalies 10
4.6. Cable and Pipeline crossings 11
4.7. Approach 11
5. Pipeline Analysis 13
5.1. Pressure Containment 13
5.1.1 Results 14
5.2. Hydrostatic testing 15
5.2.1 Results 15
5.3. On-Bottom Stability 15
5.3.1 Results 17
5.4. Buckling & Collapse 20
5.4.1 External Overpressure 20
5.4.2 Bending Moment 21
5.4.3 External Pressure and Bending Moment 22
5.4.4 Progressive Plastic Collapse 22
5.4.5 Local Buckling 22
5.4.6 Bar Buckling 22
5.4.7 Results 23
5.5. Free Span Analysis 24
5.5.1 Static Span Analysis 25
5.5.2 Static Span – Results 26
5.5.3 Dynamic Span Analysis 28
5.6. Upheaval Buckling Analysis (Analytical) 30
5.6.1 Results 32

5.7. Bottom Roughness Analysis 33
5.7.1 Results – 12.7 mm wall thickness option 34
5.7.2 Results – 15.9 mm wall thickness option 35
5.8. Cathodic Protection 37
5.8.1 Results 40

Table of Appendices

Appendix A Magnetometer contacts
Appendix B Wall Thickness Analysis
Appendix C On-Bottom Stability Analysis
Appendix D Buckling & Collapse Analysis
Appendix E Static and Dynamic Span Analysis
Appendix F Analytical Upheaval Buckling Analysis
Appendix G Cathodic Protection

1. Introduction

1.1. Project Introduction

The L7-South field is an undeveloped discovery since 1974. Two wells were drilled in the block in 1974 and 1978 and both wells found gas. One well (L7-6) was tested and the test results can be explained. Total E&P NL relinquished the Southern part of the L7 license in 2021 and ENI received the exploration license L07f/L08e in 2022.

In 2022, an integrated study on the potential of this field has been completed, indicating significant in place volumes and comparable reservoir quality to nearby fields that are producing well. Several development scenarios were screened and reviewed and concluded that this asset could be developed. The development is called L7- F and the strategy is to utilize a stand-alone platform and the ambition is to investigate acceleration ideas to reach first production in 2026.

In July 2022, ENI Investment Committee (IC) approved to drill an appraisal well (L7-17) for the development. The L7-17 well is located 70 km from Den Helder, in a water depth of 27 m.

The L7-F platform will consist of a newly built jacket, topped with the topside currently used at E17-A.

During Concept select phase the preferred export option was identified as a 12” pipeline into the existing L09 side tap in the NOGAT trunkline at KP 58 (water depth of 26 m), approximately 27.2 km East of L7-17.

1.2. Purpose of document

The purpose of this document is to present the results from the analyses performed on the pipeline from the L7-F platform to the L09 side tap in the NOGAT trunkline.

The following engineering items are described in subsequent sections of this Design Report:

- Regulations, Guidelines and Specifications
- Pipeline routing
- Seabed geology
- Material data
- Coating data
- Operational and product data
- Environmental data
- Analysis procedures and results for:
  - Wall thickness requirements
  - On-bottom stability
  - Buckling & Collapse
  - Free span determination
  - Analytical upheaval buckling
  - Bottom roughness analysis
  - Cathodic protection

The methodology outlined in this document for analyses use NEN3656, ref. [1], as primary guidance because the pipeline will be installed in Dutch territory and therefore Dutch regulations apply. Client document [E] refers to design codes DNV-ST-F101, ref. [2], and ISO 13623, ref. [18], which are more used internationally. A ‘gap analysis’ shall be performed in a stand-alone document to identify major differences between the standards, if any.

1.3. System of Units

All dimensions and calculations shall be documented using the International System of units (SI).

1.4. Abbreviations

Table 1-1 contains a list of abbreviations used in this report.

Table 1-1 List of abbreviations

Abbreviation	Meaning
BoD	Basis of Design
CPT	Cone Penetration Testing
CWC	Concrete Weight Coating
FEA	Finite Element Analysis
FEED	Front End Engineering Design
KP	Kilometre point
LAT	Lowest Astronomical Tide
LC	Load Combination
PPE	Polypropylene
SI	International System of units
SSS	Side Scan Sonar
TB	Target Box
ToP	Top of Pipe
VIV	Vortex Induced Vibrations

2. References

2.1. Regulations, Codes, Standards and Guidelines

[1] NEN3656:2022 “Eisen voor stalen buisleidingsystemen op zee”, March 2022
[2] DNV-ST-F101 “Submarine pipeline systems”, December 2021
[3] DNV-RP-F103 “Cathodic protection of submarine pipelines”, May 2021
[4] DNV-RP-F105 “Free spanning pipelines”, September 2021
[5] DNV-RP-F109 “On-bottom stability design of submarine pipeline, cables and umbilicals”, May 2021
[6] DNV-RP-F110 “Global buckling of submarine pipelines”, September 2021
[7] DNV-RP-F114 “Pipe-soil interaction for submarine pipelines”, May 2021
[8] DNV-ST-C205 “Environmental conditions and environmental loads”, September 2021
[9] DNV-RP-C203 “Fatigue design of offshore steel structures”, September 2021
[10] ISO 15589-2 “Cathodic protection of pipeline transportation systems”, February 2024
[11] 21. American Lifelines Alliance. “Guidelines for the Design of Buried Steel Pipe. ASCE July 2001
[12] Design of Submarine Pipelines Against Upheaval Buckling, OTC 6335 by A.C. Palmer e.a. May 1990
[13] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels, Division 1, July 2013
[14] “Pipelines and Risers”, Yong Bay, Elsevier, 2001
[15] API 5L, “Line Pipe”, 46th Edition, May 2018
[16] ASME B31.1-2018, “Power Piping”, July 2018
[17] “Inclined and Uplift Resistance of Pipelines Buried in Rock”, O’Loughlin, 2020
[18] ISO 13623 “Pipeline transportation systems”, October 2017
[19] Effect of Spoilers on Submarine Pipeline Stability, OTC 6154, by C.H. Hulsbergen and R. Bijker, May 1989
[20] Fluid Loads on Pipelines: Sheltered or Sliding, OTC 6056, by C. Jacobsen et al., May 1989

2.2. Project Reference Documents

[A] L07_SS-007-0001 “L7-F Basis of Design” Rev. 02, December 2023
[B] F237682-REP-002 “L7-17 to TP-001 ST KP58 Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey”, Rev. 01, March 2024
[C] C925 - R 1040-23, “L07 – Metocean Criteria”, August 2023
[D] TP-5910012, “L9 – NOGAT pipeline - tie-in isometric NOGAT”, March 2000
[E] opi-hse-023-eni-spa-r03, “Safety, Environmental and Industrial Hygiene – Minimum Design Requirements”
[F] F237682-REP-001 “L7-17 to ST 58.4 Route Survey”, March 2024
[G] L7-F_PP-151-0002 Steady State Flow Assurance report, May 2024
[H] 23081-SUB-DWG-060001-01 Approach Drawing @L07-F, June 2024
[I] 23081-SUB-DWG-070001-01 Approach Drawing @L09 subsea tie-in, June 2024
[J] L7-F_PP-001-0001 “Pipeline Basis of Design” Rev. 02, June 2024
[K] Email Pascal Ferier to Amal Dahbi/Pierre Rabeau 05.07.2024

3. Design Parameters

This chapter describes the design data to be considered for the pipeline (including riser & spool pieces)

3.1. Pipe data

The material strength data for L360NE (API X52 equivalent), according to ref. [1] Table F.1, is presented in Table 3-1. General properties of carbon steel are presented in Table 3-2.

Table 3-1 Pipeline material strength properties

	L360 (X52)
Minimum yield stress T ≤ 50°C [MPa]	360
Minimum yield stress T = 100°C [MPa]	304
Minimum yield stress T = 150°C [MPa]	284
Minimum tensile stress [MPa]	460

Table 3-2 Steel material properties

Property	Value
Density [kg/m3]	7850
Young's modulus [Pa]	2.07 x 1011
Poisson ration [-]	0.3
Thermal expansion coefficient [m/m °C]	1.17 x 10-5
Electrical resistivity [Ωm]	1.43 x 10-7

Table 3-3 Pipeline data

Property		
Product transported	Dry natural gas	
Minimum design life [yrs]	25	
Approximate length [km]	27.2	
Pipeline outside diameter [inch]	12	
Pipeline outside diameter [mm]	323.8	
Internal corrosion allowance [mm]	3	
Minimum bend radius (5D) [mm]	1524	
Manufacturing process	Seamless	Welded
Wall thickness tolerance, from ref. [15] table 11	+0.150 t / -0.125 t	t < 15.0 mm: ± 0.1 t t ≥ 15.0 mm: ± 1.5 mm
Out of roundness tolerance – pipe end, from ref. [15] table 10	0.015 D 4.86 mm	0.015 D 4.86 mm

3.2. Process conditions

Table 3-4 presents the pipeline, riser and spool design process parameters considered in the analysis.

Table 3-4 Process conditions

Property	
Design pressure	120 barg [K]
Design temperature (max)	50 °C [A]
Operating pressure	97 bara [A]
Operating temperature (max)	36.5 °C [G]
Content density	78 kg/m3 [G]
Ambient temperature seawater	-1°C / 22°C [C]
Ambient temperature air	-9°C / 28°C [C]

Figure 3.1 shows the operational temperature profiles along the pipeline for conditions during Start of life (SoL), middle of life (MoL) and end of life (EoL) in both summer and winter, as determined in ref. [G]. The maximum temperature at the riser inlet is 36.5 °C for SoL conditions [G]:

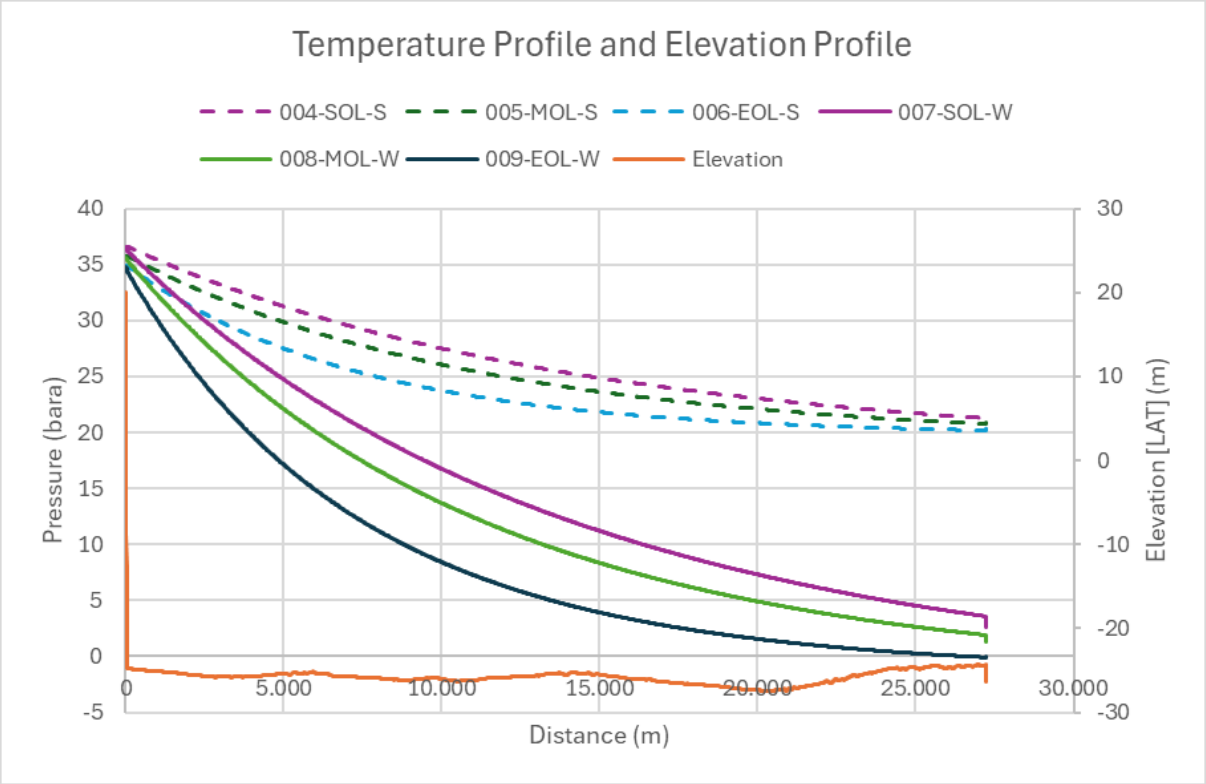


Figure 3.1 Temperature profile during operation in Summer

3.3. Coating material

The pipeline shall be coated with polypropylene (PP) for corrosion protection. Relevant properties are listed in Table 3-5.

Table 3-5 PPE coating properties

Property	
Type [A]	3-Layer polypropylene
Thickness [A]	3 mm
Density [A]	965 kg/m3
Thermal conductivity	0.22 W/(m K)

The riser and spool pieces shall be coated in neoprene. The thickness varies based on the elevation, see Table 3-6 for details and properties.

Table 3-6 Neoprene riser and spool coating

Density	1400 kg/m3
Thermal conductivity	0.25 W/(m K)
Thickness from seabed to -5.00 mLAT [A]	12 mm
Thickness from -5.00 mLAT to +5.00 mLAT (splash zone) [A]	25 mm
Thickness +5.00 mLAT to riser top flange [A]	12 mm
Top layer [A]	CU anti-fouling

3.4. Flange properties

Table 3-7 presents the flange classes and main characteristics used for the pipeline, spool piece and riser. The flanges shall be checked using the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, ref. [13], based on the internal pressure and forces and moments extracted from the finite element analysis to be performed in the analysis of spools and riser.

Except for the connection to the side tap tie-in, the newly installed flanges will be 12” in diameter and a matching pair of flanges consists of a weld neck at one side and a swivel on the other side. The open flange at the tie-in is a 16” weld-neck flange, from ref. [D], which shall be matched by a flange with integrated reducer to the 12” piping. All flanges are of the ANSI/ASME 900# class.

Table 3-7 Flange properties

Property	
New connections	
Diameter	12”
Flange rating	ANSI/ASME 900
Flange type	RTJ Swivel/Weld neck
Flange material standard	ASTM A694
NOGAT tie-in	
Diameter	16”
Flange rating	ANSI/ASME 900
Flange type	RTJ Weld neck (present) / Reducer to 12” (to be installed)
Flange material standard	ASTM A694

3.5. Environmental data

Environmental data are presented in Ref. [C]. These data are determined for the location of the L7-17 well. Table 3-8 presents the wave and current data for 1, 10 and 100-year return period. Table 3-9 presents the variation in water level by tidal influences. Directional maxima over the 1- 10- and 100-year return periods are presented in Table 3-10.

Table 3-8 Omni-directional wave and current data

Property	1-year return period	10-year return period	100-year return period
Maximum wave height Hmax [m]	12.4	15.1	17.6
Associated wave period Tass [s]	10.4	11.5	12.3
Significant wave height Hs [m]	6.8	8.3	9.7
Peak wave period Tp [s]	11.6	12.8	13.7
Near-surface current speed [m/s]	1.37	1.48	1.61
Mid-depth current speed [m/s]	1.19	1.29	1.40
Current speed 1m above bed [m/s]	0.81	0.87	0.95
Positive surge [m]	1.27	1.67	2.07
Negative surge [m]	-1.02	-1.17	-1.32
Splash zone (ref. [A])	-5.00 mLAT to +5.00 mLAT		
LAT water depth [m]	25.0		

Table 3-9 Water level variation

Water level	Elevation wrt LAT [m]
HAT	2.19
MHWS	1.99
MHWN	1.57
MSL	1.13
MLWN	0.67
MLWS	0.20
LAT	0.00

Table 3-10 Directional wave and current date

Return period and direction FROM	Hmax [m]	Tass [s]	Hs [m]	Tp [s]	Current surface* [m/s]	Current mid-depth* [m/s]	Current 1m above seabed* [m/s]
1-year							
N	11.3	9.9	6.2	11.0	0.90	0.79	0.53
NE	8.6	8.7	4.8	9.7	1.05	0.91	0.62
E	6.9	7.7	3.8	8.6	0.95	0.83	0.56
SE	6.2	7.4	3.4	8.2	0.63	0.55	0.37
S	7.8	8.2	4.3	9.1	0.89	0.78	0.53
SW	11.2	9.9	6.2	11.0	1.37	1.19	0.81
W	11.6	10.1	6.4	11.2	1.29	1.12	0.76
NW	12.4	10.4	6.8	11.6	0.84	0.73	0.50
10-year							
N	13.8	11.0	7.6	12.2	0.98	0.85	0.58
NE	10.6	9.5	5.8	10.6	1.13	0.98	0.67
E	8.5	8.6	4.7	9.5	1.03	0.89	0.61
SE	7.5	8.2	4.2	9.1	0.68	0.59	0.40
S	9.5	9.1	5.2	10.1	0.96	0.84	0.57
SW	13.7	10.9	7.5	12.1	1.48	1.29	0.88
W	14.2	11.2	7.8	12.4	1.39	1.21	0.82
NW	15.1	11.5	8.3	12.8	0.90	0.79	0.54
100-year							
N	16.1	11.9	8.9	13.2	1.06	0.92	0.63
NE	12.3	10.4	6.8	11.6	1.23	1.07	0.73
E	9.9	9.3	5.4	10.3	1.11	0.97	0.66
SE	8.8	8.7	4.8	9.7	0.74	0.64	0.44
S	11.1	9.8	6.1	10.9	1.04	0.91	0.62
SW	15.9	11.8	8.8	13.1	1.61	1.40	0.95
W	16.6	12.0	9.1	13.3	1.51	1.31	0.89
NW	17.6	12.3	9.7	13.7	0.98	0.86	0.58

Notes: Current directions are reported as TOWARDS in ref. [C], their direction has been mirrored here for alignment with wave direction

3.6. Geotechnical Data

Ref. [B] reports an upper layer of very loose to loose sand at all CPT and vibrocore locations. This layer has a varying thickness of 0.20 m to 0.95 m. The underlying layer is medium to very dense sand. For the purpose of pipeline stability on the seabed only the upper layer is relevant. The assumed properties are listed in Table 3-11 and are based on Ref. [1] Table H.1.The surrounding soil after pipe burial will initially consist of unconsolidated sand, and is assumed to have conservative low properties. Typical properties are assumed for the rock dump material used at locations where the pipe is on the surface near crossings and tie-in location.

Table 3-11 Soil geotechnical properties

Soil type	Applicable area	Submerged unit weight [kN/m3]	Angle of internal friction [°]
Loose sand	Pipe on surface	9	30
Unconsolidated sand	Buried pipe	8.5	28
Rock dump	Crossing/tie-in	10	40

4. Pipeline route data

4.1. General

4.2. Coordinate system

The parameters of the geodetic system to be used for the horizontal positions are listed in Table 4-1.

Table 4-1 Geodetic parameters

Item	Value
Datum	European Datum 1950 (ED50)
Projection	ED50 / UTM zone 31
Ellipsoid name	International ellipsoid 1924
Semi major axis	6 378 388 m
Flattening	1/297
Central Meridian	03°00’00” E
Latitude of origin	00°00’00” N
False Northing	0 mN
False Easting	500 000 mE
Scale factor	0.9996

4.3. Key facility coordinates

The coordinates for key facilities are provided in Ref. [J] and included in Table 4-2.

Table 4-2 Key facility coordinates

Facility	Easting [mE]	Northing [mN]	Water depth [mLAT]
L7-17 well	586 496	5 931 303	25
NOGAT L09 Sidetap TP-001 ST KP58	613 570	5 933 732	26
L7-17 Target Box	586 492	5 931 343	25
NOGAT L09 Sidetap Target Box	613 563	5 933 709	24

Notes: coordinate system: UTM 3 Deg. East, Zone 31N, ED50

4.4. Bathymetry

The survey, ref. [F], describes the seabed as gently sloping with some surface features related to a morphing seabed such as (large) ripples. Large ripples have a height less than 1 m and a wavelength of 5 to 15 m. Regular ripples have a height less than 0.1 m and wavelengths less than 5 m.

Figure 4.1 presents the bathymetry along the pipeline route. The water depth varies from 24.2 to 27.6 meters below LAT.

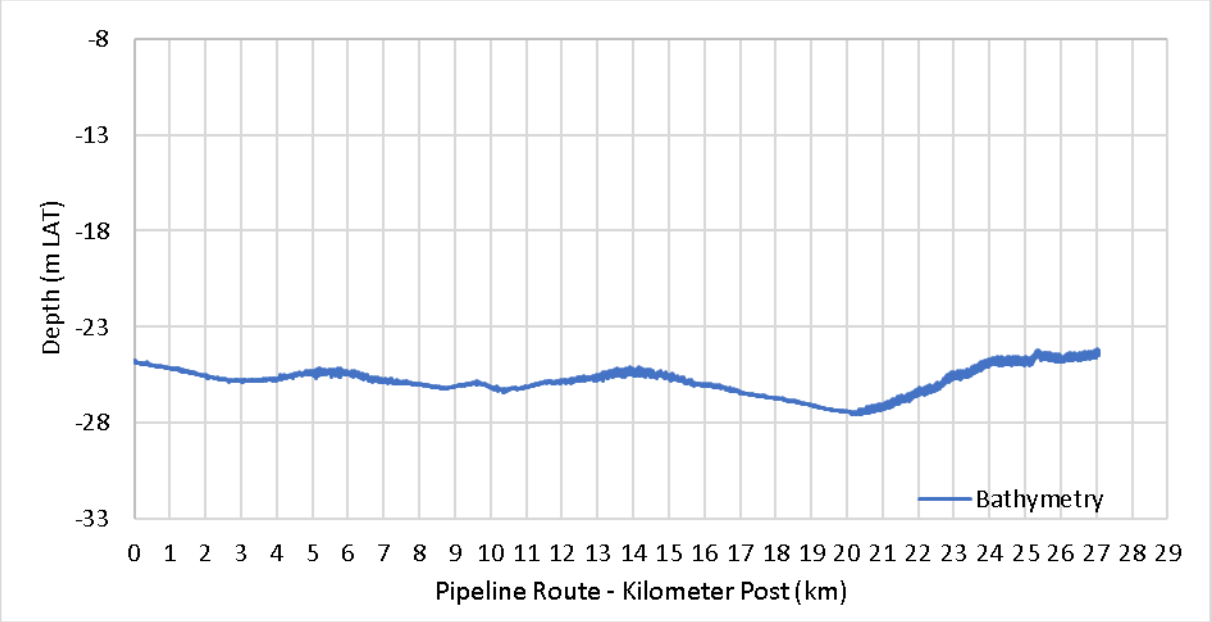


Figure 4.1 Bathymetry along pipeline route

4.5. Side scan sonar contacts & magnetometer Anomalies

19 Contacts are reported in the side scan sonar (SSS), these are listed in Table 4-3. The magnetometer survey reported 234 contacts, which are listed in Appendix A. Several groups of contacts can be correlated to pipelines.

Table 4-3 SSS contacts

Identifier	Description	Easting [m]	Northing [m]	Dimensions (LxWxH) [m]
NRS_SSS_0001	Dome	586495	5931303	1.2x6.7x6.1
NRS_SSS_0002	Boulder	587742	5931439	0.1x0.7x0.5
NRS_SSS_0003	Boulder	590673	5931696	0.1x0.5x0.3
NRS_SSS_0004	Suspected_debris	600529	5932759	0.2x1.2x1.1
NRS_SSS_0005	Suspected_debris	603853	5932908	0.4x1.2x0.8
NRS_SSS_0006	Boulder	605150	5932986	0.2x0.8x0.2
NRS_SSS_0007	Suspected_debris	605635	5932907	0.3x0.5x0.4
NRS_SSS_0010	Suspected_debris	608116	5933198	0.6x2.2x0.8
NRS_SSS_0011	Suspected_debris	609806	5933440	0.5x1x0.8
NRS_SSS_0012	Boulder	609929	5933437	0.2x0.7x0.3
NRS_SSS_0013	SiteTap	613567	5933740	3.4x19.5x8.5
NRS_SSS_0014	Suspected_debris	586487	5931345	0.3x25.2x1.1
NRS_SSS_0015	Suspected_debris	586487	5931296	0.1x25.6x0.9
NRS_SSS_0016	pipeline	613499	5933929	0.1x4.8x0.3
NRS_SSS_0017	pipeline	613547	5933806	1.3x73.5x1.4
NRS_SSS_0018	pipeline	613632	5933786	1x48x2
NRS_SSS_0019	pipeline	613625	5933587	0.5x32.8x1.1

4.6. Cable and Pipeline crossings

Three crossings along the pipeline route are identified in ref. [F]. The objects to be crossed are:

- 16” gas pipeline from L9-P4 to L11-NGT side tap
- 14” gas pipeline from L8-G to L11b-A
- An unidentified cable or pipeline

In the approach of the side tap, a crossing of the NOGAT is also required.

4.7. Approach

Figure 4.2 shows the approximate position of the target box with respect to the platform. It also indicates possible routings of the spool.

The approximate position of the target box with respect to the NOGAT side tap protection dome is presented in Figure 4.3.

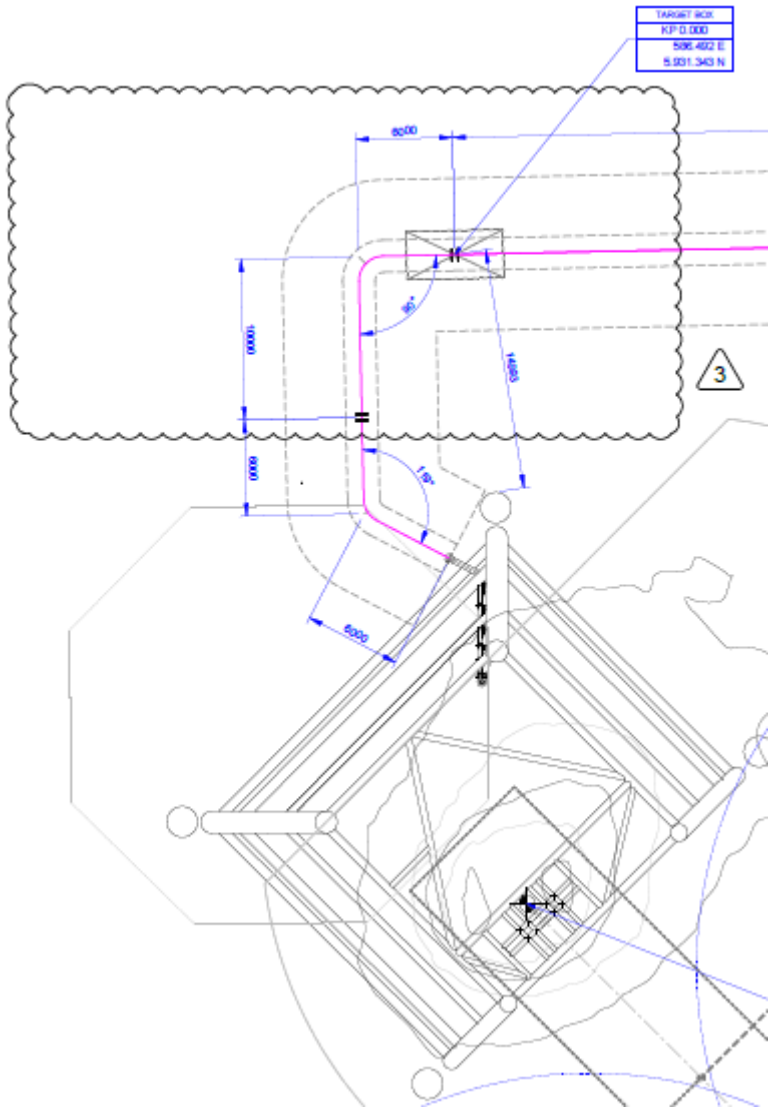


Figure 4.2 Approach at L7-F, from [H]

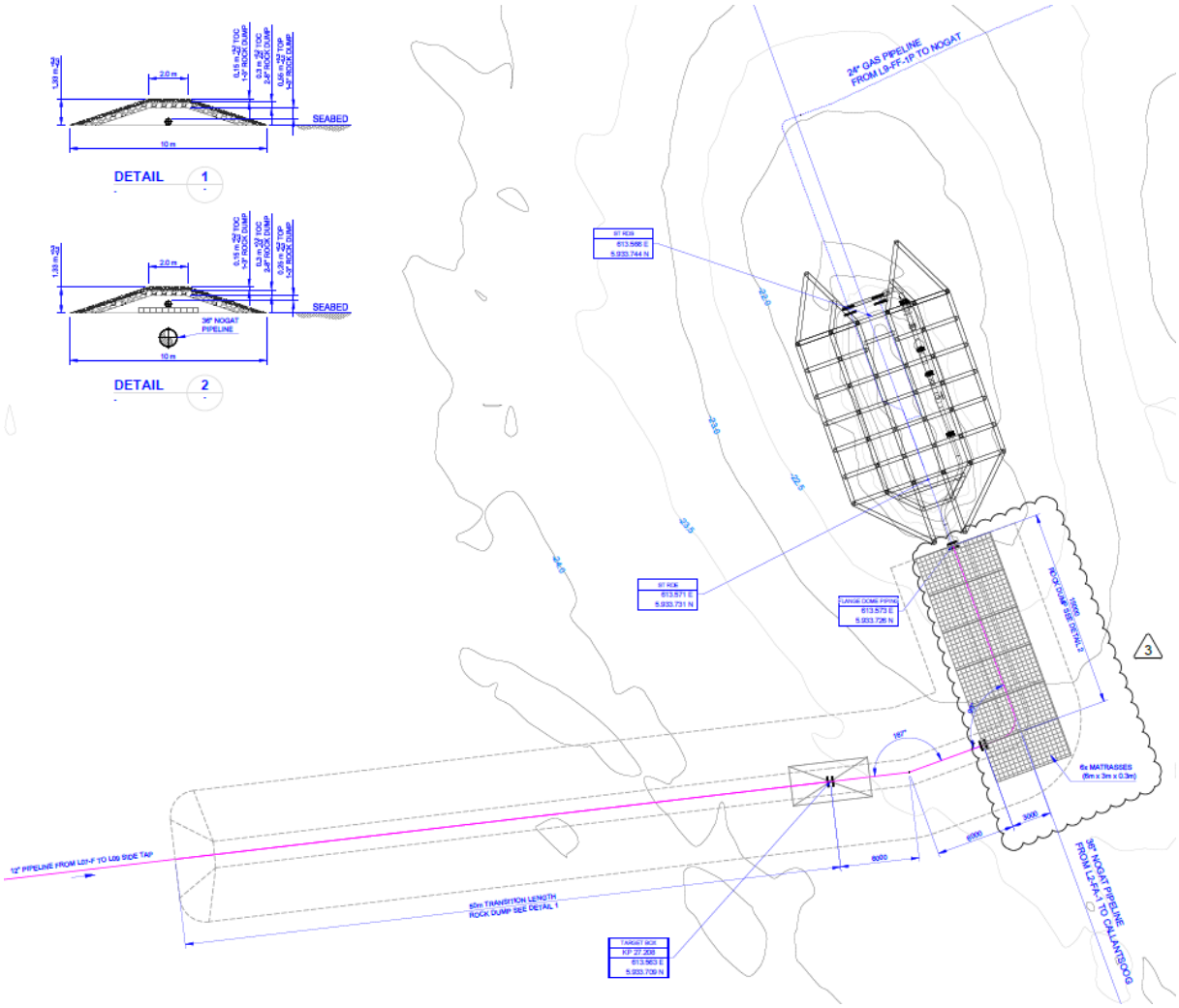


Figure 4.3 Approach at NOGAT sidetap, from [I]

5. Pipeline Analysis

5.1. Pressure Containment

NEN3656 [1] states that for every load combination the design resistance, Rd, must be greater than or equal to loading effect, Sd. This is expressed mathematically as ref. [1] equation 8:

$$R_d \geq S_d \tag{5.1}$$

The design resistance utilizes a reduced allowable stress in the material, based on the material yield stress at the design temperature and a safety factor, as per ref. [1] equation 9:

$$\sigma_{all} = R_{e(\theta)} / \gamma_m \tag{5.2}$$

Where:

σ_{all}	=	Allowable stress [MPa]
$R_{e(\theta)}$	=	Yield strength of the material at design temperature [MPa]
γ_m	=	Material safety factor, 1.1 for steel

Pressure containment is a driving requirement for the minimum wall thickness of the pipeline. NEN3656 specifies a load combination (LC2) with a high load factor on the internal pressure that must be satisfied

The hoop stress as a result of internal pressure can be calculated with ref. [1] equation I.1:

$$\sigma_h = \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot (D_e - d_{min})}{2 \cdot d_{min}} \tag{5.3}$$

Where:

σ_h	=	Hoop stress [MPa]
γ_s	=	Load factor on internal pressure, 1.25 acc. To NEN 3656 Table 3
P_d	=	Design pressure [MPa]
D_e	=	Pipe external diameter [mm]
d_{min}	=	Minimum wall thickness [mm]

This equation can be solved for the minimum wall thickness:

$$d_{min} = \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + \gamma_s \cdot P_d} \tag{5.4}$$

The nominal wall thickness that is selected must be sufficient to exceed this minimum wall thickness while allowing for manufacturing tolerance and corrosion during the pipeline life. This nominal wall thickness is calculated via:

$$d_{nom} \geq \frac{d_{min} + CA}{1 - f_{tol}} \tag{5.5}$$

Where:

d_{nom}	=	Nominal wall thickness [mm]
CA	=	Corrosion allowance [mm]
f_{tol}	=	Fabrication tolerance

In case of bends in the pipeline, a stress adjustment factor is incorporated as per ref. [1] equation J.2 and J.3:

$$f_{bi} = \frac{2 \cdot R - 0.5 \cdot D_e}{2 \cdot R - D_e} \quad (5.6)$$

$$f_{bo} = \frac{2 \cdot R + 0.5 \cdot D_e}{2 \cdot R + D_e} \quad (5.7)$$

Where:

f_{bi} = Stress factor on the inside of the bend
f_{bo} = Stress factor on the outside of the bend
R = Radius of the bend [mm]

This factor is incorporated in the determination of the minimum wall thickness in the bends via:

$$d_{min,bi} = \frac{f_{bi} \cdot \gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + f_{bi} \cdot \gamma_s \cdot P_d} \quad (5.8)$$

$$d_{min,bo} = \frac{f_{bo} \cdot \gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + f_{bo} \cdot \gamma_s \cdot P_d} \quad (5.9)$$

The outside bend material is further affected by the effect of thinning. A thinning factor is determined according to ASME B31.1, ref. [16], Table102.4.5 and incorporated via:

$$d_{nom,bo,thin} \geq \frac{d_{min,bo} + CA}{1 - f_{tol}} \cdot \frac{1}{1 - f_{thin}} \quad (5.10)$$

Where:

f_{thin} = Thinning factor

5.1.1 Results

Table 5-1 presents the results of the wall thickness analysis. The calculations are included in Appendix B. The fabrication tolerance associated with seamless pipe (-12.5 %) has conservatively been used. 2 options for the wall thickness have been analysed, in consideration of installation via reel-lay which has an upper limit on OD/t ratio.

Table 5-1 Wall thickness analysis

Property		
Minimum WT (mm)	7.25	
Minimum WT inside bend (mm)	7.68	
Minimum WT outside bend (mm)	6.91	
Nominal (with corrosion allowance) minimum WT (mm)	10.25	
Nominal (with corrosion allowance) minimum WT inside bend (mm)	10.68	
Nominal (with corrosion allowance) minimum WT outside bend(mm)	9.91	
Selected wall thickness (mm)	12.7	15.9
Hoop stress (MPa) – Nominal minus CA	242.9	180.8
Hoop stress inside bend (MPa) – Nominal minus CA	257.3	191.5
Hoop stress outside bend (MPa) – Nominal minus CA and thinning effect	259.1	191.7
Hoop stress (MPa) – incl. fabrication tolerance	291.9	215.0
Hoop stress inside bend (MPa) – incl. fabrication tolerance	309.2	227.8
Hoop stress outside bend (MPa) – incl. fabrication tolerance	312.9	228.8
Allowable stress at design temperature	327.3	327.3

5.2. Hydrostatic testing

The pipeline shall be pressure tested to verify the pipeline strength and to ensure the system is leak free. The test pressure is determined in accordance with NEN3656 section 10.18.3, with a minimum of:

$$P_{t,min} = C_p \cdot P_d \cdot \frac{R_e}{R_{e(\theta)}} \tag{5.11}$$

Where:

$P_{t,min}$ = Minimum test pressure [MPa]
C_p = Factor based on contents, for natural gas $C_p = 1.30$
R_e = Material yield strength [MPa]

The maximum allowable test pressure is the lower of the failure pressure for the weakest part of the pipeline system or the mill test pressure. These are, respectively, given by:

$$P_{t,max} = \frac{2 \cdot d_{nom} \cdot (1 - f_{tol}) \cdot R_e}{D_e - d_{nom} \cdot (1 - f_{tol})} \tag{5.12}$$

$$P_{t,mill} = 0.9 \cdot \frac{2 \cdot R_e \cdot d_{nom}}{D_e} \tag{5.13}$$

5.2.1 Results

Table 5-2 present the calculated test pressures. The calculations are included in Appendix B.

Table 5-2 Hydrostatic test pressure

Property	12.7 mm wall thickness	15.9 mm wall thickness
Minimum hydrotest pressure (barg)	156	156
Maximum hydrotest pressure (barg)	256	323
Mill test pressure (barg)	254	318

5.3. On-Bottom Stability

The aim of the stability analysis is to verify that the submerged weight of the pipeline ensures lateral stability against environmental loading. The pipeline is buried within 1 year after laying, which means that the stability needs to be tested against 1-year environmental conditions, as per NEN3656 Table I.2.

The environmental loads consist of drag, lift and inertia from wave and currents. These can be calculated per unit length of pipeline with:

$$F_D = \mathrm{C_D} \cdot OD_{tot} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V \cdot |V| \tag{5.14}$$

$$F_L = \mathrm{C_L} \cdot OD_{tot} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \tag{5.15}$$

$$F_I = \mathrm{C_I} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot a \tag{5.16}$$

Where:

F_D = Drag force [N/m]
F_L = Lift force [N/m]
F_I = Inertia force [N/m]
C_D = Drag coefficient
C_L = Lift coefficient
C_I = Inertia coefficient
OD_{tot} = Outer diameter, including coatings [m]
ρ = Water density [kg/m3]
V = Water velocity perpendicular to pipeline axis [m/s]
a = Water acceleration perpendicular to pipeline axis [m/s2]

The coefficients as a function of the pipeline embedment are provided in Table 5-3. Values for 0% embedment are taken from ref. [19], with the reduction as a function of embedment based on ref. [20].

Table 5-3 Pipeline hydrodynamic coefficients, ref. [19][20]

Coefficient	0% embedment	10% embedment	20% embedment
Drag	0.70	0.63	0.53
Lift	0.90	0.90	0.81
Inertial	3.29	2.80	2.30

The velocity of the water particle velocity and acceleration will be determined using the appropriate wave theory for the design wave height, period and water depth. Phase differences between the drag, lift and inertia forces will be considered.

The pipeline is considered stable when:

$$W_s > \mathrm{f_s} \cdot \left(\frac{F_D + F_I}{f_w} + F_L\right) - \frac{F_P}{f_w} \tag{5.17}$$

Where:

W_s = Pipeline submerged weight [N/m]
f_s = Safety factor, 1.1
f_w = Friction factor pipe-soil
F_p = Passive soil resistance [N/m]

The passive soil resistance is determined with:

$$F_p = 0.5 \cdot \rho_{soil} \cdot \varepsilon^2 \cdot K_p \tag{5.18}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \tag{5.19}$$

Where:

ρ_{soil} = Submerged soil density [N/m3]
ε = Embedment of pipeline [m]
K_p = Coefficient of passive soil resistance
ϕ = Angle of internal friction

The friction factor between the pipe and soil is determined with:

$$f_w = \tan(pot \cdot \phi) \tag{5.20}$$

Where:

pot = Potyondy coefficient = 0.80

5.3.1 Results

The stability of the pipeline was determined according to the above methodology for both wall thicknesses in flooded condition with 1-year return period environmental conditions. An embedment after laying of 15 % of the outer diameter is assumed.

The significant wave and current from NW sector were used, which results in maximum wave and current velocity perpendicular to the pipeline axis. A pipeline heading of 85 degrees is assumed, such that the NW sector edge, 337.5 degrees, is 17.5 degrees from perpendicular.

Figure 5.1 shows the pipeline weight required for stability throughout the wave, compared to the weight of the pipeline filled with seawater. Both options are stable through more than 75 % of the wave period. This is considered sufficient, as there is time required before the pipeline moves under the influence of the wave, and the duration of the critical phase is approximately 2 seconds. Furthermore, only a short section of pipeline is subjected to critical loads, where the remainder of the pipeline provides additional resistance not considered in the calculation, through additional weight and bending stiffness.

A summary of results is presented in

Table 5-4. The full calculation is included in Appendix C. In addition to stability, checks are also performed for sinking of the pipeline through liquefied soil during trenching and floating of an empty pipeline.

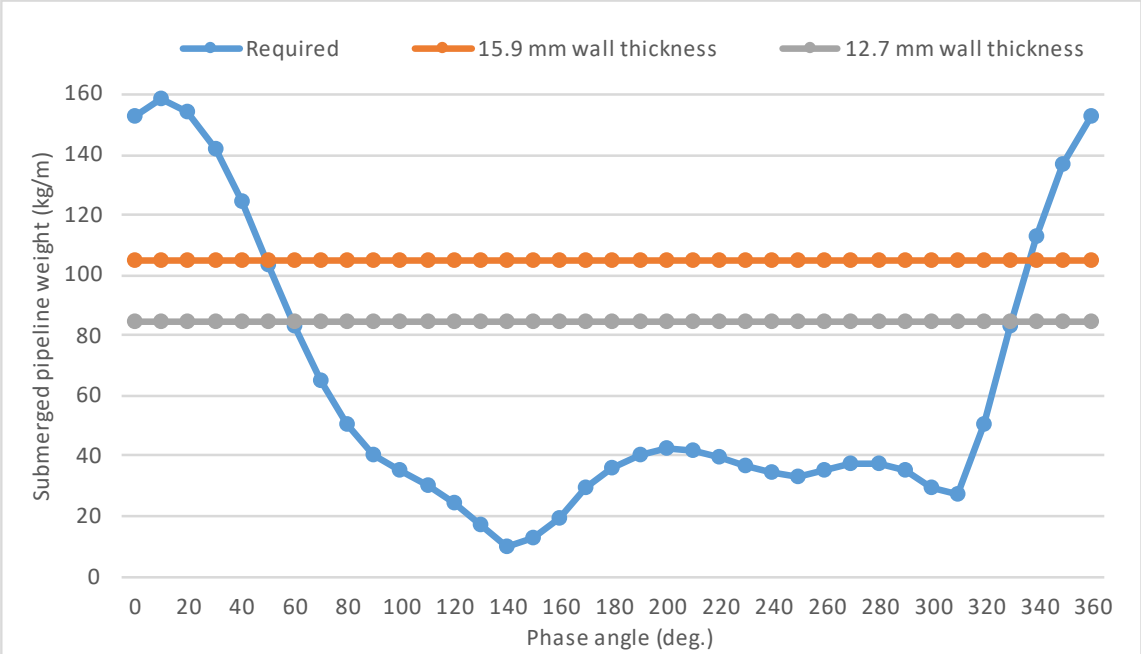


Figure 5.1 Pipeline required weight for stability, through wave period, and available submerged weight

Table 5-4 On-bottom stability analysis - results summary

	12.7 mm wall thickness	15.9 mm wall thickness
Pre-trenching stability		
Pipeline mass in air (kg/m)	100.4	123.7
Pipeline content mass – water (kg/m)	71.7	68.6
Buoyancy (kg/m)	87.6	87.6
Submerged weight (kg/m)	84.5	104.8
Required weight for absolute stability (kg/m)	158.2	158.2
Sinking through liquefied soil		
Pipeline and content mass (kg/m)	172.1	192.3
Buoyancy in liquefied soil (kg/m)	111.1	111.1
Ratio mass/buoyancy	1.35	1.51
Floating of empty exposed pipeline		
Pipeline mass in air (kg/m)	100.4	123.7
Buoyancy (kg/m)	87.6	87.6
Factor of safety against floating	1.15	1.41

5.4. Buckling & Collapse

The term buckling & collapse refers to several failure modes where the cross-section of the pipeline significantly deforms. The failure modes considered in this section are:

- Implosion due to external overpressure
- Collapse due to bending moment
- Collapse due to external pressure and bending moment
- Progressive plastic collapse
- Local buckling of the pipeline cross section
- Bar buckling of the pipeline due to compressive force.

5.4.1 External Overpressure

The collapse pressure, P_c, that leads to implosion of the pipeline is determined in accordance with Section K.3.3.5.1 of NEN3656 with:

$$(P_c - P_e) \cdot \left(P_c^2 - P_p^2\right) = P_c \cdot P_e \cdot P_p \cdot 2 \cdot \delta_0 \cdot \frac{D_g}{d_{nom}} \tag{5.21}$$

$$P_p = 0.85 \cdot \frac{2 \cdot R_e \cdot d_{nom}}{D_g} \tag{5.22}$$

$$P_e = \frac{2 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \left(\frac{d_{nom}}{D_e}\right)^3 \tag{5.23}$$

$$D_g = \frac{1}{2} \cdot \left(D_e + (D_e - 2 \cdot d_{nom})\right) \tag{5.24}$$

$$\delta_0 = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{max} + D_{min}} \tag{5.25}$$

Where:

P_p	=	External pressure for plastic deformation [MPa]
P_c	=	Collapse pressure [MPa]
P_e	=	Critical external pressure for elastic deformation [MPa]
D_g	=	Average pipe diameter [mm]
δ_0	=	Pipe ovalisation
R_e	=	Material yield stress [MPa]
E	=	Young's modulus [MPa]
ν	=	Poisson ratio
D_{max}	=	Largest diameter of ovalized pipe cross-section, $D_{max} = D_e + 0.35 \cdot d_{nom}$, [mm]
D_{min}	=	Smallest diameter of ovalized pipe cross-section, $D_{min} = D_e - 0.35 \cdot d_{nom}$, [mm]

The collapse pressure is calculated according to Section 2.5 of ref. [14] with Equations (5.26) through (5.33).

$$b = -P_e \tag{5.26}$$

$$c = -\left(P_p^2 + P_p \cdot P_e \cdot 2 \cdot \delta_0 \cdot D_e / d_{nom}\right) \tag{5.27}$$

$$d = P_e \cdot P_p^2 \tag{5.28}$$

$$u = \tfrac{1}{3}\left(-\tfrac{1}{2} \cdot b^2 + c\right) \tag{5.29}$$

$$v = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2}{27} \cdot b^3 - \frac{1}{3} \cdot b \cdot c + d\right) \quad (5.30)$$

$$\phi = \operatorname{acos}\left(\frac{-v}{\sqrt{(-u)^3}}\right) \quad (5.31)$$

$$y = -2 \cdot \sqrt{-u} \cdot \cos\left(\frac{\phi}{3} + \frac{\pi}{3}\right) \quad (5.32)$$

$$P_c = y - \frac{1}{3} \cdot b \quad (5.33)$$

The actual external pressure as result of soil pressure and the water column above the pipeline is calculated with:

$$P_L = SC_{pres} + WC_{pres} \quad (5.34)$$

$$WC_{pres} = \left(WD_{max} + 0.5 \cdot H_{max,100} + HAT\right)/100 \quad (5.35)$$

$$SC_{pres} = d_b \cdot \gamma'/1000 \quad (5.36)$$

Where:

P_L	=	Actual external pressure [MPa]
WC_{pres}	=	Pressure of water column [MPa]
WD_{max}	=	Maximum water depth along trajectory [m]
$H_{max,100}$	=	Maximum wave height with a 100-year return period [m]
HAT	=	Highest Astronomical Tide (above LAT) [m]
/100	=	Factor incorporating gravitational acceleration, sea water density and unit conversion to MPa
SC_{pres}	=	Pressure from soil cover [MPa]
d_b	=	Burial depth [m]
γ'	=	Submerged soil weight [kN/m3]

The following inequality between the actual external pressure and the pipeline collapse pressure must be satisfied, as per ref. [1] equation K.17:

$$\gamma_{g,p} \cdot \mathrm{P_L} \leq \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}} \quad (5.37)$$

Where:

$\gamma_{g,p}$	=	Load factor = 1.05
γ_M	=	Model factor = 0.93
$\gamma_{m,p}$	=	Material factor = 1.45

5.4.2 Bending Moment

The limit bending moment that will result in buckling of the pipeline is determined in accordance with NEN 3656 Section K.3.3.5.2 with:

$$M_C = D_e^2 \cdot d_{nom} \cdot R_e \quad (5.38)$$

$$\gamma_{g,p} \cdot \mathrm{M_L} \leq \frac{\gamma_M \cdot M_c}{\gamma_{m,M}} \quad (5.39)$$

Where:

M_c	=	Collapse bending moment [Nm]
M_L	=	Limit bending moment [Nm]

$\gamma_{g,M}$ = Load factor = 1.1
γ_M = Model factor = 1.0
$\gamma_{m,M}$ = Material factor = 1.3

5.4.3 External Pressure and Bending Moment

When external pressure exists in combination with a bending moment, the checks as described above shall be supplemented with the checks of section K.3.3.5.3 of NEN3656. This sets the requirement of:

$$\frac{\gamma_{g,p} \cdot P_L}{P_c \,/\, \gamma_{m,p}} + \left(\frac{\gamma_{g,m} \cdot M_L}{M_c \,/\, \gamma_{m,M}}\right)^{\mathrm{n}} \leq \gamma_{\mathrm{M}} \qquad (5.40)$$

$$n = 1 + 300\,\frac{t_{nom}}{D_e} \qquad (5.41)$$

Where:

$\gamma_{g,p}$ = Load factor for pressure = 1.05
$\gamma_{g,M}$ = Load factor for bending moment = 1.55
$\gamma_{m,p}$ = Material factor for pressure = 1.25
$\gamma_{m,M}$ = Material factor for bending moment = 1.15
γ_M = Model factor = 0.93

5.4.4 Progressive Plastic Collapse

Progressive plastic deformation with each load cycle may lead to excessive deformation of failure if the following relation is not satisfied (NEN 3656 Section K.3.3.6):

$$\varepsilon_{max} = \alpha \cdot \Delta T \;\leq \left[\frac{R_{e(\theta)}}{E}\sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_h}{R_{e(\theta)}}\right)^2} + \frac{R_e}{E}\sqrt{0.9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_h}{R_e}\right)^2}\right] \qquad (5.42)$$

Where:

α = Coefficient of linear thermal expansion [m/m/°C]
ΔT = Temperature differential design-installation [°C]

5.4.5 Local Buckling

Local buckling of the pipeline is not a concern if $D_e \,/\, d_{nom} < 55$, according to NEN3656 Section K.3.3.3 Note 2.

5.4.6 Bar Buckling

The pipeline will be susceptible to bar buckling if there is no lateral constraint, such as in a free span. Bar buckling may occur due to an effective axial compressive for in the pipeline. The compressive force in an axially restrained pipeline is based on the longitudinal stress, according to:

$$N = A \cdot (\nu \cdot \sigma_h - \gamma_t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T) \qquad (5.43)$$

Where:

A = Pipeline steel cross-sectional area [mm2]
γ_t = Load factor on temperature effects = 1.1

The associated buckling length is based on the Euler buckling load definition. Bar buckling is avoided if the axial force is tensile (N>0) or the span length fulfils the requirement:

$$L \leq \sqrt{4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{|N|^2}} \qquad (5.44)$$

Where:

L = Allowable span length [mm]
I = Moment of inertia of the cross section [mm4]

5.4.7 Results

Table 5-5 and Table 5-6 summarize the results of the buckling & collapse analysis for the 12.7 mm and 15.9 mm wall thickness options respectively. Detailed calculations can be found in Appendix D.

Table 5-5 Buckling & Collapse analysis - result summary - 12.7 mm wall thickness

Property	Install (flooded)	Hydrotest	Operation
Material	L360		
Temperature	15	15	50
Yield stress at design temperature (MPa)	360	360	360
Pressure (barg)	2	160	120
Content density (kg/m3)	1025	1025	78
Storm surge (m)	-1.02	-1.02	-1.32
Maximum wave height (m)	12.4	12.4	17.6
Associated wave period (s)	10.4	10.4	12.3
Current velocity at 1m above sea bed (m/s)	0.50	0.50	0.58
Collapse – external pressure only			
Actual external pressure (MPa)	0.37	0.37	0.38
Allowable external pressure (MPa)	13.4	13.4	13.4
Check	OK	OK	OK
Collapse – bending moment only			
Maximum allowable bending moment (kNm)	318.6	318.6	318.6
Collapse – external pressure & bending moment			
Maximum allowable bending moment (kNm)	253.5	253.5	253.5
Maximum span length (m)	40.3	40.3	29.0
Progressive plastic collapse			
Actual strain (-)	0.0001	0.0001	0.0005
Allowable strain (-)	0.0033	0.0021	0.0027
Check	OK	OK	OK
Local buckling			
OD/t ratio	24.9	24.9	24.9
Allowable ratio	55	55	55
Check	OK	OK	OK
Bar buckling			
Maximum span length (m)	59.8	No compressive force	48.5

Table 5-6 Buckling & Collapse analysis - result summary – 15.9 mm wall thickness

Property	Install (flooded)	Hydrotest	Operation
Material	L360		
Temperature	15	15	50
Yield stress at design temperature (MPa)	360	360	360
Pressure (barg)	2	160	120
Content density (kg/m3)	1025	1025	78
Storm surge (m)	-1.02	-1.02	-1.32
Maximum wave height (m)	12.4	12.4	17.6
Associated wave period (s)	10.4	10.4	12.3
Current velocity at 1m above sea bed (m/s)	0.50	0.50	0.58
Collapse – external pressure only			
Actual external pressure (MPa)	0.37	0.37	0.38
Allowable external pressure (MPa)	18.7	18.7	18.7
Check	OK	OK	OK
Collapse – bending moment only			
Maximum allowable bending moment (kNm)	391.9	391.9	391.9
Collapse – external pressure & bending moment			
Maximum allowable bending moment (kNm)	312.5	312.5	312.5
Maximum span length (m)	42.9	42.9	34.6
Progressive plastic collapse			
Actual strain (-)	0.0001	0.0001	0.0005
Allowable strain (-)	0.0033	0.0028	0.0030
Check	OK	OK	OK
Local buckling			
OD/t ratio	19.7	19.7	19.7
Allowable ratio	55	55	55
Check	OK	OK	OK
Bar buckling			
Maximum span length (m)	58.8	No compressive force	39.3

5.5. Free Span Analysis

Spanning of a pipeline on the seabed causes forces and stresses in the pipeline. The criterion for accepting a pipeline configuration is that the pipeline should not be subjected to over-stressing, nor to excessive dynamic loading because of resonant oscillations of the pipe caused by the vortex shedding phenomenon during installation, testing, and throughout its operating life.

The pipeline span assessment includes the following items:

- Static span analysis
- Dynamic span analysis

The static analysis concerns the determination of the pipe stresses under functional loads and static environmental loads for a given span length.

The dynamic span analysis is based on criteria for prevention of vortex induced vibrations (VIV) as outlined in NEN 3656 considering both current and wave induced velocities.

Operational limits of the trenching equipment limits the span gap, the distance between the pipeline and the seabed.

Although the pipeline will be buried below the seabed prior to its operation, the pipeline must be checked for spans occurring in the period between installation and burial.

5.5.1 Static Span Analysis

The allowable span shall be determined for the conditions corresponding to installation, hydrotest and operation. The maximum span occurs when the value of equivalent stress, the combination of hoop and longitudinal stress, equals the allowable stress. A safety margin is ensured by application of a load factor on the pipeline weight and hydrodynamic loads.

The distributed load on the pipeline is given by:

$$q = \sqrt{\gamma_W^2 \cdot W_S^2 + \gamma_H^2 \cdot (F_D + F_I)^2} \tag{5.45}$$

Where:

q = Distributed load [N/m]
γ_W = Load factor on weight = 1.1
W_S = Pipeline submerged weight [N/m]
γ_H = Load factor on hydrodynamic loads = 1.1 (installation), 1.2 (hydrotest & operation)

The bending moment in the span depends on the end fixity. This is assumed to be between fixed-fixed and fixed-pinned, resulting in a maximum bending moment calculated with:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{10} \tag{5.46}$$

Where:

L = Span length [m]

The allowable stress is given by

$$\sigma_{all} = \begin{cases} \frac{R_e}{\gamma_m}, & \text{Installation} \\ 0.85 \cdot \frac{R_e + R_{e(\theta)}}{\gamma_m}, & \text{Hydrotest and Operation} \end{cases} \tag{5.47}$$

Where:

γ_m = Material load factor = 1.1

The allowable longitudinal stress as a result of bending moment is given by:

$$\sigma_{all,l} = \frac{1}{2} \cdot \left(\sigma_h \pm \sqrt{-3 \cdot \sigma_h + 4 \cdot \sigma_{all}}\right) \tag{5.48}$$

The allowable bending moment is given by:

$$M_{all} = I \cdot \sigma_{all,l} \cdot \frac{2}{D_e} \tag{5.49}$$

The above can then be combined to determine the allowable span with the relationship:

$$L_{all} = \sqrt{\frac{20 \cdot \sigma_{all,l} \cdot I}{D_e \cdot q}} \quad (5.50)$$

The maximum span shall be determined for four load cases with varying applied environmental conditions, as presented in Table 5-7

Table 5-7 Load cases for span assessment

Condition	Wave return period (Hmax)	Current return period
Installation	1-year	1-year
Hydrotest	1-year	1-year
Operation-1	100-year	10-year
Operation-2	10-year	100-year

5.5.2 Static Span – Results

Table 5-8 through Table 5-15 show the resulting maximum allowable static span during installation, hydrotest and operational phase for both wall thickness options. The calculations are included in Appendix E.

Table 5-8 Maximum static span - flooded installation - 12.7 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	5.6	5.6	5.6	5.6
Max. longitudinal stress (MPa)	330.0	-324.5	330.0	-324.5
Longitudinal hoop stress (MPa)	1.6	1.6	1.7	1.7
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-26.8	-26.8
Max. allowable bending stress (MPa)	327.3	-326.1	327.3	-299.3
Max. allowable span (m)	45.4	45.3	45.4	43.4

Table 5-9 Maximum static span - hydrotest - 12.7 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	352.4	352.4	352.4	352.4
Max. longitudinal stress (MPa)	641.4	-288.9	641.4	-288.9
Longitudinal hoop stress (MPa)	99.2	99.2	105.7	105.7
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-29.5	-29.5
Max. allowable bending stress (MPa)	542.2	-388.1	556.4	-365.2
Max. allowable span (m)	56.8	48.1	57.6	46.6

Table 5-10 Maximum static span – operation LC1 - 12.7 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	262.9	262.9	262.9	262.9
Max. longitudinal stress (MPa)	639.1	-376.2	639.1	-376.2
Longitudinal hoop stress (MPa)	74.4	74.4	78.9	78.9
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-123.3	-123.3
Max. allowable bending stress (MPa)	556.4	-450.5	556.4	-331.8
Max. allowable span (m)	41.7	37.5	41.7	32.2

Table 5-11 Maximum static span – operation LC2 - 12.7 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	262.9	262.9	262.9	262.9
Max. longitudinal stress (MPa)	639.1	-376.2	639.1	-376.2
Longitudinal hoop stress (MPa)	74.4	74.4	78.9	78.9
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-123.3	-123.3
Max. allowable bending stress (MPa)	556.4	-450.5	556.4	-331.8
Max. allowable span (m)	49.4	44.5	49.4	38.2

Table 5-12 Maximum static span - flooded installation – 15.9 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	4.1	4.1	4.1	4.1
Max. longitudinal stress (MPa)	329.3	-325.2	329.3	-325.2
Longitudinal hoop stress (MPa)	1.2	1.2	1.2	1.2
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-26.8	-26.8
Max. allowable bending stress (MPa)	327.3	-326.4	327.3	-299.6
Max. allowable span (m)	47.7	47.7	47.7	45.7

Table 5-13 Maximum static span - hydrotest – 15.9 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	259.7	259.7	259.7	259.7
Max. longitudinal stress (MPa)	638.7	-379.0	638.7	-379.0
Longitudinal hoop stress (MPa)	76.6	76.6	77.9	77.9
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-29.5	-29.5
Max. allowable bending stress (MPa)	556.4	-455.7	556.4	-427.5
Max. allowable span (m)	60.8	55.0	60.8	53.3

Table 5-14 Maximum static span – operation LC1 – 15.9 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	193.7	193.7	193.7	193.7
Max. longitudinal stress (MPa)	627.3	-433.6	627.3	-433.6
Longitudinal hoop stress (MPa)	57.5	57.5	58.1	58.1
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-123.3	-123.3
Max. allowable bending stress (MPa)	556.4	-491.1	556.4	-368.5
Max. allowable span (m)	49.4	46.4	49.4	40.2

Table 5-15 Maximum static span – operation LC2 – 15.9 mm wall thickness

Property	Unrestrained pipe		Restrained pipe	
	Tension	Compression	Tension	Compression
Hoop stress (MPa)	193.7	193.7	193.7	193.7
Max. longitudinal stress (MPa)	627.3	-433.6	627.3	-433.6
Longitudinal hoop stress (MPa)	57.5	57.5	58.1	58.1
Thermal expansion stress (MPa)	N/A	N/A	-123.3	-123.3
Max. allowable bending stress (MPa)	556.4	-491.1	556.4	-368.5
Max. allowable span (m)	54.0	50.8	54.0	44.0

5.5.3 Dynamic Span Analysis

Flow of water particles, due to currents or waves, perpendicular to a spanning pipeline or riser can lead to vortices being shed. If the frequency of vortex shedding is matches the natural frequency of the spanned section of pipeline or riser, this results in Vortex Induced Vibrations (VIV). This may lead to significant fatigue damage to the pipeline or riser.

The oscillation of the pipeline can occur in two directions:

- In line with the flow (parallel to the flow direction of the water particles)
- In cross flow direction (perpendicular to the flow direction of the water particles)

The maximum allowable span is set by the criterium of avoiding VIV.

The onset of VIV can be determined with the use of the dimensionless parameters, the reduced velocity and stability parameter, as per NEN 3656 I.5.2.5.2.

$$V_r = \frac{V_s}{f_n \cdot D_e} \tag{5.51}$$

$$\mathrm{K_s} = \frac{2 \cdot m_e \cdot \delta}{\rho_{sw} \cdot OD_{tot}^2} \tag{5.52}$$

$$f_n = \frac{a}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_e \cdot L^4}} \tag{5.53}$$

$$m_e = m_{pl} + m_{added} = m_{pl} + \frac{\pi}{4} \cdot C_m \cdot \rho_{sw} \cdot OD_{tot}^2 \tag{5.54}$$

Where:

V_r	=	Reduced velocity [-]
f_n	=	(First) natural frequency
V_s	=	Water particle velocity [m/s]
$\mathrm{K_s}$	=	Stability parameter [-]
m_e	=	Pipeline mass, including added mass, per unit length [kg/m]
δ	=	Logarithmic decrement $= \zeta \cdot 2 \cdot \pi = 0.126$, with damping factor $\zeta = 0.02$ in water
ρ_{sw}	=	Sea water density =1025 [kg/m3]
C_m	=	Added mass coefficient = 1.2
a	=	Frequency factor, assume 15.4 for fixed-pinned boundary conditions

5.5.3.1 In-line VIV

According to NEN3656, in-line oscillations may occur when the stability parameter $K_s < 1.8$ and the reduced velocity is in the range $1.0 \leq V_r \leq 3.5$.

The vortex structure related to in-line VIV occur in a relatively steady-state environment. While the water velocity due to current is constant on the vibration timescale, the velocity due to waves varies from a maximum at $t = 0$ to zero at $t = T_{wave} \,/\, 4$, approximately 2 seconds. Furthermore, the system does not respond instantaneously to the applied forcing. As such, it is too conservative to include the maximum wave component, while it is too optimistic to ignore the wave component. For this reason, DNV-RP-F105, ref. [4], formulates the current velocity ratio as:

$$\alpha = \frac{V_c}{V_c + V_w} \tag{5.55}$$

Where:

α	=	Current velocity ratio
V_c	=	Current velocity [m/s]
V_w	=	Wave velocity [m/s]

The in-line VIV is considered negligible if $\alpha < 0.5 \rightarrow V_s > 2 \cdot V_c$ according to ref. [4]. This is considered as equivalent as the statement in NEN3656 that "the resonance range shall be avoided". In consideration of the above, the wave component shall be limited to the current component if $\alpha < 0.5$, i.e. $V_w = V_c \rightarrow V_s = 2 \cdot V_c$. Table 5-16 presents the velocity of current and wave in the 1-year condition and the resulting current velocity ratio, which is below 0.5 for all directions. The maximum current component perpendicular to the pipeline occurs from the SW sector, hence this is used for evaluation of in-line VIV. For cross-flow VIV, the NW sector data is used as this is where the combination of wave and current is the highest.

Table 5-16 Current velocity ratio 1-year

Direction FROM	Omni	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Angle with pipeline [deg]	90	90	62.5	27.5	72.5	90	62.5	27.5	72.5
Current at 1 m above seabed [m/s] (1-yr)	0.81	0.53	0.62	0.56	0.37	0.53	0.81	0.76	0.50
Current perp. to PL at PL elevation [m/s] (1-yr)	0.60	0.40	0.41	0.19	0.26	0.40	0.54	0.26	0.36
Wave velocity [m/s] (1-yr Hs)	1.64	1.43	0.97	0.65	0.54	0.80	1.43	1.50	1.64
Wave velocity perp. to PL [m/s] (1-yr Hs)	1.64	1.43	0.87	0.30	0.52	0.81	1.27	0.69	1.57
Current velocity ratio	0.27	0.22	0.32	0.39	0.34	0.33	0.30	0.27	0.19
Wave+current perpendicular to PL [m/s]	2.25	1.83	1.28	0.50	0.78	1.20	1.81	0.95	1.92

5.5.3.2 Results

As in-line VIV is governed by the current velocity perpendicular to the pipeline, instead of a combination of wave and current resulting in maximum water velocity which is relevant for most analyses, the current FROM the South-West sector is used. This sector has the maximum current velocity component perpendicular to the pipeline. The superimposed wave particle velocity is limited in magnitude to the current velocity. Table 5-17 presents a summary of the results. The full calculation is included in Appendix E.

Table 5-17 Allowable span for in-line vibration

	Installation	Hydrotest	Operation – LC1	Operation – LC2
Current velocity perpendicular to PL (m/s)	0.54	0.54	0.58	0.63
Total velocity (m/s)	1.08	1.08	1.16	1.26
Outer diameter (mm)	329.8	329.8	329.8	329.8
Reduced velocity limit	1.00	1.00	1.00	1.00
Vibration frequency (Hz)	3.27	3.27	3.52	3.82
12.7 mm wall thickness - span length (m)	15.9	15.9	16.4	15.8
15.9 mm wall thickness - span length (m)	16.4	16.4	16.8	16.1

5.5.3.3 Cross-flow VIV

The occurrence of cross-flow oscillations depends on the magnitude of the Reynolds number, Re, and the reduced velocity as given in Figure 5.2.

$$Re = \frac{V_c \cdot OD_{tot}}{\nu} \qquad (5.56)$$

Where:

Re = Reynolds number
ν = Kinematic viscosity of water 1.307 x 10-6 [m2/s]

The minimum reduced velocity where cross-flow oscillation may occur is given by:

$$V_r = \begin{cases} 5, & Re < 8 \cdot 10^4 \\ -0.71 \log Re + 8.48, & 8 \cdot 10^4 < Re < 12 \cdot 10^6 \\ 3.85, & Re > 12 \cdot 10^6 \end{cases} \quad (5.57)$$

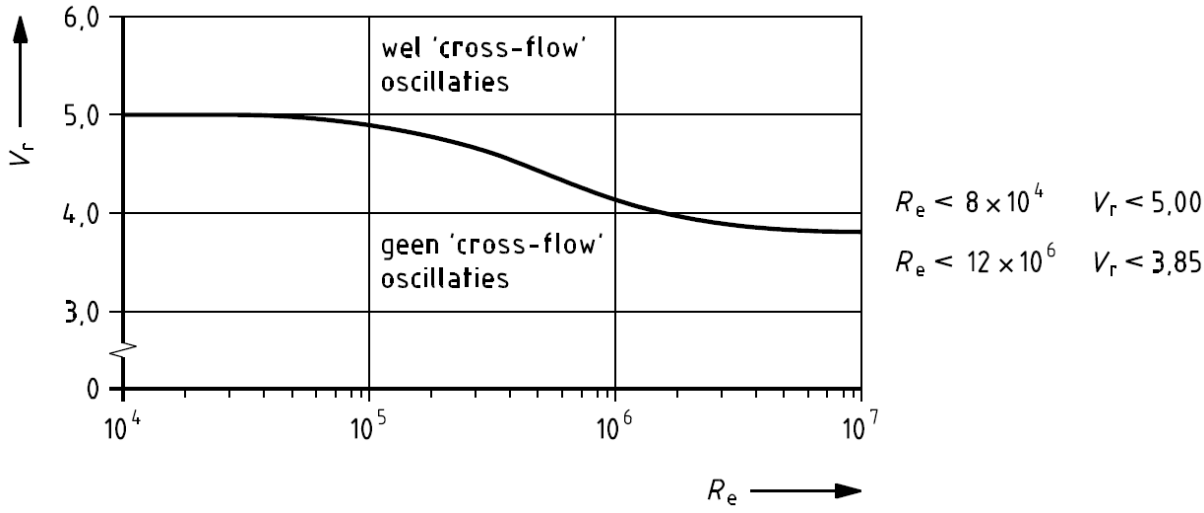


Figure 5.2 Reduced velocity for cross-flow oscillations as function of Reynolds number

5.5.3.4 Results

Table 5-18 presents a summary of the results for cross-flow vibrations. The calculation is included in Appendix E.

Table 5-18 Allowable span for cross-flow vibration

	Installation	Hydrotest	Operation – LC1	Operation – LC2
Current velocity perpendicular to PL (m/s)	0.36	0.36	0.38	0.41
Wave induced velocity perpendicular to PL (m/s)	1.57	1.57	2.55	2.07
Total velocity (m/s)	1.92	1.92	2.93	2.48
Outer diameter (mm)	329.8	329.8	329.8	329.8
Reduced velocity limit	4.44	4.44	4.31	4.36
Vibration frequency (Hz)	1.31	1.31	2.06	1.73
12.7 mm wall thickness - span length (m)	25.1	25.1	21.4	23.4
15.9 mm wall thickness - span length (m)	25.9	25.9	21.9	24.0

5.6. Upheaval Buckling Analysis (Analytical)

A pipeline under compressive loads may buckle if the restraint from the seabed is insufficient. As the least resistance is provided by the soil on top of the pipeline, the pipeline buckles upwards resulting in the phenomenon known as upheaval buckling.

Whether upheaval buckling depends on the following factors:

- Pipeline diameter and wall thickness
- Operational temperature and pressure
- Imperfections in pipeline profile
- Soil density and cover height

The susceptibility of the pipeline can be determined analytically according to ref. [12]. The procedure shall be outlined in this section.

Dimensionless parameters for the imperfection length and downward load are given by:

$$\Phi_L = L \cdot \sqrt{\frac{N_e}{EI}} \tag{5.58}$$

$$\Phi_w = \frac{w \cdot EI}{\Delta_{calc} \cdot N_e^2} \tag{5.59}$$

Where:

Φ_L	=	Dimensionless imperfection length parameter
Φ_w	=	Dimensionless downward load parameter
L	=	Imperfection length [m]
$\mathrm{N_e}$	=	Effective axial force [N]
EI	=	Pipeline bending stiffness [Nm2]
w	=	Required downward load [N/m]
Δ_{calc}	=	Imperfection height [m]

The required downward load can be expressed as a function of the dimensionless imperfection length parameter according to:

$$\Phi_w = \begin{cases} 0.0646, & \Phi_L < 4.49 \\ \frac{5.68}{\Phi_L^2} - \frac{88.35}{\Phi_L^4}, & 4.49 \le \Phi_L \le 8.06 \\ \frac{9.6}{\Phi_L^2} - \frac{343}{\Phi_L^4}, & \Phi_L > 8.06 \end{cases} \tag{5.60}$$

In cohesionless soils the uplift resistance due to the cover of the pipe can be calculated with:

$$q = \gamma' \cdot H \cdot OD_{tot} \cdot \left(1 + f \cdot \frac{H}{OD_{tot}}\right) \tag{5.61}$$

Where:

q	=	Downward force on pipeline [N/m]
H	=	Depth of cover, from pipe centreline [m]
f	=	Uplift coefficient, =0.1 for loose material, =0.5 for dense material

In order to prevent upheaval buckling, the actual downward force must exceed the required force for a given imperfection height and length.

This simplified analytical method is conservative in that it does not model a number of mitigating factors, such as:

- The finite axial stiffness of the pipeline which determines how rapidly the axial force diminishes as the pipeline moves upwards
- The pipeline resistance to axial movement through the soil determines how far the pipeline can slide towards a developing buckle.

Both the above factors may cause progressive upheaval buckling, as predicted by the model, not to occur.

Further the sinusoidal imperfection profile assumed in the model is envisaged to yield conservative download requirements.

The results will be presented as a minimum imperfection length required to safely accommodate an imperfection of a certain height for a given cover depth.

5.6.1 Results

Table 5-19 and Table 5-20 report the minimum imperfection length required to safely accommodate an imperfection, for 12.7 mm and 15.9 mm wall thickness respectively. This length is a function of the imperfection height and the local on top of the pipe. Conditions that are always safe are marked as 'x'. An excerpt of the calculations is included in Appendix F.

Table 5-19 Out of straightness table – 12.7 mm wall thickness

Minimum required imperfection length (m)		**Cover height ToP (m)**													
		1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
soil+pipeline weight (N/m)		6472	5944	5433	4939	4461	4000	3556	3128	2717	2323	1946	1585	1241	913
Imperfection height (m)	0,05	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	33.7
	0,2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	33.2	50.3
	0,25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	26.0	32.6	46.9	58.9
	0,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	26.3	32.0	44.1	54.1	66.2
	0,35	x	x	x	x	x	x	x	x	26.1	31.4	41.5	50.6	60.1	72.5
	0,4	x	x	x	x	x	x	x	25.5	30.7	37.8	47.7	55.8	65.4	78.4
	0,45	x	x	x	x	x	x	24.3	30.1	33.9	45.2	52.4	60.4	70.2	83.8
	0,5	x	x	x	x	x	x	29.4	33.0	42.7	49.6	56.5	64.5	74.7	88.8
	0,55	x	x	x	x	x	28.7	32.1	40.0	47.1	53.3	60.2	68.4	78.9	93.6
	0,6	x	x	x	x	28.0	31.3	34.9	44.7	50.6	56.7	63.6	72.0	82.9	98.1
	0,65	x	x	x	27.1	30.4	33.4	42.4	48.2	53.7	59.8	66.8	75.5	86.7	>100
	0,7	x	x	26.2	29.6	32.5	39.6	45.9	51.1	56.6	62.7	69.9	78.7	90.3	>100
	0,75	x	x	28.8	31.6	34.7	43.7	48.8	53.8	59.3	65.4	72.8	81.9	93.7	>100
	0,8	x	28.0	30.7	33.3	41.3	46.6	51.3	56.3	61.8	68.1	75.6	84.9	97.1	>100
	0,85	27.0	29.9	32.4	37.5	44.4	49.1	53.7	58.6	64.2	70.6	78.2	87.8	>100	>100
	0,9	29.0	31.5	33.9	42.2	46.9	51.3	55.9	60.9	66.5	73.0	80.8	90.6	>100	>100
	0,95	30.7	33.0	39.5	44.9	49.2	53.4	58.0	63.0	68.7	75.3	83.3	93.3	>100	>100
	1	32.1	34.7	42.7	47.1	51.2	55.4	60.0	65.1	70.8	77.6	85.7	96.0	>100	>100

Table 5-20 Out of straightness table – 15.9 mm wall thickness

Minimum required imperfection length (m)		Cover height ToP (m)													
		1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
soil+pipeline weight (N/m)		6700	6172	5662	5167	4690	4229	3784	3357	2946	2552	2174	1813	1469	1142
Imperfection height (m)	0,05	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	31.9
	0,2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	24.9	32.9	47.6
	0,25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	27.7	33.2	46.3	56.5
	0,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	28.5	33.3	45.0	53.8	63.7
	0,35	x	x	x	x	x	x	x	x	28.9	33.1	43.7	51.5	59.8	70.0
	0,4	x	x	x	x	x	x	x	29.0	32.8	42.2	49.6	56.8	65.1	75.8
	0,45	x	x	x	x	x	x	28.9	32.5	40.5	47.9	54.3	61.4	70.0	81.0
	0,5	x	x	x	x	x	28.7	32.1	35.8	46.2	52.1	58.4	65.7	74.5	86.0
	0,55	x	x	x	x	28.5	31.6	34.9	44.6	50.2	55.9	62.2	69.6	78.7	90.7
	0,6	x	x	x	28.1	31.2	34.0	42.9	48.4	53.7	59.3	65.7	73.3	82.7	95.1
	0,65	x	x	27.7	30.7	33.4	41.0	46.7	51.7	56.8	62.5	69.0	76.8	86.5	99.3
	0,7	x	27.1	30.2	32.8	38.1	45.0	49.8	54.6	59.7	65.4	72.1	80.1	90.1	>100
	0,75	26.5	29.6	32.1	34.9	43.3	48.1	52.6	57.3	62.4	68.3	75.1	83.3	93.6	>100
	0,8	29.1	31.5	33.9	41.5	46.4	50.7	55.1	59.8	65.0	71.0	77.9	86.3	96.9	>100
	0,85	30.9	33.2	38.8	44.7	49.0	53.2	57.5	62.2	67.5	73.6	80.7	89.3	>100	>100
	0,9	32.5	35.0	43.0	47.3	51.3	55.4	59.7	64.5	69.9	76.0	83.3	92.1	>100	>100
	0,95	34.0	41.1	45.7	49.6	53.5	57.5	61.9	66.7	72.2	78.4	85.9	94.9	>100	>100
	1	38.1	44.0	47.9	51.7	55.5	59.5	63.9	68.8	74.4	80.8	88.4	97.6	>100	>100

5.7. Bottom Roughness Analysis

In order to determine whether free spans occur after pipeline installation, a bottom roughness analysis is required. This is performed by means of a finite element model which incorporated the surveyed seabed profile, the interaction between pipe and seabed, and the structural behaviour of the pipeline.

The pipeline will be modelled by means of a pipe elements in ANSYS, an industry proven software package. These pipe elements can represent the pipeline internal fluid, the structural steel and an outer layer to represent coatings. Also effects of internal loads as pressure and temperature and external loads such as buoyancy and hydrodynamic loads are included in the model. Each element has 6 degrees of freedom, translations in x-, y- and z-directions, and rotations about the x-, y- and z-axes. The length of an element is 0.5 m.

The interaction between the pipeline and soil is represented by means of non-linear spring elements as described in DNV-RP-F114, ref. [7]. Vertical undulations in the seabed shall be incorporated by a vertical displacement of the soil-side of the spring elements and allowing the pipeline to move and rest on the vertical springs.

In the post-processing stage, a free span is identified when the force in a vertical spring element is 0. Similar succeeding points indicate a larger span. The length of the free span is determined by subtracting the coordinates from the beginning of the span from the coordinates of the span end. Based on the critical span length identified by means of the free span analysis, the locations where the critical span length is exceeded are found and shall be reported. This can be used as input for seabed modifications prior to installation of the pipeline.

5.7.1 Results – 12.7 mm wall thickness option

The properties of the 12.7 mm wall thickness pipeline have been combined with the seabed profile along the pipeline route. The length of each occurring span has been determined and compared to the critical span length identified in Section 5.5.3.2 based on the maximum 1-year current velocity. Figure 5.3 presents the location and length of each span. Figure 5.4 presents the profile of the seabed and highlights the location where spans longer than the critical 15.9 m are highlighted. In total, there are three (3) spans that exceed this critical length. It is noted that this analysis does not account for the installation process, which may disturb the seabed, especially the ripples, such that the pipeline lowers more than predicted in the analysis.

The spans are primarily caused by the existence of ripples on the seabed. In the regions with the most intense ripples these have a typical peak-to-valley height of 30 cm and a peak-to-peak wavelength of approximately 10 m. A span of critical length occurs when two high ripples suspend the pipeline over a smaller intermediate ripple, as can be seen in Figure 5.5.

An investigation was performed into the duration of pipeline exposure to conditions that initiate in-line VIV. At a current velocity of 0.35 m/s perpendicular to the pipeline axis, in combination with a wave component of the same magnitude, in-line VIV occurs at a span length of 19.7 m. This is more than the maximum span length of 19.0 m. Based on the pipeline orientation with respect to the dominant current directions of SW/NE, and the velocity profile in the boundary layer above the seabed, this results in a critical current velocity of 0.49 m/s at the reference height of 1 m above seabed. There is a typical ratio of 1.69 between maximum yearly current velocity at 1m above seabed and surface current velocity, based on Table 3-10. This puts the critical surface current velocity at 0.83 m/s. The exceedance tables provided with [C] show an annual exceedance of 1.03 %. For the probable installation window of April through September, the exceedance probability in an individual month is at most 0.73 % in September. This low likelihood and the fact that vibration of the pipeline will result in deeper settlement in the supporting ripples until a mid-span contact with the soil occurs, results in the conclusion that this minor exceedance of the span length is acceptable.

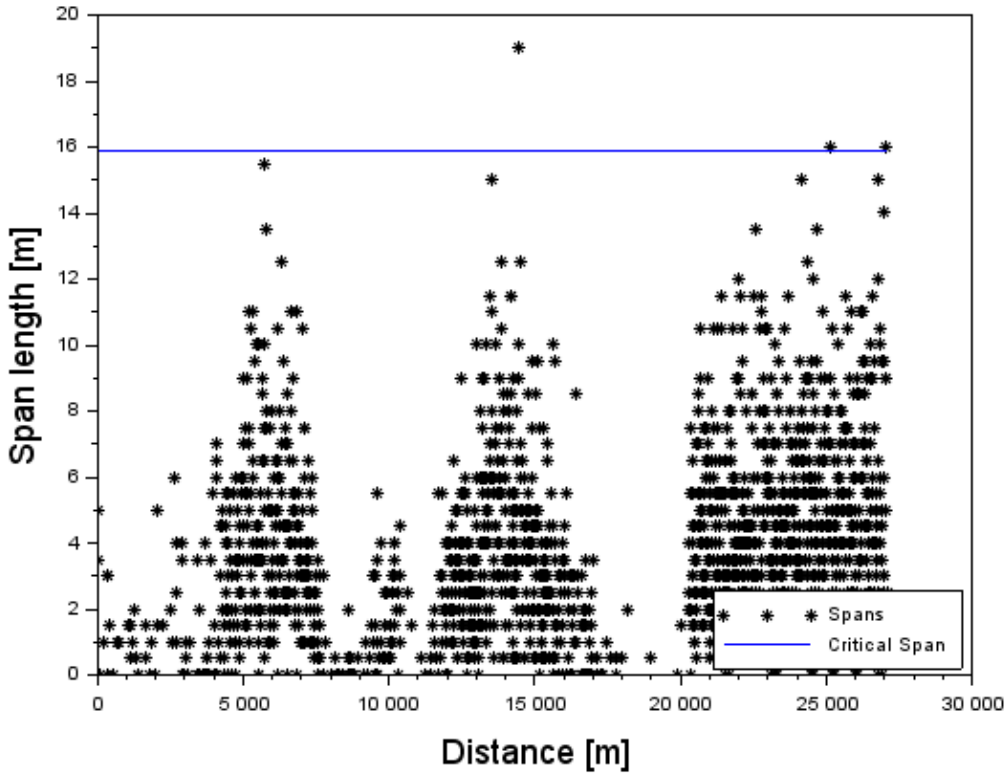


Figure 5.3 Span length and location overview

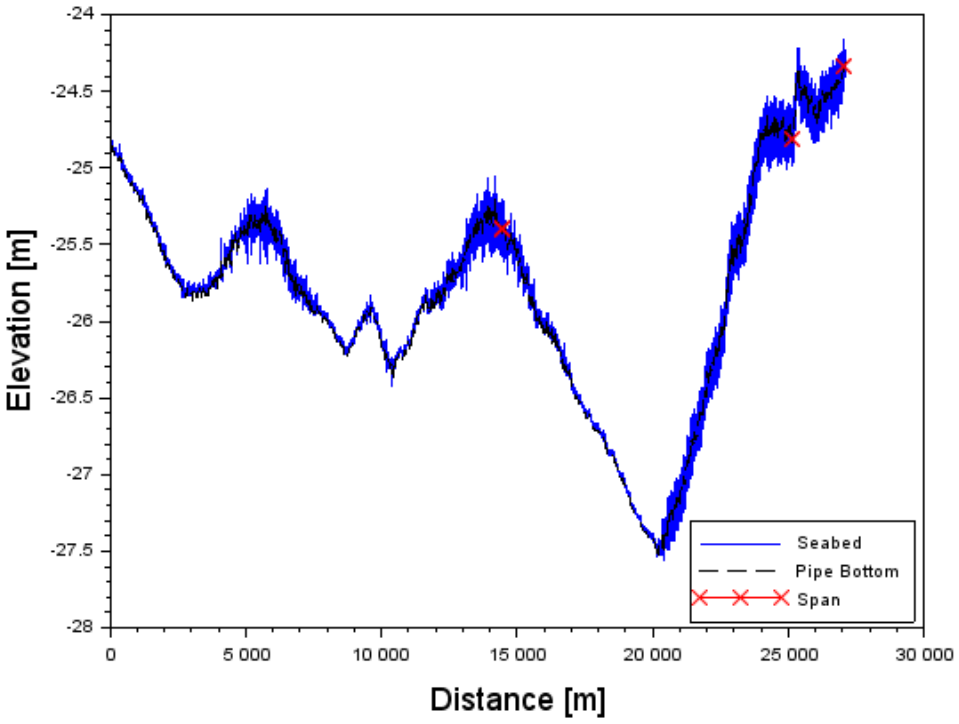


Figure 5.4 Seabed profile, pipeline shape and critical spans

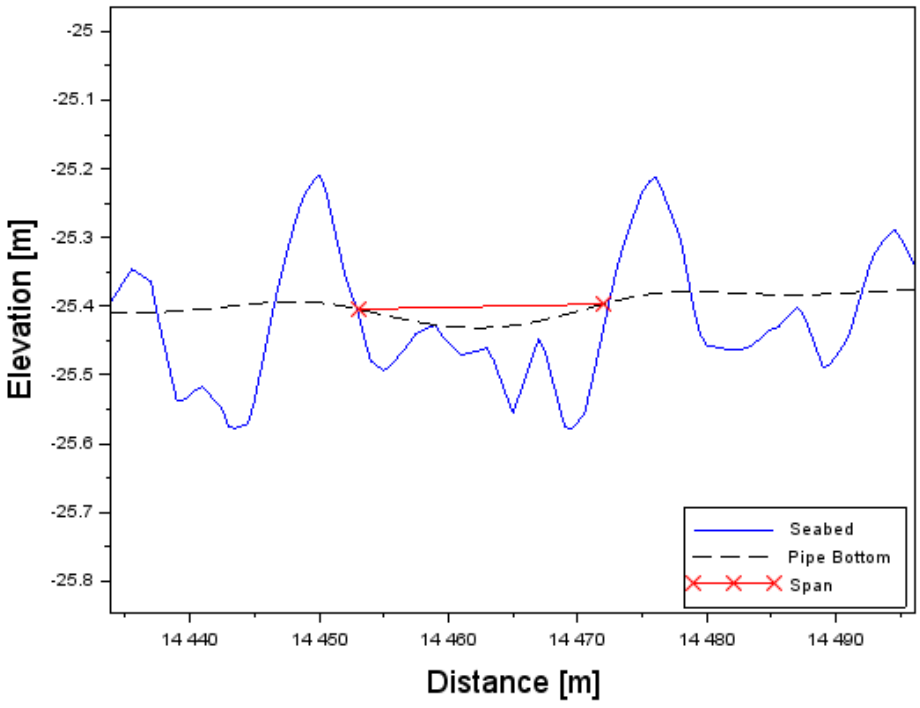


Figure 5.5 Close-up view of a span - 12.7 mm wall thickness

5.7.2 Results – 15.9 mm wall thickness option

The same analysis was performed for the 15.9 mm wall thickness option. As can be seen in Figure 5.6, there is no span that exceeds the critical span length of 16.4 m. That this option has no critical spans can be attributed to a slightly increased critical span length and the increased weight of the pipeline, as it settles deeper into the ripples and sags more between peaks. Figure 5.7 presents a close-up view of the same region as Figure 5.5, for comparison between the wall thickness options.

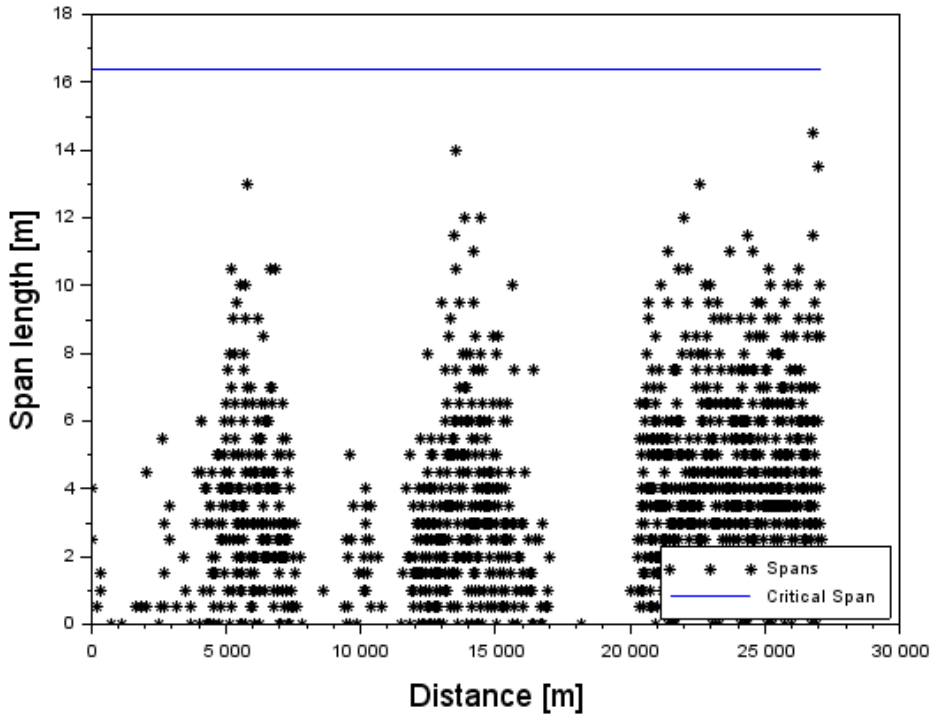


Figure 5.6 Span length and location overview – 15.9 mm wall thickness

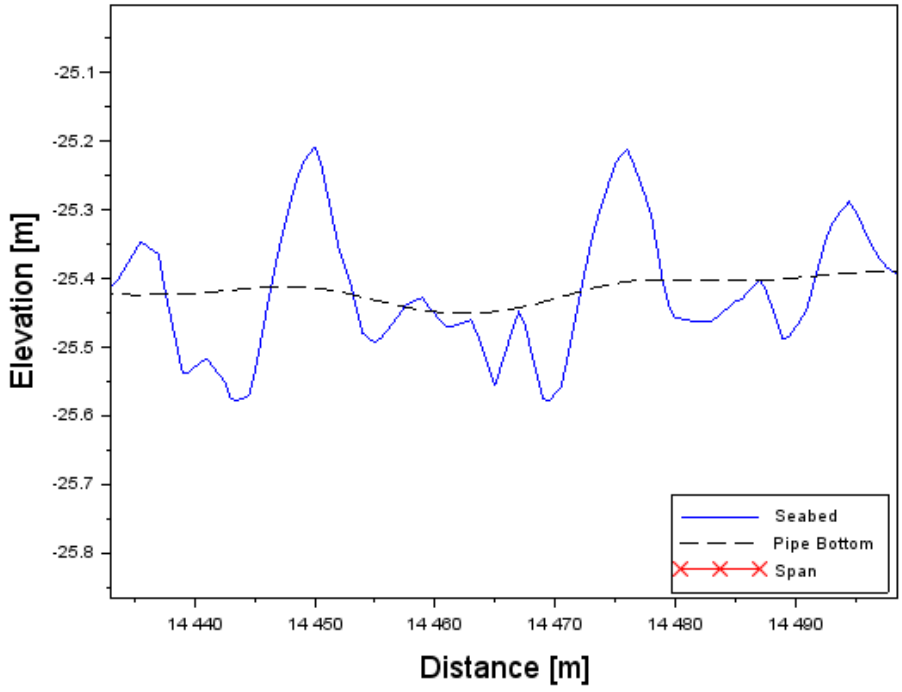


Figure 5.7 15.9 mm wall thickness pipeline on seabed, close-up view of same region as Figure 5.5

5.8. Cathodic Protection

The cathodic protection system shall consist of half shell bracelet of Aluminium-Zinc alloy type, as per ref. [A].

The cathodic protection will be designed to prevent external corrosion of the pipeline. The mass and spacing of the anodes will be such that the following criteria are met:

- Total anode mass to meet the mean and final current demand over the design life of the pipeline
- Anode current output to meet the required current output at the end of the design life.
- Anode separation not to exceed a value of 300 m.

The pipeline will be discretized into sections where changes in conditions, such as water depth, operating temperature or burial can give rise to variations in design current density.

From the pipeline dimensions and the coating selected, the mean and final current demand will be determined according to:

$$I_{cm} = A \cdot f_{cm} \cdot i \tag{5.62}$$

$$I_{cf} = A \cdot f_{cf} \cdot i \tag{5.63}$$

Where:

I_{cm} = Mean current demand [A]
I_{cf} = Final current demand [A]
A = Pipeline external surface area [m2]
f_{cm} = Mean coating breakdown factor
f_{cf} = Final coating breakdown factor
i = Design current density [A/m2]

The design current density is dependent on the temperature of the pipeline and whether the pipeline is buried or directly exposed to seawater by means of the following relations:

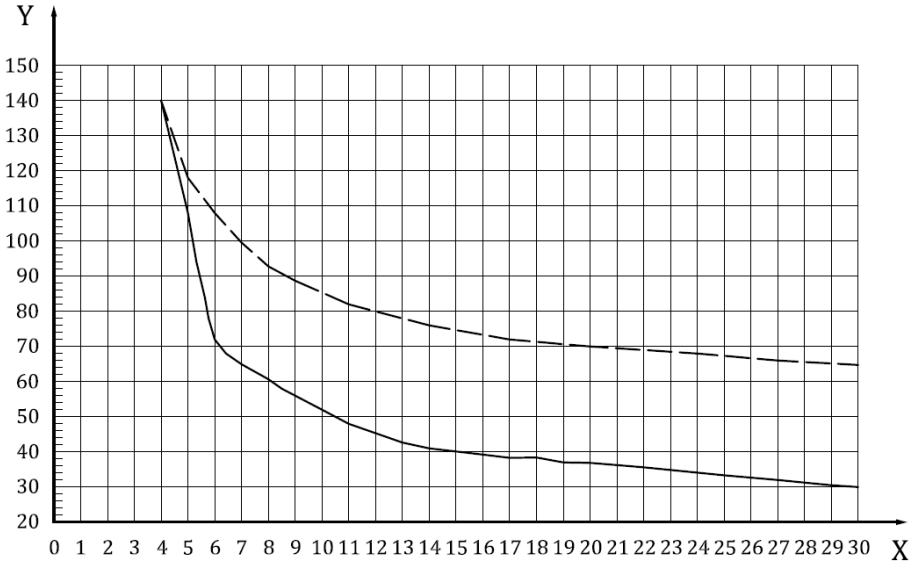
$$i_{T25} = \begin{cases} 20, \text{ Buried} \\ \frac{1}{125 \cdot \ln\left(\frac{T}{1.5}\right)} + 4 \cdot \ln(T) + 10, \text{ in seawater} \end{cases} \tag{5.64}$$

$$i = i_{T25} + 0.001 \cdot (T - 25) \tag{5.65}$$

Where:

i_{T25} = Design current density for temperatures below 25°C [mA/m2]
T = Temperature of the pipeline [°C]

The second line of Equation (5.64) is obtained from a curve fit to the dashed line in Figure 5.8.



Key

X seawater temperature, °C

Y current density, mA/m²

Figure 5.8 Seawater temperature versus design current density, dashed line for exposed pipeline in typical environments.

The coating breakdown factors are determined from:

$$f_{cm} = f_i + \frac{1}{2} \cdot \Delta f \cdot t_{dl} \quad (5.66)$$

$$f_{cf} = f_i + \Delta f \cdot t_{dl} \quad (5.67)$$

Where:

f_i = Initial coating breakdown factor
Δf = Yearly coating breakdown [1/yr]
t_{dl} = Minimum design life [yr]

The initial and yearly breakdown depend on the type of coating used on the linepipe and field joint, as presented in Table 5-21.

Table 5-21 Coating breakdown factor for pipelines without concrete weight coating [10]

Factory-applied coating type	Field joint coating type	f_i	Δf
Fusion-bonded epoxy (FBE)	Heat-shrinkable sleeves (HSS)	0.080	0.0035
	FBE	0.060	0.0030
Three-layer coating systems including epoxy, adhesive and polyethylene (3LPE)	HSS	0.009	0.0006
	FBE	0.008	0.0005
	Multilayer coating including epoxy and PE	0.007	0.0005
Three-layer coating systems including epoxy, adhesive and polypropylene (3LPP)	HSS	0.008	0.0005
	FBE	0.008	0.0005
	Multilayer coating including epoxy and PP	0.007	0.0003
Heat insulation multilayer coating systems including epoxy, adhesive and/or PE, PP or PU	Thick multilayer coating systems including epoxy, adhesive and/or PE, PP, PU, HSS or a combination of these products	0.002	0.0001
Thick coatings: elastomeric materials (e.g. polychloroprene or EPDM) or glassfibre-reinforced resins	Thick elastomeric materials or glassfibre-reinforced resins	0.002	0.0001
Flexible pipelines	Not applicable (mechanical couplings)	0.002	0.0001

The total required mass of anode material for a specific pipeline section is determined with:

$$m = I_{cm} \cdot t_{dl} \cdot \frac{8760}{\mu \cdot \varepsilon} \quad (5.68)$$

Where:

m = Required anode mass [kg]
μ = Anode utilization factor = 0.80 for bracelet anodes
ε = Electrochemical capacity of anode material [Ah/kg]

The electrochemical capacity of the anode material is dependent on the composition of the anode and the surface temperature, as presented in Table 5-22.For intermediate temperatures values may be interpolated.

Table 5-22 Design values for galvanic anodes [10]

Anode type	Anode surface temperature [°C]	Exposed		Buried/rockdumped	
		Potential [mV]	Electrochemical capacity [Ah/kg]	Potential [mV]	Electrochemical capacity [Ah/kg]
Aluminium	< 30	-1 050	2 000	-1 000	1 500
	60	-1 050	1 500	-1 000	800
	80	-1 000	900	-1 000	400
Zinc	< 30	-1 030	780	-980	750
	30 – 50	-1 030	780	-980	580

The current provided by the anode must exceed the required current demand throughout the design life, which is typically most stringent at end-of-life due to the decayed state of the coating and anode.

$$I_{af} = \frac{E_c - E_a}{R_a} \quad (5.69)$$

$$R_a = 0.315 \cdot \frac{\rho}{\sqrt{A_a}} \quad (5.70)$$

Where:

I_{af} = Anode end-of-life current output [A]
E_c = Design protection potential [V]
E_a = Design closed-circuit potential of the anode [V]
R_a = Total circuit resistance, assumed equal to the anode resistance [Ω]
ρ = Environmental resistivity [Ωm]
A_a = Anode exposed surface area [m2]

For determining the end-of-design life anode-to-seawater resistance, the anodes shall be assumed to an extent given by their utilization factor. The approximate anode dimensions, in terms of exposed surface area, corresponding to this degree of usage shall be used in Equation (5.70).

The required number of anodes may be governed four criteria:

- Minimum anode mass
- Minimum anode current output
- Atennuation of the electric potential
- Maximum anode spacing of 300 m

The number of anodes four the first two criteria may be calculated with:

$$n = \frac{m}{m_a} \tag{5.71}$$

$$n = \frac{I_{cf}}{I_{af}} \tag{5.72}$$

Where:

n = Required number of anodes
m_a = Individual net anode mass [kg]
I_{cf} = End-of-life current demand [A]

The attenuation of protective potential results in a maximum distance between anodes. This is calculated according to the NORSOK procedure outlined in appendix B.2 of ISO 15589-2.

$$\Delta E_{Me} + \Delta E_A = \frac{L^2 \cdot \rho_{Me} \cdot i \cdot f_{cf} \cdot D_e}{4 \cdot d_{nom} \cdot (D_e - d_{nom})} + R_a \cdot i \cdot \pi \cdot D_e \cdot f_{cf} \cdot L = 0 \tag{5.73}$$

Where:

ΔE_{Me} = Potential drop due to transporting the current in the pipe wall [V]
ΔE_A = Potential drop due to transporting the current from the anode to cathode [V]
L = Length between anodes [m]
ρ_{Me} = Resistivity in the pipe wall $= 1.43 \cdot 10^{-7}$ [Ωm]

Note that the pipeline protection must be ensured in the case of a loss of an anode. The actual minimum spacing between anodes is therefore L/2.

5.8.1 Results

Details of the calculation can be found in Appendix G. It was found that the number of anodes required is governed by the allowed spacing due to attenuation of the protective potential. The smallest anodes have been selected to reduce the total anode mass. Their specification can be found in Table 5-23.

As the temperature reduces along the pipeline, and the current density accordingly, the required anode spacing is not constant. In order to reduce the number of anodes, the pipeline is split in 4 sections with different spacing between anodes. This is presented in Table 5-24. The parameter driving the spacing at each position is attenuation of the protective potential, parameters and results for the start and end of the pipeline are presented in Table 5-25. In total 140 anodes with a total mass of 2352 kg will be installed on the pipeline. This excludes additional anodes for the spool pieces. The CP design is identical for both wall thickness options. Both options present the same area to be protected and therefore have the same required anode mass. The effect of conductivity in the pipe wall is negligible compared to conductivity in seawater, as these effects are included in attenuation of the protective potential.

For the calculation of attenuation of protective potential, ISO 15589-2 specifies a design protection potential for buried pipeline of -0.90 V. Using the value of -0.90 V would result in a relatively short distance between the anodes. However, DNV-RP-F103 guidance note 1 to section 6.7.11 states that *"… still a protection potential of −0.80 V is recommended for CMn steel linepipe material to achieve adequate protection both for seawater and sediment exposure. DNV is not aware of any published evidence that a potential between -0.80 V and -0.90 V has resulted in corrosion damage to carbon steel exposed to marine sediments normally being anaerobic due to bacterial activity."*. Considering the DNV note, the value of -0.80 V is used in the CP calculation.

Table 5-23 Anode specification

Property	
Internal diameter (mm)	324
Thickness (mm)	38
Length (mm)	375
Net weight per half bracelet (kg)	16.8

Table 5-24 CP design

	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4
Start KP	0	3.074	7.174	11.858
End KP	3.074	7.174	11.858	27.450*
Number of anodes	21	24	24	71
Spacing	146.4 m / 12 joints	170.8 m / 14 joints	195.2 m / 16 joints	219.6 m / 18 joints
*Note: The modelled length of the pipeline slightly exceeds the actual length due to discretization of pipeline into sections				

Table 5-25 Attenuation of protection calculation results

	Initial	Final
IR Total potential drop, $\Delta E_{Me} + \Delta E_A$ (V)	0.200	0.200
Resistivity carbon steel, ρ_{Me}, (Ωm)	1.43 x 10-7	1.43 x 10-7
Mean current density, I, (A/m2)	0.0292 (inlet temperature 34.25 °C)	0.020 (T ≤ 25 °C)
Final coating breakdown, f_{cf} (-)	0.021	0.021
Pipeline outer diameter, D (mm)	323.8	323.8
Pipeline wall thickness, d (mm)	12.7 / 15.9	12.7 / 15.9
Anode final resistance, R_{anode} (Ω)	1.06	1.06
Maximum anode spacing, L (m)	310.4	454.1
Nominal anode spacing, L/2 (m)	155.2	227.1

Appendix A Magnetometer contacts

Identifier	Easting [m]	Northing [m]	Anomaly strength [nT]
M50_MAG_001	613499	5933929	
M50_MAG_002	613547	5933806	
M50_MAG_003	613632	5933786	
M50_MAG_004	613625	5933587	
M50_MAG_005	613519	5933757	8
M50_MAG_006	613548	5933760	1108
M50_MAG_007	613507	5933908	1819
M50_MAG_008	613609	5933612	3525
M50_MAG_009	613524	5933867	5228
M50_MAG_010	613488	5933951	5603
M50_MAG_011	613534	5933829	9243
M50_MAG_012	613596	5933663	12680
M50_MAG_013	613548	5933798	17474
M50_MAG_014	613582	5933709	22965
M50_MAG_015	613629	5933588	40886
M50_MAG_016	602213	5932762	7
M50_MAG_017	602200	5932760	7
M50_MAG_018	602053	5932558	11
M50_MAG_019	602038	5932564	14
M50_MAG_020	602164	5932674	392
M50_MAG_021	602059	5932536	442
M50_MAG_022	602359	5932940	490
M50_MAG_023	602287	5932847	507
M50_MAG_024	602126	5932620	530
M50_MAG_025	602261	5932807	563
M50_MAG_026	602083	5932564	625
M50_MAG_027	602238	5932770	786
M50_MAG_028	602199	5932724	1222
M50_MAG_029	602323	5932888	1465
M50_MAG_030	613688	5933842	7
M50_MAG_031	613719	5933843	7
M50_MAG_032	613709	5933777	8
M50_MAG_033	613682	5933842	9
M50_MAG_034	613732	5933846	14
M50_MAG_035	613641	5933769	16
M50_MAG_036	613681	5933774	25
M50_MAG_037	613769	5933853	68
M50_MAG_038	613684	5933806	3592
M50_MAG_039	595714	5932135	5
M50_MAG_040	613262	5933732	5
M50_MAG_041	595739	5932137	5
M50_MAG_042	604216	5932908	6
M50_MAG_043	591701	5931770	7
M50_MAG_044	608305	5933278	7
M50_MAG_045	609592	5933401	10
M50_MAG_046	597206	5932269	15
M50_MAG_047	607601	5933215	23
M50_MAG_048	601934	5932702	34
M50_MAG_049	598773	5932413	41

Identifier	Easting [m]	Northing [m]	Anomaly strength [nT]
M50_MAG_050	601119	5932631	43
M50_MAG_051	587731	5931410	46
M50_MAG_052	612638	5933674	47
M50_MAG_053	588847	5931513	69
M50_MAG_054	586443	5931196	33
M50_MAG_055	586471	5931334	10
M50_MAG_056	600871	5932719	233
M50_MAG_057	600851	5932423	260
M50_MAG_058	600867	5932556	581
M50_MAG_059	600874	5932760	738
M50_MAG_060	600869	5932679	755
M50_MAG_061	600874	5932646	946
M50_MAG_062	600859	5932502	1124
M50_MAG_063	600853	5932451	1235
M50_MAG_064	600880	5932806	1940
M50_MAG_065	600868	5932605	2157
M50_MAG_066	603012	5932802	8
M50_MAG_067	602914	5932638	15
M50_MAG_068	602896	5932609	20
M50_MAG_069	603138	5933011	20
M50_MAG_070	603006	5932797	22
M50_MAG_071	602980	5932751	23
M50_MAG_072	603081	5932918	27
M50_MAG_073	603058	5932878	39
M50_MAG_074	603074	5932903	45
M50_MAG_075	602947	5932695	49
M50_MAG_076	603109	5932961	72
M50_MAG_077	603033	5932843	116
M50_MAG_078	611646	5933697	5
M50_MAG_079	608951	5933242	5
M50_MAG_080	606635	5933078	5
M50_MAG_081	608976	5933244	5
M50_MAG_082	610354	5933285	5
M50_MAG_083	610849	5933329	5
M50_MAG_084	593377	5931828	5
M50_MAG_085	591008	5931655	5
M50_MAG_086	594458	5932136	5
M50_MAG_087	608651	5933134	5
M50_MAG_088	588611	5931442	5
M50_MAG_089	608811	5933154	5
M50_MAG_090	608831	5933176	5
M50_MAG_091	603599	5932807	6
M50_MAG_092	607032	5933014	6
M50_MAG_093	613021	5933562	6
M50_MAG_094	606987	5933058	6
M50_MAG_095	600013	5932601	6
M50_MAG_096	595423	5932223	6
M50_MAG_097	609499	5933216	6
M50_MAG_098	610283	5933364	6
M50_MAG_099	589134	5931607	6
M50_MAG_100	603909	5932701	6
M50_MAG_101	606052	5933030	6
M50_MAG_102	608832	5933204	6

Identifier	Easting [m]	Northing [m]	Anomaly strength [nT]
M50_MAG_103	609072	5933502	6
M50_MAG_104	608590	5933158	6
M50_MAG_105	599516	5932435	6
M50_MAG_106	610713	5933325	6
M50_MAG_107	587142	5931425	6
M50_MAG_108	607655	5933046	6
M50_MAG_109	593396	5931774	6
M50_MAG_110	609398	5933202	6
M50_MAG_111	610207	5933353	7
M50_MAG_112	608814	5933179	7
M50_MAG_113	603315	5932901	7
M50_MAG_114	608321	5933483	7
M50_MAG_115	611074	5933575	7
M50_MAG_116	612639	5933497	7
M50_MAG_117	608986	5933292	7
M50_MAG_118	606633	5933330	7
M50_MAG_119	612521	5933779	7
M50_MAG_120	611550	5933529	7
M50_MAG_121	608979	5933492	7
M50_MAG_122	591035	5931559	7
M50_MAG_123	609927	5933328	8
M50_MAG_124	587146	5931557	8
M50_MAG_125	612170	5933672	8
M50_MAG_126	608487	5933175	8
M50_MAG_127	599069	5932515	8
M50_MAG_128	607111	5933326	8
M50_MAG_129	596320	5932266	8
M50_MAG_130	611844	5933677	8
M50_MAG_131	610104	5933397	8
M50_MAG_132	607798	5933384	8
M50_MAG_133	600256	5932704	8
M50_MAG_134	613202	5933623	8
M50_MAG_135	606357	5933258	8
M50_MAG_136	592619	5932009	8
M50_MAG_137	590074	5931697	8
M50_MAG_138	611533	5933653	8
M50_MAG_139	611552	5933397	8
M50_MAG_140	607030	5933314	9
M50_MAG_141	592053	5931701	9
M50_MAG_142	600515	5932727	9
M50_MAG_143	610126	5933600	9
M50_MAG_144	603963	5932839	9
M50_MAG_145	591540	5931911	9
M50_MAG_146	595618	5932167	9
M50_MAG_147	607001	5933015	10
M50_MAG_148	608359	5933327	10
M50_MAG_149	613125	5933543	10
M50_MAG_150	603628	5932753	10
M50_MAG_151	606657	5933204	10
M50_MAG_152	591071	5931562	10
M50_MAG_153	592585	5931674	11
M50_MAG_154	604481	5933133	11
M50_MAG_155	608432	5933138	11

Identifier	Easting [m]	Northing [m]	Anomaly strength [nT]
M50_MAG_156	589929	5931650	11
M50_MAG_157	593713	5931776	11
M50_MAG_158	599086	5932580	12
M50_MAG_159	589779	5931751	12
M50_MAG_160	612077	5933823	13
M50_MAG_161	607750	5933304	13
M50_MAG_162	587303	5931525	13
M50_MAG_163	589375	5931670	13
M50_MAG_164	597731	5932360	13
M50_MAG_165	611411	5933511	13
M50_MAG_166	587369	5931277	14
M50_MAG_167	608884	5933285	14
M50_MAG_168	608811	5933202	14
M50_MAG_169	605159	5932893	14
M50_MAG_170	607809	5933435	14
M50_MAG_171	588579	5931601	15
M50_MAG_172	605907	5933102	16
M50_MAG_173	607867	5933392	16
M50_MAG_174	598803	5932570	16
M50_MAG_175	611689	5933667	16
M50_MAG_176	611837	5933642	16
M50_MAG_177	601577	5932784	16
M50_MAG_178	609157	5933262	17
M50_MAG_179	591127	5931783	17
M50_MAG_180	607796	5933188	17
M50_MAG_181	595109	5932168	18
M50_MAG_182	588470	5931593	18
M50_MAG_183	607317	5933303	19
M50_MAG_184	600552	5932730	19
M50_MAG_185	601467	5932812	19
M50_MAG_186	599887	5932669	19
M50_MAG_187	599118	5932481	20
M50_MAG_188	586308	5931356	20
M50_MAG_189	604689	5933102	21
M50_MAG_190	607736	5933049	22
M50_MAG_191	604715	5933068	22
M50_MAG_192	590291	5931796	22
M50_MAG_193	604136	5932943	23
M50_MAG_194	589123	5931679	23
M50_MAG_195	604430	5933081	23
M50_MAG_196	612108	5933476	24
M50_MAG_197	609975	5933507	24
M50_MAG_198	610902	5933469	24
M50_MAG_199	611036	5933626	25
M50_MAG_200	593869	5932124	27
M50_MAG_201	587775	5931452	29
M50_MAG_202	611850	5933714	29
M50_MAG_203	600394	5932412	30
M50_MAG_204	589848	5931428	33
M50_MAG_205	604950	5933091	33
M50_MAG_206	610197	5933403	35
M50_MAG_207	605431	5933131	39
M50_MAG_208	601120	5932454	40

Identifier	Easting [m]	Northing [m]	Anomaly strength [nT]
M50_MAG_209	605648	5933117	43
M50_MAG_210	599048	5932515	44
M50_MAG_211	607275	5933093	46
M50_MAG_212	590939	5931778	48
M50_MAG_213	611965	5933462	52
M50_MAG_214	598283	5932217	52
M50_MAG_215	608998	5933459	52
M50_MAG_216	607083	5933282	55
M50_MAG_217	589634	5931622	58
M50_MAG_218	603936	5932787	59
M50_MAG_219	587885	5931329	61
M50_MAG_220	597833	5932405	67
M50_MAG_221	605857	5932958	69
M50_MAG_222	606711	5933249	76
M50_MAG_223	600537	5932776	80
M50_MAG_224	611003	5933480	81
M50_MAG_225	610265	5933532	83
M50_MAG_226	608509	5933123	97
M50_MAG_227	611412	5933641	99
M50_MAG_228	588866	5931554	101
M50_MAG_229	606896	5933194	118
M50_MAG_230	601118	5932476	120
M50_MAG_231	587121	5931308	137
M50_MAG_232	591021	5931662	370
M50_MAG_233	607565	5933093	664
M50_MAG_234	610714	5933454	1417

Appendix B Wall Thickness Analysis

The following wall thickness analyses were performed:

- L7-F flooded lay 127mm_Internal pressure wall thickness calculations
- L7-F flooded lay 159mm_Internal pressure wall thickness calculations

(4 pages)

Project	: L07-F Pipeline and spool piece		
Project #	: 23081		
Subject	: Internal pressure - wall thickness calculations		
File #	: L7-F flooded lay 127mm_Internal pressure wall thickness calculations.xlsx		
Client	: Neptune		
Client File #	:		
Originator	: EvW	Date	: 03/07/2024
Checked	: PF	Revision	: 1

12" Pipeline - According NEN 3656

Material properties

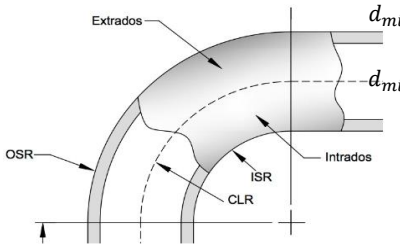
Material		=	L360NE	
Design temperature	T_d	=	50	°C
Yield at ambient temperature	R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature	R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Tensile		=	460.00	
Ratio Yield/Tensile ≤ 0.9			0.78	OK
Material factor (Table 4 NEN 3656)	γ_m	=	1.10	-
Allowable stress	$\sigma_{all} = \frac{R_{ed}}{\gamma_m}$	=	327.27	N/mm^2

Pipeline properties

Pipe size (inch)			12	"
Outside diameter	OD	=	323.8	mm
Fabrication Tolerance	f_{tol}	=	12.50	%
Corrosion allowance	CA	=	3	mm
Bend radius	standard bend		5	D
	or manual input			mm
	R	=	1524	mm
Fabrication tolerance bends	f_{tolB}	=	12.50	%
Thinning allowance	f_{thin}	=	8.0	%
(According B31.1 Table 102.4.5)				
Inside bend factor	$f(BI) = \frac{2 \cdot R - 0.5 \cdot D_e}{2 \cdot R - D_e}$	=	1.06	
Outside bend factor	$f(BO) = \frac{2 \cdot R + 0.5 \cdot D_e}{2 \cdot R + D_e}$	=	0.95	
Design pressure	P_d	=	120	barg
Load factor (Table 3 NEN 3656):	γ_s	=	1.250	-

Minimum wall thickness determination, d_{min}

Minimum wall thickness (excl. allowances):	$d_{min} = \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + \gamma_s \cdot P_d}$	=	7.25	mm
Inside bend	$d_{min}(BI) = \frac{f(BI) \cdot \gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + f(BI) \cdot \gamma_s \cdot P_d}$	=	7.68	mm
Outside bend	$d_{min}(BO) = \frac{f(BO) \cdot \gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + f(BO) \cdot \gamma_s \cdot P_d}$	=	6.91	mm



Minimum required wall thickness (incl. CA) after bending

Straight part / along bend radius @ CLR	=	10.25	mm
Inside bend @ ISR	=	10.68	mm
Outside bend @ OSR	=	9.91	mm

Project	: L07-F Pipeline and spool piece		
Project #	: 23081		
Subject	: Internal pressure - wall thickness calculations		
File #	: L7-F flooded lay 127mm_Internal pressure wall thickness calculations.xlsx		
Client	: Neptune		
Client File #	:		
Originator	: EvW	Date	: 03/07/2024
Checked	: PF	Revision	: 1

12" Pipeline - According NEN 3656

Minimal required nominal wall thickness, including fabrication tolerance, d_{nom}

Straight part	=	11.72	
Inside bend	=	12.20	
Outside bend (before bending)	=	12.31	

Minimum wall thickness for on-bottom stability (rough estimate)

Minimum specific gravity		1.5	-
$\rho_{seawater}$	=	1025	kg/m^3
ρ_{steel}	=	7850	kg/m^3
Bouancy	=	84.4	kg/m
Minimum required pipeline weight	=	126.6	kg/m
Minimum wall thickness	=	16.7	mm

Selected nominal wall thickness = 12.7 mm
(straight pipe before bending)

Stress Checks

Hoop stress (excl. CA only)

Hoop stress straight parts	$\sigma_{hoop} = \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot (D_e - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$	=	242.86	N/mm^2
Hoop stress inside bend	$\sigma_{hoop}(\mathrm{BI}) = f(BI) \cdot \sigma_{hoop}$	=	257.29	N/mm^2
Hoop stress outside bend (includes thinning effect)	$\sigma_{hoop}(BO) = f(BO) \cdot \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot (D_e - d_{min} \cdot (1 - f_{thin}\%))}{2 \cdot d_{min} \cdot (1 - f_{thin}\%)}$	=	259.08	N/mm^2

Hoop stress (excl. CA and fabrication tolerance) [N/mm2]

	Occurring	Allowable
Straight parts	291.85	327.27
Inside bend	309.20	327.27
Outside bend (includes thinning effect)	312.91	327.27

Test pressure

Hydrotest temperature		=	15	°C
Yield at hydrotest temperature		=	360	N/mm^2
Product			Gas	
Design factor, CP (1.3 for gas; 1.25 for other)			1.30	
Minimum hydrotest pressure	$P_{T,\min} = CP \cdot p_d \frac{R_e(20^oC)}{R_e(T_d)}$	=	156.00	barg
Maximum allowable hydrotest pressure	$P_{T,\max} = \frac{2 \cdot d_{nom} \cdot (1 - f_{tol}) \cdot R_e(20°C)}{D_e - d_{nom} \cdot (1 - f_{tol})}$	=	255.88	barg
Mill test pressure	$P_{T,mill} = 0.9 \cdot \frac{2 \cdot R_e \cdot d_{nom}}{D_e}$	=	254.16	barg

Max. allowable hydro test pressure exceeds mill test pressure!!

Project	: L07-F Pipeline and spool piece		
Project #	: 23081		
Subject	: Internal pressure - wall thickness calculations		
File #	: L7-F flooded lay 159mm_Internal pressure wall thickness calculations.xlsx		
Client	: Neptune		
Client File #	:		
Originator	: EvW	Date	: 03/07/2024
Checked	: PF	Revision	: 1

12" Pipeline - According NEN 3656

Material properties

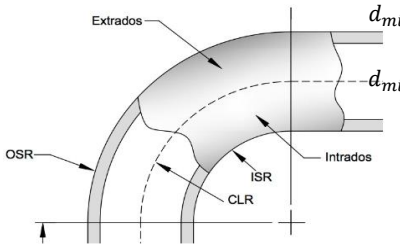
Material		=	L360NE	
Design temperature	T_d	=	50	°C
Yield at ambient temperature	R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature	R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Tensile		=	460.00	
Ratio Yield/Tensile ≤ 0.9			0.78	OK
Material factor (Table 4 NEN 3656)	γ_m	=	1.10	-
Allowable stress $\sigma_{all} = \frac{R_{ed}}{\gamma_m}$		=	327.27	N/mm^2

Pipeline properties

Pipe size (inch)			12	"
Outside diameter	OD	=	323.8	mm
Fabrication Tolerance	f_{tol}	=	12.50	%
Corrosion allowance	CA	=	3	mm
Bend radius	standard bend		5	D
	or manual input			mm
	R	=	1524	mm
Fabrication tolerance bends	f_{tolB}	=	12.50	%
Thinning allowance	f_{thin}	=	8.0	%
(According B31.1 Table 102.4.5)				
Inside bend factor $f(BI) = \frac{2 \cdot R - 0.5 \cdot D_e}{2 \cdot R - D_e}$		=	1.06	
Outside bend factor $f(BO) = \frac{2 \cdot R + 0.5 \cdot D_e}{2 \cdot R + D_e}$		=	0.95	
Design pressure	P_d	=	120	barg
Load factor (Table 3 NEN 3656):	γ_s	=	1.250	-

Minimum wall thickness determination, d_{min}

Minimum wall thickness (excl. allowances): $d_{min} = \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + \gamma_s \cdot P_d}$		=	7.25	mm
Inside bend $d_{min}(BI) = \frac{f(BI) \cdot \gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + f(BI) \cdot \gamma_s \cdot P_d}$		=	7.68	mm
Outside bend $d_{min}(BO) = \frac{f(BO) \cdot \gamma_s \cdot P_d \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_{all} + f(BO) \cdot \gamma_s \cdot P_d}$		=	6.91	mm



Minimum required wall thickness (incl. CA) after bending

Straight part / along bend radius @ CLR	=	10.25	mm
Inside bend @ ISR	=	10.68	mm
Outside bend @ OSR	=	9.91	mm

Project	: L07-F Pipeline and spool piece		
Project #	: 23081		
Subject	: Internal pressure - wall thickness calculations		
File #	: L7-F flooded lay 159mm_Internal pressure wall thickness calculations.xlsx		
Client	: Neptune		
Client File #	:		
Originator	: EvW	Date	: 03/07/2024
Checked	: PF	Revision	: 1

12" Pipeline - According NEN 3656

Minimal required nominal wall thickness, including fabrication tolerance, d_{nom}

Straight part	=	11.72	
Inside bend	=	12.20	
Outside bend (before bending)	=	12.31	

Minimum wall thickness for on-bottom stability (rough estimate)

Minimum specific gravity		1.5	-
$\rho_{seawater}$	=	1025	kg/m^3
ρ_{steel}	=	7850	kg/m^3
Bouancy	=	84.4	kg/m
Minimum required pipeline weight	=	126.6	kg/m
Minimum wall thickness	=	16.7	mm

Selected nominal wall thickness = 15.9 mm
(straight pipe before bending)

Stress Checks

Hoop stress (excl. CA only)

Hoop stress straight parts	$\sigma_{hoop} = \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot (D_e - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$	= 180.76	N/mm^2
Hoop stress inside bend	$\sigma_{hoop}(\mathrm{BI}) = f(BI) \cdot \sigma_{hoop}$	= 191.50	N/mm^2
Hoop stress outside bend (includes thinning effect)	$\sigma_{hoop}(BO) = f(BO) \cdot \frac{\gamma_s \cdot P_d \cdot (D_e - d_{min} \cdot (1 - f_{thin}\%))}{2 \cdot d_{min} \cdot (1 - f_{thin}\%)}$	= 191.68	N/mm^2

Hoop stress (excl. CA and fabrication tolerance) [N/mm2]

	Occurring	Allowable
Straight parts	215.04	327.27
Inside bend	227.82	327.27
Outside bend (includes thinning effect)	228.78	327.27

Test pressure

Hydrotest temperature	=	15	°C
Yield at hydrotest temperature	=	360	N/mm^2
Product		Gas	
Design factor, CP (1.3 for gas; 1.25 for other)		1.30	

Minimum hydrotest pressure	$P_{T,\min} = CP \cdot p_d \frac{R_e(20^oC)}{R_e(T_d)}$	= 156.00	barg
Maximum allowable hydrotest pressure	$P_{T,\max} = \frac{2 \cdot d_{nom} \cdot (1 - f_{tol}) \cdot R_e(20°C)}{D_e - d_{nom} \cdot (1 - f_{tol})}$	= 323.25	barg
Mill test pressure	$P_{T,mill} = 0.9 \cdot \frac{2 \cdot R_e \cdot d_{nom}}{D_e}$	= 318.20	barg

Max. allowable hydro test pressure exceeds mill test pressure!!

Appendix C On-Bottom Stability Analysis

The following on-bottom stability analyses were performed:

- L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations_flooded
- L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations_flooded

(26 pages)

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

1 OBJECTIVE:

Determine the pipeline/cable on-bottom stability check for the following conditions;
- Installation (condition 1)
- Soil liquefaction (condition 2)
- Uncovered pipeline during operation - no floating pipeline (condition 3)

2 CONTENTS.

3 INPUT DATA AND ENVIRONMENTAL DATA
4 CONDITIONS TO EVALUATE
5 THREE LINES RESULTS
a BOUYANCY FORCE
b WAVE THEORY APPLICABILITY
c STOKES 5th WAVE ANALYSIS
d COEFFICIENTS
e HORIZONTAL WAVE PARTICLE VELOCITIES
f WAVE PROFILE η(t)
g CONDITION 1: On bottom stability
h CONDITION 2: Trenching check
i CONDITION 3: Operational no cover.
5 MAIN LINE AND PIGGYBACK LINE RESULTS
a BUOYANCY FORCE FOR PIGGY LINE
b CONDITION 1: On bottom stability for piggy line
c CONDITION 2: Trenching check for piggy line
d CONDITION 3: Operational no cover. For piggy line

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

3 INPUT DATA AND ENVIRONMENTAL DATA

Nominal	W_t Wall thickness	Push the buttom to solve
[inch]	[mm]	
12	12.70	
0	14	
0	16	

Note: if you know the Wall-Thickness enter the value in the green cell and push the(wt) buttom to solve

Mechanical Design

INPUT DATA VALUES:

ENTER THREE DIFFERENTS LINES OR ONE MAIN LINE AND ONE PIGGYBACK LINE

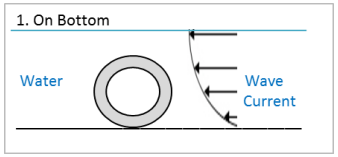
										Internal Lining		Coating		Concrete Coating		
Nominal	OD External Diameter	W_t Wall thickness	ID Internal Diameter	f_{tol} Fabrication Tolerance	c_A Corrosion Allowance	ρ_p Density (pipe)	ρ_{SW} Density (Sea water)	ρ_{Soil} Density (Liquified soil)	ρ_{cont} Density (installation contents)	t_l Thickness	ρ_l Density	t_c Thickness	ρ_c Density	t_{con} Thickness	ρ_{con} Density	Remarks:
[inch]	[mm]	[mm]	[mm]	%	[mm]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	
12	323.8	12.70	298.4	0.0	0	7850	1025	1300	1025	0	0	3	965	0	3000	

ENVIRONMENTAL DATA

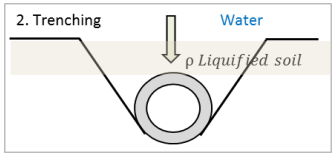
WD Water Depth	ss Storm Surge	SWL Storm Surge Water Level	D_{czr} Current reference height above seabed	U_{czr} Current Velocity at reference hight	α_c Angle of attack - current	H_s Wave Height	Tp Wave Period	α_w Angle of attack - waves
[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	deg	[m]	[s]	[deg]
25	-1.02	23.98	1.0	0.5	72.5	6.8	11.6	72.5
INPUT DATA VALUES: GO TO STOKES 5th TO SOLVE THE BIQUADRATIC EQ.								

4 CONDITIONS TO EVALUATE

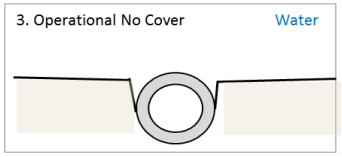
Condition 1:
On bottom stability. Installation, water filled, environmental loads (1 year condition).



Condition 2:
Trenching check, sinking through liquefied soil.
no environmental loads



Condition 3:
Operational no cover. Pipeline is operational (product filled).
No environmental loads
No floating of pipeline



CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

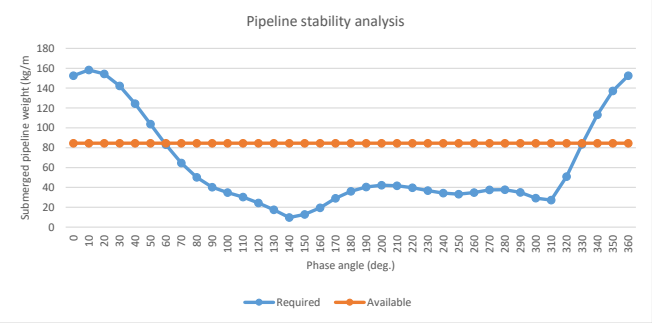
5 THREE LINES RESULTS

Submerged weights and stability weight requirements

		Condition 1:	Condition 2:	Condition 3:	Remarks
Pipeline Diameter	**Submerged Weight**	**On bottom stability. Installation, water filled,**	**Trenching check, sinking through liquefied soil.**	**Operational no cover. Pipeline is operational (product filled).**	
		(Kg/m)	**(Kg/m)**	**(Kg/m)**	
12	Available	84.5	172.1	100.4	
	Required	158.3	127.7	100.7	
	Additional Submerged	**73.7**	**Zero**	**0.3**	
0	Available	0.0	0.0	0.0	
	Required	0.0	0.0	0.0	
	Additional Submerged	**0.0**	**0.0**	**0.0**	
0	Available	0.0	0.0	0.0	
	Required	0.0	0.0	0.0	
	Additional Submerged	**0.0**	**0.0**	**0.0**	

CONDITION 1: RESULTS

12 0 0

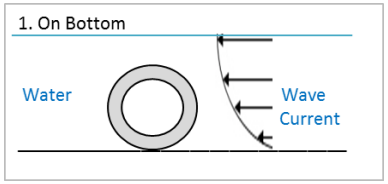


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

a BOUYANCY FORCE

PIPE DATA

Nominal	OD	W_t	ID	t_{min}	ID	A_s	SEC	I_s	W_{pi}	W_l	W_c	W_{con}
	External Diameter	Wall thickness	Internal Diameter	Minimum wall thickness	Internal diameter	Cross sectional area	Section modulus	Moment of inertia	Pipe weight	Lining weight	Coating weight	Concrete weight
[inch]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm^2]	[mm^3]	[mm^4]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]
12	323.8	12.7	298.4	12.70	298.4	12,412	9.3E+05	1.5E+08	97.4	0	3.0	0.0
0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0.0E+00	0.0	0	0.0	0.0
0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0.0E+00	0.0	0	0.0	0.0
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)



EQUATIONS USED

(1) $t_{min} = W_t * (1 - f_{tol}) - CA$

(2) $ID = OD - 2 * t_{min}$

(3) $A_S = \frac{\pi}{4} * (OD^2 - ID^2)$

(4) $SEC = \pi * \frac{(OD^4 - ID^4)}{32 * OD}$

(5) $I_S = \frac{\pi}{64} * (OD^4 - ID^4)$

(6) $W_{pi} = A_S * \rho_P$

(7) $W_l = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{ID^2 - (ID - 2 * t_l)^2}{10^6}\right] * \rho_l$

(8) $W_c = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{(OD + 2 * t_c)^2 - (OD)^2}{10^6}\right] * \rho_c$

(9) $W_{con} = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{(OD + 2 * t_c + 2 * t_{con})^2 - (OD + 2 * t_c)^2}{10^6}\right] * \rho_{con}$

Buoyancy force

Nominal	OD	OD_{TOTAL}	F_B	W_{cont}	W_r	W_{sm}
	External Diameter	External Diameter	Buoyancy force	Contents weight	Pipeline weight in air	Submerged pipeline weight
[inch]	[mm]	[mm]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]
12	323.8	329.8	-87.6	71.7	172.1	84.5
0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
		(10)	(11)	(12)	(13)	(14)

(10) $OD_{TOTAL} = OD + 2 * t_c + 2 * t_{con}$

(11) $F_B = \frac{\pi}{4} * (OD_{TOTAL})^2 * \rho_W$

(12) $W_{cont} = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{(ID - 2 * t_l)^2}{10^6}\right] * \rho_{cont}$

(13) $W_r = W_{pi} + W_l + W_c + W_{con} + W_{cont}$

(14) $W_{sm} = W_r - F_B$

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

b WAVE THEORY APPLICABILITY

According with the literature to evaluate the applicability of the wave theory, It is used the next figure. Wave theory applicability for test matrix (King 2011, p52).

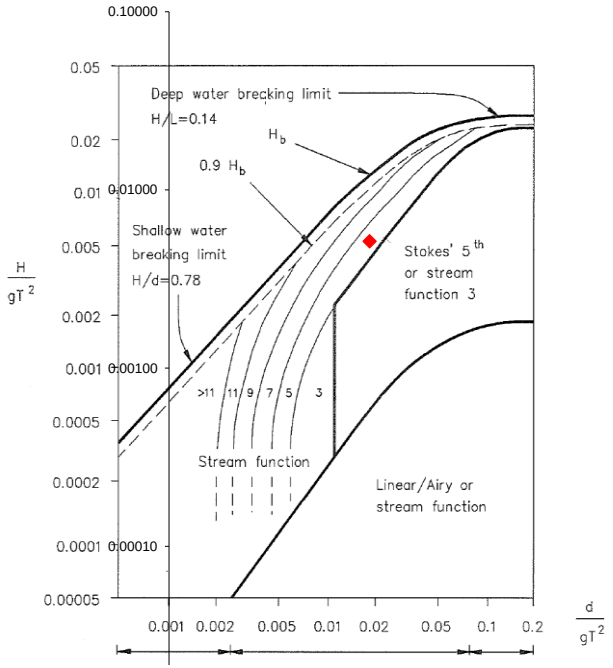
To select the theory to apply. The following factors are calculated:

(15) $\frac{H_S}{g * T_Z} =$ 0.005157

(16) $\frac{SWL}{g * T_Z} =$ 0.01818474

In this case the theory to apply is Fifth Order Stokes Theory for Steady Waves

Where: (g) is the gravity 9.81 m/s^2



CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

c STOKES 5th WAVE ANALYSIS

WD	ss	SWL	D_{czr}	U_{czr}	αc	H_s	Tp	αw	Lo	L
Water Depth	Storm Surge	Storm Surge Water Level	Depth at with velocity is know	Current Velocity at reference hight	Angle of attack - current	Wave Height	Wave Period	Angle of attack - waves	Deep water wave length	Estimate actual wave length
[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	deg	[m]	[s]	[deg]	[m]	[m]
25	-1.02	23.98	1.0	0.5	72.5	6.8	11.6	72.5	210.1	161.4
									(16)	

Press here to solve. Start with L = Lo

(16) $L_O = \frac{g * T_Z^2}{2 * \pi}$

(17) $\frac{\pi * H_S}{SWL} - \frac{L}{SWL} * [\lambda + \lambda^3 + B_{33} + \lambda^5 * (B_{35} + B_{55})] = 0$

(18) $\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} * tanh\left(\frac{2 * \pi * SWL}{L}\right) * [\lambda^4 * C_2 + \lambda^2 * C_1 + 1] = 0$

Choosing L and solving for λ in (18) results in 4 roots for (17)

A	B	λ (1)	λ (2)	λ (3)	λ (4)	Eq (17)	Eq (18)
0.1141	0.1088	0.1268	#NUM!	-0.1268	#NUM!	0.0000	0.00000
The root λ (1) solved the equations (17) and (18)						(17)	(18)

To solve equations biquadratic in (18)

a	b	c
2.280751	0.294472	-0.0053

(19) $A = \frac{SWL}{L_O}$

(20) $B = \frac{SWL}{L} * tanh\left(\frac{2 * \pi * SWL}{L}\right)$

(21) $\lambda = \pm\sqrt{y}$

(22) $y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

a COEFFICIENTS

S	C	A_{11}	A_{13}	A_{15}	A_{22}	A_{24}	A_{33}	A_{35}	A_{44}	A_{55}	B_{22}	B_{24}	B_{33}	B_{35}	B_{44}	B_{55}	C_1	C_2	C_3	C_4
1.0753	1.4684	0.9300	-2.2087	-4.6430	0.2805	-0.3356	0.0411	0.3478	-8.02E-03	-0.0053	1.5685	1.2929	2.4622	6.9921	4.1995	8.4153	2.7062	20.9602	0.1583	0.2660

(23) $s = \sinh\left(\frac{2*\pi*SWL}{L}\right)$

(24) $C = \cosh\left(\frac{2*\pi*SWL}{L}\right)$

(25) $A_{11} = \frac{1}{S}$

(26) $A_{13} = \frac{-C^2*(5*C^2+1)}{8*S^5}$

(27) $A_{15} = -\frac{1184*C^{10}-1440*C^8-1992*C^6+2641*C^4-249*C^2+18}{1536*S^{11}}$

(28) $A_{22} = \frac{3}{8*S^4}$

(29) $A_{24} = \frac{192*C^8-424*C^6-312*C^4+480*C^2-17}{768*S^{10}}$

(30) $A_{33} = \frac{13-4*C^2}{64*S^7}$

(31) $A_{35} = \frac{512*C^{12}+4224*C^{10}-6800*C^8-12808*C^6+16704*C^4-3154*C^2-107}{4096*S^{13}*(6*C^2-1)}$

(32) $A_{44} = \frac{80*C^6-816*C^4+1338*C^2-197}{1536*S^{10}*(6*C^2-1)}$

(33) $A_{55} = -\frac{2880*C^{10}-72480*C^8+324000*C^6-432000*C^4+163470*C^2-16245}{61440*S^{11}*(6*C^2-1)*(8*C^4-11*C^2+3)}$

(34) $B_{22} = \frac{(2*C^2+1)*C}{4*S^3}$

(35) $B_{24} = \frac{(272*C^8-504*C^6-192*C^4+322*C^2+21)*C}{384*S^9}$

(36) $B_{33} = \frac{(8*C^6+1)*3}{64*S^6}$

(37) $B_{35} = \frac{88128*C^{14}-208224*C^{12}+70848*C^{10}+54000*C^8-21816*C^6+6264*C^4-54*C^2-81}{12288*S^{12}*(6*C^2-1)}$

(38) $B_{44} = C*\frac{768*C^{10}-488*C^8-48*C^6+48*C^4+106*C^2-21}{384*S^9*(6*C^2-1)}$

(39) $B_{55} = \frac{192000*C^{16}-26720*C^{14}+83680*C^{12}+20160*C^{10}-7280*C^8+7160*C^6-1800*C^4-1050*C^2+225}{12288*S^{10}*(6*C^2-1)*(8*C^4-11*C^2+3)}$

(40) $C_1 = \frac{8*C^4-8*C^2+9}{8*S^4}$

(41) $C_2 = \frac{3840*C^{12}-4096*C^{10}+2592*C^8-1008*C^6+5944*C^4-1830*C^2+147}{512*S^{10}(6*C^2-1)}$

(42) $C_3 = \frac{1}{4*C*S}$

(43) $C_4 = \frac{12*C^8+36*C^6-162*C^4+141*C^2-27}{192*S^9*C}$

WITH THE COEFFIENTS AND λ CALCULATE k_1, K_2, K_3 AND K_4

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
0.1133	0.0044	0.0001	0.0000	0.0000

(44) $K_1 = \lambda^*A_{11}+\lambda^3*A_{13}+\lambda^5*A_{15}$

(45) $K_2 = \lambda^2*A_{22}+\lambda^4*A_{24}$

(46) $K_3 = \lambda^3*A_{33}+\lambda^5*A_{35}$

(47) $K_4 = \lambda^4*A_{44}$

(48) $K_5 = \lambda^5*A_{55}$

b Horizontal wave particle velocities

Nominal	OD_{TOTAL} External Diameter	Water depth at which data required (Z)
[inch]	[mm]	[m]
12	329.8	0.3298
0	0	0.0000
0	0	0.0000

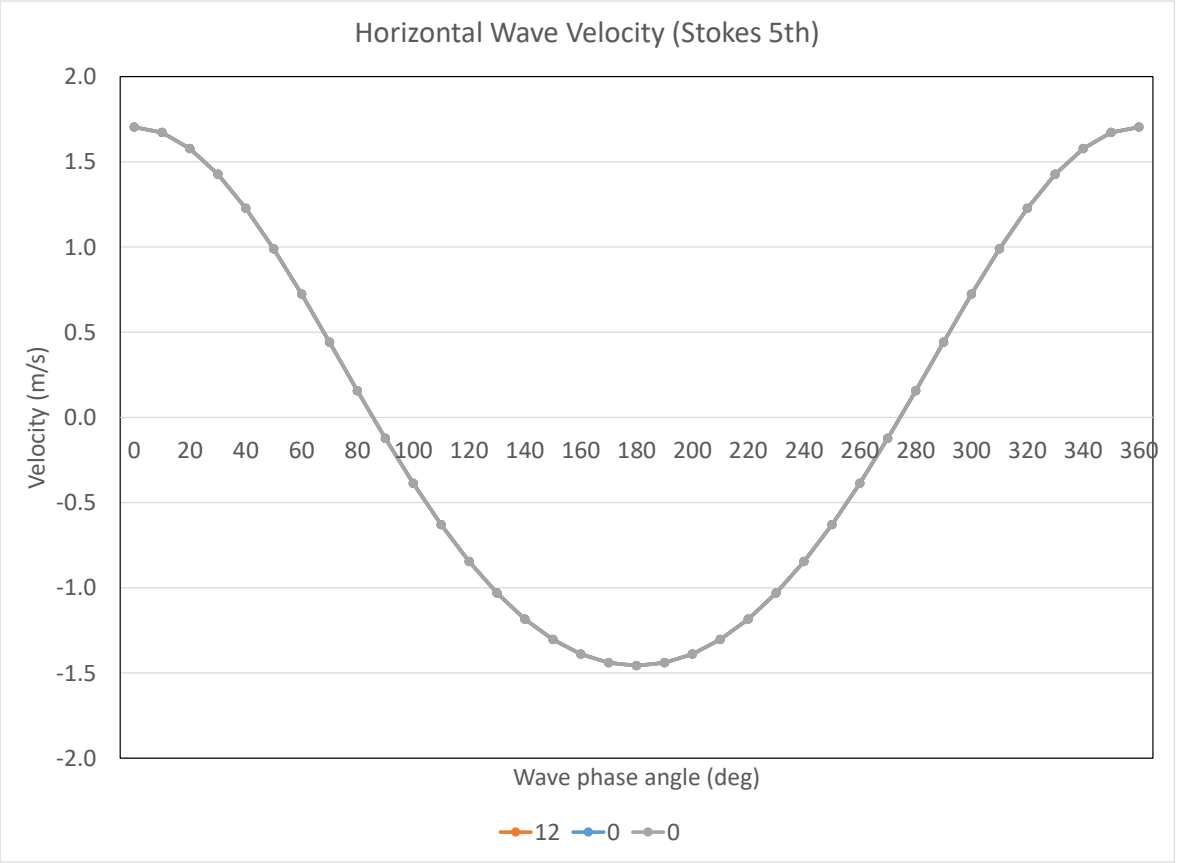
Horizontal velocity, U_w

(49) $$U_w = \frac{L}{T_Z} * \sum_{n=1}^{5} n * K_n * \cosh\left(\frac{n * 2 * \pi * z}{L}\right) * \cos(n * \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

(50) $$a_{w,h} = \frac{2 * \pi * L}{T_Z^2} * \sum_{n=1}^{5} n^2 * K_n * \cosh\left(\frac{n * 2 * \pi * z}{L}\right) * \sin(n * \varphi)$$

	12		0		0	
φ	U_w	$a_{w,h}$	U_w	$a_{w,h}$	Uw	aw,h
[deg.]	[m/s]	[m/s^2]	[m/s]	[m/s^2]	[m/s]	[m/s^2]
0	1.7034	0.0000	1.7032	0.0000	1.7032	0.0000
10	1.6715	0.1970	1.6714	0.1969	1.6714	0.1969
20	1.5776	0.3831	1.5775	0.3831	1.5775	0.3831
30	1.4268	0.5487	1.4267	0.5486	1.4267	0.5486
40	1.2271	0.6858	1.2270	0.6857	1.2270	0.6857
50	0.9885	0.7889	0.9885	0.7888	0.9885	0.7888
60	0.7227	0.8553	0.7226	0.8552	0.7226	0.8552
70	0.4413	0.8851	0.4413	0.8851	0.4413	0.8851
80	0.1559	0.8811	0.1559	0.8810	0.1559	0.8810
90	-0.1233	0.8473	-0.1233	0.8473	-0.1233	0.8473
100	-0.3876	0.7894	-0.3875	0.7894	-0.3875	0.7894
110	-0.6301	0.7131	-0.6300	0.7131	-0.6300	0.7131
120	-0.8457	0.6237	-0.8456	0.6237	-0.8456	0.6237
130	-1.0311	0.5258	-1.0310	0.5258	-1.0310	0.5258
140	-1.1841	0.4231	-1.1840	0.4231	-1.1840	0.4231
150	-1.3035	0.3180	-1.3034	0.3180	-1.3034	0.3180
160	-1.3889	0.2121	-1.3889	0.2121	-1.3889	0.2121
170	-1.4402	0.1060	-1.4401	0.1060	-1.4401	0.1060
180	-1.4573	0.0000	-1.4572	0.0000	-1.4572	0.0000
190	-1.4402	-0.1060	-1.4401	-0.1060	-1.4401	-0.1060
200	-1.3889	-0.2121	-1.3889	-0.2121	-1.3889	-0.2121
210	-1.3035	-0.3180	-1.3034	-0.3180	-1.3034	-0.3180
220	-1.1841	-0.4231	-1.1840	-0.4231	-1.1840	-0.4231
230	-1.0311	-0.5258	-1.0310	-0.5258	-1.0310	-0.5258
240	-0.8457	-0.6237	-0.8456	-0.6237	-0.8456	-0.6237
250	-0.6301	-0.7131	-0.6300	-0.7131	-0.6300	-0.7131



260	-0.3876	-0.7894	-0.3875	-0.7894	-0.3875	-0.7894
270	-0.1233	-0.8473	-0.1233	-0.8473	-0.1233	-0.8473
280	0.1559	-0.8811	0.1559	-0.8810	0.1559	-0.8810
290	0.4413	-0.8851	0.4413	-0.8851	0.4413	-0.8851
300	0.7227	-0.8553	0.7226	-0.8552	0.7226	-0.8552
310	0.9885	-0.7889	0.9885	-0.7888	0.9885	-0.7888
320	1.2271	-0.6858	1.2270	-0.6857	1.2270	-0.6857
330	1.4268	-0.5487	1.4267	-0.5486	1.4267	-0.5486
340	1.5776	-0.3831	1.5775	-0.3831	1.5775	-0.3831
350	1.6715	-0.1970	1.6714	-0.1969	1.6714	-0.1969
360	1.7034	0.0000	1.7032	0.0000	1.7032	0.0000

Max Wave Particle Velocity U_{wm} = 1.703401 m/s

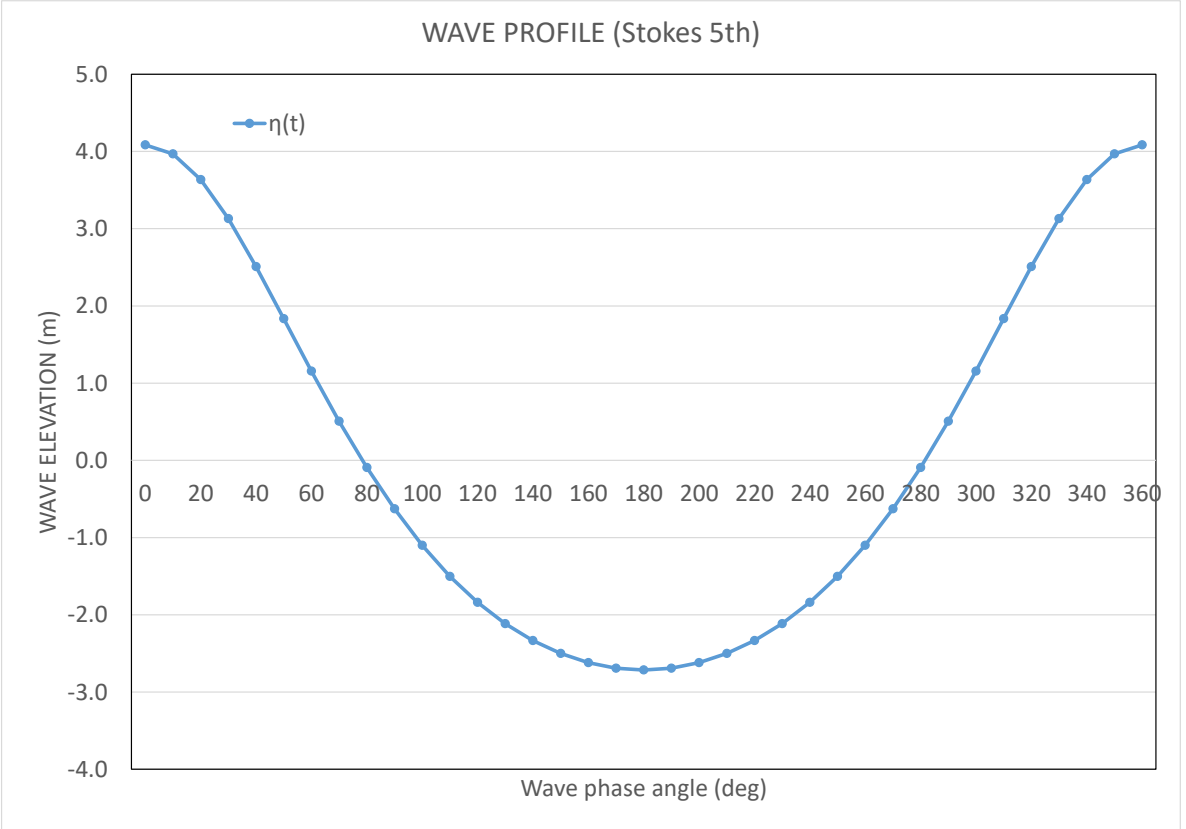
c WAVE PROFILE η(t)

φ	η(t)
[deg.]	[m]
0	4.0847
10	3.9685
20	3.6357
30	3.1297
40	2.5094
50	1.8346
60	1.1552
70	0.5061
80	-0.0921
90	-0.6289
100	-1.0995
110	-1.5027
120	-1.8399
130	-2.1151
140	-2.3338
150	-2.5009
160	-2.6197
170	-2.6913
180	-2.7153

φ	η(t)
[deg.]	[m]
190	-2.6913
200	-2.6197
210	-2.5009
220	-2.3338
230	-2.1151
240	-1.8399
250	-1.5027
260	-1.0995
270	-0.6289
280	-0.0921
290	0.5061
300	1.1552
310	1.8346
320	2.5094
330	3.1297
340	3.6357
350	3.9685
360	4.0847

c WAVE PROFILE η(t)

(51) $$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

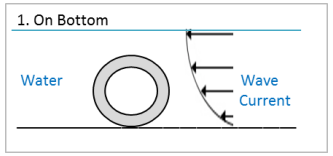


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

Condition 1: **On bottom stability. Installation, water filled,**

Nominal	ODTOTAL External Diameter	Wave Lenght	Maximum orbital particle velocity	Keulegan-Carpenter number	Pipeline embedment (ε)	Pipeline embedment (ε)	Drag coefficient	Lift coefficient	Inertia coefficient	Soil Submerged density	Angle of internal friction (ϕ)	Potyondy coefficient (pot)	Friction factor pipe/soil (f)	Passive soil resistance coefficient (Kp)	Passive soil resistance (Fp)	Available submerged weight	Required submerged weight	Additional Weight Required	CHECK
[inch]	[mm]	[m]	[m/s]		%	[mm]				[Kg/m^3]	[deg]				[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	
12	329.8	161.38	1.70	59.91	15	49	0.58	0.86	2.55	900	30	0.80	0.45	3.00	3.30	84.53	158.3	73.7	NOT OK
				(52)									(53)	(54)	(55)	(14)	(60)		

(52) $KC = \frac{U_{wm} * T_Z}{OD_{TOTAL}}$ (53) $f = \tan(pot * \varphi)$ (54) $K_p = \frac{1+\sin(\varphi)}{1-\sin(\varphi)}$ (55) $F_p = \left(\frac{1}{2}\right) * \rho_{soil} * \varepsilon^2 * K_p$



The required minimum submerged pipeline weight

Nominal	External Diameter inc embedment	Current particle velocity (Perpendicular to pipe) (Ucm)	Safety factor (SF)	Max. required submerged weight
[inch]	[mm]	[m/s]		[Kg/m]
12	280.33	0.36	1.1	158.3

(56)

(56) $U_{cm} = 0{,}875 * U_{czr} * \left(\frac{OD_{total}}{D_{czr}}\right)^{\frac{1}{7}} * \sin(\alpha c)$

(57) $F_d = 0{,}5 * \rho_{sw} * C_d * (U_w + U_{cm})^2 * OD_{total}$

(58) $F_L = 0{,}5 * \rho_{sw} * C_L * (U_w + U_{cm})^2 * OD_{total}$

(59) $F_i = 0{,}25 * \pi * \rho_{sw} * C_M * (OD_{total})^2 * a_{w,h}$

(60) $W_{req} = SF * F_L + \frac{SF * (F_d + F_i) - F_p}{f}$

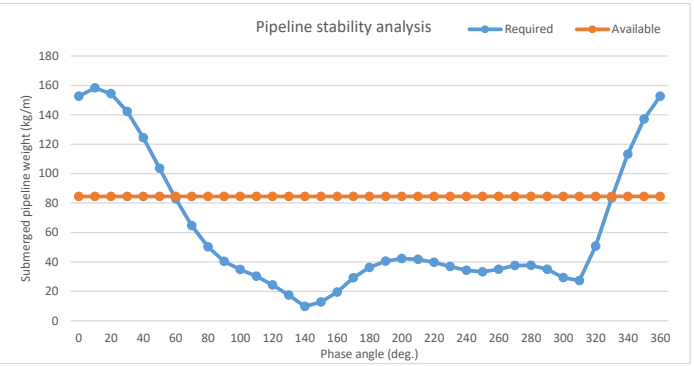
Coefficients and Interpolation tables

% Embedment	C_D	C_L	C_I
0	0.70	0.90	3.29
10	0.63	0.90	2.80
20	0.53	0.81	2.30
30	0.44	0.77	1.89
40	0.35	0.72	1.48

	% Embedment	C_D	C_L	C_I
12	Lim Inf	10	0.63	0.90	2.80
	Lim Sup	20	0.53	0.81	2.30
	Valor	15	0.58	0.86	2.55
0	Lim Inf	0	0.70	0.90	3.29
	Lim Sup	10	0.63	0.90	2.80
	Valor	0	0.70	0.90	3.29
0	Lim Inf	0	0.70	0.90	3.29
	Lim Sup	10	0.63	0.90	2.80
	Valor	0	0.67	0.90	3.04

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

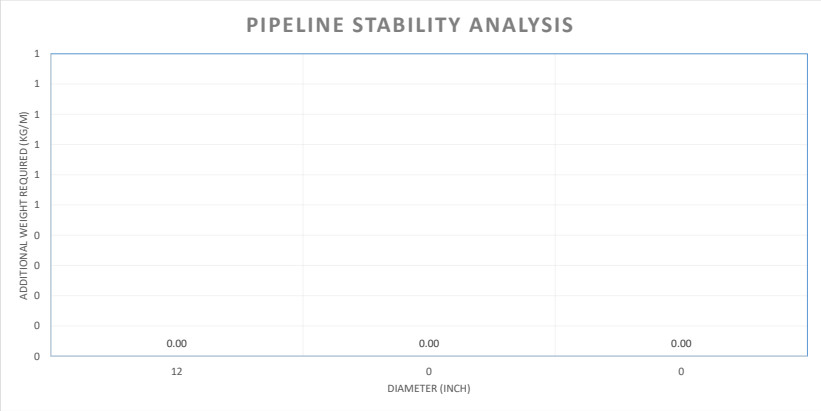
12	**PIPE**	(56)		(57)	(58)			(59)	(55)	(60)		(14)
φ	**v (perpendicula**	**Ucm**	**Utotal**	**Fd**	**FL**	**aw,h**	**aw,h (perpendic**	**Fi**	**Fp**	**Wreq**	**Wreq**	**Wa**
[deg.]	**[m/s]**	**[m/s]**	**[m/s]**	**[N/m]**	**[N/m]**	**[m/s^2]**	**[m/s^2]**	**[N/m]**	**[N/m]**	**[N/m]**	**[Kg/m]**	**[Kg/m]**
0	1.6246	0.3561	1.9807	382.9	566.9	0.0000	0.0000	0.0	32.41	1496.9	152.6	84.5
10	1.5942	0.3561	1.9503	371.3	549.7	0.1970	0.1878	41.9	32.41	1552.7	158.3	84.5
20	1.5046	0.3561	1.8607	338.0	500.3	0.3831	0.3654	81.6	32.41	1514.1	154.3	84.5
30	1.3608	0.3561	1.7169	287.7	426.0	0.5487	0.5233	116.8	32.41	1395.3	142.2	84.5
40	1.1703	0.3561	1.5264	227.4	336.7	0.6858	0.6540	146.0	32.41	1220.2	124.4	84.5
50	0.9428	0.3561	1.2989	164.7	243.8	0.7889	0.7523	168.0	32.41	1017.3	103.7	84.5
60	0.6892	0.3561	1.0453	106.7	157.9	0.8553	0.8157	182.1	32.41	814.3	83.0	84.5
70	0.4209	0.3561	0.7770	58.9	87.2	0.8851	0.8442	188.5	32.41	634.4	64.7	84.5
80	0.1487	0.3561	0.5048	24.9	36.8	0.8811	0.8403	187.6	32.41	492.7	50.2	84.5
90	-0.1176	0.3561	0.2385	5.6	8.2	0.8473	0.8081	180.4	32.41	395.7	40.3	84.5
100	-0.3696	0.3561	-0.0135	0.0	0.0	0.7894	0.7529	168.1	32.41	342.5	34.9	84.5
110	-0.6009	0.3561	-0.2448	-5.8	8.7	0.7131	0.6801	151.8	32.41	297.4	30.3	84.5
120	-0.8066	0.3561	-0.4505	-19.8	29.3	0.6237	0.5948	132.8	32.41	238.6	24.3	84.5
130	-0.9834	0.3561	-0.6273	-38.4	56.9	0.5258	0.5015	112.0	32.41	171.5	17.5	84.5
140	-1.1293	0.3561	-0.7732	-58.4	86.4	0.4231	0.4035	90.1	32.41	95.0	9.7	84.5
150	-1.2432	0.3561	-0.8871	-76.8	113.7	0.3180	0.3033	67.7	32.41	125.1	12.8	84.5
160	-1.3247	0.3561	-0.9686	-91.6	135.6	0.2121	0.2023	45.2	32.41	191.0	19.5	84.5
170	-1.3735	0.3561	-1.0174	-101.0	149.6	0.1060	0.1011	22.6	32.41	285.6	29.1	84.5
180	-1.3898	0.3561	-1.0337	-104.3	154.4	0.0000	0.0000	0.0	32.41	354.8	36.2	84.5
190	-1.3735	0.3561	-1.0174	-101.0	149.6	-0.1060	-0.1011	-22.6	32.41	397.2	40.5	84.5
200	-1.3247	0.3561	-0.9686	-91.6	135.6	-0.2121	-0.2023	-45.2	32.41	414.1	42.2	84.5
210	-1.2432	0.3561	-0.8871	-76.8	113.7	-0.3180	-0.3033	-67.7	32.41	409.4	41.7	84.5
220	-1.1293	0.3561	-0.7732	-58.4	86.4	-0.4231	-0.4035	-90.1	32.41	389.0	39.7	84.5
230	-0.9834	0.3561	-0.6273	-38.4	56.9	-0.5258	-0.5015	-112.0	32.41	361.3	36.8	84.5
240	-0.8066	0.3561	-0.4505	-19.8	29.3	-0.6237	-0.5948	-132.8	32.41	336.5	34.3	84.5
250	-0.6009	0.3561	-0.2448	-5.8	8.7	-0.7131	-0.6801	-151.8	32.41	326.3	33.3	84.5
260	-0.3696	0.3561	-0.0135	0.0	0.0	-0.7894	-0.7529	-168.1	32.41	342.6	34.9	84.5
270	-0.1176	0.3561	0.2385	5.6	8.2	-0.8473	-0.8081	-180.4	32.41	368.3	37.5	84.5
280	0.1487	0.3561	0.5048	24.9	36.8	-0.8811	-0.8403	-187.6	32.41	369.8	37.7	84.5
290	0.4209	0.3561	0.7770	58.9	87.2	-0.8851	-0.8442	-188.5	32.41	343.2	35.0	84.5
300	0.6892	0.3561	1.0453	106.7	157.9	-0.8553	-0.8157	-182.1	32.41	287.3	29.3	84.5
310	0.9428	0.3561	1.2989	164.7	243.8	-0.7889	-0.7523	-168.0	32.41	268.2	27.3	84.5
320	1.1703	0.3561	1.5264	227.4	336.7	-0.6858	-0.6540	-146.0	32.41	498.7	50.8	84.5
330	1.3608	0.3561	1.7169	287.7	426.0	-0.5487	-0.5233	-116.8	32.41	818.0	83.4	84.5
340	1.5046	0.3561	1.8607	338.0	500.3	-0.3831	-0.3654	-81.6	32.41	1111.0	113.3	84.5
350	1.5942	0.3561	1.9503	371.3	549.7	-0.1970	-0.1878	-41.9	32.41	1345.5	137.2	84.5
360	1.6246	0.3561	1.9807	382.9	566.9	0.0000	0.0000	0.0	32.41	1496.9	152.6	84.5
Maximum required submerged weight (Kg/m) =					**158.3**				Max	1552.7	158.3	

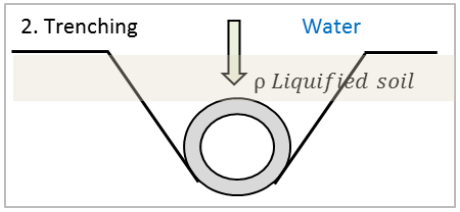


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

Condition 2: **Trenching check, sinking through liquefied soil.**

	ID	OD	OD_{TOTAL}	ρ_p	ρcont	ρ_{SW}	ρ_{Soil}	Coating		Concrete Coating										
Nominal	Internal Diameter	External Diameter	OD_{TOTAL} External Diameter	Density (pipe)	Density (installation contents)	Density (Sea water)	Density (Liquified soil)	t_c Thickness	ρ_c Density	t_{con} Thickness	ρ_{con} Density	Weight in air empty	Submerged weight empty	Weight content pipe	Weight in liquified soil flooded	Buoyancy Liquefied soil	Design factor	Contingency factor	Required pipeline weight	Additional Weight Required	CHECK
[inch]	[m]	[m]	[m]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]			[Kg/m]	[Kg/m]	
12	0.298	0.324	0.330	7850	1025	1025	1300	3	965	0	3000	100.41	12.85	71.68	61.04	111.05	1.15	1.00	127.71	Zero	OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	OK



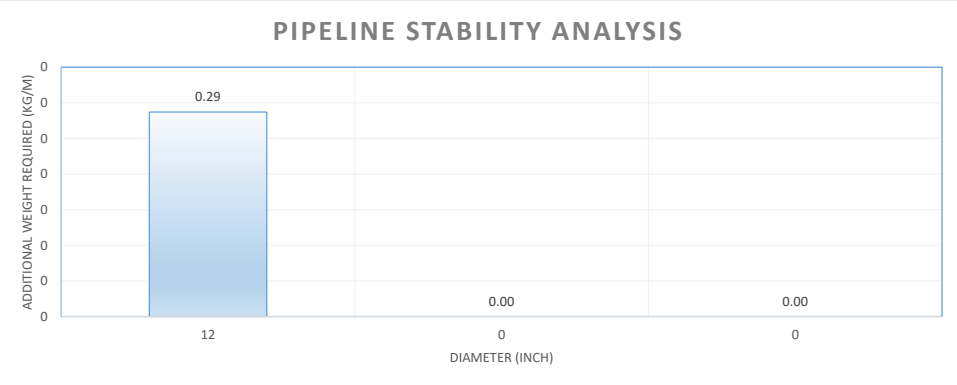


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 127mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

Condition 3: **Operational no cover. Pipeline is operational (product filled).**
No floating of pipeline

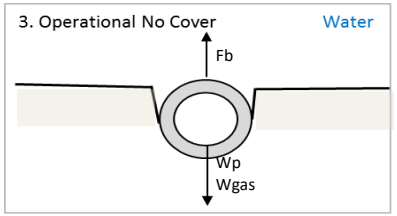
0

	ID	OD	OD_{TOTAL}	ρ_p	ρ_{SW}	ρ_{Soil}	ρ_{prod}	ρ_{air}	Coating		Concrete Coating									
									t_c	ρ_c	t_{con}	ρ_{con}								
Nominal	**Internal Diameter**	**External Diameter**	**OD TOTAL External Diameter**	**Density (pipe)**	**Density (Sea water)**	**Density (Liquified soil)**	**Density (product)**	**Density (Air)**	**Thickness**	**Density**	**Thickness**	**Density**	**Weight in air, Wp (empty)**	**Submerged weight, Ws (empty)**	**Design factor (df)**	**Contingency factor**	**Buoyancy Force (Fb)**	**Required pipeline weight (Wr)**	**Additional Weight Required (Wadd)**	**CHECK**
[inch]	[m]	[m]	[m]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/Nm^3]	[kg/Nm^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[kg/m]	[kg/m]	[-]	[-]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	
12	0.298	0.324	0.330	7850	1025	1300	78.0000	1.0	3	965	0	3000	100.41	12.92	1.15	1.00	87.56	100.70	0.29	NOT OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	78.0000	1.0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	78.0000	1.0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK



In order to prevent floating of the pipe, the weight of the pipe in air should be df * Fbuoy (df > 1)
The content of the pipe is not included (exposed pipeline which is pigged)

a $$\frac{W_p}{Fbuoy} = df$$



CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

1 OBJECTIVE:

Determine the pipeline/cable on-bottom stability check for the following conditions;
- Installation (condition 1)
- Soil liquefaction (condition 2)
- Uncovered pipeline during operation - no floating pipeline (condition 3)

2 CONTENTS.

3 INPUT DATA AND ENVIRONMENTAL DATA
4 CONDITIONS TO EVALUATE
5 THREE LINES RESULTS
a BOUYANCY FORCE
b WAVE THEORY APPLICABILITY
c STOKES 5th WAVE ANALYSIS
d COEFFICIENTS
e HORIZONTAL WAVE PARTICLE VELOCITIES
f WAVE PROFILE η(t)
g CONDITION 1: On bottom stability
h CONDITION 2: Trenching check
i CONDITION 3: Operational no cover.
5 MAIN LINE AND PIGGYBACK LINE RESULTS
a BUOYANCY FORCE FOR PIGGY LINE
b CONDITION 1: On bottom stability for piggy line
c CONDITION 2: Trenching check for piggy line
d CONDITION 3: Operational no cover. For piggy line

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

3 INPUT DATA AND ENVIRONMENTAL DATA

Nominal	W_t Wall thickness	Push the buttom to solve
[inch]	[mm]	
12	15.90	
0	14	
0	16	

Note: if you know the Wall-Thickness enter the value in the green cell and push the(wt) buttom to solve

Mechanical Design

INPUT DATA VALUES:

ENTER THREE DIFFERENTS LINES OR ONE MAIN LINE AND ONE PIGGYBACK LINE

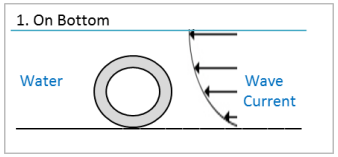
										Internal Lining		Coating		Concrete Coating		
Nominal	OD External Diameter	W_t Wall thickness	ID Internal Diameter	f_{tol} Fabrication Tolerance	c_A Corrosion Allowance	ρ_p Density (pipe)	ρ_{SW} Density (Sea water)	ρ_{Soil} Density (Liquified soil)	ρ_{cont} Density (installation contents)	t_l Thickness	ρ_l Density	t_c Thickness	ρ_c Density	t_{con} Thickness	ρ_{con} Density	Remarks:
[inch]	[mm]	[mm]	[mm]	%	[mm]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	
12	323.8	15.90	292	0.0	0	7850	1025	1300	1025	0	0	3	965	0	3000	

ENVIRONMENTAL DATA

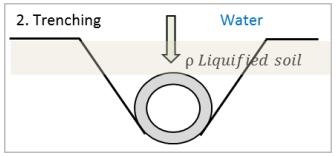
WD Water Depth	ss Storm Surge	SWL Storm Surge Water Level	D_{czr} Current reference height above seabed	U_{czr} Current Velocity at reference hight	α_c Angle of attack - current	H_s Wave Height	Tp Wave Period	α_w Angle of attack - waves
[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	deg	[m]	[s]	[deg]
25	-1.02	23.98	1.0	0.5	72.5	6.8	11.6	72.5
INPUT DATA VALUES: GO TO STOKES 5th TO SOLVE THE BIQUADRATIC EQ.								

4 CONDITIONS TO EVALUATE

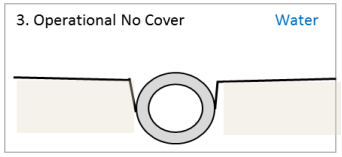
Condition 1:
On bottom stability. Installation, water filled, environmental loads (1 year condition).



Condition 2:
Trenching check, sinking through liquefied soil.
no environmental loads



Condition 3:
Operational no cover. Pipeline is operational (product filled).
No environmental loads
No floating of pipeline



CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

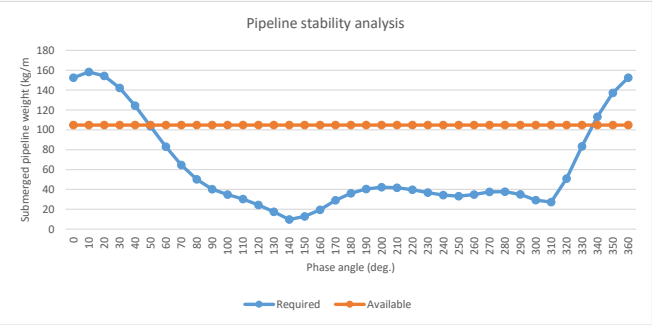
5 THREE LINES RESULTS

Submerged weights and stability weight requirements

		Condition 1:	Condition 2:	Condition 3:	Remarks
Pipeline Diameter	**Submerged Weight**	**On bottom stability. Installation, water filled,**	**Trenching check, sinking through liquefied soil.**	**Operational no cover. Pipeline is operational (product filled).**	
		(Kg/m)	**(Kg/m)**	**(Kg/m)**	
12	Available	104.8	192.3	123.7	
	Required	158.2	127.7	100.7	
	Additional Submerged	**53.5**	**Zero**	**ZERO**	
0	Available	0.0	0.0	0.0	
	Required	0.0	0.0	0.0	
	Additional Submerged	**0.0**	**0.0**	**0.0**	
0	Available	0.0	0.0	0.0	
	Required	0.0	0.0	0.0	
	Additional Submerged	**0.0**	**0.0**	**0.0**	

CONDITION 1: RESULTS

12 0 0

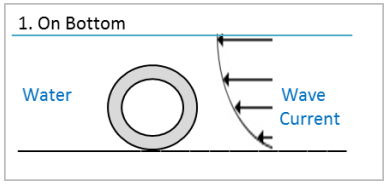


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

a BOUYANCY FORCE

PIPE DATA

Nominal	OD	W_t	ID	t_{min}	ID	A_s	SEC	I_s	W_{pi}	W_l	W_c	W_{con}
	External Diameter	Wall thickness	Internal Diameter	Minimum wall thickness	Internal diameter	Cross sectional area	Section modulus	Moment of inertia	Pipe weight	Lining weight	Coating weight	Concrete weight
[inch]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm^2]	[mm^3]	[mm^4]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]
12	323.8	15.9	292	15.90	292.0	15,380	1.1E+06	1.8E+08	120.7	0	3.0	0.0
0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0.0E+00	0.0	0	0.0	0.0
0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0.0E+00	0.0	0	0.0	0.0
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)



EQUATIONS USED

(1) $t_{min} = W_t * (1 - f_{tol}) - CA$

(2) $ID = OD - 2 * t_{min}$

(3) $A_S = \frac{\pi}{4} * (OD^2 - ID^2)$

(4) $SEC = \pi * \frac{(OD^4 - ID^4)}{32 * OD}$

(5) $I_S = \frac{\pi}{64} * (OD^4 - ID^4)$

(6) $W_{pi} = A_S * \rho_P$

(7) $W_l = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{ID^2 - (ID - 2 * t_l)^2}{10^6}\right] * \rho_l$

(8) $W_c = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{(OD + 2 * t_c)^2 - (OD)^2}{10^6}\right] * \rho_c$

(9) $W_{con} = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{(OD + 2 * t_c + 2 * t_{con})^2 - (OD + 2 * t_c)^2}{10^6}\right] * \rho_{con}$

Buoyancy force

Nominal	OD	OD_{TOTAL}	F_B	W_{cont}	W_r	W_{sm}
	External Diameter	External Diameter	Buoyancy force	Contents weight	Pipeline weight in air	Submerged pipeline weight
[inch]	[mm]	[mm]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]
12	323.8	329.8	-87.6	68.6	192.3	104.8
0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
		(10)	(11)	(12)	(13)	(14)

(10) $OD_{TOTAL} = OD + 2 * t_c + 2 * t_{con}$

(11) $F_B = \frac{\pi}{4} * (OD_{TOTAL})^2 * \rho_W$

(12) $W_{cont} = \frac{\pi}{4} * \left[\frac{(ID - 2 * t_l)^2}{10^6}\right] * \rho_{cont}$

(13) $W_r = W_{pi} + W_l + W_c + W_{con} + W_{cont}$

(14) $W_{sm} = W_r - F_B$

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

b WAVE THEORY APPLICABILITY

According with the literature to evaluate the applicability of the wave theory, It is used the next figure. Wave theory applicability for test matrix (King 2011, p52).

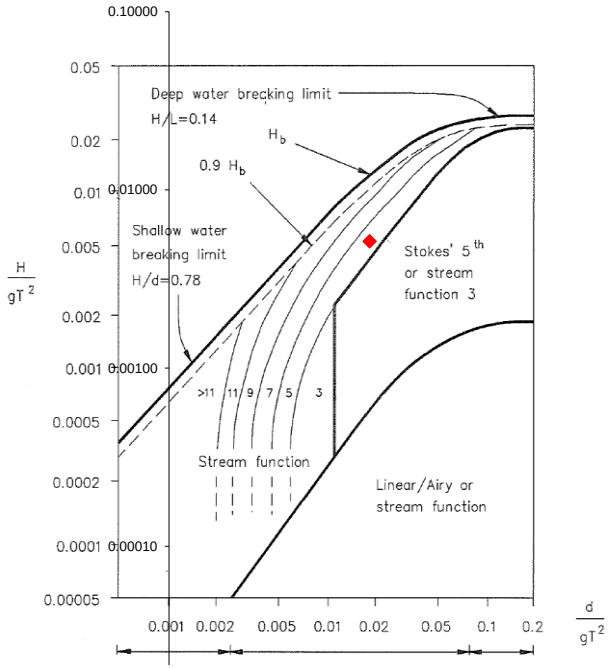
To select the theory to apply. The following factors are calculated:

(15) $\frac{H_S}{g * T_Z} =$ 0.005157

(16) $\frac{SWL}{g * T_Z} =$ 0.01818474

In this case the theory to apply is Fifth Order Stokes Theory for Steady Waves

Where: (g) is the gravity 9.81 m/s^2



CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

c STOKES 5th WAVE ANALYSIS

WD	ss	SWL	D_{czr}	U_{czr}	αc	H_s	Tp	αw	Lo	L
Water Depth	Storm Surge	Storm Surge Water Level	Depth at with velocity is know	Current Velocity at reference hight	Angle of attack - current	Wave Height	Wave Period	Angle of attack - waves	Deep water wave length	Estimate actual wave length
[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	deg	[m]	[s]	[deg]	[m]	[m]
25	-1.02	23.98	1.0	0.5	72.5	6.8	11.6	72.5	210.1	161.4
									(16)	

Press here to solve. Start with L = Lo

(16) $L_O = \frac{g * T_Z^2}{2 * \pi}$

(17) $\frac{\pi * H_S}{SWL} - \frac{L}{SWL} * [\lambda + \lambda^3 + B_{33} + \lambda^5 * (B_{35} + B_{55})] = 0$

(18) $\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} * tanh\left(\frac{2 * \pi * SWL}{L}\right) * [\lambda^4 * C_2 + \lambda^2 * C_1 + 1] = 0$

Choosing L and solving for λ in (18) results in 4 roots for (17)

A	B	λ (1)	λ (2)	λ (3)	λ (4)	Eq (17)	Eq (18)
0.1141	0.1088	0.1268	#NUM!	-0.1268	#NUM!	0.0001	0.00000
The root λ (1) solved the equations (17) and (18)						(17)	(18)

To solve equations biquadratic in (18)

a	b	c
2.280658	0.29447	-0.0053

(19) $A = \frac{SWL}{L_O}$

(20) $B = \frac{SWL}{L} * tanh\left(\frac{2 * \pi * SWL}{L}\right)$

(21) $\lambda = \pm\sqrt{y}$

(22) $y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

a COEFFICIENTS

S	C	A_{11}	A_{13}	A_{15}	A_{22}	A_{24}	A_{33}	A_{35}	A_{44}	A_{55}	B_{22}	B_{24}	B_{33}	B_{35}	B_{44}	B_{55}	C_1	C_2	C_3	C_4
1.0753	1.4684	0.9299	-2.2086	-4.6429	0.2805	-0.3355	0.0411	0.3478	-8.02E-03	-0.0053	1.5685	1.2929	2.4621	6.9920	4.1993	8.4148	2.7061	20.9590	0.1583	0.2660

(23) $s = \sinh\left(\frac{2*\pi*SWL}{L}\right)$

(24) $C = \cosh\left(\frac{2*\pi*SWL}{L}\right)$

(25) $A_{11} = \frac{1}{S}$

(26) $A_{13} = \frac{-C^2*(5*C^2+1)}{8*S^5}$

(27) $A_{15} = -\frac{1184*C^{10}-1440*C^8-1992*C^6+2641*C^4-249*C^2+18}{1536*S^{11}}$

(28) $A_{22} = \frac{3}{8*S^4}$

(29) $A_{24} = \frac{192*C^8-424*C^6-312*C^4+480*C^2-17}{768*S^{10}}$

(30) $A_{33} = \frac{13-4*C^2}{64*S^7}$

(31) $A_{35} = \frac{512*C^{12}+4224*C^{10}-6800*C^8-12808*C^6+16704*C^4-3154*C^2-107}{4096*S^{13}*(6*C^2-1)}$

(32) $A_{44} = \frac{80*C^6-816*C^4+1338*C^2-197}{1536*S^{10}*(6*C^2-1)}$

(33) $A_{55} = -\frac{2880*C^{10}-72480*C^8+324000*C^6-432000*C^4+163470*C^2-16245}{61440*S^{11}*(6*C^2-1)*(8*C^4-11*C^2+3)}$

(34) $B_{22} = \frac{(2*C^2+1)*C}{4*S^3}$

(35) $B_{24} = \frac{(272*C^8-504*C^6-192*C^4+322*C^2+21)*C}{384*S^9}$

(36) $B_{33} = \frac{(8*C^6+1)*3}{64*S^6}$

(37) $B_{35} = \frac{88128*C^{14}-208224*C^{12}+70848*C^{10}+54000*C^8-21816*C^6+6264*C^4-54*C^2-81}{12288*S^{12}*(6*C^2-1)}$

(38) $B_{44} = C*\frac{768*C^{10}-488*C^8-48*C^6+48*C^4+106*C^2-21}{384*S^9*(6*C^2-1)}$

(39) $B_{55} = \frac{192000*C^{16}-26720*C^{14}+83680*C^{12}+20160*C^{10}-7280*C^8+7160*C^6-1800*C^4-1050*C^2+225}{12288*S^{10}*(6*C^2-1)*(8*C^4-11*C^2+3)}$

(40) $C_1 = \frac{8*C^4-8*C^2+9}{8*S^4}$

(41) $C_2 = \frac{3840*C^{12}-4096*C^{10}+2592*C^8-1008*C^6+5944*C^4-1830*C^2+147}{512*S^{10}(6*C^2-1)}$

(42) $C_3 = \frac{1}{4*C*S}$

(43) $C_4 = \frac{12*C^8+36*C^6-162*C^4+141*C^2-27}{192*S^9*C}$

WITH THE COEFFIENTS AND λ CALCULATE k_1, K_2, K_3 AND K_4

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
0.1133	0.0044	0.0001	0.0000	0.0000

(44) $K_1 = \lambda^*A_{11}+\lambda^3*A_{13}+\lambda^5*A_{15}$

(45) $K_2 = \lambda^2*A_{22}+\lambda^4*A_{24}$

(46) $K_3 = \lambda^3*A_{33}+\lambda^5*A_{35}$

(47) $K_4 = \lambda^4*A_{44}$

(48) $K_5 = \lambda^5*A_{55}$

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

b Horizontal wave particle velocities

Nominal	OD_{TOTAL} External Diameter	Water depth at which data required (Z)
[inch]	[mm]	[m]
12	329.8	0.3298
0	0	0.0000
0	0	0.0000

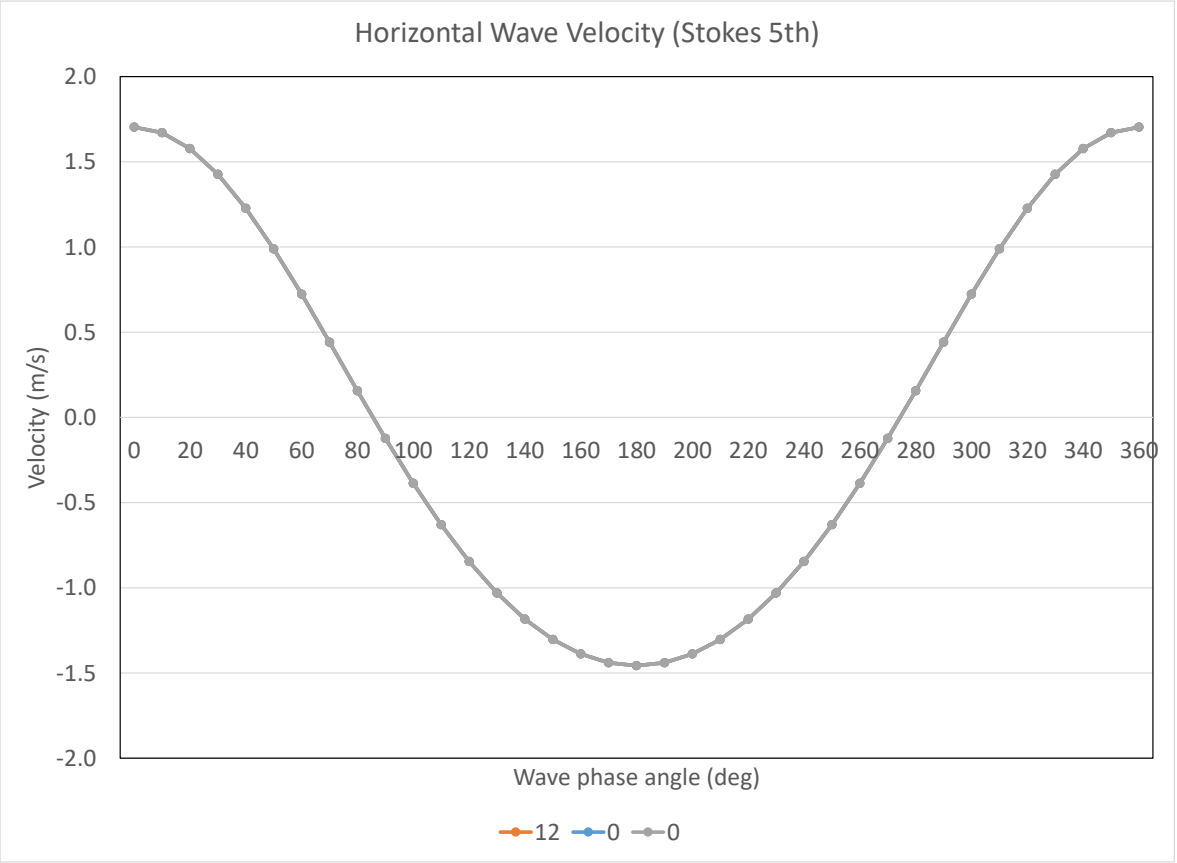
Horizontal velocity, U_w

(49) $$U_w = \frac{L}{T_Z} * \sum_{n=1}^{5} n * K_n * \cosh\left(\frac{n * 2 * \pi * z}{L}\right) * \cos(n * \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

(50) $$a_{w,h} = \frac{2 * \pi * L}{T_Z^2} * \sum_{n=1}^{5} n^2 * K_n * \cosh\left(\frac{n * 2 * \pi * z}{L}\right) * \sin(n * \varphi)$$

	12		0		0	
φ	U_w	$a_{w,h}$	U_w	$a_{w,h}$	Uw	aw,h
[deg.]	[m/s]	[m/s^2]	[m/s]	[m/s^2]	[m/s]	[m/s^2]
0	1.7031	0.0000	1.7030	0.0000	1.7030	0.0000
10	1.6713	0.1969	1.6711	0.1969	1.6711	0.1969
20	1.5774	0.3831	1.5772	0.3830	1.5772	0.3830
30	1.4266	0.5486	1.4265	0.5485	1.4265	0.5485
40	1.2269	0.6857	1.2268	0.6856	1.2268	0.6856
50	0.9884	0.7887	0.9883	0.7886	0.9883	0.7886
60	0.7226	0.8551	0.7225	0.8550	0.7225	0.8550
70	0.4413	0.8850	0.4412	0.8849	0.4412	0.8849
80	0.1559	0.8809	0.1559	0.8808	0.1559	0.8808
90	-0.1233	0.8472	-0.1232	0.8472	-0.1232	0.8472
100	-0.3875	0.7893	-0.3874	0.7893	-0.3874	0.7893
110	-0.6300	0.7130	-0.6299	0.7130	-0.6299	0.7130
120	-0.8456	0.6236	-0.8455	0.6236	-0.8455	0.6236
130	-1.0310	0.5258	-1.0309	0.5258	-1.0309	0.5258
140	-1.1839	0.4231	-1.1838	0.4231	-1.1838	0.4231
150	-1.3034	0.3180	-1.3033	0.3180	-1.3033	0.3180
160	-1.3888	0.2121	-1.3887	0.2121	-1.3887	0.2121
170	-1.4400	0.1060	-1.4399	0.1060	-1.4399	0.1060
180	-1.4571	0.0000	-1.4570	0.0000	-1.4570	0.0000
190	-1.4400	-0.1060	-1.4399	-0.1060	-1.4399	-0.1060
200	-1.3888	-0.2121	-1.3887	-0.2121	-1.3887	-0.2121
210	-1.3034	-0.3180	-1.3033	-0.3180	-1.3033	-0.3180
220	-1.1839	-0.4231	-1.1838	-0.4231	-1.1838	-0.4231
230	-1.0310	-0.5258	-1.0309	-0.5258	-1.0309	-0.5258
240	-0.8456	-0.6236	-0.8455	-0.6236	-0.8455	-0.6236
250	-0.6300	-0.7130	-0.6299	-0.7130	-0.6299	-0.7130



260	-0.3875	-0.7893	-0.3874	-0.7893	-0.3874	-0.7893
270	-0.1233	-0.8472	-0.1232	-0.8472	-0.1232	-0.8472
280	0.1559	-0.8809	0.1559	-0.8808	0.1559	-0.8808
290	0.4413	-0.8850	0.4412	-0.8849	0.4412	-0.8849
300	0.7226	-0.8551	0.7225	-0.8550	0.7225	-0.8550
310	0.9884	-0.7887	0.9883	-0.7886	0.9883	-0.7886
320	1.2269	-0.6857	1.2268	-0.6856	1.2268	-0.6856
330	1.4266	-0.5486	1.4265	-0.5485	1.4265	-0.5485
340	1.5774	-0.3831	1.5772	-0.3830	1.5772	-0.3830
350	1.6713	-0.1969	1.6711	-0.1969	1.6711	-0.1969
360	1.7031	0.0000	1.7030	0.0000	1.7030	0.0000

Max Wave Particle Velocity U_{wm} = 1.703136 m/s

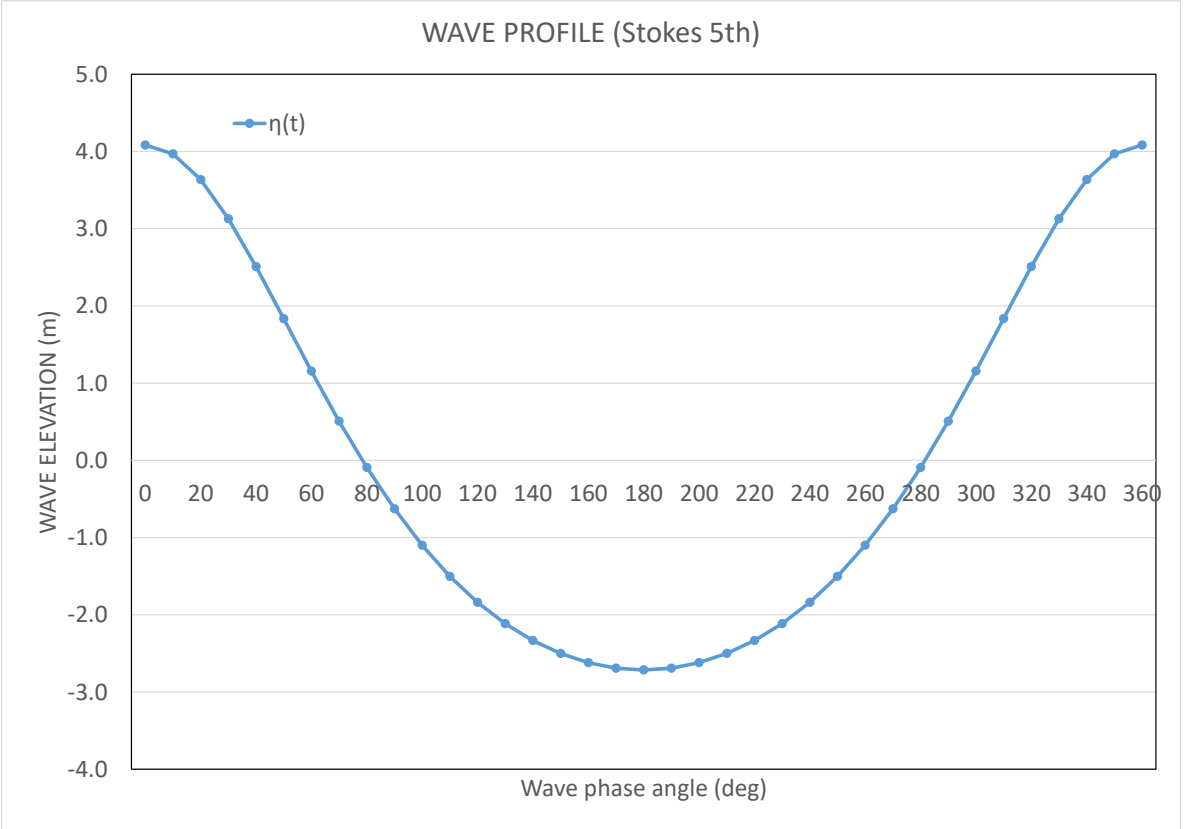
c WAVE PROFILE η(t)

φ	η(t)
[deg.]	[m]
0	4.0840
10	3.9677
20	3.6351
30	3.1293
40	2.5090
50	1.8344
60	1.1551
70	0.5061
80	-0.0920
90	-0.6287
100	-1.0993
110	-1.5024
120	-1.8396
130	-2.1148
140	-2.3335
150	-2.5006
160	-2.6194
170	-2.6910
180	-2.7150

φ	η(t)
[deg.]	[m]
190	-2.6910
200	-2.6194
210	-2.5006
220	-2.3335
230	-2.1148
240	-1.8396
250	-1.5024
260	-1.0993
270	-0.6287
280	-0.0920
290	0.5061
300	1.1551
310	1.8344
320	2.5090
330	3.1293
340	3.6351
350	3.9677
360	4.0840

c WAVE PROFILE η(t)

(51) $$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

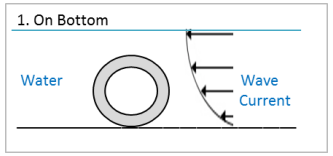


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

Condition 1: **On bottom stability. Installation, water filled,**

Nominal	ODTOTAL External Diameter	Wave Lenght	Maximum orbital particle velocity	Keulegan-Carpenter number	Pipeline embedment (ε)	Pipeline embedment (ε)	Drag coefficient	Lift coefficient	Inertia coefficient	Soil Submerged density	Angle of internal friction (ϕ)	Potyondy coefficient (pot)	Friction factor pipe/soil (f)	Passive soil resistance coefficient (Kp)	Passive soil resistance (Fp)	Available submerged weight	Required submerged weight	Additional Weight Required	CHECK
[inch]	[mm]	[m]	[m/s]		%	[mm]				[Kg/m^3]	[deg]				[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	
12	329.8	161.38	1.70	59.90	15	49	0.58	0.86	2.55	900	30	0.80	0.45	3.00	3.30	104.78	158.2	53.5	NOT OK
				(52)									(53)	(54)	(55)	(14)	(60)		

(52) $KC = \frac{U_{wm} * T_Z}{OD_{TOTAL}}$ (53) $f = \tan(pot * \varphi)$ (54) $K_p = \frac{1+\sin(\varphi)}{1-\sin(\varphi)}$ (55) $F_p = \left(\frac{1}{2}\right) * \rho_{soil} * \varepsilon^2 * K_p$



The required minimum submerged pipeline weight

Nominal	External Diameter inc embedment	Current particle velocity (Perpendicular to pipe) (Ucm)	Safety factor (SF)	Max. required submerged weight
[inch]	[mm]	[m/s]		[Kg/m]
12	280.33	0.36	1.1	158.2
		(56)		

(56) $U_{cm} = 0{,}875 * U_{czr} * \left(\frac{OD_{total}}{D_{czr}}\right)^{\frac{1}{7}} * \sin(\alpha c)$

(57) $F_d = 0{,}5 * \rho_{sw} * C_d * (U_w + U_{cm})^2 * OD_{total}$

(58) $F_L = 0{,}5 * \rho_{sw} * C_L * (U_w + U_{cm})^2 * OD_{total}$

(59) $F_i = 0{,}25 * \pi * \rho_{sw} * C_M * (OD_{total})^2 * a_{w,h}$

(60) $W_{req} = SF * F_L + \frac{SF * (F_d + F_i) - F_p}{f}$

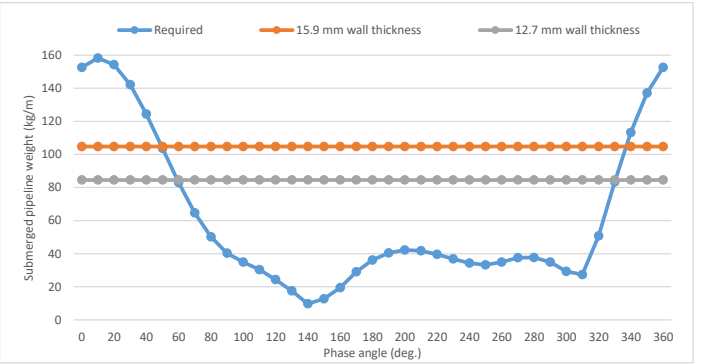
Coefficients and Interpolation tables

% Embedment	C_D	C_L	C_I
0	0.70	0.90	3.29
10	0.63	0.90	2.80
20	0.53	0.81	2.30
30	0.44	0.77	1.89
40	0.35	0.72	1.48

		% Embedment	C_D	C_L	C_I
12	Lim Inf	10	0.63	0.90	2.80
	Lim Sup	20	0.53	0.81	2.30
	Valor	15	0.58	0.86	2.55
0	Lim Inf	0	0.70	0.90	3.29
	Lim Sup	10	0.63	0.90	2.80
	Valor	0	0.70	0.90	3.29
0	Lim Inf	0	0.70	0.90	3.29
	Lim Sup	10	0.63	0.90	2.80
	Valor	0	0.67	0.90	3.04

CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

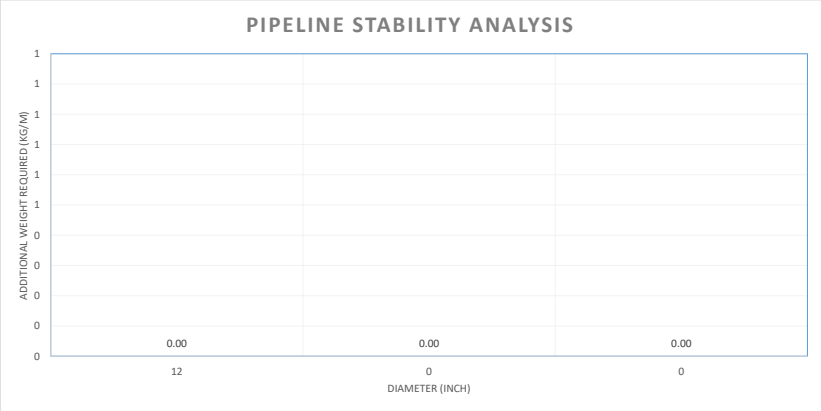
12	**PIPE**	(56)		(57)	(58)			(59)	(55)	(60)		(14)
φ	**v (perpendicula**	**Ucm**	**Utotal**	**Fd**	**FL**	**aw,h**	**aw,h (perpendic**	**Fi**	**Fp**	**Wreq**	**Wreq**	**Wa**
[deg.]	**[m/s]**	**[m/s]**	**[m/s]**	**[N/m]**	**[N/m]**	**[m/s^2]**	**[m/s^2]**	**[N/m]**	**[N/m]**	**[N/m]**	**[Kg/m]**	**[Kg/m]**
0	1.6243	0.3561	1.9804	382.8	566.8	0.0000	0.0000	0.0	32.41	1496.5	152.5	104.8
10	1.5939	0.3561	1.9500	371.2	549.5	0.1969	0.1878	41.9	32.41	1552.3	158.2	104.8
20	1.5044	0.3561	1.8605	337.9	500.2	0.3831	0.3653	81.6	32.41	1513.7	154.3	104.8
30	1.3606	0.3561	1.7167	287.7	425.9	0.5486	0.5232	116.8	32.41	1395.0	142.2	104.8
40	1.1701	0.3561	1.5262	227.4	336.6	0.6857	0.6539	146.0	32.41	1220.0	124.4	104.8
50	0.9427	0.3561	1.2988	164.6	243.8	0.7887	0.7522	167.9	32.41	1017.1	103.7	104.8
60	0.6891	0.3561	1.0452	106.6	157.9	0.8551	0.8155	182.1	32.41	814.2	83.0	104.8
70	0.4208	0.3561	0.7769	58.9	87.2	0.8850	0.8440	188.4	32.41	634.3	64.7	104.8
80	0.1487	0.3561	0.5048	24.9	36.8	0.8809	0.8401	187.6	32.41	492.6	50.2	104.8
90	-0.1176	0.3561	0.2385	5.6	8.2	0.8472	0.8080	180.4	32.41	395.7	40.3	104.8
100	-0.3696	0.3561	-0.0135	0.0	0.0	0.7893	0.7528	168.1	32.41	342.4	34.9	104.8
110	-0.6008	0.3561	-0.2447	-5.8	8.7	0.7130	0.6800	151.8	32.41	297.4	30.3	104.8
120	-0.8065	0.3561	-0.4504	-19.8	29.3	0.6236	0.5948	132.8	32.41	238.6	24.3	104.8
130	-0.9832	0.3561	-0.6271	-38.4	56.8	0.5258	0.5015	112.0	32.41	171.5	17.5	104.8
140	-1.1291	0.3561	-0.7730	-58.3	86.4	0.4231	0.4035	90.1	32.41	95.0	9.7	104.8
150	-1.2430	0.3561	-0.8869	-76.8	113.7	0.3180	0.3033	67.7	32.41	125.1	12.7	104.8
160	-1.3245	0.3561	-0.9684	-91.5	135.5	0.2121	0.2022	45.2	32.41	190.9	19.5	104.8
170	-1.3734	0.3561	-1.0173	-101.0	149.5	0.1060	0.1011	22.6	32.41	285.5	29.1	104.8
180	-1.3896	0.3561	-1.0335	-104.3	154.4	0.0000	0.0000	0.0	32.41	354.6	36.1	104.8
190	-1.3734	0.3561	-1.0173	-101.0	149.5	-0.1060	-0.1011	-22.6	32.41	397.0	40.5	104.8
200	-1.3245	0.3561	-0.9684	-91.5	135.5	-0.2121	-0.2022	-45.2	32.41	414.0	42.2	104.8
210	-1.2430	0.3561	-0.8869	-76.8	113.7	-0.3180	-0.3033	-67.7	32.41	409.3	41.7	104.8
220	-1.1291	0.3561	-0.7730	-58.3	86.4	-0.4231	-0.4035	-90.1	32.41	388.9	39.6	104.8
230	-0.9832	0.3561	-0.6271	-38.4	56.8	-0.5258	-0.5015	-112.0	32.41	361.2	36.8	104.8
240	-0.8065	0.3561	-0.4504	-19.8	29.3	-0.6236	-0.5948	-132.8	32.41	336.4	34.3	104.8
250	-0.6008	0.3561	-0.2447	-5.8	8.7	-0.7130	-0.6800	-151.8	32.41	326.3	33.3	104.8
260	-0.3696	0.3561	-0.0135	0.0	0.0	-0.7893	-0.7528	-168.1	32.41	342.5	34.9	104.8
270	-0.1176	0.3561	0.2385	5.6	8.2	-0.8472	-0.8080	-180.4	32.41	368.2	37.5	104.8
280	0.1487	0.3561	0.5048	24.9	36.8	-0.8809	-0.8401	-187.6	32.41	369.7	37.7	104.8
290	0.4208	0.3561	0.7769	58.9	87.2	-0.8850	-0.8440	-188.4	32.41	343.2	35.0	104.8
300	0.6891	0.3561	1.0452	106.6	157.9	-0.8551	-0.8155	-182.1	32.41	287.3	29.3	104.8
310	0.9427	0.3561	1.2988	164.6	243.8	-0.7887	-0.7522	-167.9	32.41	268.1	27.3	104.8
320	1.1701	0.3561	1.5262	227.4	336.6	-0.6857	-0.6539	-146.0	32.41	498.5	50.8	104.8
330	1.3606	0.3561	1.7167	287.7	425.9	-0.5486	-0.5232	-116.8	32.41	817.8	83.4	104.8
340	1.5044	0.3561	1.8605	337.9	500.2	-0.3831	-0.3653	-81.6	32.41	1110.7	113.2	104.8
350	1.5939	0.3561	1.9500	371.2	549.5	-0.1969	-0.1878	-41.9	32.41	1345.1	137.1	104.8
360	1.6243	0.3561	1.9804	382.8	566.8	0.0000	0.0000	0.0	32.41	1496.5	152.5	104.8
Maximum required submerged weight (Kg/m) =					**158.2**				Max	1552.3	158.2	

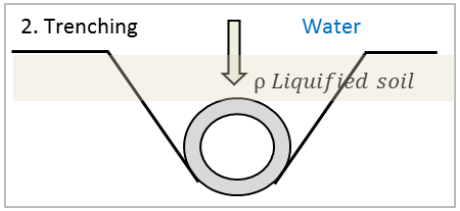


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

Condition 2: **Trenching check, sinking through liquefied soil.**

	ID	OD	OD_{TOTAL}	ρ_p	ρcont	ρ_{SW}	ρ_{Soil}	Coating		Concrete Coating										
Nominal	Internal Diameter	External Diameter	OD_{TOTAL} External Diameter	Density (pipe)	Density (installation contents)	Density (Sea water)	Density (Liquified soil)	t_c Thickness	ρ_c Density	t_{con} Thickness	ρ_{con} Density	Weight in air empty	Submerged weight empty	Weight content pipe	Weight in liquified soil flooded	Buoyancy Liquefied soil	Design factor	Contingency factor	Required pipeline weight	Additional Weight Required	CHECK
[inch]	[m]	[m]	[m]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]			[Kg/m]	[Kg/m]	
12	0.292	0.324	0.330	7850	1025	1025	1300	3	965	0	3000	123.71	36.14	68.64	81.29	111.05	1.15	1.00	127.71	Zero	OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	OK



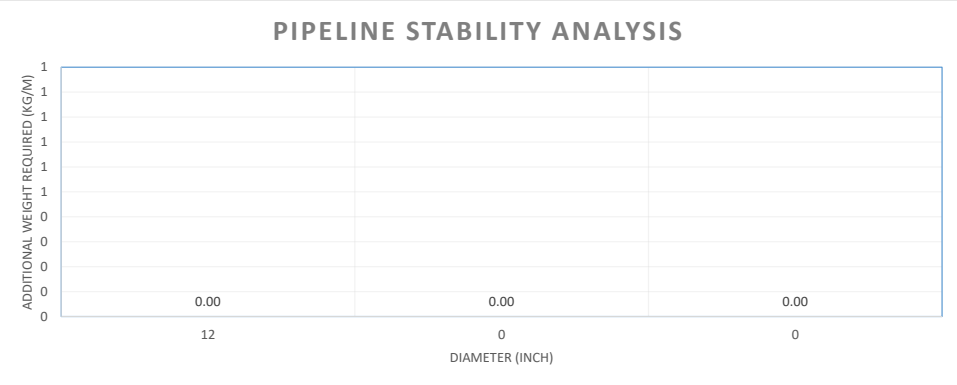


CLIENT	Neptune
PROJECT	L07-F Pipeline and spool piece
SUBJECT	On-bottom stability calculation - NEN3656
DOCUMENT	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations
FILE	L7-F flooded lay 159mm_On Bottom Stability Calculations.xlsm
PREPARED BY	EvW
REVIEW	PF
DATE	06/01/2025

Condition 3: **Operational no cover. Pipeline is operational (product filled).**
No floating of pipeline

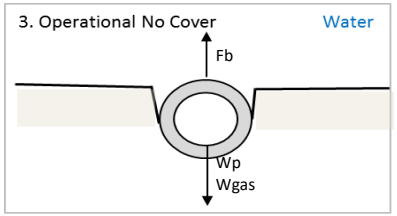
0

	ID	OD	OD_{TOTAL}	ρ_p	ρ_{SW}	ρ_{Soil}	ρ_{prod}	ρ_{air}	Coating		Concrete Coating									
									t_c	ρ_c	t_{con}	ρ_{con}								
Nominal	**Internal Diameter**	**External Diameter**	**OD TOTAL External Diameter**	**Density (pipe)**	**Density (Sea water)**	**Density (Liquified soil)**	**Density (product)**	**Density (Air)**	**Thickness**	**Density**	**Thickness**	**Density**	**Weight in air, Wp (empty)**	**Submerged weight, Ws (empty)**	**Design factor (df)**	**Contingency factor**	**Buoyancy Force (Fb)**	**Required pipeline weight (Wr)**	**Additional Weight Required (Wadd)**	**CHECK**
[inch]	[m]	[m]	[m]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/Nm^3]	[kg/Nm^3]	[mm]	[kg/m^3]	[mm]	[kg/m^3]	[kg/m]	[kg/m]	[-]	[-]	[Kg/m]	[Kg/m]	[Kg/m]	
12	0.292	0.324	0.330	7850	1025	1300	78.0000	1.0	3	965	0	3000	123.71	36.21	1.15	1.00	87.56	100.70	ZERO	OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	78.0000	1.0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	78.0000	1.0	0	0	0	0	0.00	0.00	1.15	1.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK



In order to prevent floating of the pipe, the weight of the pipe in air should be df * Fbuoy (df > 1)
The content of the pipe is not included (exposed pipeline which is pigged)

a $$\frac{W_p}{Fbuoy} = df$$



Appendix D Buckling & Collapse Analysis

The following buckling and collapse analyses were performed:

- L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations_installation_flooded
- L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations_hydrotest
- L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations_operational
- L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations_installation_flooded
- L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations_hydrotest
- L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations_operational

(84 pages)

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Buckling and Collapse - 12in x 12.7mm - Installation: filled

Situation 2 — Installation: filled

1. Installation: empty
2. Installation: filled
3. Hydrotest
4. Operational

	Pressure (barg)	Temperature (deg. C)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15
Design (P_d, T_d)	120	50
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom}	=	12	
Nominal diameter		OD_{nom}	=	323.8	mm
Nominal wall thickness		d_{nom}	=	12.7	mm
Max. OD deviation	$OD_{max,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{max,dev}$	=	4.45	mm
Min. OD deviation	$OD_{min,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{min,dev}$	=	4.45	mm
Max. ovalised diameter	$OD_{max} = OD_{nom} + 0.35 \cdot dmin$	OD_{max}	=	328.245	mm
Min. ovalised diameter	$OD_{min} = OD_{nom} - 0.35 \cdot dmin$	OD_{min}	=	319.355	mm
Initial ovalisation	$\delta_0 = \frac{OD_{max} - OD_{min}}{OD_{max} + OD_{min}}$	δ_0	=	0.014	-
Cross sectional area of steel		A	=	12412	mm^2
Moment of Inertia		I	=	150413492	mm^4
Corrosion allowance		CA	=	3	mm
Fabrication Tolerance		f_{tol}	=	12.5	%
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min}	=	8.1	mm
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g	=	315.7	mm

Piggyback

Nominal diameter		$OD_{nom,p}$	=	0	mm
Nominal wall thickness		$d_{nom,p}$	=	0.0	mm

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm
Thickness piggyback	=	0	mm
Density	=	965.0	kg/m^3

Constants

gravitational acceleration	g	=	9.81	m/s^2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Material			=	L360NE	
Design temperature		T_d	=	15	°C
Yield at ambient temperature		R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature		R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Density		ρ_{st}	=	7850	kg/m^3
Youngs modulus		E_s	=	210000	N/mm^2
Poisson's ratio		υ	=	0.3	-
Linear thermal expansion coefficient		α	=	1.16E-05	m/m/^{o}C
Contents					
Sea water density				1025	kg/m^3
Pipeline product density				78	kg/m^3
Pipeline content density used for this case:	Installation: filled			1025	kg/m^3
Pipeline Weights					
Pipeline weight in air	$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$	$W_{pl,a}$	=	1688.2	N/m
Piggyback weight in air		$W_{pg,a}$	=	0.0	N/m
Buoyancy force pipeline	$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$	$F_{B,pl}$	=	859.0	N/m
Buoyancy force piggyback		$F_{B,pb}$	=	0.0	N/m
Submerged pipeline weight,empty		$W_{pl,s,e}$	=	126.0	N/m
Submerged piggyback weight		$W_{pg,s}$	=	0.0	N/m
Total submerged bundle weight,empty		$W_{T,s,e}$	=	126.0	N/m
Total submerged bundle weight,water filled		$W_{T,s,f}$	=	829.2	N/m
Soil					
Submerged density		ρ_{ss}	=	900	kg/m^3
Depth of burial		d_b	=	0.00	m
Soil cover pressure	$SC_{pres} = \rho_{ss} \times d_b \times g$	SC_{pres}	=	0.000	N/mm^2
Environmental conditions					
Water depths:					
Seawater density		ρ_{sw}	=	1025	kg/m3
Maximum water depth		WD_{max}	=	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min}	=	26	m LAT
Other water depth (to be used for calculations)		WD	=	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr}	=	-1.02	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr}	=	-1.32	m LAT
Storm surge water level	SSWL = WD + ss	SSWL	=	24.98	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT	=	2.19	m
Waves (H_{max} & T_{max}):					
Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrote		$H_{max,1}$	=	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr		$T_{ass,1}$	=	10.4	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational		$H_{max,100}$	=	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr		$T_{ass,100}$	=	12.3	s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

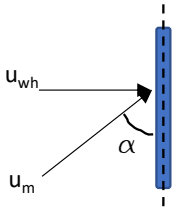
Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

$$\frac{H_{max}}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0117$$

$$\frac{SWL}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0235$$

Wave theory selected:
1. Airy/linear wave; 2. Stokes 5th **2** Stokes 5th



Maximum wave particle velocity	u_{wm} =	2.66	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uw} =	72.5	deg
Horizontal wave velocity⊥ to P/L	u_{wh} =	2.54	m/s

Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s
Current velocity at reference height	U_{czr} =	0.5	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uc} =	72.5	deg
Horizontal current velocity⊥ to P/L	u_{ch} =	0.36	m/s

$$\frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r} \right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc}) =$$

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Maximum absolute hydrodynamic force 1053 N/m

Temperatures:

Ambient temperature	T_{amb} =	4	deg. C

Collapse - external pressure only (K.3.3.5.1)

External implosion pipe collapse pressure (P_c) given by:

$$(p_c - p_e) \cdot (p_c^{\,2} - p_p^{\,2}) = p_c \cdot p_e \cdot p_p \cdot 2 \cdot \delta_o \cdot \frac{OD_g}{d_{nom}}$$

External elastical pipe collapse pressure (P_e): $P_e = \frac{2E_s}{1-\nu^2}\left(\frac{d_{nom}}{OD_{av}}\right)^3$ = 30.1 N/mm²

External plastic pipe collapse pressure (P_p) $P_p = \frac{2 R_e d_{nom}}{OD_{nom}}$ = 24.0 N/mm²

(including factor 0.85, for UOE fabricated pipe, per NEN3656 in K.3.3.5.2)

External implosion pipe collapse pressure (P_c): P_c = 13.4 N/mm²

Maximum water column above mudline (WC_{max}) $WC_{max} = WD_{max} + 0.5 \cdot H_{max,100} + HAT$ = 36.99 m

0.3699 N/mm²

Actual external pressure (P_L) $WC_{max} + SC_{pres}$ = 0.37 N/mm²

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
γ_M =	0.93	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.45	-

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **= OK**

Collapse - bending moment only (K.3.3.5.2)

Buckling bending moment (M_c) $M_c = D_g^2 d_n R_e$ = 4.6E+08 N·mm

Assessment: $\gamma_{g,M} \times M_L \le \frac{\gamma_M \times M_c}{\gamma_{m,M}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,M}$ =	1.1	-
γ_M =	1	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.3	-

Maximum allowable bending moment ($M_{L,b}$) $M_{L,b}$ = 3.2E+08 N·mm
= 3.186E+05 N·m

Collapse - external pressure + bending moment only (K.3.3.5.3)

Assessment: $\frac{\gamma_{g,p} \times P_L}{P_c / \gamma_{m,p}} + \left(\frac{\gamma_{g,M} \times M_L}{M_c / \gamma_{m,M}} \right)^n \le \gamma_M$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
$\gamma_{g,M}$ =	1.55	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.25	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.15	-
γ_M =	0.93	-

$n = 1 + 300 \cdot d_{nom} / OD_g$ n = 13.1 -

Maximum allowable bending moment ($M_{L,pb}$) $M_{L,pb}$ = 2.5E+08 N·mm
= 2.534E+05 N·m

Determination maximum span length due to bending only or bending & external pressure

Assessment $M_{L,m} = \frac{q \cdot L^2}{10}$ **Where,**

q = load acting on pipe
L = span length

$$q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$$

Ws = submerged pipeline weight;

Ws =	829	N/m
$F_D + F_I$ =	1053	N/m
γ_w =	1.1	-
γ_h =	1.2	-

Table 3 - NEN3656

q = 1558 N/m

Maximum allowable bending moment ($M_{L,m}$) is smallest of $M_{L,b}$ and $M_{L,pb}$ $M_{L,m}$ = 2.5E+05 N·m

Maximum span length,	L_{max} =	40.3 m

Progressive plastic collapse (K.3.3.6)

Assessment: $\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$

Temperature difference with ambient; ΔT = 11 -

R_e = 360.00 N/mm^2

R_{ed} = 360.00 N/mm^2

$$\sigma_p = \frac{p \cdot (OD_{nom} - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$$

σ_p = 3.9 N/mm^2

$$\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$$

Assessment: 0.0001 < 0.0033 **OK**

Local buckling (K.3.3.3)

Assessment: $\frac{(OD_{nom} - d_{min})}{d_{nom}} < 55$: no check on local buckling required = 24.9 **OK**

Bar buckling:

Assessment: $$L_{max,bb} = \sqrt{4 \cdot \pi^2 \frac{E \cdot I}{|N|}}$$

Effective axial force $$N = A \cdot (\nu \cdot S_h - \gamma_t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T)$$

$S_h = \gamma_p \cdot \sigma_h$ Table 3 - NEN3656 - BC4

γ_p = 1.15 -

γ_t = 1.1 -

N = -3.49E+05 N

$L_{max,bb}$ = 59.8 m

Stokes 5th order wave theory

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	-1.02	m
Storm surge water level	$SWL = WD + ss$ =	24.98	m
Wave height	H =	12.4	m
Wave period	T =	10.4	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2
Deep water wave length	$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$ =	168.9	m

Solving for wave length (L) and λ

$$\frac{\pi \cdot H}{SWL} - \frac{L}{SWL}\left\{\lambda + \lambda^3 \cdot B_{33} + \lambda^5 \cdot \left(B_{35} + B_{55}\right)\right\} = 0 \quad (I)$$

$$\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) \cdot \left\{1 + \lambda^2 \cdot C_1 + \lambda^4 \cdot C_2\right\} = 0 \quad (II)$$

Choosing L and solving for λ in (II) results in 4 roots for λ

Estimate actual wave length, L **150.664 m**

$$A = SWL / L_O = 0.1479$$

$$B = \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) = 0.1291$$

$$\lambda = \pm\sqrt{X}$$

$$X = \frac{-C_1 \cdot B \pm \sqrt{D}}{2 \cdot C_2 \cdot B}$$

$$D = (C_1 \cdot B)^2 - 4 \cdot (C_2 \cdot B) \cdot (-(A - B)) = 0.1867$$

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

	-	eq. (I)	eq. (II)
λ1	0.231	0.0000	0.0000
λ2	Numerator of X < 0		
λ3	-0.231	3.1190	0.0000
λ4	Numerator of X < 0		

Item	Formula	Value	Unit
s	$s = \sinh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.2407	-
c	$c = \cosh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.5935	-
A11	$A_{11} = \frac{1}{s} =$	0.8060	-
A13	$A_{13} = \frac{-c^2\cdot\left(5\cdot c^2+1\right)}{8\cdot s^5} =$	-1.4789	-
	$A_{15} = -\frac{1184\cdot c^{10}-1440\cdot c^8-1992\cdot c^6+2641\cdot c^4-249\cdot c^2+18}{1536\cdot s^{11}} =$	-2.9713	-
A22	$A_{22} = \frac{3}{8\cdot s^4} =$	0.1583	-
A24	$A_{24} = \frac{192\cdot c^8-424\cdot c^6-312\cdot c^4+480\cdot c^2-17}{768\cdot s^{10}} =$	0.0347	-
A33	$A_{33} = \frac{13-4\cdot c^2}{64\cdot s^7} =$	0.0098	-
	$A_{35} = \frac{512\cdot c^{12}+4224\cdot c^{10}-6800\cdot c^8-12808\cdot c^6+16704\cdot c^4-3154\cdot c^2-107}{4096\cdot s^{13}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	0.1978	-
A44	$A_{44} = \frac{80\cdot c^6-816\cdot c^4+1338\cdot c^2-197}{1536\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	-0.0040	-

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

$$A_{55} = -\frac{2880\cdot c^{10} - 72480\cdot c^{8} + 324000\cdot c^{6} - 432000\cdot c^{4} + 163470\cdot c^{2} - 16245}{61440\cdot s^{11}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)} = \quad \text{-0.0008 -}$$

B22 $$B_{22} = \frac{\left(2\cdot c^{2}+1\right)\cdot c}{4\cdot s^{3}} = \quad \text{1.2680 -}$$

B24 $$B_{24} = \frac{c\cdot\left(272\cdot c^{8} - 504\cdot c^{6} - 192\cdot c^{4} + 322\cdot c^{2} + 21\right)}{384\cdot s^{9}} = \quad \text{1.5832 -}$$

B33 $$B_{33} = \frac{3\cdot\left(8\cdot c^{6}+1\right)}{64\cdot s^{6}} = \quad \text{1.6964 -}$$

$$B_{35} = \frac{88128\cdot c^{14} - 208224\cdot c^{12} + 70848\cdot c^{10} + 54000\cdot c^{8} - 21816\cdot c^{6} + 6264\cdot c^{4} - 54\cdot c^{2} - 81}{12288\cdot s^{12}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{5.8357 -}$$

B44 $$B_{44} = c\cdot\frac{768\cdot c^{10} - 488\cdot c^{8} - 48\cdot c^{6} + 48\cdot c^{4} + 106\cdot c^{2} - 21}{384\cdot s^{9}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{2.5348 -}$$

$$B_{55} = \frac{192000\cdot c^{16} - 26720\cdot c^{14} + 83680\cdot c^{12} + 20160\cdot c^{10} - 7280\cdot c^{8} + 7160\cdot c^{6} - 1800\cdot c^{4} - 1050\cdot c^{2} + 225}{12288\cdot s^{10}\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{4.4037 -}$$

C1 $$C_{1} = \frac{8\cdot c^{4} - 8\cdot c^{2} + 9}{8\cdot s^{4}} = \quad \text{2.1245 -}$$

$$C_{2} = \frac{3840\cdot c^{12} - 4096\cdot c^{10} + 2592\cdot c^{8} - 1008\cdot c^{6} + 5944\cdot c^{4} - 1830\cdot c^{2} + 147}{512\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{11.4650 -}$$

C3 $$C_{3} = -\frac{1}{4\cdot c\cdot s} = \quad \text{-0.1265 -}$$

C4 $$C_{4} = \frac{12\cdot c^{8} + 36\cdot c^{6} - 162\cdot c^{4} + 141\cdot c^{2} - 27}{192\cdot c\cdot s^{9}} = \quad \text{0.1759 -}$$

K1 $$K_{1} = \lambda\cdot A_{11} + \lambda^{3}\cdot A_{13} + \lambda^{5}\cdot A_{15} = \quad \text{0.1660 -}$$

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

K2	$K_2 = \lambda^2 \cdot A_{22} + \lambda^4 \cdot A_{24} =$	0.0085	-
K3	$K_3 = \lambda^3 \cdot A_{33} + \lambda^5 \cdot A_{35} =$	0.0003	-
K4	$K_4 = \lambda^4 \cdot A_{44} =$	0.0000	-
K5	$K_5 = \lambda^5 \cdot A_{55} =$	0.0000	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. seabed) 0.3238 m

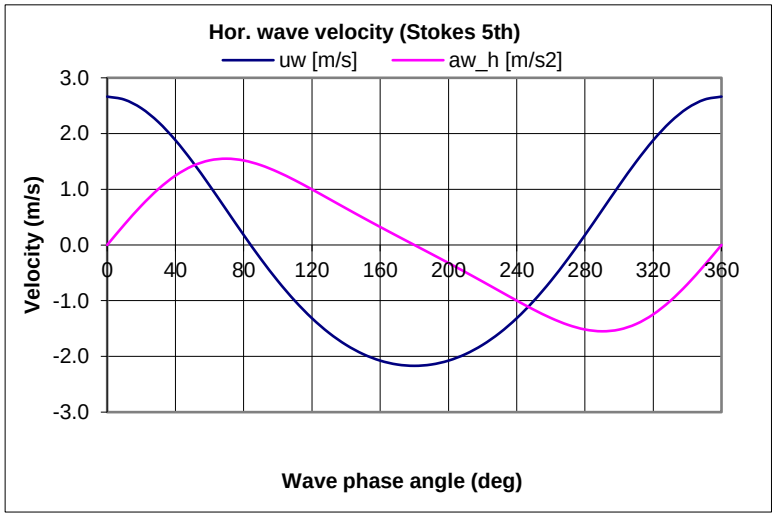
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{L}{T} \cdot \sum_{n=1}^{5} n \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \cos(n \cdot \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

$$a_{w,h} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{T^2} \cdot \sum_{n=1}^{5} n^2 \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \sin(n \cdot \varphi)$$

ϕ [deg.]	uw [m/s]	aw_h [m/s^2]
0.00	2.6624	0.0000
10.00	2.6097	0.3634
20.00	2.4546	0.7046
30.00	2.2067	1.0038
40.00	1.8803	1.2450
50.00	1.4939	1.4180
60.00	1.0680	1.5187
70.00	0.6232	1.5491
80.00	0.1790	1.5168
90.00	-0.2482	1.4329
100.00	-0.6452	1.3102
110.00	-1.0027	1.1615
120.00	-1.3149	0.9979
130.00	-1.5786	0.8278
140.00	-1.7931	0.6570
150.00	-1.9585	0.4885
160.00	-2.0756	0.3232
170.00	-2.1455	0.1608
180.00	-2.1687	0.0000
190.00	-2.1455	-0.1608
200.00	-2.0756	-0.3232



210.00	-1.9585	-0.4885
220.00	-1.7931	-0.6570
230.00	-1.5786	-0.8278
240.00	-1.3149	-0.9979
250.00	-1.0027	-1.1615
260.00	-0.6452	-1.3102
270.00	-0.2482	-1.4329
280.00	0.1790	-1.5168
290.00	0.6232	-1.5491
300.00	1.0680	-1.5187
310.00	1.4939	-1.4180
320.00	1.8803	-1.2450
330.00	2.2067	-1.0038
340.00	2.4546	-0.7046
350.00	2.6097	-0.3634
360.00	2.6624	0.0000

U_{wm} = max. wave particle velocity = 2.66 m/s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

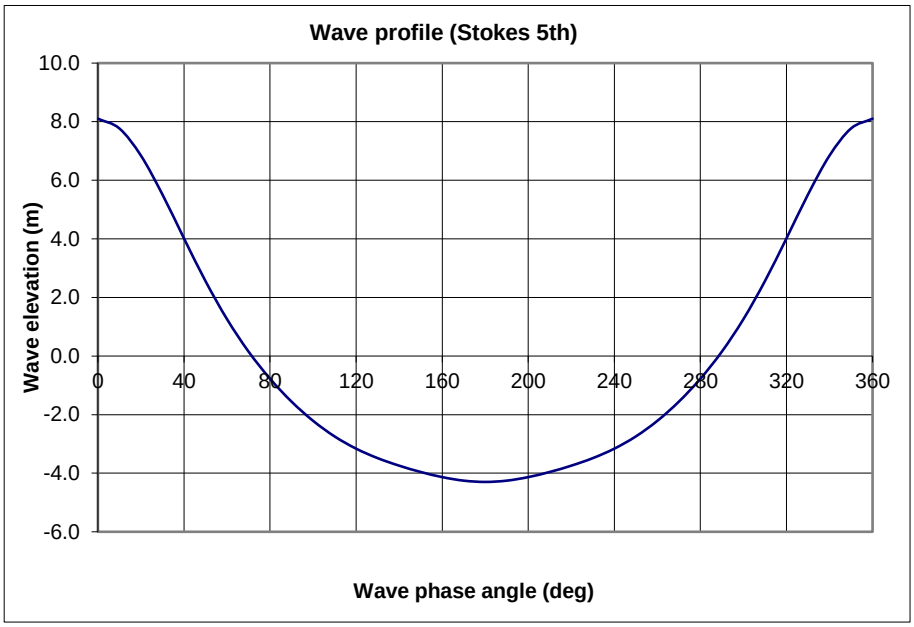
Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Wave profile h(t)

$$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	8.1025
10.00	7.7694
20.00	6.8431
30.00	5.5141
40.00	4.0184
50.00	2.5595
60.00	1.2593
70.00	0.1539
80.00	-0.7746
90.00	-1.5567
100.00	-2.2112
110.00	-2.7438
120.00	-3.1618
130.00	-3.4851
140.00	-3.7426
150.00	-3.9573
160.00	-4.1332
170.00	-4.2539
180.00	-4.2975
190.00	-4.2539
200.00	-4.1332
210.00	-3.9573
220.00	-3.7426
230.00	-3.4851
240.00	-3.1618
250.00	-2.7438
260.00	-2.2112
270.00	-1.5567
280.00	-0.7746
290.00	0.1539
300.00	1.2593
310.00	2.5595
320.00	4.0184
330.00	5.5141
340.00	6.8431
350.00	7.7694
360.00	8.1025



Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

General data

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
10.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
20.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
30.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
40.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
50.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
60.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
70.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
80.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
90.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
100.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
110.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
120.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
130.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
140.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
150.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
160.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
170.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
180.00	-2.07	0.36	-1.71	-346.9	446.0
190.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
200.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
210.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
220.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
230.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
240.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
250.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
260.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
270.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
280.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
290.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
300.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
310.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
320.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
330.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
340.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
350.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
360.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator : EvW
Checked : PF
Date : 23/12/2024
Revision : 1

ϕ [deg]	a_{w_h} [m/s^2]	$a_{w_h_perp}$ [m/s^2]	Fi [N/m]	Fd+Fi [N/m]	ABS(Fd+Fi) [N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8
10.00	0.35	0.33	95.2	1052.9	1052.9
20.00	0.67	0.64	184.6	1045.3	1045.3
30.00	0.96	0.91	263.0	979.4	979.4
40.00	1.19	1.13	326.2	872.8	872.8
50.00	1.35	1.29	371.6	746.8	746.8
60.00	1.45	1.38	397.9	621.5	621.5
70.00	1.48	1.41	405.9	512.8	512.8
80.00	1.45	1.38	397.5	430.3	430.3
90.00	1.37	1.30	375.5	377.1	377.1
100.00	1.25	1.19	343.3	335.4	335.4
110.00	1.11	1.06	304.3	261.7	261.7
120.00	0.95	0.91	261.5	166.1	166.1
130.00	0.79	0.75	216.9	60.6	60.6
140.00	0.63	0.60	172.2	-44.8	44.8
150.00	0.47	0.44	128.0	-142.4	142.4
160.00	0.31	0.29	84.7	-227.1	227.1
170.00	0.15	0.15	42.1	-295.8	295.8
180.00	0.00	0.00	0.0	-346.9	346.9
190.00	-0.15	-0.15	-42.1	-380.1	380.1
200.00	-0.31	-0.29	-84.7	-396.5	396.5
210.00	-0.47	-0.44	-128.0	-398.4	398.4
220.00	-0.63	-0.60	-172.2	-389.1	389.1
230.00	-0.79	-0.75	-216.9	-373.2	373.2
240.00	-0.95	-0.91	-261.5	-356.9	356.9
250.00	-1.11	-1.06	-304.3	-347.0	347.0
260.00	-1.25	-1.19	-343.3	-351.3	351.3
270.00	-1.37	-1.30	-375.5	-373.8	373.8
280.00	-1.45	-1.38	-397.5	-364.6	364.6
290.00	-1.48	-1.41	-405.9	-299.0	299.0
300.00	-1.45	-1.38	-397.9	-174.4	174.4
310.00	-1.35	-1.29	-371.6	3.7	3.7
320.00	-1.19	-1.13	-326.2	220.4	220.4
330.00	-0.96	-0.91	-263.0	453.3	453.3
340.00	-0.67	-0.64	-184.6	676.1	676.1
350.00	-0.35	-0.33	-95.2	862.4	862.4
360.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8

Maximum absolute hydrodynamic force 1052.9 N/m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Buckling and Collapse - 12in x 12.7mm - Hydrotest

Situation 3

1. Installation: empty
2. Installation: filled
3. Hydrotest
4. Operational

Hydrotest

	Pressure (barg)	Temperature (deg. C)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15
Design (P_d, T_d)	120	50
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom} =	12	
Nominal diameter		OD_{nom} =	323.8	mm
Nominal wall thickness		d_{nom} =	12.7	mm
Max. OD deviation	$OD_{max,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{max,dev}$ =	4.45	mm
Min. OD deviation	$OD_{min,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{min,dev}$ =	4.45	mm
Max. ovalised diameter	$OD_{max} = OD_{nom} + 0.35 \cdot dmin$	OD_{max} =	328.245	mm
Min. ovalised diameter	$OD_{min} = OD_{nom} - 0.35 \cdot dmin$	OD_{min} =	319.355	mm
Initial ovalisation	$\delta_0 = \frac{OD_{max} - OD_{min}}{OD_{max} + OD_{min}}$	δ_0 =	0.014	-
Cross sectional area of steel		A =	12412	mm^2
Moment of Inertia		I =	150413492	mm^4
Corrosion allowance		CA =	3	mm
Fabrication Tolerance		f_{tol} =	12.5	%
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min} =	8.1	mm
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g =	315.7	mm

Piggyback

Nominal diameter		$OD_{nom,p}$ =	0	mm
Nominal wall thickness		$d_{nom,p}$ =	0.0	mm

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm
Thickness piggyback	=	0	mm
Density	=	965.0	kg/m^3

Constants

gravitational acceleration	g =	9.81	m/s^2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Material			=	L360NE	
Design temperature		T_d	=	15	°C
Yield at ambient temperature		R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature		R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Density		ρ_{st}	=	7850	kg/m^3
Youngs modulus		E_s	=	210000	N/mm^2
Poisson's ratio		υ	=	0.3	-
Linear thermal expansion coefficient		α	=	1.16E-05	m/m/°C
Contents					
Sea water density				1025	kg/m^3
Pipeline product density				78	kg/m^3
Pipeline content density used for this case:	Hydrotest			1025	kg/m^3
Pipeline Weights					
Pipeline weight in air	$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$	$W_{pl,a}$	=	1688.2	N/m
Piggyback weight in air		$W_{pg,a}$	=	0.0	N/m
Buoyancy force pipeline	$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$	$F_{B,pl}$	=	859.0	N/m
Buoyancy force piggyback		$F_{B,pb}$	=	0.0	N/m
Submerged pipeline weight,empty		$W_{pl,s,e}$	=	126.0	N/m
Submerged piggyback weight		$W_{pg,s}$	=	0.0	N/m
Total submerged bundle weight,empty		$W_{T,s,e}$	=	126.0	N/m
Total submerged bundle weight,water filled		$W_{T,s,f}$	=	829.2	N/m
Soil					
Submerged density		ρ_{ss}	=	900	kg/m^3
Depth of burial		d_b	=	0.00	m
Soil cover pressure	$SC_{pres} = \rho_{ss} \times d_b \times g$	SC_{pres}	=	0.000	N/mm^2
Environmental conditions					
Water depths:					
Seawater density		ρ_{sw}	=	1025	kg/m3
Maximum water depth		WD_{max}	=	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min}	=	26	m LAT
Other water depth (to be used for calculations)		WD	=	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr}	=	-1.02	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr}	=	-1.32	m LAT
Storm surge water level	SSWL = WD + ss	SSWL	=	24.98	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT	=	2.19	m
Waves (H_{max} & T_{max}):					
Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrote		$H_{max,1}$	=	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr		$T_{ass,1}$	=	10.4	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational		$H_{max,100}$	=	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr		$T_{ass,100}$	=	12.3	s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

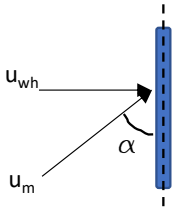
Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

$$\frac{H_{max}}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0117$$

$$\frac{SWL}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0235$$

Wave theory selected:
1. Airy/linear wave; 2. Stokes 5th **2** Stokes 5th



Maximum wave particle velocity	u_{wm} =	2.66	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uw} =	72.5	deg
Horizontal wave velocity⊥ to P/L	u_{wh} =	2.54	m/s

Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s
Current velocity at reference height	U_{czr} =	0.5	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uc} =	72.5	deg
Horizontal current velocity⊥ to P/L	u_{ch} =	0.36	m/s

$$\frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r} \right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc}) =$$

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Maximum absolute hydrodynamic force 1053 N/m

Temperatures:

Ambient temperature	T_{amb} =	4	deg. C

Collapse - external pressure only (K.3.3.5.1)

External implosion pipe collapse pressure (P_c) given by:

$$(p_c - p_e) \cdot (p_c^{\,2} - p_p^{\,2}) = p_c \cdot p_e \cdot p_p \cdot 2 \cdot \delta_o \cdot \frac{OD_g}{d_{nom}}$$

External elastical pipe collapse pressure (P_e): $P_e = \frac{2E_s}{1-\nu^2}\left(\frac{d_{nom}}{OD_{av}}\right)^3$ = 30.1 N/mm²

External plastic pipe collapse pressure (P_p) $P_p = \frac{2 R_e d_{nom}}{OD_{nom}}$ = 24.0 N/mm²

(including factor 0.85, for UOE fabricated pipe, per NEN3656 in K.3.3.5.2)

External implosion pipe collapse pressure (P_c): P_c = 13.4 N/mm²

Maximum water column above mudline (WC_{max}) $WC_{max} = WD_{max} + 0.5 \cdot H_{max,100} + HAT$ = 36.99 m

0.3699 N/mm²

Actual external pressure (P_L) $WC_{max} + SC_{pres}$ = 0.37 N/mm²

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
γ_M =	0.93	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.45	-

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **= OK**

Collapse - bending moment only (K.3.3.5.2)

Buckling bending moment (M_c) $M_c = D_g^2 d_n R_e$ = 4.6E+08 N·mm

Assessment: $\gamma_{g,M} \times M_L \le \frac{\gamma_M \times M_c}{\gamma_{m,M}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,M}$ =	1.1	-
γ_M =	1	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.3	-

Maximum allowable bending moment ($M_{L,b}$) $M_{L,b}$ = 3.2E+08 N·mm
= 3.186E+05 N·m

Collapse - external pressure + bending moment only (K.3.3.5.3)

Assessment: $\frac{\gamma_{g,p} \times P_L}{P_c / \gamma_{m,p}} + \left(\frac{\gamma_{g,M} \times M_L}{M_c / \gamma_{m,M}} \right)^n \le \gamma_M$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
$\gamma_{g,M}$ =	1.55	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.25	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.15	-
γ_M =	0.93	-

$n = 1 + 300 \cdot d_{nom} / OD_g$ n = 13.1 -

Maximum allowable bending moment ($M_{L,pb}$) $M_{L,pb}$ = 2.5E+08 N·mm
= 2.534E+05 N·m

Determination maximum span length due to bending only or bending & external pressure

Assessment $M_{L,m} = \frac{q \cdot L^2}{10}$ **Where,**

q = load acting on pipe
L = span length

$$q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$$

Ws = submerged pipeline weight;

Ws =	829	N/m
$F_D + F_I$ =	1053	N/m
γ_w =	1.1	-
γ_h =	1.2	-

Table 3 - NEN3656

q = 1558 N/m

Maximum allowable bending moment ($M_{L,m}$) is smallest of $M_{L,b}$ and $M_{L,pb}$ $M_{L,m}$ = 2.5E+05 N·m

Maximum span length,	L_{max} =	40.3 m

Progressive plastic collapse (K.3.3.6)

Assessment: $\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$

Temperature difference with ambient; ΔT = 11 -

R_e = 360.00 N/mm^2

R_{ed} = 360.00 N/mm^2

$$\sigma_p = \frac{p \cdot (OD_{nom} - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$$

σ_p = 311.3 N/mm^2

$$\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$$

Assessment: 0.0001 < 0.0021 **OK**

Local buckling (K.3.3.3)

Assessment: $\frac{(OD_{nom} - d_{min})}{d_{nom}} < 55$: no check on local buckling required = 24.9 **OK**

Bar buckling:

Assessment: $$L_{max,bb} = \sqrt{4 \cdot \pi^2 \frac{E \cdot I}{|N|}}$$

Effective axial force $$N = A \cdot (\nu \cdot S_h - \gamma_t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T)$$

$S_h = \gamma_p \cdot \sigma_h$ Table 3 - NEN3656 - BC4

γ_p = 1.15 -

γ_t = 1.1 -

N = 9.67E+05 N

$L_{max,bb}$ = No compressive force m

Stokes 5th order wave theory

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	-1.02	m
Storm surge water level	$SWL = WD + ss$ =	24.98	m
Wave height	H =	12.4	m
Wave period	T =	10.4	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2
Deep water wave length	$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$ =	168.9	m

Solving for wave length (L) and λ

$$\frac{\pi \cdot H}{SWL} - \frac{L}{SWL}\left\{\lambda + \lambda^3 \cdot B_{33} + \lambda^5 \cdot \left(B_{35} + B_{55}\right)\right\} = 0 \quad (I)$$

$$\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) \cdot \left\{1 + \lambda^2 \cdot C_1 + \lambda^4 \cdot C_2\right\} = 0 \quad (II)$$

Choosing L and solving for λ in (II) results in 4 roots for λ

Estimate actual wave length, L **150.664 m**

$$A = SWL / L_O = 0.1479$$

$$B = \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) = 0.1291$$

$$\lambda = \pm\sqrt{X}$$

$$X = \frac{-C_1 \cdot B \pm \sqrt{D}}{2 \cdot C_2 \cdot B}$$

$$D = (C_1 \cdot B)^2 - 4 \cdot (C_2 \cdot B) \cdot (-(A - B)) = 0.1867$$

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

	-	eq. (I)	eq. (II)
λ1	0.231	0.0000	0.0000
λ2	Numerator of X < 0		
λ3	-0.231	3.1190	0.0000
λ4	Numerator of X < 0		

Item	Formula	Value	Unit
s	$s = \sinh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.2407	-
c	$c = \cosh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.5935	-
A11	$A_{11} = \frac{1}{s} =$	0.8060	-
A13	$A_{13} = \frac{-c^2\cdot\left(5\cdot c^2+1\right)}{8\cdot s^5} =$	-1.4789	-
	$A_{15} = -\frac{1184\cdot c^{10}-1440\cdot c^8-1992\cdot c^6+2641\cdot c^4-249\cdot c^2+18}{1536\cdot s^{11}} =$	-2.9713	-
A22	$A_{22} = \frac{3}{8\cdot s^4} =$	0.1583	-
A24	$A_{24} = \frac{192\cdot c^8-424\cdot c^6-312\cdot c^4+480\cdot c^2-17}{768\cdot s^{10}} =$	0.0347	-
A33	$A_{33} = \frac{13-4\cdot c^2}{64\cdot s^7} =$	0.0098	-
	$A_{35} = \frac{512\cdot c^{12}+4224\cdot c^{10}-6800\cdot c^8-12808\cdot c^6+16704\cdot c^4-3154\cdot c^2-107}{4096\cdot s^{13}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	0.1978	-
A44	$A_{44} = \frac{80\cdot c^6-816\cdot c^4+1338\cdot c^2-197}{1536\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	-0.0040	-

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

$$A_{55} = -\frac{2880\cdot c^{10} - 72480\cdot c^{8} + 324000\cdot c^{6} - 432000\cdot c^{4} + 163470\cdot c^{2} - 16245}{61440\cdot s^{11}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)} = \quad \text{-0.0008 -}$$

B22 $$B_{22} = \frac{\left(2\cdot c^{2}+1\right)\cdot c}{4\cdot s^{3}} = \quad \text{1.2680 -}$$

B24 $$B_{24} = \frac{c\cdot\left(272\cdot c^{8} - 504\cdot c^{6} - 192\cdot c^{4} + 322\cdot c^{2} + 21\right)}{384\cdot s^{9}} = \quad \text{1.5832 -}$$

B33 $$B_{33} = \frac{3\cdot\left(8\cdot c^{6}+1\right)}{64\cdot s^{6}} = \quad \text{1.6964 -}$$

$$B_{35} = \frac{88128\cdot c^{14} - 208224\cdot c^{12} + 70848\cdot c^{10} + 54000\cdot c^{8} - 21816\cdot c^{6} + 6264\cdot c^{4} - 54\cdot c^{2} - 81}{12288\cdot s^{12}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{5.8357 -}$$

B44 $$B_{44} = c\cdot\frac{768\cdot c^{10} - 488\cdot c^{8} - 48\cdot c^{6} + 48\cdot c^{4} + 106\cdot c^{2} - 21}{384\cdot s^{9}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{2.5348 -}$$

$$B_{55} = \frac{192000\cdot c^{16} - 26720\cdot c^{14} + 83680\cdot c^{12} + 20160\cdot c^{10} - 7280\cdot c^{8} + 7160\cdot c^{6} - 1800\cdot c^{4} - 1050\cdot c^{2} + 225}{12288\cdot s^{10}\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{4.4037 -}$$

C1 $$C_{1} = \frac{8\cdot c^{4} - 8\cdot c^{2} + 9}{8\cdot s^{4}} = \quad \text{2.1245 -}$$

$$C_{2} = \frac{3840\cdot c^{12} - 4096\cdot c^{10} + 2592\cdot c^{8} - 1008\cdot c^{6} + 5944\cdot c^{4} - 1830\cdot c^{2} + 147}{512\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{11.4650 -}$$

C3 $$C_{3} = -\frac{1}{4\cdot c\cdot s} = \quad \text{-0.1265 -}$$

C4 $$C_{4} = \frac{12\cdot c^{8} + 36\cdot c^{6} - 162\cdot c^{4} + 141\cdot c^{2} - 27}{192\cdot c\cdot s^{9}} = \quad \text{0.1759 -}$$

K1 $$K_{1} = \lambda\cdot A_{11} + \lambda^{3}\cdot A_{13} + \lambda^{5}\cdot A_{15} = \quad \text{0.1660 -}$$

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

K2	$K_2 = \lambda^2 \cdot A_{22} + \lambda^4 \cdot A_{24} =$	0.0085	-
K3	$K_3 = \lambda^3 \cdot A_{33} + \lambda^5 \cdot A_{35} =$	0.0003	-
K4	$K_4 = \lambda^4 \cdot A_{44} =$	0.0000	-
K5	$K_5 = \lambda^5 \cdot A_{55} =$	0.0000	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. seabed) 0.3238 m

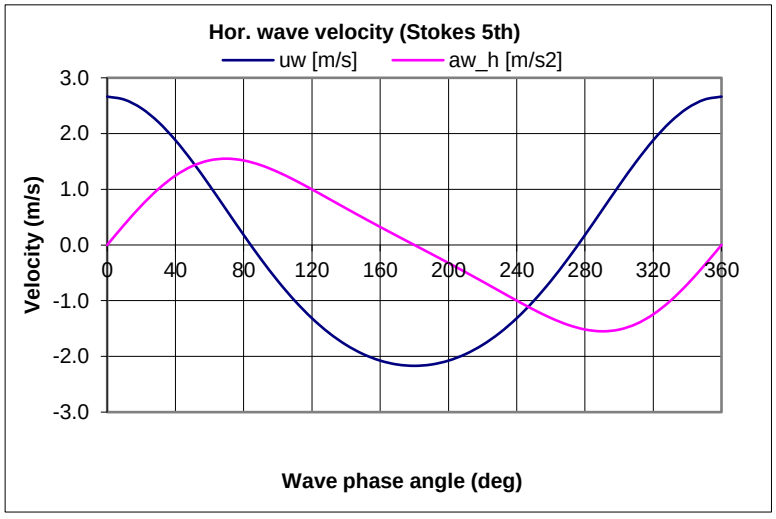
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{L}{T} \cdot \sum_{n=1}^{5} n \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \cos(n \cdot \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

$$a_{w,h} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{T^2} \cdot \sum_{n=1}^{5} n^2 \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \sin(n \cdot \varphi)$$

ϕ [deg.]	uw [m/s]	aw_h [m/s^2]
0.00	2.6624	0.0000
10.00	2.6097	0.3634
20.00	2.4546	0.7046
30.00	2.2067	1.0038
40.00	1.8803	1.2450
50.00	1.4939	1.4180
60.00	1.0680	1.5187
70.00	0.6232	1.5491
80.00	0.1790	1.5168
90.00	-0.2482	1.4329
100.00	-0.6452	1.3102
110.00	-1.0027	1.1615
120.00	-1.3149	0.9979
130.00	-1.5786	0.8278
140.00	-1.7931	0.6570
150.00	-1.9585	0.4885
160.00	-2.0756	0.3232
170.00	-2.1455	0.1608
180.00	-2.1687	0.0000
190.00	-2.1455	-0.1608
200.00	-2.0756	-0.3232



210.00	-1.9585	-0.4885
220.00	-1.7931	-0.6570
230.00	-1.5786	-0.8278
240.00	-1.3149	-0.9979
250.00	-1.0027	-1.1615
260.00	-0.6452	-1.3102
270.00	-0.2482	-1.4329
280.00	0.1790	-1.5168
290.00	0.6232	-1.5491
300.00	1.0680	-1.5187
310.00	1.4939	-1.4180
320.00	1.8803	-1.2450
330.00	2.2067	-1.0038
340.00	2.4546	-0.7046
350.00	2.6097	-0.3634
360.00	2.6624	0.0000

U_{wm} = max. wave particle velocity = 2.66 m/s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

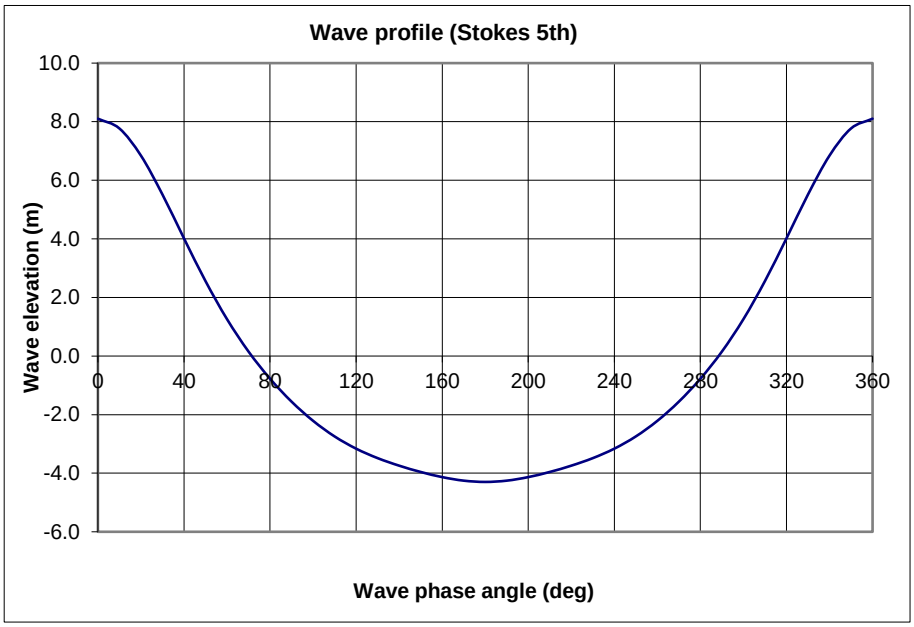
Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Wave profile h(t)

$$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	8.1025
10.00	7.7694
20.00	6.8431
30.00	5.5141
40.00	4.0184
50.00	2.5595
60.00	1.2593
70.00	0.1539
80.00	-0.7746
90.00	-1.5567
100.00	-2.2112
110.00	-2.7438
120.00	-3.1618
130.00	-3.4851
140.00	-3.7426
150.00	-3.9573
160.00	-4.1332
170.00	-4.2539
180.00	-4.2975
190.00	-4.2539
200.00	-4.1332
210.00	-3.9573
220.00	-3.7426
230.00	-3.4851
240.00	-3.1618
250.00	-2.7438
260.00	-2.2112
270.00	-1.5567
280.00	-0.7746
290.00	0.1539
300.00	1.2593
310.00	2.5595
320.00	4.0184
330.00	5.5141
340.00	6.8431
350.00	7.7694
360.00	8.1025



Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

General data

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
10.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
20.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
30.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
40.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
50.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
60.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
70.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
80.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
90.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
100.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
110.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
120.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
130.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
140.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
150.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
160.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
170.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
180.00	-2.07	0.36	-1.71	-346.9	446.0
190.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
200.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
210.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
220.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
230.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
240.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
250.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
260.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
270.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
280.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
290.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
300.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
310.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
320.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
330.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
340.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
350.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
360.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator : EvW
Checked : PF
Date : 23/12/2024
Revision : 1

ϕ [deg]	a_{w_h} [m/s^2]	$a_{w_h_perp}$ [m/s^2]	Fi [N/m]	Fd+Fi [N/m]	ABS(Fd+Fi) [N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8
10.00	0.35	0.33	95.2	1052.9	1052.9
20.00	0.67	0.64	184.6	1045.3	1045.3
30.00	0.96	0.91	263.0	979.4	979.4
40.00	1.19	1.13	326.2	872.8	872.8
50.00	1.35	1.29	371.6	746.8	746.8
60.00	1.45	1.38	397.9	621.5	621.5
70.00	1.48	1.41	405.9	512.8	512.8
80.00	1.45	1.38	397.5	430.3	430.3
90.00	1.37	1.30	375.5	377.1	377.1
100.00	1.25	1.19	343.3	335.4	335.4
110.00	1.11	1.06	304.3	261.7	261.7
120.00	0.95	0.91	261.5	166.1	166.1
130.00	0.79	0.75	216.9	60.6	60.6
140.00	0.63	0.60	172.2	-44.8	44.8
150.00	0.47	0.44	128.0	-142.4	142.4
160.00	0.31	0.29	84.7	-227.1	227.1
170.00	0.15	0.15	42.1	-295.8	295.8
180.00	0.00	0.00	0.0	-346.9	346.9
190.00	-0.15	-0.15	-42.1	-380.1	380.1
200.00	-0.31	-0.29	-84.7	-396.5	396.5
210.00	-0.47	-0.44	-128.0	-398.4	398.4
220.00	-0.63	-0.60	-172.2	-389.1	389.1
230.00	-0.79	-0.75	-216.9	-373.2	373.2
240.00	-0.95	-0.91	-261.5	-356.9	356.9
250.00	-1.11	-1.06	-304.3	-347.0	347.0
260.00	-1.25	-1.19	-343.3	-351.3	351.3
270.00	-1.37	-1.30	-375.5	-373.8	373.8
280.00	-1.45	-1.38	-397.5	-364.6	364.6
290.00	-1.48	-1.41	-405.9	-299.0	299.0
300.00	-1.45	-1.38	-397.9	-174.4	174.4
310.00	-1.35	-1.29	-371.6	3.7	3.7
320.00	-1.19	-1.13	-326.2	220.4	220.4
330.00	-0.96	-0.91	-263.0	453.3	453.3
340.00	-0.67	-0.64	-184.6	676.1	676.1
350.00	-0.35	-0.33	-95.2	862.4	862.4
360.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8

Maximum absolute hydrodynamic force 1052.9 N/m

Project	: **L07-F Pipeline and spool piece**	
Project #	: 23081	
Subject	: Buckling and Collapse	
File #	: L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations	
Client	: Neptune	
Client File #	:	

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Buckling and Collapse - 12in x 12.7mm - Operational

Situation 4

1. Installation: empty
2. Installation: filled
3. Hydrotest
4. Operational

Operational

	Pressure (barg)	Temperature (deg. C)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15
Design (P_d, T_d)	120	50
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom} =	12		
Nominal diameter		OD_{nom} =	323.8	mm	
Nominal wall thickness		d_{nom} =	12.7	mm	
Max. OD deviation	$OD_{max,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{max,dev}$ =	4.45	mm	
Min. OD deviation	$OD_{min,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{min,dev}$ =	4.45	mm	
Max. ovalised diameter	$OD_{max} = OD_{nom} + 0.35 \cdot dmin$	OD_{max} =	328.245	mm	
Min. ovalised diameter	$OD_{min} = OD_{nom} - 0.35 \cdot dmin$	OD_{min} =	319.355	mm	
Initial ovalisation	$\delta_0 = \frac{OD_{max} - OD_{min}}{OD_{max} + OD_{min}}$	δ_0 =	0.014	-	
Cross sectional area of steel		A =	12412	mm^2	
Moment of Inertia		I =	150413492	mm^4	
Corrosion allowance		CA =	3	mm	
Fabrication Tolerance		f_{tol} =	12.5	%	
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min} =	8.1	mm	
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g =	315.7	mm	

Piggyback

Nominal diameter	$OD_{nom,p}$ =	0	mm	
Nominal wall thickness	$d_{nom,p}$ =	0.0	mm	

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm
Thickness piggyback	=	0	mm
Density	=	965.0	kg/m^3

Constants

gravitational acceleration	g =	9.81	m/s^2	

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Material			=	L360NE	
Design temperature		T_d	=	50	°C
Yield at ambient temperature		R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature		R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Density		ρ_{st}	=	7850	kg/m^3
Youngs modulus		E_s	=	210000	N/mm^2
Poisson's ratio		υ	=	0.3	-
Linear thermal expansion coefficient		α	=	1.16E-05	m/m/°C
Contents					
Sea water density				1025	kg/m^3
Pipeline product density				78	kg/m^3
Pipeline content density used for this case:	Operational			78	kg/m^3
Pipeline Weights					
Pipeline weight in air	$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$	$W_{pl,a}$	=	1038.5	N/m
Piggyback weight in air		$W_{pg,a}$	=	0.0	N/m
Buoyancy force pipeline	$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$	$F_{B,pl}$	=	859.0	N/m
Buoyancy force piggyback		$F_{B,pb}$	=	0.0	N/m
Submerged pipeline weight,empty		$W_{pl,s,e}$	=	126.0	N/m
Submerged piggyback weight		$W_{pg,s}$	=	0.0	N/m
Total submerged bundle weight,empty		$W_{T,s,e}$	=	126.0	N/m
Total submerged bundle weight,water filled		$W_{T,s,f}$	=	829.2	N/m
Soil					
Submerged density		ρ_{ss}	=	900	kg/m^3
Depth of burial		d_b	=	0.80	m
Soil cover pressure	$SC_{pres} = \rho_{ss} \times d_b \times g$	SC_{pres}	=	0.007	N/mm^2
Environmental conditions					
Water depths:					
Seawater density		ρ_{sw}	=	1025	kg/m3
Maximum water depth		WD_{max}	=	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min}	=	26	m LAT
Other water depth (to be used for calculations)		WD	=	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr}	=	-1.02	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr}	=	-1.32	m LAT
Storm surge water level	SSWL = WD + ss	SSWL	=	24.68	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT	=	2.19	m
Waves (H_{max} & T_{max}):					
Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrote		$H_{max,1}$	=	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr		$T_{ass,1}$	=	10.4	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational		$H_{max,100}$	=	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr		$T_{ass,100}$	=	12.3	s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

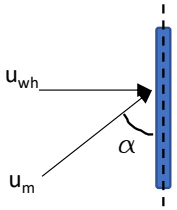
Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

$$\frac{H_{max}}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0119$$

$$\frac{SWL}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0166$$

Wave theory selected:
1. Airy/linear wave; 2. Stokes 5th — **2** — Stokes 5th



Maximum wave particle velocity	u_{wm} =	4.33	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uw} =	72.5	deg
Horizontal wave velocity⊥ to P/L	u_{wh} =	4.13	m/s

Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s
Current velocity at reference height	U_{czr} =	0.58	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uc} =	72.5	deg
Horizontal current velocity⊥ to P/L	u_{ch} =	0.41	m/s

$$\frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r} \right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc}) =$$

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Maximum absolute hydrodynamic force 2506 N/m

Temperatures:

Ambient temperature	T_{amb} =	4	deg. C

Collapse - external pressure only (K.3.3.5.1)

External implosion pipe collapse pressure (P_c) given by:

$$(p_c - p_e) \cdot (p_c^{\,2} - p_p^{\,2}) = p_c \cdot p_e \cdot p_p \cdot 2 \cdot \delta_o \cdot \frac{OD_g}{d_{nom}}$$

External elastical pipe collapse pressure (P_e): $P_e = \frac{2E_s}{1-\nu^2}\left(\frac{d_{nom}}{OD_{av}}\right)^3$ = 30.1 N/mm²

External plastic pipe collapse pressure (P_p) $P_p = \frac{2 R_e d_{nom}}{OD_{nom}}$ = 24.0 N/mm²

(including factor 0.85, for UOE fabricated pipe, per NEN3656 in K.3.3.5.2)

External implosion pipe collapse pressure (P_c): P_c = 13.4 N/mm²

Maximum water column above mudline (WC_{max}) $WC_{max} = WD_{max} + 0.5 \cdot H_{max,100} + HAT$ = 36.99 m

0.3699 N/mm²

Actual external pressure (P_L) $WC_{max} + SC_{pres}$ = 0.38 N/mm²

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$	=	1.05	-
γ_M	=	0.93	-
$\gamma_{m,p}$	=	1.45	-

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ = **OK**

Collapse - bending moment only (K.3.3.5.2)

Buckling bending moment (M_c) $M_c = D_g^2 d_n R_e$ = 4.6E+08 N·mm

Assessment: $\gamma_{g,M} \times M_L \le \frac{\gamma_M \times M_c}{\gamma_{m,M}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,M}$	=	1.1	-
γ_M	=	1	-
$\gamma_{m,M}$	=	1.3	-

Maximum allowable bending moment ($M_{L,b}$)

$M_{L,b}$	=	3.2E+08	N·mm
	=	3.186E+05	N·m

Collapse - external pressure + bending moment only (K.3.3.5.3)

Assessment: $\frac{\gamma_{g,p} \times p_L}{p_c / \gamma_{m,p}} + \left(\frac{\gamma_{g,M} \times M_L}{M_c / \gamma_{m,M}} \right)^n \le \gamma_M$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$	=	1.05	-
$\gamma_{g,M}$	=	1.55	-
$\gamma_{m,p}$	=	1.25	-
$\gamma_{m,M}$	=	1.15	-
γ_M	=	0.93	-

$n = 1 + 300 \cdot d_{nom} / OD_g$ n = 13.1 -

Maximum allowable bending moment ($M_{L,pb}$)

$M_{L,pb}$	=	2.5E+08	N·mm
	=	2.534E+05	N·m

Determination maximum span length due to bending only or bending & external pressure

Assessment $M_{L,m} = \frac{q \cdot L^2}{10}$ **Where,**

q = load acting on pipe
L = span length

$$q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$$

Ws = submerged pipeline weight;

Ws	=	180	N/m
$F_D + F_I$	=	2506	N/m
γ_w	=	1.1	-
γ_h	=	1.2	-

Table 3 - NEN3656

q	=	3014	N/m

Maximum allowable bending moment ($M_{L,m}$) is smallest of $M_{L,b}$ and $M_{L,pb}$ $M_{L,m}$ = 2.5E+05 N·m

Maximum span length,	L_{max} =	29.0	m

Progressive plastic collapse (K.3.3.6)

Assessment: $\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$

Temperature difference with ambient; ΔT = 46 -

R_e = 360.00 N/mm^2

R_{ed} = 360.00 N/mm^2

$$\sigma_p = \frac{p \cdot (OD_{nom} - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$$

σ_p = 233.5 N/mm^2

$$\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$$

Assessment: 0.0005 < 0.0027 **OK**

Local buckling (K.3.3.3)

Assessment: $\frac{(OD_{nom} - d_{min})}{d_{nom}} < 55$: no check on local buckling required = 24.9 **OK**

Bar buckling:

Assessment: $$L_{max,bb} = \sqrt{4 \cdot \pi^2 \frac{E \cdot I}{|N|}}$$

Effective axial force $$N = A \cdot (\nu \cdot S_h - \gamma_t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T)$$

$S_h = \gamma_p \cdot \sigma_h$ Table 3 - NEN3656 - BC4

γ_p = 1.15 -

γ_t = 1.1 -

N = -5.30E+05 N

$L_{max,bb}$ = 48.5 m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Stokes 5th order wave theory

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	-1.32	m
Storm surge water level	$SWL = WD + ss$ =	24.68	m
Wave height	H =	17.6	m
Wave period	T =	12.3	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2
Deep water wave length	$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$ =	236.2	m

Solving for wave length (L) and λ

$$\frac{\pi \cdot H}{SWL} - \frac{L}{SWL}\left\{\lambda + \lambda^3 \cdot B_{33} + \lambda^5 \cdot \left(B_{35} + B_{55}\right)\right\} = 0 \quad (I)$$

$$\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) \cdot \left\{1 + \lambda^2 \cdot C_1 + \lambda^4 \cdot C_2\right\} = 0 \quad (II)$$

Choosing L and solving for λ in (II) results in 4 roots for λ

Estimate actual wave length, L **205.894 m**

$$A = SWL / L_O = 0.1045$$

$$B = \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) = 0.0764$$

$$\lambda = \pm\sqrt{X}$$

$$X = \frac{-C_1 \cdot B \pm \sqrt{D}}{2 \cdot C_2 \cdot B}$$

$$D = (C_1 \cdot B)^2 - 4 \cdot (C_2 \cdot B) \cdot (-(A - B)) = 0.9063$$

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

	-	eq. (I)	eq. (II)
λ1	0.206	0.0000	0.0000
λ2	Numerator of X < 0		
λ3	-0.206	4.4807	0.0000
λ4	Numerator of X < 0		

Item	Formula	Value	Unit
s	$s = \sinh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	0.8264	-
c	$c = \cosh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.2973	-
A11	$A_{11} = \frac{1}{s} =$	1.2101	-
A13	$A_{13} = \frac{-c^2\cdot\left(5\cdot c^2+1\right)}{8\cdot s^5} =$	-5.1384	-
	$A_{15} = -\frac{1184\cdot c^{10}-1440\cdot c^8-1992\cdot c^6+2641\cdot c^4-249\cdot c^2+18}{1536\cdot s^{11}} =$	-10.6952	-
A22	$A_{22} = \frac{3}{8\cdot s^4} =$	0.8040	-
A24	$A_{24} = \frac{192\cdot c^8-424\cdot c^6-312\cdot c^4+480\cdot c^2-17}{768\cdot s^{10}} =$	-5.0282	-
A33	$A_{33} = \frac{13-4\cdot c^2}{64\cdot s^7} =$	0.3721	-
	$A_{35} = \frac{512\cdot c^{12}+4224\cdot c^{10}-6800\cdot c^8-12808\cdot c^6+16704\cdot c^4-3154\cdot c^2-107}{4096\cdot s^{13}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	-1.6148	-
A44	$A_{44} = \frac{80\cdot c^6-816\cdot c^4+1338\cdot c^2-197}{1536\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	0.0602	-

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

$$A_{55} = -\frac{2880\cdot c^{10} - 72480\cdot c^{8} + 324000\cdot c^{6} - 432000\cdot c^{4} + 163470\cdot c^{2} - 16245}{61440\cdot s^{11}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)} = \quad \text{-0.0757} \text{ -}$$

B22 $$B_{22} = \frac{\left(2\cdot c^{2}+1\right)\cdot c}{4\cdot s^{3}} = \quad \text{2.5088} \text{ -}$$

B24 $$B_{24} = \frac{c\cdot\left(272\cdot c^{8} - 504\cdot c^{6} - 192\cdot c^{4} + 322\cdot c^{2} + 21\right)}{384\cdot s^{9}} = \quad \text{-3.7830} \text{ -}$$

B33 $$B_{33} = \frac{3\cdot\left(8\cdot c^{6}+1\right)}{64\cdot s^{6}} = \quad \text{5.7588} \text{ -}$$

$$B_{35} = \frac{88128\cdot c^{14} - 208224\cdot c^{12} + 70848\cdot c^{10} + 54000\cdot c^{8} - 21816\cdot c^{6} + 6264\cdot c^{4} - 54\cdot c^{2} - 81}{12288\cdot s^{12}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{-5.1080} \text{ -}$$

B44 $$B_{44} = c\cdot\frac{768\cdot c^{10} - 488\cdot c^{8} - 48\cdot c^{6} + 48\cdot c^{4} + 106\cdot c^{2} - 21}{384\cdot s^{9}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{13.4642} \text{ -}$$

$$B_{55} = \frac{192000\cdot c^{16} - 26720\cdot c^{14} + 83680\cdot c^{12} + 20160\cdot c^{10} - 7280\cdot c^{8} + 7160\cdot c^{6} - 1800\cdot c^{4} - 1050\cdot c^{2} + 225}{12288\cdot s^{10}\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{37.5139} \text{ -}$$

C1 $$C_{1} = \frac{8\cdot c^{4} - 8\cdot c^{2} + 9}{8\cdot s^{4}} = \quad \text{4.8763} \text{ -}$$

$$C_{2} = \frac{3840\cdot c^{12} - 4096\cdot c^{10} + 2592\cdot c^{8} - 1008\cdot c^{6} + 5944\cdot c^{4} - 1830\cdot c^{2} + 147}{512\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{89.3622} \text{ -}$$

C3 $$C_{3} = -\frac{1}{4\cdot c\cdot s} = \quad \text{-0.2332} \text{ -}$$

C4 $$C_{4} = \frac{12\cdot c^{8} + 36\cdot c^{6} - 162\cdot c^{4} + 141\cdot c^{2} - 27}{192\cdot c\cdot s^{9}} = \quad \text{0.4315} \text{ -}$$

K1 $$K_{1} = \lambda\cdot A_{11} + \lambda^{3}\cdot A_{13} + \lambda^{5}\cdot A_{15} = \quad \text{0.2004} \text{ -}$$

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

K2	$K_2 = \lambda^2 \cdot A_{22} + \lambda^4 \cdot A_{24} =$	0.0251	-
K3	$K_3 = \lambda^3 \cdot A_{33} + \lambda^5 \cdot A_{35} =$	0.0027	-
K4	$K_4 = \lambda^4 \cdot A_{44} =$	0.0001	-
K5	$K_5 = \lambda^5 \cdot A_{55} =$	0.0000	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. seabed) 0.3238 m

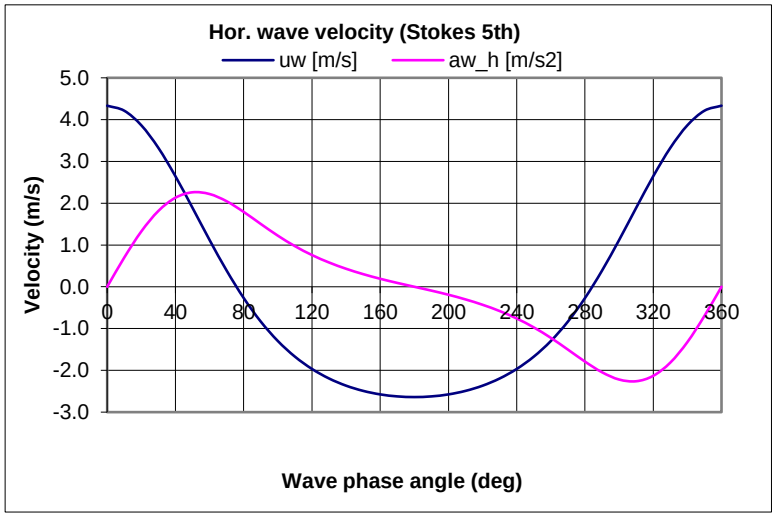
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{L}{T} \cdot \sum_{n=1}^{5} n \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \cos(n \cdot \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

$$a_{w,h} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{T^2} \cdot \sum_{n=1}^{5} n^2 \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \sin(n \cdot \varphi)$$

ϕ [deg.]	uw [m/s]	aw_h [m/s^2]
0.00	4.3333	0.0000
10.00	4.2130	0.6983
20.00	3.8646	1.3235
30.00	3.3240	1.8144
40.00	2.6447	2.1309
50.00	1.8892	2.2607
60.00	1.1194	2.2197
70.00	0.3876	2.0462
80.00	-0.2695	1.7908
90.00	-0.8325	1.5034
100.00	-1.2976	1.2230
110.00	-1.6717	0.9725
120.00	-1.9665	0.7594
130.00	-2.1946	0.5810
140.00	-2.3667	0.4309
150.00	-2.4915	0.3026
160.00	-2.5754	0.1913
170.00	-2.6236	0.0923
180.00	-2.6393	0.0000
190.00	-2.6236	-0.0923
200.00	-2.5754	-0.1913



210.00	-2.4915	-0.3026
220.00	-2.3667	-0.4309
230.00	-2.1946	-0.5810
240.00	-1.9665	-0.7594
250.00	-1.6717	-0.9725
260.00	-1.2976	-1.2230
270.00	-0.8325	-1.5034
280.00	-0.2695	-1.7908
290.00	0.3876	-2.0462
300.00	1.1194	-2.2197
310.00	1.8892	-2.2607
320.00	2.6447	-2.1309
330.00	3.3240	-1.8144
340.00	3.8646	-1.3235
350.00	4.2130	-0.6983
360.00	4.3333	0.0000

U_{wm} = max. wave particle velocity = 4.33 m/s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

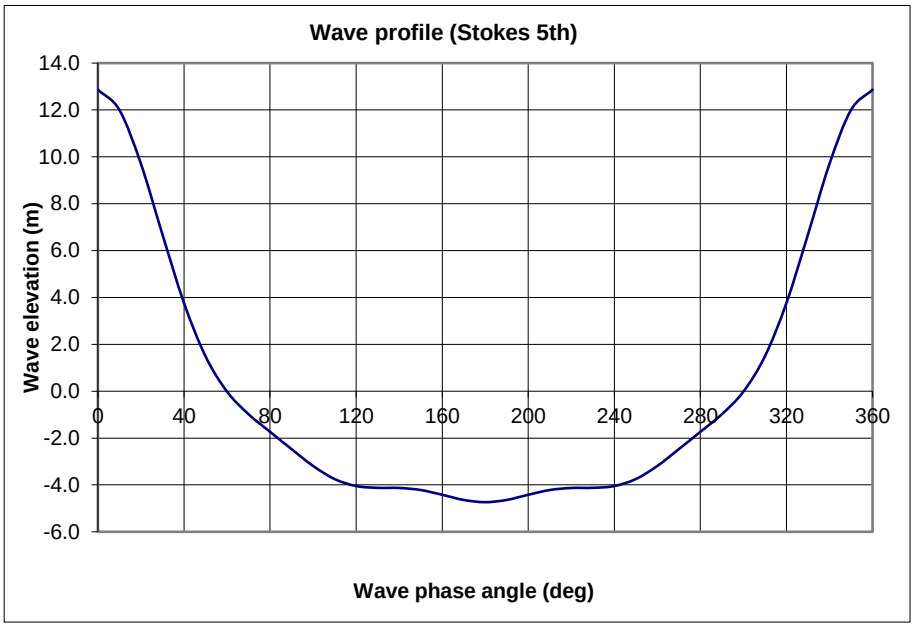
Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Wave profile h(t)

$$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	12.8641
10.00	12.0020
20.00	9.7033
30.00	6.6889
40.00	3.7687
50.00	1.4926
60.00	-0.0165
70.00	-0.9821
80.00	-1.7334
90.00	-2.4723
100.00	-3.1894
110.00	-3.7486
120.00	-4.0476
130.00	-4.1235
140.00	-4.1295
150.00	-4.2167
160.00	-4.4197
170.00	-4.6404
180.00	-4.7359
190.00	-4.6404
200.00	-4.4197
210.00	-4.2167
220.00	-4.1295
230.00	-4.1235
240.00	-4.0476
250.00	-3.7486
260.00	-3.1894
270.00	-2.4723
280.00	-1.7334
290.00	-0.9821
300.00	-0.0165
310.00	1.4926
320.00	3.7687
330.00	6.6889
340.00	9.7033
350.00	12.0020
360.00	12.8641



Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

General data

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	4.13	0.41	4.55	2445.0	3143.5
10.00	4.02	0.41	4.43	2323.1	2986.8
20.00	3.69	0.41	4.10	1987.7	2555.6
30.00	3.17	0.41	3.58	1519.1	1953.1
40.00	2.52	0.41	2.94	1019.5	1310.7
50.00	1.80	0.41	2.21	580.4	746.3
60.00	1.07	0.41	1.48	259.4	333.5
70.00	0.37	0.41	0.78	72.5	93.2
80.00	-0.26	0.41	0.16	2.9	3.7
90.00	-0.79	0.41	-0.38	-17.2	22.1
100.00	-1.24	0.41	-0.82	-80.4	103.4
110.00	-1.59	0.41	-1.18	-165.1	212.3
120.00	-1.88	0.41	-1.46	-253.0	325.3
130.00	-2.09	0.41	-1.68	-333.9	429.3
140.00	-2.26	0.41	-1.84	-402.4	517.3
150.00	-2.38	0.41	-1.96	-456.0	586.2
160.00	-2.46	0.41	-2.04	-493.9	635.0
170.00	-2.50	0.41	-2.09	-516.4	663.9
180.00	-2.52	0.41	-2.10	-523.8	673.4
190.00	-2.50	0.41	-2.09	-516.4	663.9
200.00	-2.46	0.41	-2.04	-493.9	635.0
210.00	-2.38	0.41	-1.96	-456.0	586.2
220.00	-2.26	0.41	-1.84	-402.4	517.3
230.00	-2.09	0.41	-1.68	-333.9	429.3
240.00	-1.88	0.41	-1.46	-253.0	325.3
250.00	-1.59	0.41	-1.18	-165.1	212.3
260.00	-1.24	0.41	-0.82	-80.4	103.4
270.00	-0.79	0.41	-0.38	-17.2	22.1
280.00	-0.26	0.41	0.16	2.9	3.7
290.00	0.37	0.41	0.78	72.5	93.2
300.00	1.07	0.41	1.48	259.4	333.5
310.00	1.80	0.41	2.21	580.4	746.3
320.00	2.52	0.41	2.94	1019.5	1310.7
330.00	3.17	0.41	3.58	1519.1	1953.1
340.00	3.69	0.41	4.10	1987.7	2555.6
350.00	4.02	0.41	4.43	2323.1	2986.8
360.00	4.13	0.41	4.55	2445.0	3143.5

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 127mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator : EvW
Checked : PF
Date : 23/12/2024
Revision : 1

ϕ [deg]	a_{w_h} [m/s^2]	$a_{w_h_perp}$ [m/s^2]	Fi [N/m]	Fd+Fi [N/m]	ABS(Fd+Fi) [N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	2445.0	2445.0
10.00	0.67	0.64	183.0	2506.0	2506.0
20.00	1.26	1.20	346.8	2334.5	2334.5
30.00	1.73	1.65	475.4	1994.5	1994.5
40.00	2.03	1.94	558.4	1577.8	1577.8
50.00	2.16	2.06	592.4	1172.8	1172.8
60.00	2.12	2.02	581.6	841.0	841.0
70.00	1.95	1.86	536.2	608.7	608.7
80.00	1.71	1.63	469.2	472.1	472.1
90.00	1.43	1.37	393.9	376.8	376.8
100.00	1.17	1.11	320.5	240.0	240.0
110.00	0.93	0.88	254.8	89.7	89.7
120.00	0.72	0.69	199.0	-54.0	54.0
130.00	0.55	0.53	152.3	-181.6	181.6
140.00	0.41	0.39	112.9	-289.5	289.5
150.00	0.29	0.28	79.3	-376.7	376.7
160.00	0.18	0.17	50.1	-443.8	443.8
170.00	0.09	0.08	24.2	-492.2	492.2
180.00	0.00	0.00	0.0	-523.8	523.8
190.00	-0.09	-0.08	-24.2	-540.5	540.5
200.00	-0.18	-0.17	-50.1	-544.0	544.0
210.00	-0.29	-0.28	-79.3	-535.2	535.2
220.00	-0.41	-0.39	-112.9	-515.3	515.3
230.00	-0.55	-0.53	-152.3	-486.2	486.2
240.00	-0.72	-0.69	-199.0	-452.0	452.0
250.00	-0.93	-0.88	-254.8	-419.9	419.9
260.00	-1.17	-1.11	-320.5	-400.9	400.9
270.00	-1.43	-1.37	-393.9	-411.1	411.1
280.00	-1.71	-1.63	-469.2	-466.4	466.4
290.00	-1.95	-1.86	-536.2	-463.7	463.7
300.00	-2.12	-2.02	-581.6	-322.2	322.2
310.00	-2.16	-2.06	-592.4	-12.0	12.0
320.00	-2.03	-1.94	-558.4	461.1	461.1
330.00	-1.73	-1.65	-475.4	1043.7	1043.7
340.00	-1.26	-1.20	-346.8	1640.9	1640.9
350.00	-0.67	-0.64	-183.0	2140.1	2140.1
360.00	0.00	0.00	0.0	2445.0	2445.0

Maximum absolute hydrodynamic force 2506.0 N/m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Buckling and Collapse - 12in x 15.9mm - Installation: filled

Situation 2

1. Installation: empty
2. Installation: filled
3. Hydrotest
4. Operational

Installation: filled

	Pressure (barg)	Temperature (deg. C)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15
Design (P_d, T_d)	120	50
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom}	=	12	
Nominal diameter		OD_{nom}	=	323.8	mm
Nominal wall thickness		d_{nom}	=	15.9	mm
Max. OD deviation	$OD_{max,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{max,dev}$	=	5.57	mm
Min. OD deviation	$OD_{min,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{min,dev}$	=	5.57	mm
Max. ovalised diameter	$OD_{max} = OD_{nom} + 0.35 \cdot dmin$	OD_{max}	=	329.365	mm
Min. ovalised diameter	$OD_{min} = OD_{nom} - 0.35 \cdot dmin$	OD_{min}	=	318.235	mm
Initial ovalisation	$\delta_0 = \frac{OD_{max} - OD_{min}}{OD_{max} + OD_{min}}$	δ_0	=	0.017	-
Cross sectional area of steel		A	=	15380	mm^2
Moment of Inertia		I	=	182743808	mm^4
Corrosion allowance		CA	=	3	mm
Fabrication Tolerance		f_{tol}	=	12.5	%
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min}	=	10.9	mm
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g	=	312.9	mm
Piggyback					
Nominal diameter		$OD_{nom,p}$	=	0	mm
Nominal wall thickness		$d_{nom,p}$	=	0.0	mm

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm
Thickness piggyback	=	0	mm
Density	=	965.0	kg/m^3

Constants

gravitational acceleration		g	=	9.81	m/s^2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Material			=	L360NE	
Design temperature		T_d	=	15	°C
Yield at ambient temperature		R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature		R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Density		ρ_{st}	=	7850	kg/m^3
Youngs modulus		E_s	=	210000	N/mm^2
Poisson's ratio		υ	=	0.3	-
Linear thermal expansion coefficient		α	=	1.16E-05	m/m/^{o}C
Contents					
Sea water density				1025	kg/m^3
Pipeline product density				78	kg/m^3
Pipeline content density used for this case:	Installation: filled			1025	kg/m^3
Pipeline Weights					
Pipeline weight in air	$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$	$W_{pl,a}$	=	1886.9	N/m
Piggyback weight in air		$W_{pg,a}$	=	0.0	N/m
Buoyancy force pipeline	$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$	$F_{B,pl}$	=	859.0	N/m
Buoyancy force piggyback		$F_{B,pb}$	=	0.0	N/m
Submerged pipeline weight,empty		$W_{pl,s,e}$	=	354.6	N/m
Submerged piggyback weight		$W_{pg,s}$	=	0.0	N/m
Total submerged bundle weight,empty		$W_{T,s,e}$	=	354.6	N/m
Total submerged bundle weight,water filled		$W_{T,s,f}$	=	1027.9	N/m
Soil					
Submerged density		ρ_{ss}	=	900	kg/m^3
Depth of burial		d_b	=	0.00	m
Soil cover pressure	$SC_{pres} = \rho_{ss} \times d_b \times g$	SC_{pres}	=	0.000	N/mm^2
Environmental conditions					
Water depths:					
Seawater density		ρ_{sw}	=	1025	kg/m3
Maximum water depth		WD_{max}	=	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min}	=	26	m LAT
Other water depth (to be used for calculations)		WD	=	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr}	=	-1.02	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr}	=	1.32	m LAT
Storm surge water level	SSWL = WD + ss	SSWL	=	24.98	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT	=	2.19	m
Waves (H_{max} & T_{max}):					
Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrote		$H_{max,1}$	=	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr		$T_{ass,1}$	=	10.4	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational		$H_{max,100}$	=	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr		$T_{ass,100}$	=	12.3	s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

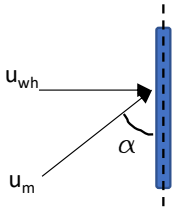
Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

$$\frac{H_{max}}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0117$$

$$\frac{SWL}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0235$$

Wave theory selected:
1. Airy/linear wave; 2. Stokes 5th **2** Stokes 5th



Maximum wave particle velocity	u_{wm} =	2.66	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uw} =	72.5	deg
Horizontal wave velocity⊥ to P/L	u_{wh} =	2.54	m/s

Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s
Current velocity at reference height	U_{czr} =	0.5	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uc} =	72.5	deg
Horizontal current velocity⊥ to P/L	$\frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r}\right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc}) =$ u_{ch} =	0.36	m/s

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Maximum absolute hydrodynamic force 1053 N/m

Temperatures:
Ambient temperature T_{amb} = 4 deg. C

Collapse - external pressure only (K.3.3.5.1)
External implosion pipe collapse pressure (P_c) given by: $(p_c - p_e)\cdot(p_c^{\,2} - p_p^{\,2}) = p_c \cdot p_e \cdot p_p \cdot 2 \cdot \delta_o \cdot \frac{OD_g}{d_{nom}}$

External elastical pipe collapse pressure (P_e): $P_e = \frac{2E_s}{1-\nu^2}\left(\frac{d_{nom}}{OD_{av}}\right)^3$ = 60.6 N/mm²

External plastic pipe collapse pressure (P_p) $P_p = \frac{2 R_e d_{nom}}{OD_{nom}}$ = 30.1 N/mm²
(including factor 0.85, for UOE fabricated pipe, per NEN3656 in K.3.3.5.2)
External implosion pipe collapse pressure (P_c): P_c = 18.7 N/mm²

Maximum water column above mudline (WC_{max}) $WC_{max} = WD_{max} + 0.5 \cdot H_{max,100} + HAT$ = 36.99 m
0.3699 N/mm²

Actual external pressure (P_L) $WC_{max} + SC_{pres}$ = 0.37 N/mm²

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
γ_M =	0.93	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.45	-

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ = **OK**

Collapse - bending moment only (K.3.3.5.2)

Buckling bending moment (M_c) $M_c = D_g^2 d_n R_e$ = 5.6E+08 N·mm

Assessment: $\gamma_{g,M} \times M_L \le \frac{\gamma_M \times M_c}{\gamma_{m,M}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,M}$ =	1.1	-
γ_M =	1	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.3	-

Maximum allowable bending moment ($M_{L,b}$)

$M_{L,b}$ =	3.9E+08	N·mm
=	3.919E+05	N·m

Collapse - external pressure + bending moment only (K.3.3.5.3)

Assessment: $\frac{\gamma_{g,p} \times P_L}{P_c / \gamma_{m,p}} + \left(\frac{\gamma_{g,M} \times M_L}{M_c / \gamma_{m,M}} \right)^n \le \gamma_M$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
$\gamma_{g,M}$ =	1.55	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.25	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.15	-
γ_M =	0.93	-

$n = 1 + 300 \cdot d_{nom} / OD_g$ n = 16.2 -

Maximum allowable bending moment ($M_{L,pb}$)

$M_{L,pb}$ =	3.1E+08	N·mm
=	3.124E+05	N·m

Determination maximum span length due to bending only or bending & external pressure

Assessment $M_{L,m} = \frac{q \cdot L^2}{10}$ **Where,**

q = load acting on pipe
L = span length

$$q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$$

Ws = submerged pipeline weight;

Ws =	1028	N/m
$F_D + F_I$ =	1053	N/m
γ_w =	1.1	-
γ_h =	1.2	-

Table 3 - NEN3656

q =	1696	N/m

Maximum allowable bending moment ($M_{L,m}$) is smallest of $M_{L,b}$ and $M_{L,pb}$ $M_{L,m}$ = 3.1E+05 N·m

Maximum span length,	L_{max} =	42.9	m

Progressive plastic collapse (K.3.3.6)

Assessment: $\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$

Temperature difference with ambient; ΔT = 11 -

R_e = 360.00 N/mm^2

R_{ed} = 360.00 N/mm^2

$$\sigma_p = \frac{p \cdot (OD_{nom} - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$$

σ_p = 2.9 N/mm^2

$$\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$$

Assessment: 0.0001 < 0.0033 **OK**

Local buckling (K.3.3.3)

Assessment: $\frac{(OD_{nom} - d_{min})}{d_{nom}} < 55$: no check on local buckling required = 19.7 **OK**

Bar buckling:

Assessment: $$L_{max,bb} = \sqrt{4 \cdot \pi^2 \frac{E \cdot I}{|N|}}$$

Effective axial force $$N = A \cdot (\nu \cdot S_h - \gamma_t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T)$$

$S_h = \gamma_p \cdot \sigma_h$ Table 3 - NEN3656 - BC4

γ_p = 1.15 -

γ_t = 1.1 -

N = -4.38E+05 N

$L_{max,bb}$ = 58.8 m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Linear wave theory

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	-1.02	m
Storm surge water level	SWL =	24.98	m
Wave height	H =	12.4	m
Wave period	T =	10.4	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2

Estimate actual wave length, L

180.47 m

$$L = \frac{g \cdot T}{2\pi} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi \cdot SWL}{L}\right) \quad (I)$$

L.H.S. (I)	=	R.H.S. (I)
180.47	=	118.42

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. Seabed) = 0.324 m

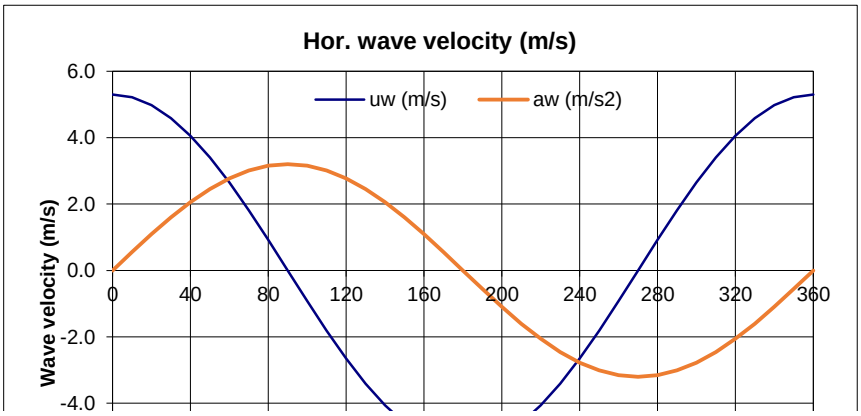
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{\pi \cdot H \cdot \cosh\left\{\frac{2\pi}{L}(z + SWL)\right\}}{T \cdot \sinh\left(\frac{2\pi}{L} \cdot SWL\right)} \cdot \cos(\varphi)$$

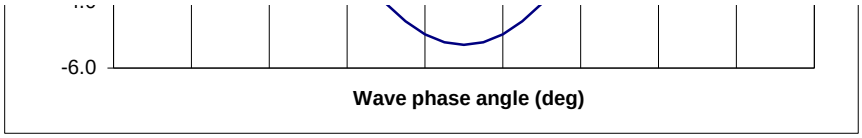
Horizontal acceleration, a_w

$$a_w = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot H \cdot \cosh\left\{\frac{2\pi}{L}(z + SWL)\right\}}{T^2 \cdot \sinh\left(\frac{2\pi}{L} \cdot SWL\right)} \cdot \sin(\varphi)$$

ϕ (deg.)	uw (m/s)	aw (m/s2)
0.00	5.30	0.00
10.00	5.22	0.56
20.00	4.98	1.10
30.00	4.59	1.60
40.00	4.06	2.06
50.00	3.41	2.45
60.00	2.65	2.77
70.00	1.81	3.01
80.00	0.92	3.15
90.00	0.00	3.20
100.00	-0.92	3.15
110.00	-1.81	3.01
120.00	-2.65	2.77



130.00	-3.41	2.45
140.00	-4.06	2.06
150.00	-4.59	1.60
160.00	-4.98	1.10
170.00	-5.22	0.56
180.00	-5.30	0.00
190.00	-5.22	-0.56
200.00	-4.98	-1.10
210.00	-4.59	-1.60
220.00	-4.06	-2.06
230.00	-3.41	-2.45
240.00	-2.65	-2.77
250.00	-1.81	-3.01
260.00	-0.92	-3.15
270.00	0.00	-3.20
280.00	0.92	-3.15
290.00	1.81	-3.01
300.00	2.65	-2.77
310.00	3.41	-2.45
320.00	4.06	-2.06
330.00	4.59	-1.60
340.00	4.98	-1.10
350.00	5.22	-0.56
360.00	5.30	0.00

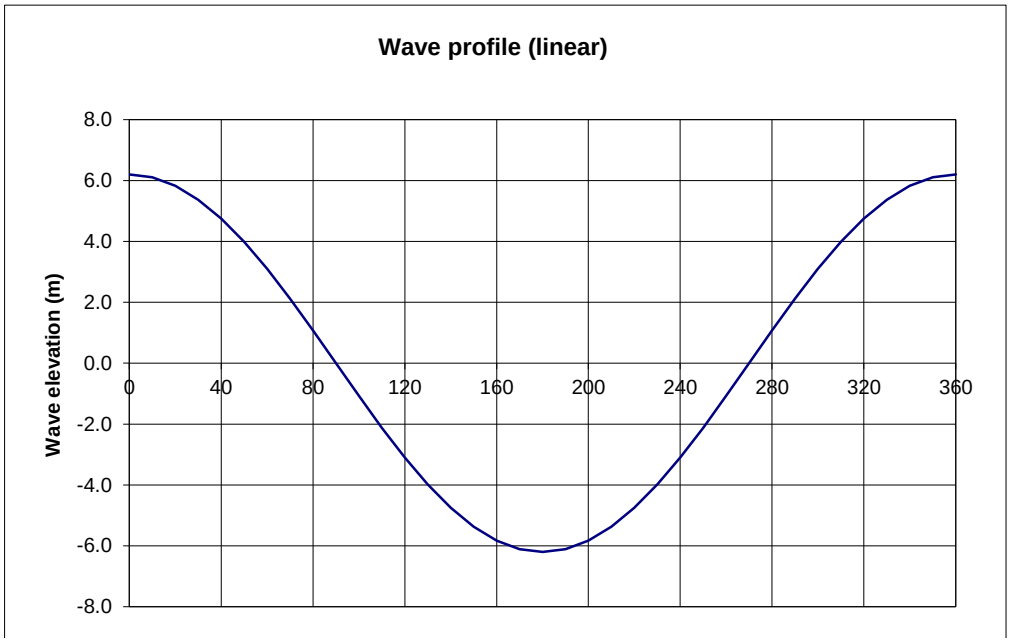


Max. wave particle velocity U_{wm} = 5.30 m/s

Wave profile η(t)

$$\eta(t) = \frac{H}{2} \cdot \cos(\varphi)$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	6.20
10.00	6.11
20.00	5.83
30.00	5.37
40.00	4.75
50.00	3.99
60.00	3.10
70.00	2.12
80.00	1.08
90.00	0.00
100.00	-1.08
110.00	-2.12
120.00	-3.10
130.00	-3.99
140.00	-4.75
150.00	-5.37



160.00	-5.83
170.00	-6.11
180.00	-6.20
190.00	-6.11
200.00	-5.83
210.00	-5.37
220.00	-4.75
230.00	-3.99
240.00	-3.10
250.00	-2.12
260.00	-1.08
270.00	0.00
280.00	1.08
290.00	2.12
300.00	3.10
310.00	3.99
320.00	4.75
330.00	5.37
340.00	5.83
350.00	6.11
360.00	6.20

Wave phase angle (deg)

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

General data

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
10.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
20.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
30.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
40.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
50.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
60.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
70.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
80.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
90.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
100.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
110.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
120.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
130.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
140.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
150.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
160.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
170.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
180.00	-2.07	0.36	-1.71	-346.9	446.0
190.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
200.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
210.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
220.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
230.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
240.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
250.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
260.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
270.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
280.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
290.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
300.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
310.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
320.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
330.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
340.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
350.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
360.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator : EvW
Checked : PF
Date : 23/12/2024
Revision : 1

ϕ [deg]	a_{w_h} [m/s^2]	$a_{w_h_perp}$ [m/s^2]	Fi [N/m]	Fd+Fi [N/m]	ABS(Fd+Fi) [N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8
10.00	0.35	0.33	95.2	1052.9	1052.9
20.00	0.67	0.64	184.6	1045.3	1045.3
30.00	0.96	0.91	263.0	979.4	979.4
40.00	1.19	1.13	326.2	872.8	872.8
50.00	1.35	1.29	371.6	746.8	746.8
60.00	1.45	1.38	397.9	621.5	621.5
70.00	1.48	1.41	405.9	512.8	512.8
80.00	1.45	1.38	397.5	430.3	430.3
90.00	1.37	1.30	375.5	377.1	377.1
100.00	1.25	1.19	343.3	335.4	335.4
110.00	1.11	1.06	304.3	261.7	261.7
120.00	0.95	0.91	261.5	166.1	166.1
130.00	0.79	0.75	216.9	60.6	60.6
140.00	0.63	0.60	172.2	-44.8	44.8
150.00	0.47	0.44	128.0	-142.4	142.4
160.00	0.31	0.29	84.7	-227.1	227.1
170.00	0.15	0.15	42.1	-295.8	295.8
180.00	0.00	0.00	0.0	-346.9	346.9
190.00	-0.15	-0.15	-42.1	-380.1	380.1
200.00	-0.31	-0.29	-84.7	-396.5	396.5
210.00	-0.47	-0.44	-128.0	-398.4	398.4
220.00	-0.63	-0.60	-172.2	-389.1	389.1
230.00	-0.79	-0.75	-216.9	-373.2	373.2
240.00	-0.95	-0.91	-261.5	-356.9	356.9
250.00	-1.11	-1.06	-304.3	-347.0	347.0
260.00	-1.25	-1.19	-343.3	-351.3	351.3
270.00	-1.37	-1.30	-375.5	-373.8	373.8
280.00	-1.45	-1.38	-397.5	-364.6	364.6
290.00	-1.48	-1.41	-405.9	-299.0	299.0
300.00	-1.45	-1.38	-397.9	-174.4	174.4
310.00	-1.35	-1.29	-371.6	3.7	3.7
320.00	-1.19	-1.13	-326.2	220.4	220.4
330.00	-0.96	-0.91	-263.0	453.3	453.3
340.00	-0.67	-0.64	-184.6	676.1	676.1
350.00	-0.35	-0.33	-95.2	862.4	862.4
360.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8

Maximum absolute hydrodynamic force 1052.9 N/m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Buckling and Collapse - 12in x 15.9mm - Hydrotest

Situation 3 — Hydrotest

1. Installation: empty
2. Installation: filled
3. Hydrotest
4. Operational

	Pressure (barg)	Temperature (deg. C)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15
Design (P_d, T_d)	120	50
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom} =	12	
Nominal diameter		OD_{nom} =	323.8	mm
Nominal wall thickness		d_{nom} =	15.9	mm
Max. OD deviation	$OD_{max,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{max,dev}$ =	5.57	mm
Min. OD deviation	$OD_{min,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{min,dev}$ =	5.57	mm
Max. ovalised diameter	$OD_{max} = OD_{nom} + 0.35 \cdot dmin$	OD_{max} =	329.365	mm
Min. ovalised diameter	$OD_{min} = OD_{nom} - 0.35 \cdot dmin$	OD_{min} =	318.235	mm
Initial ovalisation	$\delta_0 = \frac{OD_{max} - OD_{min}}{OD_{max} + OD_{min}}$	δ_0 =	0.017	-
Cross sectional area of steel		A =	15380	mm^2
Moment of Inertia		I =	182743808	mm^4
Corrosion allowance		CA =	3	mm
Fabrication Tolerance		f_{tol} =	12.5	%
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min} =	10.9	mm
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g =	312.9	mm

Piggyback

Nominal diameter		$OD_{nom,p}$ =	0	mm
Nominal wall thickness		$d_{nom,p}$ =	0.0	mm

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm
Thickness piggyback	=	0	mm
Density	=	965.0	kg/m^3

Constants

gravitational acceleration	g =	9.81	m/s^2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Material			=	L360NE	
Design temperature		T_d	=	15	°C
Yield at ambient temperature		R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature		R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Density		ρ_{st}	=	7850	kg/m^3
Youngs modulus		E_s	=	210000	N/mm^2
Poisson's ratio		υ	=	0.3	-
Linear thermal expansion coefficient		α	=	1.16E-05	m/m/°C
Contents					
Sea water density				1025	kg/m^3
Pipeline product density				78	kg/m^3
Pipeline content density used for this case:	Hydrotest			1025	kg/m^3
Pipeline Weights					
Pipeline weight in air	$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$	$W_{pl,a}$	=	1886.9	N/m
Piggyback weight in air		$W_{pg,a}$	=	0.0	N/m
Buoyancy force pipeline	$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$	$F_{B,pl}$	=	859.0	N/m
Buoyancy force piggyback		$F_{B,pb}$	=	0.0	N/m
Submerged pipeline weight,empty		$W_{pl,s,e}$	=	354.6	N/m
Submerged piggyback weight		$W_{pg,s}$	=	0.0	N/m
Total submerged bundle weight,empty		$W_{T,s,e}$	=	354.6	N/m
Total submerged bundle weight,water filled		$W_{T,s,f}$	=	1027.9	N/m
Soil					
Submerged density		ρ_{ss}	=	900	kg/m^3
Depth of burial		d_b	=	0.00	m
Soil cover pressure	$SC_{pres} = \rho_{ss} \times d_b \times g$	SC_{pres}	=	0.000	N/mm^2
Environmental conditions					
Water depths:					
Seawater density		ρ_{sw}	=	1025	kg/m3
Maximum water depth		WD_{max}	=	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min}	=	26	m LAT
Other water depth (to be used for calculations)		WD	=	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr}	=	-1.02	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr}	=	1.32	m LAT
Storm surge water level	SSWL = WD + ss	SSWL	=	24.98	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT	=	2.19	m
Waves (H_{max} & T_{max}):					
Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrote		$H_{max,1}$	=	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr		$T_{ass,1}$	=	10.4	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational		$H_{max,100}$	=	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr		$T_{ass,100}$	=	12.3	s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

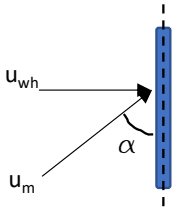
Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

$\frac{H_{max}}{g \cdot T_z^{\,2}} =$ 0.0117

$\frac{SWL}{g \cdot T_z^{\,2}} =$ 0.0235

Wave theory selected:
1. Airy/linear wave; 2. Stokes 5th **2** Stokes 5th



Maximum wave particle velocity	u_{wm} =	2.66	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uw} =	72.5	deg
Horizontal wave velocity⊥ to P/L	u_{wh} =	2.54	m/s

Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s
Current velocity at reference height	U_{czr} =	0.5	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uc} =	72.5	deg
Horizontal current velocity⊥ to P/L	$\frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r}\right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc}) =$ u_{ch} =	0.36	m/s

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Maximum absolute hydrodynamic force 1053 N/m

Temperatures:
Ambient temperature T_{amb} = 4 deg. C

Collapse - external pressure only (K.3.3.5.1)
External implosion pipe collapse pressure (P_c) given by: $(p_c - p_e)\cdot(p_c^{\,2} - p_p^{\,2}) = p_c \cdot p_e \cdot p_p \cdot 2 \cdot \delta_o \cdot \frac{OD_g}{d_{nom}}$

External elastical pipe collapse pressure (P_e): $P_e = \frac{2E_s}{1-\nu^2}\left(\frac{d_{nom}}{OD_{av}}\right)^3$ = 60.6 N/mm²

External plastic pipe collapse pressure (P_p) $P_p = \frac{2 R_e d_{nom}}{OD_{nom}}$ = 30.1 N/mm²
(including factor 0.85, for UOE fabricated pipe, per NEN3656 in K.3.3.5.2)
External implosion pipe collapse pressure (P_c): P_c = 18.7 N/mm²

Maximum water column above mudline (WC_{max}) $WC_{max} = WD_{max} + 0.5 \cdot H_{max,100} + HAT$ = 36.99 m
0.3699 N/mm²

Actual external pressure (P_L) $WC_{max} + SC_{pres}$ = 0.37 N/mm²

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
γ_M =	0.93	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.45	-

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ = **OK**

Collapse - bending moment only (K.3.3.5.2)

Buckling bending moment (M_c) $M_c = D_g^2 d_n R_e$ = 5.6E+08 N·mm

Assessment: $\gamma_{g,M} \times M_L \le \frac{\gamma_M \times M_c}{\gamma_{m,M}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,M}$ =	1.1	-
γ_M =	1	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.3	-

Maximum allowable bending moment ($M_{L,b}$)

$M_{L,b}$ =	3.9E+08	N·mm
=	3.919E+05	N·m

Collapse - external pressure + bending moment only (K.3.3.5.3)

Assessment: $\frac{\gamma_{g,p} \times p_L}{p_c / \gamma_{m,p}} + \left(\frac{\gamma_{g,M} \times M_L}{M_c / \gamma_{m,M}} \right)^n \le \gamma_M$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$ =	1.05	-
$\gamma_{g,M}$ =	1.55	-
$\gamma_{m,p}$ =	1.25	-
$\gamma_{m,M}$ =	1.15	-
γ_M =	0.93	-

$n = 1 + 300 \cdot d_{nom} / OD_g$ n = 16.2 -

Maximum allowable bending moment ($M_{L,pb}$)

$M_{L,pb}$ =	3.1E+08	N·mm
=	3.124E+05	N·m

Determination maximum span length due to bending only or bending & external pressure

Assessment $M_{L,m} = \frac{q \cdot L^2}{10}$ **Where,**

q = load acting on pipe
L = span length

$$q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$$

Ws = submerged pipeline weight;

Ws =	1028	N/m
$F_D + F_I$ =	1053	N/m
γ_w =	1.1	-
γ_h =	1.2	-

Table 3 - NEN3656

q =	1696	N/m

Maximum allowable bending moment ($M_{L,m}$) is smallest of $M_{L,b}$ and $M_{L,pb}$ $M_{L,m}$ = 3.1E+05 N·m

Maximum span length,	L_{max} =	42.9	m

Progressive plastic collapse (K.3.3.6)

Assessment: $\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$

Temperature difference with ambient; ΔT = 11 -

R_e = 360.00 N/mm^2

R_{ed} = 360.00 N/mm^2

$$\sigma_p = \frac{p \cdot (OD_{nom} - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$$

σ_p = 229.4 N/mm^2

$$\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$$

Assessment: 0.0001 < 0.0028 **OK**

Local buckling (K.3.3.3)

Assessment: $\frac{(OD_{nom} - d_{min})}{d_{nom}} < 55$: no check on local buckling required = 19.7 **OK**

Bar buckling:

Assessment: $$L_{max,bb} = \sqrt{4 \cdot \pi^2 \frac{E \cdot I}{|N|}}$$

Effective axial force $$N = A \cdot (\nu \cdot S_h - \gamma_t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T)$$

$S_h = \gamma_p \cdot \sigma_h$ Table 3 - NEN3656 - BC4

γ_p = 1.15 -

γ_t = 1.1 -

N = 7.64E+05 N

$L_{max,bb}$ = No compressive force m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Stokes 5th order wave theory

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	-1.02	m
Storm surge water level	$SWL = WD + ss$ =	24.98	m
Wave height	H =	12.4	m
Wave period	T =	10.4	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2
Deep water wave length	$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$ =	168.9	m

Solving for wave length (L) and λ

$$\frac{\pi \cdot H}{SWL} - \frac{L}{SWL}\left\{\lambda + \lambda^3 \cdot B_{33} + \lambda^5 \cdot \left(B_{35} + B_{55}\right)\right\} = 0 \quad (I)$$

$$\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) \cdot \left\{1 + \lambda^2 \cdot C_1 + \lambda^4 \cdot C_2\right\} = 0 \quad (II)$$

Choosing L and solving for λ in (II) results in 4 roots for λ

Estimate actual wave length, L **150.664 m**

$$A = SWL / L_O = 0.1479$$

$$B = \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) = 0.1291$$

$$\lambda = \pm\sqrt{X}$$

$$X = \frac{-C_1 \cdot B \pm \sqrt{D}}{2 \cdot C_2 \cdot B}$$

$$D = (C_1 \cdot B)^2 - 4 \cdot (C_2 \cdot B) \cdot (-(A - B)) = 0.1867$$

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

	-	eq. (I)	eq. (II)
λ1	0.231	0.0000	0.0000
λ2	Numerator of X < 0		
λ3	-0.231	3.1190	0.0000
λ4	Numerator of X < 0		

Item	Formula	Value	Unit
s	$s = \sinh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.2407	-
c	$c = \cosh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.5935	-
A11	$A_{11} = \frac{1}{s} =$	0.8060	-
A13	$A_{13} = \frac{-c^2\cdot\left(5\cdot c^2+1\right)}{8\cdot s^5} =$	-1.4789	-
	$A_{15} = -\frac{1184\cdot c^{10}-1440\cdot c^8-1992\cdot c^6+2641\cdot c^4-249\cdot c^2+18}{1536\cdot s^{11}} =$	-2.9713	-
A22	$A_{22} = \frac{3}{8\cdot s^4} =$	0.1583	-
A24	$A_{24} = \frac{192\cdot c^8-424\cdot c^6-312\cdot c^4+480\cdot c^2-17}{768\cdot s^{10}} =$	0.0347	-
A33	$A_{33} = \frac{13-4\cdot c^2}{64\cdot s^7} =$	0.0098	-
	$A_{35} = \frac{512\cdot c^{12}+4224\cdot c^{10}-6800\cdot c^8-12808\cdot c^6+16704\cdot c^4-3154\cdot c^2-107}{4096\cdot s^{13}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	0.1978	-
A44	$A_{44} = \frac{80\cdot c^6-816\cdot c^4+1338\cdot c^2-197}{1536\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	-0.0040	-

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

$$A_{55} = -\frac{2880\cdot c^{10} - 72480\cdot c^{8} + 324000\cdot c^{6} - 432000\cdot c^{4} + 163470\cdot c^{2} - 16245}{61440\cdot s^{11}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)} = \quad \text{-0.0008 -}$$

B22 $$B_{22} = \frac{\left(2\cdot c^{2}+1\right)\cdot c}{4\cdot s^{3}} = \quad \text{1.2680 -}$$

B24 $$B_{24} = \frac{c\cdot\left(272\cdot c^{8} - 504\cdot c^{6} - 192\cdot c^{4} + 322\cdot c^{2} + 21\right)}{384\cdot s^{9}} = \quad \text{1.5832 -}$$

B33 $$B_{33} = \frac{3\cdot\left(8\cdot c^{6}+1\right)}{64\cdot s^{6}} = \quad \text{1.6964 -}$$

$$B_{35} = \frac{88128\cdot c^{14} - 208224\cdot c^{12} + 70848\cdot c^{10} + 54000\cdot c^{8} - 21816\cdot c^{6} + 6264\cdot c^{4} - 54\cdot c^{2} - 81}{12288\cdot s^{12}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{5.8357 -}$$

B44 $$B_{44} = c\cdot\frac{768\cdot c^{10} - 488\cdot c^{8} - 48\cdot c^{6} + 48\cdot c^{4} + 106\cdot c^{2} - 21}{384\cdot s^{9}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{2.5348 -}$$

$$B_{55} = \frac{192000\cdot c^{16} - 26720\cdot c^{14} + 83680\cdot c^{12} + 20160\cdot c^{10} - 7280\cdot c^{8} + 7160\cdot c^{6} - 1800\cdot c^{4} - 1050\cdot c^{2} + 225}{12288\cdot s^{10}\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{4.4037 -}$$

C1 $$C_{1} = \frac{8\cdot c^{4} - 8\cdot c^{2} + 9}{8\cdot s^{4}} = \quad \text{2.1245 -}$$

$$C_{2} = \frac{3840\cdot c^{12} - 4096\cdot c^{10} + 2592\cdot c^{8} - 1008\cdot c^{6} + 5944\cdot c^{4} - 1830\cdot c^{2} + 147}{512\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{11.4650 -}$$

C3 $$C_{3} = -\frac{1}{4\cdot c\cdot s} = \quad \text{-0.1265 -}$$

C4 $$C_{4} = \frac{12\cdot c^{8} + 36\cdot c^{6} - 162\cdot c^{4} + 141\cdot c^{2} - 27}{192\cdot c\cdot s^{9}} = \quad \text{0.1759 -}$$

K1 $$K_{1} = \lambda\cdot A_{11} + \lambda^{3}\cdot A_{13} + \lambda^{5}\cdot A_{15} = \quad \text{0.1660 -}$$

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

K2	$K_2 = \lambda^2 \cdot A_{22} + \lambda^4 \cdot A_{24} =$	0.0085	-
K3	$K_3 = \lambda^3 \cdot A_{33} + \lambda^5 \cdot A_{35} =$	0.0003	-
K4	$K_4 = \lambda^4 \cdot A_{44} =$	0.0000	-
K5	$K_5 = \lambda^5 \cdot A_{55} =$	0.0000	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. seabed) 0.3238 m

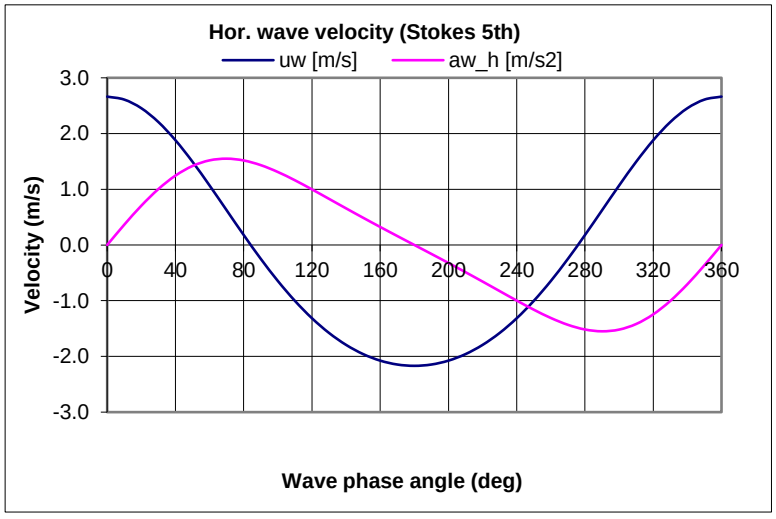
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{L}{T} \cdot \sum_{n=1}^{5} n \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \cos(n \cdot \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

$$a_{w,h} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{T^2} \cdot \sum_{n=1}^{5} n^2 \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \sin(n \cdot \varphi)$$

ϕ [deg.]	uw [m/s]	aw_h [m/s^2]
0.00	2.6624	0.0000
10.00	2.6097	0.3634
20.00	2.4546	0.7046
30.00	2.2067	1.0038
40.00	1.8803	1.2450
50.00	1.4939	1.4180
60.00	1.0680	1.5187
70.00	0.6232	1.5491
80.00	0.1790	1.5168
90.00	-0.2482	1.4329
100.00	-0.6452	1.3102
110.00	-1.0027	1.1615
120.00	-1.3149	0.9979
130.00	-1.5786	0.8278
140.00	-1.7931	0.6570
150.00	-1.9585	0.4885
160.00	-2.0756	0.3232
170.00	-2.1455	0.1608
180.00	-2.1687	0.0000
190.00	-2.1455	-0.1608
200.00	-2.0756	-0.3232



210.00	-1.9585	-0.4885
220.00	-1.7931	-0.6570
230.00	-1.5786	-0.8278
240.00	-1.3149	-0.9979
250.00	-1.0027	-1.1615
260.00	-0.6452	-1.3102
270.00	-0.2482	-1.4329
280.00	0.1790	-1.5168
290.00	0.6232	-1.5491
300.00	1.0680	-1.5187
310.00	1.4939	-1.4180
320.00	1.8803	-1.2450
330.00	2.2067	-1.0038
340.00	2.4546	-0.7046
350.00	2.6097	-0.3634
360.00	2.6624	0.0000

U_{wm} = max. wave particle velocity = 2.66 m/s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

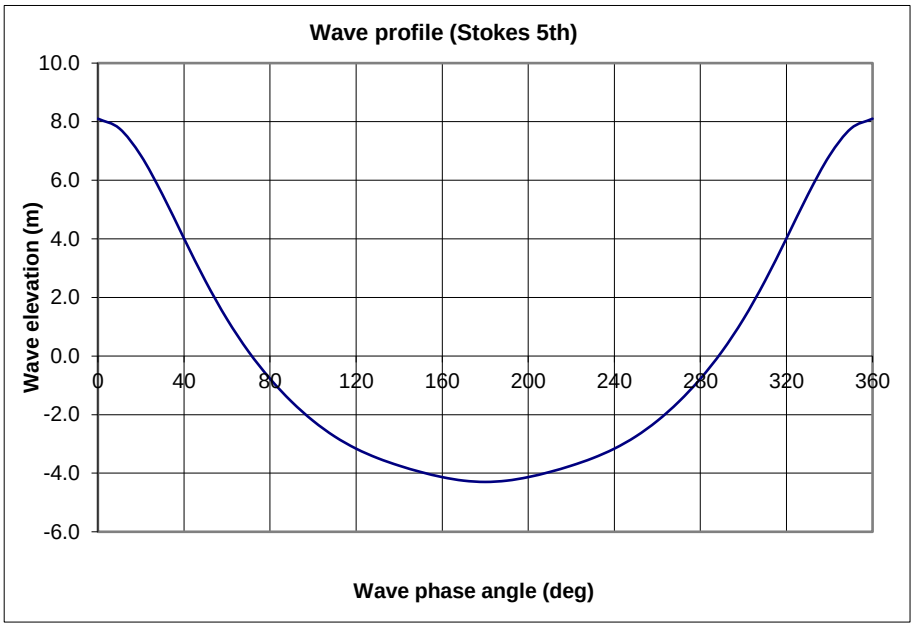
Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Wave profile h(t)

$$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	8.1025
10.00	7.7694
20.00	6.8431
30.00	5.5141
40.00	4.0184
50.00	2.5595
60.00	1.2593
70.00	0.1539
80.00	-0.7746
90.00	-1.5567
100.00	-2.2112
110.00	-2.7438
120.00	-3.1618
130.00	-3.4851
140.00	-3.7426
150.00	-3.9573
160.00	-4.1332
170.00	-4.2539
180.00	-4.2975
190.00	-4.2539
200.00	-4.1332
210.00	-3.9573
220.00	-3.7426
230.00	-3.4851
240.00	-3.1618
250.00	-2.7438
260.00	-2.2112
270.00	-1.5567
280.00	-0.7746
290.00	0.1539
300.00	1.2593
310.00	2.5595
320.00	4.0184
330.00	5.5141
340.00	6.8431
350.00	7.7694
360.00	8.1025



Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

General data

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
10.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
20.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
30.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
40.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
50.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
60.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
70.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
80.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
90.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
100.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
110.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
120.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
130.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
140.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
150.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
160.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
170.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
180.00	-2.07	0.36	-1.71	-346.9	446.0
190.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
200.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
210.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
220.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
230.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
240.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
250.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
260.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
270.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
280.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
290.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
300.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
310.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
320.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
330.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
340.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
350.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
360.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator : EvW
Checked : PF
Date : 23/12/2024
Revision : 1

ϕ [deg]	a_{w_h} [m/s^2]	$a_{w_h_perp}$ [m/s^2]	Fi [N/m]	Fd+Fi [N/m]	ABS(Fd+Fi) [N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8
10.00	0.35	0.33	95.2	1052.9	1052.9
20.00	0.67	0.64	184.6	1045.3	1045.3
30.00	0.96	0.91	263.0	979.4	979.4
40.00	1.19	1.13	326.2	872.8	872.8
50.00	1.35	1.29	371.6	746.8	746.8
60.00	1.45	1.38	397.9	621.5	621.5
70.00	1.48	1.41	405.9	512.8	512.8
80.00	1.45	1.38	397.5	430.3	430.3
90.00	1.37	1.30	375.5	377.1	377.1
100.00	1.25	1.19	343.3	335.4	335.4
110.00	1.11	1.06	304.3	261.7	261.7
120.00	0.95	0.91	261.5	166.1	166.1
130.00	0.79	0.75	216.9	60.6	60.6
140.00	0.63	0.60	172.2	-44.8	44.8
150.00	0.47	0.44	128.0	-142.4	142.4
160.00	0.31	0.29	84.7	-227.1	227.1
170.00	0.15	0.15	42.1	-295.8	295.8
180.00	0.00	0.00	0.0	-346.9	346.9
190.00	-0.15	-0.15	-42.1	-380.1	380.1
200.00	-0.31	-0.29	-84.7	-396.5	396.5
210.00	-0.47	-0.44	-128.0	-398.4	398.4
220.00	-0.63	-0.60	-172.2	-389.1	389.1
230.00	-0.79	-0.75	-216.9	-373.2	373.2
240.00	-0.95	-0.91	-261.5	-356.9	356.9
250.00	-1.11	-1.06	-304.3	-347.0	347.0
260.00	-1.25	-1.19	-343.3	-351.3	351.3
270.00	-1.37	-1.30	-375.5	-373.8	373.8
280.00	-1.45	-1.38	-397.5	-364.6	364.6
290.00	-1.48	-1.41	-405.9	-299.0	299.0
300.00	-1.45	-1.38	-397.9	-174.4	174.4
310.00	-1.35	-1.29	-371.6	3.7	3.7
320.00	-1.19	-1.13	-326.2	220.4	220.4
330.00	-0.96	-0.91	-263.0	453.3	453.3
340.00	-0.67	-0.64	-184.6	676.1	676.1
350.00	-0.35	-0.33	-95.2	862.4	862.4
360.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8

Maximum absolute hydrodynamic force 1052.9 N/m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Buckling and Collapse - 12in x 15.9mm - Operational

Situation

1. Installation: empty
2. Installation: filled
3. Hydrotest
4. Operational

4 — Operational

	Pressure (barg)	Temperature (deg. C)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15
Design (P_d, T_d)	120	50
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom} =	12	
Nominal diameter		OD_{nom} =	323.8	mm
Nominal wall thickness		d_{nom} =	15.9	mm
Max. OD deviation	$OD_{max,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{max,dev}$ =	5.57	mm
Min. OD deviation	$OD_{min,dev} = 0.35 \cdot d_{min}$	$OD_{min,dev}$ =	5.57	mm
Max. ovalised diameter	$OD_{max} = OD_{nom} + 0.35 \cdot dmin$	OD_{max} =	329.365	mm
Min. ovalised diameter	$OD_{min} = OD_{nom} - 0.35 \cdot dmin$	OD_{min} =	318.235	mm
Initial ovalisation	$\delta_0 = \frac{OD_{max} - OD_{min}}{OD_{max} + OD_{min}}$	δ_0 =	0.017	-
Cross sectional area of steel		A =	15380	mm^2
Moment of Inertia		I =	182743808	mm^4
Corrosion allowance		CA =	3	mm
Fabrication Tolerance		f_{tol} =	12.5	%
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min} =	10.9	mm
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g =	312.9	mm

Piggyback

Nominal diameter		$OD_{nom,p}$ =	0	mm
Nominal wall thickness		$d_{nom,p}$ =	0.0	mm

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm
Thickness piggyback	=	0	mm
Density	=	965.0	kg/m^3

Constants

gravitational acceleration	g =	9.81	m/s^2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Material			=	L360NE	
Design temperature		T_d	=	50	°C
Yield at ambient temperature		R_e	=	360.00	N/mm^2
Yield at design temperature		R_{ed}	=	360.00	N/mm^2
Density		ρ_{st}	=	7850	kg/m^3
Youngs modulus		E_s	=	210000	N/mm^2
Poisson's ratio		υ	=	0.3	-
Linear thermal expansion coefficient		α	=	1.16E-05	m/m/°C
Contents					
Sea water density				1025	kg/m^3
Pipeline product density				78	kg/m^3
Pipeline content density used for this case:	Operational			78	kg/m^3
Pipeline Weights					
Pipeline weight in air	$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$	$W_{pl,a}$	=	1264.8	N/m
Piggyback weight in air		$W_{pg,a}$	=	0.0	N/m
Buoyancy force pipeline	$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$	$F_{B,pl}$	=	859.0	N/m
Buoyancy force piggyback		$F_{B,pb}$	=	0.0	N/m
Submerged pipeline weight,empty		$W_{pl,s,e}$	=	354.6	N/m
Submerged piggyback weight		$W_{pg,s}$	=	0.0	N/m
Total submerged bundle weight,empty		$W_{T,s,e}$	=	354.6	N/m
Total submerged bundle weight,water filled		$W_{T,s,f}$	=	1027.9	N/m
Soil					
Submerged density		ρ_{ss}	=	900	kg/m^3
Depth of burial		d_b	=	0.80	m
Soil cover pressure	$SC_{pres} = \rho_{ss} \times d_b \times g$	SC_{pres}	=	0.007	N/mm^2
Environmental conditions					
Water depths:					
Seawater density		ρ_{sw}	=	1025	kg/m3
Maximum water depth		WD_{max}	=	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min}	=	26	m LAT
Other water depth (to be used for calculations)		WD	=	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr}	=	-1.02	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr}	=	1.32	m LAT
Storm surge water level	SSWL = WD + ss	SSWL	=	27.32	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT	=	2.19	m
Waves (H_{max} & T_{max}):					
Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrote		$H_{max,1}$	=	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr		$T_{ass,1}$	=	10.4	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational		$H_{max,100}$	=	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr		$T_{ass,100}$	=	12.3	s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

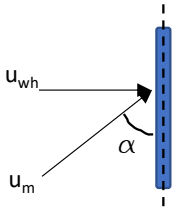
Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

$$\frac{H_{max}}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0119$$

$$\frac{SWL}{g \cdot T_z^{\,2}} = 0.0184$$

Wave theory selected:
1. Airy/linear wave; 2. Stokes 5th **2** Stokes 5th



Maximum wave particle velocity	u_{wm} =	3.97	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uw} =	72.5	deg
Horizontal wave velocity⊥ to P/L	u_{wh} =	3.79	m/s

Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s
Current velocity at reference height	U_{czr} =	0.58	m/s
Angle of attack relative to pipeline axis	α_{uc} =	72.5	deg
Horizontal current velocity⊥ to P/L	u_{ch} =	0.41	m/s

$$\frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r} \right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc}) =$$

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Maximum absolute hydrodynamic force 2143 N/m

Temperatures:

Ambient temperature	T_{amb} =	4	deg. C

Collapse - external pressure only (K.3.3.5.1)

External implosion pipe collapse pressure (P_c) given by:

$$(p_c - p_e) \cdot (p_c^{\,2} - p_p^{\,2}) = p_c \cdot p_e \cdot p_p \cdot 2 \cdot \delta_o \cdot \frac{OD_g}{d_{nom}}$$

External elastical pipe collapse pressure (P_e): $P_e = \frac{2E_s}{1-\nu^2}\left(\frac{d_{nom}}{OD_{av}}\right)^3$ = 60.6 N/mm²

External plastic pipe collapse pressure (P_p) $P_p = \frac{2 R_e d_{nom}}{OD_{nom}}$ = 30.1 N/mm²

(including factor 0.85, for UOE fabricated pipe, per NEN3656 in K.3.3.5.2)

External implosion pipe collapse pressure (P_c): P_c = 18.7 N/mm²

Maximum water column above mudline (WC_{max}) $WC_{max} = WD_{max} + 0.5 \cdot H_{max,100} + HAT$ = 36.99 m

0.3699 N/mm²

Actual external pressure (P_L) $WC_{max} + SC_{pres}$ = 0.38 N/mm²

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$	=	1.05	-
γ_M	=	0.93	-
$\gamma_{m,p}$	=	1.45	-

Assessment: $\gamma_{g,p} \cdot P_L \le \frac{\gamma_M \cdot P_c}{\gamma_{m,p}}$ = **OK**

Collapse - bending moment only (K.3.3.5.2)

Buckling bending moment (M_c) $M_c = D_g^2 d_n R_e$ = 5.6E+08 N·mm

Assessment: $\gamma_{g,M} \times M_L \le \frac{\gamma_M \times M_c}{\gamma_{m,M}}$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,M}$	=	1.1	-
γ_M	=	1	-
$\gamma_{m,M}$	=	1.3	-

Maximum allowable bending moment ($M_{L,b}$)

$M_{L,b}$	=	3.9E+08	N·mm
	=	3.919E+05	N·m

Collapse - external pressure + bending moment only (K.3.3.5.3)

Assessment: $\frac{\gamma_{g,p} \times p_L}{p_c / \gamma_{m,p}} + \left(\frac{\gamma_{g,M} \times M_L}{M_c / \gamma_{m,M}} \right)^n \le \gamma_M$ **Where,**

Table 4 - NEN3656

$\gamma_{g,p}$	=	1.05	-
$\gamma_{g,M}$	=	1.55	-
$\gamma_{m,p}$	=	1.25	-
$\gamma_{m,M}$	=	1.15	-
γ_M	=	0.93	-

$n = 1 + 300 \cdot d_{nom} / OD_g$ n = 16.2 -

Maximum allowable bending moment ($M_{L,pb}$)

$M_{L,pb}$	=	3.1E+08	N·mm
	=	3.124E+05	N·m

Determination maximum span length due to bending only or bending & external pressure

Assessment $M_{L,m} = \frac{q \cdot L^2}{10}$ **Where,**

q = load acting on pipe
L = span length

$$q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$$

Ws = submerged pipeline weight;

Ws	=	406	N/m
$F_D + F_I$	=	2143	N/m
γ_w	=	1.1	-
γ_h	=	1.2	-

Table 3 - NEN3656

q	=	2611	N/m

Maximum allowable bending moment ($M_{L,m}$) is smallest of $M_{L,b}$ and $M_{L,pb}$ $M_{L,m}$ = 3.1E+05 N·m

Maximum span length,	L_{max} =	34.6	m

Progressive plastic collapse (K.3.3.6)

Assessment: $\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$

Temperature difference with ambient; ΔT = 46 -

R_e = 360.00 N/mm^2

R_{ed} = 360.00 N/mm^2

$$\sigma_p = \frac{p \cdot (OD_{nom} - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$$

σ_p = 172.0 N/mm^2

$$\varepsilon_{max} = \alpha \times \Delta T \leq \left[\frac{R_e(\theta)}{E} \sqrt{1 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e(\theta)}\right)^2} + \frac{R_e}{E} \sqrt{0{,}9 - \frac{3}{4}\left(\frac{\sigma_p}{R_e}\right)^2} \right]$$

Assessment: 0.0005 < 0.0030 **OK**

Local buckling (K.3.3.3)

Assessment: $\frac{(OD_{nom} - d_{min})}{d_{nom}} < 55$: no check on local buckling required = 19.7 **OK**

Bar buckling:

Assessment: $$L_{max,bb} = \sqrt{4 \cdot \pi^2 \frac{E \cdot I}{|N|}}$$

Effective axial force $$N = A \cdot (\nu \cdot S_h - \gamma_t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T)$$

$S_h = \gamma_p \cdot \sigma_h$ Table 3 - NEN3656 - BC4

γ_p = 1.15 -

γ_t = 1.1 -

N = -9.83E+05 N

$L_{max,bb}$ = 39.3 m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Stokes 5th order wave theory

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	1.32	m
Storm surge water level	$SWL = WD + ss$ =	27.32	m
Wave height	H =	17.6	m
Wave period	T =	12.3	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2
Deep water wave length	$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$ =	236.2	m

Solving for wave length (L) and λ

$$\frac{\pi \cdot H}{SWL} - \frac{L}{SWL}\left\{\lambda + \lambda^3 \cdot B_{33} + \lambda^5 \cdot \left(B_{35} + B_{55}\right)\right\} = 0 \quad (I)$$

$$\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) \cdot \left\{1 + \lambda^2 \cdot C_1 + \lambda^4 \cdot C_2\right\} = 0 \quad (II)$$

Choosing L and solving for λ in (II) results in 4 roots for λ

Estimate actual wave length, L **205.027 m**

$$A = SWL / L_O = 0.1157$$

$$B = \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) = 0.0912$$

$$\lambda = \pm\sqrt{X}$$

$$X = \frac{-C_1 \cdot B \pm \sqrt{D}}{2 \cdot C_2 \cdot B}$$

$$D = (C_1 \cdot B)^2 - 4 \cdot (C_2 \cdot B) \cdot (-(A - B)) = 0.4810$$

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

	-	eq. (I)	eq. (II)
λ1	0.219	0.0000	0.0000
λ2	Numerator of X < 0		
λ3	-0.219	4.0477	0.0000
λ4	Numerator of X < 0		

Item	Formula	Value	Unit
s	$s = \sinh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	0.9385	-
c	$c = \cosh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.3714	-
A11	$A_{11} = \frac{1}{s} =$	1.0655	-
A13	$A_{13} = \frac{-c^2\cdot\left(5\cdot c^2+1\right)}{8\cdot s^5} =$	-3.3590	-
	$A_{15} = -\frac{1184\cdot c^{10}-1440\cdot c^8-1992\cdot c^6+2641\cdot c^4-249\cdot c^2+18}{1536\cdot s^{11}} =$	-7.1768	-
A22	$A_{22} = \frac{3}{8\cdot s^4} =$	0.4833	-
A24	$A_{24} = \frac{192\cdot c^8-424\cdot c^6-312\cdot c^4+480\cdot c^2-17}{768\cdot s^{10}} =$	-1.5623	-
A33	$A_{33} = \frac{13-4\cdot c^2}{64\cdot s^7} =$	0.1334	-
	$A_{35} = \frac{512\cdot c^{12}+4224\cdot c^{10}-6800\cdot c^8-12808\cdot c^6+16704\cdot c^4-3154\cdot c^2-107}{4096\cdot s^{13}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	0.2613	-
A44	$A_{44} = \frac{80\cdot c^6-816\cdot c^4+1338\cdot c^2-197}{1536\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	-0.0042	-

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

$$A_{55} = -\frac{2880\cdot c^{10} - 72480\cdot c^{8} + 324000\cdot c^{6} - 432000\cdot c^{4} + 163470\cdot c^{2} - 16245}{61440\cdot s^{11}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)} = \quad \text{-0.0238 -}$$

B22

$$B_{22} = \frac{\left(2\cdot c^{2}+1\right)\cdot c}{4\cdot s^{3}} = \quad \text{1.9748 -}$$

B24

$$B_{24} = \frac{c\cdot\left(272\cdot c^{8} - 504\cdot c^{6} - 192\cdot c^{4} + 322\cdot c^{2} + 21\right)}{384\cdot s^{9}} = \quad \text{-0.0131 -}$$

B33

$$B_{33} = \frac{3\cdot\left(8\cdot c^{6}+1\right)}{64\cdot s^{6}} = \quad \text{3.7193 -}$$

$$B_{35} = \frac{88128\cdot c^{14} - 208224\cdot c^{12} + 70848\cdot c^{10} + 54000\cdot c^{8} - 21816\cdot c^{6} + 6264\cdot c^{4} - 54\cdot c^{2} - 81}{12288\cdot s^{12}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{5.7610 -}$$

B44

$$B_{44} = c\cdot\frac{768\cdot c^{10} - 488\cdot c^{8} - 48\cdot c^{6} + 48\cdot c^{4} + 106\cdot c^{2} - 21}{384\cdot s^{9}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{7.3742 -}$$

$$B_{55} = \frac{192000\cdot c^{16} - 26720\cdot c^{14} + 83680\cdot c^{12} + 20160\cdot c^{10} - 7280\cdot c^{8} + 7160\cdot c^{6} - 1800\cdot c^{4} - 1050\cdot c^{2} + 225}{12288\cdot s^{10}\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{17.3253 -}$$

C1

$$C_{1} = \frac{8\cdot c^{4} - 8\cdot c^{2} + 9}{8\cdot s^{4}} = \quad \text{3.5852 -}$$

$$C_{2} = \frac{3840\cdot c^{12} - 4096\cdot c^{10} + 2592\cdot c^{8} - 1008\cdot c^{6} + 5944\cdot c^{4} - 1830\cdot c^{2} + 147}{512\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{41.9171 -}$$

C3

$$C_{3} = -\frac{1}{4\cdot c\cdot s} = \quad \text{-0.1942 -}$$

C4

$$C_{4} = \frac{12\cdot c^{8} + 36\cdot c^{6} - 162\cdot c^{4} + 141\cdot c^{2} - 27}{192\cdot c\cdot s^{9}} = \quad \text{0.3684 -}$$

K1

$$K_{1} = \lambda\cdot A_{11} + \lambda^{3}\cdot A_{13} + \lambda^{5}\cdot A_{15} = \quad \text{0.1944 -}$$

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

K2	$K_2 = \lambda^2 \cdot A_{22} + \lambda^4 \cdot A_{24} =$	0.0196	-
K3	$K_3 = \lambda^3 \cdot A_{33} + \lambda^5 \cdot A_{35} =$	0.0015	-
K4	$K_4 = \lambda^4 \cdot A_{44} =$	0.0000	-
K5	$K_5 = \lambda^5 \cdot A_{55} =$	0.0000	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	:
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. seabed) 0.3238 m

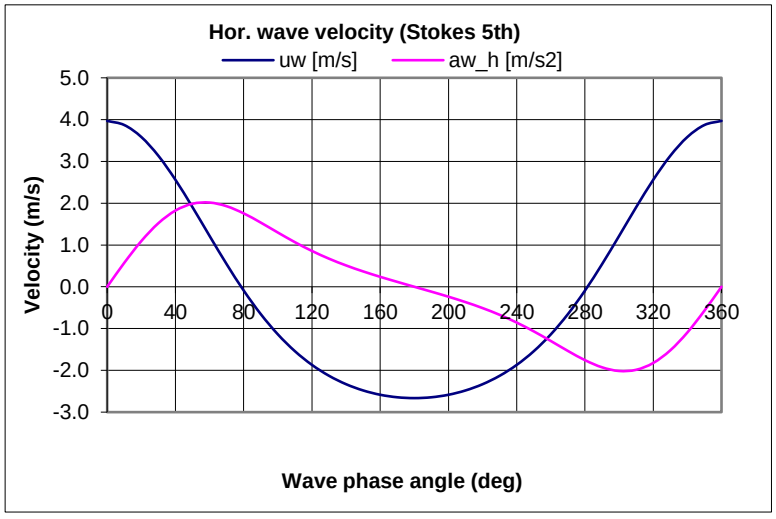
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{L}{T} \cdot \sum_{n=1}^{5} n \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \cos(n \cdot \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

$$a_{w,h} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{T^2} \cdot \sum_{n=1}^{5} n^2 \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \sin(n \cdot \varphi)$$

ϕ [deg.]	uw [m/s]	aw_h [m/s^2]
0.00	3.9693	0.0000
10.00	3.8710	0.5717
20.00	3.5845	1.0931
30.00	3.1347	1.5208
40.00	2.5596	1.8235
50.00	1.9046	1.9870
60.00	1.2172	2.0150
70.00	0.5408	1.9277
80.00	-0.0904	1.7562
90.00	-0.6537	1.5357
100.00	-1.1379	1.2981
110.00	-1.5416	1.0674
120.00	-1.8697	0.8572
130.00	-2.1302	0.6720
140.00	-2.3316	0.5103
150.00	-2.4810	0.3674
160.00	-2.5841	0.2380
170.00	-2.6446	0.1170
180.00	-2.6645	0.0000
190.00	-2.6446	-0.1170
200.00	-2.5841	-0.2380



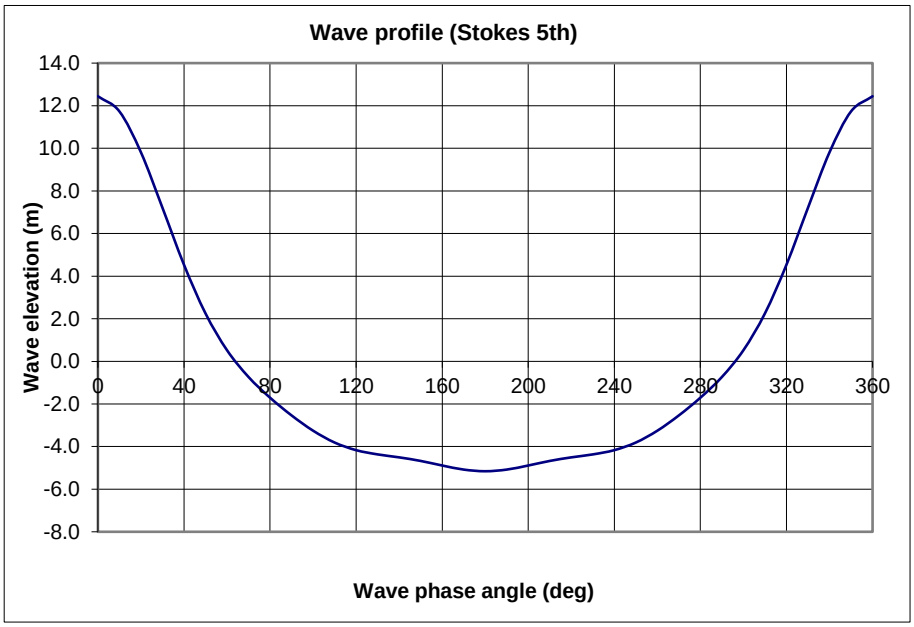
210.00	-2.4810	-0.3674
220.00	-2.3316	-0.5103
230.00	-2.1302	-0.6720
240.00	-1.8697	-0.8572
250.00	-1.5416	-1.0674
260.00	-1.1379	-1.2981
270.00	-0.6537	-1.5357
280.00	-0.0904	-1.7562
290.00	0.5408	-1.9277
300.00	1.2172	-2.0150
310.00	1.9046	-1.9870
320.00	2.5596	-1.8235
330.00	3.1347	-1.5208
340.00	3.5845	-1.0931
350.00	3.8710	-0.5717
360.00	3.9693	0.0000

U_{wm} = max. wave particle velocity = 3.97 m/s

Wave profile h(t)

$$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	12.4428
10.00	11.7333
20.00	9.8129
30.00	7.2100
40.00	4.5383
50.00	2.2536
60.00	0.5246
70.00	-0.7319
80.00	-1.7048
90.00	-2.5360
100.00	-3.2535
110.00	-3.8091
120.00	-4.1674
130.00	-4.3666
140.00	-4.5055
150.00	-4.6740
160.00	-4.8875
170.00	-5.0792
180.00	-5.1572
190.00	-5.0792
200.00	-4.8875
210.00	-4.6740
220.00	-4.5055
230.00	-4.3666
240.00	-4.1674
250.00	-3.8091
260.00	-3.2535
270.00	-2.5360
280.00	-1.7048
290.00	-0.7319
300.00	0.5246
310.00	2.2536
320.00	4.5383
330.00	7.2100
340.00	9.8129
350.00	11.7333
360.00	12.4428



Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 23/12/2024		
Revision	: 1		

General data

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	3.79	0.41	4.20	2085.8	2681.8
10.00	3.69	0.41	4.10	1993.6	2563.2
20.00	3.42	0.41	3.83	1737.0	2233.3
30.00	2.99	0.41	3.40	1369.9	1761.3
40.00	2.44	0.41	2.85	963.8	1239.2
50.00	1.82	0.41	2.23	588.1	756.1
60.00	1.16	0.41	1.57	293.1	376.9
70.00	0.52	0.41	0.93	102.1	131.2
80.00	-0.09	0.41	0.33	12.6	16.3
90.00	-0.62	0.41	-0.21	-5.2	6.7
100.00	-1.09	0.41	-0.67	-53.5	68.7
110.00	-1.47	0.41	-1.06	-132.2	170.0
120.00	-1.78	0.41	-1.37	-222.1	285.5
130.00	-2.03	0.41	-1.62	-309.9	398.5
140.00	-2.22	0.41	-1.81	-387.9	498.7
150.00	-2.37	0.41	-1.95	-451.3	580.3
160.00	-2.46	0.41	-2.05	-497.9	640.2
170.00	-2.52	0.41	-2.11	-526.3	676.7
180.00	-2.54	0.41	-2.13	-535.8	688.9
190.00	-2.52	0.41	-2.11	-526.3	676.7
200.00	-2.46	0.41	-2.05	-497.9	640.2
210.00	-2.37	0.41	-1.95	-451.3	580.3
220.00	-2.22	0.41	-1.81	-387.9	498.7
230.00	-2.03	0.41	-1.62	-309.9	398.5
240.00	-1.78	0.41	-1.37	-222.1	285.5
250.00	-1.47	0.41	-1.06	-132.2	170.0
260.00	-1.09	0.41	-0.67	-53.5	68.7
270.00	-0.62	0.41	-0.21	-5.2	6.7
280.00	-0.09	0.41	0.33	12.6	16.3
290.00	0.52	0.41	0.93	102.1	131.2
300.00	1.16	0.41	1.57	293.1	376.9
310.00	1.82	0.41	2.23	588.1	756.1
320.00	2.44	0.41	2.85	963.8	1239.2
330.00	2.99	0.41	3.40	1369.9	1761.3
340.00	3.42	0.41	3.83	1737.0	2233.3
350.00	3.69	0.41	4.10	1993.6	2563.2
360.00	3.79	0.41	4.20	2085.8	2681.8

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Buckling and Collapse
File # : L7-F flooded lay 159mm_Buckling & Collapse calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator : EvW
Checked : PF
Date : 23/12/2024
Revision : 1

ϕ [deg]	a_{w_h} [m/s^2]	$a_{w_h_perp}$ [m/s^2]	Fi [N/m]	Fd+Fi [N/m]	ABS(Fd+Fi) [N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	2085.8	2085.8
10.00	0.55	0.52	149.8	2143.4	2143.4
20.00	1.04	0.99	286.4	2023.5	2023.5
30.00	1.45	1.38	398.5	1768.4	1768.4
40.00	1.74	1.66	477.8	1441.6	1441.6
50.00	1.90	1.81	520.7	1108.8	1108.8
60.00	1.92	1.83	528.0	821.1	821.1
70.00	1.84	1.75	505.1	607.2	607.2
80.00	1.67	1.60	460.2	472.8	472.8
90.00	1.46	1.40	402.4	397.2	397.2
100.00	1.24	1.18	340.2	286.7	286.7
110.00	1.02	0.97	279.7	147.5	147.5
120.00	0.82	0.78	224.6	2.5	2.5
130.00	0.64	0.61	176.1	-133.8	133.8
140.00	0.49	0.46	133.7	-254.1	254.1
150.00	0.35	0.33	96.3	-355.1	355.1
160.00	0.23	0.22	62.4	-435.6	435.6
170.00	0.11	0.11	30.6	-495.7	495.7
180.00	0.00	0.00	0.0	-535.8	535.8
190.00	-0.11	-0.11	-30.6	-557.0	557.0
200.00	-0.23	-0.22	-62.4	-560.3	560.3
210.00	-0.35	-0.33	-96.3	-547.6	547.6
220.00	-0.49	-0.46	-133.7	-521.6	521.6
230.00	-0.64	-0.61	-176.1	-486.0	486.0
240.00	-0.82	-0.78	-224.6	-446.7	446.7
250.00	-1.02	-0.97	-279.7	-411.9	411.9
260.00	-1.24	-1.18	-340.2	-393.6	393.6
270.00	-1.46	-1.40	-402.4	-407.6	407.6
280.00	-1.67	-1.60	-460.2	-447.5	447.5
290.00	-1.84	-1.75	-505.1	-403.0	403.0
300.00	-1.92	-1.83	-528.0	-234.9	234.9
310.00	-1.90	-1.81	-520.7	67.5	67.5
320.00	-1.74	-1.66	-477.8	486.0	486.0
330.00	-1.45	-1.38	-398.5	971.4	971.4
340.00	-1.04	-0.99	-286.4	1450.6	1450.6
350.00	-0.55	-0.52	-149.8	1843.8	1843.8
360.00	0.00	0.00	0.0	2085.8	2085.8

Maximum absolute hydrodynamic force 2143.4 N/m

Appendix E Static and Dynamic Span Analysis

The following static and dynamic span analyses were performed:

- L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations
- L7-F flooded lay 159mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

(26 pages)

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Static & Dynamic Span - 12in x 12.7mm

Condition Overview

	Pressure (barg)	Temp. (deg. C)	Content (kg/m3)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15	1025
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15	1025
Design (P_d, T_d)	120	50	78

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom} =	12		
Nominal diameter		OD_{nom} =	323.8	mm	
Nominal wall thickness		d_{nom} =	12.7	mm	
Internal diameter	$ID = OD_{nom} - 2 \cdot d_{nom}$	ID =	298.4	mm	
Cross sectional area of steel	$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \{OD_{nom}^2 - ID^2\}$	A_s =	12412	mm^2	
Section modulus	$W_s = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{\{OD_{nom}^4 - ID^4\}}{OD_{nom}}$	W_s =	929052	mm^3	
Moment of Inertia	$I_s = \frac{\pi}{64} \cdot \{OD_{nom}^4 - ID^4\}$	I_s =	150413492	mm^4	
Corrosion allowance		CA =	3	mm	
Fabrication Tolerance		f_{tol} =	12.5	%	
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min} =	8.1	mm	
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g =	315.7	mm	
Piggyback					
Nominal diameter		$OD_{nom,p}$ =	0	mm	
Nominal wall thickness		$d_{nom,p}$ =	0.0	mm	

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm	
Thickness piggyback	=	0	mm	
Density	=	965.0	kg/m^3	

Constants

gravitational acceleration	g =	9.81	m/s^2	

Material

	=	L360NE		
Design temperature	T_d =	50	°C	
Yield at ambient/hydrotest temperature	R_e =	360.00	N/mm^2	
Yield at design temperature	R_{ed} =	360.00	N/mm^2	
Density	ρ_{st} =	7850	kg/m3	
Youngs modulus	E_s =	210000	N/mm^2	
Poisson's ratio	υ =	0.3	-	
Linear thermal expansion coefficient	α =	1.16E-05	$m/m/^oC$	

Weights

		installation (N/m)	hydrotest (N/m)	operation (N/m)
air	line pipe	955.9	955.9	955.9
	content	703.2	703.2	53.5
	coating	29.2	29.2	29.2
	piggyback	0.0	0.0	0.0
	coating pb	0.0	0.0	0.0
buoyancy	line pipe	859.0	859.0	859.0
	piggyback	0.0	0.0	0.0

$$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$$

$$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$$

Static & Dynamic span to be checked for the following environmental load combinations

Condition	Wave velocity	Current velocity	Comment
Installation	$H_{max,1yr}$	1 yr	
Hydrotest	$H_{max,1yr}$	1 yr	
Operational	$H_{max,100yr}$	10 yr	LC1
	$H_{max,10yr}$	100 yr	LC2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Environmental conditions

Water depths:

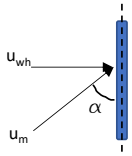
Seawater density		ρ_{sw} =	1025	kg/m^3
Maximum water depth		WD_{max} =	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min} =	26	m LAT
Other water depth (user input)		WD =	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr} =	-1.02	m LAT
Storm surge, RP10 yr		ss_{10yr} =	-1.17	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr} =	-1.32	m LAT
Storm surge water level, RP1 yr	$SSWL_{1yr} = WD + ss_{1yr}$	$SSWL_{1yr}$ =	24.98	m LAT
Storm surge water level, RP10 yr	$SSWL_{10yr} = WD + ss_{10yr}$	$SSWL_{10yr}$ =	24.83	m LAT
Storm surge water level, RP100 yr	$SSWL_{100yr} = WD + ss_{100yr}$	$SSWL_{100yr}$ =	24.68	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT =	2.19	m

Waves (H_{max} & T_{max}):

Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrotest	$H_{max,1}$ =	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr	$T_{ass,1}$ =	10.4	s
Maximum wave height, RP10 yr - operational	$H_{max,10}$ =	15.1	m
Associated maximum wave period, RP10 yr	$T_{ass,10}$ =	11.5	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational	$H_{max,100}$ =	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr	$T_{ass,100}$ =	12.3	s

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

	1 yr	10 yr	100 yr
$\frac{H}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0117	0.0116	0.0119
$\frac{SWL}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0235	0.0191	0.0166
theory	Stokes	Stokes	Stokes
maximum wave particle velocity (u_{wm})	2.66	3.53	4.33
angle of attack relative to P/L axis (α)	72.5	72.5	72.5
horizontal wave velocity$\perp$ to P/L (u_{wh})	2.54	3.36	4.13



Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s

Current velocity at reference height: $U_{czr} = u_{st} + u_{ss}$

	$U_{czr,1}$ =	0.5	m/s
	$U_{czr,10}$ =	0.54	m/s
	$U_{czr,100}$ =	0.58	m/s

Angle of attack relative to pipeline axis: α_{uc} = 72.5 deg

Horizontal current velocity $\perp$ to P/L: $$u_{cm,perp} = \frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r} \right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc})$$

	$u_{cm,perp,1}$ =	0.356	m/s
	$u_{cm,perp,10}$ =	0.385	m/s
	$u_{cm,perp,100}$ =	0.413	m/s

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Hydrodunamic forces:

Maximum absolute hydrodynamic force (F_D+F_I), RP1 yr (installation/hydrotest condition)	1053	N/m
Maximum absolute hydrodynamic force (F_D+F_I), RP100/10 yr (LC 1 operational condition)	2476	N/m
Maximum absolute hydrodynamic force (F_D+F_I), RP10/100 yr (LC 2operational condition)	1754	N/m

Temperatures:

Ambient temperature: T_{amb} = 4 deg. C

Table 3 - NEN 3656 load factors

Load factor	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
Self weight & content	1.1	1.1	1.1	1.1	
Coating	1.2	1.2	1.2	1.2	
Marine growth	0	0	1.2	1.2	
Internal pressure	0	1.15	1.15	1.15	
external pressure	1.1	1.1	1.1	1.1	
temperature	1	1.1	1.1	1.1	
environmental load	1.1	1.2	1.2	1.2	
Pipe bundle weight in air	1860.0	1860.0	1145.3	1145.3	N/m; incl. load factors
Submerged bundle weight, Ws	915.1	915.1	200.4	200.4	N/m; incl. load factors
Factored load acting on pipe, q	1476	1560	2978	2114	N/m; $q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$
Pressure	2	160	120	120	barg
ΔT	11	11	46	46	deg. C
Material factor (table 3; D3.1)	1.1	1.1	1.1	1.1	
Allowable stress (table 3; D3.1)	327.3	556.4	556.4	556.4	N/mm^2

STATIC SPAN LENGTH - INSTALLATION

	Unrestrained pipe tension	Unrestrained pipe compression	Restrained pipe tension	Restrained pipe compression		
Hoop stress	5.6	5.6	5.6	5.6	N/mm^2	$\sigma_H = \frac{(\gamma i \cdot Pi - \gamma e \cdot Pe) \cdot (OD - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$
Max. long. Stress	330.0	-324.5	330.0	-324.5	N/mm^2	$\sigma_{max.long.stress} = \frac{\sigma_H \pm \sqrt{-3 \cdot \sigma_H^2 + 4 \cdot \sigma_{allow}^2}}{2}$
Long. hoop stress	1.6	1.6	1.7	1.7	N/mm^2	$\sigma_{long.hoop.stress} = \nu \cdot \sigma_H$
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-26.8	-26.8	N/mm^2	$\sigma_{thermal} = -\gamma_t \cdot \alpha \cdot E_s \cdot \Delta T$
Max. allow. bending stress	327.3	-326.1	327.3	-299.3	N/mm^2	$\sigma_{b,max} = \sigma_{max.long.stress} - \sigma_{lonh.hoop.stress} - \sigma_{thermal}$
Maximum span	45.4	45.3	45.4	43.4	m	

STATIC SPAN LENGTH - HYDROTEST

	Unrestrained pipe tension	Unrestrained pipe compression	Restrained pipe tension	Restrained pipe compression	
Hoop stress	352.4	352.4	352.4	352.4	N/mm^2
Max. long. Stress	641.4	-288.9	641.4	-288.9	N/mm^2
Long. hoop stress	99.2	99.2	105.7	105.7	N/mm^2
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-29.5	-29.5	N/mm^2
Max. allow. bending stress	542.2	-388.1	556.4	-365.2	N/mm^2
Maximum span	56.8	48.1	57.6	46.6	m

STATIC SPAN LENGTH - OPERATION LC1

	Unrestrained pipe tension	Unrestrained pipe compression	Restrained pipe tension	Restrained pipe compression	
Hoop stress	262.9	262.9	262.9	262.9	N/mm^2
Max. long. Stress	639.1	-376.2	639.1	-376.2	N/mm^2
Long. hoop stress	74.4	74.4	78.9	78.9	N/mm^2
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-123.3	-123.3	N/mm^2
Max. allow. bending stress	556.4	-450.5	556.4	-331.8	N/mm^2
Maximum span	41.7	37.5	41.7	32.2	m

STATIC SPAN LENGTH - OPERATION LC2

	Unrestrained pipe		Restrained pipe		
	tension	compression	tension	compression	
Hoop stress	262.9	262.9	262.9	262.9	N/mm^2
Max. long. Stress	639.1	-376.2	639.1	-376.2	N/mm^2
Long. hoop stress	74.4	74.4	78.9	78.9	N/mm^2
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-123.3	-123.3	N/mm^2
Max. allow. bending stress	556.4	-450.5	556.4	-331.8	N/mm^2
Maximum span	49.4	44.5	49.4	38.2	m

DYNAMIC SPAN ANALYSIS (NEN 3656 - I.5.2.5)

Assessment Stability parameter, Ks < 1.8 => in-line vibration
Stability parameter, Ks < 16 => cross flow vibration

$$K_s = \frac{2m \times \delta}{\rho_w \times D_o^2}$$ **Where,**

δ = damping factor water: 0.02 x 2 x π = 0.126 -
ρ_w = seawater density = 1025 kg/m^3
D_o = outer diameter (incl. coating) = 329.8 mm
m = effective mass
m = W_{bundle} + M_{added}

$$M_{added} = \frac{\pi}{4} \cdot C_m \cdot \rho_w \cdot D_{o,eq}^2$$

C_m = added mass coefficient = 1.2 -
$D_{o,eq}$ = equivalent diameter (incl. coating) = 329.8 mm

Due to the presense of 2 objects attached to eachother, velocity flow intensification occurs:

$v_{tot} = (v_{wave} + v_{cur}) \times (1 + f_{int})$; $f_{int} = \left\{1 + \left(\frac{D_{ob}^2}{4 \cdot CL^2}\right)\right\}$

Where,
D_{ob} = diameter of obstruction
CL = centerline distance P/L - obstruction

IN-LINE VIV:
Given the stability factor (Ks), the horizontal particle velocity (v), possibly including vicinity factor and the reduced velocity (Vr), the first eigen frequency (f1) can be determined prior to vibration occurring.

Reduced velocity, Vr, based on NEN 3656 I.5.2.5.2

$$V_r = \frac{v}{f_1 \times D_o}$$ if $1{,}0 \le V_r \le 3{,}5$ then oscillation occurs => Vr<1,0 design criterium

Vr is set to 1 as conservative value; Vr = 1.0 -

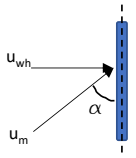
$$f_1 = \frac{a}{2\pi}\sqrt{\frac{E \times I}{m \times L^4}}$$

Where,
a = frequency factor (22 for fixed/fixed; 9.87 for pinned/pinned)
a = 15.4 for fixed/pinned a = 15.4 -

Waves (Hs & Tz):

Significant wave height, RP1 yr - installation/hydrotest	$H_{s,1}$ =	6.8 m
Peak wave period, RP1 yr	$Tp_{,1}$ =	11.6 s
Significant wave height, RP10 yr - operational	$H_{s,10}$ =	8.3 m
Peak wave period, RP10 yr	$Tp_{,10}$ =	12.8 s
Significant wave height, RP100 yr - operational	$H_{s,100}$ =	9.7 m
Peak wave period, RP100 yr	$Tp_{,100}$ =	13.7 s

	1 yr	10 yr	100 yr
$\frac{H}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0052	0.0052	0.0053
$\frac{SWL}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0189	0.0154	0.0134
theory	Stokes	Stokes	Stokes
maximum wave particle velocity (u_{wm})	1.64	2.17	2.67
angle of attack relative to P/L axis (α)	72.5	72.5	72.5
horizontal wave velocity$\perp$ to P/L (u_{wh})	1.57	2.07	2.55

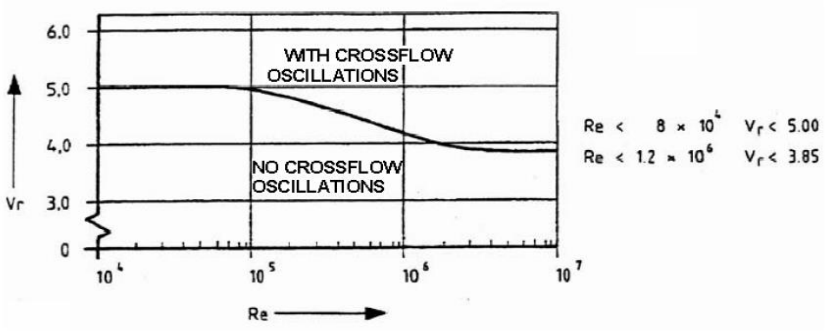


	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
effective mass	277.2	277.2	210.9	210.9	kg/m
K_s	0.62	0.62	0.48	0.48	-
In-line VIV	yes	yes	yes	yes	-
cross flow VIV	yes	yes	yes	yes	-
Vr	1.00	1.00	1.00	1.00	-
u_{wh}	0.54	0.54	0.58	0.63	m/s, set to u_cm if current velocity ratio is below 0.5 (DNV fatigue criteriu
$u_{cm,perp}$	0.54	0.54	0.58	0.63	m/s, current FROM SW governing for in-line VIV only
D_{ob}	0.0	0.0	0.0	0.0	mm
CL	204.9	204.9	204.9	204.9	mm
f_{int}	0.000	0.000	0.000	0.000	-
$(u_{wh} + u_{cm,perp}) \times (1+0.5 \cdot f_{int}) = v_{tot}$	1.08	1.08	1.16	1.26	m/s
D_o	0.3298	0.3298	0.3298	0.3298	m
f1	3.27	3.27	3.52	3.82	1/s
$L_{span,in}$	15.9	15.9	16.4	15.8	m

note: f_{int} is taken into account for 50% as system doesn't instantaneously respond and vortices occur in a relatively steady state environment, which this isn't.

CROSS FLOW VIV:
Oscillation area for cross flow is given by the figure below and depends on the Reynolds number (R_e) $R_e = \frac{v \cdot D_o}{\upsilon_d}$

v = horizontal particle velocity (v_{tot})
D_o = outer diameter (incl. coating) = 329.8 mm
υ_d = dynamic viscosity seawater υ_d = 1.31E-06 m^2/s
-



	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
u_{wh}	1.57	1.57	2.55	2.07	m/s
$u_{cm,perp}$	0.36	0.36	0.38	0.41	m/s
D_{ob}	0.0	0.0	0.0	0.0	mm
CL	204.9	204.9	204.9	204.9	mm
f_{int}	0.000	0.000	0.000	0.000	-
$(u_{wh} + u_{cm,perp}) \times (1+0.5 \cdot f_{int}) = v_{tot}$	1.92	1.92	2.93	2.48	m/s
D_o	0.3298	0.3298	0.3298	0.3298	m
Reynolds nr.	4.85E+05	4.85E+05	7.40E+05	6.27E+05	-
Vr	4.443	4.443	4.313	4.364	-
f1	1.31	1.31	2.06	1.73	1/s
$L_{span,cross}$	25.1	25.1	21.4	23.4	m

SUMMARY - SPAN ANALYSIS

	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
$L_{span,in}$	15.9	15.9	16.4	15.8	m
$L_{span,cross}$	25.1	25.1	21.4	23.4	m

Maximum Span Length = 15.8 m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Static & Dynamic Span - 12in x 12.7mm

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	-1.02	m
Storm surge water level	$SWL = WD + ss$ =	24.98	m
Wave height	H =	12.4	m
Wave period	T =	10.4	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2
Deep water wave length	$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$ =	168.9	m

Solving for wave length (L) and λ

$$\frac{\pi \cdot H}{SWL} - \frac{L}{SWL}\left\{\lambda + \lambda^3 \cdot B_{33} + \lambda^5 \cdot \left(B_{35} + B_{55}\right)\right\} = 0 \quad (I)$$

$$\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) \cdot \left\{1 + \lambda^2 \cdot C_1 + \lambda^4 \cdot C_2\right\} = 0 \quad (II)$$

Choosing L and solving for λ in (II) results in 4 roots for λ

Estimate actual wave length, L **150.664 m**

$$A = SWL / L_O = 0.1479$$

$$B = \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) = 0.1291$$

$$\lambda = \pm\sqrt{X}$$

$$X = \frac{-C_1 \cdot B \pm \sqrt{D}}{2 \cdot C_2 \cdot B}$$

$$D = \left(C_1 \cdot B\right)^2 - 4 \cdot \left(C_2 \cdot B\right) \cdot \left(-\left(A - B\right)\right) = 0.1867$$

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

	-	eq. (I)	eq. (II)
λ1	0.231	0.0000	0.0000
λ2	Numerator of X < 0		
λ3	-0.231	3.1190	0.0000
λ4	Numerator of X < 0		

Item	Formula	Value	Unit
s	$s = \sinh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.2407	-
c	$c = \cosh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.5935	-
A11	$A_{11} = \frac{1}{s} =$	0.8060	-
A13	$A_{13} = \frac{-c^2\cdot\left(5\cdot c^2+1\right)}{8\cdot s^5} =$	-1.4789	-
A_{15}	$A_{15} = -\frac{1184\cdot c^{10}-1440\cdot c^8-1992\cdot c^6+2641\cdot c^4-249\cdot c^2+18}{1536\cdot s^{11}} =$	-2.9713	-
A22	$A_{22} = \frac{3}{8\cdot s^4} =$	0.1583	-
A24	$A_{24} = \frac{192\cdot c^8-424\cdot c^6-312\cdot c^4+480\cdot c^2-17}{768\cdot s^{10}} =$	0.0347	-
A33	$A_{33} = \frac{13-4\cdot c^2}{64\cdot s^7} =$	0.0098	-
A_{35}	$A_{35} = \frac{512\cdot c^{12}+4224\cdot c^{10}-6800\cdot c^8-12808\cdot c^6+16704\cdot c^4-3154\cdot c^2-107}{4096\cdot s^{13}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	0.1978	-
A44	$A_{44} = \frac{80\cdot c^6-816\cdot c^4+1338\cdot c^2-197}{1536\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	-0.0040	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

$$A_{55} = -\frac{2880\cdot c^{10} - 72480\cdot c^{8} + 324000\cdot c^{6} - 432000\cdot c^{4} + 163470\cdot c^{2} - 16245}{61440\cdot s^{11}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)} = \quad \text{-0.0008 -}$$

B22 $$B_{22} = \frac{\left(2\cdot c^{2}+1\right)\cdot c}{4\cdot s^{3}} = \quad \text{1.2680 -}$$

B24 $$B_{24} = \frac{c\cdot\left(272\cdot c^{8} - 504\cdot c^{6} - 192\cdot c^{4} + 322\cdot c^{2} + 21\right)}{384\cdot s^{9}} = \quad \text{1.5832 -}$$

B33 $$B_{33} = \frac{3\cdot\left(8\cdot c^{6}+1\right)}{64\cdot s^{6}} = \quad \text{1.6964 -}$$

$$B_{35} = \frac{88128\cdot c^{14} - 208224\cdot c^{12} + 70848\cdot c^{10} + 54000\cdot c^{8} - 21816\cdot c^{6} + 6264\cdot c^{4} - 54\cdot c^{2} - 81}{12288\cdot s^{12}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{5.8357 -}$$

B44 $$B_{44} = c\cdot\frac{768\cdot c^{10} - 488\cdot c^{8} - 48\cdot c^{6} + 48\cdot c^{4} + 106\cdot c^{2} - 21}{384\cdot s^{9}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{2.5348 -}$$

$$B_{55} = \frac{192000\cdot c^{16} - 26720\cdot c^{14} + 83680\cdot c^{12} + 20160\cdot c^{10} - 7280\cdot c^{8} + 7160\cdot c^{6} - 1800\cdot c^{4} - 1050\cdot c^{2} + 225}{12288\cdot s^{10}\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad \text{4.4037 -}$$

C1 $$C_{1} = \frac{8\cdot c^{4} - 8\cdot c^{2} + 9}{8\cdot s^{4}} = \quad \text{2.1245 -}$$

$$C_{2} = \frac{3840\cdot c^{12} - 4096\cdot c^{10} + 2592\cdot c^{8} - 1008\cdot c^{6} + 5944\cdot c^{4} - 1830\cdot c^{2} + 147}{512\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad \text{11.4650 -}$$

C3 $$C_{3} = -\frac{1}{4\cdot c\cdot s} = \quad \text{-0.1265 -}$$

C4 $$C_{4} = \frac{12\cdot c^{8} + 36\cdot c^{6} - 162\cdot c^{4} + 141\cdot c^{2} - 27}{192\cdot c\cdot s^{9}} = \quad \text{0.1759 -}$$

K1 $$K_{1} = \lambda\cdot A_{11} + \lambda^{3}\cdot A_{13} + \lambda^{5}\cdot A_{15} = \quad \text{0.1660 -}$$

K2	$K_2 = \lambda^2 \cdot A_{22} + \lambda^4 \cdot A_{24} =$	0.0085	-
K3	$K_3 = \lambda^3 \cdot A_{33} + \lambda^5 \cdot A_{35} =$	0.0003	-
K4	$K_4 = \lambda^4 \cdot A_{44} =$	0.0000	-
K5	$K_5 = \lambda^5 \cdot A_{55} =$	0.0000	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. seabed) 0.3238 m

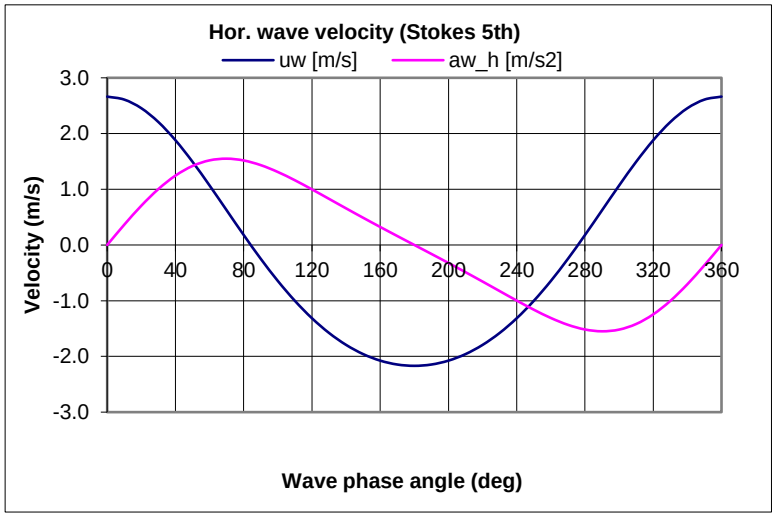
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{L}{T} \cdot \sum_{n=1}^{5} n \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \cos(n \cdot \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

$$a_{w,h} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{T^2} \cdot \sum_{n=1}^{5} n^2 \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \sin(n \cdot \varphi)$$

ϕ [deg.]	uw [m/s]	aw_h [m/s^2]
0.00	2.6624	0.0000
10.00	2.6097	0.3634
20.00	2.4546	0.7046
30.00	2.2067	1.0038
40.00	1.8803	1.2450
50.00	1.4939	1.4180
60.00	1.0680	1.5187
70.00	0.6232	1.5491
80.00	0.1790	1.5168
90.00	-0.2482	1.4329
100.00	-0.6452	1.3102
110.00	-1.0027	1.1615
120.00	-1.3149	0.9979
130.00	-1.5786	0.8278
140.00	-1.7931	0.6570
150.00	-1.9585	0.4885
160.00	-2.0756	0.3232
170.00	-2.1455	0.1608
180.00	-2.1687	0.0000
190.00	-2.1455	-0.1608
200.00	-2.0756	-0.3232



210.00	-1.9585	-0.4885
220.00	-1.7931	-0.6570
230.00	-1.5786	-0.8278
240.00	-1.3149	-0.9979
250.00	-1.0027	-1.1615
260.00	-0.6452	-1.3102
270.00	-0.2482	-1.4329
280.00	0.1790	-1.5168
290.00	0.6232	-1.5491
300.00	1.0680	-1.5187
310.00	1.4939	-1.4180
320.00	1.8803	-1.2450
330.00	2.2067	-1.0038
340.00	2.4546	-0.7046
350.00	2.6097	-0.3634
360.00	2.6624	0.0000

U_{wm} = max. wave particle velocity = 2.66 m/s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

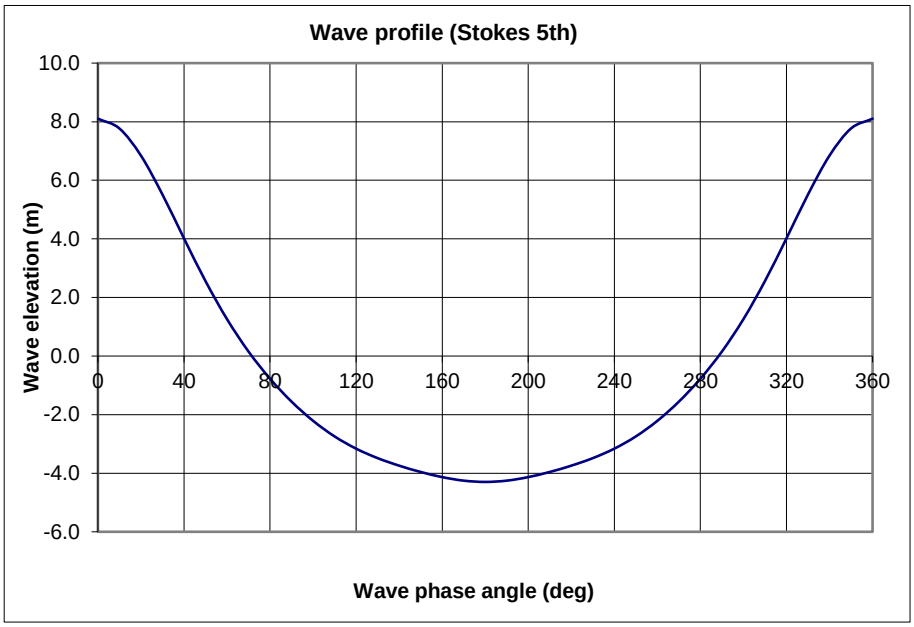
Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Wave profile h(t)

$$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	8.1025
10.00	7.7694
20.00	6.8431
30.00	5.5141
40.00	4.0184
50.00	2.5595
60.00	1.2593
70.00	0.1539
80.00	-0.7746
90.00	-1.5567
100.00	-2.2112
110.00	-2.7438
120.00	-3.1618
130.00	-3.4851
140.00	-3.7426
150.00	-3.9573
160.00	-4.1332
170.00	-4.2539
180.00	-4.2975
190.00	-4.2539
200.00	-4.1332
210.00	-3.9573
220.00	-3.7426
230.00	-3.4851
240.00	-3.1618
250.00	-2.7438
260.00	-2.2112
270.00	-1.5567
280.00	-0.7746
290.00	0.1539
300.00	1.2593
310.00	2.5595
320.00	4.0184
330.00	5.5141
340.00	6.8431
350.00	7.7694
360.00	8.1025



Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 127mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Static & Dynamic Span - 12in x 12.7mm

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot (or equivalent bundle diameter)	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg
Wave forces based on	**Stokes**	**theory**
Current	**1 yr**	

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
10.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
20.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
30.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
40.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
50.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
60.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
70.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
80.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
90.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
100.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
110.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
120.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
130.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
140.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
150.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
160.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
170.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
180.00	-2.07	0.36	-1.71	-346.9	446.0
190.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
200.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
210.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
220.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
230.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
240.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
250.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
260.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
270.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
280.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
290.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
300.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
310.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
320.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
330.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
340.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6

350.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
360.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
ϕ	a_{w_h}	$a_{w_h_perp}$	Fi	Fd+Fi	ABS(Fd+Fi)
[deg]	[m/s^2]	[m/s^2]	[N/m]	[N/m]	[N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8
10.00	0.35	0.33	95.2	1052.9	1052.9
20.00	0.67	0.64	184.6	1045.3	1045.3
30.00	0.96	0.91	263.0	979.4	979.4
40.00	1.19	1.13	326.2	872.8	872.8
50.00	1.35	1.29	371.6	746.8	746.8
60.00	1.45	1.38	397.9	621.5	621.5
70.00	1.48	1.41	405.9	512.8	512.8
80.00	1.45	1.38	397.5	430.3	430.3
90.00	1.37	1.30	375.5	377.1	377.1
100.00	1.25	1.19	343.3	335.4	335.4
110.00	1.11	1.06	304.3	261.7	261.7
120.00	0.95	0.91	261.5	166.1	166.1
130.00	0.79	0.75	216.9	60.6	60.6
140.00	0.63	0.60	172.2	-44.8	44.8
150.00	0.47	0.44	128.0	-142.4	142.4
160.00	0.31	0.29	84.7	-227.1	227.1
170.00	0.15	0.15	42.1	-295.8	295.8
180.00	0.00	0.00	0.0	-346.9	346.9
190.00	-0.15	-0.15	-42.1	-380.1	380.1
200.00	-0.31	-0.29	-84.7	-396.5	396.5
210.00	-0.47	-0.44	-128.0	-398.4	398.4
220.00	-0.63	-0.60	-172.2	-389.1	389.1
230.00	-0.79	-0.75	-216.9	-373.2	373.2
240.00	-0.95	-0.91	-261.5	-356.9	356.9
250.00	-1.11	-1.06	-304.3	-347.0	347.0
260.00	-1.25	-1.19	-343.3	-351.3	351.3
270.00	-1.37	-1.30	-375.5	-373.8	373.8
280.00	-1.45	-1.38	-397.5	-364.6	364.6
290.00	-1.48	-1.41	-405.9	-299.0	299.0
300.00	-1.45	-1.38	-397.9	-174.4	174.4
310.00	-1.35	-1.29	-371.6	3.7	3.7
320.00	-1.19	-1.13	-326.2	220.4	220.4
330.00	-0.96	-0.91	-263.0	453.3	453.3
340.00	-0.67	-0.64	-184.6	676.1	676.1
350.00	-0.35	-0.33	-95.2	862.4	862.4
360.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8

Maximum absolute hydrodynamic force 1052.9 N/m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 159mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Static & Dynamic Span - 12in x 15.9mm

Condition Overview

	Pressure (barg)	Temp. (deg. C)	Content (kg/m3)
Installation (P_{in}, T_{in})	2	15	1025
Hydrotest (P_t, T_t)	160	15	1025
Design (P_d, T_d)	120	50	78

Pipeline properties

Nominal diameter		OD_{nom} =	12		
Nominal diameter		OD_{nom} =	323.8	mm	
Nominal wall thickness		d_{nom} =	15.9	mm	
Internal diameter	$ID = OD_{nom} - 2 \cdot d_{nom}$	ID =	292	mm	
Cross sectional area of steel	$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \{OD_{nom}^2 - ID^2\}$	A_s =	15380	mm^2	
Section modulus	$W_s = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{\{OD_{nom}^4 - ID^4\}}{OD_{nom}}$	W_s =	1128745	mm^3	
Moment of Inertia	$I_s = \frac{\pi}{64} \cdot \{OD_{nom}^4 - ID^4\}$	I_s =	182743808	mm^4	
Corrosion allowance		CA =	3	mm	
Fabrication Tolerance		f_{tol} =	12.5	%	
Minimum wall thickness	$d_{min} = d_{nom} \cdot \{1 - f_{tol}\} - CA$	d_{min} =	10.9	mm	
Average pipe diameter	$OD_g = 1/2 \cdot \{OD_{nom} + (OD_{nom} - 2 \cdot t_{min})\}$	OD_g =	312.9	mm	
Piggyback					
Nominal diameter		$OD_{nom,p}$ =	0	mm	
Nominal wall thickness		$d_{nom,p}$ =	0.0	mm	

Coating data

Thickness line pipe	=	3	mm	
Thickness piggyback	=	0	mm	
Density	=	965.0	kg/m^3	

Constants

gravitational acceleration	g =	9.81	m/s^2	

Material

	=	L360NE		
Design temperature	T_d =	50	°C	
Yield at ambient/hydrotest temperature	R_e =	360.00	N/mm^2	
Yield at design temperature	R_{ed} =	360.00	N/mm^2	
Density	ρ_{st} =	7850	kg/m3	
Youngs modulus	E_s =	210000	N/mm^2	
Poisson's ratio	υ =	0.3	-	
Linear thermal expansion coefficient	α =	1.16E-05	$m/m/^oC$	

Weights

		installation (N/m)	hydrotest (N/m)	operation (N/m)
air	line pipe	1184.4	1184.4	1184.4
	content	673.4	673.4	51.2
	coating	29.2	29.2	29.2
	piggyback	0.0	0.0	0.0
	coating pb	0.0	0.0	0.0
buoyancy	line pipe	859.0	859.0	859.0
	piggyback	0.0	0.0	0.0

$$W_{pipe} = \{A_s \cdot \rho_s + A_{coat} \cdot \rho_{coat} + A_{inside} \cdot \rho_{content}\} \cdot g$$

$$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_{seawater} \cdot g$$

Static & Dynamic span to be checked for the following environmental load combinations

Condition	Wave velocity	Current velocity	Comment
Installation	$H_{max,1yr}$	1 yr	
Hydrotest	$H_{max,1yr}$	1 yr	
Operational	$H_{max,100yr}$	10 yr	LC1
	$H_{max,10yr}$	100 yr	LC2

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 159mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Environmental conditions

Water depths:

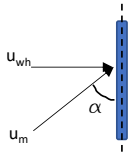
Seawater density		ρ_{sw} =	1025	kg/m^3
Maximum water depth		WD_{max} =	26	m LAT
Minimum water depth		WD_{min} =	26	m LAT
Other water depth (user input)		WD =	26	m LAT
Storm surge, RP1 yr		ss_{1yr} =	-1.02	m LAT
Storm surge, RP10 yr		ss_{10yr} =	-1.17	m LAT
Storm surge, RP100 yr		ss_{100yr} =	1.32	m LAT
Storm surge water level, RP1 yr	$SSWL_{1yr} = WD + ss_{1yr}$	$SSWL_{1yr}$ =	24.98	m LAT
Storm surge water level, RP10 yr	$SSWL_{10yr} = WD + ss_{10yr}$	$SSWL_{10yr}$ =	24.83	m LAT
Storm surge water level, RP100 yr	$SSWL_{100yr} = WD + ss_{100yr}$	$SSWL_{100yr}$ =	27.32	m LAT
Highest Astronomical Tide		HAT =	2.19	m

Waves (H_{max} & T_{max}):

Maximum wave height, RP1 yr - installation/hydrotest	$H_{max,1}$ =	12.4	m
Associated maximum wave period, RP1 yr	$T_{ass,1}$ =	10.4	s
Maximum wave height, RP10 yr - operational	$H_{max,10}$ =	15.1	m
Associated maximum wave period, RP10 yr	$T_{ass,10}$ =	11.5	s
Maximum wave height, RP100 yr - operational	$H_{max,100}$ =	17.6	m
Associated maximum wave period, RP100 yr	$T_{ass,100}$ =	12.3	s

Applied wave theory (per fig. 6.36 "Dynamics of Fixed Marine Structures")

	1 yr	10 yr	100 yr
$\frac{H}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0117	0.0116	0.0119
$\frac{SWL}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0235	0.0191	0.0184
theory	Stokes	Stokes	Stokes
maximum wave particle velocity (u_{wm})	2.66	3.53	3.97
angle of attack relative to P/L axis (α)	72.5	72.5	72.5
horizontal wave velocity$\perp$ to P/L (u_{wh})	2.54	3.36	3.79



Current:

Height above seabed at which velocity is known	z* =	1	m
Spring tide	u_{st} =	0	m/s
Storm surge, RP1 yr	$u_{ss,1}$ =	0.5	m/s
Storm surge, RP10 yr	$u_{ss,10}$ =	0.54	m/s
Storm surge, RP100 yr	$u_{ss,100}$ =	0.58	m/s

Current velocity at reference height: $U_{czr} = u_{st} + u_{ss}$

	$U_{czr,1}$ =	0.5	m/s
	$U_{czr,10}$ =	0.54	m/s
	$U_{czr,100}$ =	0.58	m/s

Angle of attack relative to pipeline axis: α_{uc} = 72.5 deg

Horizontal current velocity $\perp$ to P/L: $$u_{cm,perp} = \frac{7}{8} \cdot U_{czr} \cdot \left(\frac{OD_{nom}}{z_r} \right)^{1/7} \cdot \sin(\alpha_{uc})$$

	$u_{cm,perp,1}$ =	0.356	m/s
	$u_{cm,perp,10}$ =	0.385	m/s
	$u_{cm,perp,100}$ =	0.413	m/s

Hydrodynamic coefficients:

Drag coefficient	C_D =	0.7	-
Lift coefficient	C_L =	0.9	-
Inertia coefficient	C_I =	3.29	-

Hydrodunamic forces:

Maximum absolute hydrodynamic force (F_D+F_I), RP1 yr (installation/hydrotest condition)	1053	N/m
Maximum absolute hydrodynamic force (F_D+F_I), RP100/10 yr (LC 1 operational condition)	2116	N/m
Maximum absolute hydrodynamic force (F_D+F_I), RP10/100 yr (LC 2operational condition)	1754	N/m

Temperatures:

Ambient temperature: T_{amb} = 4 deg. C

Table 3 - NEN 3656 load factors

Load factor	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
Self weight & content	1.1	1.1	1.1	1.1	
Coating	1.2	1.2	1.2	1.2	
Marine growth	0	0	1.2	1.2	
Internal pressure	0	1.15	1.15	1.15	
external pressure	1.1	1.1	1.1	1.1	
temperature	1	1.1	1.1	1.1	
environmental load	1.1	1.2	1.2	1.2	
Pipe bundle weight in air	2078.5	2078.5	1394.2	1394.2	N/m; incl. load factors
Submerged bundle weight, Ws	1133.6	1133.6	449.3	449.3	N/m; incl. load factors
Factored load acting on pipe, q	1621	1697	2578	2152	N/m; $q = \sqrt{\gamma_W{}^2 \cdot W_S{}^2 + \gamma_H{}^2 \cdot (F_D + F_I)^2}$
Pressure	2	160	120	120	barg
ΔT	11	11	46	46	deg. C
Material factor (table 3; D3.1)	1.1	1.1	1.1	1.1	
Allowable stress (table 3; D3.1)	327.3	556.4	556.4	556.4	N/mm^2

STATIC SPAN LENGTH - INSTALLATION

	Unrestrained pipe tension	Unrestrained pipe compression	Restrained pipe tension	Restrained pipe compression		
Hoop stress	4.1	4.1	4.1	4.1	N/mm^2	$\sigma_H = \frac{(\gamma i \cdot Pi - \gamma e \cdot Pe) \cdot (OD - d_{min})}{2 \cdot d_{min}}$
Max. long. Stress	329.3	-325.2	329.3	-325.2	N/mm^2	$\sigma_{max.long.stress} = \frac{\sigma_H \pm \sqrt{-3 \cdot \sigma_H^2 + 4 \cdot \sigma_{allow}^2}}{2}$
Long. hoop stress	1.2	1.2	1.2	1.2	N/mm^2	$\sigma_{long.hoop.stress} = \nu \cdot \sigma_H$
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-26.8	-26.8	N/mm^2	$\sigma_{thermal} = -\gamma_t \cdot \alpha \cdot E_s \cdot \Delta T$
Max. allow. bending stress	327.3	-326.4	327.3	-299.6	N/mm^2	$\sigma_{b,max} = \sigma_{max.long.stress} - \sigma_{lonh.hoop.stress} - \sigma_{thermal}$
Maximum span	47.7	47.7	47.7	45.7	m	

STATIC SPAN LENGTH - HYDROTEST

	Unrestrained pipe tension	Unrestrained pipe compression	Restrained pipe tension	Restrained pipe compression	
Hoop stress	259.7	259.7	259.7	259.7	N/mm^2
Max. long. Stress	638.7	-379.0	638.7	-379.0	N/mm^2
Long. hoop stress	76.6	76.6	77.9	77.9	N/mm^2
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-29.5	-29.5	N/mm^2
Max. allow. bending stress	556.4	-455.7	556.4	-427.5	N/mm^2
Maximum span	60.8	55.0	60.8	53.3	m

STATIC SPAN LENGTH - OPERATION LC1

	Unrestrained pipe tension	Unrestrained pipe compression	Restrained pipe tension	Restrained pipe compression	
Hoop stress	193.7	193.7	193.7	193.7	N/mm^2
Max. long. Stress	627.3	-433.6	627.3	-433.6	N/mm^2
Long. hoop stress	57.5	57.5	58.1	58.1	N/mm^2
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-123.3	-123.3	N/mm^2
Max. allow. bending stress	556.4	-491.1	556.4	-368.5	N/mm^2
Maximum span	49.4	46.4	49.4	40.2	m

STATIC SPAN LENGTH - OPERATION LC2

	Unrestrained pipe		Restrained pipe		
	tension	compression	tension	compression	
Hoop stress	193.7	193.7	193.7	193.7	N/mm^2
Max. long. Stress	627.3	-433.6	627.3	-433.6	N/mm^2
Long. hoop stress	57.5	57.5	58.1	58.1	N/mm^2
Thermal exp. stress	n/a	n/a	-123.3	-123.3	N/mm^2
Max. allow. bending stress	556.4	-491.1	556.4	-368.5	N/mm^2
Maximum span	54.0	50.8	54.0	44.0	m

DYNAMIC SPAN ANALYSIS (NEN 3656 - I.5.2.5)

Assessment Stability parameter, Ks < 1.8 => in-line vibration
Stability parameter, Ks < 16 => cross flow vibration

$$K_s = \frac{2m \times \delta}{\rho_w \times D_o^2}$$

Where,

δ = damping factor water: 0.02 x 2 x π = 0.126 -
ρ_w = seawater density = 1025 kg/m^3
D_o = outer diameter (incl. coating) = 329.8 mm
m = effective mass

$m = W_{bundle} + M_{added}$

$$M_{added} = \frac{\pi}{4} \cdot C_m \cdot \rho_w \cdot D_{o,eq}^2$$

C_m = added mass coefficient = 1.2 -
$D_{o,eq}$ = equivalent diameter (incl. coating) = 329.8 mm

Due to the presense of 2 objects attached to eachother, velocity flow intensification occurs:

$v_{tot} = (v_{wave} + v_{cur}) \times (1 + f_{int})$; $f_{int} = \left\{1 + \left(\frac{D_{ob}^2}{4 \cdot CL^2}\right)\right\}$

Where,
D_{ob} = diameter of obstruction
CL = centerline distance P/L - obstruction

IN-LINE VIV:
Given the stability factor (Ks), the horizontal particle velocity (v), possibly including vicinity factor and the reduced velocity (Vr), the first eigen frequency (f1) can be determined prior to vibration occurring.

Reduced velocity, Vr, based on NEN 3656 I.5.2.5.2

$$V_r = \frac{v}{f_1 \times D_o}$$

if $1{,}0 \le V_r \le 3{,}5$ then oscillation occurs => Vr<1,0 design criterium

Vr is set to 1 as conservative value; Vr = 1.0 -

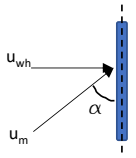
$$f_1 = \frac{a}{2\pi}\sqrt{\frac{E \times I}{m \times L^4}}$$

Where,
a = frequency factor (22 for fixed/fixed; 9.87 for pinned/pinned)
a = 15.4 for fixed/pinned a = 15.4 -

Waves (Hs & Tz):

Significant wave height, RP1 yr - installation/hydrotest	$H_{s,1}$ =	6.8 m
Peak wave period, RP1 yr	$Tp_{,1}$ =	11.6 s
Significant wave height, RP10 yr - operational	$H_{s,10}$ =	8.3 m
Peak wave period, RP10 yr	$Tp_{,10}$ =	12.8 s
Significant wave height, RP100 yr - operational	$H_{s,100}$ =	9.7 m
Peak wave period, RP100 yr	$Tp_{,100}$ =	13.7 s

	1 yr	10 yr	100 yr
$\frac{H}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0052	0.0052	0.0053
$\frac{SWL}{g \cdot T_{ass}^2}$	0.0189	0.0154	0.0148
theory	Stokes	Stokes	Stokes
maximum wave particle velocity (u_{wm})	1.64	2.17	2.45
angle of attack relative to P/L axis (α)	72.5	72.5	72.5
horizontal wave velocity$\perp$ to P/L (u_{wh})	1.57	2.07	2.34

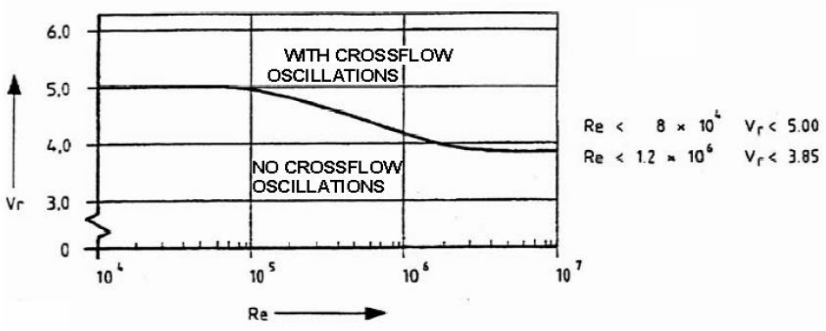


	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
effective mass	297.4	297.4	234.0	234.0	kg/m
K_s	0.67	0.67	0.53	0.53	-
In-line VIV	yes	yes	yes	yes	-
cross flow VIV	yes	yes	yes	yes	-
Vr	1.00	1.00	1.00	1.00	-
u_{wh}	0.54	0.54	0.58	0.63	m/s, set to u_cm if current velocity ratio is below 0.5 (DNV fatigue criteriu
$u_{cm,perp}$	0.54	0.54	0.58	0.63	m/s, current FROM SW governing for in-line VIV only
D_{ob}	0.0	0.0	0.0	0.0	mm
CL	204.9	204.9	204.9	204.9	mm
f_{int}	0.000	0.000	0.000	0.000	-
$(u_{wh} + u_{cm,perp}) \times (1+0.5 \cdot f_{int}) = v_{tot}$	1.08	1.08	1.16	1.26	m/s
D_o	0.3298	0.3298	0.3298	0.3298	m
f1	3.27	3.27	3.52	3.82	1/s
$L_{span,in}$	16.4	16.4	16.8	16.1	m

note: f_{int} is taken into account for 50% as system doesn't instantaneously respond and vortices occur in a relatively steady state environment, which this isn't.

CROSS FLOW VIV:
Oscillation area for cross flow is given by the figure below and depends on the Reynolds number (R_e) $R_e = \frac{v \cdot D_o}{\upsilon_d}$

v = horizontal particle velocity (v_{tot})
D_o = outer diameter (incl. coating) = 329.8 mm
υ_d = dynamic viscosity seawater υ_d = 1.31E-06 m^2/s



Re < 8 × 10⁴ V_r < 5.00
Re < 1.2 × 10⁶ V_r < 3.85

	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
u_{wh}	1.57	1.57	2.34	2.07	m/s
$u_{cm,perp}$	0.36	0.36	0.38	0.41	m/s
D_{ob}	0.0	0.0	0.0	0.0	mm
CL	204.9	204.9	204.9	204.9	mm
f_{int}	0.000	0.000	0.000	0.000	-
$(u_{wh} + u_{cm,perp}) \times (1+0.5 \cdot f_{int}) = v_{tot}$	1.92	1.92	2.72	2.48	m/s
D_o	0.3298	0.3298	0.3298	0.3298	m
Reynolds nr.	4.85E+05	4.85E+05	6.87E+05	6.27E+05	-
Vr	4.443	4.443	4.336	4.364	-
f1	1.31	1.31	1.91	1.73	1/s
$L_{span,cross}$	25.9	25.9	22.8	24.0	m

SUMMARY - SPAN ANALYSIS

	Installation	Hydrotest	LC 1 Operation	LC 2 Operation	
$L_{span,in}$	16.4	16.4	16.8	16.1	m
$L_{span,cross}$	25.9	25.9	22.8	24.0	m

Maximum Span Length = 16.1 m

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 159mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Static & Dynamic Span - 12in x 15.9mm

Water depth	WD =	26	m (LAT)
Storm surge	ss =	-1.02	m
Storm surge water level	$SWL = WD + ss$ =	24.98	m
Wave height	H =	12.4	m
Wave period	T =	10.4	s
Grav. Acceleration	g =	9.81	m/s^2
Deep water wave length	$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$ =	168.9	m

Solving for wave length (L) and λ

$$\frac{\pi \cdot H}{SWL} - \frac{L}{SWL}\left\{\lambda + \lambda^3 \cdot B_{33} + \lambda^5 \cdot \left(B_{35} + B_{55}\right)\right\} = 0 \quad (I)$$

$$\frac{SWL}{L_O} - \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) \cdot \left\{1 + \lambda^2 \cdot C_1 + \lambda^4 \cdot C_2\right\} = 0 \quad (II)$$

Choosing L and solving for λ in (II) results in 4 roots for λ

Estimate actual wave length, L **150.664 m**

$$A = SWL / L_O = 0.1479$$

$$B = \frac{SWL}{L} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot SWL}{L}\right) = 0.1291$$

$$\lambda = \pm\sqrt{X}$$

$$X = \frac{-C_1 \cdot B \pm \sqrt{D}}{2 \cdot C_2 \cdot B}$$

$$D = (C_1 \cdot B)^2 - 4 \cdot (C_2 \cdot B) \cdot (-(A - B)) = 0.1867$$

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

	-	eq. (I)	eq. (II)
λ1	0.231	0.0000	0.0000
λ2	Numerator of X < 0		
λ3	-0.231	3.1190	0.0000
λ4	Numerator of X < 0		

Item	Formula	Value	Unit
s	$s = \sinh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.2407	-
c	$c = \cosh\left(\frac{2\cdot\pi\cdot WL}{L}\right) =$	1.5935	-
A11	$A_{11} = \frac{1}{s} =$	0.8060	-
A13	$A_{13} = \frac{-c^2\cdot\left(5\cdot c^2+1\right)}{8\cdot s^5} =$	-1.4789	-
	$A_{15} = -\frac{1184\cdot c^{10}-1440\cdot c^8-1992\cdot c^6+2641\cdot c^4-249\cdot c^2+18}{1536\cdot s^{11}} =$	-2.9713	-
A22	$A_{22} = \frac{3}{8\cdot s^4} =$	0.1583	-
A24	$A_{24} = \frac{192\cdot c^8-424\cdot c^6-312\cdot c^4+480\cdot c^2-17}{768\cdot s^{10}} =$	0.0347	-
A33	$A_{33} = \frac{13-4\cdot c^2}{64\cdot s^7} =$	0.0098	-
	$A_{35} = \frac{512\cdot c^{12}+4224\cdot c^{10}-6800\cdot c^8-12808\cdot c^6+16704\cdot c^4-3154\cdot c^2-107}{4096\cdot s^{13}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	0.1978	-
A44	$A_{44} = \frac{80\cdot c^6-816\cdot c^4+1338\cdot c^2-197}{1536\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^2-1\right)} =$	-0.0040	-

$$A_{55} = -\frac{2880\cdot c^{10} - 72480\cdot c^{8} + 324000\cdot c^{6} - 432000\cdot c^{4} + 163470\cdot c^{2} - 16245}{61440\cdot s^{11}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)} = \quad -0.0008 \text{ -}$$

B22 $$B_{22} = \frac{\left(2\cdot c^{2}+1\right)\cdot c}{4\cdot s^{3}} = \quad 1.2680 \text{ -}$$

B24 $$B_{24} = \frac{c\cdot\left(272\cdot c^{8} - 504\cdot c^{6} - 192\cdot c^{4} + 322\cdot c^{2} + 21\right)}{384\cdot s^{9}} = \quad 1.5832 \text{ -}$$

B33 $$B_{33} = \frac{3\cdot\left(8\cdot c^{6}+1\right)}{64\cdot s^{6}} = \quad 1.6964 \text{ -}$$

$$B_{35} = \frac{88128\cdot c^{14} - 208224\cdot c^{12} + 70848\cdot c^{10} + 54000\cdot c^{8} - 21816\cdot c^{6} + 6264\cdot c^{4} - 54\cdot c^{2} - 81}{12288\cdot s^{12}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad 5.8357 \text{ -}$$

B44 $$B_{44} = c\cdot\frac{768\cdot c^{10} - 488\cdot c^{8} - 48\cdot c^{6} + 48\cdot c^{4} + 106\cdot c^{2} - 21}{384\cdot s^{9}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad 2.5348 \text{ -}$$

$$B_{55} = \frac{192000\cdot c^{16} - 26720\cdot c^{14} + 83680\cdot c^{12} + 20160\cdot c^{10} - 7280\cdot c^{8} + 7160\cdot c^{6} - 1800\cdot c^{4} - 1050\cdot c^{2} + 225}{12288\cdot s^{10}\cdot\left(8\cdot c^{4}-11\cdot c^{2}+3\right)\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} =$$

$$= \quad 4.4037 \text{ -}$$

C1 $$C_{1} = \frac{8\cdot c^{4} - 8\cdot c^{2} + 9}{8\cdot s^{4}} = \quad 2.1245 \text{ -}$$

$$C_{2} = \frac{3840\cdot c^{12} - 4096\cdot c^{10} + 2592\cdot c^{8} - 1008\cdot c^{6} + 5944\cdot c^{4} - 1830\cdot c^{2} + 147}{512\cdot s^{10}\cdot\left(6\cdot c^{2}-1\right)} = \quad 11.4650 \text{ -}$$

C3 $$C_{3} = -\frac{1}{4\cdot c\cdot s} = \quad -0.1265 \text{ -}$$

C4 $$C_{4} = \frac{12\cdot c^{8} + 36\cdot c^{6} - 162\cdot c^{4} + 141\cdot c^{2} - 27}{192\cdot c\cdot s^{9}} = \quad 0.1759 \text{ -}$$

K1 $$K_{1} = \lambda\cdot A_{11} + \lambda^{3}\cdot A_{13} + \lambda^{5}\cdot A_{15} = \quad 0.1660 \text{ -}$$

K2	$K_2 = \lambda^2 \cdot A_{22} + \lambda^4 \cdot A_{24} =$	0.0085	-
K3	$K_3 = \lambda^3 \cdot A_{33} + \lambda^5 \cdot A_{35} =$	0.0003	-
K4	$K_4 = \lambda^4 \cdot A_{44} =$	0.0000	-
K5	$K_5 = \lambda^5 \cdot A_{55} =$	0.0000	-

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 159mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Horizontal wave particle velocities

Water depth at which data required, z (w.r.t. seabed) 0.3238 m

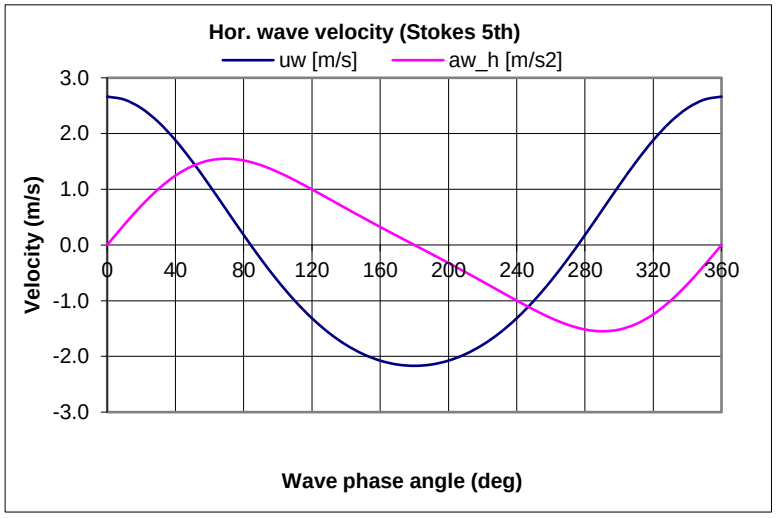
Horizontal velocity, u_w

$$u_w = \frac{L}{T} \cdot \sum_{n=1}^{5} n \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \cos(n \cdot \varphi)$$

Horizontal acceleration, $a_{w,h}$

$$a_{w,h} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{T^2} \cdot \sum_{n=1}^{5} n^2 \cdot K_n \cdot \cosh\left(n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{L} \cdot z\right) \cdot \sin(n \cdot \varphi)$$

ϕ [deg.]	uw [m/s]	aw_h [m/s^2]
0.00	2.6624	0.0000
10.00	2.6097	0.3634
20.00	2.4546	0.7046
30.00	2.2067	1.0038
40.00	1.8803	1.2450
50.00	1.4939	1.4180
60.00	1.0680	1.5187
70.00	0.6232	1.5491
80.00	0.1790	1.5168
90.00	-0.2482	1.4329
100.00	-0.6452	1.3102
110.00	-1.0027	1.1615
120.00	-1.3149	0.9979
130.00	-1.5786	0.8278
140.00	-1.7931	0.6570
150.00	-1.9585	0.4885
160.00	-2.0756	0.3232
170.00	-2.1455	0.1608
180.00	-2.1687	0.0000
190.00	-2.1455	-0.1608
200.00	-2.0756	-0.3232



210.00	-1.9585	-0.4885
220.00	-1.7931	-0.6570
230.00	-1.5786	-0.8278
240.00	-1.3149	-0.9979
250.00	-1.0027	-1.1615
260.00	-0.6452	-1.3102
270.00	-0.2482	-1.4329
280.00	0.1790	-1.5168
290.00	0.6232	-1.5491
300.00	1.0680	-1.5187
310.00	1.4939	-1.4180
320.00	1.8803	-1.2450
330.00	2.2067	-1.0038
340.00	2.4546	-0.7046
350.00	2.6097	-0.3634
360.00	2.6624	0.0000

U_{wm} = max. wave particle velocity = 2.66 m/s

Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 159mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

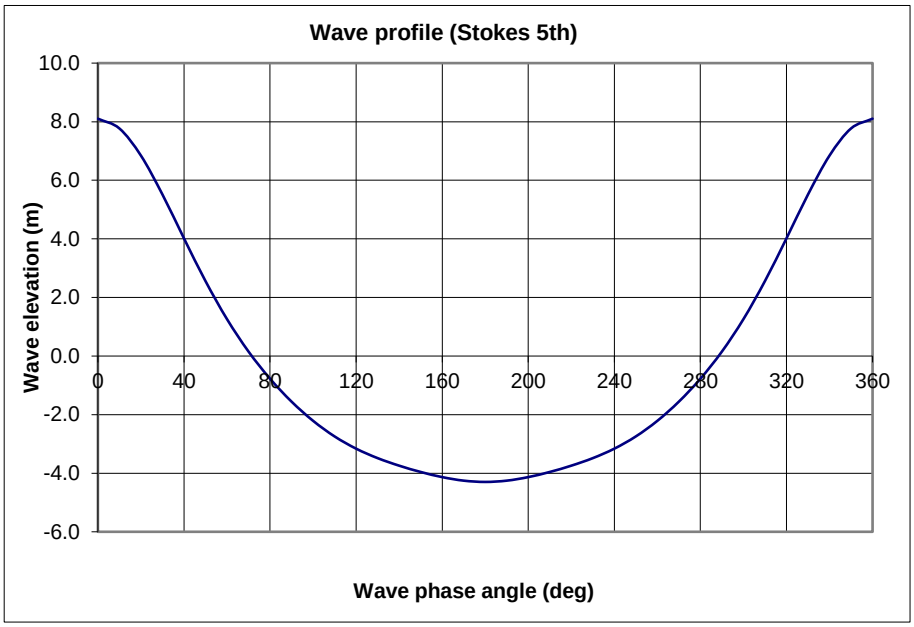
Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Wave profile h(t)

$$\eta(t)=\frac{L}{2\cdot\pi}\left\{\lambda\cdot\cos(\varphi)+\left(\lambda^2\cdot B_{22}+\lambda^4\cdot B_{24}\right)\cdot\cos(2\varphi)+\left(\lambda^3\cdot B_{33}+\lambda^5\cdot B_{35}\right)\cdot\cos(3\varphi)+\lambda^4\cdot B_{44}\cdot\cos(4\varphi)+\lambda^5\cdot B_{55}\cdot\cos(5\varphi)\right\}$$

ϕ (deg.)	η(t) (m)
0.00	8.1025
10.00	7.7694
20.00	6.8431
30.00	5.5141
40.00	4.0184
50.00	2.5595
60.00	1.2593
70.00	0.1539
80.00	-0.7746
90.00	-1.5567
100.00	-2.2112
110.00	-2.7438
120.00	-3.1618
130.00	-3.4851
140.00	-3.7426
150.00	-3.9573
160.00	-4.1332
170.00	-4.2539
180.00	-4.2975
190.00	-4.2539
200.00	-4.1332
210.00	-3.9573
220.00	-3.7426
230.00	-3.4851
240.00	-3.1618
250.00	-2.7438
260.00	-2.2112
270.00	-1.5567
280.00	-0.7746
290.00	0.1539
300.00	1.2593
310.00	2.5595
320.00	4.0184
330.00	5.5141
340.00	6.8431
350.00	7.7694
360.00	8.1025



Project : **L07-F Pipeline and spool piece**
Project # : 23081
Subject : Static & Dynamic Span Analysis
File # : L7-F flooded lay 159mm_Allowable free span (static & dynamic) Calculations

Client : Neptune
Client File # :

Originator	: EvW	Checked	: PF
Date	: 03/07/2024		
Revision	: 1		

Static & Dynamic Span - 12in x 15.9mm

(adjusted) Drag coefficient, C_D	0.7	-
(adjusted) Lift coefficient, C_L	0.9	-
(adjusted) Inertia coefficient, C_I	3.29	-
Sea water density, ρ_{sw}	1025	kg/m^3
Total OD pipeline, OD_tot (or equivalent bundle diameter)	329.8	mm
Angle of attack relative to pipeline axis, wave	72.5	deg
Wave forces based on	**Stokes**	**theory**
Current	**1 yr**	

ϕ [deg]	u_{w_perp} [m/s]	u_{cm_perp} [m/s]	u_{tot_perp} [m/s]	Fd [N/m]	Fl [N/m]
0.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
10.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
20.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6
30.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
40.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
50.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
60.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
70.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
80.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
90.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
100.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
110.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
120.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
130.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
140.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
150.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
160.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
170.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
180.00	-2.07	0.36	-1.71	-346.9	446.0
190.00	-2.05	0.36	-1.69	-338.0	434.5
200.00	-1.98	0.36	-1.62	-311.8	400.9
210.00	-1.87	0.36	-1.51	-270.4	347.6
220.00	-1.71	0.36	-1.35	-216.9	278.9
230.00	-1.51	0.36	-1.15	-156.3	201.0
240.00	-1.25	0.36	-0.90	-95.4	122.6
250.00	-0.96	0.36	-0.60	-42.6	54.8
260.00	-0.62	0.36	-0.26	-8.0	10.2
270.00	-0.24	0.36	0.12	1.7	2.2
280.00	0.17	0.36	0.53	32.8	42.2
290.00	0.59	0.36	0.95	106.9	137.4
300.00	1.02	0.36	1.37	223.6	287.5
310.00	1.42	0.36	1.78	375.2	482.4
320.00	1.79	0.36	2.15	546.6	702.8
330.00	2.10	0.36	2.46	716.4	921.0
340.00	2.34	0.36	2.70	860.7	1106.6

350.00	2.49	0.36	2.85	957.7	1231.3
360.00	2.54	0.36	2.90	991.8	1275.2
ϕ	a_{w_h}	$a_{w_h_perp}$	Fi	Fd+Fi	ABS(Fd+Fi)
[deg]	[m/s^2]	[m/s^2]	[N/m]	[N/m]	[N/m]
0.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8
10.00	0.35	0.33	95.2	1052.9	1052.9
20.00	0.67	0.64	184.6	1045.3	1045.3
30.00	0.96	0.91	263.0	979.4	979.4
40.00	1.19	1.13	326.2	872.8	872.8
50.00	1.35	1.29	371.6	746.8	746.8
60.00	1.45	1.38	397.9	621.5	621.5
70.00	1.48	1.41	405.9	512.8	512.8
80.00	1.45	1.38	397.5	430.3	430.3
90.00	1.37	1.30	375.5	377.1	377.1
100.00	1.25	1.19	343.3	335.4	335.4
110.00	1.11	1.06	304.3	261.7	261.7
120.00	0.95	0.91	261.5	166.1	166.1
130.00	0.79	0.75	216.9	60.6	60.6
140.00	0.63	0.60	172.2	-44.8	44.8
150.00	0.47	0.44	128.0	-142.4	142.4
160.00	0.31	0.29	84.7	-227.1	227.1
170.00	0.15	0.15	42.1	-295.8	295.8
180.00	0.00	0.00	0.0	-346.9	346.9
190.00	-0.15	-0.15	-42.1	-380.1	380.1
200.00	-0.31	-0.29	-84.7	-396.5	396.5
210.00	-0.47	-0.44	-128.0	-398.4	398.4
220.00	-0.63	-0.60	-172.2	-389.1	389.1
230.00	-0.79	-0.75	-216.9	-373.2	373.2
240.00	-0.95	-0.91	-261.5	-356.9	356.9
250.00	-1.11	-1.06	-304.3	-347.0	347.0
260.00	-1.25	-1.19	-343.3	-351.3	351.3
270.00	-1.37	-1.30	-375.5	-373.8	373.8
280.00	-1.45	-1.38	-397.5	-364.6	364.6
290.00	-1.48	-1.41	-405.9	-299.0	299.0
300.00	-1.45	-1.38	-397.9	-174.4	174.4
310.00	-1.35	-1.29	-371.6	3.7	3.7
320.00	-1.19	-1.13	-326.2	220.4	220.4
330.00	-0.96	-0.91	-263.0	453.3	453.3
340.00	-0.67	-0.64	-184.6	676.1	676.1
350.00	-0.35	-0.33	-95.2	862.4	862.4
360.00	0.00	0.00	0.0	991.8	991.8

Maximum absolute hydrodynamic force 1052.9 N/m

Appendix F Analytical Upheaval Buckling Analysis

The following analytical upheaval buckling analyses were performed:

- L7-F flooded lay 127mm_analytical UHB
- L7-F flooded lay 159mm_analytical UHB

(8 pages)

Client	: Neptune Energy		
Project	: Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED		
Project No.	: 23081		
Subject	: Upheaval Buckling Analysis - analytical		
Doc. No.	: -		
Client Doc. No.	: -		
Calc'd by	: EvW	**Rev.**	: 01
Checked	: ARF	**Date**	: 03/07/2024

Upheaval buckling calculation

Pipe data

Outside pipe diameter		OD_s =	323.8	mm
Pipe wall thickness		t_s =	12.7	mm
Internal pipe diameter	$= OD_s - 2 \cdot t_s$	ID_s =	298.4	mm

Steel data

Material			L360NB	
Density steel		ρ_s =	7850	kg/m^3
Young's modulus		E_s =	206000	N/mm^2
Poisson's ratio		ν =	0.3	-
Thermal expansion coefficient		α =	1.17E-05	m/m/°C
Steel area	$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (OD^2_s - ID^2_s)$	A_s =	12412.3	mm^2
Internal pipe area	$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot ID^2_s$	A_i =	6.99E+04	mm^2
Moment of inertia	$= \frac{\pi}{64} \cdot (OD^4_s - ID^4_s)$	I_s =	1.50E+08	mm^4
Pipe weight in air		W_{pe} =	97.4	kg/m
Sea water density		r_{sw} =	1025	kg/m^3
Pipeline contents density		r_{cont} =	0	kg/m^3

Internal lining

Thickness		t_l =	0	mm
Density		r_l =	0	kg/m^3
Lining weight		W_l =	0.0	kg/m

Coating data

Outer coating layer 1

Thickness		t_{c1} =	3	mm
Density		ρ_{c1} =	965	kg/m^3
Layer 1 weight	$W_{l1} = \frac{\pi}{4} \cdot \{(OD + 2 \cdot t_{c1})^2 - OD^2\} \cdot \rho_{c1}$	W_{l1} =	3.0	kg/m

Weight piggy back line

Piggy back weight		W_{l2} =	0.0	kg/m

Insulation coating

Thickness		t_{con} =		mm
Density		ρ_{con} =		kg/m^3
Insulation weight	$W_{con} = \frac{\pi}{4} \cdot \{(OD + 2 \cdot t_{c1} + 2 \cdot t_{c2} + 2 \cdot t_{con})^2 - (OD + 2 \cdot t_{c1} + 2 \cdot t_{c2})^2\} \cdot \rho_{con}$	W_{con} =	0.0	kg/m

Client	: Neptune Energy		
Project	: Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED		
Project No.	: 23081		
Subject	: Upheaval Buckling Analysis - analytical		
Doc. No.	: -		
Client Doc. No.	: -		
Calc'd by	: EvW	**Rev.**	: 01
Checked	: ARF	**Date**	: 03/07/2024

Marine growth

Thickness		t_{mg} =		mm
Density		ρ_{mg} =		kg/m^3
Marine growth weight	$W_{mg} = \pi/4 \cdot \{(OD + 2\cdot t_{c1} + 2\cdot t_{c2} + 2\cdot t_{con} + 2\cdot t_{mg})^2 - (OD + 2\cdot t_{c1} + 2\cdot t_{c2} + 2\cdot t_{con})^2\} \cdot \rho_{mg}$	W_{mg} =	0.0	kg/m

Weight data

Total outside diameter	$ODtot = OD + 2\cdot t \cdot + 2\cdot t_{c2} + 2\cdot t_{con} + 2\cdot t_{mg}$	OD_{tot} =	329.8	mm
Contents weight	$W_{cont} = \pi/4 \cdot (ID - 2\cdot t_l)^2 \cdot \rho_{cont}$	W_{cont} =	0.0	kg/m
Pipeline weight in air	$w_r = w_{pe} + w_l + w_{l1} + w_{l2} + w_{con} + w_{mg} + w_{cont}$	W_r =	100.4	kg/m
Buoyancy force, F_B	$F_B = \pi/4 \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_w$	F_B =	87.6	kg/m
Submerged pipeline weight, W_{sm}	$W_{sm} = W_r - F_B$	W_{sm} =	12.8	kg/m

Soil data

Submerged soil cover density	γ' =	850.0	kg/m^3
Angle of internal friction	ϕ_{soil} =	28	deg.
Potyondy coeff. Soil	p_{soil} =	0.6	-
Height soil cover from top of pipe	Htop =	0.8	m
Height soil cover from center of pipe	H	0.96	
Soil uplift coefficient	f_{soil} =	0.1	-

(0.5 for dense materials and 0.1 for loose materials)

Soil weight on top of pipe	$q = \gamma' \cdot H \cdot OD_{tot} \cdot (1 + f \cdot H / OD_{tot})$	q =	3429.9	N/m
Imperfection height		δ =	600	mm

Pressure data

Design pressure	P_d =	120	barg
Maximum operating pressure	P_i =	97	barg
Minimum external pressure	P_e =	2.50	barg

Temperature data

Seawater temperature, T_{sea}	T_{sea} =	4	^{o}C
Temperature of gas, T_{gas}	T_{gas} =	50	^{o}C

Pipeline forces

Compressive temperature force, F_T	$F_T = E \cdot A \cdot \alpha \cdot (T_{gas} - T_{sea})$	F_T =	1376146.0	N
Tensile Poisson force, F_P	$F_P = A_i \cdot \nu \cdot \frac{\{P_D - P_e\} \cdot OD_s}{2 \cdot t}$	F_P =	557770.9	N
Compressive member end force, F_e	$F_e = \{P_D - P_e\} \cdot \pi/4 \cdot ID_s^2$	F_e =	821722.9	N

Is area under considerations within anchor zone (y/n) ? = n

(y: F_T can be neglected)

Effective compressive axial force, F_{eff}	$F_{eff} = F_T - F_P + F_e$	F_{eff} =	1640098	N

Client	: Neptune Energy		
Project	: Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED		
Project No.	: 23081		
Subject	: Upheaval Buckling Analysis - analytical		
Doc. No.	: -		
Client Doc. No.	: -		
Calc'd by	: EvW	**Rev.**	: 01
Checked	: ARF	**Date**	: 03/07/2024

Required down load

The required download depends on:

- dimensionless maximum download parameter, F_W
- dimensionless imperfection length parameter, F_L

$$\Phi_w = \frac{w \cdot EI}{\delta \cdot F_{eff}^2} \quad \text{and} \quad \Phi_L = L \cdot \sqrt{\frac{F_{eff}}{EI}}$$

where,

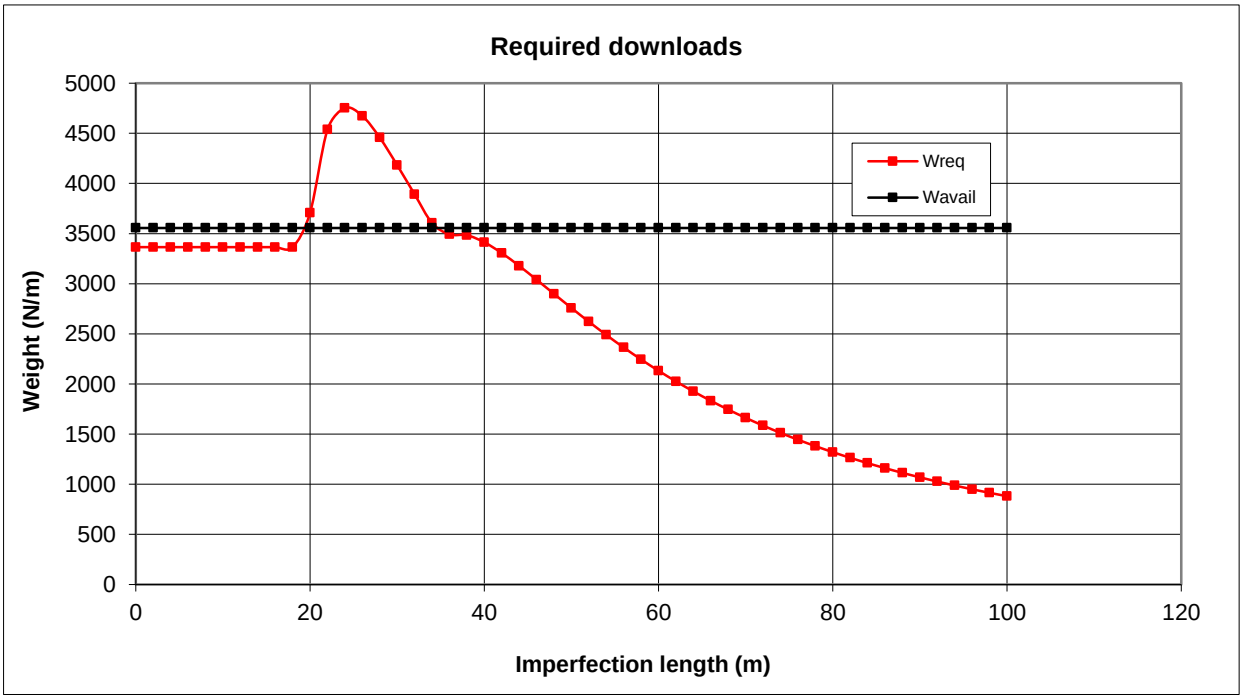
F_W = dimensionless maximum download parameter
w = required download (N/mm)
F_{eff} = effective axial force (N)
EI = bending stiffness pipeline (N/mm^2)
d = imperfection height (mm)
F_L = dimensionless imperferction length parameter
L = imperfection / exposure length (mm)

Requirements:

$\Phi_L \le 4.49$	$\Phi_W = 0.0646$
$4.49 < \Phi_L \le 8.06$	$\Phi_W = 5.68 / \Phi_L^2 - 88.35 / \Phi_L^4$
$\Phi_L > 8.06$	$\Phi_W = 9.6 / \Phi_L^2 - 343 / \Phi_L^4$

L [m]	F_L	F_w	W_{req} [N/m]	W_{avail} [N/m]
0	0.000	0.0646	3364.878	3556
2	0.460	0.0646	3364.878	3556
4	0.920	0.0646	3364.878	3556
6	1.380	0.0646	3364.878	3556
8	1.841	0.0646	3364.878	3556
10	2.301	0.0646	3364.878	3556
12	2.761	0.0646	3364.878	3556
14	3.221	0.0646	3364.878	3556
16	3.681	0.0646	3364.878	3556
18	4.141	0.0646	3364.878	3556
20	4.601	0.0712	3707.858	3556
22	5.062	0.0871	4536.795	3556
24	5.522	0.0913	4753.210	3556
26	5.982	0.0897	4674.089	3556
28	6.442	0.0856	4457.140	3556
30	6.902	0.0803	4182.697	3556
32	7.362	0.0747	3892.018	3556
34	7.822	0.0692	3606.043	3556
36	8.282	0.0671	3492.772	3556
38	8.743	0.0669	3484.025	3556
40	9.203	0.0655	3413.435	3556
42	9.663	0.0635	3306.138	3556
44	10.123	0.0610	3178.300	3556
46	10.583	0.0584	3040.349	3556
48	11.043	0.0557	2898.992	3556
50	11.503	0.0530	2758.506	3556
52	11.964	0.0503	2621.560	3556
54	12.424	0.0478	2489.764	3556

56	12.884	0.0454	2364.019	3556
58	13.344	0.0431	2244.762	3556
60	13.804	0.0409	2132.124	3556
62	14.264	0.0389	2026.036	3556
64	14.724	0.0370	1926.304	3556
66	15.185	0.0352	1832.659	3556
68	15.645	0.0335	1744.790	3556
70	16.105	0.0319	1662.365	3556
72	16.565	0.0304	1585.047	3556
74	17.025	0.0290	1512.504	3556
76	17.485	0.0277	1444.418	3556
78	17.945	0.0265	1380.481	3556
80	18.406	0.0253	1320.406	3556
82	18.866	0.0243	1263.921	3556
84	19.326	0.0232	1210.775	3556
86	19.786	0.0223	1160.732	3556
88	20.246	0.0214	1113.574	3556
90	20.706	0.0205	1069.100	3556
92	21.166	0.0197	1027.123	3556
94	21.626	0.0190	987.470	3556
96	22.087	0.0182	949.983	3556
98	22.547	0.0176	914.514	3556
100	23.007	0.0169	880.929	3556



Client	: Neptune Energy		
Project	: Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED		
Project No.	: 23081		
Subject	: Upheaval Buckling Analysis - analytical		
Doc. No.	: -		
Client Doc. No.	: -		
Calc'd by	: EvW	**Rev.**	: 01
Checked	: ARF	**Date**	: 03/07/2024

Upheaval buckling calculation

Pipe data

Outside pipe diameter		OD_s =	323.8	mm
Pipe wall thickness		t_s =	15.9	mm
Internal pipe diameter	$= OD_s - 2 \cdot t_s$	ID_s =	292	mm

Steel data

Material			L360NB	
Density steel		ρ_s =	7850	kg/m^3
Young's modulus		E_s =	206000	N/mm^2
Poisson's ratio		ν =	0.3	-
Thermal expansion coefficient		α =	1.17E-05	m/m/°C
Steel area	$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (OD^2_s - ID^2_s)$	A_s =	15380.0	mm^2
Internal pipe area	$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot ID^2_s$	A_i =	6.70E+04	mm^2
Moment of inertia	$= \frac{\pi}{64} \cdot (OD^4_s - ID^4_s)$	I_s =	1.83E+08	mm^4
Pipe weight in air		W_{pe} =	120.7	kg/m
Sea water density		r_{sw} =	1025	kg/m^3
Pipeline contents density		r_{cont} =	0	kg/m^3

Internal lining

Thickness		t_l =	0	mm
Density		r_l =	0	kg/m^3
Lining weight		W_l =	0.0	kg/m

Coating data

Outer coating layer 1

Thickness		t_{c1} =	3	mm
Density		ρ_{c1} =	965	kg/m^3
Layer 1 weight	$W_{l1} = \frac{\pi}{4} \cdot \left\{(OD + 2 \cdot t_{c1})^2 - OD^2\right\} \cdot \rho_{c1}$	W_{l1} =	3.0	kg/m

Weight piggy back line

Piggy back weight		W_{l2} =	0.0	kg/m

Insulation coating

Thickness		t_{con} =		mm
Density		ρ_{con} =		kg/m^3
Insulation weight	$W_{con} = \frac{\pi}{4} \cdot \left\{(OD + 2 \cdot t_{c1} + 2 \cdot t_{c2} + 2 \cdot t_{con})^2 - (OD + 2 \cdot t_{c1} + 2 \cdot t_{c2})^2\right\} \cdot \rho_{con}$	W_{con} =	0.0	kg/m

Client	: Neptune Energy		
Project	: Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED		
Project No.	: 23081		
Subject	: Upheaval Buckling Analysis - analytical		
Doc. No.	: -		
Client Doc. No.	: -		
Calc'd by	: EvW	**Rev.**	: 01
Checked	: ARF	**Date**	: 03/07/2024

Marine growth

Thickness		t_{mg} =		mm
Density		ρ_{mg} =		kg/m^3
Marine growth weight	$W_{mg} = \pi/4 \cdot \{(OD + 2\cdot t_{c1} + 2\cdot t_{c2} + 2\cdot t_{con} + 2\cdot t_{mg})^2 - (OD + 2\cdot t_{c1} + 2\cdot t_{c2} + 2\cdot t_{con})^2\} \cdot \rho_{mg}$	W_{mg} =	0.0	kg/m

Weight data

Total outside diameter	$ODtot = OD + 2\cdot t \cdot + 2\cdot t_{c2} + 2\cdot t_{con} + 2\cdot t_{mg}$	OD_{tot} =	329.8	mm
Contents weight	$W_{cont} = \pi/4 \cdot (ID - 2\cdot t_l)^2 \cdot \rho_{cont}$	W_{cont} =	0.0	kg/m
Pipeline weight in air	$w_r = w_{pe} + w_l + w_{l1} + w_{l2} + w_{con} + w_{mg} + w_{cont}$	W_r =	123.7	kg/m
Buoyancy force, F_B	$F_B = \pi/4 \cdot OD_{tot}^2 \cdot \rho_w$	F_B =	87.6	kg/m
Submerged pipeline weight, W_{sm}	$W_{sm} = W_r - F_B$	W_{sm} =	36.1	kg/m

Soil data

Submerged soil cover density	γ' =	850.0	kg/m^3
Angle of internal friction	ϕ_{soil} =	28	deg.
Potyondy coeff. Soil	p_{soil} =	0.6	-
Height soil cover from top of pipe	Htop =	0.8	m
Height soil cover from center of pipe	H	0.96	
Soil uplift coefficient	f_{soil} =	0.1	-
(0.5 for dense materials and 0.1 for loose materials)			

Soil weight on top of pipe	$q = \gamma' \cdot H \cdot OD_{tot} \cdot (1 + f \cdot H / OD_{tot})$	q =	3429.9	N/m
Imperfection height		δ =	600	mm

Pressure data

Design pressure	P_d =	120	barg
Maximum operating pressure	P_i =	97	barg
Minimum external pressure	P_e =	2.50	barg

Temperature data

Seawater temperature, T_{sea}	T_{sea} =	4	°C
Temperature of gas, T_{gas}	T_{gas} =	50	°C

Pipeline forces

Compressive temperature force, F_T	$F_T = E \cdot A \cdot \alpha \cdot (T_{gas} - T_{sea})$	F_T =	1705169.7	N
Tensile Poisson force, F_P	$F_P = A_i \cdot \nu \cdot \frac{\{P_D - P_e\} \cdot OD_s}{2 \cdot t}$	F_P =	552033.6	N
Compressive member end force, F_e	$F_e = \{P_D - P_e\} \cdot \pi/4 \cdot ID_s^2$	F_e =	786852.7	N
Is area under considerations within anchor zone (y/n) ?		=	n	
(y: F_T can be neglected)				
Effective compressive axial force, F_{eff}	$F_{eff} = F_T - F_P + F_e$	F_{eff} =	1939988.8	N

Client	: Neptune Energy		
Project	: Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED		
Project No.	: 23081		
Subject	: Upheaval Buckling Analysis - analytical		
Doc. No.	: -		
Client Doc. No.	: -		
Calc'd by	: EvW	**Rev.**	: 01
Checked	: ARF	**Date**	: 03/07/2024

Required down load

The required download depends on:

- dimensionless maximum download parameter, F_W
- dimensionless imperfection length parameter, F_L

$$\Phi_w = \frac{w \cdot EI}{\delta \cdot F_{eff}^2} \quad \text{and} \quad \Phi_L = L \cdot \sqrt{\frac{F_{eff}}{EI}}$$

where,

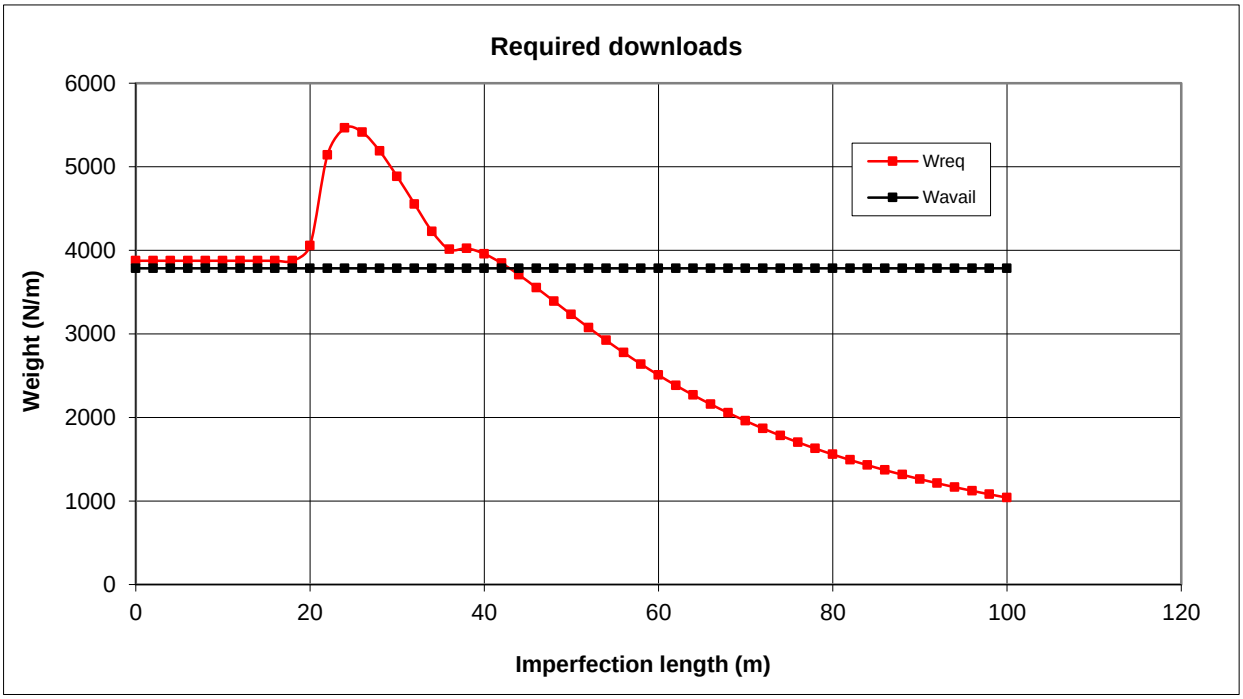
F_W = dimensionless maximum download parameter
w = required download (N/mm)
F_{eff} = effective axial force (N)
EI = bending stiffness pipeline (N/mm^2)
d = imperfection height (mm)
F_L = dimensionless imperferction length parameter
L = imperfection / exposure length (mm)

Requirements:

$\Phi_L \le 4.49$	$\Phi_W = 0.0646$
$4.49 < \Phi_L \le 8.06$	$\Phi_W = 5.68 / \Phi_L^2 - 88.35 / \Phi_L^4$
$\Phi_L > 8.06$	$\Phi_W = 9.6 / \Phi_L^2 - 343 / \Phi_L^4$

L [m]	F_L	F_w	W_{req} [N/m]	W_{avail} [N/m]
0	0.000	0.0646	3875.005	3784
2	0.454	0.0646	3875.005	3784
4	0.908	0.0646	3875.005	3784
6	1.362	0.0646	3875.005	3784
8	1.816	0.0646	3875.005	3784
10	2.270	0.0646	3875.005	3784
12	2.724	0.0646	3875.005	3784
14	3.178	0.0646	3875.005	3784
16	3.632	0.0646	3875.005	3784
18	4.086	0.0646	3875.005	3784
20	4.540	0.0676	4056.371	3784
22	4.994	0.0857	5141.315	3784
24	5.448	0.0911	5463.446	3784
26	5.902	0.0902	5413.388	3784
28	6.356	0.0865	5186.362	3784
30	6.810	0.0814	4882.420	3784
32	7.264	0.0759	4553.398	3784
34	7.718	0.0705	4225.958	3784
36	8.172	0.0668	4009.578	3784
38	8.626	0.0671	4022.928	3784
40	9.080	0.0660	3957.636	3784
42	9.534	0.0641	3844.894	3784
44	9.988	0.0618	3704.848	3784
46	10.442	0.0592	3550.567	3784
48	10.896	0.0565	3390.518	3784
50	11.350	0.0538	3230.152	3784
52	11.805	0.0512	3072.921	3784
54	12.259	0.0487	2920.947	3784

56	12.713	0.0463	2775.468	3784
58	13.167	0.0440	2637.131	3784
60	13.621	0.0418	2506.190	3784
62	14.075	0.0397	2382.645	3784
64	14.529	0.0378	2266.329	3784
66	14.983	0.0360	2156.974	3784
68	15.437	0.0342	2054.252	3784
70	15.891	0.0326	1957.803	3784
72	16.345	0.0311	1867.256	3784
74	16.799	0.0297	1782.240	3784
76	17.253	0.0284	1702.394	3784
78	17.707	0.0271	1627.372	3784
80	18.161	0.0260	1556.845	3784
82	18.615	0.0248	1490.502	3784
84	19.069	0.0238	1428.054	3784
86	19.523	0.0228	1369.230	3784
88	19.977	0.0219	1313.778	3784
90	20.431	0.0210	1261.465	3784
92	20.885	0.0202	1212.075	3784
94	21.339	0.0194	1165.407	3784
96	21.793	0.0187	1121.277	3784
98	22.247	0.0180	1079.514	3784
100	22.701	0.0173	1039.960	3784



Appendix G Cathodic Protection

The following cathodic protection analyses were performed:

- L7-F flooded lay 127mm_CP design
- L7-F flooded lay 159mm_CP design

(6 pages)

Project	:	**Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project #	:	23081
Subject	:	Cathodic Protection Calculation
File #	:	23025-SUB-CAL-017241-01
Client	:	Neptune Energy
Client File #	:	

Pipeline cathodic protection

General:

Design life		25	yrs
Anode Type		Bracelet Half-shell type	
Utilization factor	u =	0.8	

Pipeline data:

Outside diameter of pipeline	OD =	323.8	mm
Wall thickness	t_w =	12.7	mm
Buried / Submerged		Buried	

Piggyback data:

Outside diameter of pipeline	OD =	0	mm
Wall thickness	t_w =	0	mm
Coating thickness	=	0	mm

Anode:

Type:	=	Al	
Anode density	=	2700	kg/m^3
Bracelet	=	1	x half shell
Internal diameter	=	324	mm
Maximum thickness	=	38	mm
Initial anode diameter	D_{ani} =	400	mm
Anode length	L_{an} =	375	mm
Initial anode outside surface	A_{ani} =	0.236	m^2
Final anode outside surface	A_{anf} =	0.200	m^2
Initial net anode weight (half shell)	m_a =	16.8	kg

Project	:	**Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project #	:	23081
Subject	:	Cathodic Protection Calculation
File #	:	23025-SUB-CAL-017241-01
Client	:	Neptune Energy
Client File #	:	

Pipeline cathodic protection

General:

Design life	t_f	=	25	yrs
Utilization factor	u	=	0.8	

Pipeline data:

Outside diameter of pipeline	OD	=	323.8	mm
Wall thickness	t_w	=	12.7	mm
Buried or Submerged			Buried	
Temperature averaged over section?			No	
Total length			27217.5	m

Piggyback data:

Outside diameter of pipeline	OD	=	0	mm
Wall thickness	t_w	=	0	mm
Coating thickness		=	0	mm

Linepipe:

Factory applied coating type	select	Three-layer coating systems (3LPP)
Field joint coating type	select	HSS

Constant	f_i	=	0.008	-
Constant	Df	=	0.0005	-
Mean coating break down	f_{cm}	=	0.014	-
Final coating break down	f_{cf}	=	0.021	-

Piggy:

Factory applied coating type	select	sulation multilayer coating systems (incl PE,PP
Field joint coating type	select	Multi-player coating systems incl epoxy and

Constant	f_i	=	0.002	-
Constant	Df	=	0.0001	-
Mean coating break down	f_{cm}	=	0.003	-
Final coating break down	f_{cf}	=	0.005	-

Project	:	**Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project #	:	23081
Subject	:	Cathodic Protection Calculation
File #	:	23025-SUB-CAL-017241-01
Client	:	Neptune Energy
Client File #	:	

Current output:

Protective potential	E_c^0	=	-0.8	V
Closed circuit potential	E_a^0	=	-1	V
Enviromental resistivity	r	=	1.5	Ωm
Resistivity carbon steel	ρMe	=	1.43E-07	Ωm

Anode:

Type		=	Al	
Bracelet		=	1	x half shell
Internal diameter		=	324	mm
Maximum thickness		=	38	mm
Initial anode diameter	D_{ani}	=	400	mm
Initial anode outside surface	A_{ani}	=	0.24	m^2
Final anode outside surface	A_{anf}	=	0.20	m^2
Anode length	L_{an}	=	375	mm
Initial net anode weight	m_a	=	16.8	kg
Initial anode resistance	R_{ai}	=	0.97	W
Final anode resistance	R_{af}	=	1.06	W
Final individual anode current output	I_{af}	=	0.189	A

Project : **Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project # : 23081
Subject : Cathodic Protection Calculation
File # : 23025-SUB-CAL-017241-01

Client : Neptune Energy
Client File # :

Discretization no.	Disretized Length L_s [m]	Anode Temperature T_s [°C]	Total Area line pipe A_{c_LP} [m2] *Including Field joint area*	Design mean current density i_{cm} [A/m2]	Mean current demand I_{cm_LP} [A]	Final current demand I_{cf_LP} [A]	Electro-chemical capacity e [Ah/kg]	Required total net anode mass m [kg]	Total final current demand I_{cf} [A]	Required number of anodes n [#]	Distance between anodes [m] L_c / n	Total mass available M_a [kg] $n \cdot M_a$	Check 1: $m < M_a$	Available total end-of-life current output Iaf (tot) [A] $n \cdot I_{af}$	Check 2: $I_{af\,(tot)} \geq I_{cf}$	Discretization no. 0
1	439.2	34.2	446.8	2.92E-02	1.86E-01	2.68E-01	1400.9	36.4	2.68E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	1
2	439.2	34.0	446.8	2.90E-02	1.85E-01	2.66E-01	1406.8	35.9	2.66E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	2
3	439.2	33.5	446.8	2.85E-02	1.82E-01	2.61E-01	1417.8	35.1	2.61E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	3
4	439.2	33.1	446.8	2.81E-02	1.79E-01	2.57E-01	1428.7	34.2	2.57E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	4
5	439.2	32.6	446.8	2.76E-02	1.76E-01	2.53E-01	1438.7	33.5	2.53E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	5
6	439.2	32.2	446.8	2.72E-02	1.73E-01	2.49E-01	1448.9	32.7	2.49E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	6
7	439.2	31.8	446.8	2.68E-02	1.70E-01	2.45E-01	1458.8	32.0	2.45E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	7
8	512.4	31.4	521.2	2.64E-02	1.96E-01	2.82E-01	1468.1	36.5	2.82E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	8
9	512.4	30.9	521.2	2.59E-02	1.92E-01	2.77E-01	1478.8	35.6	2.77E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	9
10	512.4	30.5	521.2	2.55E-02	1.89E-01	2.72E-01	1488.8	34.8	2.72E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	10
11	512.4	30.0	521.2	2.50E-02	1.86E-01	2.68E-01	1498.8	34.0	2.68E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	11
12	512.4	29.6	521.2	2.46E-02	1.83E-01	2.63E-01	1500.0	33.4	2.63E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	12
13	512.4	29.3	521.2	2.43E-02	1.80E-01	2.59E-01	1500.0	32.9	2.59E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	13
14	512.4	28.9	521.2	2.39E-02	1.77E-01	2.55E-01	1500.0	32.4	2.55E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	14
15	512.4	28.5	521.2	2.35E-02	1.75E-01	2.51E-01	1500.0	31.9	2.51E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	15
16	585.6	28.2	595.7	2.32E-02	1.97E-01	2.83E-01	1500.0	35.9	2.83E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	16
17	585.6	27.8	595.7	2.28E-02	1.93E-01	2.78E-01	1500.0	35.3	2.78E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	17
18	585.6	27.4	595.7	2.24E-02	1.90E-01	2.74E-01	1500.0	34.7	2.74E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	18
19	585.6	27.1	595.7	2.21E-02	1.87E-01	2.69E-01	1500.0	34.2	2.69E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	19
20	585.6	26.7	595.7	2.17E-02	1.84E-01	2.65E-01	1500.0	33.7	2.65E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	20
21	585.6	26.4	595.7	2.14E-02	1.82E-01	2.61E-01	1500.0	33.2	2.61E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	21
22	585.6	26.1	595.7	2.11E-02	1.79E-01	2.57E-01	1500.0	32.7	2.57E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	22
23	585.6	25.8	595.7	2.08E-02	1.76E-01	2.54E-01	1500.0	32.2	2.54E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	23
24	658.8	25.5	670.2	2.05E-02	1.96E-01	2.81E-01	1500.0	35.7	2.81E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	24
25	658.8	25.2	670.2	2.02E-02	1.93E-01	2.77E-01	1500.0	35.2	2.77E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	25
26	658.8	24.9	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	26
27	658.8	24.6	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	27
28	658.8	24.3	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	28
29	658.8	24.1	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	29
30	658.8	23.8	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	30
31	658.8	23.6	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	31
32	658.8	23.4	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	32
33	658.8	23.2	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	33
34	658.8	23.0	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	34
35	658.8	22.8	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	35
36	658.8	22.6	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	36
37	658.8	22.4	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	37
38	658.8	22.2	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	38

Discretization no.	Disretized Length L_s [m]	Anode Temperature T_s [°C]	Total Area line pipe A_{c_LP} [m2]	Design mean current density i_{cm} [A/m2]	Mean current demand I_{cm_LP} [A]	Final current demand I_{cf_LP} [A]	Electro-chemical capacity e [Ah/kg]	Required total net anode mass m [kg]	Total final current demand I_{cf} [A]	Required number of anodes n [#]	Distance between anodes [m]	Total mass available M_a [kg]	Check 1: $m < M_a$	Available total end-of-life current output Iaf (tot) [A]	Check 2: $I_{af\,(tot)} \geq I_{cf}$	Discretization no.

Project	:	**Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project #	:	23081
Subject	:	Cathodic Protection Calculation
File #	:	23025-SUB-CAL-017241-01
Client	:	Neptune Energy
Client File #	:	

Pipeline cathodic protection

General:

Design life		25	yrs
Anode Type		Bracelet Half-shell type	
Utilization factor	u =	0.8	

Pipeline data:

Outside diameter of pipeline	OD =	323.8	mm
Wall thickness	t_w =	15.9	mm
Buried / Submerged		Buried	

Piggyback data:

Outside diameter of pipeline	OD =	0	mm
Wall thickness	t_w =	0	mm
Coating thickness	=	0	mm

Anode:

Type:	=	Al	
Anode density	=	2700	kg/m^3
Bracelet	=	1	x half shell
Internal diameter	=	324	mm
Maximum thickness	=	38	mm
Initial anode diameter	D_{ani} =	400	mm
Anode length	L_{an} =	375	mm
Initial anode outside surface	A_{ani} =	0.236	m^2
Final anode outside surface	A_{anf} =	0.200	m^2
Initial net anode weight (half shell)	m_a =	16.8	kg

Project	:	**Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project #	:	23081
Subject	:	Cathodic Protection Calculation
File #	:	23025-SUB-CAL-017241-01
Client	:	Neptune Energy
Client File #	:	

Pipeline cathodic protection

General:

Design life	t_f	=	25	yrs
Utilization factor	u	=	0.8	

Pipeline data:

Outside diameter of pipeline	OD	=	323.8	mm
Wall thickness	t_w	=	15.9	mm
Buried or Submerged			Buried	
Temperature averaged over section?			No	
Total length			27217.5	m

Piggyback data:

Outside diameter of pipeline	OD	=	0	mm
Wall thickness	t_w	=	0	mm
Coating thickness		=	0	mm

Linepipe:

Factory applied coating type	select	Three-layer coating systems (3LPP)
Field joint coating type	select	HSS

Constant	f_i	=	0.008	-
Constant	Df	=	0.0005	-
Mean coating break down	f_{cm}	=	0.014	-
Final coating break down	f_{cf}	=	0.021	-

Piggy:

Factory applied coating type	select	sulation multilayer coating systems (incl PE,PP
Field joint coating type	select	Multi-player coating systems incl epoxy and

Constant	f_i	=	0.002	-
Constant	Df	=	0.0001	-
Mean coating break down	f_{cm}	=	0.003	-
Final coating break down	f_{cf}	=	0.005	-

Project	:	**Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project #	:	23081
Subject	:	Cathodic Protection Calculation
File #	:	23025-SUB-CAL-017241-01
Client	:	Neptune Energy
Client File #	:	

Current output:

Protective potential	E_c^0	=	-0.8	V
Closed circuit potential	E_a^0	=	-1	V
Enviromental resistivity	r	=	1.5	Ωm
Resistivity carbon steel	ρMe	=	1.43E-07	Ωm

Anode:

Type		=	Al	
Bracelet		=	1	x half shell
Internal diameter		=	324	mm
Maximum thickness		=	38	mm
Initial anode diameter	D_{ani}	=	400	mm
Initial anode outside surface	A_{ani}	=	0.24	m^2
Final anode outside surface	A_{anf}	=	0.20	m^2
Anode length	L_{an}	=	375	mm
Initial net anode weight	m_a	=	16.8	kg
Initial anode resistance	R_{ai}	=	0.97	W
Final anode resistance	R_{af}	=	1.06	W
Final individual anode current output	I_{af}	=	0.189	A

Project : **Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED**
Project # : 23081
Subject : Cathodic Protection Calculation
File # : 23025-SUB-CAL-017241-01

Client : Neptune Energy
Client File # :

Discretization no.	Disretized Length L_s [m]	Anode Temperature T_s [°C]	Total Area line pipe A_{c_LP} [m2] *Including Field joint area*	Design mean current density i_{cm} [A/m2]	Mean current demand I_{cm_LP} [A]	Final current demand I_{cf_LP} [A]	Electro-chemical capacity e [Ah/kg]	Required total net anode mass m [kg]	Total final current demand I_{cf} [A]	Required number of anodes n [#]	Distance between anodes [m] L_c / n	Total mass available M_a [kg] $n \cdot M_a$	Check 1: $m < M_a$	Available total end-of-life current output Iaf (tot) [A] $n \cdot I_{af}$	Check 2: $I_{af\,(tot)} \geq I_{cf}$	Discretization no. 0
1	439.2	34.2	446.8	2.92E-02	1.86E-01	2.68E-01	1400.9	36.4	2.68E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	1
2	439.2	34.0	446.8	2.90E-02	1.85E-01	2.66E-01	1406.8	35.9	2.66E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	2
3	439.2	33.5	446.8	2.85E-02	1.82E-01	2.61E-01	1417.8	35.1	2.61E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	3
4	439.2	33.1	446.8	2.81E-02	1.79E-01	2.57E-01	1428.7	34.2	2.57E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	4
5	439.2	32.6	446.8	2.76E-02	1.76E-01	2.53E-01	1438.7	33.5	2.53E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	5
6	439.2	32.2	446.8	2.72E-02	1.73E-01	2.49E-01	1448.9	32.7	2.49E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	6
7	439.2	31.8	446.8	2.68E-02	1.70E-01	2.45E-01	1458.8	32.0	2.45E-01	**3.0**	146.4	50.4	**OK**	0.57	**OK**	7
8	512.4	31.4	521.2	2.64E-02	1.96E-01	2.82E-01	1468.1	36.5	2.82E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	8
9	512.4	30.9	521.2	2.59E-02	1.92E-01	2.77E-01	1478.8	35.6	2.77E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	9
10	512.4	30.5	521.2	2.55E-02	1.89E-01	2.72E-01	1488.8	34.8	2.72E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	10
11	512.4	30.0	521.2	2.50E-02	1.86E-01	2.68E-01	1498.8	34.0	2.68E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	11
12	512.4	29.6	521.2	2.46E-02	1.83E-01	2.63E-01	1500.0	33.4	2.63E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	12
13	512.4	29.3	521.2	2.43E-02	1.80E-01	2.59E-01	1500.0	32.9	2.59E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	13
14	512.4	28.9	521.2	2.39E-02	1.77E-01	2.55E-01	1500.0	32.4	2.55E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	14
15	512.4	28.5	521.2	2.35E-02	1.75E-01	2.51E-01	1500.0	31.9	2.51E-01	**3.0**	170.8	50.4	**OK**	0.57	**OK**	15
16	585.6	28.2	595.7	2.32E-02	1.97E-01	2.83E-01	1500.0	35.9	2.83E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	16
17	585.6	27.8	595.7	2.28E-02	1.93E-01	2.78E-01	1500.0	35.3	2.78E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	17
18	585.6	27.4	595.7	2.24E-02	1.90E-01	2.74E-01	1500.0	34.7	2.74E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	18
19	585.6	27.1	595.7	2.21E-02	1.87E-01	2.69E-01	1500.0	34.2	2.69E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	19
20	585.6	26.7	595.7	2.17E-02	1.84E-01	2.65E-01	1500.0	33.7	2.65E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	20
21	585.6	26.4	595.7	2.14E-02	1.82E-01	2.61E-01	1500.0	33.2	2.61E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	21
22	585.6	26.1	595.7	2.11E-02	1.79E-01	2.57E-01	1500.0	32.7	2.57E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	22
23	585.6	25.8	595.7	2.08E-02	1.76E-01	2.54E-01	1500.0	32.2	2.54E-01	**3.0**	195.2	50.4	**OK**	0.57	**OK**	23
24	658.8	25.5	670.2	2.05E-02	1.96E-01	2.81E-01	1500.0	35.7	2.81E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	24
25	658.8	25.2	670.2	2.02E-02	1.93E-01	2.77E-01	1500.0	35.2	2.77E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	25
26	658.8	24.9	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	26
27	658.8	24.6	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	27
28	658.8	24.3	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	28
29	658.8	24.1	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	29
30	658.8	23.8	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	30
31	658.8	23.6	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	31
32	658.8	23.4	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	32
33	658.8	23.2	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	33
34	658.8	23.0	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	34
35	658.8	22.8	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	35
36	658.8	22.6	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	36
37	658.8	22.4	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	37
38	658.8	22.2	670.2	2.00E-02	1.91E-01	2.75E-01	1500.0	34.9	2.75E-01	**3.0**	219.6	50.4	**OK**	0.57	**OK**	38

Discretization no.	Disretized Length L_s [m]	Anode Temperature T_s [°C]	Total Area line pipe A_{c_LP} [m2]	Design mean current density i_{cm} [A/m2]	Mean current demand I_{cm_LP} [A]	Final current demand I_{cf_LP} [A]	Electro-chemical capacity e [Ah/kg]	Required total net anode mass m [kg]	Total final current demand I_{cf} [A]	Required number of anodes n [#]	Distance between anodes [m]	Total mass available M_a [kg]	Check 1: $m < M_a$	Available total end-of-life current output Iaf (tot) [A]	Check 2: $I_{af\,(tot)} \geq I_{cf}$	Discretization no.

Bijlage

4. Certificaat E&P12635-C-2025-001 Rev.0

Bureau Veritas Marine & Offshore

Haskoning
Enhancing Society Together

Bureau Veritas Marine & Offshore Certificate
E&P/ E&P12635-C-2025-001 Rev.0
NEPTUNE Energy Netherlands– Subsea Pipeline L7-17

BUREAU VERITAS MARINE & OFFSHORE (hereinafter referred to as the "Society"), acting within the scope of the Bureau Veritas Marine & Offshore General Conditions, declares hereunder that the design of:

Description **NEPTUNE Energy Netherlands – Subsea Pipeline L7-17**

Pipeline Parameters

-Design life	25 years
-Min. Design temperature	-1°C (2)
-Max. Design temperature	50°C (4)
-Design pressure(1)	120 barg
-Offshore Test pressure(1)	115 barg
-Corrosion allowance	3.0 mm

Line pipe main characteristics Presented in appendix A

has been technically scrutinised by Bureau Veritas With the limitations listed hereafter:

- During the installation/as-laid phase, the pipeline will be buried within 4 days after laydown. Installation will start with respect that the latest available meteocean forecast do not predict waves and current conditions that leads to on-bottom instability (as per Ref. L7-F_PP_151_0003-03) during this period (installation + 4 days unburied pipeline).
- FEA will be performed after the burial/jetting and before the pipeline is commissioned to assess UHB accurately.
- All shoulders are more than 5m and thus free span are considered not interacting with each other based on DN-RP-F105 2021.
- GP-077_A-170-0004 design loads are related to anchor flange vendor and have been taken for granted by BV. Then dimensional review of FLANGE has been performed independently to calculation support.

Bureau Veritas Marine & Offshore Certificate
E&P/ E&P12635-C-2025-001 Rev.0
NEPTUNE Energy Netherlands– Subsea Pipeline L7-17

Conditions and conclusion of IRC are summarized in Bureau Veritas report n° E&P12635-R-2025-001 Rev.0 which includes the list of documents examined.

In case of changes in the design, manufacturing procedures, of the above referenced item, the present Certificate would de facto lose its validity. This document and its appendices form the entire Certificate and cannot be used separately. The current revision replaces all anterior revision issued to date.

To whom it may concern,

Issued at Paris, on March 25, 2025,

For and on behalf of BUREAU VERITAS,

E. LEVE/A. DUBOIS
Lead Engineers

L. BOUY
DA Renewable & Power SURF Team Manager

APPENDIX 1 LINE PIPE MAIN CHARACTERISTICS

Water depth range / MSL [m]	24.2 to 27.6
Pipeline outside diameter [mm]	323.8
Steel wall thickness [mm]	15.9
Steel Grade	L360NE
Approximate length [km]	27.2
Minimum bend radius (5D) [mm]	1524
Product transported	Dry natural gas

This document and its appendix form the entire certificate and cannot be used separately.
Delivered within the scope of the BUREAU VERITAS Marine and Offshore General Conditions of Service

Bijlage

5. F237682-REP-003 L7-17 to TP-001 ST KP58 Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey

Eni Energy Netherlands B.V., maart 2024

Haskoning
Enhancing Society Together

Neptune Energy Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

L7-17 to TP-001 ST KP58
DCS Blocks L7, L8 and L9
Environmental Field Report
Survey Period: 14 to 22 February 2024

F237682-REP-003 01 | 5 March 2024
Complete

Document Control

Document Information

Document Title	Neptune Energy Geophysical, Geotechnical and Environmental Route Survey L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58 L7-17 to TP-001 ST KP58 DCS Blocks L7, L8 and L9 Environmental Field Report
Fugro Project No.	F237682
Fugro Document No.	F237682-REP-003
Issue Number	01
Issue Status	Complete
Fugro Legal Entity	Fugro GB Limited
Issuing Office Address	Unit 16, Trafalgar Wharf, Hamilton Road, Portchester, Hampshire, PO6 4PX, United Kingdom

Client Information

Client	Neptune Energy Netherlands
Client Address	Prinses Beatrixlaan 2, 2595 AL, Den Haag, The Netherlands
Client Contact	Jeroen van Reenen

Revision History

Issue	Date	Status	Comments on Content	Prepared By	Checked By	Approved By
01	5 March 2024	Complete	Issued as complete	GHB/MPC	NAM/LAB	NJH

Project Team

Initials	Name	Role
NJH	Nathan Horwood	Project Manager
GHB	Geraint Harris-Bryant	Chief Environmental Scientist
LAB	Leigh-Anne Baker	Senior Marine Environmental Scientist
MC	Molly Cornwell	Assistant Marine Environmental Scientist
NAM	Niall McLeod	Assistant Marine Environmental Scientist

Executive Summary

Introduction

On the instruction of Neptune Energy Netherlands, Fugro performed a survey including geophysical, geotechnical and environmental data acquisition along the proposed L7-17 to TP-001 side tap (ST) KP58 pipeline route. The survey area was located within Dutch Continental Shelf (DCS) Blocks L7, L8 and L9 in the Southern North Sea. Operations were conducted onboard the MV Fugro Frontier during the survey period 14 to 22 February 2024.

Table S.1 presents the surface coordinates of the existing L7-17 well and TP-001 ST KP58.

Table S.1: Project locations

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]				
Location	Easting	Northing	Latitude	Longitude
L7-17 well	586 500	5 931 300	53° 31′ 20.513″ N	004° 18′ 16.894″ E
TP-001 ST KP58	613 569	5 933 736	53° 32′ 20.758″ N	004° 42′ 49.268″ E

Notes
ST = Side tap
KP = Kilometre point

Environmental Survey

The scope of work comprised 28 stations, with seafloor photographic transects to be surveyed and grab samples collected at all stations. Video and stills were successfully acquired along all 28 proposed transects. A full suite of grab samples was successfully acquired from 23 of the 28 proposed grab sampling stations; the remaining 5 stations were omitted from the operations schedule due to poor weather conditions.

Seafloor Habitats

The seafloor across the survey area predominantly comprised sand with occasional shell fragments and small-scale ripples. Two stations (ST20 and ST21) were described as comprising muddy sand based on the grab samples collected, and the lack of small scale ripples seen from photographic data.

The most frequently occurring benthic epifauna along the proposed route were brittlestars (Ophiuroidea), hermit crabs (Paguroidea), crabs (principally *Corystes cassivelaunus*) and star fish (*Asterias rubens* and *Astropecten irregularis*). Flatfish (Pleuronectiformes, including plaice *Pleuronectes platessa*) were occasionally observed.

Potentially Sensitive Habitats

No potentially sensitive habitats or species were observed along the proposed L7-17 to TP-001 ST KP58 route.

Contents

Executive Summary		**i**
1.	**Introduction**	**1**
2.	**Survey Strategy**	**3**
3.	**Survey Methods**	**7**
3.1	Seafloor Photography	7
3.2	Sediment Grab Sampling	8
3.2.1	Physico-chemical Sample Processing	8
3.2.2	Macrofauna Sample Processing	9
4.	**Results**	**10**
4.1	Field Operations	10
4.1.1	Seafloor Photography	10
4.1.2	Grab Sampling	14
4.2	Seafloor Habitats and Fauna	15
4.2.1	Sediment Description	15
4.2.2	Benthic Fauna	15
4.2.3	Potentially Sensitive Habitats or Species	15
5.	**References**	**17**

Appendices

Appendix A Guidelines on Use of Report

Appendix B Logs

B.1 Survey Log

B.2 Grab Log

Figures in the Main Text

Figure 2.1: Proposed survey locations 6

Figure 4.1: Example seafloor photographs, 16

Tables in the Main Text

Table 1.1: Project locations 1
Table 1.2: Project geodetic and projection parameters 2
Table 2.1: Proposed sampling stations 3
Table 2.2: Proposed transects 5
Table 4.1: Completed transects 11
Table 4.2: Completed sediment sampling stations 14

Abbreviations

BSL	Below sea level
CM	Central meridian
DCS	Dutch Continental Shelf
EBS	Environmental baseline survey
ED50	European Datum 1950
EEA	European Environment Agency
EOL	End of line
EU	European Union
FA/FB/FC	Faunal sample A, B or C
GNSS	Global Navigation Satellite System
HC	Hydrocarbon sample
HM	Heavy metal sample
LED	Light-emitting diode
MV	Motor vessel
OSPAR	Oslo and Paris Commission
PC	Physico-chemical sample
PSD	Particle size distribution
SOL	Start of line
SSS	Side scan sonar
ST	Side tap
USBL	Ultra-short baseline
UTM	Universal Transverse Mercator
VHF	Very high frequency
WGS 84	World Geodetic System 1984

1. Introduction

1.1 Background

On the instruction of Neptune Energy Netherlands, Fugro performed a survey including geophysical, geotechnical and environmental data acquisition along the proposed L7-17 to TP-001 side tap (ST) KP58 pipeline route. The survey area was located within Dutch Continental Shelf (DCS) Blocks L7, L8 and L9 in the Southern North Sea. Operations were conducted onboard the MV Fugro Frontier during the survey period 14 to 22 February 2024

Table 1.1 presents the surface coordinates of the existing L7-17 well and TP-001 ST KP58.

Table 1.1: Project locations

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]				
Location	**Easting**	**Northing**	**Latitude**	**Longitude**
L7-17 well	586 500	5 931 300	53° 31′ 20.513″ N	004° 18′ 16.894″ E
TP-001 ST KP58	613 569	5 933 736	53° 32′ 20.758″ N	004° 42′ 49.268″ E

Notes
ST = Side tap
KP = Kilometre point

The geophysical and geotechnical route surveys were carried out to evaluate the seafloor and sub-seafloor conditions, including potential geohazards and obstructions that could affect the future installation of the pipeline, within a 500m route corridor. The environmental baseline survey (EBS) was conducted to establish whether any sensitive habitats were present in the area, specifically habitats listed under Annex I of the EU Habitats Directive, including the presence of the EU habitat 1180 'submarine structures made by leaking gases' (European Environment Agency [EEA], 2019) and habitats listed by the Oslo and Paris Commission (OSPAR) as threatened and/or declining habitats (OSPAR, 2008). In addition, grab samples were collected to establish physico-chemical and biological properties of the sediment at key locations.

This report details the environmental operations and presents a preliminary assessment of the data obtained in the field. The interpretation may change following further data analysis.

Appendix A outlines the guidelines for use of this report.

1.2 Coordinate Reference System

All coordinates detailed in this report are referenced to European Datum 1950 (ED50) Universal Transverse Mercator (UTM) projection Zone 31N central meridian (CM) 3° East. Table 1.2 provides the detailed geodetic and projection parameters.

Table 1.2: Project geodetic and projection parameters

Global Navigation Satellite System (GNSS) Geodetic Parameters*							
Datum:	World Geodetic System 1984 (WGS 84)						
Spheroid:	WGS 84						
Semi major axis:	a = 6 378 137.000 m						
Reciprocal flattening:	1/f = 298.257 223 563						
Local Geodetic Datum Parameters							
Datum:	European Datum 1950 (ED50)						
Spheroid:	International 1924						
Semi major axis:	a = 6 378 388.000 m						
Reciprocal flattening:	1/f = 297.000 000 000						
Datum Transformation Parameters from WGS 84 to ED50†							
Shift dX:	+89.5	m	Rotation rX:	0.00	arc sec	Scale Factor:	-1.200 ppm
Shift dY:	+93.8	m	Rotation rY:	0.00	arc sec		
Shift dZ:	+123.1	m	Rotation rZ:	-0.156	arc sec		
Project Projection Parameters							
Grid Projection:	Universal Transverse Mercator (UTM)						
UTM Zone:	31N						
Central Meridian:	003° 00′ 00″ East						
Latitude of Origin:	00° 00′ 00″ North						
False Easting:	500 000 m						
False Northing:	0 m						
Scale factor on Central Meridian:	0.9996						
Units:	metre						

Notes
* = Fugro Starfix® navigation software always uses WGS 84 geodetic parameters as a primary datum for any geodetic calculations
† = This is the right-hand coordinate frame rotation used by the Fugro Starfix® navigation software

2. Survey Strategy

Twenty-eight environmental sampling stations were selected by Fugro. Station one was positioned 250 m from the well location thereafter at 1000 m increments from the well location along the proposed pipeline route, as detailed in the scope of work. At each environmental sampling station, video and still photographic data were to be acquired along transects between 5-10 minutes in length, prior to one physico-chemical and three macrofaunal grab samples (Table 2.1). At two of the sampling stations (stations ST20 and ST21), extended transects were assigned to investigate variations in seafloor sediment type, as identified from the side scan sonar (SSS) data (Table 2.2).

Acceptable sampling accuracy for both video/stills data and sediment sampling was agreed with the client representative as within 10 m of the target location. Figure 2.1 provides a spatial display of the proposed survey locations overlain on the SSS mosaic.

Table 2.1: Proposed sampling stations

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]				
Station/Transect	Easting	Northing	Rationale	Data and Sample Acquisition
ST01/TR01	586 749	5 931 322	Spatial coverage 250 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST02/TR02	587 496	5 931 390	Spatial coverage 1000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST03/TR03	588 492	5 931 481	Spatial coverage 2000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST04/TR04	589 488	5 931 571	Spatial coverage 3000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST05/TR05	590 483	5 931 662	Spatial coverage 4000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST06/TR06	591 478	5 931 752	Spatial coverage 5000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST07/TR07	592 475	5 931 842	Spatial coverage 6000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST08/TR08	593 471	5 931 934	Spatial coverage 7000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST09/TR09	594 468	5 932 024	Spatial coverage 8000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST10/TR10	595 463	5 932 115	Spatial coverage 9000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST11/TR11	596 637	5 932 223	Spatial coverage 10000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]				
Station/Transect	Easting	Northing	Rationale	Data and Sample Acquisition
ST12/TR12	597 452	5 932 296	Spatial coverage 11000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST13/TR13	598 454	5 932 385	Spatial coverage 12000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST14/TR14	599 471	5 932 479	Spatial coverage 13000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST15/TR15	600 445	5 932 566	Spatial coverage 14000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST16/TR16	601 448	5 932 658	Spatial coverage 15000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST17/TR17	602 595	5 932 763	Spatial coverage 16000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST18/TR18	603 431	5 932 840	Spatial coverage 17000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST19/TR19	604 426	5 932 928	Spatial coverage 18000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST20*	605 805	5 933 027	Spatial coverage 19381 m from L7-17 well	PC, FA, FB, FC
ST21*	606 652	5 933 131	Spatial coverage 20235 m from L7-17 well	PC, FA, FB, FC
ST22/TR22	607 413	5 933 200	Spatial coverage 21000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST23/TR23	608 407	5 933 290	Spatial coverage 22000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST24/TR24	609 408	5 933 381	Spatial coverage 23000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST25/TR25	610 402	5 933 472	Spatial coverage 24000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST26/TR26	611 397	5 933 562	Spatial coverage 25000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST27/TR27	612 393	5 933 653	Spatial coverage 26000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,
ST28/TR28	613 245	5 933 729	Spatial coverage 27000 m from L7-17 well	Video, stills, PC, FA, FB, FC,

Notes
PC = Physico-chemical sample
FA/FB/FC = Faunal sample A, B or C
* = Video data acquired along extended transects at these stations (Table 2.2)

Table 2.2: Proposed transects

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]							
Transect	SOL		EOL		Line Length [m]	Rationale	Data Acquisition
	Easting	Northing	Easting	Northing			
TR20	605 770	5 933 056	605 839.0	5 932 999.0	89.0	To cover two features of interest and covering station ST20	Video, stills
TR21	606 652	5 933 131	606 525.0	5 933 122.0	127.1	To cover changes in sediment type and covering station ST21	Video, stills

Notes
SOL = Start of line
EOL = End of line

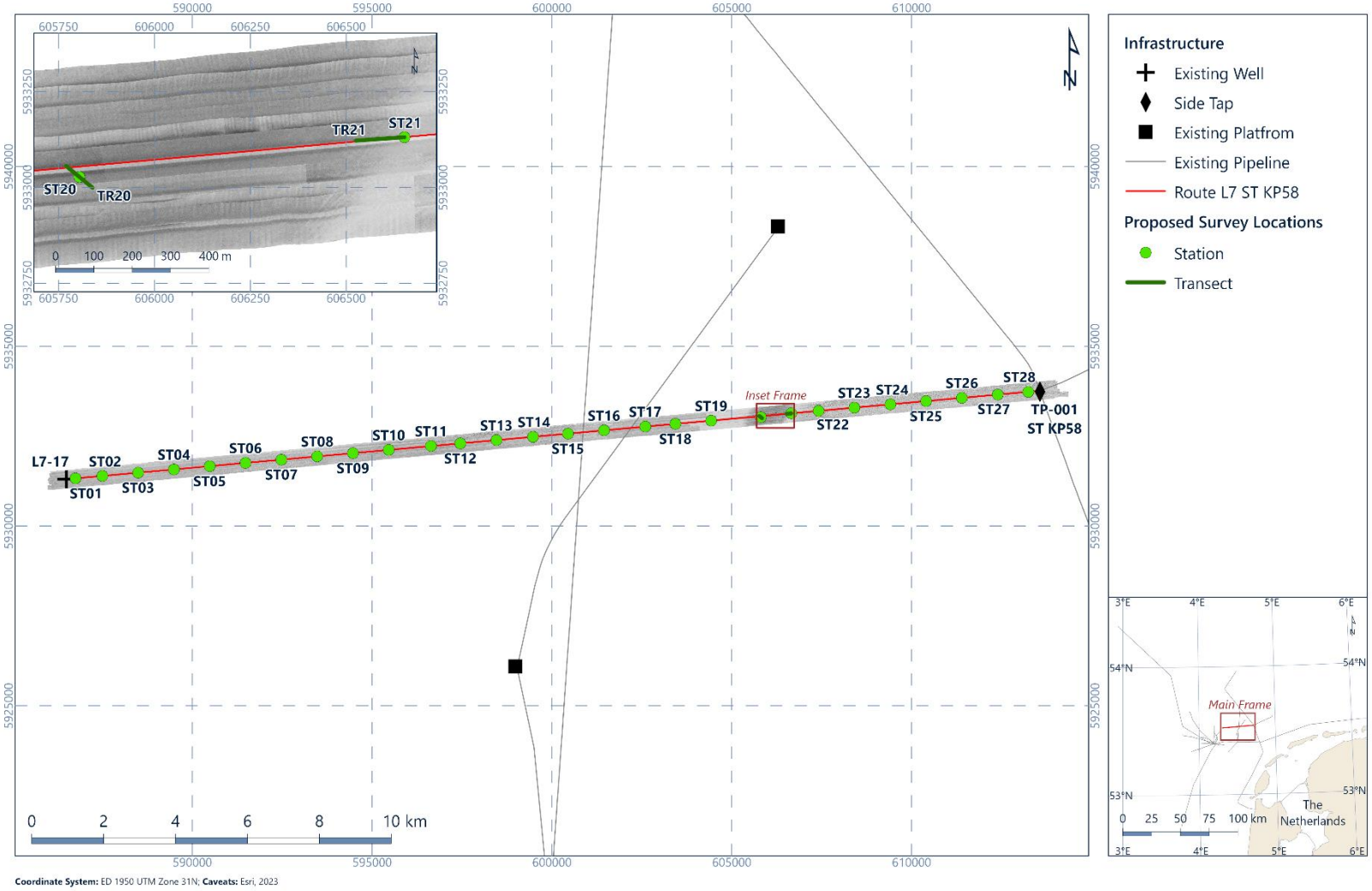


Figure 2.1: Proposed survey locations

3. Survey Methods

3.1 Seafloor Photography

Seafloor photographic data were acquired using a SubC Rayfin Coastal camera system, mounted within a purpose-built camera frame which was operated in its conventional mode without the use of a freshwater lens due to good visibility. The camera system comprised a SubC Rayfin Coastal video/stills camera (high definition video, 12 megapixel stills), a pair of SubC Aquorea LED lamps/strobes and SubC Manta Ray parallel lasers (10 cm apart) to provide image scaling. The camera system was equipped with an ultra-short baseline (USBL) beacon for subsea positioning.

Video data were both recorded within the camera and live-streamed to surface where they were recorded on SubC DVR-O software, overlaid with the project details, date, time and transect name, along with positional and depth data, as referenced to the USBL beacon. Still images were recorded internally within the camera and downloaded (along with internally recorded video) after each deployment. Continuous logs of video position were recorded throughout each transect (1 s intervals) and the online surveyor took manual fixes for each still image acquired.

Operational procedures for seafloor photography were as follows:

- The camera was turned on and systems checks undertaken on deck prior to deployment;
- The surveyor communicated to the deck team using VHF radio when the vessel was stable on location and the camera was deployed into the water using the aft A-frame. When it was below the sea surface, the lamps and lasers were switched on;
- The camera was lowered to the seafloor using the winch, with umbilical paid out and secured to the lift wire using tape;
- Once the system reached the seafloor, the online surveyor was notified, and the vessel instructed to proceed along the transect. Video recording was then started;
- The vessel was moved along the line with the winch adjusted to keep the seafloor visible on the live feed;
- Stills were captured when the environmental scientist manually triggered the camera as it moved over the seafloor. Whenever a still was taken the surveyor captured a positional fix;
- At the end of the transect, or after the contractually required amount of data had been acquired, the recording was ended, and the vessel stopped moving;
- The lamps and lasers were turned off and the camera system recovered to deck;
- On completion, seafloor photographic data and internally recorded video were downloaded and backed up onto an external hard drive, along with the video that had been recorded topside.

3.2 Sediment Grab Sampling

Seafloor samples were acquired using a 0.1 m^2 dual van Veen grab.

Operational procedures for grab sampling were as follows:

- The 0.1 m^2 dual van Veen grab was prepared for operations prior to arrival on station. The Bridge communicated to the deck via a VHF radio when the vessel was steady and on location, and the grab was deployed from the aft A-frame;
- When the engineer operating the winch observed that the grab had reached the seafloor (evidenced through a distinct slackening of the wire rope and snatch block), the online surveyor was informed (via VHF radio) and a positional fix was captured;
- On recovery to the deck, the sample was inspected and judged acceptable or otherwise (see below for rejection criteria);
- Three accepted grab samples were retained for faunal analysis and one grab sample was retained and subsampled for physico-chemical analysis;
- Deck logs were completed for each sample acquired (including no samples) with: date, time, sample number, fix number, sediment type, depth and colour of strata in the sediment (if any) using Munsell colour codes, odour (i.e. H_2S), bioturbation or debris.

Samples were considered unacceptable in the following instances:

- Evidence of sediment washout caused through improperly closed grab jaws or inspection hatch;
- Sediment sample collected on an angle; the grab jaws were not parallel to the seafloor when the grab fired;
- Disruption of the sample through striking the side of the vessel;
- Sample represented less than approximately 7 cm bite depth of the grab (unless deemed acceptable by the client representative);
- The presence of a hagfish (*Myxine glutinosa*) and/or other mucous coagulants;
- Sample from more than 10 m from the target location (unless deemed acceptable by the client representative);
- Deemed unacceptable by the client representative for any other reason.

3.2.1 Physico-chemical Sample Processing

- Hydrocarbon (HC) samples were collected using a metal scoop to a nominal depth of 2 cm. Samples collected were HCA1 and HCA2. The samples were preserved in glass jars at approximately −20 °C;
- Heavy metal (HM) samples were collected using a plastic scoop to a nominal depth of 2 cm. Samples collected were HMA1 and HMA2. The samples were preserved in polythene bags at approximately −20 °C;
- Particle size distribution (PSD) samples were collected using a plastic scoop to a nominal depth of 5 cm. Samples collected were PSDA1 and PSDA2. The samples were preserved in polythene bags at approximately −20 °C.

3.2.2 Macrofauna Sample Processing

Macrofauna samples were processed as follows:

- Macrofauna samples were processed in their entirety, by opening the spades to drop the grab into a container. All supernatant water was processed along with the sediment;
- The sample was transferred to a 0.5 mm mesh sieve and transferred to the Wilson Autosiever and sediment washed out;
- Once sieved, samples were transferred to containers labelled with the job number, station code and faunal code (e.g. FA) and fixed in 10 % buffered formal saline. The sample containers were then sealed, hazard labelled and stored securely on deck.

4. Results

4.1 Field Operations

4.1.1 Seafloor Photography

Stills and video data were successfully acquired at all 28 proposed stations. Short transects orientated along the proposed pipeline were undertaken at 26 of the stations; along each of these transects a minimum of five minutes of video footage and at least five good quality still images were obtained. The extended transects TR20 and TR21 were surveyed in their entirety. Table 4.1 provides the start and end of line coordinates for each of the transects surveyed and summarises the data acquired. During the initial attempt at transect TR23 the vessel lost position and, as such, this transect was rerun (labelled TR23R).

Table 4.1: Completed transects

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]							
Transect	SOL		EOL		Depth [m BSL]	Length [m]	Data Acquisition
	Easting	Northing	Easting	Northing			
TR01	586 807.0	5 931 327.0	586 698.4	5 931 316.9	25.1	109.1	Video: 8 min 41 s 11 stills
TR02	587 552.8	5 931 397.0	587 445.6	5 931 387.8	25.6	107.6	Video: 9 min 15 s 13 stills
TR03	589 434.2	5 931 570.1	588 455.5	5 931 479.8	26.0	99.9	Video: 10 min 25 s 9 stills
TR04	589 547.3	5 931 579.4	589 434.2	5 931 570.1	26.5	113.5	Video: 9 min 51 s 10 stills
TR05	590 531.9	5 931 671.0	590 425.1	5 931 662.4	25.7	107.1	Video: 10 min 9 s 14 stills
TR06	591 526.0	5 931 761.0	591 425.2	5 931 751.4	26.1	101.3	Video: 7 min 12 s 13 stills
TR07	592 524.2	5 931 847.8	592 424.1	5 931 841.0	25.5	100.4	Video: 7 min 26 s 15 stills
TR08	593 521.1	5 931 936.7	593 418.3	5 931 927.1	24.9	103.2	Video: 8 min 21 s 12 stills
TR09	594 517.5	5 932 026.2	594 449.3	5 932 020.5	25.6	68.4	Video: 9 min 11 s 13 stills
TR10	595 513.2	5 932 115.0	595 412.7	5 932 107.4	26.4	100.8	Video: 8 min 8 s 14 stills
TR11	596 686.6	5 932 225.8	596 581.6	5 932 215.5	26.6	105.4	Video: 8 min 23 s 16 stills

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]							
Transect	SOL		EOL		Depth [m BSL]	Length [m]	Data Acquisition
	Easting	Northing	Easting	Northing			
TR12	597 501.3	5 932 299.1	597 400.2	5 932 289.0	27.4	101.6	Video: 8 min 24 s 14 stills
TR13	598 503.6	5 932 390.6	598 404.4	5 932 381.1	27.1	99.6	Video: 8 min 14 s 15 stills
TR14	599 524.4	5 932 485.7	599 416.6	5 932 474.9	26.8	108.3	Video: 10 min 7 s 10 stills
TR15	600 499.4	5 932 572.4	600 499.4	5 932 572.4	26.4	105.0	Video: 9 min 43 s 10 stills
TR16	601 494.2	5 932 663.2	601 434.7	5 932 658.9	25.3	59.7	Video: 9 min 37 s 10 stills
TR17	602 643.8	5 932 766.5	602 587.4	5 932 761.6	25.7	56.6	Video: 12 min 56 s 13 stills
TR18	603 479.8	5 932 842.3	603 417.5	5 932 832.7	26.4	63.0	Video: 12 min 5 s 14 stills
TR19	604 474.2	5 932 930.8	604 414.1	5 932 925.9	26.6	60.3	Video: 10 min 50 s 12 stills
TR20	605 836.4	5 932 997.2	605 759.6	5 933 057.6	27.5	97.7	Video: 9 min 4 s 10 stills
TR21	606 650.9	5 933 130.7	606 519.3	5 933 121.4	27.9	131.9	Video: 11 min 26 s 17 stills
TR22	607 468.3	5 933 206.2	607 376.9	5 933 207.1	28.2	91.4	Video: 8 min 25 s 14 stills
TR23	608 457.7	5 933 290.3	608 403.5	5 933 338.5	26.9	72.5	Video: 10 min 43 s 7 stills

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]							
Transect	SOL		EOL		Depth [m BSL]	Length [m]	Data Acquisition
	Easting	Northing	Easting	Northing			
TR23R*	608 458.6	5 933 300.1	608 386.3	5 933 306.9	27.3	72.6	Video: 14 min 8 s 15 stills
TR24	609 457.0	5 933 385.6	609 392.4	5 933 379.0	25.8	64.9	Video: 7 min 35 s 13 stills
TR25	610 450.8	5 933 476.9	610 382.4	5 933 470.0	24.2	68.7	Video: 9 min 1 s 15 stills
TR26	611 431.7	5 933 563.0	611 380.9	5 933 559.5	24.9	50.9	Video: 11 min 45 s 12 stills
TR27	612 430.8	5 933 654.6	612 340.9	5 933 646.8	25.0	90.2	Video: 10 min 42 s 15 stills
TR28	613 299.6	5 933 736.6	613 219.0	5 933 729.0	25.9	81.0	Video: 12 min 29 s 13 stills

Notes
BSL = Below sea level
SOL = Start of line
EOL = End of line
* = Rerun of transect TR23 as vessel lost position

4.1.2 Grab Sampling

Grab samples were successfully acquired at 23 of the 28 proposed stations. Due to deteriorating weather conditions and a poor weather forecast a decision was made on 19 February to sample the eastern half of the route at approximately 2 km intervals, rather than the approximately 1 km intervals originally proposed. As such, five stations (stations ST17, ST19, ST21, ST23 and ST25) were removed from the scope of work; it was originally intended that station ST27 could also be omitted from the scope but a longer than forecast period of workable weather meant that this station was successfully sampled.

A complete suite of samples (one physico-chemical and three macrofauna samples) was retained at all of the stations successfully sampled (Table 4.2). All samples were taken within the agreed 10 m radius of the target location.

Sampling success was constrained by sea state with 16 of the 65 grab sampling attempts made being recorded as no samples (75.4 % success rate); the majority of these no sample events occurred when sea state was marginal for the vessel (significant wave height > 1.4 m).

Table 4.2: Completed sediment sampling stations

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]				
Station	Easting*	Northing*	Depth [m BSL]	Sample Acquisition
ST01	586 748.7	5 931 323.0	26.0	PC, FA, FB, FC
ST02	587 496.6	5 931 392.3	25.8	PC, FA, FB, FC
ST03	588 491.6	5 931 481.5	25.9	PC, FA, FB, FC
ST04	589 488.9	5 931 570.8	26.1	PC, FA, FB, FC
ST05	590 482.6	5 931 660.4	26.5	PC, FA, FB, FC
ST06	591 480.8	5 931 754.9	27.1	PC, FA, FB, FC
ST07	592 475.7	5 931 842.6	27.1	PC, FA, FB, FC
ST08	593 471.0	5 931 933.6	27.5	PC, FA, FB, FC
ST09	594 468.8	5 932 020.2	27.7	PC, FA, FB, FC
ST10	595 463.6	5 932 113.8	27.6	PC, FA, FB, FC
ST11	596 637.5	5 932 224.1	27.5	PC, FA, FB, FC
ST12	597 453.8	5 932 293.4	27.3	PC, FA, FB, FC
ST13	598 451.9	5 932 384.8	26.9	PC, FA, FB, FC
ST14	599 471.0	5 932 476.7	26.9	PC, FA, FB, FC
ST15	600 450.3	5 932 566.7	26.3	PC, FA, FB, FC
ST16	601 448.2	5 932 656.2	26.3	PC, FA, FB, FC
ST18	603 430.2	5 932 840.2	27.5	PC, FA, FB, FC
ST20	605 803.4	5 933 029.5	28.6	PC, FA, FB, FC
ST22	607 411.9	5 933 203.2	28.8	PC, FA, FB, FC

Geodetic Parameters: ED50, UTM Zone 31N, CM 3° E [m]				
Station	Easting*	Northing*	Depth [m BSL]	Sample Acquisition
ST24	609 406.5	5 933 379.8	27.3	PC, FA, FB, FC
ST26	611 397.9	5 933 552.9	26.3	PC, FA, FB, FC
ST27	612 390.8	5 933 651.2	26.0	PC, FA, FB, FC
ST28	613 241.2	5 933 720.7	25.9	PC, FA, FB, FC

Notes
* = Coordinates presented for the PC grab sample
BSL = Below sea level
PC = Physico-chemical sample A
FA/FB/FC = Faunal sample A, B or C

4.2 Seafloor Habitats and Fauna

4.2.1 Sediment Description

The seafloor along the majority of the proposed route comprised sand sediment with occasional shell fragments and small-scale ripples. The proportion of shell fragments varied between and within transects, with a generally higher proportion noted along transects TR11 to TR15, TR20, TR21 and TR28.

In addition to having a higher proportion of shell material than other stations, ST20 lacked the small scale ripple bedforms evident from most other stations, which suggests a less mobile seafloor sediment. The grab samples obtained from this station were described as muddy sand with shell fragments.

From seafloor photographic data, transect TR21 also lacked small scale ripples and its sediment type was also described as muddy sand with shell fragments.

Figure 4.1 presents example still images from the survey.

4.2.2 Benthic Fauna

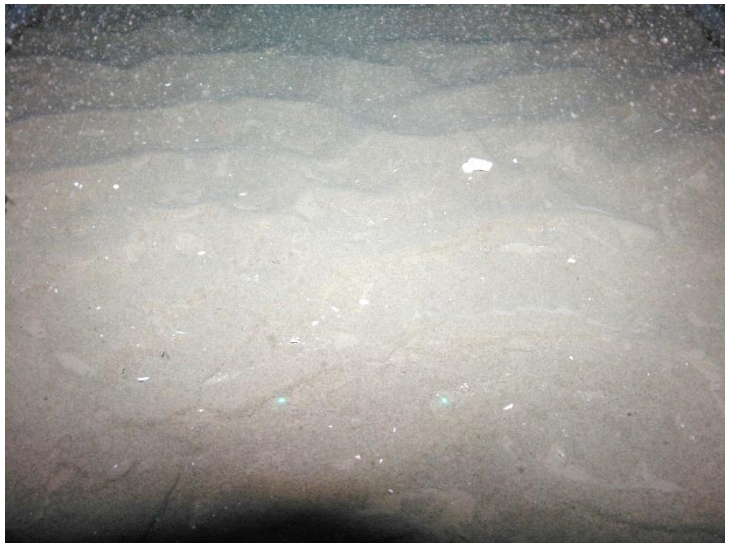
The most frequently occurring benthic epifauna along the proposed route were brittlestars (Ophiuroidea), hermit crabs (Paguroidea), crabs (principally *Corystes cassivelaunus*) and star fish (including *Asterias rubens* and *Astropecten irregularis*). Flatfish (Pleuronectiformes, including plaice, *Pleuronectes platessa*) were occasionally observed.

The overall density of fauna was variable and appeared generally higher along the western half of the route. There was a notably high abundance of hermit crabs (Paguroidea) on transect TR20 and an elevated abundance of brittlestars (Ophiuroidea) along transect TR21.

4.2.3 Potentially Sensitive Habitats or Species

No potentially sensitive habitats or species were observed along the proposed L7-17 to TP-001 ST KP58 route.

A



B

C

D

A: Photograph TR06_11

Sand with small scale ripples and occasional shell fragments

No visible fauna

B: Photograph TR09_08

Sand with small scale ripples and occasional shell fragments

Star fish (*Asterias rubens*)

C: Photograph TR18_01

Sand with small scale ripples and occasional shell fragments

Crab (*Corystes cassivelaunus*)

D: Photograph TR20_09

Muddy sand with shell fragments

Hermit crabs (Paguroidea)

Figure 4.1: Example seafloor photographs,

5. References

European Environment Agency [EEA]. (2019). *Annex I: natural habitat types of community interest whose conservation requires the designation of special areas of conservation*. https://eunis.eea.europa.eu/references/2324/habitats

Oslo and Paris Commission [OSPAR]. (2008). *OSPAR list of threatened and/or declining species and habitats* (Reference Number 2008-06). OSPAR Commission.

Appendix A

Guidelines on Use of Report

This report (the "Report") was prepared as part of the services (the "Services") provided by Fugro GB Limited ("Fugro") for its client (the "Client") under terms of the relevant contract between the two parties (the "Contract"). The Services were performed by Fugro based on requirements of the Client set out in the Contract or otherwise made known by the Client to Fugro at the time.

Fugro's obligations and liabilities to the Client or any other party in respect of the Services and this Report are limited in time and value as defined in Contract (or in the absence of any express provision in the Contract as implied by the law of the Contract) and Fugro provides no other representation or warranty whether express or implied, in relation to the Services or for the use of this Report for any other purpose. Furthermore, Fugro has no obligation to update or revise this Report based on changes in conditions or information which emerge following issue of this Report unless expressly required by the Contract.

The Services were performed by Fugro exclusively for the Client and any other party identified in the Contract for the purpose set out therein. Any use and/or reliance on the Report or the Services for purposes not expressly stated in the Contract, by the Client or any other party is that party's risk and Fugro accepts no liability whatsoever for any such use and/or reliance.

Appendix B

Logs

B.1 Survey Log

Click icon below to the survey log.

Appendix B.1
Survey Log.xlsx

B.2 Grab Log

Click on icon below to the grab log.

Appendix B.2
Sample Log.xlsx

Bijlage

6. F237682-REP-001 L7-17 to ST 58.4 Route Survey

Eni Energy Netherlands B.V., maart 2024

Haskoning
Enhancing Society Together

L7-17 to ST 58.4 Geophysical Survey Report

Dutch North Sea

F237682-REP-001 01 | 7 March 2024

Complete

Neptune Energy Netherlands B.V.

Document Control

1. Document Information

Project Title	L7-17 to ST 58.4 Route Survey
Document Title	L7-17 to ST 58.4 Geophysical Survey Report
Fugro Project No.	F237682
Fugro Document No.	F237682-REP-001
Issue Number	01
Issue Status	Complete
Fugro Legal Entity	Fugro Netherlands Marine BV
Issuing Office Address	4 Prismastraat, Nootdorp, 2631 RT, The Netherlands

2. Client Information

Client	Neptune Energy Netherlands B.V.
Client Address	Prinses Beatrixlaan 5, 2595 AK Den Haag, The Netherlands
Client Contact	Jeroen van Reenen
Client Document No.	N/A

3. Document History

Issue	Date	Status	Comments on Content	Prepared By	Checked By	Approved By
01		Complete	Awaiting client comments	AS	MvL	AD

4. Project Team

Initials	Name	Role
SK	Silvanus Kiyang	Project Manager
AD	Alexia Darbo	Project Reporting and Deliverables Manager
SA	Spyridon Agapiou	Lead Geophysicist
EB	Eugenio Beccornia	Lead Processor
EF	Eno Feshti	Lead GIS Specialist

FUGRO
Fugro Netherlands Marine Limited
Prismastraat 4
Nootdorp
2631 RT
The Netherlands

Neptune Energy Netherlands B.V.

Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

7 March 2024

Dear Sir/Madam,

We have the pleasure of submitting the 'Geophysical Results Report' for the 'L7-17 to ST 58.4 Route Survey'. This report presents the results of the Geophysical Survey.

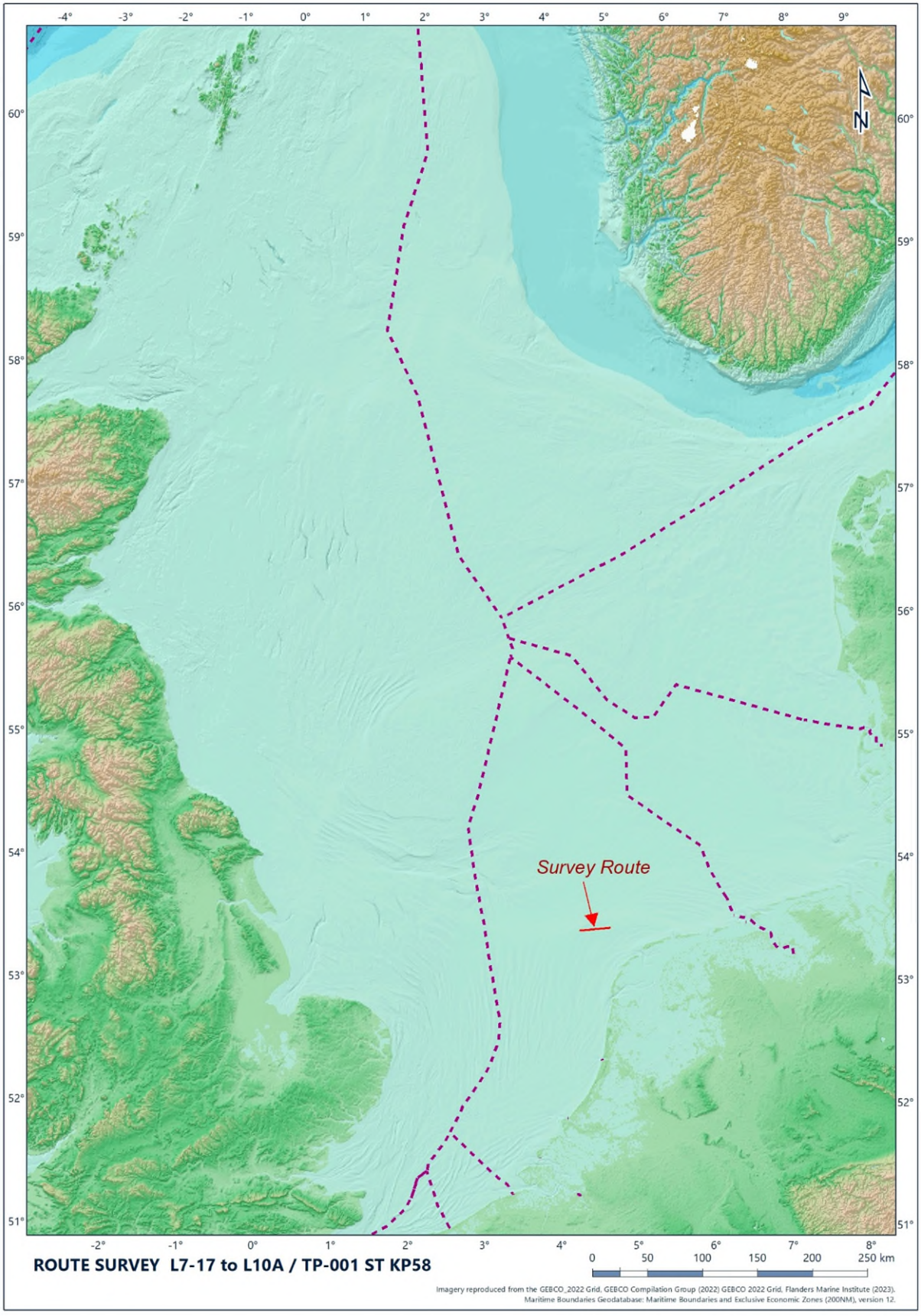
This report was prepared by Spyridon Agapiou under the supervision of Alexia Darbo (Project Reporting and Deliverables Manager).

We hope that you find this report to your satisfaction; should you have any queries, please do not hesitate to contact us.

Yours faithfully,

Alexia Darbo
Project Reporting and Deliverables Manager

Frontispiece



Executive Summary

Interpretative Route Investigation		
Survey Dates	Geophysical	12 January to 31 January 2024
	Grab samples	31 January to 19 February 2024
	Geotechnical	31 January to 19 February 2024
Equipment	Geophysical	Multibeam echosounder (MBES), side scan sonar (SSS), magnetometer (MAG),
	Grab samples	Seafloor grab samples were acquired using a Dual Van Veen grab sampler
	Geotechnical	Geotechnical scope was performed using the VC and CPT
Coordinate System		Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84) Projection: UTM Zone 31N, CM 3°E
Bathymetry		
Water depths range from 18.7 m to 27.8 m MSL. The site is characterised by gentle seafloor slopes, on average less than 5˚.		
Seafloor Morphology		
Morphological features observed on the seafloor included: ripples; large ripples; an area of high reflectivity which could be indicative of coarser sediment		
Seabed Targets and Potential Route-Specific Hazards		
Boulders	In total four (4) targets were picked and classified as (possible) boulders.	
Debris	In total five (5) targets were picked and classified as (possible) debris.	
Side Tap	One (1) side tap was observed on the Western end of the route, close to KP 27. The target (NRS_SSS_0013) was identified as the side tap TP001 KP58.	
Dome	One (1) dome on top of the L7-17, used to protect the well head, was identified (NRS_SSS_0001) on the Eastern end of the route.	
Exposed pipelines	Six (6) pipelines were found to be exposed along the route. The exposed pipelines were observed to the North of the L7-17 well, the Southwestern side of the L7-17 well, north of the ST_TP001_KP58, east of the ST_TP001_KP58, and south of the ST_TP001_KP58.	
Other targets	The seafloor targets were identified from SSS, MBES, and MAG datasets. In total, 237 magnetic anomalies and 17 side-scan sonar targets were observed across the site. SSS targets were rationalised to the MBES position. No targets were noted on the MBES that were not also seen on other sensor(s).	

Contents

Document Control ii
1. Document Information ii
2. Client Information ii
3. Document History ii
4. Project Team ii

Executive Summary i

Contents ii

Figures in the Main Text iii

Tables in the Main Text iii

Abbreviations iii

1. Introduction 6
1.1 General 6
1.2 Survey Objectives and Scope of Work 7
1.2.1 Survey Objectives 7
1.2.2 Scope of Work 7
1.3 Geodetic Parameters 7
1.4 Vertical Datum 8

2. Results Overview 9
2.1 Bathymetry 9
2.2 Seafloor Sediments and Morphology 12
2.3 Seafloor Features and Targets 14
2.3.1 Side Scan Sonar and MBES Targets 14

2.3.1.1 Boulders 15

2.3.1.2 Suspected Debris 16

2.3.1.3 Side Tap 17

2.3.1.4 Dome 18

2.3.1.5 Pipeline 19
2.3.2 Magnetometer Anomalies 20

2.3.2.1 Pipelines 21

3. References 23

Appendix A 0

Appendix A Guidelines for Use of the Report 0

Appendix B 0

Appendix B Charts 0

	Appendix C	1
Appendix C	**Fugro Frontier Operations Report**	**1**

Figures in the Main Text

Figure 1.1: Location of the route. 6
Figure 2.1: Profile crossing the shallowest area in the Route. 10
Figure 2.2: Profile crossing the deepest area in the Route. 11
Figure 2.3: Morphological features along the route: Ripples (A), Large ripples (B), Area of high reflectivity (C) 12
Table 2.1: Bedform Classification Applied to the Features Observed in the Route (Requirements to Template Survey Geodatabase Document No. 16/19566-2) 13
Table 2.3: Summary of Seafloor Targets Identified in the Route. 14
Figure 2.4: Boulder observed along the route (NRS_SSS_0002). 15
Figure 2.5: Debris observed along the route (NRS_SSS_0011). 16
Figure 2.6: Side tap observed along the route (NRS_SSS_0013). 17
Figure 2.7: Dome observed along the route (NRS_SSS_0001). 18
Figure 2.8: Exposed pipeline east of ST_TP001_KP58 observed along the route (NRS_SSS_0018). 19
Figure 2.9: Examples of the magnetic residual grid across the route. 20
Figure 2.10: Examples of the L8-P4 to ST KP 20.4, L08-G to ST KP 20.4, L02-FA to Callantsoog KP 148.388, and L09-FF-1 to STKP 58.232 pipelines observed on the magnetic residual grid in the route. 21
Figure 2.11: Example of the unknown cable/pipeline observed on the magnetic residual grid in the route. 22

Tables in the Main Text

Table 1.1: Project Geodetic Parameters 7
Table 2.2: Acoustic Characteristics of the Natural Morphological Features Identified in the Route. 13
Table 2.4: Pipelines Found Along the Route 21

Abbreviations

ALARP	As Low as Reasonably Practicable
BSF	Below seafloor
CM	Central Meridian
CPT	Cone Penetrometer Test

CRP	Central Reference Point
CUBE	Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator
DGPS	Dynamic Geographic Positioning System
DTM	Digital terrain model
EGN	Equalized Gain Normalization
GCP	Ground Control Points
GIS	Geographic Information System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GW	Gigawatt
IHO	International Hydrographic Organization
ISO	International Organization for Standardization
KP	Kilometre Post
LiDAR	Light Detection and Ranging
MAG	Magnetometer
MBES	Multibeam Echosounder
MCA	Maritime and Coastguard Agency
ML	Machine Learning
MMO	Man Made Object
MRU	Motion reference unit
MSL	Mean Sea Level
MSS	Mean Sea Surface
OCR	Offshore Client Representative
OPS	Operations
OWF	Offshore Windfarm
POS	Position and Orientation System
POS MV	Position and Orientation System Marine Vessel
PPP	Precise Point Positioning
PSV	Platform Supply Vessel
QC	Quality Control
SBP	Sub-bottom Profiler
SSS	Side Scan Sonar
SVP	Sound Velocity Profiler
SVS	Sound Velocity Sensor
THU	Total Horizontal Uncertainty
TPU	Total Propagated Uncertainty
TQ	Technical Query
TSG	Template Survey Geodatabase
TVU	Total Vertical Uncertainty
USBL	Ultra-short Baseline

UTM	Universal Transverse Mercator
UXO	Unexploded Ordnance
VBA	Visual Basic
VC	Vibrocore
WP	Work Package

1. Introduction

1.1 General

Neptune Energy Netherlands B.V. is developing an offshore energy infrastructure in the Dutch Sector of the North Sea to connect the L7-17 dome to the site-tap 58.4.

The project survey site, henceforth referred to as 'the route', is located offshore Netherland and covers an area of approximately 11.07 km^2. The length of the surveyed route is approximately 27 km stretching from the L7-17 dome to the site-tap 58.4. Figure 1.1 presents the location of the site.

Guidelines on the use of this report are provided in Appendix A.

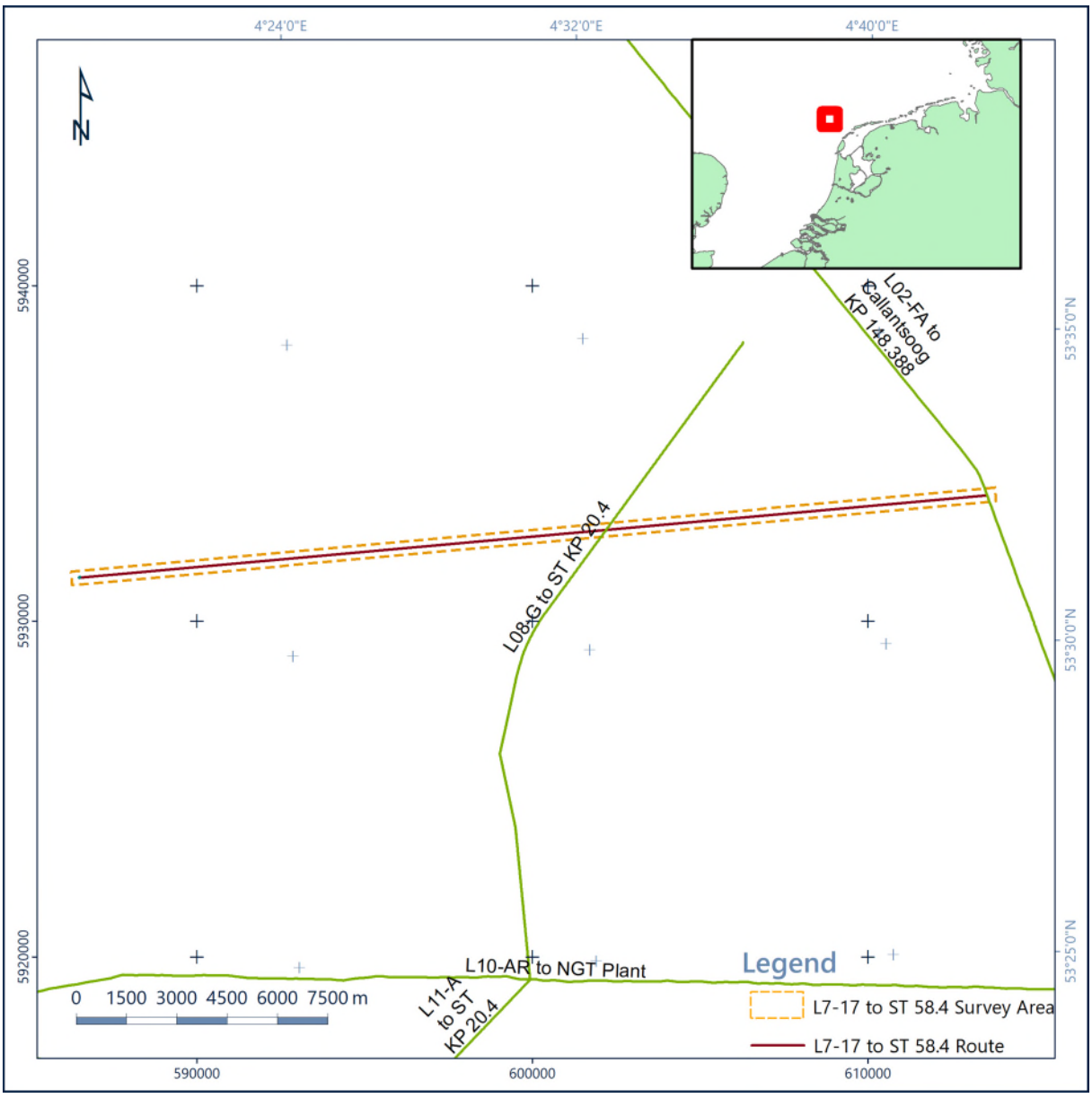


Figure 1.1: Location of the route.

1.2 Survey Objectives and Scope of Work

The following sub-sections provide details about the main survey requirements and the scope of work.

1.2.1 Survey Objectives

The aim of the offshore geophysical survey was to map the bathymetry, the static and dynamic elements of the seafloor.

The acquired data will be used as the basis for:

- determine site water depths, topography, gradients etc.
- determine seabed features and the possible presence of boulders, seabed sediments, debris and items;

1.2.2 Scope of Work

To achieve the survey objectives described above Fugro acquired:

- Accurate site-wide bathymetric data in order to determine water depths, topography, seafloor gradients etc. using multibeam echosounder (MBES);
- Site-wide, high-resolution side scan sonar (SSS) data to map natural and anthropogenic seafloor hazards, for example the presence and location of boulders, mobile and sedentary seabed sediments, infrastructure, wrecks, and debris items that may impact future survey and construction planning;
- Single magnetometer data along the planned survey lines to identify ferrous objects, surface geology, chartered and unchartered wrecks and infrastructure in support of the ALARP principle of UXO risk mitigation prior to sediment grab samples and geotechnical operations;

Detailed summary of the performed survey operations is presented in:

- Fugro Frontier Operations Report (F248380-OPS-001);

1.3 Geodetic Parameters

The project geodetic and projection parameters are summarised in Table 1.1.

Table 1.1: Project Geodetic Parameters

Global Navigation Satellite System (GNSS) Geodetic Parameters	
EPSG CRS Code	4326
Datum	World Geodetic System 1984 (WGS84)
Spheroid	World Geodetic System 1984
Semi major axis	a = 6 378 137.000 m
Inverse Flattening	1/f = 298.257 223 563
Project Projection Parameters	
Grid Projection	Universal Transverse Mercator, Northern Hemisphere

Global Navigation Satellite System (GNSS) Geodetic Parameters	
UTM Zone	31N
Central Meridian	003° 00' 00.000" East
Latitude of Origin	00° 00' 00.000" North
False Easting	500 000 m
False Northing	0 m
Scale factor on Central Meridian	0.9996
Units	Metre
EPSG code	23031
Grid Projection	Universal Transverse Mercator, Northern Hemisphere

1.4 Vertical Datum

The vertical datum is lowest astronomical tide (LAT). GNSS heights are referenced to LAT by means of NL LAT2018 ellipsoidal to datum separation model. The NL LAT2018 model was issued by the Dienst Der Hydrografie in June 2020 and is considered the most accurate LAT reduction model for the Dutch Continental Shelf.

2. Results Overview

2.1 Bathymetry

An overview of the bathymetry within the Route is shown in charts provided in a separate PDF file (see Appendix B).

In the route, water depths range from 18.7 m to 27.8 m MSL. The minimum water depth was observed in the Eastern part of the route close to KP 20.5 (Figure 2.1) and the maximum depth was recorded in the South-Eastern part of the route close to KP 27 and the side tap TP001 KP58 (Figure 2.2).

The bathymetry along the route is gently sloping from KP 1 in the Western end towards KP 22.5 in the East, and then gently increases again towards the Eastern end of the route. The site is mostly characterized by flat seabed, with areas of dynamic morphology and mobile bedforms, represented mainly by sand ripples and large ripples.

The Route is characterised by gentle seafloor slopes, on average approximately between 0˚ and 5˚.

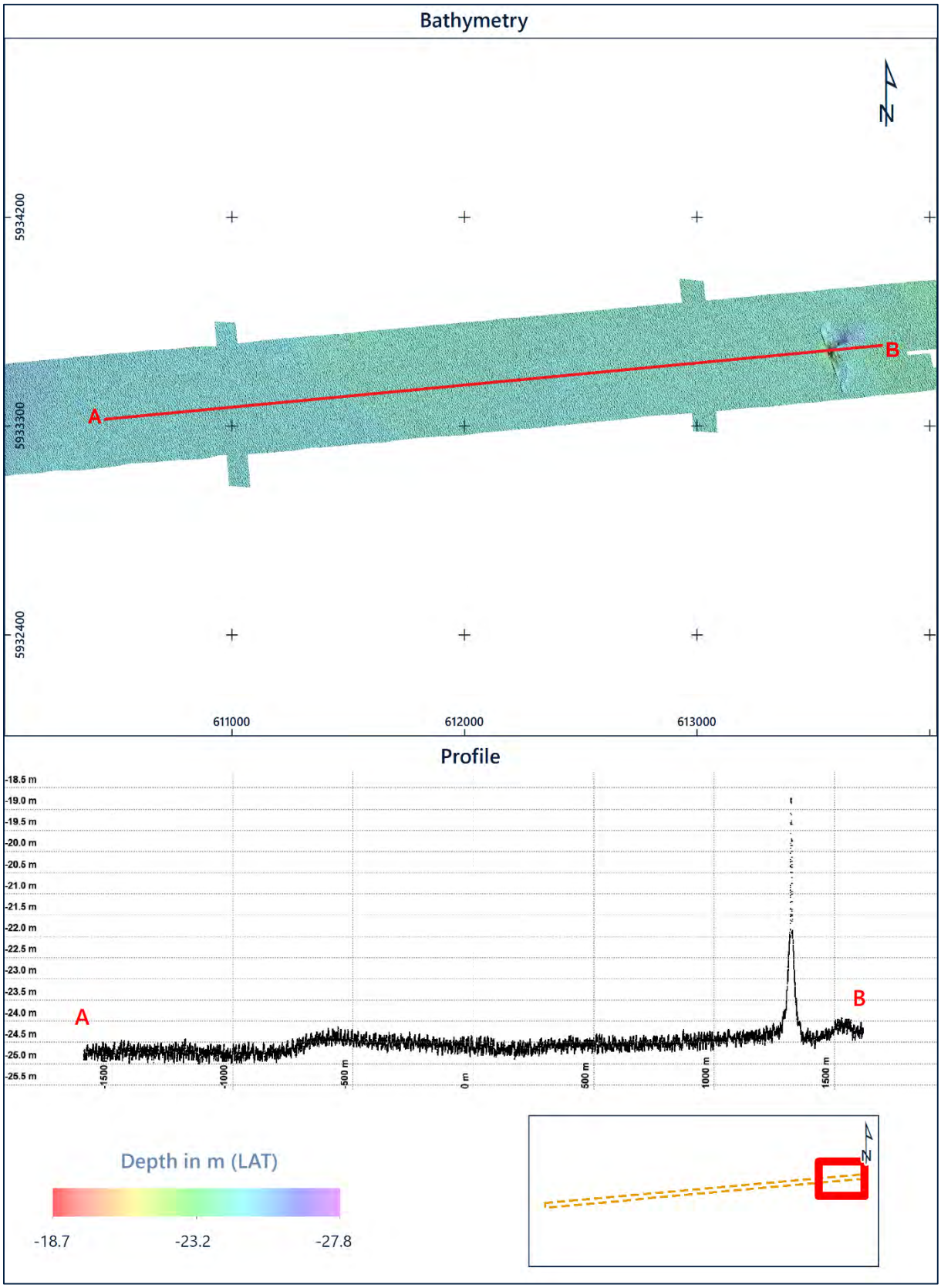


Figure 2.1: Profile crossing the shallowest area in the Route.

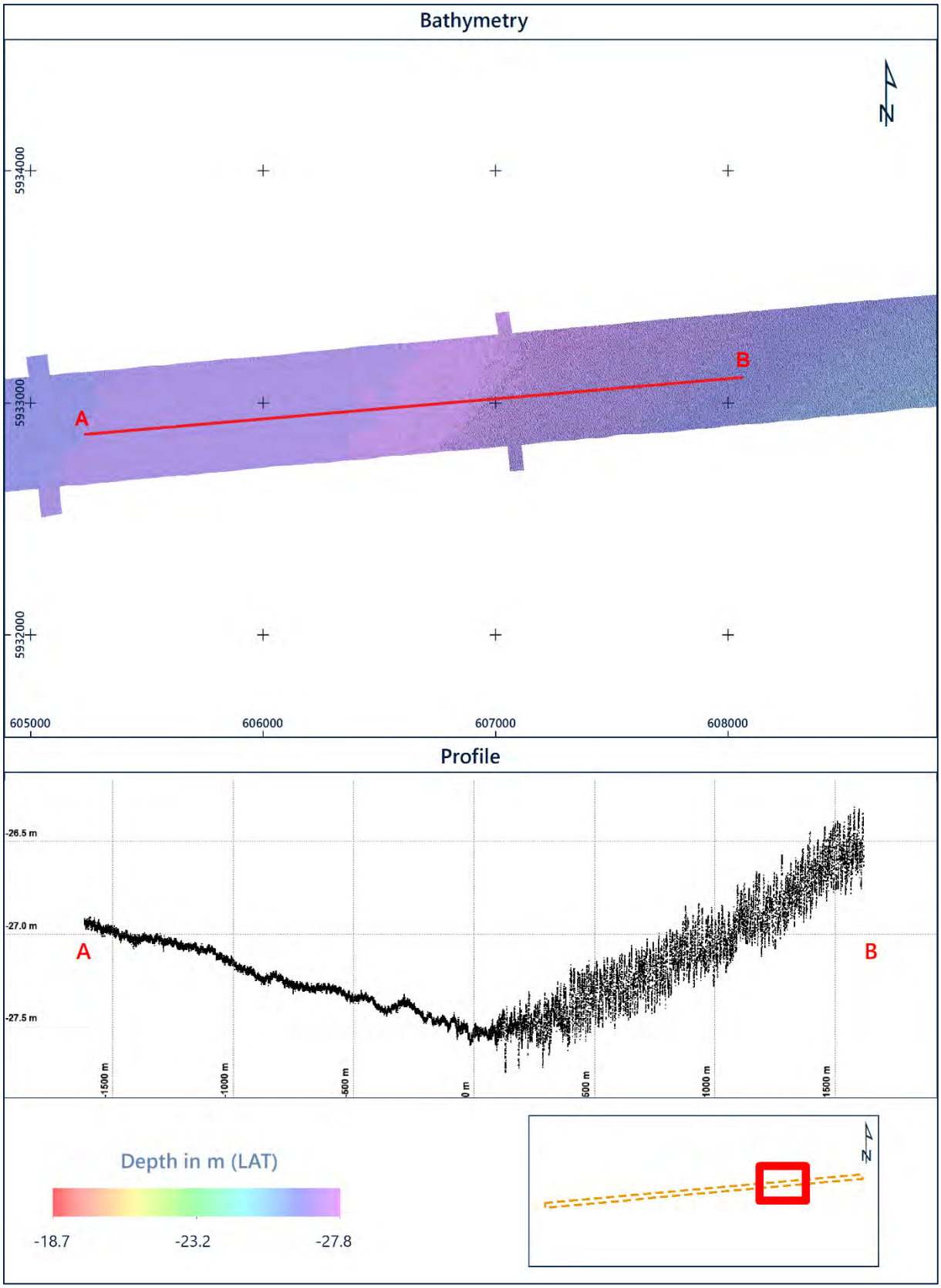


Figure 2.2: Profile crossing the deepest area in the Route.

2.2 Seafloor Sediments and Morphology

Various morphological features were identified at the seafloor. These morphological features are a result of the interplay of variable (sub-seafloor) geological conditions and past and present hydrodynamic conditions (e.g., tides, currents) under the influence of changes in sea level.

Seafloor morphology interpretation was based on the combination of MBES and SSS datasets. The data analysis was carried out using acoustic characteristics such as overall pattern and reflectivity.

The following natural morphological features were identified in the Route:

- Ripples;
- Large ripples;
- Area of high reflectivity

Sand ripples and large ripples were observed mainly in the Eastern part of the route, between KP 20.5 and KP 27.5, as well as the Western part of the route, between KP 4.0 and KP 16.0. They vary in dimensions reaching the maximum of 6 m in wavelength and 0.5 m in height.

Additionally, one area of high reflectivity was observed in the Eastern part of the route, between KP 19 and KP 20.2. The high reflectivity could represent an area with coarser sediments.

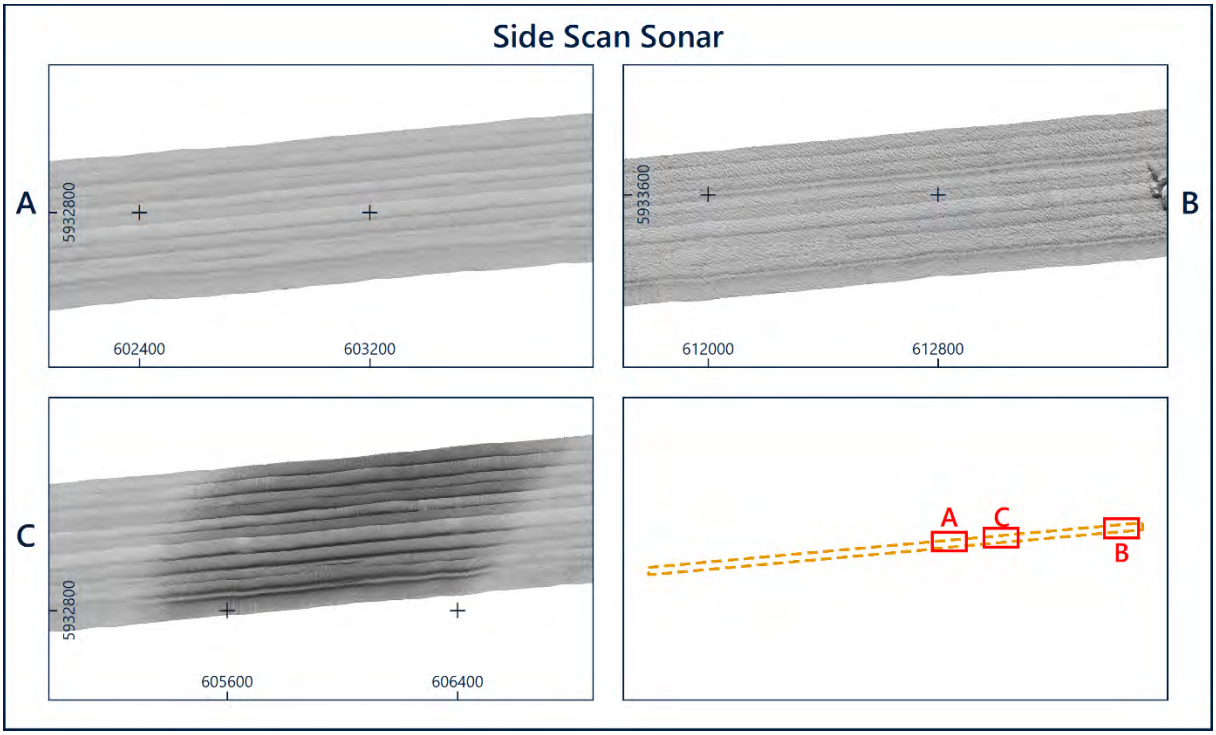


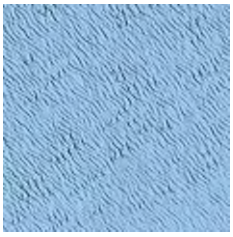
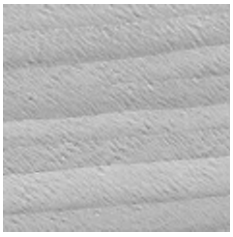
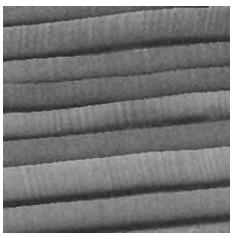
Figure 2.3: Morphological features along the route: Ripples (A), Large ripples (B), Area of high reflectivity (C)

Table 2.1: Bedform Classification Applied to the Features Observed in the Route (Requirements to Template Survey Geodatabase Document No. 16/19566-2)

Bedform	Dimensions
Ripples	Wavelength < 5 m Height < 0.01 m to 0.1 m
Large Ripples	Wavelength 5 m to 15 m Height 0.1 m to 1 m
Megaripples	Wavelength 15 m to 50 m Height 1 m to 3 m
Sand Waves	Wavelength 50 m to 200 m Height 3 m to 5 m

The acoustic characteristics of the natural types of morphology identified are summarised in Table 2.2.

Table 2.2: Acoustic Characteristics of the Natural Morphological Features Identified in the Route.

MBES Image	SSS Image	Acoustic Description	Morphological Interpretation
		Low to medium reflectivity	Ripples
		Low to medium reflectivity	Large Ripples
		High reflectivity	Area of high reflectivity

2.3 Seafloor Features and Targets

Seafloor features and targets were identified in the SSS, MBES, and MAG data.

Table 2.3 summarises the quantities of targets picked along the route.

Table 2.3: Summary of Seafloor Targets Identified in the Route.

Sensor	Target Classification	Quantity
SSS	Boulder	4
	Debris/Suspected debris	5
	Side Tap	1
	Dome	1
	Pipeline	6
MAG	Linear feature	56
	Unidentified	181

2.3.1 Side Scan Sonar and MBES Targets

A total of 17 targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified. Out of 17 targets, 11 were observed in both the SSS and MBES datasets.

Details of all the identified SSS targets are presented in the target list supplied in the GIS database as part of the final deliverables. An overview of the SSS targets is presented in charts provided in a separate PDF file (see Appendix B).

2.3.1.1 Boulders

All the identified targets of natural origin observed in the SSS and MBES datasets were interpreted as boulders of varying dimensions. Four (4) boulders were identified throughout the route, with two (2) of them visible on the MBES data. Their size varies, with length ranging from 0.5 m to 0.8 m, width from 0.2 m to 0.5 m, and height from 0.1 m to 0.2 m.

Figure 2.4 presents a data example of a boulder picked along the route (NRS_SSS_0002: L= 0.7 m, W= 0.5 m, H= 0.1 m).

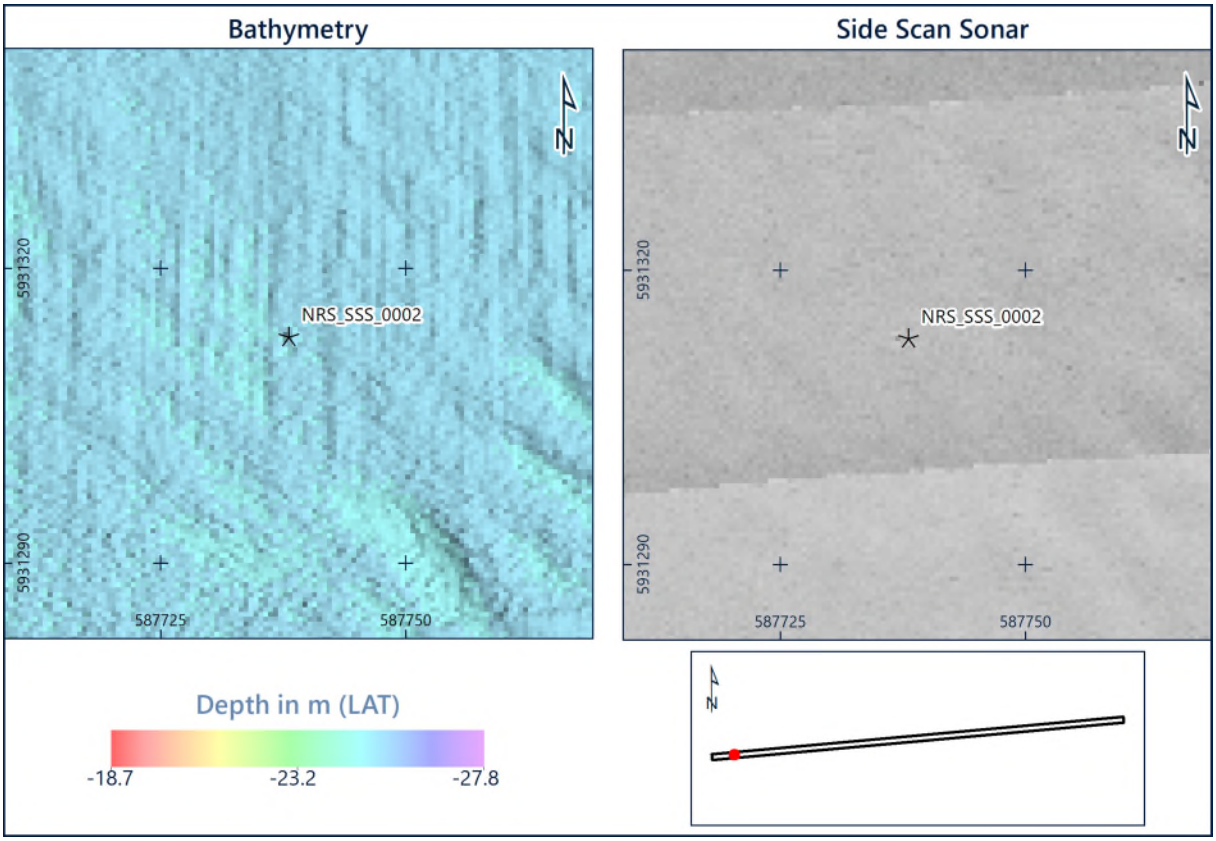


Figure 2.4: Boulder observed along the route (NRS_SSS_0002).

2.3.1.2 Suspected Debris

Suspected debris was the second most numerous target type identified. Items interpreted as potential debris were generally characterised by more angular or elongated shape and relatively high reflectivity compared to the targets described as boulders. It should be noted that certain ambiguity of the interpretation is to be expected and some of the targets interpreted as debris may in fact be of geological origin. The targets vary in size, with their length ranging from 0.5 m to 2.2 m, width from 0.4 m to 1.1 m, and height from 0.2 m to 0.6 m. Three (3) out of five (5) targets were visible on the MBES data.

Figure 2.5 presents a data example of debris (NRS_SSS_0011: L=1.0 m, W=0.8 m, H=0.5 m).

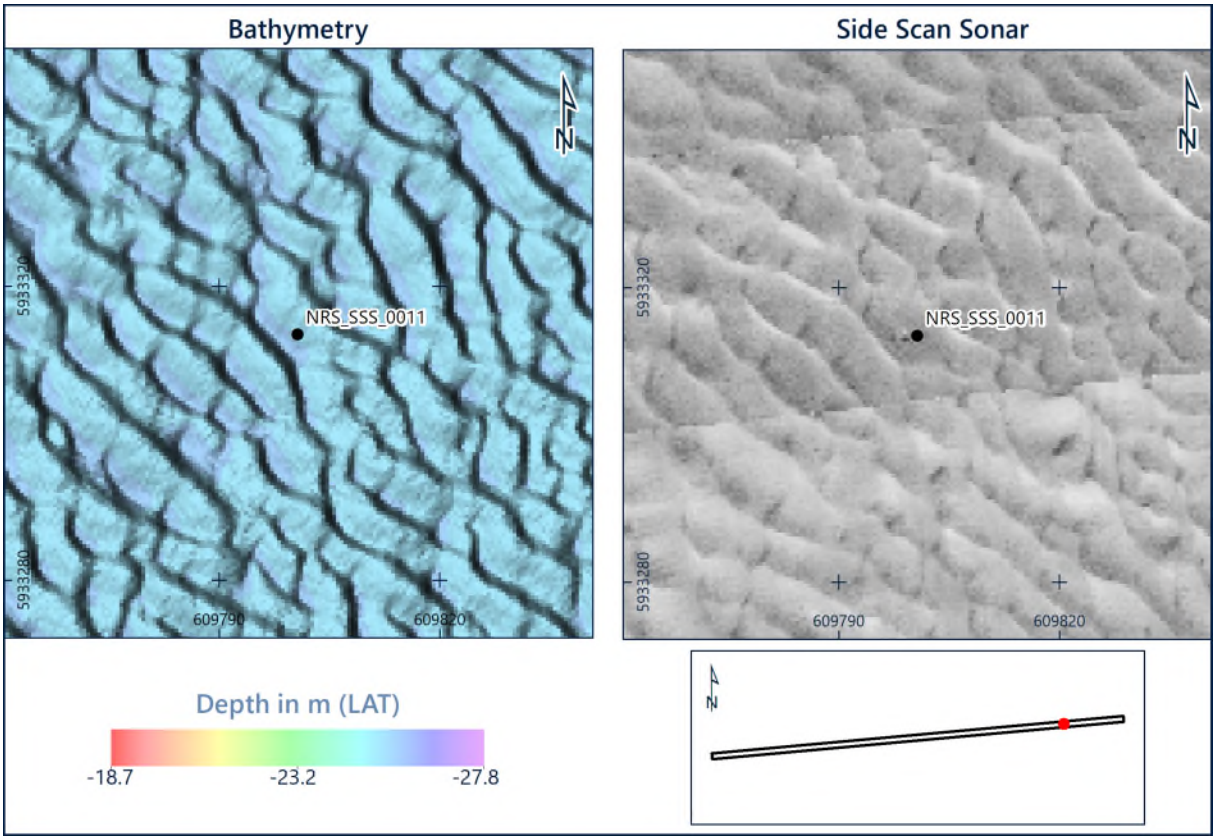


Figure 2.5: Debris observed along the route (NRS_SSS_0011).

2.3.1.3 Side Tap

One (1) side tap was observed on the Western end of the route, close to KP 27. The target was identified as the side tap TP001 KP58 and was visible on the MBES data.

Figure 2.6 presents a data example of the side tap (NRS_SSS_0013: L= 19.5 m, W= 8.5 m, H= 3.4 m).

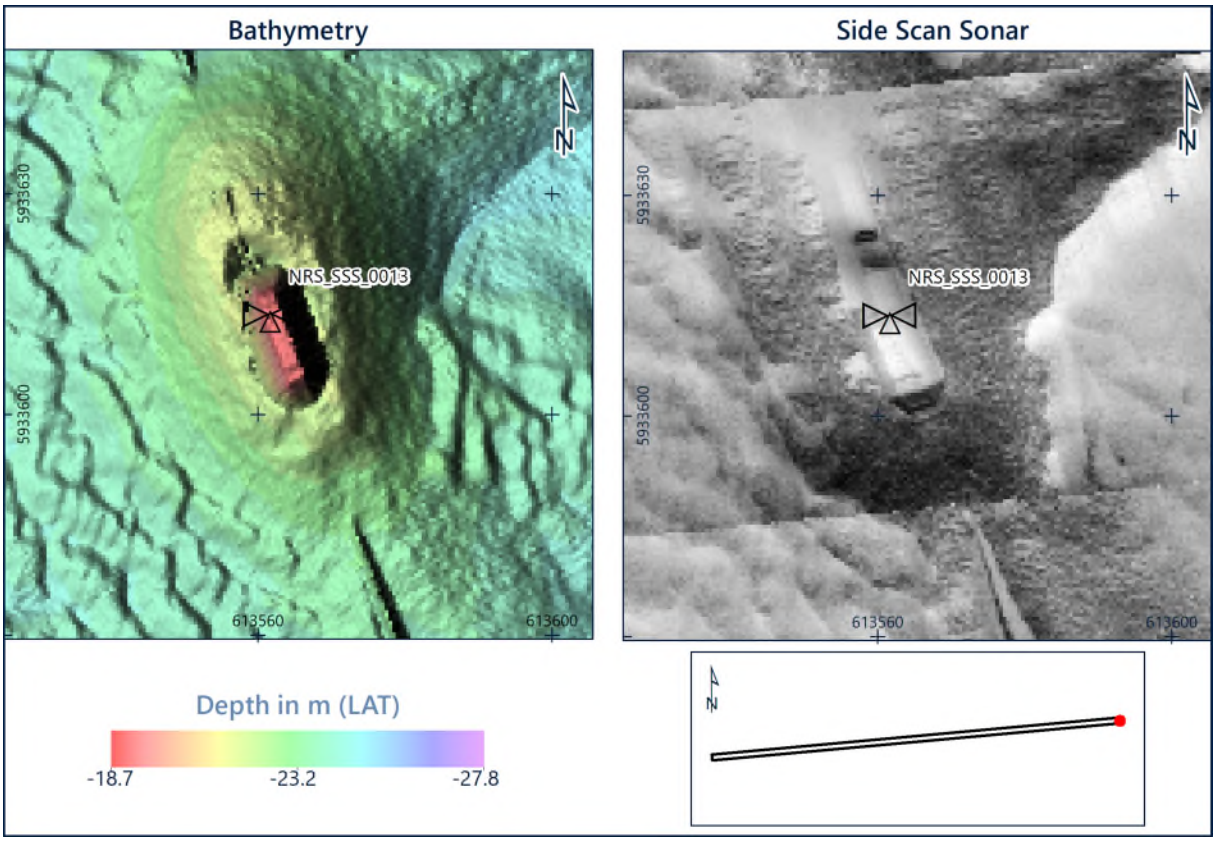


Figure 2.6: Side tap observed along the route (NRS_SSS_0013).

2.3.1.4 Dome

One (1) dome on top of the L7-17, used to protect the well head, was observed on the Eastern end of the route. The target was visible on the MBES data.

Figure 2.7 presents a data example of the dome structure (NRS_SSS_0001: L= 6.7 m, W= 6.1 m, H= 1.2 m).

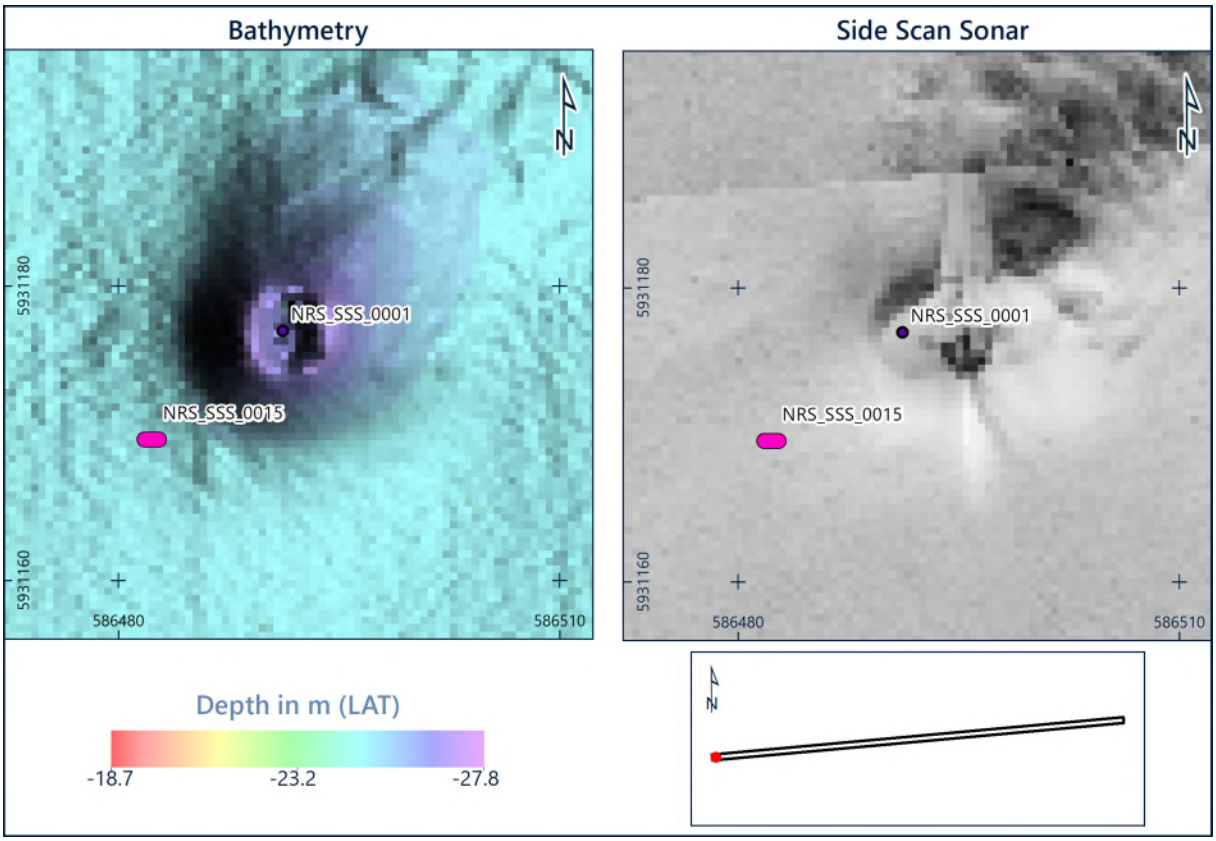


Figure 2.7: Dome observed along the route (NRS_SSS_0001).

2.3.1.5 Pipeline

Six (6) pipelines were found to be exposed along the route. The exposed pipelines were observed to the North of the L7-17 well, the Southwestern side of the L7-17 well, north of the ST_TP001_KP58, east of the ST_TP001_KP58, and south of the ST_TP001_KP58. They vary in size, with their length ranging from 4.8 m to 73.5 m, width from 0.3 m to 2.0 m, and height from 0.1 m to 1.3 m. Four (4) out of six (6) targets were visible on the MBES data.

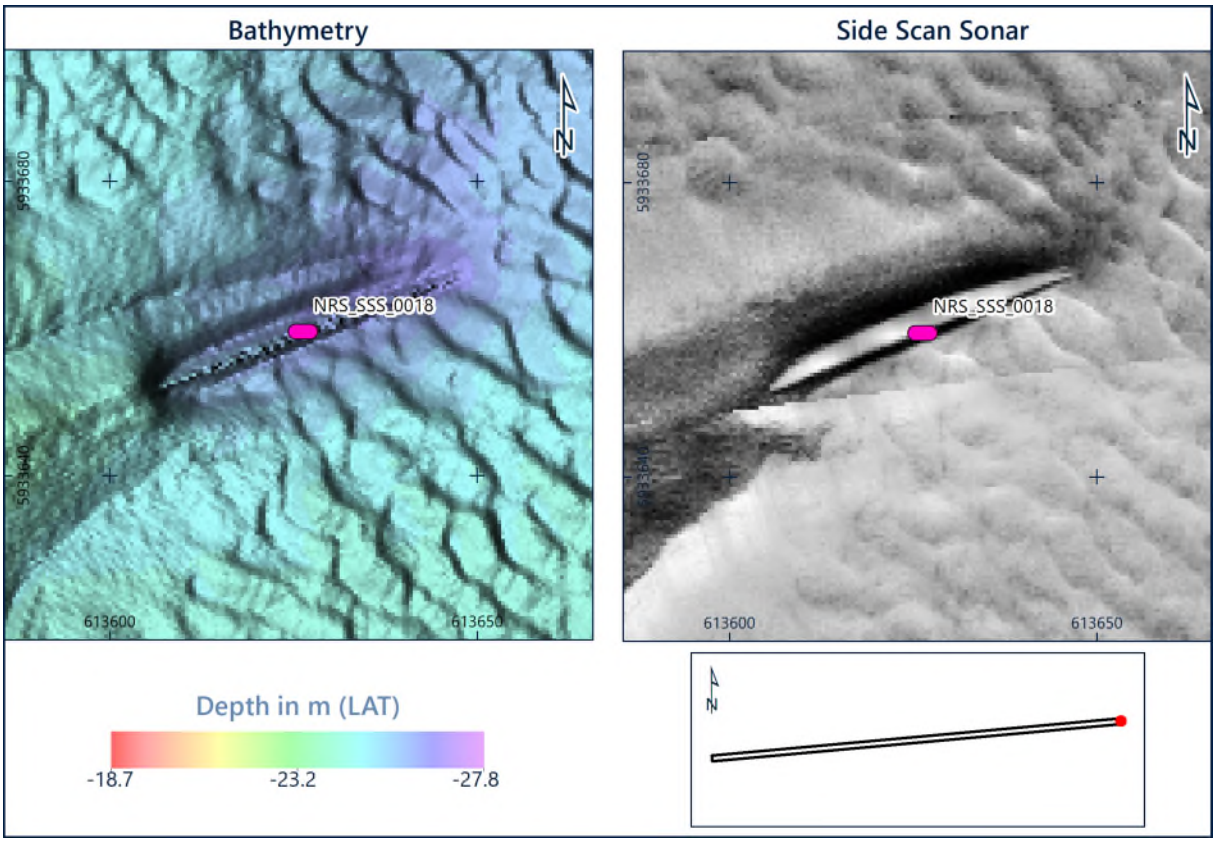


Figure 2.8: Exposed pipeline east of ST_TP001_KP58 observed along the route (NRS_SSS_0018).

2.3.2 Magnetometer Anomalies

For the purpose of target picking and data interpretation, residual grids were created assuming a blanking distance of 2.5 m and cell size of 0.5 m. Clusters of relatively high-amplitude anomalies were observed across the entire site. Significantly fewer anomalies were identified in the Western half of the Route. Data examples of the magnetic residual grid along the Route are presented in Figure 2.9.

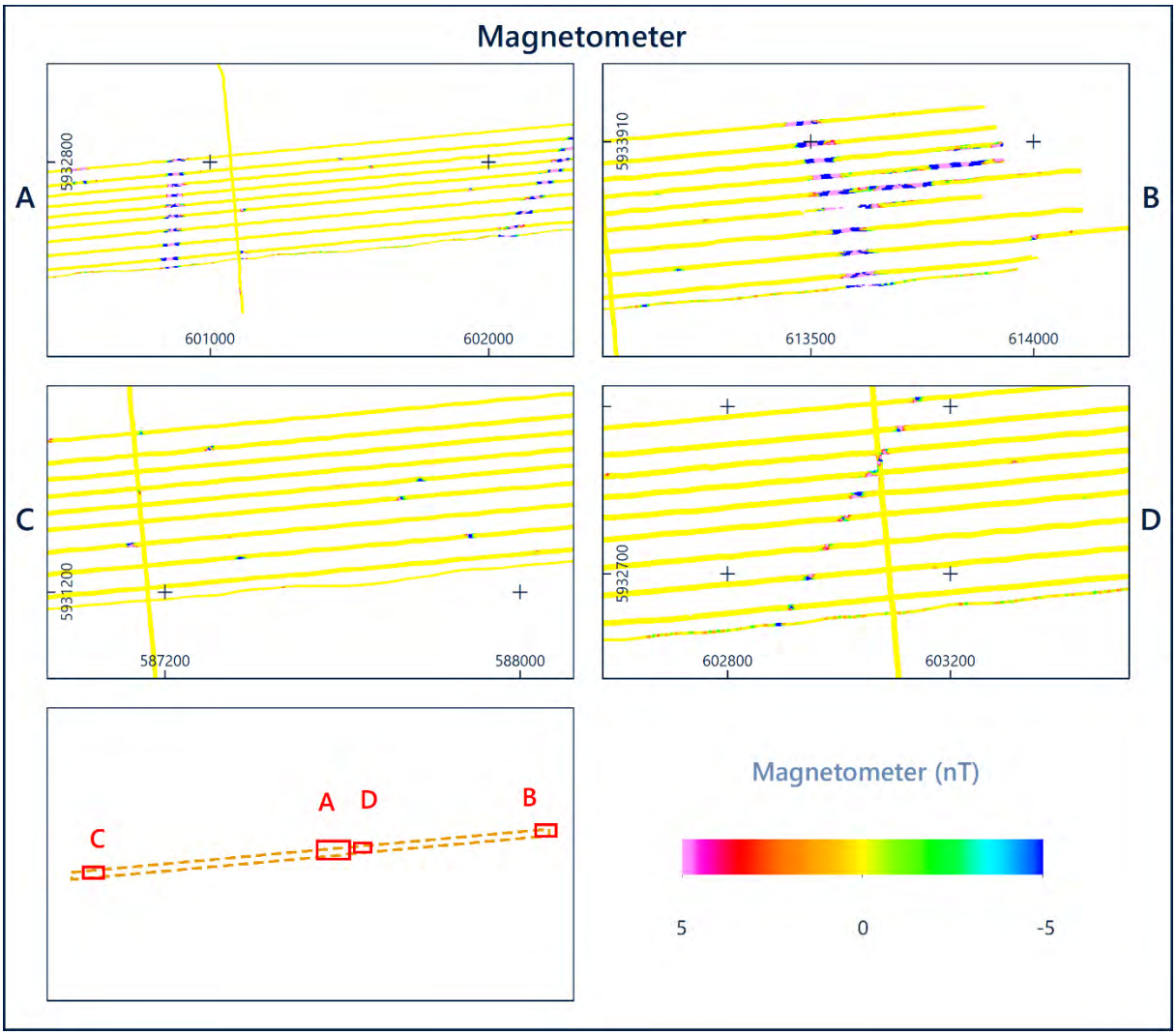


Figure 2.9: Examples of the magnetic residual grid across the route.

A total of 237 anomalies of peak-to-peak amplitudes ranging from 5.0 nT to 40885.5 nT were identified within the site. All the identified magnetic anomalies were measured using MagVision on the magnetic residual grid, and later on classified as monopole (positive or negative), dipole or complex. Details of all the identified magnetometer targets are presented in the target list supplied in the GIS database as part of the final deliverables. An overview of the magnetometer targets is presented in charts provided in a separate PDF file (0Appendix B).

2.3.2.1 Pipelines

Four (4) known pipelines were identified within the site. The KP values are provided for the pipelines crossing the planned route (Table 2.4). All the pipelines were observed in the magnetometer data. Data examples of the known pipelines are presented in Figure 2.10.

An additional unknown cable/pipeline was identified in the magnetometer data with data examples presented in Figure 2.11.

Table 2.4: Pipelines Found Along the Route

KP	Name	Details
27	L02-FA to Callantsoog KP 148.388	Pipeline
16	L08-G to ST KP 20.4	Pipeline
27.5	L09-FF-1 to STKP 58.232	Pipeline
14.5	L8-P4 to ST KP 20.4	Pipeline
16.5	Unknown cable/pipeline	Unknown cable/pipeline

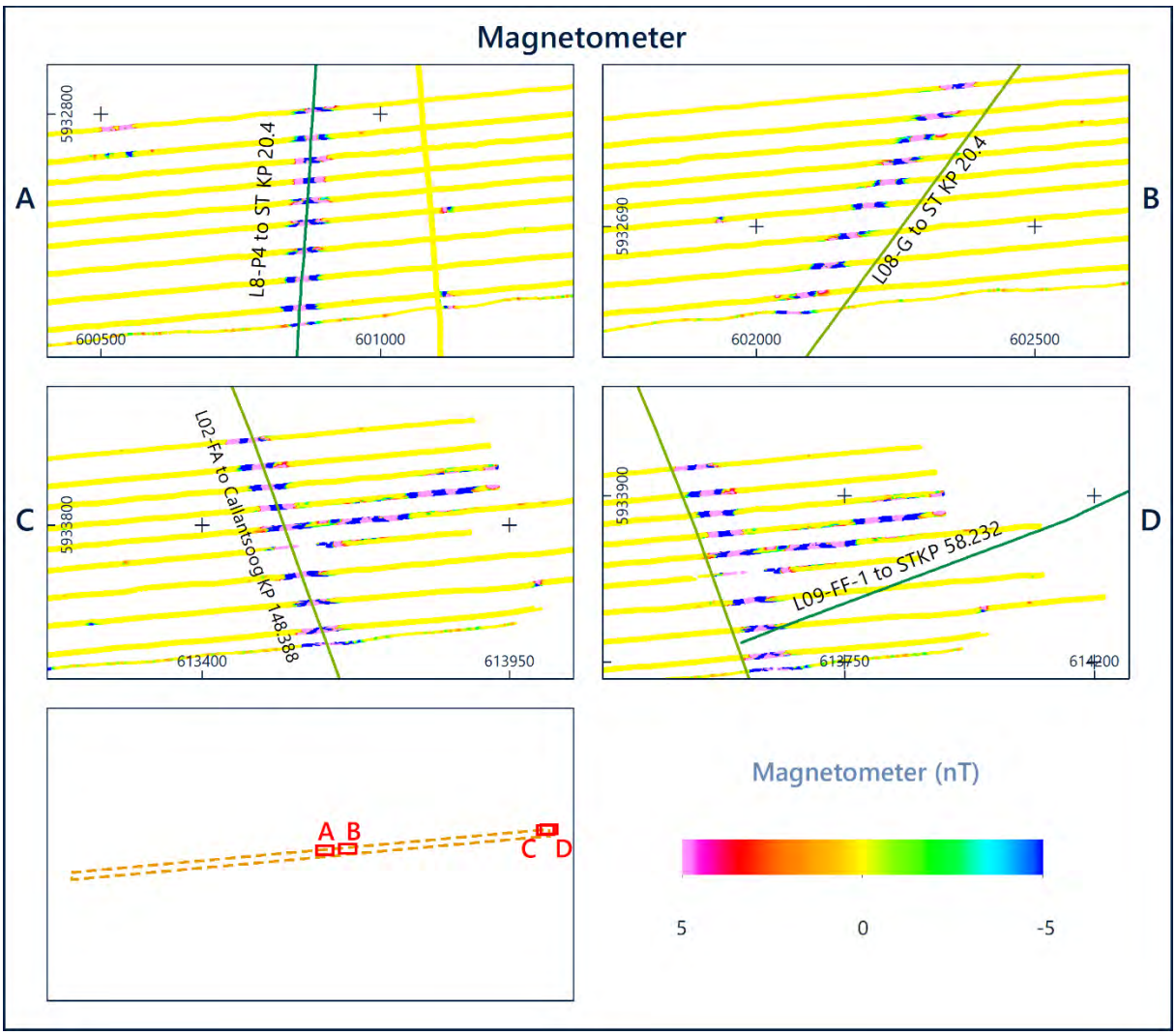


Figure 2.10: Examples of the L8-P4 to ST KP 20.4, L08-G to ST KP 20.4, L02-FA to Callantsoog KP 148.388, and L09-FF-1 to STKP 58.232 pipelines observed on the magnetic residual grid in the route.

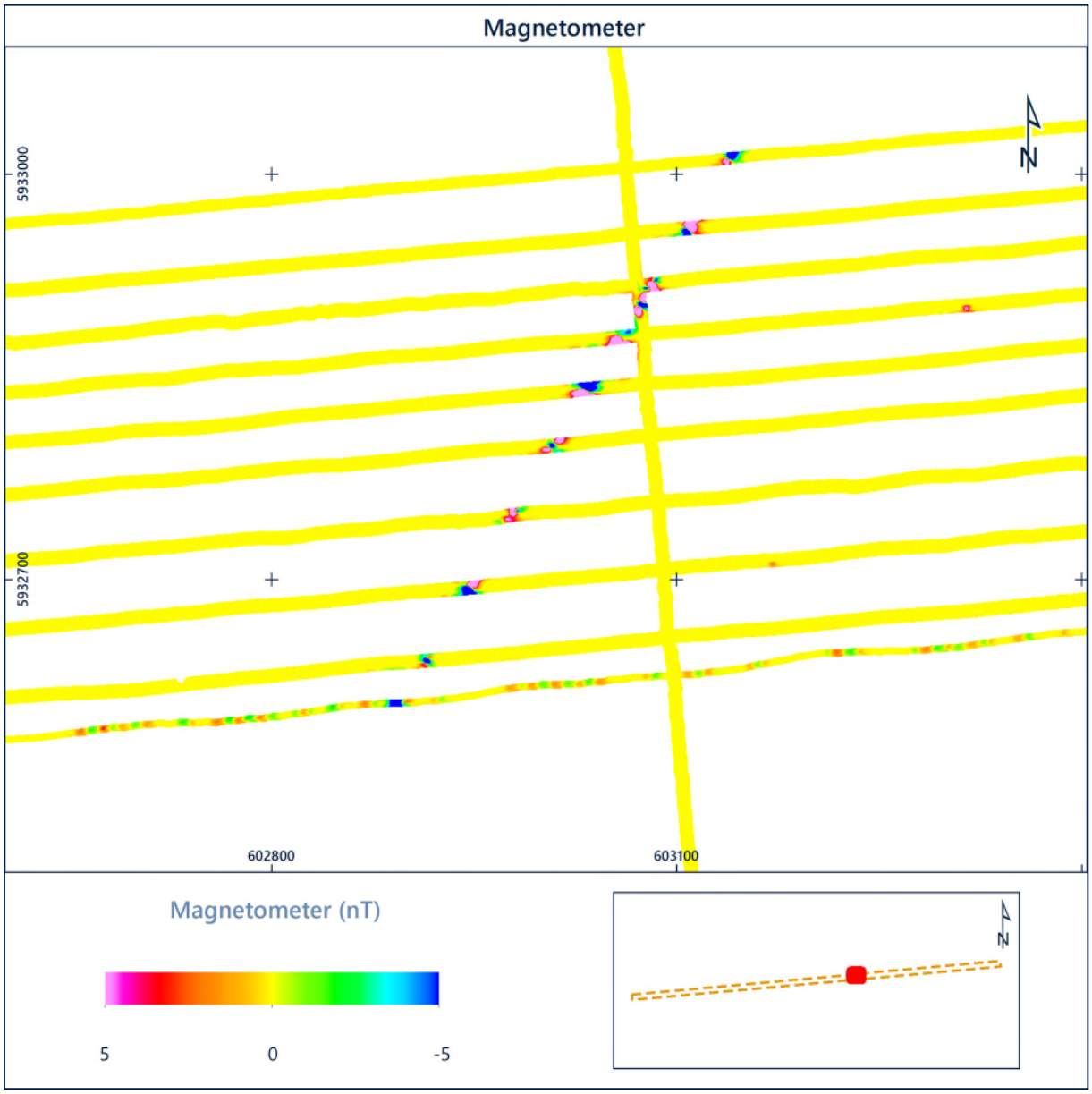


Figure 2.11: Example of the unknown cable/pipeline observed on the magnetic residual grid in the route.

3. References

Harrison, D.J., Laban, C. & Schüttenhelm, R.T.E. (1987). *Indefatigable, Sheet 53˚N–02˚E, Sea Bed Sediments and Holocene Geology (1:250.000 Series)*. British Geological Survey & Rijks Geologische Dienst.

Appendix A

Guidelines for Use of the Report

This report (the "Report") was prepared as part of the services (the "Services") provided by Fugro for its client (the "Client") and in accordance with the terms of the relevant contract between the two parties (the Contract") and to the extent to which Fugro relied on Client or third-party information as was set out in the Contract.

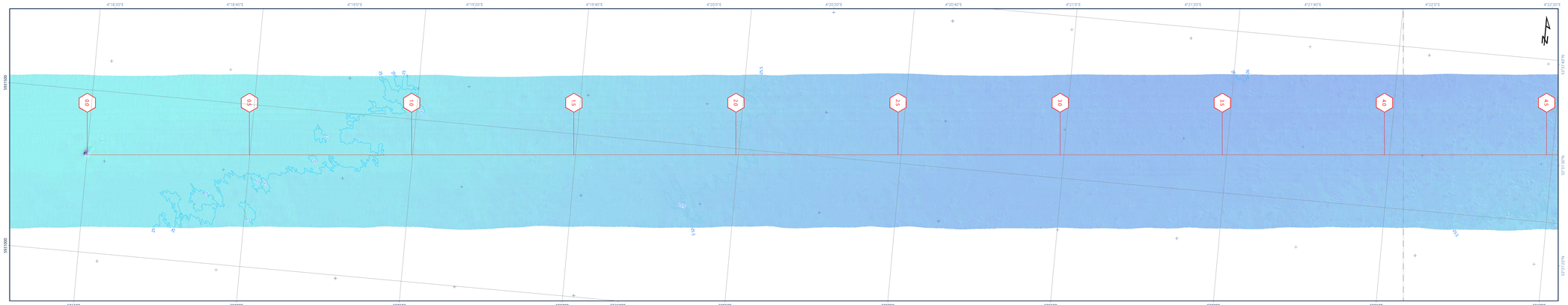
Fugro's obligations and liabilities to the Client or any other party in respect of this Report are limited to the extent and for the time period set out in the Contract (or in the absence of any express provision in the Contract as implied by the law of the Contract) and Fugro provides no other representation or warranty whether express or implied, in relation to the use of this Report, for any purpose. Furthermore, Fugro has no obligation to update or revise this Report based on any future changes in conditions or information which emerge following issue of this Report unless expressly required by the provisions of the Contract.

This Report was formed and released by Fugro exclusively for the Client and any other party expressly identified in the Contract, and any use and/or reliance on the Report or the Services for purposes not expressly stated in the Contract, will be at the Client's sole risk. Any other party seeking to rely on this Report does so wholly at its own and sole risk and Fugro accepts no liability whatsoever for any such use and/or reliance.

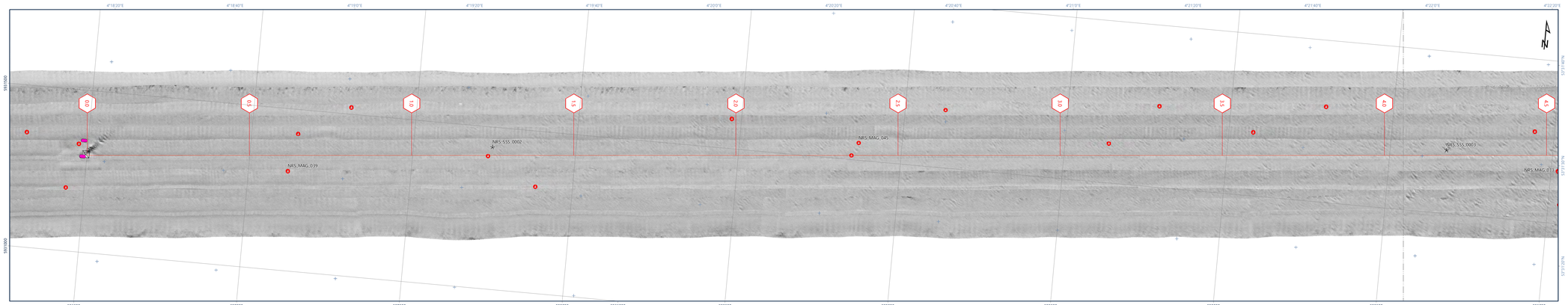
Appendix B

Charts

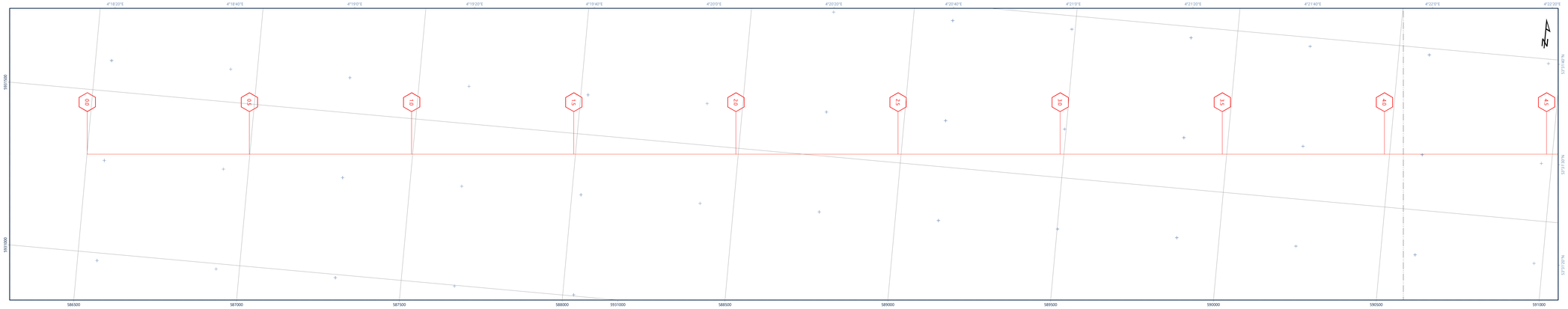
BATHYMETRY



SEAFLOOR FEATURES

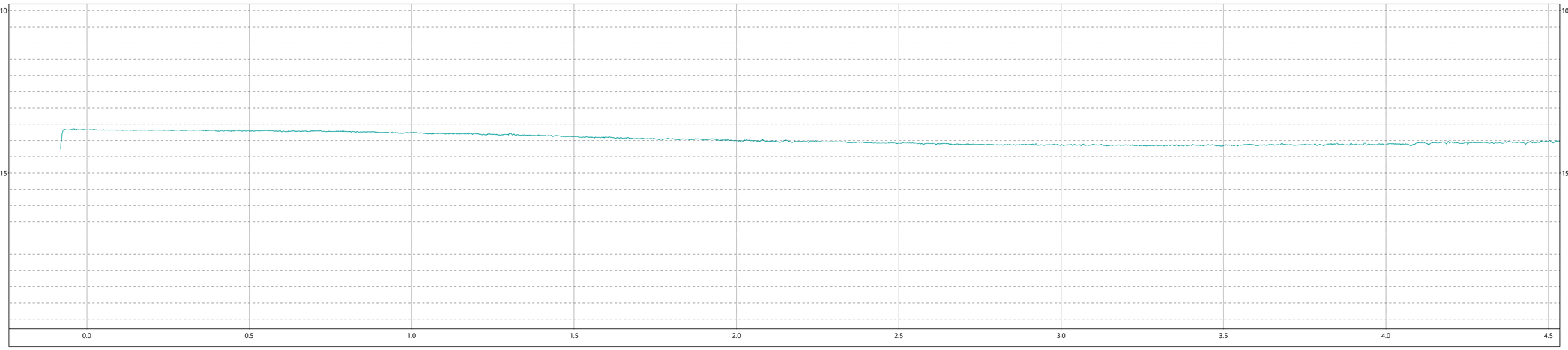


SHALLOW GEOLOGY



SHALLOW SUB-SEAFLOOR PROFILE (Vertical scale 1:100)

Origin Vessel (at 0 m below Lowest Astronomical Tide (LAT))



LEGEND

General

- Proposed Route with KP
- Existing Infrastructure
- Survey Extents

Bathymetry

- Major Contours at 1.0 m Interval
- Minor Contours at 0.50 m Interval

Water Depth [m LAT]

-18.0
-20.0
-22.0
-24.0
-26.0
-28.0

Seafloor Features

- As-Found Dome Position
- Boulder
- Suspected_debris
- Pipeline
- Magnetometer Target
  (For clarity magnetometer target IDs which has an amplitude less than 100nT are not displayed on this chart)

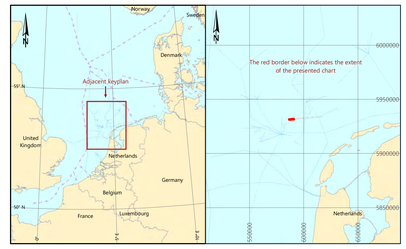
NOTES

1. Bathymetry data acquired with Kongsberg EM 2040 by Fugro Frontier. Data sampled to 1.0 m x 1.0 m grid.
2. All depths were reduced to LAT using the NL LAT 2018 model.
3. Seafloor morphology interpretation based on MBES and SSS datasets.
4. SSS targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified from the high frequency SSS dataset and rationalized between the adjacent SSS lines.
5. Magnetic anomalies measuring at least 5.0 nT in peak-to-peak amplitude were picked using the Blakely Test. Only anomalies with amplitude grater than 100 nT are labelled

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement for that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited.

GEODETIC PARAMETERS

GEODETIC DATUM	European 1950	GRID SYSTEM	ED 1950 UTM Zone 31N *(EPSG: 25831)*
ELLIPSOID	GRS 1980	VERTICAL DATUM	Lowest Astronomical Tide (LAT)
PROJECTION	Transverse Mercator		



NEPTUNE ENERGY NETHERLANDS B.V.
Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

FUGRO
Prismastraat 4, 2631 RT Nootdorp, The Netherlands
www.fugro.com

GEOPHYSICAL, GEOTECHNICAL ENVIRONMENTAL ROUTE SURVEY

L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

ALIGNMENT CHART
KP 0 to KP 4.54

Scale 1 : 5,000 at original A0 page size

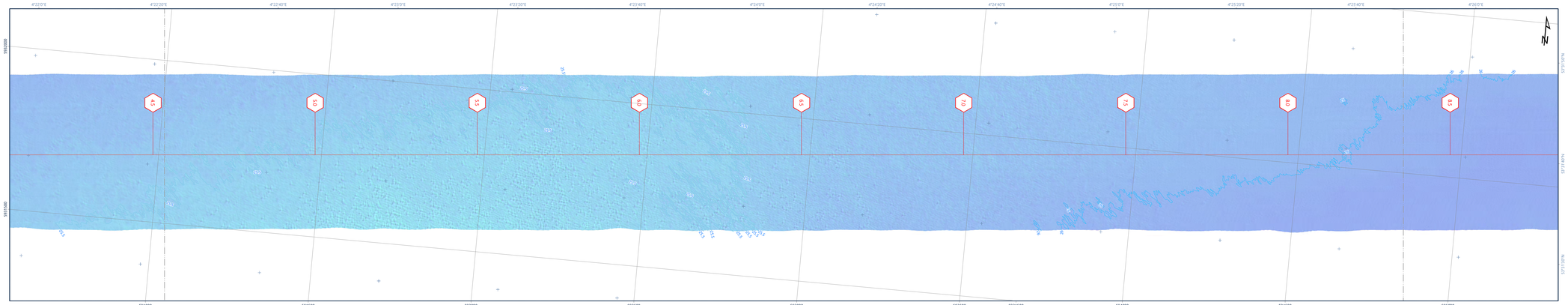
0 50 100 200 300 400 500 metres
0 400 800 1200 1600 Feet

Issue	Date	Status	Interpr	Drawn	Chkd	Appr
01	07/03/2024	Complete	EB	EF	AD	SK

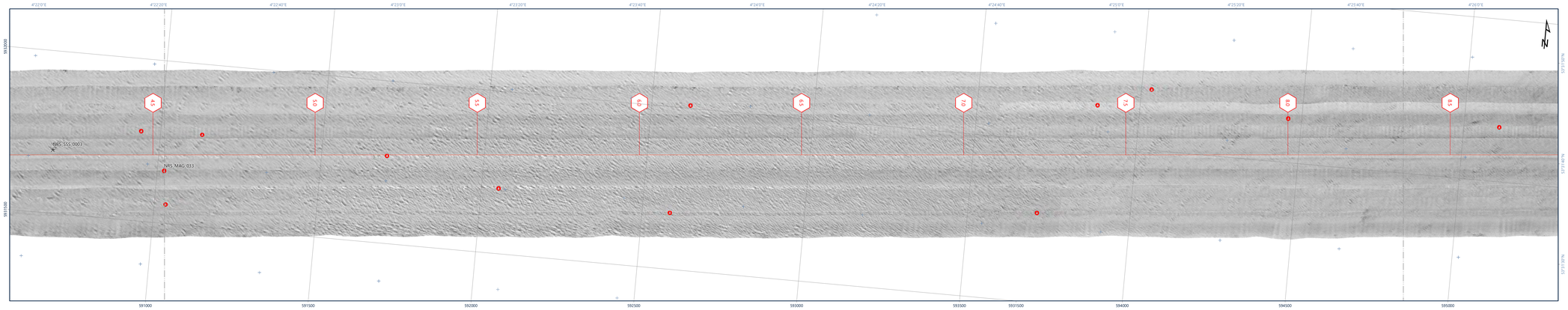
Fugro Document No.	Vessel(s)	Survey Date
P237682	Fugro Frontier	January 2024

Chart Name	Chart No.	Enclosure
P237682_L7-17_ST58_AL_SK_01	01 of 07	1

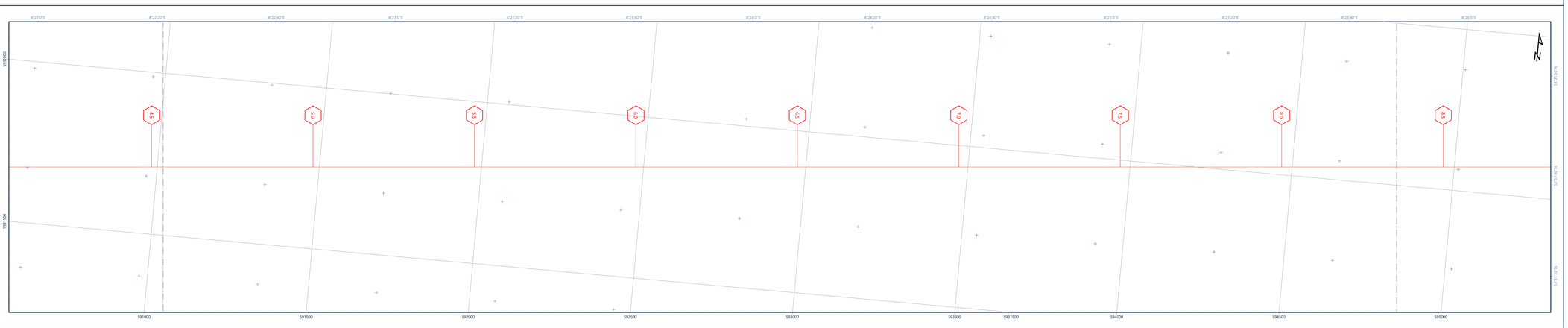
BATHYMETRY



SEAFLOOR FEATURES

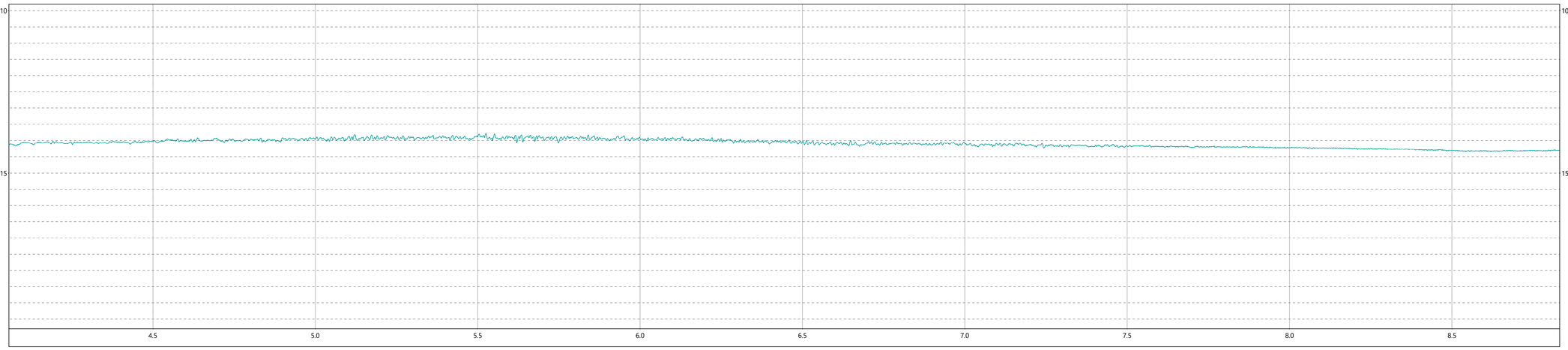


SHALLOW GEOLOGY



SHALLOW SUB-SEAFLOOR PROFILE (Vertical scale 1:100)

Upper Interval (of 4 m interval weighted stack) (QI)



LEGEND

General

- Proposed Route with KP
- Existing Infrastructure
- Survey Extents

Bathymetry

- Major Contours at 1.0 m Interval
- Minor Contours at 0.50 m Interval

Water Depth [m LAT]

-18.0
-20.0
-22.0
-24.0
-26.0
-28.0

Seafloor Features

- As-Found Dome Position
- Boulder
- Suspected_debris
- Pipeline
- Magnetometer Target
  (For clarity magnetometer target IDs which has an amplitude less than 100nT are not displayed on this chart)

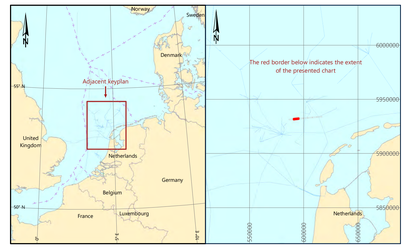
NOTES

1. Bathymetry data acquired with Kongsberg EM 2040 by Fugro Frontier. Data sampled to 1.0 m x 1.0 m grid.
2. All depths were reduced to LAT using the NL LAT 2018 model.
3. Seafloor morphology interpretation based on MBES and SSS datasets.
4. SSS targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified from the high frequency SSS dataset and rationalized between the adjacent SSS lines.
5. Magnetic anomalies measuring at least 5.0 nT in peak-to-peak amplitude were picked using the Blakely Test. Only anomalies with amplitude grater than 100 nT are labelled

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement for that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited.

GEODETIC PARAMETERS

GEODETIC DATUM	European 1950	GRID SYSTEM	ED 1950 UTM Zone 31N *(EPSG: 25831)*
ELLIPSOID	GRS 1980	VERTICAL DATUM	Lowest Astronomical Tide (LAT)
PROJECTION	Transverse Mercator		



NEPTUNE ENERGY NETHERLANDS B.V.
Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

FUGRO
Prismastraat 4, 2631 RT Nootdorp, The Netherlands
www.fugro.com

GEOPHYSICAL, GEOTECHNICAL ENVIRONMENTAL ROUTE SURVEY

L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

ALIGNMENT CHART
KP 4.06 to KP 8.83

Scale 1 : 5,000 at original A0 page size

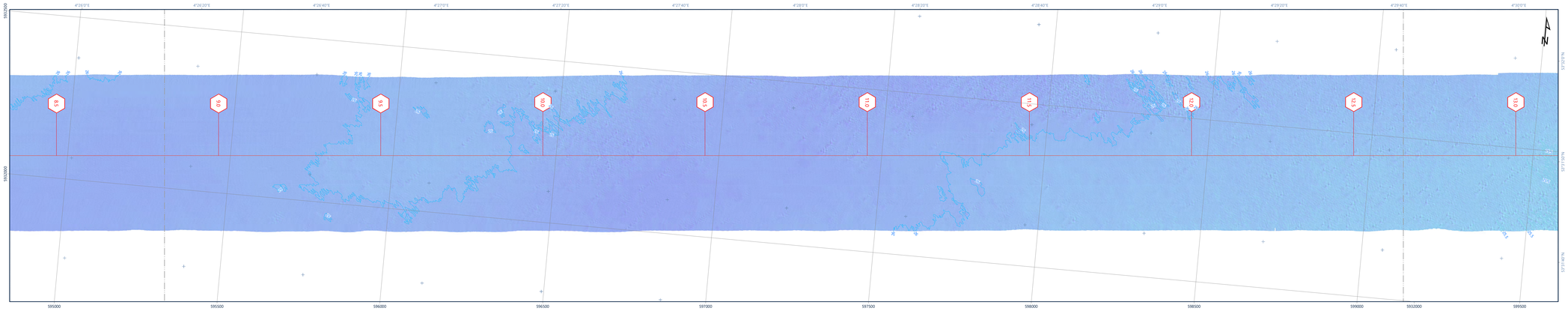
0 50 100 200 300 400 500 metres
0 400 800 1200 1600 Feet

Issue	Date	Status	Interpr	Drawn	Chkd	Appr
01	07/03/2024	Complete	EB	EF	AD	SK

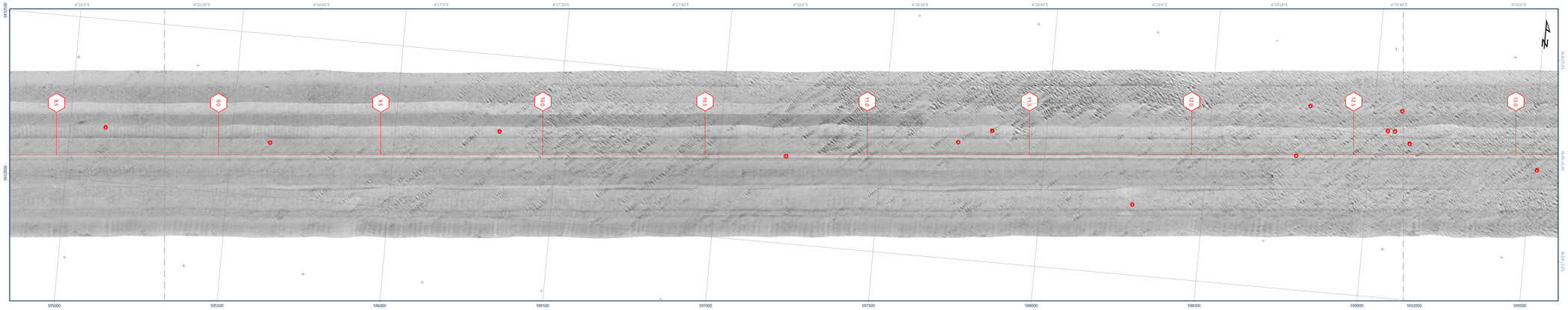
Fugro Document No.	Vessel(s)	Survey Date
F237682	Fugro Frontier	January 2024

Chart Name	Chart No.	Enclosure
F237682_L7-17_ST58_AL_SK_02	02 of 07	1

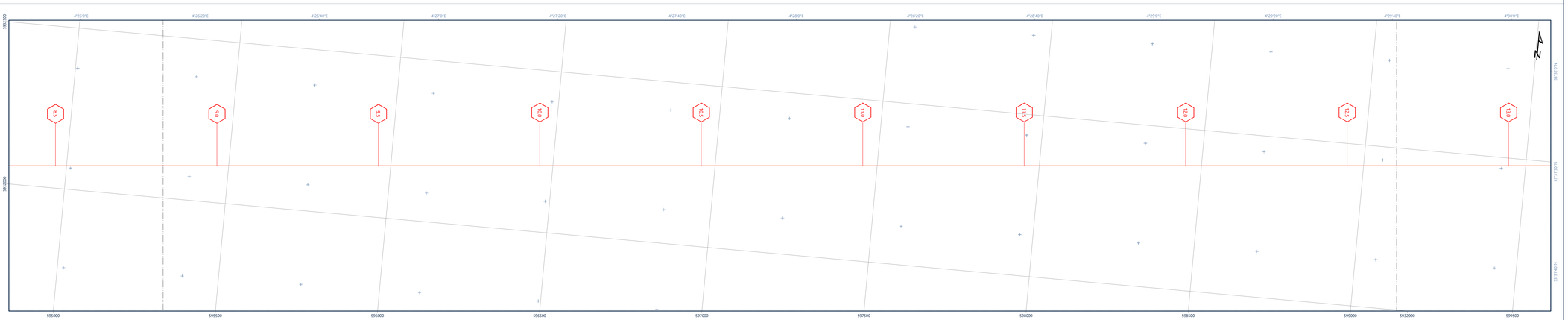
BATHYMETRY



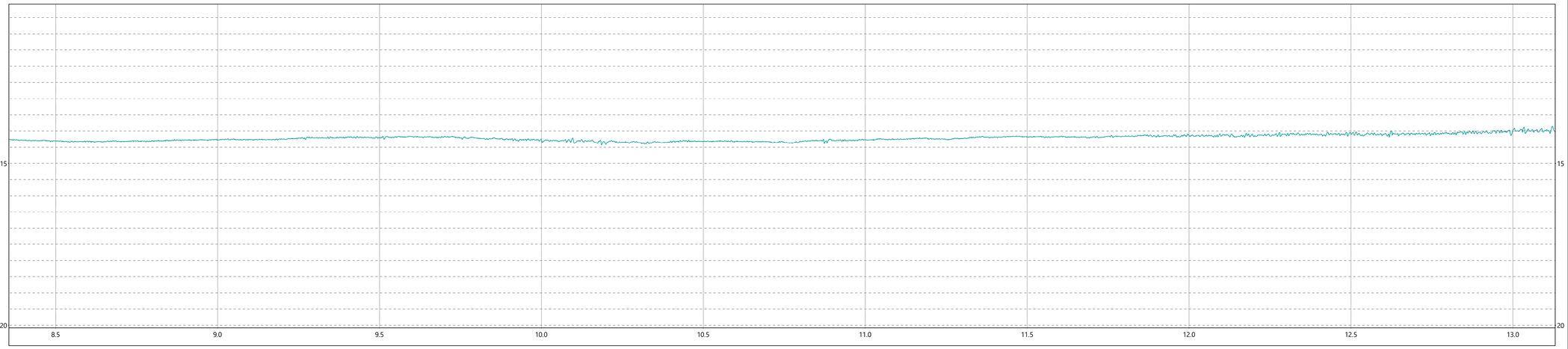
SEAFLOOR FEATURES



SHALLOW GEOLOGY



SHALLOW SUB-SEAFLOOR PROFILE (Vertical scale 1:100)
Depth Below LAT (in metres (vertical exaggeration x50))



LEGEND

General

- Proposed Route with KP
- Existing Infrastructure
- Survey Extents

Bathymetry

- Major Contours at 1.0 m Interval
- Minor Contours at 0.50 m Interval

Water Depth [m LAT]

-18.0
-20.0
-22.0
-24.0
-26.0
-28.0

Seafloor Features

- As-Found Dome Position
- Boulder
- Suspected_debris
- Pipeline
- Magnetometer Target
  (For clarity magnetometer target IDs which has an amplitude less than 100nT are not displayed on this chart)

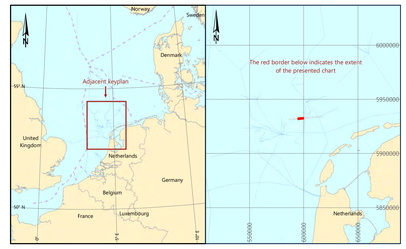
NOTES

1. Bathymetry data acquired with Kongsberg EM 2040 by Fugro Frontier. Data sampled to 1.0 m x 1.0 m grid.
2. All depths were reduced to LAT using the NL LAT 2018 model.
3. Seafloor morphology interpretation based on MBES and SSS datasets.
4. SSS targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified from the high frequency SSS dataset and rationalized between the adjacent SSS lines.
5. Magnetic anomalies measuring at least 5.0 nT in peak-to-peak amplitude were picked using the Blakely Test. Only anomalies with amplitude grater than 100 nT are labelled

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement for that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited.

GEODETIC PARAMETERS

GEODETIC DATUM	European 1950	GRID SYSTEM	ED 1950 UTM Zone 31N *(EPSG: 25831)*
ELLIPSOID	GRS 1980	VERTICAL DATUM	Lowest Astronomical Tide (LAT)
PROJECTION	Transverse Mercator		



NEPTUNE ENERGY NETHERLANDS B.V.
Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

FUGRO
Prismastraat 4, 2631 RT Nootdorp, The Netherlands
www.fugro.com

GEOPHYSICAL, GEOTECHNICAL ENVIRONMENTAL ROUTE SURVEY

L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

ALIGNMENT CHART
KP 8.36 to KP 13.13

Scale 1 : 5,000 at original A0 page size

0 50 100 200 300 400 500 metres
0 400 800 1200 1600 Feet

Issue	Date	Status	Interpr	Drawn	Chkd	Appr
01	07/03/2024	Complete	EB	EF	AD	SK

Fugro Document No.	Vessel(s)	Survey Date
F237682	Fugro Frontier	January 2024

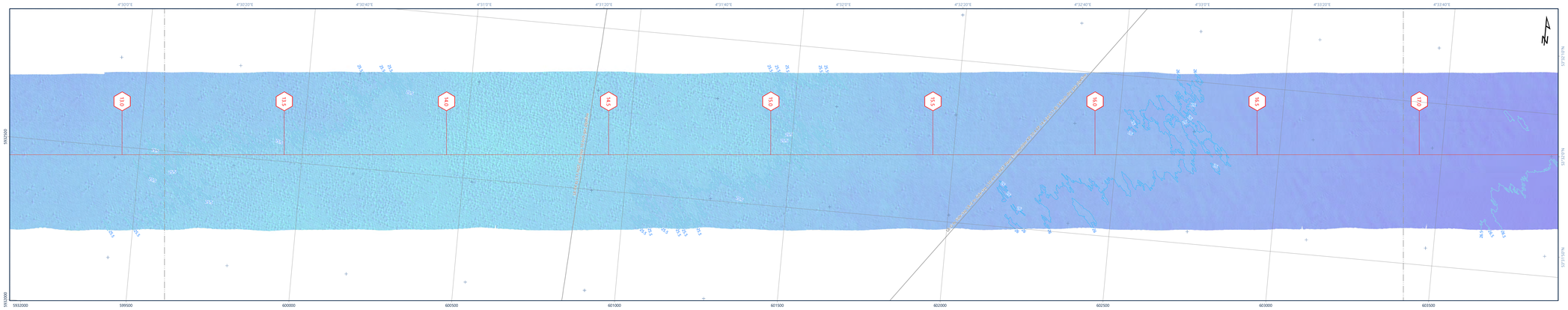
Chart Name	Chart No.	Enclosure
F237682_L7-17_ST58_AL_SK_03	03 of 07	1

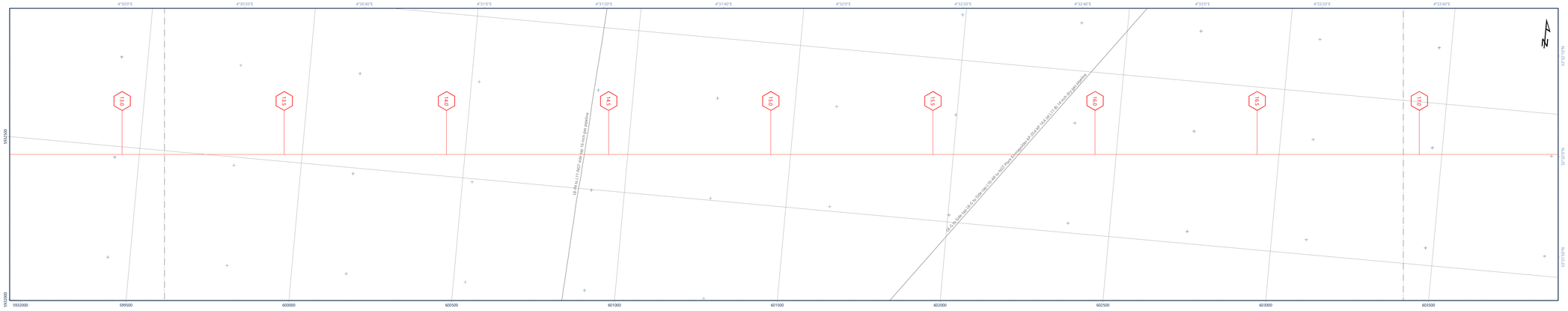
BATHYMETRY

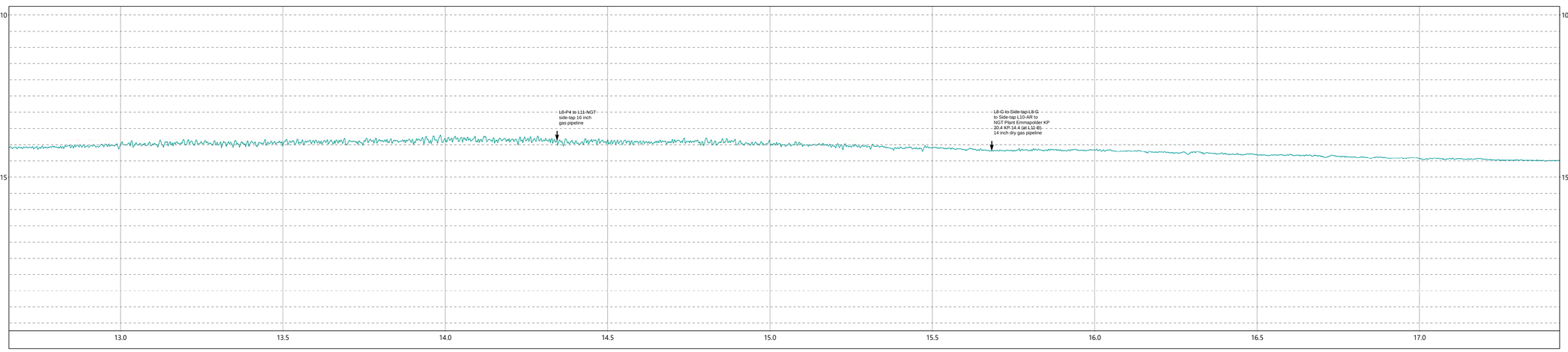
SEAFLOOR FEATURES

SHALLOW GEOLOGY

SHALLOW SUB-SEAFLOOR PROFILE (Vertical scale 1:100)
Depth Below LAT (m metric vertical exaggeration x50)







LEGEND

General

- Proposed Route with KP
- Existing Infrastructure
- Survey Extents

Bathymetry

- Major Contours at 1.0 m Interval
- Minor Contours at 0.50 m Interval

Water Depth [m LAT]

-18.0
-20.0
-22.0
-24.0
-26.0
-28.0

Seafloor Features

- As-Found Dome Position
- Boulder
- Suspected_debris
- Pipeline
- Magnetometer Target
  (For clarity magnetometer target IDs which has an amplitude less than 100nT are not displayed on this chart)

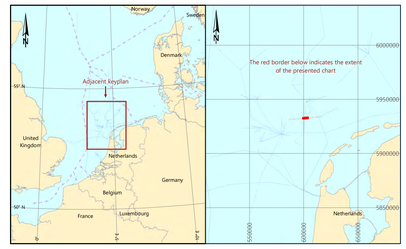
NOTES

1. Bathymetry data acquired with Kongsberg EM 2040 by Fugro Frontier. Data sampled to 1.0 m x 1.0 m grid.
2. All depths were reduced to LAT using the NL LAT 2018 model.
3. Seafloor morphology interpretation based on MBES and SSS datasets.
4. SSS targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified from the high frequency SSS dataset and rationalized between the adjacent SSS lines.
5. Magnetic anomalies measuring at least 5.0 nT in peak-to-peak amplitude were picked using the Blakely Test. Only anomalies with amplitude grater than 100 nT are labelled

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement for that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited.

GEODETIC PARAMETERS

GEODETIC DATUM	European 1950	GRID SYSTEM	ED 1950 UTM Zone 31N *(EPSG: 25831)*
ELLIPSOID	GRS 1980	VERTICAL DATUM	Lowest Astronomical Tide (LAT)
PROJECTION	Transverse Mercator		



NEPTUNE ENERGY NETHERLANDS B.V.
Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

FUGRO
Prismastraat 4, 2631 RT Nootdorp, The Netherlands
www.fugro.com

GEOPHYSICAL, GEOTECHNICAL ENVIRONMENTAL ROUTE SURVEY

L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

ALIGNMENT CHART
KP 12.65 to KP 17.43

Scale 1 : 5,000 at original A0 page size

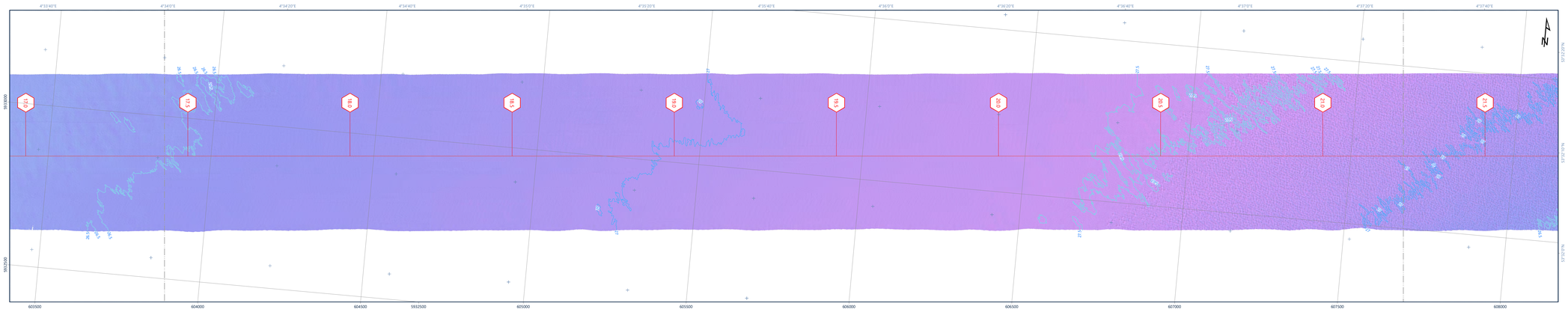
0 50 100 200 300 400 500 metres
0 400 800 1200 1600 Feet

Issue	Date	Status	Interpr	Drawn	Chkd	Appr
01	07/03/2024	Complete	EB	EF	AD	SK

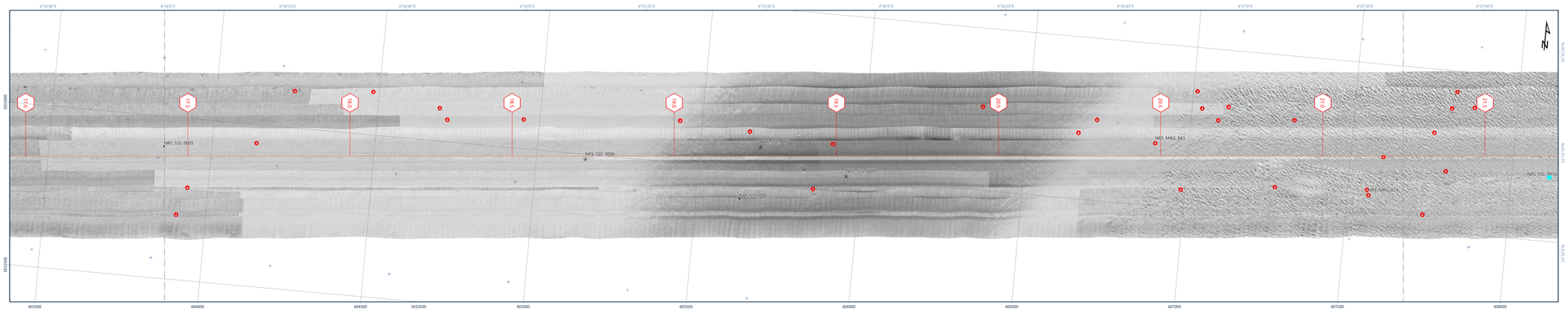
Fugro Document No.	Vessel(s)	Survey Date
F237682	Fugro Frontier	January 2024

Chart Name	Chart No.	Enclosure
F237682_L7-17_ST58_AL_SK_04	04 of 07	1

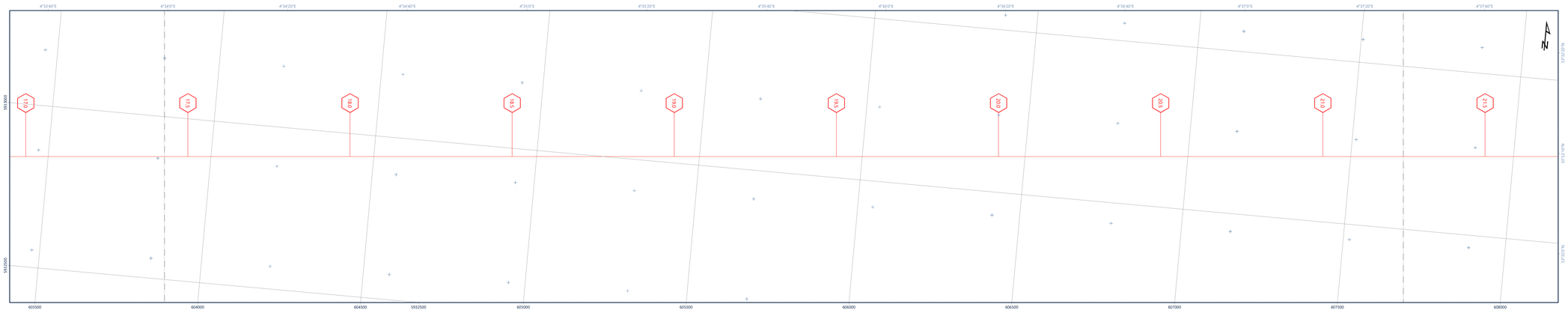
BATHYMETRY



SEAFLOOR FEATURES

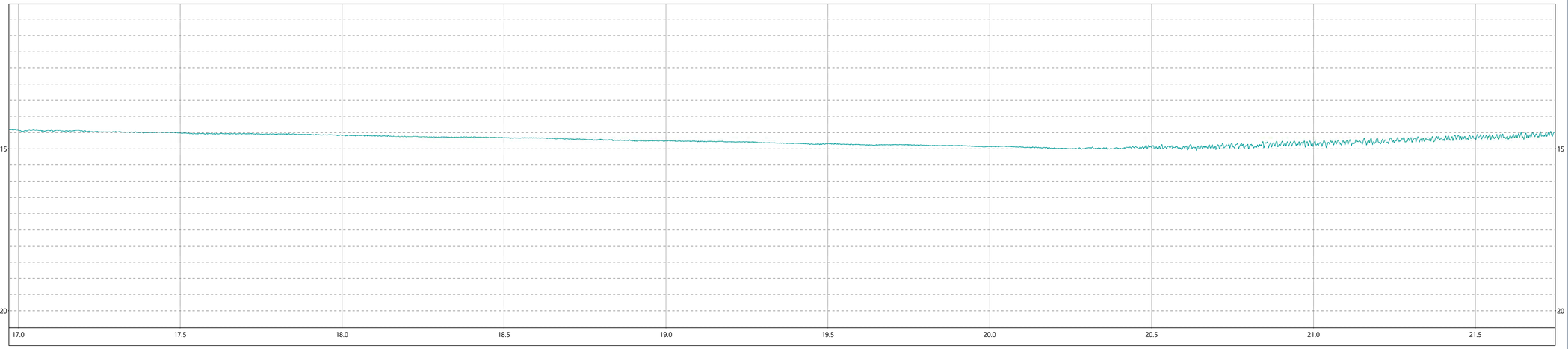


SHALLOW GEOLOGY



SHALLOW SUB-SEAFLOOR PROFILE (Vertical scale 1:100)

Depth Below LAT (in metres (vertical exaggeration x50))



LEGEND

General

- Proposed Route with KP
- Existing Infrastructure
- Survey Extents

Bathymetry

- Major Contours at 1.0 m Interval
- Minor Contours at 0.50 m Interval

Water Depth [m LAT]

-18.0
-20.0
-22.0
-24.0
-26.0
-28.0

Seafloor Features

- As-Found Dome Position
- Boulder
- Suspected_debris
- Pipeline
- Magnetometer Target
  (For clarity magnetometer target IDs which has an amplitude less than 100nT are not displayed on this chart)

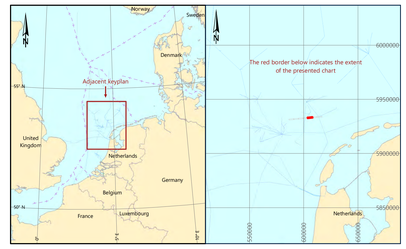
NOTES

1. Bathymetry data acquired with Kongsberg EM 2040 by Fugro Frontier. Data sampled to 1.0 m x 1.0 m grid.
2. All depths were reduced to LAT using the NL LAT 2018 model.
3. Seafloor morphology interpretation based on MBES and SSS datasets.
4. SSS targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified from the high frequency SSS dataset and rationalized between the adjacent SSS lines.
5. Magnetic anomalies measuring at least 5.0 nT in peak-to-peak amplitude were picked using the Blakely Test. Only anomalies with amplitude grater than 100 nT are labelled

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement for that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited.

GEODETIC PARAMETERS

GEODETIC DATUM	European 1950	GRID SYSTEM	ED 1950 UTM Zone 31N *(EPSG: 25831)*
ELLIPSOID	GRS 1980	VERTICAL DATUM	Lowest Astronomical Tide (LAT)
PROJECTION	Transverse Mercator		



NEPTUNE ENERGY NETHERLANDS B.V.
Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

FUGRO
Prismastraat 4, 2631 RT Nootdorp, The Netherlands
www.fugro.com

GEOPHYSICAL, GEOTECHNICAL ENVIRONMENTAL ROUTE SURVEY

L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

ALIGNMENT CHART

KP 16.95 to KP 21.73

Scale 1 : 5,000 at original A0 page size

0 50 100 200 300 400 500 metres

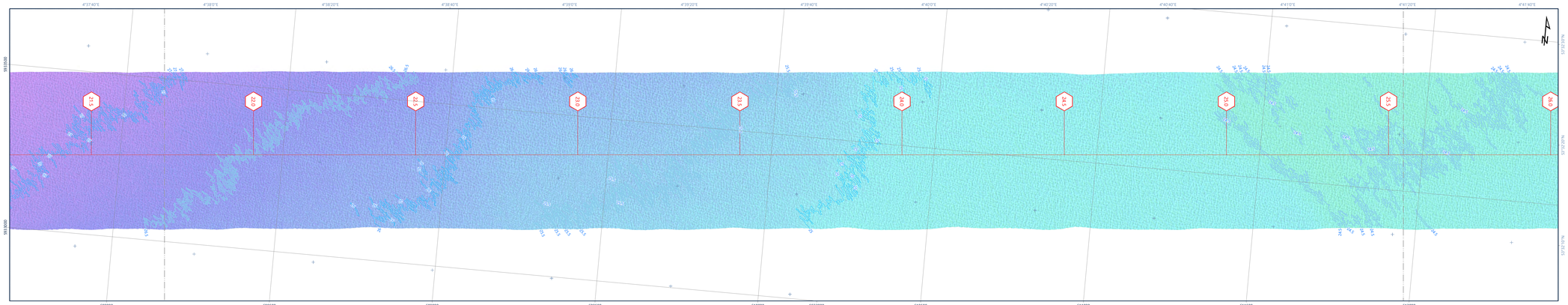
0 400 800 1200 1600 Feet

Issue	Date	Status	Interpr	Drawn	Chkd	Appr
01	07/03/2024	Complete	EB	EF	AD	SK

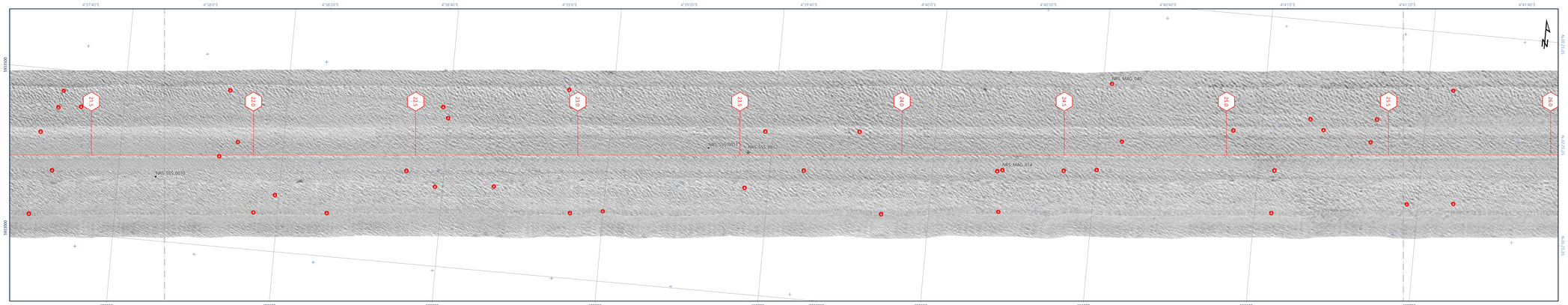
Fugro Document No.	Vessel(s)	Survey Date
F237682	Fugro Frontier	January 2024

Chart Name	Chart No.	Enclosure
F237682_L7-17_ST58_AL_SK_05	05 of 07	1

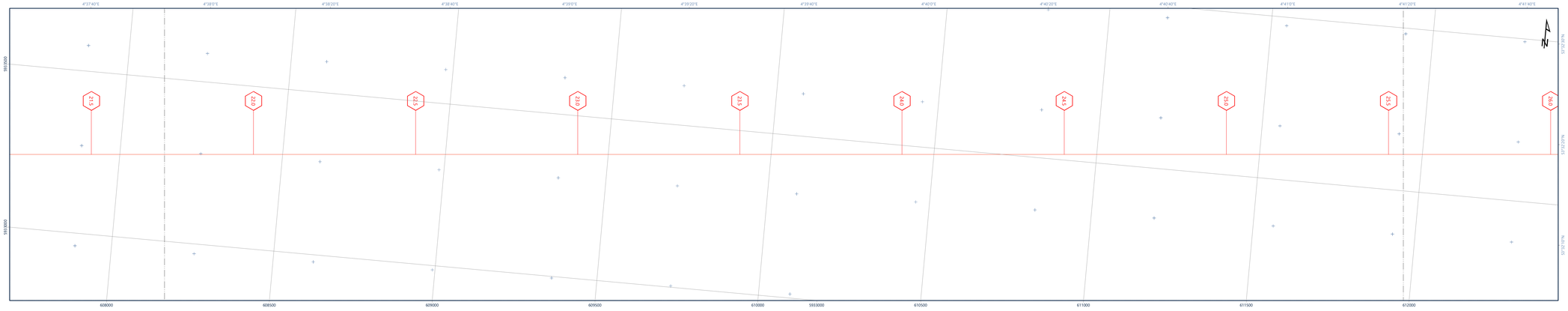
BATHYMETRY



SEAFLOOR FEATURES

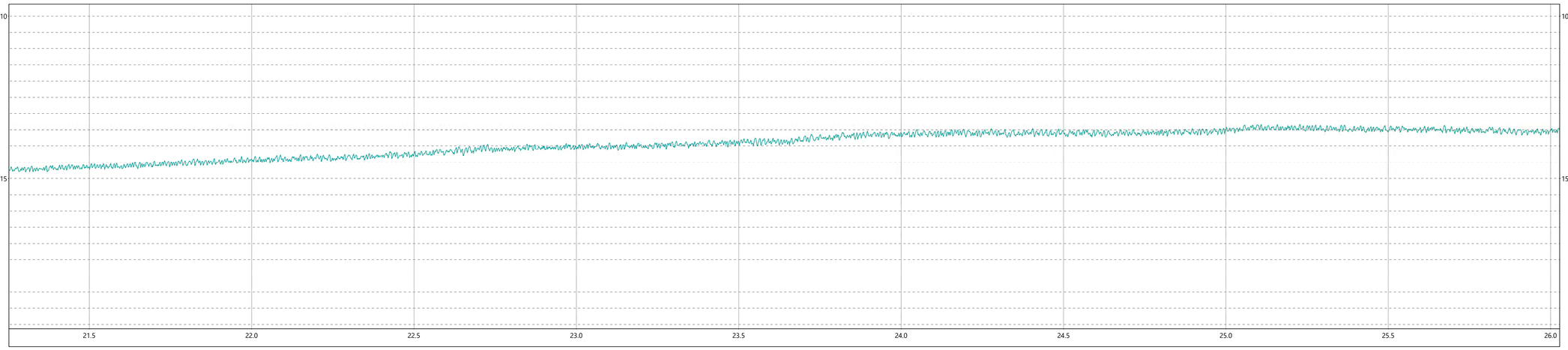


SHALLOW GEOLOGY



SHALLOW SUB-SEAFLOOR PROFILE (Vertical scale 1:100)

Origin Shows CP (P) Intersect with Target (Metres)



LEGEND

General

- Proposed Route with KP
- Existing Infrastructure
- Survey Extents

Bathymetry

- Major Contours at 1.0 m Interval
- Minor Contours at 0.50 m Interval

Water Depth [m LAT]: -18.0, -20.0, -22.0, -24.0, -26.0, -28.0

Seafloor Features

- As-Found Dome Position
- Boulder
- Suspected_debris
- Pipeline
- Magnetometer Target (For clarity magnetometer target IDs which has an amplitude less than 100nT are not displayed on this chart)

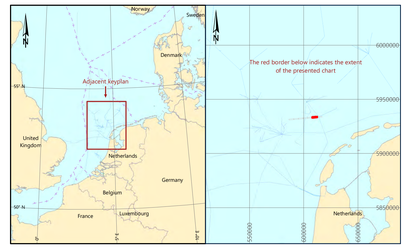
NOTES

1. Bathymetry data acquired with Kongsberg EM 2040 by Fugro Frontier. Data sampled to 1.0 m x 1.0 m grid.
2. All depths were reduced to LAT using the NL LAT 2018 model.
3. Seafloor morphology interpretation based on MBES and SSS datasets.
4. SSS targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified from the high frequency SSS dataset and rationalized between the adjacent SSS lines.
5. Magnetic anomalies measuring at least 5.0 nT in peak-to-peak amplitude were picked using the Blakely Test. Only anomalies with amplitude grater than 100 nT are labelled

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement for that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited.

GEODETIC PARAMETERS

GEODETIC DATUM	European 1950	GRID SYSTEM	ED 1950 UTM Zone 31N *(EPSG: 25831)*
ELLIPSOID	GRS 1980	VERTICAL DATUM	Lowest Astronomical Tide (LAT)
PROJECTION	Transverse Mercator		



NEPTUNE ENERGY NETHERLANDS B.V.
Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

FUGRO
Prismastraat 4, 2631 RT Nootdorp, The Netherlands
www.fugro.com

GEOPHYSICAL, GEOTECHNICAL ENVIRONMENTAL ROUTE SURVEY

L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

ALIGNMENT CHART
KP 21.25 to KP 26.02

Scale 1 : 5,000 at original A0 page size

0 50 100 200 300 400 500 metres
0 400 800 1200 1600 Feet

Issue	Date	Status	Interpr	Drawn	Chkd	Appr
01	07/03/2024	Complete	EB	EF	AD	SK

Fugro Document No.	Vessel(s)	Survey Date
F237682	Fugro Frontier	January 2024

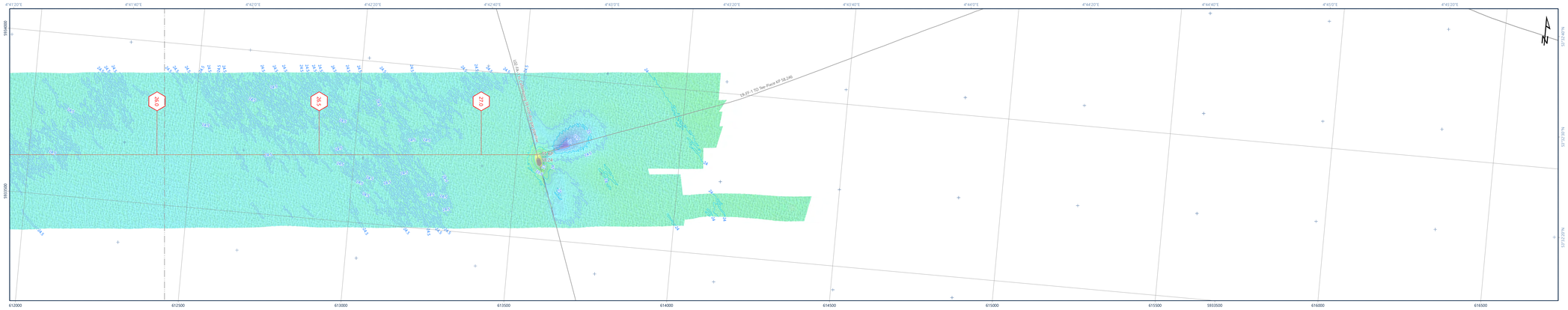
Chart Name	Chart No.	Enclosure
F237682_L7-17_ST58_AL_SK_06	06 of 07	1

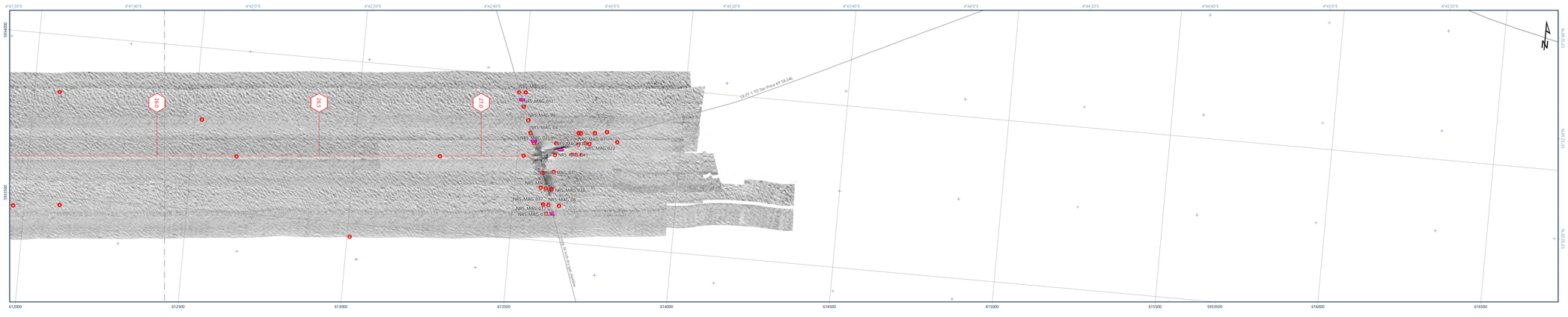
BATHYMETRY

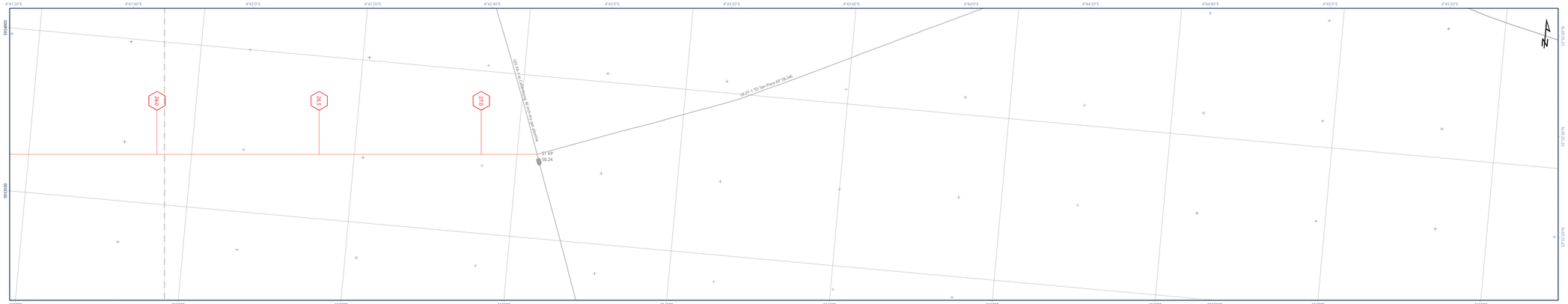
SEAFLOOR FEATURES

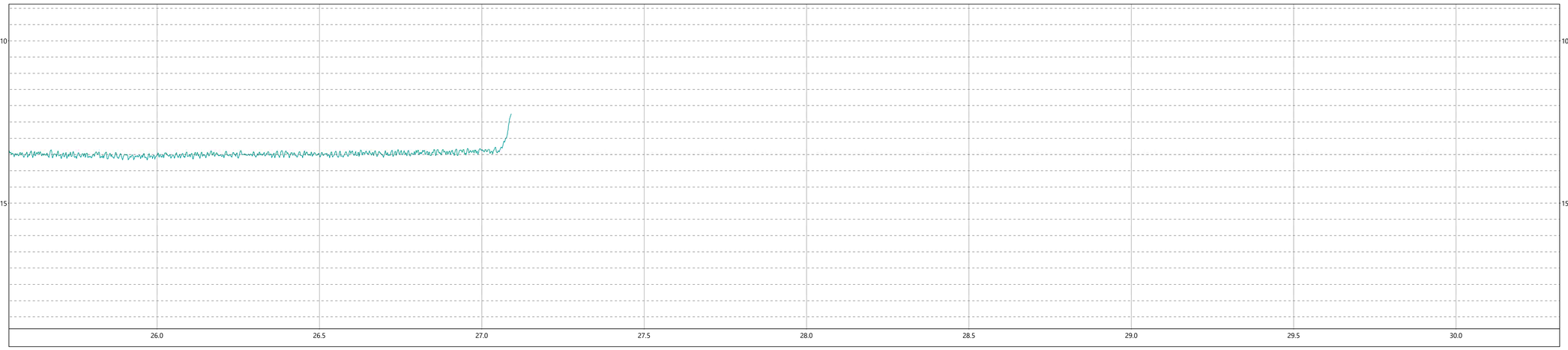
SHALLOW GEOLOGY

SHALLOW SUB-SEAFLOOR PROFILE (Vertical scale 1:100)
(Right Viewed Cut in meters (vertical exaggeration x50))









LEGEND

General

- Proposed Route with KP
- Existing Infrastructure
- Survey Extents

Bathymetry

- Major Contours at 1.0 m Interval
- Minor Contours at 0.50 m Interval

Water Depth [m LAT]

-18.0
-20.0
-22.0
-24.0
-26.0
-28.0

Seafloor Features

- As-Found Dome Position
- Boulder
- Suspected_debris
- Pipeline
- Magnetometer Target
  (For clarity magnetometer target IDs which has an amplitude less than 100nT are not displayed on this chart)

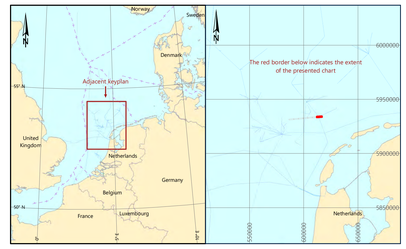
NOTES

1. Bathymetry data acquired with Kongsberg EM 2040 by Fugro Frontier. Data sampled to 1.0 m x 1.0 m grid.
2. All depths were reduced to LAT using the NL LAT 2018 model.
3. Seafloor morphology interpretation based on MBES and SSS datasets.
4. SSS targets measuring at least 0.5 m in any dimension were identified from the high frequency SSS dataset and rationalized between the adjacent SSS lines.
5. Magnetic anomalies measuring at least 5.0 nT in peak-to-peak amplitude were picked using the Blakely Test. Only anomalies with amplitude grater than 100 nT are labelled

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement for that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited.

GEODETIC PARAMETERS

GEODETIC DATUM	European 1950	GRID SYSTEM	ED 1950 UTM Zone 31N *(EPSG: 25831)*
ELLIPSOID	GRS 1980	VERTICAL DATUM	Lowest Astronomical Tide (LAT)
PROJECTION	Transverse Mercator		



NEPTUNE ENERGY NETHERLANDS B.V.
Prinses Beatrixlaan 5,
2595 AK Den Haag,
The Netherlands

FUGRO
Prismastraat 4, 2631 RT Nootdorp, The Netherlands
www.fugro.com

GEOPHYSICAL, GEOTECHNICAL ENVIRONMENTAL ROUTE SURVEY

L7-17 to L10A / TP-001 ST KP58

ALIGNMENT CHART
KP 25.55 to KP 27.17

Scale 1 : 5,000 at original A0 page size

0 50 100 200 300 400 500 metres
0 400 800 1200 1600 Feet

Issue	Date	Status	Interpr	Drawn	Chkd	Appr
01	07/03/2024	Complete	EB	EF	AD	SK

Fugro Document No.	Vessel(s)	Survey Date
F237682	Fugro Frontier	January 2024

Chart Name	Chart No.	Enclosure
F237682_L7-17_ST58_AL_SK_07	07 of 07	1

Appendix C

Fugro Frontier Operations Report

Operations and Processing Report – Fugro Frontier

L7-17 to ST 58.4 Route Survey | Netherlands

F248380-OPS-001 01 | 7 March 2024

Final

Neptune Energy B.V.

Document Control

Document Information

Project Title	L7-17 to ST 58.4 Route Survey
Document Title	Operations and Processing Report – Fugro Frontier
Fugro Project No.	F248380
Fugro Document No.	F248380-OPS-001
Issue Number	01
Issue Status	Final
Fugro Legal Entity	Fugro Netherlands Marine BV
Issuing Office Address	Prismastraat 4, Nootdorp 2631 RT, The Netherlands

Client Information

Client	Neptune Energy B.V.
Client Address	Prinses Beatrixlaan 5, 2595 AK Den Haag, The Netherlands
Client Contact	Jeroen van Reenen
Client Document No.	[Client Document No.]

Document History

Issue	Date	Status	Comments on Content	Prepared By	Checked By	Approved By
01	7 Mar 2024	Complete		SA	AD	SK

Project Team

Initials	Name	Role
FL	Francesco Lucenti	Party Chief
SK	Silvanus Kiyang	Project Manager
AD	Alexia Darbo	Reporting Project Manager
VW	Vicky Wickham	Geophysicist
RP	Radek Puchala	Geophysicist
JS	Jitendra Singh	Data Processor
YCT	Yee Ching Tan	Data Processor
IH	Ismael Hmama	Surveyor
PD	Piotr Dynia	Surveyor
RLS	Robin Lee Searle	Engineer
DP	Dmytro Patsllandra	Engineer
GF	Giorgio Focosi	Engineer

Contents

1.	**Introduction**	**1**
1.1	Survey Aims and Overview	1
	1.1.1 Survey Aims	1
	1.1.2 Survey Overview	2
1.2	Geodetic Parameters	3
1.3	Vertical Datum	3
2.	**Operations**	**4**
2.1	Summary of Events	4
2.4	Vessel Details	6
2.5	Survey Line Re-run and Infills	7
	2.5.1 Multibeam Echosounder Infill and Re-runs	7
	2.5.2 Side Scan Sonar Infill and Re-runs	8
3.	**Field Procedures**	**8**
3.1	Vessel Offsets	8
3.2	Navigation and Vertical Control	8
3.3	Subsea Positioning	9
3.4	Multibeam Echosounder	9
3.5	Side Scan Sonar	10
	3.5.1 Scanfish Katria - Magnetometer	12
4.	**Quality, Health, Safety and Environment**	**14**
4.1	Health, Safety and Environment	15

Appendices

Appendix A	**Guidelines on use of Report**	**0**
Appendix B	**Daily Progress Reports**	**0**
Appendix C	**Hazard Observation Cards**	**0**
Appendix D	**Acquisition Logs**	**0**

Figures in the Main Text

Figure 2.1: Fugro Frontier project break-down (% days) 5
Figure 2.2: Fugro Frontier vessel 7

Tables in the Main Text

Table 1.1: Survey Requirements Overview – Geophysical Survey Operations 2
Table 1.2: Project Geodetic Parameters 3
Table 2.1: Summary of Key Events 4
Table 2.2: Key Personnel 5
Table 2.3: Equipment List 6
Table 2.4: Vessel Characteristics 7
Table 3.1: Vessel Navigation and Vertical Control Field Procedures 8
Table 3.2: Subsea Positioning Field Procedures 9
Table 3.3: Multibeam Echosounder Field Procedures 9
Table 3.4: Side scan sonar Field Procedures 10
Table 3.5: Magnetometer – Fugro Frontier 12
Table 4.1: Project Execution Plan Documents 14
Table 4.2: Summary of HSE meetings conducted 15
Table 4.3: Summary of QHSE events 16

Abbreviations

APOS	Acoustic positioning operating station
CTD	Conductivity, Temperature and Density
EGN	Empirical Gain Normalisation
EPSG	European Petroleum Survey Group
ERP	Emergency Response Plan
ETRS	European Terrestrial Reference System
GNSS	Global navigation satellite system
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
HOC	Hazard Observation Card
HSSE	Health, Safety, Security and Environment
IHO	International Hydrographic Office
kHz	Kilohertz
LAT	Lowest Astronomical Tide
MBES	Multibeam Echosounder
MOB	Mobilisation
MRU	Motion Reference Unit
NL	Netherlands
OCR	Offshore Client Representative
PEP	Profect Execution Plan
PPP	Precise point positioning

QA	Quality Assurance
QC	Quality Control
QHSE	Quality, Health, Safety and Environment
SBP	Sub-Bottom Profiler
SSS	Side Scan Sonar
SVP	Sound velocity probe
SVS	Sound velocity sensor
THU	Total Horizontal Uncertainty
TVU	Total Vertical Uncertainty
USBL	Ultra Short Baseline
UTM	Universal Transverse Mercator
WI	Work Instruction

1. Introduction

The Pipeline route survey from well location L7-17 to TP-001 ST KP58 with a total length of 27.2 km will be surveyed as outlined in this document. See Figure 1.1.

This assignment includes executing of geophysical, environmental and geotechnical investigation as in the scope of work:

1. Full Geophysical survey spread (MAG, SSS and MBES);

2. Seafloor sampling by means of grab samples (Van Veen plus video) distributed every 1km of the survey route.

3. Cross-lines every 2km interval of the survey route with all sensors active.

4. Desktop study including UXO

The UXO avoidance survey will be conducted by the Fugro Frontier for the offshore area.

This report provides information relating to the operations and processing onboard the survey vessel Fugro Frontier.

Vessel mobilisation and verifications for survey operations were completed the 12th of January 2024 in the port of IJmuiden. Further equipment verification took place at an offshore site adjacent to the survey area. All equipment was subject to rigorous testing with reference to Fugro procedures. The verification procedures were carried out to demonstrate effective and safe functionality of equipment and satisfy the requirements of Neptune and the survey specification. For further details refer to the Mobilisation report, Fugro report F237682_MOB_001 (01).

Operations along the Neptune Route commenced on 17 January 2024. Operations were completed on 19 February 2024. Fugro Frontier transited to the port of Ijmuiden, Netherlands, to be demobilised on 20 February 2024.

1.1 Survey Aims and Overview

1.1.1 Survey Aims

The aims of the offshore geophysical survey are:

- The commencement in January 2024 and completion as soon as possible of the survey, acquiring full coverage of the route survey area;
- The survey must map the bathymetry, any topographic features at the seabed surface and acquire magnetometer data across the site;
- The results of the survey will then be used to identify debris, pipelines, subsea installations and other obstacles prior to grab and geotechnical operations.

To achieve these objectives Fugro will:

- Acquire accurate site wide bathymetric data in order to determine site water depths, topography, gradients etc. using multibeam echosounder (MBES);
- Acquire site wide, high-resolution side scan sonar (SSS) data to determine seabed features and the possible presence of boulders, seabed sediments, debris and items;
- Acquire magnetometer data across the site to support ALARP principle of UXO risk reduction prior to grab and geotechnical operations and any other metallic debris or uncharted wrecks.

1.1.2 Survey Overview

A summary of the main survey requirements for the geophysical survey operations is presented in Table 1.1.

Table 1.1: Survey Requirements Overview – Geophysical Survey Operations

Equipment Method	Survey Requirements
Vessel	■ Fugro Frontier
Line Spacing	■ 9 main lines in total including 1 centre line and 8 wing lines with 50m line spacing. At every 2km interval there is a cross line giving a total of 14 cross lines
Max Vessel Speed	■ Maximum of 4.5 knots (±10%)
Surface Positioning	■ Dynamic heading accuracy of ± 0.2° or better ■ Static heading accuracy of ± 0.05° or better ■ Horizontal uncertainty of the vessel of ± 0.5m or better
USBL	■ USBL accuracy. Fugro will only be able to repeatedly achieve +/-2 m accuracy for data acquired from towed sensors. i.e. a processed target accuracy of +/-2m
Multibeam Echosounder/Backscatter	■ 100% coverage ■ 0.50 m x 0.50 m bin size / 2 x pings per 1.0m x 1.0m ■ THU is <0.5m ■ TVU is compliant with IHO Special Order ■ Grid standard deviation (95% confidence interval) is less than 0.2m
MAG	■ Magnetometer measurement sensitivity: 0.01 nT/√Hz ■ Magnetometer sample rate: 10 Hz or greater ■ USBL gap > 10 s ■ Noise Level +/- 2 nT
Side Scan Sonar	■ 0.5m x 0.5m minimum target size sonification ■ 100% coverage including nadir ■ Optimum altitude to be set to 10 -15% of range ■ Survey speed to be a maximum of 4.5 knots (±10%) ■ Infill required where USBL gaps of more than 10s
SVP	■ SVPs are obtained as a minimum twice per day, at the start and end of each day, and initially at low and high tides. Accuracy of ±0.15 m/s.)

1.2 Geodetic Parameters

The project geodetic and projection parameters are summarised in Table 1.2 below.

Table 1.2: Project Geodetic Parameters

Global Navigation Satellite System (GNSS) Geodetic Parameters	
EPSG CRS Code	4326
Datum	World Geodetic System 1984 (WGS84)
Spheroid	World Geodetic System 1984
Semi major axis	a = 6 378 137.000 m
Inverse Flattening	1/f = 298.257 223 563
Project Projection Parameters	
Grid Projection	Universal Transverse Mercator, Northern Hemisphere
UTM Zone	31N
Central Meridian	003° 00' 00.000" East
Latitude of Origin	00° 00' 00.000" North
False Easting	500 000 m
False Northing	0 m
Scale factor on Central Meridian	0.9996
Units	Metre
EPSG code	23031
Grid Projection	Universal Transverse Mercator, Northern Hemisphere

Unless stated otherwise, geodetic coordinates presented in this report are as per the datum in Table 1.2.

1.3 Vertical Datum

The vertical datum is lowest astronomical tide (LAT). GNSS heights are referenced to LAT by means of NL LAT2018 ellipsoidal to datum separation model. The NL LAT2018 model was issued by the Dienst Der Hydrografie in June 2020 and is considered the most accurate LAT reduction model for the Dutch Continental Shelf.

2. Operations

2.1 Summary of Events

Vessel mobilisation and verifications for survey operations were undertaken and completed the 12th of January 2024 in the port of IJmuiden, The Netherlands and during transit to the work site.

Details of the mobilisation and verification operations can be found in the vessel mobilisation report *F237682_MOB_001 (01) – Mobilisation and Calibration Report – Fugro Frontier*.

Operations along the Neptune Route commenced on 17 January 2024. Survey operations were run on a 24-hour basis. Initial quality assessment (QA) of the data was carried out by the online team, with further quality control (QC) and data processing being done by the offline team onboard the vessel.

A summary of key events has been provided in Table 2.1, and a break-down of operational time (days) for the Fugro Frontier has been provided in Figure 2.1. Daily progress reports, detailing all operations, have been provided in Appendix B.

Table 2.1: Summary of Key Events

Event	Dates
Completion of Mobilisation	12 January 2024
Completion of Geophysical Scope	31 January 2024
Completion of Geotechnical and Environmental Scope	19 February 2024
Departure to IJmuiden for demobilisation	20 February 2024
Fugro Frontier off hired	20 February 2024

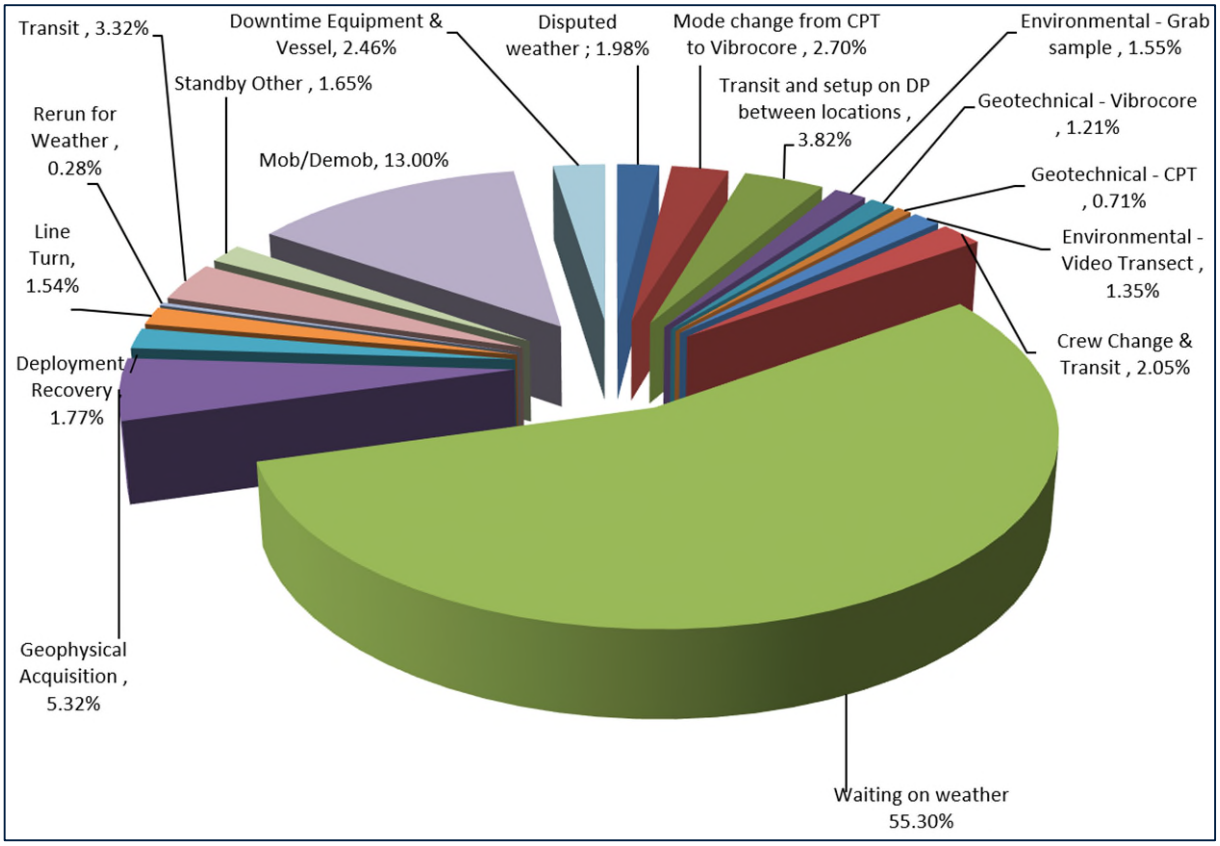


Figure 2.1: Fugro Frontier project break-down (% days)

2.2 Key Personnel

The key survey, management and processing personnel involved in the surveys on board Fugro Frontier are outlined in Table 2.2.

Table 2.2: Key Personnel

Position	Name	Dates on Project
Project Manager	Silvanus Kiyang	Project Duration
Report Coordinator	Reporting Project Manager	Project Duration
	Francesco Lucenti	Project Duration
Hydrographic Surveyor	Ismail Tawfeeq	Project Duration
	Piotr Dynia	Project Duration
	Bernie Luckhoo	Project Duration
	Robin Lee Searle	Project Duration
	Dmytro Patsillandra	Project Duration
	Giorgio Focosi	Project Duration
Hydrographic Data Processor	Jitendra Singh	Project Duration
	Yee Ching Tan	Project Duration
Geophysicist	Vicky Wickham	Project Duration
	Radek Puchala	Project Duration

2.3 Equipment

The survey conducted on board Fugro Frontier utilised the equipment presented in Table 2.3.

Table 2.3: Equipment List

Requirement	Equipment
Primary GNSS	Fugro StarPack GNSS receiver with StarFix.G4+ corrections
Secondary GNSS	Fugro StarPack GNSS receiver with StarFix.XP2 corrections
MRU and heading sensor	iXSea Hydrins, iXblue Octans 3000
USBL	Kongsberg HiPAP 501 with C-Node beacons
Multibeam echosounder	Dual Head Kongsberg EM2040
Side scan sonar	2 x Edgetech 4205 (230/540 kHz)
Magnetometer	4 x Geometrics G882 caesium vapour marine magnetometers towed from an Eiva Scanfish in Katria mode
Parametric Sub-bottom Profiler	Innomar Medium SES-2000
Sound velocity probe	2x Valeport CTD
Sound velocity sensor	2x Valeport Mini SVS
Tidal heights	Fugro StarPack GNSS receiver with Starfix.G2+ corrections
*Parametric Sub-bottom Profiler was not used during this part of the project.	

2.4 Vessel Details

Fugro Frontier (Figure 2.2) is a 53 m multi-purpose survey vessel, built in 2014 at Damen Shipyards Galati, Romania. The Vessel is equipped for 24-hour operations and requires a body of 10 m of water present to work. The vessel has permanently mobilized geophysical and hydrographical survey spreads, ready for rapid deployment.

Standby weather conditions for Fugro Frontier are usually around a wave height of 1.5 m and wind speed >20 kts, although the vessel can continue operations with good quality geophysical data past this, dependent on swell period and direction.

The Fugro Frontier proved to be a weather capable vessel, performing in line with the expected weather limitations of the sensors on board. When and why the vessel goes down on weather is a multifactor decision between the Party Chief and the Offshore Client Representative (OCR).

Figure 2.2: Fugro Frontier vessel

Table 2.4: Vessel Characteristics

Vessel	Fugro Frontier
Length	53.0 m
Beam	12.5 m
Draught	3.1 m
Endurance	Up to 30 days (depending on vessel speed)
Survey speed	4-4.5 kts
Transit speed	Up to 12 kts

2.5 Survey Line Re-run and Infills

Survey data was reviewed and infills acquired for areas where data quality or coverage was outside of the required specification.

2.5.1 Multibeam Echosounder Infill and Re-runs

Infills in the MBES survey were carried out for any of the following reasons:

- Data gaps where 100 % coverage was not achieved;
- Marginal weather creating gaps in the data.

2.5.2 Side Scan Sonar Infill and Re-runs

Re-runs in the SSS survey were carried out for any of the following reasons:

- Poor data quality due to environmental factors, i.e. weather/sea conditions;

3. Field Procedures

3.1 Vessel Offsets

All systems on the vessel were mounted relative to the XYZ reference frame of the vessel. Full detail of vessel offsets is provided in the Mobilisation report, Fugro report F237682_MOB_001 (01).

3.2 Navigation and Vertical Control

Table 3.1: Vessel Navigation and Vertical Control Field Procedures

Vessel Navigation and Vertical Control	
Requirement	The combined precision and accuracy of the navigational positioning capability and post-processing methods must be sufficient to allow surface positioning with an absolute of +/-0.1 m.
Equipment	Fugro Frontier Fugro StarPack with Starfix G4+corrections; Secondary Positioning Fugro Starfix XP2 corrections; Post-processed GNSS heights; Subsea Octans Motion Sensor; Ixsea Hydrins INS.
Data Collection	Fugro's Starfix.G4+ is a GPS, GALILEO, COMPASS and GLONASS positioning system that is based on orbit and clock corrections generated from Fugro's own expanded network of dual system reference stations. Starfix.G4+ is a Precise Point Positioning (PPP) technology, which distinguishes itself from the traditional differential approach as satellite errors are not lumped together but estimated per source, per satellite. The GPS/GLONASS/GALILEO/COMPASS orbit and clock corrections are computed separately, free of ionospheric and tropospheric effects. The Fugro G4+ service uses all available satellites to produce a composite position, offering a number of advantages: Additional satellites confirming the calculated position build confidence and reliability; Better resistance to ionospheric scintillation effects which tend to affect a particular part of the sky; Possibility to bridge periods of bad geometry for each of the separate systems. Fugro then goes one step further utilising BestPos, a solution which utilises the weighted average of all three systems to deliver an even more robust positional solution. For the purposes of vertical control, tidal levels will be recorded via the collection of dual frequency carrier phase GNSS height observations. This data will be acquired as ellipsoid heights relative to the ETRS89 datum.

3.3 Subsea Positioning

Table 3.2: Subsea Positioning Field Procedures

Subsea Positioning	
Requirement	Positioning accuracy SSS: USBL +/- 2 m
Equipment	Kongsberg HiPAP 501 Kongsberg cNODE MiniS beacons Kongsberg cNODE Mini S Transponders Kongsberg acoustic position operator station (APOS) software
Data Collection	Underwater positioning data will be collected and processed in accordance with Fugro's quality management system, which complies with the requirements of ISO 9001:2015 with specific reference to work instruction WI-211. The USBL system is calibrated on a yearly base in sufficient water depths. More details of the Mobilisation Report. The USBL transceiver is pole mounted on a dedicated USBL pole. The USBL system will receive the following data corrected for the USBL transceiver location from the Fugro Starfix.NG navigation system: Position (from Fugro StarPack GNSS); Heading (from iXBlue Hydrins INS); Motion (from iXBlue Hydrins INS). Additionally, Sound Velocity Probes (SVP) cast information will be uploaded to the USBL system after each SVP is undertaken. The Fugro Starfix.NG navigation software will be setup with a visual alert to highlight consistent and/or long-duration beacon dropouts to the online surveyor. cNODE beacon duration is expected to be > 2.5 days at a 1 Hz interrogation rate. The side scan sonar is a sub-towed sensor. A USBL beacon will be attached to the tow-cable in front of the sensor at a measured distance that will avoid any interference. Accurate real time positioning of the beacon will then be provided to the relevant acquisition software, which will apply an offset from the beacon to the sensors. Any layback or offset changes shall be recorded during operation and recorded with their time and date in the online survey logs.
Data Acceptance Criteria	Time gaps to be <10 seconds.
Processing and interpretation	Starfix.VBAProc will be used to process and QC UBSL beacon positions. Spikes will be identified and removed from the dXYZ. Layback (beacon to sensor) will be applied accordingly. Smoothing will be applied when necessary and all final positions will be QC'ed.

3.4 Multibeam Echosounder

Table 3.3: Multibeam Echosounder Field Procedures

Multibeam Echosounder	
Requirement	Acquisition of high-resolution bathymetric data using a Multibeam Echosounder (MBES) with at least 100 % coverage (i.e. no data gaps) over the survey area more then 0.5 m^2. Data will be acquired to exceed IHO Standard S-44 Edition 6, Special Order standard according to specifications issued by the International Hydrographic Association (IHO). The system shall be capable of providing a minimum of 20 soundings per 1x1 m cell when deployed on-site. MBES data must be recorded with optimised (preferred are consistent) settings for backscatter and bathymetrical analyses of the seafloor.

Multibeam Echosounder	
Equipment	Kongsberg dual-head EM 2040 (0.4° x 0.7° at 400 kHz) multibeam echosounder, with dual swath functionality enabled; iXBlue Octans 3000 motion reference unit (MRU); Valeport miniSVS Sound Velocity Sensor (SVS); iXSea Hydrins INS motion reference unit (MRU); Valeport CTD probe with wireless controller; Caris HIPS & SIPS processing software.
Data Collection	MBES data will be acquired at an average survey speed of 4 - 4.5 knots, using best industry practices to achieve a higher number of hits per bin in the first instance by operating the multibeam echosounder at full rate dual head mode. Prior to commencement of the survey a complete calibration will be undertaken for the following variables: i) latency, ii) pitch, iii) roll, iv) yaw, v) pitch/roll correlation. The calibration data will be processed before the start of the survey. Calibrations are described in the mobilisation report. SVPs are obtained as a minimum twice per day, at the start and end of each day, with accuracy of ±0.15 m/s.) To verify the corrections for the multibeam echosounder (MBES) acquisition system, a multi-beam echosounder verification is required, proposed location: on the way to site over Side Tap G17a-S1. The patch test was located at 656987.11mE, 5996963.04mN in approximately 41 m water depth. Survey data will be collected to the required survey specification and monitored using Starfix.NG online sounding grid and Caris HIPS&SIPS offline sounding grid QC statistics. In order to achieve the hit count requirement of 2 pings per 1 m x 1 m cell and compliance to IHO Special order a maximum swath width of 90 m / 125 m will be utilised, based on the shallowest part of the survey area. Backscatter strength measurements will be recorded during the MBES survey to provide an input for AGDS analysis.
Data Acceptance Criteria	Fugro proposes the following bathymetry data acceptance criteria: ≥ 2 pings per 1x1 m cell; IHO Standard S-44 Edition 6 Special Oder standard for water depths 0 – 40 m and Order 1A standard for water deeper than 40m. Gaps are referred to as empty cells or a set of empty cells within the 0.5 m bathymetry CUBE surface. Large gaps or lack of coverage compared to survey boundary result in an infill. Fugro's Data Processors will flag any poor-quality bathymetry data for infill during offline data processing and QC that was not flagged as per the above described acceptance / rejection criteria.

3.5 Side Scan Sonar

Table 3.4: Side scan sonar Field Procedures

Side Scan Sonar	
Requirement	The SSS survey should be carried out using simultaneous multiple channel, multiple frequency side scan sonar with two frequencies of 230 kHz and 540 kHz. The line spacing should be defined to ensure that the SSS survey shall provide at least 100 % coverage with frequency sufficient to resolve all objects larger than 0.5 m in any dimension including sufficient overlap to obtain data at the nadir. Instrument gain should be managed to allow SSS data to contribute optimally to the seabed classification operations. The towing altitude is normally expected to be between 8 % and 15 % of the selected sonar

Side Scan Sonar	
	range. The slant range used should be set to yield >100 % coverage of the survey area and with line spacings set to provide enough lateral overlap that the nadir of each line is covered by the range of at least one adjacent line.
Equipment	Edgetech 4205 side scan sonar (230/540 kHz); USBL positioning; Edgetech Discover acquisition software; Chesapeake SonarWiz data processing software.
Data Collection	SSS data will be acquired at an average survey speed of 4 - 4.5 knots and in accordance with the scope of work and Fugro work instructions WI02_351, WI02_353 and WI02_354; a component of Fugro's quality management system, which complies with the requirements of ISO 9001:2015. An Edgetech 4205 (230/540 kHz) side scan sonar is proposed for this survey. The side scan sonar will be towed on an armoured cable astern of the vessel. The cable out will be shortened or lengthened as necessary by high speed, remote control winch to maintain a tow fish altitude above seabed of between 8 % and 15 % of the range operated. Throughout the survey, both the high (540 kHz) and low (240 kHz) frequency data will be collected. The side scan sonar will operated at an appropriate range to ensure the coverage requirement is achieved. The side scan system will be positioned by USBL. The positions recorded will be merged into the recorded XTF files. System calibration will include a rub test and a wet test; the wet test will include the positioning of a seabed object from two directions to verify that the USBL positioning is within acceptable tolerances and that data meets the project quality requirements. Comprehensive survey and QA logs listing the data collection parameters will be maintained throughout the survey and quality will be continuously monitored by the onboard geophysicist. Detailed records of data quality, possible re-runs and equipment performance will be noted in the relevant logs.
Data Acceptance Criteria	100 % coverage: USBL gap < 10 s Quality suitable to interpret <0.5 m contact Altitude: 8-15 % of the selected sonar range
Processing and Interpretation	Navigation will be cleaned and de-spiked to remove small-scale navigation busts before being injected into the SSS XTFs. The high and low frequency XTFs will be selected for import by the data geophysicist into the SonarWiz software. The data will be projected into the project coordinate system. After import, each file will be bottom tracked, with settings for threshold and blanking distance adjusted as necessary. Any remaining errors in the seabed picks will be adjusted manually. The files will then have a representative EGN table computed with the table gain values applied to obtain optimised mosaic. If necessary, additional gains can be applied with individual lines refined as necessary to produce homogenous mosaics; a cover up approach will be used. Destripe filters may be applied on a line by line basis to reduce the impact of tugging in the data. The effect of the destripe shall be QC;d to ensure it does not distort seabed contacts. The range may be reduced on a line by line basis if there is any environmental noise in the data (i.e. surface noise). During mosaicking, the lines will be ordered and overlapped as best as possible to produce two high-quality mosaics (one low frequency and one high frequency) and to minimise the visibility of nadirs. Nadir transparency may be applied where required to further improve the final mosaics. The mosaics and data navigation will be cross-checked against available bathymetry data, known feature positions and between overlapping files to ensure high-quality positioning.

Side Scan Sonar	
	The SSS data will be utilised for the interpretation of contacts, seabed features and for the characterisation of seabed sediments. It is anticipated that the sonar contacts and seabed interpretation will be interpreted from the low frequency data. The SSS data will be reviewed on a file-by-file basis for contact interpretation. All objects selected will have their dimensions recorded and will be classified according to type/morphology. A contact list including positions, dimensions and classifications for each contact will be exported from SonarWiz. This will be exported in a .xlsx format, the bearing and range from the platform shall then be calculated.

3.5.1 Scanfish Katria - Magnetometer

Table 3.5: Magnetometer – Fugro Frontier

Item	Description
Objective	The objective of the magnetometry survey is to: Contribute to the model of the seabed included identification and mapping of natural and anthropogenic seabed features and objects.
Requirement	The required elements of the survey include: Total Magnetic Intensity (TMI) at measurement altitude Calibrated, continuous transverse magnetometer position and altitude. Equipment Verification Test to be conducted over a sealine with two passes. Two perpendicular to the sealine in opposite direction. Survey specifications are defined as: Magnetometer sensitivity: 0.01 nT/√Hz or better Magnetometer sample rate: 10 Hz or greater Nominal altitude (h) of Magnetometer from seabed: 4 m ≥ h (Exceptions will be allowed in areas where the presence of bedforms may create risk of damage to the equipment, in which case the increased tow height should be approved by client PM or client offshore representative. In all cases it is recommended that the distance between the magnetometer sensor and the seabed should not exceed 7 m)
Equipment	Four Geometrics G882 caesium vapour marine magnetometers towed from an Eiva Scanfish in Katria mode Four Geometrics G882 Altimeters EIVA ScanFish Geometrics Starfix.NG data acquisition software; Geosoft Oasis Montaj data processing software.
	For this survey, four Geometrics G-882 caesium vapour marine magnetometers will be towed by a EIVA ScanFish. The magnetometers will be towed independently at an average speed of 4 - 4.5 knots. The Separation between neighbouring magnetometers is 1.5 m in the lateral plane. The EIVA Scanfish is towed from a standalone winch with armoured cables from the stern of the vessel. The sensor will be towed at an appropriate distance to ensure they are outside any interference caused by the vessel. A USBL system will be used for positioning with

Item	Description
	navigation interfaced into the acquisition software. At the start of the survey, the pressure sensor and altimeter will be calibrated, or the calibration checked by deploying through the water column to set depths and logging the readings. The magnetic sensor requires no calibration but the correct orientation for the sensors in the survey area will be 45° according to Geometrics CSAZ software. The magnetometers will be towed at a height of 4 m above the seabed to ensure the detectability of large magnetic anomalies whilst maintaining a safe distance clear of the seabed. Exceptions will be allowed in areas where the presence of bedforms may create risk of damage to the equipment, in which case the increased tow height should be approved by the OCR. In all cases it is recommended that the distance between the magnetometer sensor and the seabed should not exceed 7 m. Magnetometer values in nanoteslas (nT), depth and altimeter readings will be collected at an update rate of 10 Hz.
Data Collection	The data are recorded in an ascii text file format with the following fields as minimum: Line name; Time and date; Easting; Northing; Magnetic field; Signal strength; Heading; Layback; Speed; Altitude; Depth. System calibration will include checks on the sensor orientation (with the Earth's magnetic field), altimeter verification, depth sensor checks and background noise analysis. The field verification test will include a full wet test of all equipment deployed simultaneously; a seabed object will be investigated from four directions. This will confirm that the USBL positioning is within acceptable tolerances and that data meets the project quality requirements. The test will also serve as a test of data repeatability, system reliability and ensure there is no interference between different systems. Comprehensive survey and QA logs listing the data collection parameters will be maintained throughout the survey and quality will be continuously monitored by the onboard geophysicist. Detailed records of data quality, possible re-runs and equipment performance will be noted in the relevant logs.
Data Acceptance Criteria	USBL gap > 10 s Noise Level +/- 2 nT 4 m max altitude where sampling is expected. Magnetometer measurement sensitivity: 0.01 nT/√Hz Continuous magnetometer readings of transverse magnetometers. Signal Strength: Magnetometer signal quality will be monitored online and in processing. During data QC, the signal value will be specifically checked and areas where the signal is <400 will

Item	Description
	be inspected thoroughly. In Fugro's experience, a signal of <400 does not directly equate to poor quality magnetometer data. In fact, the threshold for poor quality data is around a signal value of 100.
Processing and Interpretation	Magnetometer data will be processed and reported with specific reference to the Fugro work instructions based on EUAF CDD Geophysics SharePoint Pages. Navigation data will be cleaned and despiked using Starfix Suite routines. Raw data will be imported from the recorded ascii text files into Geosoft Oasis montaj, version 2023. Raw altitude data will be monitored during processing. Any out of specification data will be automatically removed during processing. The raw total magnetic field data from each sensor will be despiked and processed to remove the effects of diurnal variations and managements in heading. Long wavelength anomalies, often indicative of background noise and geological interference, are removed from the processed data; short-wavelength high-amplitude anomalies, often indicative of ferrous debris, are left remaining. The processor will then manually QC each line to ensure that no potential anomalies of interest have been removed. The processed residual data, the result of the subtraction of the filtered background from the cleaned raw data are gridded to create a residual magnetic signal grid. This grid will be produced in Oasis montaj using the minimum curvature gridding algorithm. Magnetometer target picking will be carried out based on the residual grid data. A thorough QC will be performed including analysing the profile data where required. Following the completion of the above steps, the magnetometer target database will be finalised and cross-correlated with other sensors (SSS, SBP and MBES) to produce a series of correlated target lists.

4. Quality, Health, Safety and Environment

The survey was planned and carried out in conformance with Fugro's quality management system, which complies with the requirements of ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007. More detailed descriptions of specific survey techniques and procedures are contained within Fugro standard procedures (a component of Fugro's QHSE Manual - details of which can be inspected at the Fugro offices on request).

All sensor data was acquired according to operational procedures and work practices written and in use on the vessels.

The numerous operational procedures and work practices are in place and currently available on the vessels. They are used to ensure that data is acquired as per Fugro requirements and is acquired consistently across shifts and across vessels.

Prior to the commencement of survey operations, a project execution plan (PEP) consisting of Project Overview; Operations Plan; Health, Safety, Security and Environment Plan (HSSE) and Emergency Response Plan (ERP) was submitted to Neptune Energy B.V. as per Table 4.1. These documents formed the basis for all planning in relation to this project.

Table 4.1: Project Execution Plan Documents

Fugro Document	Revision	Revision Date

Fugro Document	Revision	Revision Date
F237682-PEP-Ops Plan	03	26 January 2024
F237682_PEP-ERP	01	16 January 2024
F237682-PEP-HSSE Plan	01	26 January 2024
F237682-PEP-Project Overview	01	26 January 2024

A digital online survey log was completed during online operations and provided a detailed record of all activities and events that occurred onboard the survey vessel. Detailed information relating to each surveyed line was recorded. This included date, time, line name, instrument setup parameters and highlighted any events or data quality issues.

The performance of the survey instrumentation was constantly monitored by the online surveyor. Any data quality issues were immediately highlighted and logged in the online logs. Upon review, remedial action could be performed, and a decision made as to whether any reruns were required. Data quality was also monitored by the offline processors soon after data acquisition.

Data storage, control and archiving of the data were undertaken in compliance with the PEP and Fugro's data management policy.

4.1 Health, Safety and Environment

Fugro performed the survey operations with high regard for health and safety and the environment. A health, safety and environmental plan was completed prior to the start of the survey. This was produced in accordance with the company's Health Safety and Environmental Management System manual. All survey and crew members were required to read and sign this plan, to ensure they understood the work to be performed and the mitigating measures employed to minimise the identified risks.

During mobilisation and at regular intervals thereafter, safety briefings and toolbox talks were conducted to reiterate the risks relating to survey operations and steps taken to minimise these risks. A full safety briefing was also undertaken after each crew change. Further details have been provided in Table 4.2.

Table 4.2: Summary of HSE meetings conducted

Date	Meeting
15/01/2024	Safety meeting
21/01/2024	Cross Departmental tour in laundry, gym, TV room, galley and dry store
22/01/2024	MEDIVAC and ISPS drills
27/01/2024	Cross Departmental Tour: Engine room, changing room, dry store, water store, garbage store and galley
27/01/2024	MOB drill
30/01/2024	General Safety meeting
02/02/2024	3 vessel drills: Fire, Abandon, ISPS

Date	Meeting
13/02/2024	Cross department tour
17/02/2024	Safety meeting

Upon joining the vessels all members of crew were given a vessel safety induction tour by the vessel master if needed. Vessel muster drills were performed approximately every two weeks depending on operations and weather.

All crew were required to wear lifejackets, hardhats, safety boots, safety glasses, and gloves for all back-deck operations.

During operations a hazard observation card (HOC) system was operated on board allowing crew to report unsafe acts, unsafe conditions, safe acts, or make HSE suggestions. In total 17 HOCs were submitted during the project. The HOC register in presented in Appendix C.

A summary of all QHSE interventions undertaken by Fugro Frontier by the end of the project is provided in Table 4.3.

Table 4.3: Summary of QHSE events

QHSE Intervention	Total
Quality Incidents	0
HOC Cards	17
Vessel Drills	6
Cross Department Tour	3
Audit / Inspection	2
Toolbox Talk	206
Daily HOD Meetings	23
Safety Meeting	2
Vessel Led KOM	2
Two- Part HIRA (Held Onboard)	1
Sound Bite Training	1
Vessel Inductions (No. persons)	7
Permit to Work	11
Security Incidents	0
Environmental Incidents	0
Health and Safety Incidents	0
Near Miss	0

Appendix A

Guidelines on use of Report

A.1 Guidelines on use of Report

This report (the "Report") was prepared as part of the services (the "Services") provided by Fugro GB Marine Limited ("Fugro") for its client (the "Client") under the terms of the relevant contract between the two parties (the "Contract"). The Services were performed by Fugro based on requirements of the Client set out in the Contract or otherwise made known by the Client to Fugro at the time.

Fugro's obligations and liabilities to the Client or any other party in respect of the Services and this Report are limited in time and value as defined in Contract (or in the absence of any express provision in the Contract as implied by the law of the Contract) and Fugro provides no other representation or warranty whether express or implied, in relation to the Services or for the use of this Report for any other purpose. Furthermore, Fugro has no obligation to update or revise this Report based on changes in conditions or information which emerge following issue of this Report unless expressly required by the Contract.

The Services were performed by Fugro exclusively for the Client and any other party identified in the Contract for the purpose set out therein. Any use and/or reliance on the Report or the Services for purposes not expressly stated in the Contract, by the Client or any other party is at that party's risk and Fugro accepts no liability whatsoever for any such use and/or reliance.

Appendix B

Daily Progress Reports

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	1	**Date:**	12/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside IJmuiden, waiting on weather				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	0
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	5	/	5
Daily HOD Meetings	0	/	0
Crew Led Kick-Off Meeting	1	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	312
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	1	/	1
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Mobilisation Alongside	13:30	/	13:30	56.25%
Waiting on weather	10:30	/	10:30	43.75%
Total	24:00	/	24:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	13:30	13:30	Mobilisation Alongside	Alongside in IJmuiden, Mobilisation completed for Geophysical scope of work. Kick of Meeting.

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
13:30	24:00	10:30	Waiting on weather	Alongside IJmuiden. Waiting on weather.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	0	12	0	12
Marine Crew	0	13	0	13
Client Representative	0	1	0	1
Total	0	26	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	10	15	13	12	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	NNW	NNW	NNW	NNW	

Weather Forecast

A fragmenting frontal trough moves SE across the North Sea. The frontal trough clears across Denmark through this morning with a NW-NNW'ly flow developing across the North Sea astern with showery troughs embedded within the flow. Tomorrow afternoon, a low pressure centre develops within the flow and moves SSE across S Norway, before clearing across S Sweden tomorrow night.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	202.40	0.00	0.90	201.50	0.90	m^3
	62.60	0.00	4.20	58.40	4.20	m^3
	524.00	0.00	8.00	516.00	8.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Taking advantage of bad weather in working area to start preparation for other project phases.

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 13/01/2024	Roger Deutz OCR — 13/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	2	**Date:**	13/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside IJmuiden, waiting on weather				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	0
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	5	/	10
Daily HOD Meetings	0	/	0
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	624
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	1
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

TRA: 1
STOP 1 - stop working at height operation due to strong wind

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	28.13%
Waiting on weather	24:00	/	34:30	71.88%
Total	24:00	/	48:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Alongside IJmuiden, waiting on weather

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	10	20	20	16	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	NW	NW	NW	NW	

Weather Forecast

A secondary fragmenting frontal trough clears SE into Germany tonight. A keen NW-NNW'ly flow then develops over the North Sea astern with numerous showery troughs embedded within. Tomorrow afternoon, a low pressure centre develops within the flow and moves SSE across S Norway, before clearing across S Sweden tomorrow night. On Monday, further showery trough move S over the North Sea.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	201.50	0.00	0.90	200.60	1.80	m^3
	58.40	0.00	3.10	55.30	7.30	m^3
	516.00	0.00	0.00	516.00	8.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Taking advantage of bad weather in working area to start preparation for other project phases.

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 14/01/2024	Roger Deutz OCR — 14/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	3	**Date:**	14/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside IJmuiden, waiting on weather				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	0
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	0	/	10
Daily HOD Meetings	0	/	0
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	936
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	1	/	2
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	58:30	81.25%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	18.75%
Total	24:00	/	72:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Waiting on Weather/alongside IJmuiden

DOME

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	15	12	30	19	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	NW	NW	NW	NW	

Weather Forecast

A NW-NNW'ly airflow lies across the North Sea, with a series of showery troughs and brief shallow low centres moving within the flow. The airflow eases and showery troughs weaken tomorrow as a weak ridge moves E across the North Sea. Meanwhile, a low and associated troughs move ESE across Scotland. The low rapidly deepens as it swings E across the N/C North Sea overnight into Wednesday.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	200.60	0.00	0.90	199.70	2.70	m³
	55.30	0.00	3.50	51.80	10.80	m³
	516.00	0.00	0.00	516.00	8.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Taking advantage of bad weather in working area to start preparation for other project phases.

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 15/01/2024	Roger Deutz OCR — 15/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	4	**Date:**	15/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside IJmuiden, waiting on weather				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	0
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	4	/	14
Daily HOD Meetings	0	/	0
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	1248
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	2
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Head of departments Safety meeting - 1

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	82:30	85.94%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	14.06%
Total	24:00	/	96:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Waiting on weather/Alongside IJmuiden

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	20	22	30	25	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	NW	NW	NW	NW	

Weather Forecast

A NW-NNW'ly airflow lies over the North Sea, with a series of showery troughs and brief shallow low centres moving within the flow. The pressure gradient eases and showery troughs fill overnight as a weak ridge moves E over the S'ern North Sea. Meanwhile, a low and associated troughs move ESE over Scotland tomorrow. The low deepens as it swings E over the N/C North Sea overnight into Wed, clearing Wed.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	199.70	0.00	0.70	199.00	3.40	m³
	51.80	0.00	4.20	47.60	15.00	m³
	516.00	0.00	0.00	516.00	8.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Taking advantage of bad weather in working area to start preparation for other project phases.

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 16/01/2024	Roger Deutz OCR — 16/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	5	**Date:**	16/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside IJmuiden, waiting on weather				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	1	/	1
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	5	/	19
Daily HOD Meetings	0	/	0
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	1560
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	1	/	3
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

- HOC_24.0004 - Unsafe Act - Not wearing life jacket while working close to quayside.

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	106:30	88.75%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	11.25%
Total	24:00	/	120:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Waiting on weather/Alongside IJmuiden. Survey equipment sea fasten.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	1	0	13
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	1	0	27

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	5	5	3	2	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	WNW	WSW	WSW	WSW	

Weather Forecast

A ridge extending WNW across the SW North Sea declines SE as a deepening low moving E over the N North Sea drives a frontal trough SE across the Central/S North Sea. The low clears over the Skagerrak tomorrow morning, and the associated frontal trough fills over the Low Countries. A series of showery troughs follow astern across the North Sea from tomorrow afternoon, shallow lows occasionally embedded within them.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	199.00	0.00	1.10	197.90	4.50	m³
	47.60	0.00	3.80	43.80	18.80	m³
	516.00	0.00	3.00	513.00	11.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Backup Party Chief arrived onboard.
Survey equipment sea fasten, Fugro Frontier will sail to survey area in the morning.

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 17/01/2024	Roger Deutz OCR — 17/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	6	**Date:**	17/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Midnight Position: 53°31'12.67"N, 04°19'34.65"E, in Survey area				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	1
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	7	/	26
Daily HOD Meetings	1	/	1
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	300	/	1860
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	3
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

None

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	13:00	/	119:30	82.99%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	9.38%
Transit	11:00	/	11:00	7.64%
Total	24:00	/	144:00	

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	07:00	07:00	Waiting on weather	Waiting on weather/Alongside IJmuiden.
07:00	18:00	11:00	Transit	Transit to survey area to check weather conditions.
18:00	22:00	04:00	Waiting on weather	Waiting on weather in survey area. Vessel run few test lines.
22:00	22:30	00:30	Waiting on weather	TBTs followed by deployment of moonpool & SVP launch, in case weather improves.
22:30	23:49	01:19	Waiting on weather	Waiting on weather in survey area.
23:49	24:00	00:11	Waiting on weather	Start of scouting line NELscouting01 (MBES only) for preferable SIT location. Weather not workable for full geophysical spread.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	13	0	2	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	27	0	2	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	21	20	16	17	
Sig Wave	m	1.9	1.8	1.8	1.8	
Wind Direction	Coords	SW	SW	NNW	NNW	

Weather Forecast

A low across Scandinavia combines with a high off W Ireland to generate a strong NNW'ly airflow across the North Sea, with showery troughs and the occasional compact low embedded within it. This flow breaks down on Friday as the high becomes centred over The Channel, extending a ridge NE across the S/Central North Sea. Meanwhile a new low near the Northern Isles drives a frontal trough into the N North Sea.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	197.90	0.00	2.80	195.10	7.30	m^3
	43.80	5.90	4.50	45.20	23.30	m^3
	513.00	0.00	0.00	513.00	11.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Weather in survey area worst than predicted.
Rev 01 was issued due to wrong code (Waiting on weather / Transit) used in Time Summary.

Fugro Representative

Nikola Tatalovic Party Chief	18/01/2024

Client Representative

Roger Deutz OCR	18/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	7	**Date:**	18/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Fugro Frontier at survey area, waiting on weather. Transit to Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	1	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	7	/	33
Daily HOD Meetings	1	/	2
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	2172
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	3
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

HOC_24.0005- Unsafe Act - work on deck crane with wrong ladder

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	143:30	85.42%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	8.04%
Transit	00:00	/	11:00	6.55%
Total	24:00	/	168:00	

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	05:30	05:30	Waiting on weather	Waiting on weather at work area. TBT - Recovery moon pool cart.
05:30	13:50	08:20	Waiting on weather	Transit to Den Helder during bad weather
13:50	24:00	10:10	Waiting on weather	Alongside in Den Helder, waiting on weather: - Partial Survey crew change - Visit of SLDMGE

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	2	1	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	2	1	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	21	19	15	19	
Sig Wave	m	2.1	1.8	-	-	
Wind Direction	Coords	NW	NW	NW	NW	

Weather Forecast

High pressure across the Celtic Sea drifts ESE to cross the channel today and southern Germany over the weekend. Frontal trough and its associate low move SE across the Northern Isles and northern North Sea today. The trough links to a deep Atlantic low off the Faroes and is driven NE into and across Norway tomorrow whilst a second frontal trough moves east across Great Britain through tomorrow night.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	195.10	0.00	1.70	193.40	9.00	m³
	45.20	1.20	4.00	42.40	27.30	m³
	513.00	0.00	0.00	513.00	11.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 19/01/2024	Roger Deutz OCR — 19/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	8	**Date:**	19/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside in Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	7	/	40
Daily HOD Meetings	0	/	2
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	2484
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	2	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	167:30	87.24%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	7.03%
Transit	00:00	/	11:00	5.73%
Total	24:00	/	192:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Alongside in Den Helder, waiting on weather. Welding and MPI for Seatow 2000 winch for sea trial (no project correlated). Water bunkering

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	18	17	16	18	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	

Weather Forecast

High over S Germany extends a ridge into the S North Sea, declining this PM, while a frontal trough lies from Orkney to Jutland. Today/tomorrow, several more frontal troughs are driven ENE across the N Sea by lows moving NE near Iceland/Faroes. Tomorrow evening, Storm Isha moves NE across the Outer Hebrides, driving a deep frontal trough across the N Sea overnight into Mon, with gale force SSW-WSW wind.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	193.40	0.00	0.90	192.50	9.90	m³
	42.40	50.00	3.80	88.60	31.10	m³
	513.00	0.00	0.00	513.00	11.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 20/01/2024	Roger Deutz OCR — 20/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	9	**Date:**	20/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside in Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	0
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	0	/	0
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	4	/	44
Daily HOD Meetings	0	/	2
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	2796
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	191:30	88.66%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	6.25%
Transit	00:00	/	11:00	5.09%
Total	24:00	/	216:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Alongside in Den Helder, waiting on weather

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	20	21	20	22	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	

Weather Forecast

A low near Iceland drives a frontal trough NE across the North Sea today, clearing into Norway during the PM/evening. This evening, Storm Isha moves to the NW of Scotland, driving a deep frontal trough over the North Sea tonight/tomorrow. The front clears the North Sea tomorrow AM as Isha moves into the Norwegian Sea, with minor showery troughs following. The troughs fill as a transient ridge builds on Tues AM.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	192.50	0.00	0.90	191.60	10.80	m³
	88.60	0.00	4.20	84.40	35.30	m³
	513.00	0.00	0.00	513.00	11.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Amended Amount at End Water in the Liquids Stats of DDPR8

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 21/01/2024	Roger Deutz OCR — 21/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	10	**Date:**	21/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside in Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	1	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	0
Cross Department Tour	1	/	1
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	4	/	48
Daily HOD Meetings	0	/	2
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	3108
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

- Cross Departmental tour in laundry, gym, TV room, galley and dry store
- HOC_24.0006 - Suggestion - Do not leave food uncovered

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	215:30	89.79%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	5.63%
Transit	00:00	/	11:00	4.58%
Total	24:00	/	240:00	

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Alongside Den Helder, waiting on weather

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	18	23	25	30	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	

Weather Forecast

A frontal trough clears the S North Sea this morning, with showery troughs drifting ESE astern, mainly affecting the N/E North Sea, as Storm Isha moves into the Norwegian Sea. The troughs fill into tomorrow as a transient ridge moves E across the North Sea. The ridge clears E as a frontal trough moves E into the North Sea tomorrow PM. The front clears overnight into Weds, with showery troughs following over the NNS.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	191.60	0.00	0.90	190.70	11.70	m³
	84.40	0.00	3.90	80.50	39.20	m³
	513.00	0.00	2.00	511.00	13.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Amended Fuel Oil in Liquids Status in DDPR9

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 22/01/2024	Roger Deutz OCR — 22/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	11	**Date:**	22/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside in Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	2	/	2
Cross Department Tour	0	/	1
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	4	/	52
Daily HOD Meetings	0	/	2
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	3420
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

• MEDIVAC and ISPS drills

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	239:30	90.72%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	5.11%
Transit	00:00	/	11:00	4.17%
Total	24:00	/	264:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Alongside in Den Helder, waiting on weather

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	25	20	18	22	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	W	

Weather Forecast

Showery troughs, associated with Storm Isha, clear the eastern North Sea this morning with a transient ridge following astern. Frontal troughs, associated with Storm Jocelyn, cross the North Sea through this afternoon and evening, clearing into Scandinavia tomorrow as Storm Jocelyn moves NE across the Faroe Islands into the Norwegian Sea. A second transient ridge moves east across the North Sea tomorrow night into Thursday.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	190.70	0.00	0.90	189.80	12.60	m^3
	80.50	0.00	3.90	76.60	43.10	m^3
	511.00	0.00	72.00	439.00	85.00	L

Client Rep Comments

OCR requests closer liaison at higher PM level between Fugro and Neptune to assess the weather forecast in order to optimize the workability and to align all stakeholders

Party Chief Comments

Assessing weather forecast for next survey operation opportunity

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 23/01/2024	Roger Deutz OCR — 23/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	12	**Date:**	23/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside in Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	2
Cross Department Tour	0	/	1
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	4	/	56
Daily HOD Meetings	0	/	2
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	3732
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	263:30	91.49%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	4.69%
Transit	00:00	/	11:00	3.82%
Total	24:00	/	288:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Alongside in Den Helder, waiting on weather. Arrival of Van Veen Grab (grab sampler)

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	18	12	25	25	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	W	

Weather Forecast

Frontal troughs, associated with Storm Jocelyn, clear the eastern North Sea this morning as the storm tracks NE across the southern Norwegian Sea. A transient ridge moves east across the British Isles tonight and the North Sea through tomorrow with a series of frontal troughs, associated with a new deep Atlantic low, following astern.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	189.80	0.00	0.90	188.90	13.50	m^3
	76.60	0.00	3.80	72.80	46.90	m^3
	439.00	0.00	0.00	439.00	85.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 24/01/2024	Roger Deutz OCR — 24/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	13	**Date:**	24/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside in Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	2
Cross Department Tour	0	/	1
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	6	/	62
Daily HOD Meetings	0	/	2
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	4044
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	287:30	92.15%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	4.33%
Transit	00:00	/	11:00	3.53%
Total	24:00	/	312:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description

DOME

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Alongside Den Helder, waiting on weather. OCR backs onboard

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	25	27	15	15	
Sig Wave	m	-	-	-	-	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	W	

Weather Forecast

A transient ridge moves east across the North Sea this morning, ahead of a fragmented frontal trough with a deeper frontal trough following astern through tonight and tomorrow morning. The trough clears east across Denmark through the afternoon as a ridge builds NNE across the North Sea from high pressure across NW France. The ridge weakens into Saturday as the high drifts east.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	188.90	0.00	0.90	188.00	14.40	m³
	72.80	0.00	3.60	69.20	50.50	m³
	439.00	0.00	0.00	439.00	85.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 25/01/2024	Roger Deutz OCR — 25/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	14	**Date:**	25/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Alongside in Den Helder				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	2
Cross Department Tour	0	/	1
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	7	/	69
Daily HOD Meetings	1	/	3
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	4356
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	22:30	/	310:00	92.26%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	4.02%
Transit	00:00	/	11:00	3.27%
Deployment / Recovery	00:20	/	00:20	0.10%
Line Turn	00:20	/	00:20	0.10%
Downtime Equipment	00:50	/	00:50	0.25%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Total	24:00	/	336:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	07:00	07:00	Waiting on weather	Alongside Den Helder, waiting on weather
07:00	15:00	08:00	Waiting on weather	Transit to work area during marginal weather
15:00	22:30	07:30	Waiting on weather	Weather improved but still marginal, decided to deploy equipment. TBT - Equipment deployed. MBES recce lines during marginal weather, while waiting for workable weather condition (16:05-17:23)
22:30	22:50	00:20	Deployment / Recovery	Deploying equipment. All equipment deployed
22:50	23:10	00:20	Line Turn	Run-in to the survey line
23:10	24:00	00:50	Downtime Equipment	Scanfish depth sensor failure at 23:10. Start investigation of scanfish depth sensor failure. Weather condition is marginal, but probably workable in one direction

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	10	12	24	25	
Sig Wave	m	-	1.7	1.6	1.6	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	

Weather Forecast

Frontal troughs, associated with a deep low off Iceland, move east across the North Sea this morning and then across Scandinavia this afternoon. High pressure off Brest, amplifies a ridge NNE across the North Sea astern the troughs and which then broadens as the high drifts east across France and southern Germany. The ridge clears east across Denmark through tomorrow establishing a strong S'ly airflow across the North Sea.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	188.00	0.00	2.00	186.00	16.40	m^3

DOME

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	69.20	4.60	3.20	70.60	53.70	m³
	439.00	0.00	0.00	439.00	85.00	L

Client Rep Comments

Today in the Daily Progress Meeting onboard it appeared the team, including Captain and PC were unaware the Geotechnical part of the project and the EBS project part had been swapped in the timeline. This decision has been made a number of days ago. In order to avoid these situations we recommend Fugro to include the Fugro Party Chief into the online weekly Teams progress meetings

The transit time to site in this DPR is labelled as Waiting on Weather; In my view it is an operational activity

Party Chief Comments

Fugro Representative

Francesco Lucenti Party Chief	26/01/2024

Client Representative

Roger Deutz OCR	26/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	15	**Date:**	26/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Fugro Frontier at work area (L7-17 to TP001 ST58.2), waiting on weather				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	2
Cross Department Tour	0	/	1
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	6	/	75
Daily HOD Meetings	1	/	4
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	4668
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	22:45	/	332:45	92.43%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	3.75%
Transit	00:00	/	11:00	3.06%
Downtime Equipment	01:15	/	02:05	0.58%
Deployment / Recovery	00:00	/	00:20	0.09%
Line Turn	00:00	/	00:20	0.09%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Total	24:00	/	360:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	01:15	01:15	Downtime Equipment	Investigation of scanfish system failure and spike in the depth sensor. Investigation done during marginal weather. Hs 1.6m and wind 23kts
01:15	24:00	22:45	Waiting on weather	TBT - Equipment recovery. Weather conditions became bad, wind 25kts and 1.7m. All equipment recovered, stand by weather at work area

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	0.0	km	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	38	44	25	24	
Sig Wave	m	2.8	3.8	2.8	2.3	
Wind Direction	Coords	SW	W	W	W	

Weather Forecast

High pressure drifts E across S Germany, whilst extending the ridge NW-NNW across the North Sea. The ridge declines SE tomorrow afternoon as a frontal trough approaches the Northern Isles from the west. The frontal trough then drifts E over the N North Sea tomorrow night.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	186.00	0.00	1.40	184.60	17.80	m^3
	70.60	6.40	3.30	73.70	57.00	m^3
	439.00	0.00	0.00	439.00	85.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Investigation of scanfish depth sensor failure performed during marginal weather, Hs 1.6m and wind 23kts

Fugro Representative

Francesco Lucenti

Francesco Lucenti Party Chief	27/01/2024

Client Representative

Roger Deutz OCR	27/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	16	**Date:**	27/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Fugro Frontier at work area (L7-17 to TP001 ST58.2)				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	0
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	1	/	3
Cross Department Tour	1	/	2
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	7	/	82
Daily HOD Meetings	1	/	5
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	4980
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

- Cross Departmental Tour: Engine room, changing room, dry store, water store, garbage store and galley
- Drill: MOB drill

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	11:56	/	344:41	89.76%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	3.52%
Transit	00:00	/	11:00	2.86%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.54%
Deployment / Recovery	01:15	/	01:35	0.41%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Line Turn	01:12	/	01:32	0.40%
Geophysical Acquisition	06:56	/	06:56	1.81%
Rerun for Weather	02:41	/	02:41	0.70%
Total	24:00	/	384:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	10:00	10:00	Waiting on weather	Waiting on weather at site. Hs up to 2.0 m and Wind up to 22kts
10:00	10:45	00:45	Waiting on weather	While waiting on weather, vessel performed speed performance trial
10:45	11:56	01:11	Waiting on weather	TBT - equipment deployment. While waiting on weather, decided to run scanfish test flight after replacing depth sensor and mag noise test. Hs up to 2.0m and wind up to 23m
11:56	14:44	02:48	Geophysical Acquisition	Surveying SIT recce lines with scanfish. Data and scanfish positioning are very poor due to marginal weather. However scanfish poor data and positioning are good enough for the purpose of operation and find an area without any magnetic anomaly /target. Line surveyed MAG_CLR_07, MAG_CLR_01, MAG_CLR_05, MAG_CLR_03 and MAG_CLR_04
14:44	16:43	01:59	Rerun for Weather	Rerun SIT recce lines due to marginal weather with scanfish. Lines surveyed: MAG_CLR_07_R, MAG_CLR_05_R and MAG_CLR_05_R1
16:43	17:58	01:15	Deployment / Recovery	TBT - SSS deployment. Running to SIT recce lines with SSS
17:58	18:45	00:47	Geophysical Acquisition	Surveying SIT recce lines with SSS and scanfish. Line surveyed: MAG_CLR_02, MAG_CLR_06. Wind 21kts and Hs 1.6. Choppy sea
18:45	19:27	00:42	Rerun for Weather	Rerun SIT recce lines due to marginal weather. Line surveyed: MAG_CLR_06_R
19:27	20:20	00:53	Line Turn	Line turn to WL. Weather still marginal and choppy but improved Hs 1.4 Wind 21 kts
20:20	23:36	03:16	Geophysical Acquisition	NEL7001P01
23:36	23:55	00:19	Line Turn	Line turn
23:55	24:00	00:05	Geophysical Acquisition	NEL7009P01

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	0.0	km	0.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	28.3	28.3	km	12.8%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	22	23	21	25	
Sig Wave	m	2.1	1.9	1.6	1.4	

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	W	WSW	SW	S	

Weather Forecast

A ridge extending NW across the North Sea declines SE this afternoon as a frontal trough approaches Northern UK from the west. The frontal trough then drifts SE over the N North Sea tonight, lying ENE over the Central North Sea tomorrow afternoon as ridge builds ENE across the N North Sea.

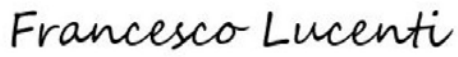
Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	184.60	0.00	1.90	182.70	19.70	m^3
	73.70	5.50	4.10	75.10	61.10	m^3
	439.00	0.00	0.00	439.00	85.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative



Francesco Lucenti Party Chief	28/01/2024

Client Representative

Roger Deutz OCR	28/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	17	**Date:**	28/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Fugro Frontier at work area (L7-17 to TP001 ST58.2)				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	1	/	1
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	3
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	9	/	91
Daily HOD Meetings	1	/	6
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	5292
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

HOC_24.0007 - Positive Observation - Very clean environment and well maintained equipment

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	03:31	/	348:12	85.34%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	3.31%
Transit	00:00	/	11:00	2.70%
Geophysical Acquisition	09:37	/	16:33	4.06%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.66%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.51%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	01:57	/	03:32	0.87%
Line Turn	08:55	/	10:27	2.56%
Total	24:00	/	408:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	00:43	00:43	Waiting on weather	NEL7002P01. Line aborted due to marginal weather. Data marginal
00:43	03:31	02:48	Waiting on weather	Transit to W side of the area during marginal weather. Hs 2.1m and Wind 25kts
03:31	06:52	03:21	Geophysical Acquisition	NEL7002P01. Surveying lines in one direction from W to E with the weather
06:52	07:34	00:42	Line Turn	Due to marginal weather and weather coming from S, decided to move to XLs as the line are short and in the same direction of the weather. Hs 2.2m wind 27kts from S
07:34	07:41	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7023P01
07:41	08:11	00:30	Line Turn	Line turn
08:11	08:17	00:06	Geophysical Acquisition	NEL7023R01 - Rerun line due to offtrack
08:17	09:00	00:43	Line Turn	Line turn
09:00	09:07	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7022P01
09:07	09:33	00:26	Line Turn	Line turn
09:33	09:39	00:06	Geophysical Acquisition	NEL7021P01
09:39	10:07	00:28	Line Turn	Line turn
10:07	10:14	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7020P01
10:14	10:39	00:25	Line Turn	Line turn
10:39	10:45	00:06	Geophysical Acquisition	NEL7019P01
10:45	11:42	00:57	Line Turn	Line turn
11:42	11:50	00:08	Geophysical Acquisition	NEL7018P01
11:50	12:16	00:26	Line Turn	Line turn
12:16	12:23	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7017P01
12:23	12:48	00:25	Line Turn	Line turn
12:48	12:56	00:08	Geophysical Acquisition	NEL7016P01
12:56	13:36	00:40	Line Turn	Line turn
13:36	13:45	00:09	Geophysical Acquisition	NEL7015P01
13:45	14:11	00:26	Line Turn	Line turn
14:11	14:18	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7014P01
14:18	14:44	00:26	Line Turn	Line turn
14:44	14:53	00:09	Geophysical Acquisition	NEL7013P0
14:53	15:20	00:27	Line Turn	Line turn
15:20	15:27	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7012P01
15:27	15:52	00:25	Line Turn	Line turn
15:52	15:54	00:02	Geophysical Acquisition	NEL7011P01
15:54	16:21	00:27	Line Turn	Line turn
16:21	16:28	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7011P02. Rerun due to vessel offtrack
16:28	16:55	00:27	Line Turn	Line turn
16:55	17:02	00:07	Geophysical Acquisition	NEL7010P01
17:02	18:59	01:57	Deployment / Recovery	TBT- Recovery equipment. Assessing weather condition for SIT operation. Weather too marginal for SIT operations. SSS deployment. Continue survey operation with WL
18:59	22:18	03:19	Geophysical Acquisition	NEL7003P01
22:18	22:53	00:35	Line Turn	Line turn
22:53	24:00	01:07	Geophysical Acquisition	NEL7004P01B

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	7.0	7.0	km	20.2%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	70.2	98.5	km	44.5%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	27	25	28	28	
Sig Wave	m	1.5	1.8	1.8	1.8	
Wind Direction	Coords	S	S	S	S	

Weather Forecast

A frontal trough lies ENE across the Central North Sea, whilst a ridge builds ENE across the N North Sea. The shallow parent low then moves NE over the UK through tomorrow to lie over the Central North Sea by the evening and drives another trough E across the German Bight. These clear ENE across Denmark tomorrow night as a ridge orientated NNE, drifts ESE across the North Sea.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	182.70	0.00	1.90	180.80	21.60	m³
	75.10	6.40	3.70	77.80	64.80	m³
	439.00	0.00	0.00	439.00	85.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Transit during marginal weather with Hs>1.5m and/or with wind>20kts and poor data quality into the weather is reported as waiting on weather as no geophysical operation could be conducted due to weather

Fugro Representative	Client Representative
Francesco Lucenti	
Francesco Lucenti Party Chief — 29/01/2024	Roger Deutz OCR — 29/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	18	**Date:**	29/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Fugro Frontier at work area (L7-17 to TP001 ST58.2)				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	1
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	0
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	3
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	8	/	99
Daily HOD Meetings	1	/	7
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	0
Crew Hours	312	/	5604
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	348:12	80.60%
Geophysical Acquisition	21:43	/	38:16	8.86%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	3.13%
Transit	00:00	/	11:00	2.55%
Line Turn	01:30	/	11:57	2.77%
Deployment / Recovery	00:47	/	04:19	1.00%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.62%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.48%
Total	24:00	/	432:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	02:14	02:14	Geophysical Acquisition	Continuing survey NEL7004P01B
02:14	02:44	00:30	Line Turn	Line turn
02:44	06:25	03:41	Geophysical Acquisition	NEL7004P01A
06:25	06:56	00:31	Line Turn	Line turn
06:56	10:53	03:57	Geophysical Acquisition	NEL7006P01
10:53	11:40	00:47	Deployment / Recovery	TBT - Recovery equipment. All equipment on deck
11:40	21:17	09:37	Geophysical Acquisition	TBT - surrogate deployment. Surrogate position recce with SSS and MBES. SIT operation with scan fish (surveyed 7 lines)
21:17	21:46	00:29	Line Turn	SIT completed - run-in to route survey line (CL)
21:46	24:00	02:14	Geophysical Acquisition	NEL7005P01A

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	17.5	24.5	km	70.6%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	74.0	172.5	km	77.9%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	14	13	20	12	
Sig Wave	m	1.3	0.9	0.8	0.8	
Wind Direction	Coords	S	S	S	S	

Weather Forecast

A shallow low and associated frontal trough drifts NE across the North Sea. The low moves E across N Denmark this evening, driving a weak trough across the German Bight. These clear tonight as a ridge orientated NNE, drifts ESE across the North Sea. Tomorrow, a deep low moves E over the Faroes & drives an active frontal trough SE across the N Isles, continuing then across the North Sea overnight into Thursday.

Liquids Status

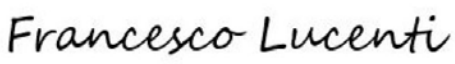
Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	180.80	0.00	1.60	179.20	23.20	m³
	77.80	6.60	4.60	79.80	69.40	m³
	439.00	0.00	6.00	433.00	91.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Lines NEL7003P01, NEL7004P01A and NEL7004P01B surveyed with offset 37.5m instead than 50m

Fugro Representative



Francesco Lucenti Party Chief	30/01/2024

Client Representative

Roger Deutz OCR	30/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	19	**Date:**	30/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Fugro Frontier at work area (L7-17 to TP001 ST58.2)				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	1
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	1	/	1
HOC - Suggestion	0	/	1
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	3
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	9	/	108
Daily HOD Meetings	1	/	8
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	1	/	1
Crew Hours	312	/	5916
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

- General Safety meeting
- HOC_24.0008 - Unsafe Condition - Helmet on board does not cover any lateral impact

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	05:25	/	353:37	77.55%
Geophysical Acquisition	12:46	/	51:02	11.19%
Mobilisation Alongside	00:00	/	13:30	2.96%
Line Turn	02:49	/	14:46	3.24%
Transit	02:32	/	13:32	2.97%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:28	/	04:47	1.05%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.59%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.46%
Total	24:00	/	456:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	01:18	01:18	Geophysical Acquisition	NEL7005P01A
01:18	01:45	00:27	Line Turn	Line turn
01:45	05:09	03:24	Geophysical Acquisition	NEL7007P01
05:09	05:36	00:27	Line Turn	Line turn
05:36	08:28	02:52	Geophysical Acquisition	NEL7008P01
08:28	09:16	00:48	Line Turn	Line turn
09:16	10:07	00:51	Geophysical Acquisition	NEL7008P02
10:07	10:36	00:29	Line Turn	Line turn
10:36	10:38	00:02	Waiting on weather	Trying survey line into the weather. Line aborted due to marginal weather. Hs 1.7m and wind 26kts from SW
10:38	13:45	03:07	Waiting on weather	Transit to W side to try survey line with the weather from W to E. TBT - recovery towing survey equipment
13:45	14:44	00:59	Geophysical Acquisition	NEL7001J01 - MBES infill during transit to W
14:44	17:00	02:16	Waiting on weather	Assessing the weather Hs 2.0m. Wind is going down, decided to try to survey last WL with the weather and maggy piggy back. TBT - SSS and maggy piggy back setup and deployment
17:00	17:38	00:38	Line Turn	SSS deployed. Run-in to the survey line
17:38	21:00	03:22	Geophysical Acquisition	NEL7009P01A
21:00	21:28	00:28	Deployment / Recovery	TBT - deployment recovery equipment. All equipment on board
21:28	24:00	02:32	Transit	Transit to IJmuiden

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	10.2	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	76.5	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	8.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	0	12
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	26	0	0	26

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments

DOME

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	19	26	25	15	
Sig Wave	m	1.3	1.8	2.1	2.4	
Wind Direction	Coords	S	SW	NW	W	

Weather Forecast

Broad ridge across the southern North Sea collapses through today as a frontal trough is driven SE across the region whilst further trough cross the Northern North Sea. Tomorrow a ridge builds NNE across the North Sea but topples SE through tomorrow night into Friday as a new frontal trough moves across the eastern North Sea.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	179.20	0.00	3.00	176.20	26.20	m^3
	79.80	4.10	3.80	80.10	73.20	m^3
	433.00	0.00	0.00	433.00	91.00	L

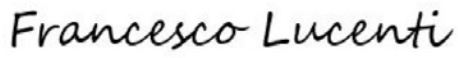
Client Rep Comments

Party Chief Comments

Lines NEL7003P01, NEL7004P01A and NEL7004P01B surveyed with offset 37.5m instead than 50m

- In order to coved SSS nadir, line NEL7009P01A was shifted 20m to N from the planned line NEL7009P01

Fugro Representative



Francesco Lucenti
Party Chief
31/01/2024

Client Representative

Roger Deutz
OCR
31/01/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	20	**Date:**	31/01/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Transit to IJmuiden. Alongside IJmuiden				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	1	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	1
HOC - Suggestion	1	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	3
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	0
Toolbox Talk	5	/	113
Daily HOD Meetings	1	/	9
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	312	/	6228
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	0
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	0	/	5
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

HOC_24.0009 - Positive Observation - Thanks for help and hospitality
HOC_24.0010 - Suggestion - Install and use intercom to communicate

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	353:37	73.67%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	10.63%
Line Turn	00:00	/	14:46	3.08%
Transit	09:00	/	22:32	4.69%
Mobilisation Alongside	15:00	/	28:30	5.94%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	1.00%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.56%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.43%
Total	24:00	/	480:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	09:00	09:00	Transit	Transit to IJmuiden
09:00	24:00	15:00	Mobilisation Alongside	Alongside IJmuiden, preparation of geotechnical mob during marginal weather at work area

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	12	0	1	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	1	0
Total	26	0	2	24

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Speed	Knots	15	15	22	21	
Sig Wave	m	1.5	-	-	-	
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	

Weather Forecast

A frontal trough tracks SE across the North Sea this evening, clearing into mainland Europe tomorrow morning. A ridge builds NNE across the North Sea astern, though with showery troughs moving ESE across the N North Sea in the ridge's N flank. The ridge topples SE tomorrow night as a new frontal trough moves across the North Sea, clearing into Denmark later on Friday. Further minor troughs follow in its wake.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	176.20	0.00	0.90	175.30	27.10	m³
	80.10	0.00	3.50	76.60	76.70	m³
	433.00	0.00	0.00	433.00	91.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

OCR and TC signed-off Frontier
Completion Certificate for WP2 and WP3 accepted and signed by OCR

Fugro Representative

Francesco Lucenti Party Chief	01/02/2024

Client Representative

Roger Deutz OCR	01/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	21	**Date:**	01/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Midnight position: 52° 27.8′ N 004°35.0′ E Alongside Ijmuiden				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	1
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	3
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	1	/	1
Toolbox Talk	4	/	117
Daily HOD Meetings	1	/	10
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	1
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	312	/	6540
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	3	/	3
Workpack Review	0	/	0
Permit to Work	1	/	6
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

1 Internal Audit (ISM, MLC, ISPS, ISO 14001, ISO 45001)

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	353:37	70.16%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	10.13%
Mobilisation Alongside	15:00	/	43:30	8.63%
Transit	00:00	/	22:32	4.47%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.93%
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	0.95%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.53%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.41%
Crew Change	09:00	/	09:00	1.79%
Total	24:00	/	504:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	08:00	08:00	Mobilisation Alongside	Mobilising for the Geotechnical phase of this project
08:00	17:00	09:00	Crew Change	Crew change and mobilisation activities
17:00	24:00	07:00	Mobilisation Alongside	Mobilising for the Geotechnical phase of this project

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	11	11	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	0	0	0	0
Total	24	11	11	24

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	W	W	W	W	
Wind Speed	Knots	15	15	15	15	

Weather Forecast

Between low pressure over the Norwegian Sea and high pressure over the Bay of Biscay, maintain a mainly W'ly airflow within which elements of fragmented troughs become embedded. A more active trough moves ESE across the Northern Isles and northern North through tomorrow with another trough affecting the southern North Sea through tomorrow night into Sunday.

WARNINGS: WINDS 25-30kt. HSIG 2.5-3.0m

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	175.30	0.00	0.90	174.40	28.00	m³
	76.60	0.00	8.80	67.80	85.50	m³
	433.00	0.00	0.00	433.00	91.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

02/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune representative

02/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	22	**Date:**	02/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Midnight position: 52° 27.8′ N 004°35.0′ E Alongside Ijmuiden				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	1
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	3	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	1
Toolbox Talk	4	/	121
Daily HOD Meetings	1	/	11
Crew Led Kick-Off Meeting	1	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	288	/	6828
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	0
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	8	/	8
Permit to Work	1	/	7
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Conducted 3 vessel drills: Fire, Abandon, ISPS

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	06:00	/	359:37	68.11%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	9.67%
Mobilisation Alongside	18:00	/	61:30	11.65%
Transit	00:00	/	22:32	4.27%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.80%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.70%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	0.91%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.51%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.39%
Total	24:00	/	528:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	18:00	18:00	Mobilisation Alongside	Mobilisation activities fort the Geotechnical workscope of this project
18:00	24:00	06:00	Waiting on weather	Weather standby alongside Ijmuiden

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	0	0	0	0
Total	24	0	0	24

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	in port
Wind Speed	Knots	20	20	20	20	

Weather Forecast

Between low pressure over the Norwegian Sea and high pressure over the Bay of Biscay, a mainly W-NW'ly airflow persists. Within which elements of a fragmented frontal trough become embedded this evening over the S North Sea and a more active frontal trough becomes embedded over the central North Sea tomorrow.

Showery troughs move E-SE across the N North Sea throughout.

WARNINGS: WINDS 22-27kt. HSIG 2.0-2.5m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit

DOME

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	174.40	0.00	0.90	173.50	28.90	m³
	67.80	0.00	6.80	61.00	92.30	m³
	433.00	0.00	0.00	433.00	91.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

From 1800 we consider the mobilisation of the geotechnical equipment completed.

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief
03/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative
03/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	23	**Date:**	03/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Midnight position: 52° 27.8′ N 004°35.0′ E Alongside Ijmuiden				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	1
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	1
Toolbox Talk	3	/	124
Daily HOD Meetings	1	/	12
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	288	/	7116
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	1	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	7
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	383:37	69.50%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	11.14%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	9.25%
Transit	00:00	/	22:32	4.08%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.68%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.63%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	0.87%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.49%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.38%
Total	24:00	/	552:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Waiting on weather in Ijmuiden

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	0	0	0	0
Total	24	0	0	24

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	In port
Wind Speed	Knots	20	20	20	20	

Weather Forecast

A ridge extending NNE over the SW North Sea weakens as a frontal trough deepens ESE across the Central North Sea into the German Bight. Meanwhile showery troughs move ESE across the Northern Isles/N North Sea. The showery troughs fill tomorrow morning as the frontal trough moves NE into the N North Sea. Into Tuesday a shallow low develops on the trough as it begins to move S again into the Central North Sea

WARNINGS: WINDS 30-35kts. HSIG 3.5-4.0m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	173.50	0.00	0.90	172.60	29.80	m^3

DOME

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	61.00	0.00	6.00	55.00	98.30	m³
	433.00	0.00	0.00	433.00	91.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

04/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

04/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	24	**Date:**	04/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Midnight position: 52° 27.8′ N 004°35.0′ E Alongside Ijmuiden				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	1
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	1
Toolbox Talk	3	/	127
Daily HOD Meetings	1	/	13
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	288	/	7404
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	7
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	407:37	70.77%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	10.68%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	8.86%
Transit	00:00	/	22:32	3.91%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.56%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.56%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	0.83%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.47%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.36%
Total	24:00	/	576:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Waiting on weather in Ijmuiden

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	0	0	0	0
Total	24	0	0	24

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	
Wind Speed	Knots	20	20	20	20	

Weather Forecast

A frontal trough lies NW-SE across the North Sea from Scotland to the German Bight, with a weak ridge extending NNE over the SW North Sea to its S. The frontal trough moves slowly NE towards the N North Sea today, then sinks back S across the North Sea tomorrow, driven by a deepening low moving ESE across the Northern Isles into the Skagerrak. The frontal trough clears across the SW North Sea on Wednesday.

WARNINGS: WINDS 25-30kts. HSIG 3.0-3.5m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	172.60	0.00	0.40	172.20	30.20	m³

DOME

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	55.00	0.00	0.00	55.00	98.30	m³
	433.00	0.00	0.00	433.00	91.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

05/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

05/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	25	**Date:**	05/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Midnight position: 52° 27.8′ N 004°35.0′ E Alongside Ijmuiden				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	1
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	1
Toolbox Talk	3	/	130
Daily HOD Meetings	0	/	13
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	288	/	7692
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	1	/	8
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	431:37	71.94%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	10.25%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	8.51%
Transit	00:00	/	22:32	3.76%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.46%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.50%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	0.80%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.45%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.35%
Total	24:00	/	600:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Weather standby in IJmuiden

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	0	0	0	0
Total	24	0	0	24

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	
Wind Speed	Knots	25	25	25	25	

Weather Forecast

A frontal trough lies W-E from Hull to N Germany, and drifts SSE across the S'ern North Sea tonight as the parent low swings ESE over the N North Sea. The low clears over SW Norway this evening, before the trough clears over the Low Countries tonight. Tomorrow a shallow low drifts SE across the Northern Isles, driving showery troughs SE across the N/Central North Sea. From Thursday, deep low approaches the UK from SW.

WARNINGS: WINDS 30-35kts. HSIG 3.5-4.0m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	172.20	0.00	0.70	171.50	30.90	m³

DOME

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	55.00	0.00	4.70	50.30	103.00	m³
	433.00	0.00	3.00	430.00	94.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

06/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

06/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	26	**Date:**	06/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Midnight position: 52° 27.8′ N 004°35.0′ E Alongside Ijmuiden				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	1
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	1	/	2
Toolbox Talk	4	/	134
Daily HOD Meetings	0	/	13
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	7992
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	1	/	9
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Crane inspection

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	24:00	/	455:37	73.02%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	9.86%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	8.18%
Transit	00:00	/	22:32	3.61%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.37%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.44%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	0.77%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.43%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.33%
Total	24:00	/	624:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	24:00	24:00	Waiting on weather	Waiting on weather in Ijmuiden

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	0	1	0	1
Total	24	1	0	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	NW	
Wind Speed	Knots	25	35	35	12	

Weather Forecast

A shallow low drifts SE across the N North Sea, driving showery troughs SE across the N/Central North Sea,

before clearing across Denmark later today. Meanwhile, a slack pressure gradient develops over the SW

North Sea. Tomorrow a col forms over the N/Central North Sea, as a deep frontal trough moves NE across

the SW North Sea. The frontal trough edges further N-NNE across the North Sea on Friday.

WARNINGS: HSIG 2.5-3.0m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	171.50	0.00	0.80	170.70	31.70	m³

DOME

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	50.30	0.00	4.90	45.40	107.90	m³
	430.00	0.00	0.00	430.00	94.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

07/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

07/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	27	**Date:**	07/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 53°31'14.88"N 04°18'33.92"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	1	/	2
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	7	/	141
Daily HOD Meetings	1	/	14
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	8292
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	9
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

HOC_24.0011 - Unsafe Condition - New washing detergent system doesn't offer option for people with sensitive skin

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	13:20	/	468:57	72.37%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	9.49%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	7.88%
Transit	00:00	/	22:32	3.48%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.28%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.39%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Deployment / Recovery	00:00	/	04:47	0.74%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.41%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.32%
Crew Change Transit	10:40	/	10:40	1.65%
Total	24:00	/	648:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	08:00	08:00	Waiting on weather	Weather standby in Ijmuiden
08:00	18:40	10:40	Crew Change Transit	Transit from Ijmuiden to worksite
18:40	24:00	05:20	Waiting on weather	Waiting on weather on site

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	0	0	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	N	N	N	N	
Sig Wave	m	0	2.3	1.8	1.6	
Wind Speed	Knots	12	12	10	10	

Weather Forecast

A showery trough moving ESE across the N North Sea fills, as a col forms over the N/Central North Sea.

Meanwhile, a deep slow-moving frontal trough moves NNE over the SW North Sea. The frontal trough edges

further N across the Central/N North Sea tomorrow, as a showery trough moves NNE astern, across the SW

North Sea. The frontal trough continues NNW-N towards the Northern Isles on Saturday morning.

WARNINGS: WINDS 30-35kts. HSIG 2.0-2.5m. VISIBILITY REDUCED BY SNOW. FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	170.70	0.00	2.40	168.30	34.10	m³
	45.40	4.80	4.70	45.50	112.60	m³
	430.00	0.00	0.00	430.00	94.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

08/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

08/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	28	**Date:**	08/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 52°51'29.52"N 04°36'29.70"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	2
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	7	/	148
Daily HOD Meetings	1	/	15
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	8592
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	9
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	09:40	/	478:37	71.22%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	9.15%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	7.59%
Transit	00:00	/	22:32	3.35%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.20%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.59%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Crew Change	00:00	/	09:00	1.34%
Deployment / Recovery	02:23	/	07:10	1.07%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.40%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.31%
Geotechnical - CPT	05:34	/	05:34	0.83%
Transit and setup on DP between locations	06:23	/	06:23	0.95%
Total	24:00	/	672:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	01:25	01:25	Waiting on weather	Waiting for swell to come down at the project site
01:25	02:20	00:55	Deployment / Recovery	Deployment of CPT from deck to side of the vessel
02:20	03:26	01:06	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT001P1
03:26	04:21	00:55	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT002P1
04:21	04:47	00:26	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT002P1
04:47	05:27	00:40	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT008P1
05:27	05:58	00:31	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT008P1
05:58	06:34	00:36	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT009P1
06:34	07:04	00:30	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT009P1
07:04	07:42	00:38	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT010P1
07:42	08:07	00:25	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT010P1
08:07	08:44	00:37	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT0011P1
08:44	09:07	00:23	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT011P1
09:07	10:19	01:12	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT003P1, strong current causing some delay in setting up on DP
10:19	10:38	00:19	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT003P1
10:38	11:02	00:24	Deployment / Recovery	Recovering CPT to deck to cross live pipeline
11:02	11:22	00:20	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT005P1
11:22	11:55	00:33	Deployment / Recovery	Deployment of CPT from Deck to side of vessel
11:55	12:27	00:32	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT005P1
12:27	12:51	00:24	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT004P1
12:51	13:17	00:26	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT004P1
13:17	13:46	00:29	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT012P1
13:46	14:14	00:28	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT012P1
14:14	14:46	00:32	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT006P1
14:46	15:14	00:28	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT006P1
15:14	15:45	00:31	Deployment / Recovery	Recovering CPT from side to deck and recovering all other survey sensors before transit
15:45	24:00	08:15	Waiting on weather	Transit to Shelter location near Den Helder

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%

DOME

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	0	0	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	1.5	1.4	1.4	1.4	
Wind Direction	Coords	N	NE	E	E	
Wind Speed	Knots	10	15	25	25	

Weather Forecast

A low W of Ireland drives a deep frontal trough N across the North Sea today, with a showery trough moving NNE astern tonight. The low moves ESE across the Celtic Sea tomorrow, as the frontal trough clears N towards the Northern Isles. Tomorrow night another frontal trough moves N across the SW North Sea, with a shallow low centre developing on this trough over the S North Sea Sunday morning.

WARNINGS: WINDS 22-27kts. HSIG 2.0-2.5m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	168.30	0.00	2.30	166.00	36.40	m³
	45.50	0.00	1.40	44.10	114.00	m³
	430.00	0.00	74.00	356.00	168.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks Party Chief	09/02/2024

Client Representative

Roger Deutz Neptune Energy Representative	09/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	29	**Date:**	09/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 52°51'29.52"N 04°36'29.70"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	2
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	5	/	153
Daily HOD Meetings	1	/	16
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	8892
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	1	/	10
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	15:00	/	493:37	70.92%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	8.84%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	7.33%
Transit	00:00	/	22:32	3.24%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.12%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.53%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Crew Change	00:00	/	09:00	1.29%
Deployment / Recovery	00:00	/	07:10	1.03%
Transit and setup on DP between locations	00:00	/	06:23	0.92%
Geotechnical - CPT	00:00	/	05:34	0.80%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.39%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.30%
Standby Other	09:00	/	09:00	1.29%
Total	24:00	/	696:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	06:10	06:10	Waiting on weather	Weather standby on shelter location near Den Helder
06:10	08:15	02:05	Waiting on weather	Transit to Den Helder during adverse weather conditions
08:15	15:00	06:45	Waiting on weather	Weather standby in Den Helder, changing master
15:00	24:00	09:00	Standby Other	Due to requirement of rest hours alongside in Den Helder

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	1	1	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	1	1	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	0.5	0	0	0	
Wind Direction	Coords	E	SW	SW	SW	
Wind Speed	Knots	15	20	10	10	

Weather Forecast

A complex deep low lies over the Celtic Sea, driving frontal/showery troughs N across the North Sea. A series

of brief shallow low centres form within the eastern flank of the low at times and move NNW across eastern

UK/W North Sea. The remainder of these lows clear N tomorrow night, with a SW-W'ly flow developing over

Weather Forecast

the North Sea astern with showery troughs embedded within.

WARNINGS: FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	166.00	0.00	0.90	165.10	37.30	m³
	44.10	0.00	4.90	39.20	118.90	m³
	356.00	0.00	0.00	356.00	168.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

10/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

10/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	30	**Date:**	10/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 53°03'05.72"N 04°34'49.04"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	2
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	7	/	160
Daily HOD Meetings	1	/	17
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	9192
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	10
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	493:37	68.56%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	8.54%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	7.09%
Transit	06:40	/	29:12	4.06%
Line Turn	00:00	/	14:46	2.05%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.48%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Crew Change	00:00	/	09:00	1.25%
Standby Other	06:50	/	15:50	2.20%
Deployment / Recovery	01:07	/	08:17	1.15%
Transit and setup on DP between locations	01:19	/	07:42	1.07%
Geotechnical - CPT	01:17	/	06:51	0.95%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.37%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.29%
Mode change from CPT to Vibrocore	06:47	/	06:47	0.94%
Total	24:00	/	720:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	06:50	06:50	Standby Other	Due to requirement of rest hours alongside in Den Helder
06:50	13:30	06:40	Transit	Transit from Den Helder to work site
13:30	13:58	00:28	Deployment / Recovery	Deployment of HIPAP, take SVP, set up on DP
13:58	14:14	00:16	Deployment / Recovery	Deployment of CPT from deck to side of ship
14:14	14:47	00:33	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT013P1
14:47	15:31	00:44	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT007P1
15:31	15:55	00:24	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT007P1
15:55	16:30	00:35	Transit and setup on DP between locations	vessel move to position NERSBCPT014P1
16:30	16:50	00:20	Geotechnical - CPT	CPT test #1 at NERSBCPT014P1
16:50	17:13	00:23	Deployment / Recovery	Recovering CPT to deck, recovering all other survey equipment, and secure deck for transit
17:13	24:00	06:47	Mode change from CPT to Vibrocore	Transit to port for mode change in economical speed to arrive in port at daylight

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	14.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	0	0	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments

DOME

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	0	1.4	1.3	1.0	
Wind Direction	Coords	SE	SE	SE	SE	
Wind Speed	Knots	11	11	11	11	

Weather Forecast

A complex area of low pressure lies over the British Isles, with one low centre and associated frontal trough moving N across the North Sea and another centre and associated showery troughs moving E across the Channel. This area of low pressure clears N tonight with a SW-W'ly airflow developing across the North Sea astern with showery troughs embedded within.

WARNINGS: FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	165.10	0.00	2.30	162.80	39.60	m³
	39.20	3.80	5.60	37.40	124.50	m³
	356.00	0.00	0.00	356.00	168.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

11/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

11/02/2024

DOME

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	31	**Date:**	11/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 53°32'22.38"N 04°42'18.97"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	2
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	8	/	168
Daily HOD Meetings	1	/	18
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	9492
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	1	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	03:50	/	497:27	66.86%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	8.27%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	6.86%
Transit	00:00	/	29:12	3.92%
Standby Other	00:00	/	15:50	2.13%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.98%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.43%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.21%
Deployment / Recovery	00:00	/	08:17	1.11%
Transit and setup on DP between locations	00:00	/	07:42	1.03%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.92%
Mode change from CPT to Vibrocore	19:10	/	25:57	3.49%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.36%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.28%
Disputed weather	01:00	/	01:00	0.13%
Total	24:00	/	744:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	07:50	07:50	Mode change from CPT to Vibrocore	Transit to port for mode change
07:50	14:00	06:10	Mode change from CPT to Vibrocore	Prepared Vibrocorer fof VC operations and demobilised CPT system
14:00	19:10	05:10	Mode change from CPT to Vibrocore	Transit to worksite
19:10	23:00	03:50	Waiting on weather	Waiting on weather on site to commence VC operations
23:00	24:00	01:00	Disputed weather	Vessel waiting on weather, unable to hold station due to wind heading, wave heading and current heading.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	0	0	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	0.6	0	1.8	1.4	
Wind Direction	Coords	E	SW	W	W	
Wind Speed	Knots	10	15	18	15	

Weather Forecast

DOME

Weather Forecast

A frontal trough lying over the N/E North Sea clears NE through this morning with a SW-W'ly flow developing across the North Sea astern with showery troughs embedded within. Tomorrow evening, a compact low and associated troughs move NE across England, continuing then across the North Sea overnight into Wednesday

WARNINGS: WINDS 22-27kts. HSIG 1.6-2.1m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	162.80	0.00	2.00	160.80	41.60	m³
	37.40	3.80	3.50	37.70	128.00	m³
	356.00	0.00	70.00	286.00	238.00	L

Client Rep Comments

The 1 hour Disputed Weather as administered in this DPR relates to the situation where this vessel could not maintain station on DP (And as a result could not perform it's designated task) within the Project Specific workable limits of: Hs<1.3m, Wind<20Kts and Water current<1 Kt.

The Hs as mentioned in this DPR by Fugro is measured with the SAR sensor on the bow of this vessel in dynamic circumstances. In my view and observations over numerous Fugro projects on various vessels this value bears limited relation with the absolute value of the Hs as calculated by the various static RWS Hs accelerometer buoys and/or weather model predictions

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief
12/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative
12/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	32	**Date:**	12/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position:53°31'43.25"N 04°22'19.42"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	2
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	2
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	8	/	176
Daily HOD Meetings	1	/	19
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	9792
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	497:27	64.77%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	8.01%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	6.64%
Transit	02:38	/	31:50	4.14%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	3.38%
Standby Other	00:00	/	15:50	2.06%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Line Turn	00:00	/	14:46	1.92%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.39%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.17%
Deployment / Recovery	06:12	/	14:29	1.89%
Transit and setup on DP between locations	01:09	/	08:51	1.15%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.89%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.35%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.27%
Disputed weather	12:27	/	13:27	1.75%
Geotechnical - Vibrocore	01:34	/	01:34	0.20%
Total	24:00	/	768:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	02:10	02:10	Disputed weather	Waiting for conditions to improve, several attempts to set up the DP to hold station.
02:10	05:15	03:05	Deployment / Recovery	Activities to prepare the vibro corer for deployment, getting ready to deploy
05:15	07:47	02:32	Disputed weather	Waiting for conditions to improve, several attempts to set up the DP to hold station.
07:47	10:25	02:38	Transit	Transit from NERSBVC014P1 location to Surrogate location
10:25	12:50	02:25	Deployment / Recovery	Surrogate recovery operations, Set up on DP, Released beacon, moved in to beacon, recovered all items to deck, cleaned up the deck, during deck cleanup the marine crew carried out a planned noise test on the bow thruster.
12:50	13:32	00:42	Deployment / Recovery	Deployment and preparation activities for the Vibrocorer
13:32	14:09	00:37	Geotechnical - Vibrocore	VC test #1 at NERSBVC001P1
14:09	14:40	00:31	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC002P1
14:40	15:13	00:33	Geotechnical - Vibrocore	VC test #1 at NERSBVC002P1
15:13	15:51	00:38	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC002P1
15:51	16:15	00:24	Geotechnical - Vibrocore	VC test #1 at NERSBVC008P1, no good recovery
16:15	24:00	07:45	Disputed weather	Unable to hold station, wind sometimes exceeding over 20 knots and gusting over 24 knots, but not constantly.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	2.0	2.0	Number	14.3%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1

DOME

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Total	25	0	0	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	1.2	1.1	1.1	1.3	According to L9 platform sensors
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	According to L9 platform sensors
Wind Speed	Knots	12	12	12	16	According to L9 platform sensors

Weather Forecast

A series of showery troughs move E across the C/N North Sea, whilst a weak ridge builds NW-NNW across the S North Sea. The ridge declines E this evening as a frontal trough with shallow compact low moves ENE across the C/S North Sea. A col develops over the N North Sea tomorrow morning, whilst the low clears E across Denmark, although further troughs follow across the S North Sea astern.

WARNINGS: WINDS 22-27kts. HSIG 2.0-2.5m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	160.80	0.00	1.60	159.20	43.20	m^3
	37.70	7.10	3.80	41.00	131.80	m^3
	286.00	0.00	0.00	286.00	238.00	L

Client Rep Comments

OCR questions the Fugro Frontier operability based on the parameters Hs, Windspeed and Water Current, mentioned in the SOW/PEP and compared to what was mentioned during the KOM; OCR experiences workable weather is based on two different sets of criteria: 1/ based on what is stated in the SOW/PEP/KOM a n d/ o r 2/ based on what Fugro onboard deems operable based on additional circumstances; OCR understands these circumstances are real, I see the struggle to maintain station, however it has certain consequences for Neptune that were not foreseen.

Party Chief Comments

OCR is disputing the validity of the measurements of the NorthStar weather station on board Fugro Frontier. At this moment clarifications are ongoing in order to clarify the questions regarding the NorthStar weather station. I dispute that the weather station data is invalid as it has been commisioned and maintained by the Fugro GEOS team, and the system has had a good track record over the past years and the data has never been disputed before. Team on board are merely users of the system and have no insight in the installed algorithms of the sensor corrections. In case Neptune Energy is interested in the fine details of this system the Fugro Management on shore can assist further.

OCR is disputing the contractual workability versus the actual workability of Fugro Frontier. This is a commercial discussion and needs to be taken out of the operational environment as it will not be resolved on board. operationally the team is operating the vessel to best possible performance .

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief
13/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative
13/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	33	**Date:**	13/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position:52°51'13.24"N 04°37'02.47"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	2
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	1	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	4	/	180
Daily HOD Meetings	1	/	20
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	300	/	10092
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	3
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Cross department tour: OCR went on a visit in the engine room with the chief engineer

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	13:00	/	510:27	64.45%
Mobilisation Alongside	00:00	/	61:30	7.77%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	6.44%
Transit	00:00	/	31:50	4.02%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	3.28%
Standby Other	00:00	/	15:50	2.00%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Line Turn	00:00	/	14:46	1.86%
Deployment / Recovery	00:00	/	14:29	1.83%
Disputed weather	00:00	/	13:27	1.70%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.35%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.14%
Transit and setup on DP between locations	00:00	/	08:51	1.12%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.86%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.34%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.26%
Geotechnical - Vibrocore	00:00	/	01:34	0.20%
Mobilisation Transit	11:00	/	11:00	1.39%
Total	24:00	/	792:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	13:00	13:00	Waiting on weather	Weather standby on site
13:00	24:00	11:00	Mobilisation Transit	Transit to Den Helder during adverse weather to take the opportunity to mobilise the environmental personnel and equipment

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	2.0	Number	14.3%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	0	0	11
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	0	0	25

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	1.4	1.7	1.4	1.3	According to L9 platform data
Wind Direction	Coords	SW	SW	SSW	S	According to L9 platform data
Wind Speed	Knots	22	16	21	21	According to L9 platform data

Weather Forecast

Low pressure in the N Atlantic drives a series of frontal troughs NE across the North Sea over the next couple

Weather Forecast

of days. The low centre slowly drifts ENE, sitting W of Ireland tomorrow morning, filling over the Western Isles

by the evening. Overnight into Friday, a new low centre forms in the N North Sea.

WARNINGS: HSIG 1.6-2.1m. FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	159.20	0.00	1.80	157.40	45.00	m^3
	41.00	3.50	4.30	40.20	136.10	m^3
	286.00	0.00	0.00	286.00	238.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro and Neptune Energy have agreed to combine the remaining geotechnical survey scope (12 vibro core locations) with the planned Environmental scope in order to achieve more flexibility during the operations at sea.

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

14/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

14/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	34	**Date:**	14/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position:52°57'35.42"N 04°46'32.09"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	2	/	4
HOC - Suggestion	0	/	2
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	5	/	185
Daily HOD Meetings	1	/	21
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	348	/	10440
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	4	/	7
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

HOC: Vessel approaching leading line into Den Helder port. Strong side currect than expected and gusting winds over 30 knots from same direction creating an excessive drift angle for vessel to stay on track.

HOC: During pre departure checks SB ASD was turning OK, but when testing propulsion there was an alarm and no reaction of thruster.

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	510:27	62.56%
Mobilisation Alongside	06:20	/	67:50	8.31%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	6.25%
Transit	00:00	/	31:50	3.90%

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	3.18%
Standby Other	00:00	/	15:50	1.94%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.81%
Deployment / Recovery	00:00	/	14:29	1.77%
Disputed weather	00:00	/	13:27	1.65%
Mobilisation Transit	12:10	/	23:10	2.84%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.31%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.10%
Transit and setup on DP between locations	00:00	/	08:51	1.08%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.84%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.33%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.26%
Geotechnical - Vibrocore	00:00	/	01:34	0.19%
Downtime Vessel	05:30	/	05:30	0.67%
Total	24:00	/	816:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	07:30	07:30	Mobilisation Transit	Transit to Den Helder to mobilise environmental equipment
07:30	10:20	02:50	Mobilisation Transit	Waiting on weather to enter the port
10:20	12:10	01:50	Mobilisation Transit	Entering the port of Den Helder to mobilise environmental team and equipment
12:10	18:30	06:20	Mobilisation Alongside	Mobilising for environmental scope
18:30	24:00	05:30	Downtime Vessel	During the departure checks it was found that the Starboard propulsion malfunctioned. Vessel waiting on repairs.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	2.0	Number	14.3%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	0.0	N°	0.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	11	4	0	15
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	25	4	0	29

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SW	SW	SW	SW	According to L9 platform data
Wind Speed	Knots	14	21	19	23	According to L9 platform data

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	1	1.3	1	1.1	According to L9 platform data

Weather Forecast

Low pressure in the N Atlantic drives a series of frontal troughs NE across the North Sea over the next couple of days. The low centre slowly drifts ENE, sitting W of Ireland this afternoon, filling during the evening.

Overnight, a new low centre forms in the N North Sea, deepening through tomorrow and drifting ESE into the Skagerrak. The low clears E into Saturday as a ridge builds N over the North Sea.

WARNINGS: FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	157.40	0.00	1.00	156.40	46.00	m³
	40.20	0.00	4.00	36.20	140.10	m³
	286.00	0.00	0.00	286.00	238.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief
15/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative
15/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	35	**Date:**	15/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position:53°32'17.48"N 04°42'16.14"E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	1	/	5
HOC - Suggestion	1	/	3
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	0	/	185
Daily HOD Meetings	0	/	21
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	348	/	10788
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	7
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

HOC: Suggestion - Navigator Port (IBM Notes) the software used for keeping Work and Rest hours onboard extending work hours by it's slow work. When you filling up the sheet in the software it's taking a lot of time for uploading the changes. Suggestion for IT Department or to use other software, or to increase the uploading speed of the present one.

HOC: Unsafe condition - 440V deck connection in DCC has been damaged and not reported. Housing is cracked exposing potentially live 440V wiring.

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	510:27	60.77%
Mobilisation Alongside	00:00	/	67:50	8.08%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	6.08%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Transit	00:00	/	31:50	3.79%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	3.09%
Mobilisation Transit	05:10	/	28:20	3.37%
Standby Other	00:00	/	15:50	1.88%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.76%
Deployment / Recovery	01:48	/	16:17	1.94%
Disputed weather	00:00	/	13:27	1.60%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.27%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.07%
Transit and setup on DP between locations	00:23	/	09:14	1.10%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.82%
Downtime Vessel	16:00	/	21:30	2.56%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.32%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.25%
Geotechnical - Vibrocore	00:00	/	01:34	0.19%
Environmental - Video Transect	00:39	/	00:39	0.08%
Total	24:00	/	840:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	16:00	16:00	Downtime Vessel	During the departure checks it was found that the Starboard propulsion malfunctioned. Vessel waiting on repairs.
16:00	21:10	05:10	Mobilisation Transit	Transit from Den Helder to work site
21:10	22:10	01:00	Deployment / Recovery	Deployment of survey sensors, SV cast, Setup on DP
22:10	22:49	00:39	Environmental - Video Transect	Transect TR28P1
22:49	23:12	00:23	Transit and setup on DP between locations	Transit to NERSBVC014P1
23:12	24:00	00:48	Deployment / Recovery	Deployment of vibro corer

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	2.0	Number	14.3%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	1.0	1.0	N°	3.6%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	15	0	0	15
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	29	0	0	29

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	0.9	0.8	0.7	0.7	According to L9 platform data
Wind Direction	Coords	SSW	SSW	SSW	SSW	According to L9 platform data
Wind Speed	Knots	21	21	21	27	According to L9 platform data

Weather Forecast

Low pressure in the N North Sea fills and drifts ESE into the Skagerrak today, driving a fragmenting frontal trough E across the North Sea. The low/frontal trough clear across Scandinavia during the evening, with a transient ridge of high pressure building N tomorrow morning. The ridge clears E tomorrow night, as a frontal trough is driven E across the UK and into the North Sea into Sunday.

WARNINGS: FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	156.40	0.00	1.80	154.60	47.80	m³
	36.20	2.30	5.30	33.20	145.40	m³
	286.00	0.00	70.00	216.00	308.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief
16/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative
16/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	36	**Date:**	16/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position:53°31.77'N 04°04°29.18'E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	2
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	5
HOC - Suggestion	0	/	3
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	7	/	192
Daily HOD Meetings	1	/	22
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	1
Crew Hours	348	/	11136
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	0
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	7
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	00:00	/	510:27	59.08%
Mobilisation Alongside	00:00	/	67:50	7.85%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	5.91%
Transit	00:00	/	31:50	3.68%
Mobilisation Transit	00:00	/	28:20	3.28%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	3.00%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Downtime Vessel	00:00	/	21:30	2.49%
Deployment / Recovery	00:00	/	16:17	1.88%
Standby Other	00:00	/	15:50	1.83%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.71%
Disputed weather	00:00	/	13:27	1.56%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.23%
Transit and setup on DP between locations	08:32	/	17:46	2.06%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.04%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.79%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.31%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.24%
Geotechnical - Vibrocore	07:23	/	08:57	1.04%
Environmental - Video Transect	08:05	/	08:44	1.01%
Total	24:00	/	864:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	00:53	00:53	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC014P1
00:53	01:18	00:25	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR27P1
01:18	02:26	01:08	Environmental - Video Transect	TR27P1
02:26	03:00	00:34	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR26P1
03:00	03:51	00:51	Environmental - Video Transect	TR26P1
03:51	04:13	00:22	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC007P1
04:13	05:24	01:11	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC007P1
05:24	05:59	00:35	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR25P1
05:59	06:36	00:37	Environmental - Video Transect	TR25P1
06:36	07:20	00:44	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR24P1
07:20	07:45	00:25	Environmental - Video Transect	TR24P1
07:45	08:15	00:30	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC013P1
08:15	08:50	00:35	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC013P1
08:50	09:30	00:40	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR23P1
09:30	11:03	01:33	Environmental - Video Transect	TR23P1, TR23R1 re-run due to line keeping
11:03	11:23	00:20	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR22P1
11:23	12:03	00:40	Environmental - Video Transect	TR22P1
12:03	12:33	00:30	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC006P1
12:33	13:35	01:02	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC006P1, NERSBVC006R1 re-test
13:35	13:50	00:15	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR21P1
13:50	14:17	00:27	Environmental - Video Transect	TR21P1
14:17	14:29	00:12	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR20P1
14:29	14:52	00:23	Environmental - Video Transect	TR20P1
14:52	15:09	00:17	Transit and setup on DP	Vessel move to NERSBVC012P1

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
			between locations	
15:09	15:39	00:30	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC012P1
15:39	15:57	00:18	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR19P1
15:57	16:16	00:19	Environmental - Video Transect	TR19P1
16:16	16:35	00:19	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR18P1
16:35	16:55	00:20	Environmental - Video Transect	TR18P1
16:55	17:07	00:12	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC004P1
17:07	17:30	00:23	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC004P1
17:30	17:47	00:17	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR17P1
17:47	18:10	00:23	Environmental - Video Transect	TR17P1
18:10	18:28	00:18	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR16P1
18:28	18:45	00:17	Environmental - Video Transect	TR16P1
18:45	18:58	00:13	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC005P1
18:58	20:12	01:14	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC005P1, NERSBVC005R1 retest due to no recovery
20:12	20:55	00:43	Transit and setup on DP between locations	Bridge team was instructed to move to next location, however the NERSBVC005P1 required another re-test due to no sample. Vessel instructed to re-position back to the location.
20:55	21:22	00:27	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC005R2, re-test
21:22	21:43	00:21	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR15P1
21:43	22:04	00:21	Environmental - Video Transect	TR15P1
22:04	22:15	00:11	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR14P1
22:15	22:36	00:21	Environmental - Video Transect	TR14P1
22:36	22:48	00:12	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC003P1
22:48	23:56	01:08	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC003P1
23:56	24:00	00:04	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR13P1

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	8.0	10.0	Number	71.4%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	0.0	Number	0.0%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	14.0	15.0	N°	53.6%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	15	0	0	15
Marine Crew	13	0	0	13

DOME

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Client Representative	1	0	0	1
Total	29	0	0	29

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SSW	W	W	W	According to L9 platform data
Wind Speed	Knots	22	17	15	12	According to L9 platform data
Sig Wave	m	0.6	0.7	0.7	0.7	According to L9 platform data

Weather Forecast

A ridge builds N across the North Sea this morning. Clearing E tonight as a frontal trough is driven E across

the UK and the North Sea tomorrow, with a compact low developing on this trough over the N North Sea.

From tomorrow night a new transient ridge builds N-NNE across the North Sea as the low/trough clears.

WARNINGS: WINDS 25-30kts. HSIG 2.0-2.5m. FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	154.60	0.00	1.70	152.90	49.50	m³
	33.20	7.10	5.00	35.30	150.40	m³
	216.00	0.00	0.00	216.00	308.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief
17/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative
17/02/2024

DOME

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	37	**Date:**	17/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position:53°31.50'N 04°23.34'E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	1	/	3
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	5
HOC - Suggestion	1	/	4
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	0	/	192
Daily HOD Meetings	0	/	22
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	1	/	2
Crew Hours	348	/	11484
Two-Part HIRA (Held Onboard)	1	/	1
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	7
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

HOC: Suggestion for update in DPR / Dome : chapter H. Environmental data; to give Environmental information of waste categories same Letter Code as in MARPOL annex V and Garbage Record book

HOC: Very helpful and enthusiastic assistance given by AB's during vibrocore operations

Head of departments safety meeting

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	03:34	/	514:01	57.88%
Mobilisation Alongside	00:00	/	67:50	7.64%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	5.75%
Transit	00:00	/	31:50	3.58%
Mobilisation Transit	00:00	/	28:20	3.19%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	2.92%
Downtime Vessel	00:00	/	21:30	2.42%
Transit and setup on DP between locations	07:23	/	25:09	2.83%
Deployment / Recovery	00:40	/	16:57	1.91%
Standby Other	00:00	/	15:50	1.78%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.66%
Disputed weather	00:00	/	13:27	1.51%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.20%
Crew Change	00:00	/	09:00	1.01%
Geotechnical - Vibrocore	02:41	/	11:38	1.31%
Environmental - Video Transect	04:14	/	12:58	1.46%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.77%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.30%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.23%
Environmental - Grab sample	05:28	/	05:28	0.62%
Total	24:00	/	888:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	00:10	00:10	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR13P1
00:10	00:29	00:19	Environmental - Video Transect	TR13P1
00:29	00:48	00:19	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR12P1
00:48	01:06	00:18	Environmental - Video Transect	TR12P1
01:06	01:18	00:12	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC011P1
01:18	02:22	01:04	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC011P1, and NERSBVC011R1 re-test
02:22	02:39	00:17	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR11P1
02:39	02:56	00:17	Environmental - Video Transect	TR11P1
02:56	03:15	00:19	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR10P1
03:15	03:33	00:18	Environmental - Video Transect	TR10P1
03:33	04:15	00:42	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC010P1
04:15	04:44	00:29	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC010P1
04:44	05:05	00:21	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR09P1
05:05	05:25	00:20	Environmental - Video Transect	TR09P1
05:25	05:43	00:18	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR08P1
05:43	06:01	00:18	Environmental - Video Transect	TR08P1
06:01	06:11	00:10	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC009P1
06:11	07:10	00:59	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC009P1, NERSBVC009R1 re-test
07:10	07:32	00:22	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR07P1
07:32	07:51	00:19	Environmental - Video Transect	TR07P1

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
07:51	08:14	00:23	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR06P1
08:14	08:33	00:19	Environmental - Video Transect	TR06P1
08:33	08:53	00:20	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to NERSBVC008R1
08:53	09:02	00:09	Geotechnical - Vibrocore	NERSBVC008R1
09:02	09:42	00:40	Deployment / Recovery	Fully recovering vibro-corer on deck at completion of vibro-coring scope
09:42	09:58	00:16	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR05P1
09:58	10:24	00:26	Environmental - Video Transect	TR05P1
10:24	10:55	00:31	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR04P1
10:55	11:23	00:28	Environmental - Video Transect	TR04P1
11:23	11:39	00:16	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR03P1
11:39	11:56	00:17	Environmental - Video Transect	TR03P1
11:56	12:12	00:16	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR02P1
12:12	12:30	00:18	Environmental - Video Transect	TR02P1
12:30	12:44	00:14	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to TR01P1
12:44	13:01	00:17	Environmental - Video Transect	TR01P1
13:01	13:50	00:49	Environmental - Grab sample	Changing mode from Camera ops to grab sample ops.
13:50	14:23	00:33	Environmental - Grab sample	Grab sampling on ST01
14:23	14:42	00:19	Waiting on weather	Short period of strong wind, pausing operations
14:42	15:05	00:23	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST01
15:05	15:25	00:20	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST02
15:25	16:32	01:07	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST02
16:32	17:02	00:30	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST03
17:02	18:37	01:35	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST03
18:37	18:55	00:18	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST04
18:55	19:33	00:38	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST04
19:33	19:51	00:18	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST05
19:51	20:14	00:23	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST05
20:14	20:45	00:31	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST06
20:45	24:00	03:15	Waiting on weather	Weather standby on site

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	4.0	14.0	Number	100.0%
Grab Samples	LS	28.0	5.0	5.0	Number	17.9%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%

DOME

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	13.0	28.0	N°	100.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	15	0	0	15
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	29	0	0	29

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	NW	WSW	SSW	SSW	According to L9 platform data
Wind Speed	Knots	10	4	12	22	According to L9 platform data
Sig Wave	m	0.7	1.1	1.5	1.1	According to L9 platform data

Weather Forecast

A frontal trough moves E across the North Sea. Compact lows develop on this trough over the Northern Isles and Denmark this afternoon. The trough/lows clear tonight as a ridge builds NNE across the North Sea. The ridge weakens tomorrow as a fragmented frontal trough moves ESE across the North Sea. The ridge re-builds NNE across the North Sea tomorrow night. Further troughs move into the N North Sea into Tuesday.

WARNINGS: WINDS 25-30kts. HSIG 2.0-2.5m. FOG.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	152.90	0.00	1.60	151.30	51.10	m³
	35.30	7.10	6.10	36.30	156.50	m³
	216.00	0.00	0.00	216.00	308.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief
18/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative
18/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	38	**Date:**	18/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 53°31.49'N 004°22.69'E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	3
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	5
HOC - Suggestion	0	/	4
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	5	/	197
Daily HOD Meetings	1	/	23
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	2
Crew Hours	348	/	11832
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	1
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	7
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

1 stop the job: Conditions unsafe to recover the grab

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Waiting on weather	16:54	/	530:55	58.21%
Mobilisation Alongside	00:00	/	67:50	7.44%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	5.60%
Transit	00:00	/	31:50	3.49%
Mobilisation Transit	00:00	/	28:20	3.11%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	2.85%

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Transit and setup on DP between locations	00:00	/	25:09	2.76%
Downtime Vessel	00:00	/	21:30	2.36%
Deployment / Recovery	00:00	/	16:57	1.86%
Standby Other	00:00	/	15:50	1.74%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.62%
Disputed weather	05:36	/	19:03	2.09%
Environmental - Video Transect	00:00	/	12:58	1.42%
Geotechnical - Vibrocore	00:00	/	11:38	1.28%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.17%
Crew Change	00:00	/	09:00	0.99%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.75%
Environmental - Grab sample	01:30	/	06:58	0.76%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.29%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.23%
Total	24:00	/	912:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	16:54	16:54	Waiting on weather	Weather standby on site
16:54	20:45	03:51	Disputed weather	Weather conditions generally at the contractual limit, but vessel unable to keep stable position
20:45	21:15	00:30	Environmental - Grab sample	attempting grab sample ops on ST06, operation aborted due to too much movement for safe recovery of the grab. Confused swell.
21:15	23:00	01:45	Disputed weather	Weather conditions below contractual limit, but vessel too unstable to safely recover the grab to deck, waiting fro swell and waves to go down. Experiencing a confused swell.
23:00	24:00	01:00	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST06, many re-tries due to marginal conditions

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	5.0	Number	17.9%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	28.0	N°	100.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	15	0	0	15
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	29	0	0	29

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Sig Wave	m	1.7	1.8	1.4	1.5	

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	SSW	SSW	NW	NW	
Wind Speed	Knots	24	19	22	18	

Weather Forecast

ridge extending NNE across the North Sea weakens today as a fragmented frontal trough moves ESE

across the North Sea. The ridge re-builds NNE across the North Sea tonight. Further troughs move into the N

North Sea tomorrow morning as the ridge gradually declines. A new frontal trough moves ESE across the

remainder of North Sea tomorrow evening. A new ridge builds N across the North Sea into Wednesday.

WARNINGS: HSIG 1.6-2.1m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	151.30	0.00	1.50	149.80	52.60	m³
	36.30	7.10	4.50	38.90	161.00	m³
	216.00	0.00	0.00	216.00	308.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

We have been experiencing unsuitable conditions for the operations, while under the contractual limits.

Fugro Representative

Ruud Hendriks
Party Chief

19/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative

19/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	39	**Date:**	19/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 53°03.56'N 04°14.44'E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	3
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	5
HOC - Suggestion	0	/	4
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	4	/	201
Daily HOD Meetings	0	/	23
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	2
Crew Hours	348	/	12180
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	1
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	7
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Disputed weather	00:00	/	19:03	2.04%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	2.77%
Transit and setup on DP between locations	11:33	/	36:42	3.92%
Environmental - Grab sample	07:52	/	14:50	1.58%
Geotechnical - Vibrocore	00:00	/	11:38	1.24%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.73%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Environmental - Video Transect	00:00	/	12:58	1.39%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.14%
Waiting on weather	00:00	/	530:55	56.72%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	5.45%
Deployment / Recovery	00:00	/	16:57	1.81%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.58%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.29%
Transit	00:00	/	31:50	3.40%
Standby Other	00:00	/	15:50	1.69%
Crew Change	00:00	/	09:00	0.96%
Mobilisation Transit	00:00	/	28:20	3.03%
Mobilisation Alongside	00:00	/	67:50	7.25%
Demobilisation Transit	04:35	/	04:35	0.49%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.22%
Downtime Vessel	00:00	/	21:30	2.30%
Total	24:00	/	936:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	00:46	00:46	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST06, many re-tries due to marginal conditions
00:46	01:19	00:33	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST07
01:19	01:50	00:31	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST07
01:50	02:14	00:24	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST08
02:14	02:42	00:28	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST08
02:42	03:05	00:23	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST09
03:05	03:38	00:33	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST09
03:38	04:11	00:33	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST10
04:11	04:38	00:27	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST10
04:38	05:05	00:27	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST11
05:05	05:33	00:28	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST11
05:33	05:55	00:22	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST12
05:55	06:24	00:29	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST12
06:24	06:48	00:24	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST13
06:48	07:14	00:26	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST13
07:14	07:36	00:22	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST14
07:36	08:05	00:29	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST14
08:05	08:21	00:16	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST15
08:21	08:45	00:24	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST15
08:45	09:05	00:20	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST16
09:05	09:27	00:22	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST16
09:27	10:07	00:40	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST18

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
10:07	10:41	00:34	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST18
10:41	11:28	00:47	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST20
11:28	11:52	00:24	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST20
11:52	12:29	00:37	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST22
12:29	12:44	00:15	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST22
12:44	13:22	00:38	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST24
13:22	13:39	00:17	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST24
13:39	14:18	00:39	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST26
14:18	14:44	00:26	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST26
14:44	16:51	02:07	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST28
16:51	17:07	00:16	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST28
17:07	17:38	00:31	Transit and setup on DP between locations	Vessel move to ST27
17:38	17:55	00:17	Environmental - Grab sample	Grab sample ops on ST27
17:55	19:25	01:30	Transit and setup on DP between locations	Marginal weather conditions. Vessel unable to keep stable position on ST25
19:25	24:00	04:35	Demobilisation Transit	Transit to Ijmuiden to demobilize geotechnical and environmental equipment.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Grab Samples	LS	28.0	18.0	23.0	Number	82.1%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	28.0	N°	100.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	15	0	0	15
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	29	0	0	29

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments
Wind Direction	Coords	WSW	W	W	WNW	
Wind Speed	Knots	14	15	23	22	
Sig Wave	m	1.3	1.1	1.7	2.0	

Weather Forecast

Weather Forecast

Various frontal troughs and transitory ridges move NE-ESE across the North Sea throughout.

WINDS 22-27kts. HSIG 2.0-2.5m.

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	149.80	0.00	2.50	147.30	55.10	m³
	38.90	5.50	6.30	38.10	167.30	m³
	216.00	0.00	0.00	216.00	308.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Party Chief 21/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative 21/02/2024

DAILY PROGRESS REPORT

FRO/Neptune NL L7-17 to L10A / L05-A Route Survey

Fugro Frontier

Project No.:	237682	**Report No.:**	40	**Date:**	20/02/2024
Client:	Neptune Energy Netherlands B.V.			**Timezone:**	UTC
Location:	Mid Night Position: 52°27.54'N 04°34.93'E				

Quality, Health, Safety and Environment

Safety Information	Today	/	To Date
Suspicion of UXO presence	0	/	0
HOC - Positive Observation	0	/	3
HOC - Unsafe Act	0	/	2
HOC - Unsafe Condition	0	/	5
HOC - Suggestion	0	/	4
Vessel Drill - Specify in comments	0	/	6
Cross Department Tour	0	/	3
Audit / Inspection	0	/	2
Toolbox Talk	5	/	206
Daily HOD Meetings	0	/	23
Crew Led Kick-Off Meeting	0	/	2
Safety Meeting	0	/	2
Crew Hours	348	/	12528
Two-Part HIRA (Held Onboard)	0	/	1
Sound Bite Training	0	/	1
Vessel Inductions (No. persons)	0	/	7
Workpack Review	0	/	8
Permit to Work	0	/	11
Incident	0	/	0
Quality - Lessons Learned	0	/	0
Environmental Incidents	0	/	0
Health and Safety Incidents	0	/	0
Near Miss	0	/	0
Safety Inspection	0	/	0

HSE Comments

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Disputed weather	00:00	/	19:03	1.98%
Mode change from CPT to Vibrocore	00:00	/	25:57	2.70%
Transit and setup on DP between locations	00:00	/	36:42	3.82%
Environmental - Grab sample	00:00	/	14:50	1.55%
Geotechnical - Vibrocore	00:00	/	11:38	1.21%
Geotechnical - CPT	00:00	/	06:51	0.71%

DOME

Summary of Activities

Activity	Today	/	To Date	Progress
Environmental - Video Transect	00:00	/	12:58	1.35%
Crew Change Transit	00:00	/	10:40	1.11%
Waiting on weather	00:00	/	530:55	55.30%
Geophysical Acquisition	00:00	/	51:02	5.32%
Deployment / Recovery	00:00	/	16:57	1.77%
Line Turn	00:00	/	14:46	1.54%
Rerun for Weather	00:00	/	02:41	0.28%
Transit	00:00	/	31:50	3.32%
Standby Other	00:00	/	15:50	1.65%
Crew Change	00:00	/	09:00	0.94%
Mobilisation Transit	00:00	/	28:20	2.95%
Mobilisation Alongside	00:00	/	67:50	7.07%
Demobilisation Alongside	15:20	/	15:20	1.60%
Demobilisation Transit	08:40	/	13:15	1.38%
Downtime Equipment	00:00	/	02:05	0.22%
Downtime Vessel	00:00	/	21:30	2.24%
Total	24:00	/	960:00	

Time Summary

Begin	End	Duration	Type	Description
00:00	08:40	08:40	Demobilisation Transit	Transit to Ijmuiden port to demobilize geotechnical and environmental equipment.
08:40	24:00	15:20	Demobilisation Alongside	Demobilization operations alongside Ijmuiden.

Production Summary

Product	DR/LS	Estimated	Produced	To Date	Unit	Progress
CPT	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Vibrocore	LS	14.0	0.0	14.0	Number	100.0%
Grab Samples	LS	28.0	0.0	23.0	Number	82.1%
Infill	LS	0.0	0.0	0.0	km	0.0%
UXO/MBES/SSS	LS	34.7	0.0	34.7	km	100.0%
MBES/SSS/Mag	LS	221.4	0.0	249.0	km	112.5%
Infill	LS	0.0	0.0	8.0	km	0.0%
Video transect	LS	28.0	0.0	28.0	N°	100.0%

POB Status

	Yesterday	Arrived	Departed	On Project
Project Crew	15	0	0	15
Marine Crew	13	0	0	13
Client Representative	1	0	0	1
Total	29	0	0	29

Weather and Sea State Status

Weather and Sea State	Unit	06:00	12:00	18:00	24:00	Comments

Weather Forecast

Liquids Status

Item	Amount at start	Added today	Used Today	Amount at End	Used to Date	Unit
	147.30	0.00	1.00	146.30	56.10	m³
	38.10	0.00	4.20	33.90	171.50	m³
	216.00	0.00	2.00	214.00	310.00	L

Client Rep Comments

Party Chief Comments

Fugro Representative

Party Chief 21/02/2024

Client Representative

Roger Deutz
Neptune Energy Representative 21/02/2024

Appendix C

Hazard Observation Cards

Table C.1: HOC Observation Cards

HOC Number	HOC Type	HOC Date	HOC Summary
1	Positive Observation	2024-01-01	Many thank for Galley team for preparing amazing food during Christmas/New Year time.
2	Unsafe Condition	2024-01-06	Found bicycle stored in Electrical Cabinet Room in front of fire extinguisher. Making access to this extinguisher difficult.
3	Unsafe Act	2024-01-15	While working on the Quay the ship is moored to nobody, including myself, was wearing lifejacked. We worked close to the edge of the quay and normal safe practice would be to wear this lifejacket.
4	Unsafe Condition	2024-01-18	Single 6 step aluminium ladder is not suitable for work and maintenance of the deck crane (unable to reach the rope winch.) Its potential danger of being out of balance, trip and fall from height.
5	Positive Observation	2024-01-31	I would like to thank and appreciate the help and hospitality which I got from all vessel's crew and project crew. That was my first rotation at Fugro, I felt very supported especially on my job position as surveyor. Many thanks to Party Chief, Surveyors and Surv. Engineers as I spend with them most of my time onboard, and were always willing to help and explain everything what I asked for.
6	Suggestion	2024-01-31	We use Motorola VHF/UHF to communicate with all departments on vessel, which is good and universal solution, especially when we carry on with operations on deck, however our messages are broken/unclear sometimes, so we need to repeat them or find each other to speak in person.
7	Unsafe Act	2024-02-07	If washing detergent will be automatically dosed, it should be done so with good quality, non-biological washing detergent as some people are allergic to biological detergent.
8	Positive Observation	2024-02-10	Thanks to TC James Vintin for helping to solve the problems that appeared with the monitor after rebooting of slave ECDIS system. Good teamwork.
9	Positive Observation	2024-02-14	Vessel approaching leading line into Den Helder port. Strong side currect than expected and gusting winds over 30 knots from same direction creating an excessive drift angle for vessel to stay on track.
10	Unsafe Condition	2024-02-14	During pre departure checks SB ASD was turning OK, but when testing propulsion there was an alarm and no reaction of thruster.
11	Suggestion	2024-02-15	Navigator Port (IBM Notes) the software used for keeping Work and Rest hours onboard extending work hours by it's slow work. When you filling up the sheet in the software it's taking a lot of time for uploading the changes. Suggestion for IT Department or to use other software, or to increase the uploading speed of the present one.
12	Unsafe Condition	2024-02-15	440V deck connection in DCC has been damaged and not reported. Housing is cracked exposing potentially live 440V wiring.

HOC Number	HOC Type	HOC Date	HOC Summary
13	Suggestion	2024-02-17	Suggestion for update in DPR / Dome : chapter H. Environmental data; to give Environmental information of waste categories same Letter Code as in MARPOL annex V and Garbage Record book
14	Positive Observation	2024-02-17	Very helpful and enthusiastic assistance given by AB's during vibrocore operations
15	Unsafe Condition	2024-02-25	After deploying 2 surrogates connected with a leaded-line (in DP) vessel had to move 200m away from this line to drop a pile of sandbags also connected with leaded-line. During this step vessel could not hold position properly and suddenly started to move backwards, resulting in line caught underneath vessel
16	Unsafe Act	2024-03-02	During mobilisation in port, crew member was not wearing life jacket during demobilisation of seismic roller frame from the stern without guard rails in place
17	Unsafe Condition	2024-03-04	Found expired pyrotechnics stored in between spare life saving equipment in forward bottle store.

Appendix D

Acquisition Logs

Date	Start	End	Task	Line Name	Block	Session Name	From	To	From	To	Direction	SOG	STW	Depth	Acq	Freq	Ping rate	Max Port	Max Stbd	SBES Acq	SSS Acq	Range [m]	Bcn	MAG Acq	MAG Port Acq	MAG Stbd Acq	Wind Dir	Wind Speed	Sig Wave Height	Rerun / Infill reason	Remarks
Scouting - EVT - Verifications																															
17/01/2024	02:04	02:07	test	SurveyLine1		20240117-020458			-0.01	-0.01	87	0	0	0	No	-	-	-	-	No	No	-	-	Yes	-	M16	0	0	0		
17/01/2024	18:01	18:23		SurveyLine2		20240117-180107			-0.1	2.33	85.7	1.9	0	0													3	20	2.1		
17/01/2024	18:38	18:59		SurveyLine3		20240117-183856			2.17	-0.25	85.7	3.7	0	26.4													345.4	15.1	2		
17/01/2024	23:17	23:23	dome	NELtest01		20240117-231718	0072		-0.11	0.59	86.3	4	0	27.3	Yes	400	7.4	45	45	No	No	-	-	No	-	-	340.4	13.9	1.8		
17/01/2024	23:49	03:33	SIT scouting	NELscouting01		20240117-234915	0073	0078	-0.11	27.73	85.9	4	0	27.4	Yes	400	7.4	60	60	No	No	-	-	No	-	-	335.5	14.1	1.8		
18/01/2024	03:48	05:05	SIT scouting	NELscouting02		20240118-034800	0079	0081	-0.1	9.36	266.2	3.8	2.5	25.6	Yes	400	7.4	60	60	No	No	-	-	No	-	-	318.5	22.1	2		
24/01/2024	13:30	13:30	test	SSSTest		20240124-133020			-0.01	-0.01	152.1	0	0	8.9													257	21	0.1		
24/01/2024	15:58	15:58	test	SSSTest1		20240124-155808			-0.01	-0.01	152.1	0	0	9.6													252.3	16.9	0.1		
25/01/2024	16:05	16:23	test	NELscouting01_1		20240125-160552	0000		-0.1	2.11	265.9	4.2	0	26.8	Yes	400	8.4	60	60	No	No	-	-	No	-	-	189.8	17.3	1.5		crabbing 10deg to port
25/01/2024	16:44	16:56	test	NELscouting01_1(100)		20240125-164447	0001		-0.11	1.32	85.9	4.3	0	26.3	Yes	400	7.5	60	60	No	No	-	-	No	-	-	187.7	21.5	1.5		crabbing 30deg to stbd
25/01/2024	17:13	17:23	test	Survey Line4		20240125-171347	0002		-0.11	1.02	266	4	0	26.8													193	21.2	1.5		dnp
27/01/2024	11:27	11:56	SIT scouting	MAG_NOISE_TEST		20240127-112724	0004		0.4	4.49	228.3	4.6	0	0													0	0	0		11:27 - 140m (NG 148m) - 11:32 11:34 - 120m (NG 127m) - 11:40 11:43 - 100m (NG 107m) - 11:48 11:51 - 80m (NG 86m) - 11:56
27/01/2024	12:15	12:22	SIT clearence	MAG_CLR_07		20240127-121512	0005		-0.11	0.8	265.9	3.6	0	25.9	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	238.7	18.4	1.9		
27/01/2024	12:48	12:55	SIT clearence	MAG_CLR_01		20240127-124829	0006		-0.11	0.8	85.8	4.4	0	25.5	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	240.7	19.6	1.9		
27/01/2024	13:22	13:29	SIT clearence	MAG_CLR_05		20240127-132221	0007		-0.11	0.8	265.9	3.9	0	25.6	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	241.4	21	1.7		
27/01/2024	13:55	14:01	SIT clearence	MAG_CLR_03		20240127-135514	0008		-0.11	0.75	85.8	4.4	0	25.3	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	239.7	21.4	1.7		
27/01/2024	14:37	14:44	SIT clearence	MAG_CLR_04		20240127-143751	0009		-0.11	0.8	85.8	4.6	0	25.3	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	235.5	21.6	1.8		
27/01/2024	15:22	15:29	SIT clearence	MAG_CLR_07_R		20240127-152207	0010		-0.11	0.8	85.8	4.3	0	25.5	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	227.7	20.8	1.8	weather	rerun with oposit direction of line
27/01/2024	16:07	16:09	SIT clearence	MAG_CLR_05_R		20240127-160739	0011		-0.11	0.08	85.8	4.8	0	25.9	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	225.2	19.9	1.7	weather	DNP- bad approach to line
27/01/2024	16:37	16:43	SIT clearence	MAG_CLR_05_R1		20240127-163752	0012		-0.11	0.75	85.8	5.2	0	26.2	Yes	400	15	20	20	No	No	-	-	No		Yes	223.4	19.2	1.7	weather	rerun with oposit direction of line
27/01/2024	17:58	18:06	SIT clearence	MAG_CLR_02		20240127-175816	0013		-0.11	1.13	85.7	4.7	0	26.7	Yes	400	15	20	20	No	Yes	75	M34	No		Yes	219.3	18.5	1.7		
27/01/2024	18:36	18:45	SIT clearence	MAG_CLR_06		20240127-183614	0014		-0.11	1.14	265.8	4.6	0	27	Yes	400	15	20	20	No	Yes	75	M34	No		Yes	216.2	17.9	1.5		bad USBL positioning due to weather condition
27/01/2024	19:19	19:27	SIT clearence	MAG_CLR_06_R		20240127-191928	0015		0.94	-0.3	265.8	5	0	26.6	Yes	400	15	20	20	No	Yes	75	M34	No		Yes	213.4	19.2	1.4	weather	rerun with oposit direction of line
27/01/2024	20:20	23:36	Virgin lines	NEL7001P01		20240127-202048	0016	0022	-0.11	27.98	85.9	4.9	3.5	26.7	Yes	400	8.8	55 - 60	55 - 50	No	Yes	75	M34	No		Yes	206.8	19.2	1.5		fresh SVP applied to SIS during recording file 0016
27/01/2024	23:55	00:43	Virgin lines	NEL7009P01		20240127-235550	0023	0024	27.8	21.2	266.2	4.6	3.3	24.8	Yes	400	8.8	55 - 60	55 - 50	No	Yes	75	M34	No		Yes	194.1	19.8	1.3		marginal weather/USBL jumpy- abandon ue to weather
28/01/2024	03:31	06:52	Virgin lines	NEL7002P01		20240128-033127	0025	0031	-0.11	27.67	85.9	4.9	3	25	Yes	400	9.8	60	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	179.3	22.4	2		M16 noisy/5:20 SF layback change to 150
28/01/2024	07:34	07:41	X lines	NEL7023P01	Kp. 26.9	20240128-073436	0032		-0.1	0.81	356.2	5	3.5	25.9	Yes	400	9.8	60	45	No	No	-	-	No		Yes	170.2	21.7	1.3		vessel miss line 60m
28/01/2024	08:11	08:17	X lines	NEL7023R01	Kp. 26.9	20240128-081113	0033		-0.11	0.8	176.2	4.6	4	25.9	Yes	400	9.8	60	45	No	No	-	-	No		Yes	169.2	21.7	1.3	miss line	
28/01/2024	09:00	09:07	X lines	NEL7022P01	Kp. 24.9	20240128-090048	0034		-0.11	0.8	176.2	4.7	4.2	26.4	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	169.1	21.6	1.2		
28/01/2024	09:33	09:39	X lines	NEL7021P01	Kp. 22.9	20240128-093307	0035		-0.11	0.81	356.1	4.6	3.5	27.2	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	169.4	21.9	1.1		
28/01/2024	10:07	10:14	X lines	NEL7020P01	Kp. 20.9	20240128-100749	0036		-0.11	0.8	176.1	4.4	4	28.8	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	169.7	22.6	1.2		USBL very noisy
28/01/2024	10:39	10:45	X lines	NEL7019P01	Kp. 18.9	20240128-103901	0037		-0.11	0.81	356.1	5.1	3.7	28.1	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	170.8	22.8	1.4		
28/01/2024	11:42	11:50	X lines	NEL7018P01	Kp. 16.9	20240128-114226	0038		-0.11	0.8	356.1	4.3	2.7	26.9	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	172.6	22.8	1.5		
28/01/2024	12:16	12:23	X lines	NEL7017P01	Kp. 14.9	20240128-121629	0039		-0.11	0.8	176	4.3	2.7	25.7	Yes	400	9.9	45	45	No	No	-	-	No		Yes	169.7	23.4	1.5		USBL noisy
28/01/2024	12:48	12:56	X lines	NEL7016P01	Kp. 12.9	20240128-124851	0040		-0.11	0.8	356	4.1	4	25.8	Yes	400	9.9	45	45	No	No	-	-	No		Yes	168.2	23.2	1.6		
28/01/2024	13:36	13:45	X lines	NEL7015P01	Kp. 10.9	20240128-133645	0041		-0.11	0.8	356	3.4	3.2	26.2	Yes	400	9.9	45	45	No	No	-	-	No		Yes	169.1	22.2	1.7		
28/01/2024	14:11	14:18	X lines	NEL7014P01	Kp. 8.9	20240128-141100	0042		-0.11	0.8	176	4	2.8	25.9	Yes	400	9.9	45	45	No	No	-	-	No		Yes	170.6	21.8	1.5		
28/01/2024	14:44	14:53	X lines	NEL7013P01	Kp. 6.9	20240128-144455	0043		-0.11	0.8	355.9	3.7	3.2	25.8	Yes	400	10	45	45	No	No	-	-	No		Yes	172.5	22.3	1.6		
28/01/2024	15:20	15:27	X lines	NEL7012P01	Kp. 4.9	20240128-152016	0044		-0.1	0.8	175.9	4.1	3	25.9	Yes	400	10	45	45	No	No	-	-	No		Yes	176.5	21.8	1.6		USBL noisy
28/01/2024	15:52	15:54	X lines	NEL7011P01	Kp. 2.9	20240128-155209	0045		-0.1	0.26	355.9	4.5	4.4	25.9	Yes	400	10	45	45	No	No	-	-	No		Yes	174.1	21.6	1.6		DNP - miss line
28/01/2024	16:21	16:28	X lines	NEL7011P02	Kp. 2.9	20240128-162132	0046		-0.11	0.8	175.9	4.5	3	25.9	Yes	400	10	45	45	No	No	-	-	No		Yes	167.7	21.4	1.7		
28/01/2024	16:55	17:02	X lines	NEL7010P01	Kp. 0.9	20240128-165534	0047		-0.11	0.8	355.9	4.4	2.9	25.9	Yes	400	10	45	45	No	No	-	-	No		Yes	163.3	21.5	1.6		
28/01/2024	18:59	22:18	Virgin lines	NEL7003P01		20240128-185954	0048	0054	-0.1	27.98	85.9	4.7	2.4	26.3	Yes	400	9.8	45	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	175.4	25.1	1.7		
28/01/2024	22:53	02:14	Virgin lines	NEL7004P01B		20240128-225354	0055	0061	27.78	-0.3	266.2	4.5	4.8	25.4	Yes	400	9.9	45	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	190.1	20.7	1.2		
29/01/2024	02:44	06:25	Virgin lines	NEL7004P01A		20240129-024430	0062	0069	-0.11	27.98	85.9	4.1	3.6	25.1	Yes	400	9.9	45	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	198	18	1.6		
29/01/2024	06:56	10:53	Virgin lines	NEL7006P01		20240129-065621	0070	0077	27.78	-0.3	266.2	4.1	4.2	25.8	Yes	400	9.9	45	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	206.9	14.9	1.2		
29/01/2024	11:42	11:46	test	MAG_CLR_08_R		20240129-114207	-		-0.1	0.4	85.8	5	3.6	26.1	-	-											200.9	10.1	0.9		DNP
29/01/2024	14:26	14:29	SIT scouting	SIT_4m_175		20240129-142618	0079		-0.11	0.25	175.7	3.9	2.5	25.9	Yes	400	14.8	20	20	No	Yes	50	M34	No		No	193.7	12	0.7		
29/01/2024	14:43	14:46	SIT scouting	SIT_scouting_085		20240129-144313	0080		-0.06	0.3	85.7	3.9	3.6	25.8	Yes	400	14.8	30	30	No	Yes	50	M34	No		No	194.4	12.5	0.7		
29/01/2024	15:04	15:08	SIT scouting	SIT_scouting_265		20240129-150455	0081		-0.06	0.35	265.7	3.4	1.9	25.9	Yes	400	14.8	30	30	No	Yes	50	M34	No		No	192.8	13	0.7		
29/01/2024	16:25	16:26	SIT lines	SIT_060_175		20240129-162517	0082		-0.16	-0.05	175.7	3.7	2.4	25.9	Yes	400	14.8	30	30	No	No	-	-	No		Yes	184.7	16	0.8		DNP
29/01/2024	16:52	16:57	SIT lines	SIT_070_175		20240129-165219	0083		-0.16	0.4	175.7	3.7	3.6	26.2	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	186.2	16	0.8		MAG Alt 7m
29/01/2024	17:17	17:19	SIT lines	SIT_040_085_N		20240129-171729	0084		-0.13	0.12	85.7	3.6	2.8	26.3	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	185.9	16.3	0.8		DNP
29/01/2024	18:01	18:07	SIT lines	SIT_040_175_E		20240129-180112	0085		-0.21	0.5	175.7	3.7	4.1	26.7	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	184.1	17.8	0.8		MAG Alt 4m
29/01/2024	18:28	18:33	SIT lines	SIT_070_355		20240129-182844	0086		-0.13	0.57	355.7	4.7	2.6	27	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	183.9	18.9	0.8		MAG Alt 7m, mag2 altimeter shows 4m
29/01/2024	19:21	19:25	SIT lines	SIT_080_265		20240129-192117	0087		-0.01	0.46	265.7	3.5	3.3	27.1	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	184.6	20.5	0.8		MAG Alt 5m
29/01/2024	19:53	19:59	SIT lines	SIT_090_175		20240129-195355	0088		-0.05	0.54	175.7	3.6	3.5	27	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	183.2	19.7	0.8		MAG Alt 9m
29/01/2024	20:41	20:47	SIT lines	SIT_080_355_W		20240129-204149	0089		-0.06	0.5	355.7	3.5	2.6	27.3	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	185.5	18.9	0.8		MAG Alt 8m
29/01/2024	21:12	21:17	SIT lines	SIT_090_265		20240129-211230	0090		-0.04	0.47	265.7	3.4	3.2	27.3	Yes	400	9.8	45	45	No	No	-	-	No		Yes	187.1	19.1	0.8		MAG Alt 9m
29/01/2024	21:46	01:18	Virgin lines	NEL7005P01A		20240129-214601	0091	0098	-0.21	27.93	85.9	4.4	2.7	26.8	Yes	400	9	65	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	186.3	18.2	0.8		kp 27.0 SSS/SF up due to subsea structure
30/01/2024	01:45	05:09	Virgin lines	NEL7007P01		20240130-014514	0099	0105	27.88	-0.23	266.2	4.5	3.4	24.8	Yes	400	10	45	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	179.4	14.9	0.7		restart NG after EOL due to ENG1/EN3 frozen
30/01/2024	05:36	08:28	Virgin lines	NEL7008P01		20240130-053656	0106	0111	-0.11	23.65	85.9	4.3	3.3	26	Yes	400	10	45	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	200	20	1.5		8:15 vessel lost line track/SSs 40 m from line
30/01/2024	09:16	10:07	Virgin lines	NEL7008P02		20240130-091634	0112	0114	21.1	28.25	86.1	4.3	2.3	29	Yes	400	10	45	45	No	Yes	75	M34	No		Yes	206.8	25.1	1.5		2nd part of P1-P1 stopped due to offtrack
30/01/2024	10:36	10:38	Virgin lines	DNP		20240130-103630			27.88	27.54	266.2	4.7	4.7	25.8													213.6	22.7	1.5		line abandon due to weather/vessel cannot catch a line/ to str
30/01/2024	13:45	14:44	infill	NEL7001J01		20240130-134526	0115	0116	-0.55	7.67	266	4.6	3.3	26.3	Yes	400	13.7	25	25	No	No	-	-	No		No	250	23.1	1.7	infill	only MBES infill
30/01/2024	17:38	21:00	Virgin lines	NEL7009P01A		20240130-173840	0117	0123	-0.21	27.88	85.9	4.7	3.2	25.7	Yes	400	7.6	45	65-70	No	Yes	75	M34	Yes		No	306.2	24.1	1.9		Line shifted 20m to north to provide full SSS coverage

Bijlage

7. L7-F_PP-151-0002 Steady State Flow Assurance report

Eni Energy Netherlands B.V., juni 2024

Haskoning
Enhancing Society Together

L07 Subsea Pipeline Bundle Design

Steady State Flow Assurance Report

REV	ISSUE OR REVISION DESCRIPTION	ORIG BY	DATE	CHKD BY	DATE	APPD BY	DATE
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
01	FOR APPROVAL	AP	03-06-24	WK	03-06-24	PF	03-06-24
02	FOR CLIENT APPROVAL	PF	17-06-24	WK	17-06-24	PF	17-06-24
03	FOR APPROVAL	AP	30-06-24	PF	30-06-24	PF	30-06-24

Revision Change Notices

Rev	Location of Change	Brief Description of Change
03		Client comment included
02		Client + BV comments incorporated
01		CLIENT COMMENTS INCORPORATED
-		-
-		-

Classification Definitions

Classification Level	Definition
Unclassified	Information which may be made public without consequences for the entity or Eni.
Internal	Information intended to remain within Eni. Permission from a direct manager is required to disclose it outside the Group.
Restricted	Information which, if disclosed outside the appropriate perimeter, may have a serious impact on the entity or a serious impact on the Group. Access is limited to specific individuals or groups.
Confidential	Information which, if disclosed to people other than those specifically designated to receive it, would have a major impact on the entity or a major impact on the Group. In such cases, very strict rules apply to the information chain.

Contractor Details

Contractor Logo	enersea®
Contractor Name	Enersea
Contractor Document Number*	23081-PRO-RPT-012491-01
Contractor Revision*	03

*where CONTRACTOR aligns to COMPANY Document Numbering convention there is no requirement to complete this information

Client

Neptune Energy

Project

Subsea Pipeline Bundle L7-F FEED

Document

Steady State Flow Assurance Report

Project number	23081
Document number	23081-PRO-RPT-012491-01
Client document number	L7-F_PP-151-0002
Revision	03
Status	APPROVED
Date	30-06-24

Revision history

01-	For Client Comments
-	-
01	CLIENT COMMENTS INCORPORATED
02	Client + BV comments incorporated
03	Client comment included
Rev.	**Description**

-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
01	FOR APPROVAL	03-06-24	AP	WK	PF	
02	FOR CLIENT APPROVAL	17-06-24	PF	WK	PF	
03	FOR APPROVAL	30-06-24	AP	PF	PF	
Rev.	**Description**	**Date**	**Prepared**	**Checked**	**Approved**	**Client**

Document status: APPROVED

All data in the table above is generated automatically by Enersea's Product Data Management (PDM) system, in accordance with our ISO9001 certificate.

All rights reserved. This document contains confidential material and is the property of enersea. No part of this document may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means electronic, mechanical, chemical, photocopy, recording, or otherwise, without prior written permission from the author.

Table of Contents

1. Introduction 1
1.1. Project Introduction 1
1.2. Purpose Document 1
1.3. System of Units 2
1.4. Abbreviations 2
1.5. References 3
2. Design Parameters 4
2.1. Environmental Data 4
2.2. Composition 4
2.3. Production Data & Cases to Evaluate 5
2.4. Bathymetries 5
2.5. Spool Design (L09 Tie in Point) 6
2.6. Pipeline Data 6
2.7. Insulation and soil Properties Data: 6
3. Design Methodology 7
4. Results 8
4.1. Pressure Profile 9
4.2. Temperature Profile 9
4.3. Hydrate Formation 10
4.4. Liquid Holdup Profile 11
4.5. EVR Results 12
4.6. Flow Regime 12
5. Conclusions 13
Appendix A Pipe Segment vs Aspen HYSYS Hydraulics 14

1. Introduction

1.1. Project Introduction

The L7-South field is an undeveloped discovery since 1974. Two wells were drilled in the block in 1974 and 1978 and both wells found gas. One well (L7-6) was tested and the test results can be explained. Total E&P NL relinquished the Southern part of the L7 license in 2021 and Neptune received the exploration license L07f/L08e in 2022.

In 2022, an integrated study on the potential of this field has been completed, indicating significant in place volumes and comparable reservoir quality to nearby fields that are producing well. Several development scenarios were screened and reviewed and concluded that this asset could be developed. The development is called L7- F and the strategy is to utilize a stand-alone platform and the ambition is to investigate acceleration ideas to reach first production in 2026.

In July 2022, Neptune Investment Committee (IC) approved to drill an appraisal well (L7-17) for the development. The L7-17 well is located 70 km from Den Helder, in a water depth of 27m.

The L7-F platform will consist of a newly built jacket, topped with the topside currently used at E17-A.

During Concept select phase the preferred export option was identified as a 12” pipeline into the existing L09 side tap in the NOGAT trunkline at KP 58 (water depth of 26 m), approximately 27.2 km East of L7 17.

1.2. Purpose Document

Purpose of this document is to confirm the suitability of the selected 12” pipeline size throughout the development’s life time for steady state conditions. To this end the following cases are being analysed:

- Start of Life (SoL)
- Mid of Life (MoL)
- End of Life (EoL)

Based on the applicable bathymetry and process conditions, the following items are being investigated:

- pressure profile across the pipeline system
- temperature profile across the pipeline system
- hydrate formation curves
- liquid hold up in the pipeline system
- erosional velocity ratio’s
- flow regime (stratified | annular | slug | bubble)

The new Hysys network modelling tool will be used to perform the process simulation calculations.

1.3. System of Units

The general units for the project specification are shown in Table 1-1.

Table 1-1 System of unit

Variable	Units	Nomenclature
Pressure	Bar (absolute / gauge)	bara / barg
Temperature	Celsius (°C)	°C
Time	Second / Hour / Day	S / h / d
Molar Flow	Kilomole per hour	kmol/h
Mass Flow	Kilogramme per hour	Kg/h
Volume Flow	Cubic metre per hour	m^3/h
Dynamic viscosity	Centipoise	cP
Surface tension	Dynes per centimetre	dyne/cm
Energy	Kilo Joule	kJ
Power, energy flow	Kilo Watt	kW
Nominal Pipe size	Inches	“
Depth, dimensions	Metres / millimetres	m / mm
Gas export flowrate	Normal cubic metres per day	Nm^3/d
Liquid export flowrate	Cubic meter per day at standard conditions	Sm^3/d
Wax & Asphaltene content	% mas/mas	% m/m

The International System of Units (SI) shall be used throughout for dimensions not included.

Standard reference conditions of temperature and pressure are 15,56°C (60°F) and 1,01325 bara (as per ISO 13443, “Natural gas – Standard reference conditions”).

Normal conditions of temperature and pressure are 0°C and 1,01325 bara.

The prefix ‘MM’ denotes millions (thousand thousands). The prefix ‘M’ meaning thousands shall not be used to avoid confusion with the SI Mega prefix, ‘M’.

Decimal separator is (,)

1.4. Abbreviations

CGR Condensate to Gas Ratio
Corr Corrosion
EoL End of Life
EVR Erosional Velocity Ratio
GOR Gas to Oil Ratio
HL Holdup
ID Inner Diameter
LAT Lowest Astronomical Tide
Liq. Liquid
MoL Mid of Life
SI System of Units
SoL Start of Life
Vel Velocity

1.5. References

[1] Enersea Pipeline Basis of design report, doc L7-F_PP-007-0001

[2] Neptune L7-F Basis of Design report, doc L07_SS-007-0001_02_IFI_02

[3] Email E. Beringer to P. Ferier (dd 30.04.2024)

[4] Email P. Rabeau to P. Ferier (dd 08.05.2024)

[5] L7-F pipeline design progress meeting 2024.05.02_rev01, doc. 23081-GEN-PRE-01-0889-01

[6] L9FF1 NOGAT tie-in General Arrangement drawing rev0A, doc. TP-5910011

[7] L9FF1 to NOGAT pipeline tie-in isometric NOGAT, doc TP-5910012

2. Design Parameters

The L07-F to L09 side tap at NOGAT 12” pipeline is fed from the newly to be installed L07-F platform and therefore, design parameters from this facility will be listed in this chapter.

2.1. Environmental Data

The following sea water and air temperatures will be used in the simulation, ref.[1]. The minimum and maximum seabed seawater temperature were assumed equal or similar to the seawater temperature which is a conservative approach.

Table 2-1 Seawater and Air Temperatures

Item	Data
Maximum surface seawater temperature:	22 °C
Minimum surface seawater temperature:	-1 °C
Maximum seabed seawater temperature:	20 °C
Minimum seabed seawater temperature:	-1 °C
Maximum air temperature:	28 °C
Minimum air temperature:	-9 °C

2.2. Composition

The composition used for the facility is listed below (ref.[2]):

Table 2-2 Gas composition

Component		Gas component (mol%)
Nitrogen	N_2	1,03
Carbon dioxide	CO_2	2,33
Methane	C1	94,24
Ethane	C2	2,08
Propane	C3	0,21
n-Butane	N-C4	0,04
n-Pentane	N-C5	0,02
n-Hexane+	C6	0,05
Water	H_2O	0,0

The composition shown in Table 2-3 was adjusted (Characterization) to get a CGR ($Sm^3/MMNm^3$) = 8 (ref. [2]). The other values shown in the table were calculated based on CGR (8 $Sm^3/MMSm^3$),

Table 2-3 CGR and GOR

L07-F	Value
CGR ($Sm^3/MMNm^3$)	8,0
GOR (Nm^3/Sm^3)	124.999,0
GOR (Sm^3/Sm^3)	132.092,1
GOR factor (Std/Normal)	1,0567

2.3. Production Data & Cases to Evaluate

Production data (ref.[2]) is evaluated by Neptune Netherlands which resulted in the cases to evaluate in Table 2-4. The simulations are based on the received CGR (8 $Sm^3/MMSm^3$), 90 bara arrival pressure at the L09 tie-in point (ref. [3]) and -8 ^oC water dew point assumed to use in the simulation model.

Table 2-4 Cases Evaluated

Case #	Scenario	Season	Total Gas Flow (Nm3/d)
004	SOL	Summer	3.000.000
005	MOL	Summer	2.400.000
006	EOL	Summer	1.600.000
007	SOL	Winter	3.000.000
008	MOL	Winter	2.400.000
009	EOL	Winter	1.600.000

Note: 1.05 MMNm3/d of NAM production was added in the L09 tie in point for all the cases evaluated (ref. [4]).

2.4. Bathymetries

The Figure 2.1 shows the L07F-L09 original bathymetry (reference [1]) and the L07F-L09 simplified bathymetry. The sea water surface level is taken as elevation 0.0 LAT. A high of +20 m meter above sea level (mLAT) was assumed for the riser. The blue line shows the original bathymetry (29548 points) and the orange line shows the simplified bathymetry (300 points).

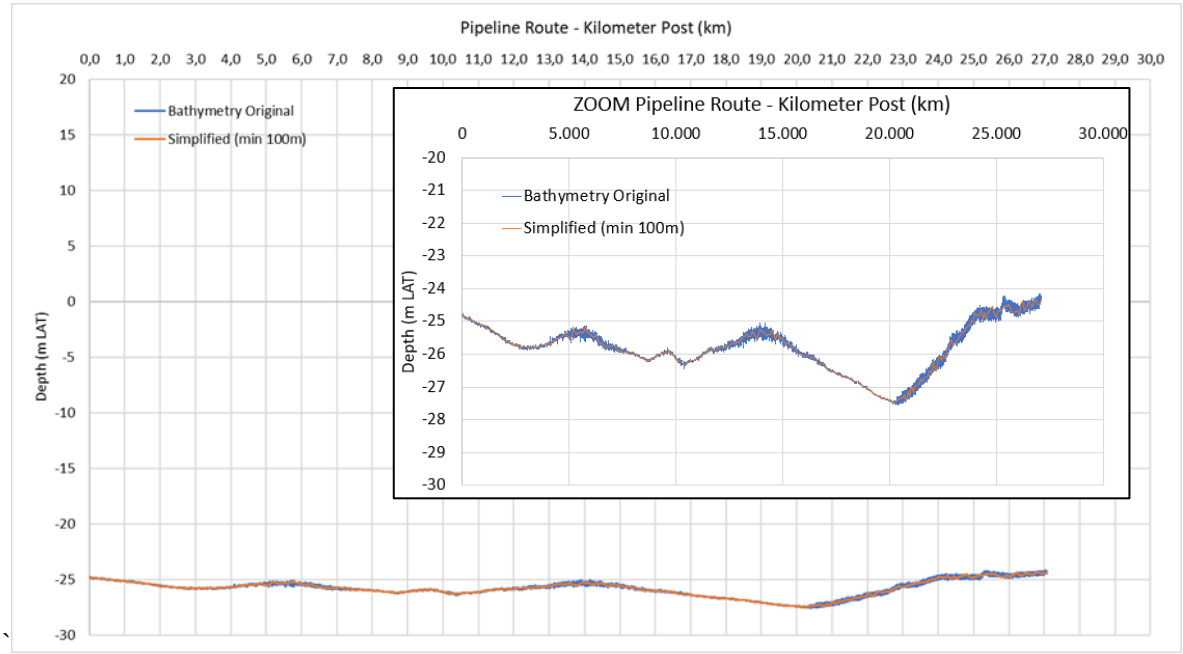


Figure 2.1 Bathymetry L07-F to L09 (Tie in Point)

2.5. Spool Design (L09 Tie in Point)

The existing spool design at the L09 side tap is shown in Figure 2.2. It is assumed that the tie in at L09 side tap is 2 m higher than the elevation of the new 12" pipeline (ref. [6] and [7])

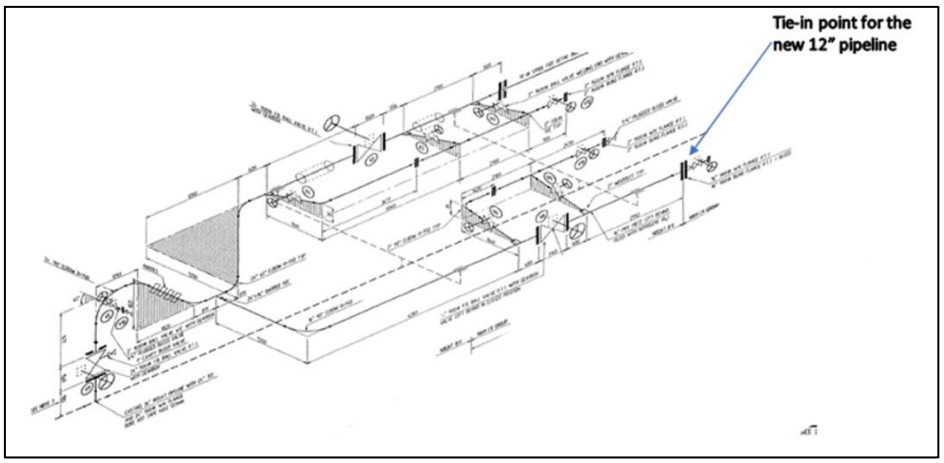


Figure 2.2 Spool Design (L09 Tie in Point)

2.6. Pipeline Data

Table 2-5 shows the pipeline data used in the Hysys simulation (ref. [1]).

Table 2-5 Pipeline data

Pipeline	Length (km)	Diameter (inch,")	Wall thickness (mm)
L07-F to L09	27,22	12	12.7

Note: The on-bottom stability calculations showed that a minimum wall thickness of 12.7 mm is required, such that the pipeline is stable during installation in a flooded condition.

2.7. Insulation and soil Properties Data:

Table 2-6 shows the insulation and soil properties data used in the Hysys simulation (ref. [1]).

Table 2-6 Insulation and soil Properties Data

		Thickness	Conductivity	Heat Cap.	Density
Section	Material	mm	W/m*K	KJ/Kg*K	Kg/m3
Pipeline	PPE	3,0	0,22	1	965
Pipeline	CS	12,7	45,0	0,46	7850
Seabed to -5 mLAT	Neoprene	12,0	0,25	1,791	1400
-5 mLAT to +5 mLAT	Neoprene	25,0	0,25	1,791	1400
+5 mLAT to riser top flange	Neoprene	12,0	0,25	1,791	1400
L09 Tie in (Spool)	Neoprene	12,0	0,25	1,791	1400
Soil	Wet Sand	1,0 m	2,20	--	--

3. Design Methodology

Hysys V-14 software has been used for the simulations. The Hydraulics tool is used instead of pipeline segments. The Hydraulics tool is recommended for pipeline network calculations.

The Peng-Robinson Equations of State for Predicting Hydrocarbons' Thermodynamic Properties and the "Tulsa Unified correlation" was developed for modelling multiphase flow through pipelines. This model was developed so that it is applicable to pipe inclination angles between -90º and +90º. Those correlations were used in the Hysys's model, the latter for the pressure profiles for pipeline calculation.

The software is used to determine the liquid accumulated in the pipeline.

Figure 3.1 illustrates the Hysys network for the L07-F pipeline to L09 Tie-in Point + the additional gas stream (NAM production).

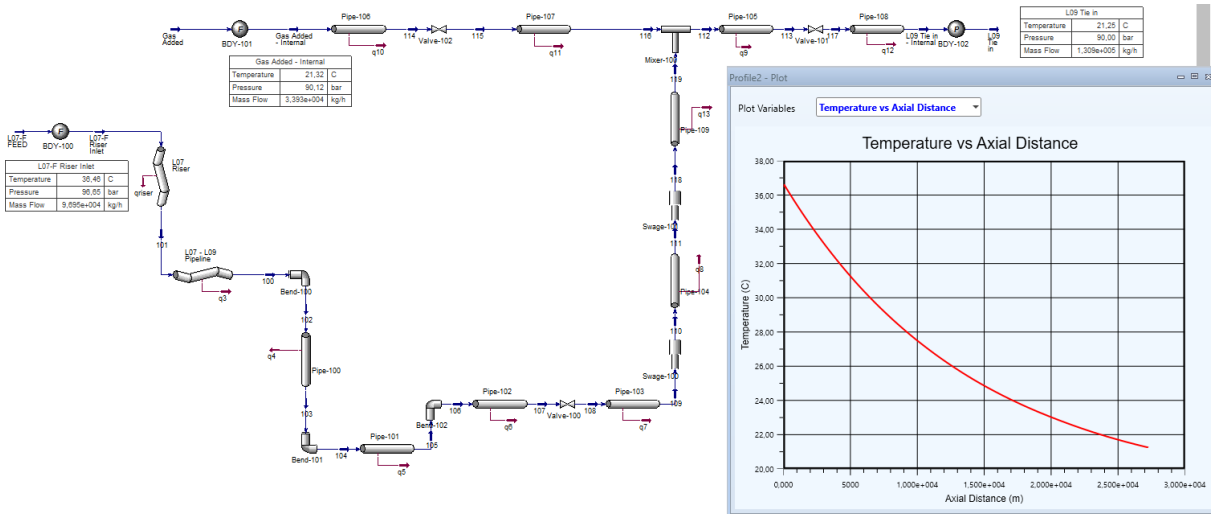


Figure 3.1 Hysys Network Model for SOL Summer Case

4. Results

Table 4-1 below shows the results for all the scenarios evaluated. These results are based on the Aspen Hydraulic Tool; see Appendix 1 for more information).

- 90 bara L09 arrival tie in pressure was settled for all the cases, therefore, the L07-F Riser inlet pressures were calculated for all the cases. According to the engineering standard, the maximum allowable pressure drop for the multiphase pipeline is 0,27 bar/100 m. The maximum predicted pressure drop (7 bar) is for the case 007-SOL-S, which is equivalent to 0.024 bar/100 m.

- The CGR was adjusted to 8 Sm3/MMSm3 and 90 bara arrival pressure (L09 tie-in point).

- The predicted total liquid hold-up (HL) performance is according to the expected results, which means, the HL increases when the velocity (flow) decreases.

- The maximum total liquid hold-up (HL) predicted is a relatively low value (3,2 m3). This value increases slightly in winter compared to summer as expected.

- The maximum EVR calculated is 0,29 for the cases 004 and 007. Therefore, erosion problems are not expected in the pipeline and spool system.

- According to the results the CO_2 corrosion problems are not expected in the system.

- For a pipeline, the normal operating liquid velocity range should be between 0.75 m/s and 3 m/s. The minimum velocity should be high enough to prevent sedimentation. Table 4-1 shows very low liquid velocity values, as was expected due to the low CGR. However, this system does not foresee a sediment deposit problem because a light, clean condensate is expected.

- When the system reaches equilibrium, the liquid accumulated in the pipeline is low (3,2 m^3), and this decreases the risk of slugs. The turndown case and the startup case are not evaluated in this study. However, a significant impact on the slug flow in the pipeline and spool system is not expected, because the maximum total liquid accumulated in the pipeline is a relatively low value.

Table 4-1 Results: Aspen Hydraulic Tool

	L07-F Riser Inlet		L09 Tie in Point										
Case	Pressure	Temp	Pressure	Temp	Velocity	Sup Gas Vel	Sup Liq. Vel	Total Liq. HL	Total HL	Regime	CO_2 Corr	Erosional velocity	Max EVR
	Bara	C	bara	C	m/s	m/s	m/s	--	m3	Tie in Point	mm/y	m/s	--
004-SOL-S	96,6	36,5	90,0	21,2	4,1	4,1	0,005	0,0012	2,8	Stratified	0,0	13,9	0,29
005-MOL-S	94,2	35,7	90,0	20,9	3,3	3,3	0,004	0,0012	2,8	Stratified	0,0	14,0	0,24
006-EOL-S	91,8	34,8	90,0	20,6	2,3	2,3	0,003	0,0012	2,8	Stratified	0,0	14,2	0,16
007-SOL-W	96,2	36,3	90,0	2,7	4,1	4,1	0,005	0,0013	3,1	Stratified	0,0	13,9	0,29
008-MOL-W	93,9	35,5	90,0	1,3	3,3	3,3	0,004	0,0014	3,2	Stratified	0,0	14,1	0,24
009-EOL-W	91,6	34,8	90,0	0,0	3,3	2,3	0,003	0,0014	3,2	Stratified	0,0	14,1	0,24

4.1. Pressure Profile

Figure 4.1 shows the pressure profiles for all the cases evaluated and pipeline elevation profile. The dashed lines show the summer cases and the continue line the winter cases. The L07-F riser inlet pressure is consistent with the L07-F flow change. This means, that for more inlet flow the inlet pressure is high and for less inlet flow the inlet pressure is lower.

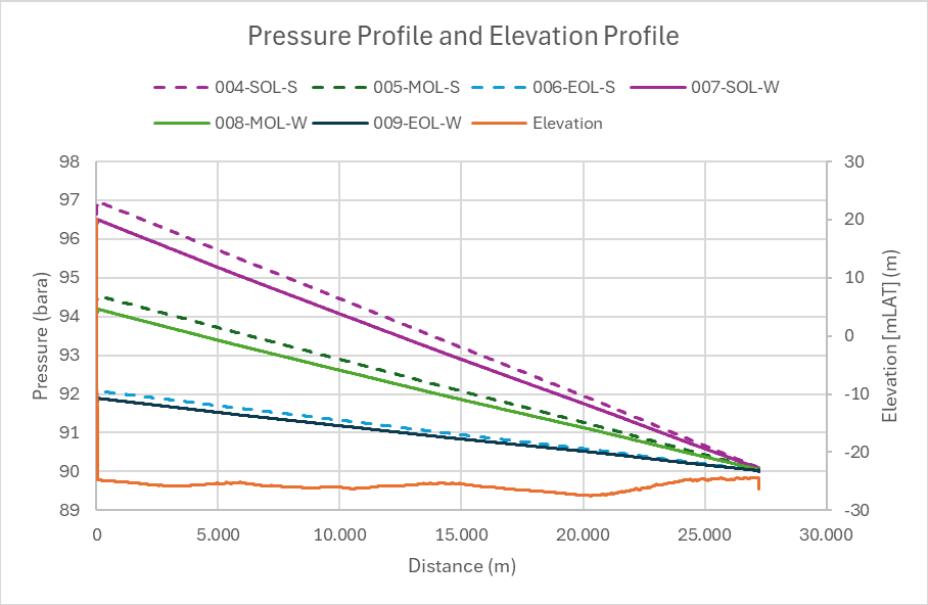


Figure 4.1 Pressure Profile

4.2. Temperature Profile

Figure 4.2 shows the temperature profiles for all the cases evaluated and pipeline elevation profile. The dashed lines show the summer cases and the continues line the winter cases.

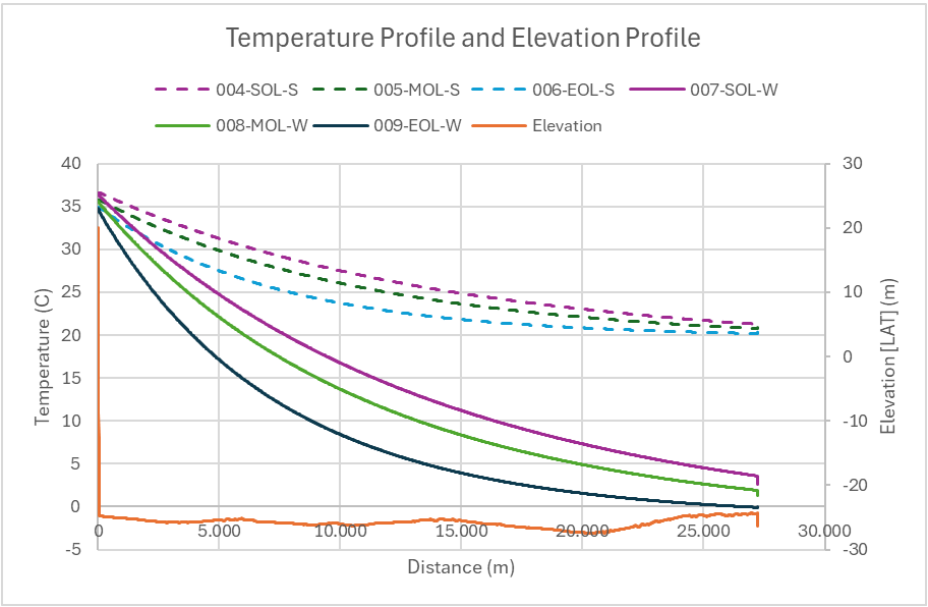


Figure 4.2 Temperature Profile

4.3. Hydrate Formation

The formation of a hydrate requires four conditions:

- Low temperature
- High pressure
- Presence of hydrate formers such as CH_4, C_2H_4, CO_2 and H_2S
- Sufficient quantities of water

The system evaluated is a dry gas with -8 ºC of water dew point, there is no free water present at the evaluated conditions. Therefore, there is no Hydrate formation risk in the pipeline and spool system. The warmest case analysed is shown in Figure 4.3; this is the SOL case for summer season. The coolest case analysed is shown in Figure 4.4; this case (EOL for winter) is the worst case for Hydrate formation.

Figure 4.3 shows (in blue) the operating conditions of the pipeline, the dashed red line shows the hydrates formation and the continue red line shows the hydrate formation + 4 ºC safety margin.

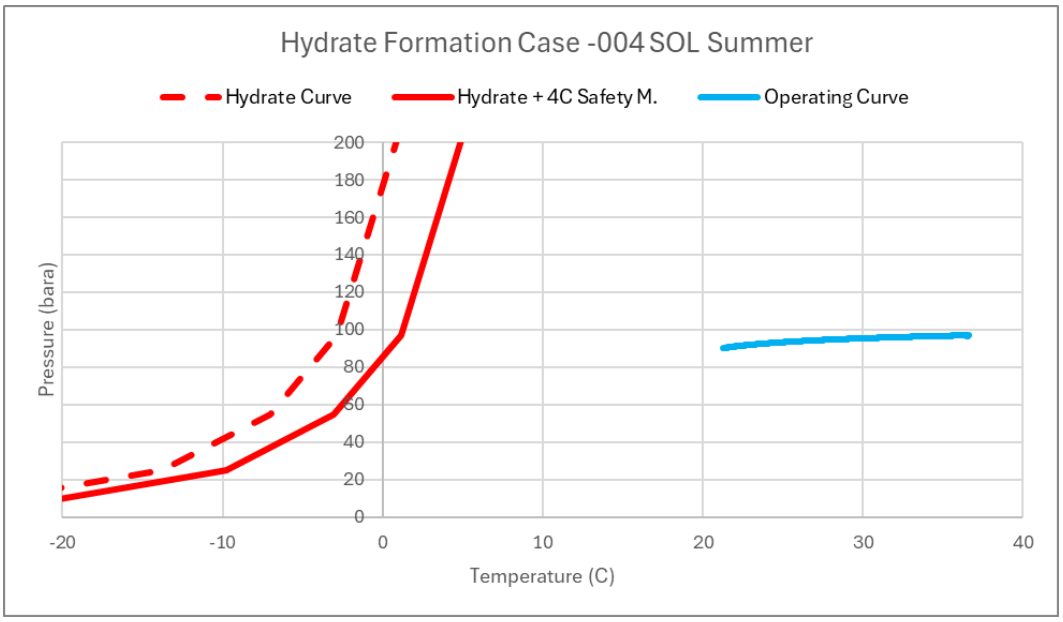


Figure 4.3 Hydrate Formation Case -004 SOL Summer

Figure 4.4 shows (in blue) the operating conditions of the pipeline, the dashed red line shows the hydrates formation and the continue red line shows the hydrate formation + 4 ºC safety margin.

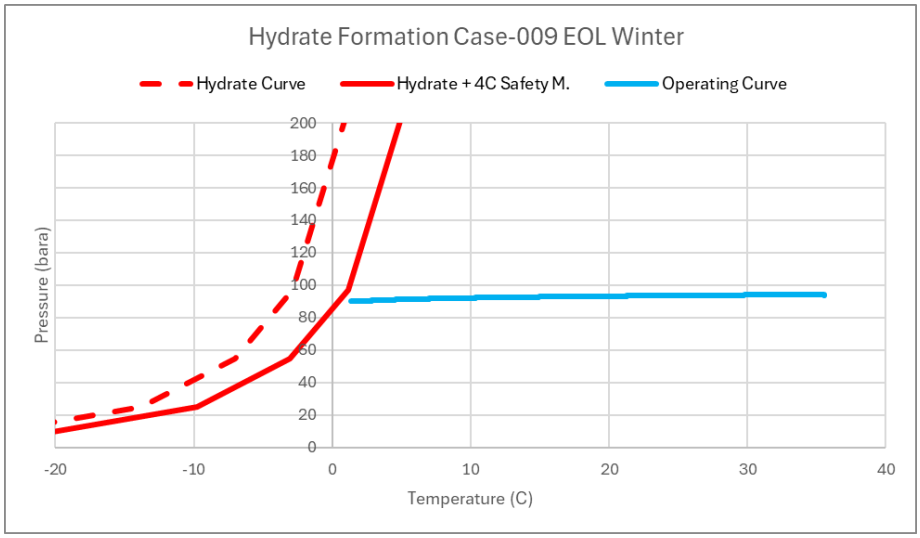


Figure 4.4 Hydrate Formation Case-009 EOL Winter

The results shown in Figure 4.4 indicate that the worst operating condition in the pipeline (i.e. case-009) is outside of the hydrate formation risk area. Therefore, there is no hydrate formation risk in this system for the steady state conditions.

4.4. Liquid Holdup Profile

Figure 4.5 shows the liquid holdup profile for case-009 SOL-Winter (worst case) along the pipeline profile. It is observed that the fraction of liquid accumulated in the pipeline is very small and that although there is a slight increase in the spool diameter because the ID is larger than the pipeline (from 12" to 16" to 24" to 36"), see reference [6], this increase is not significant, so the total liquid accumulated is a relatively lower value.

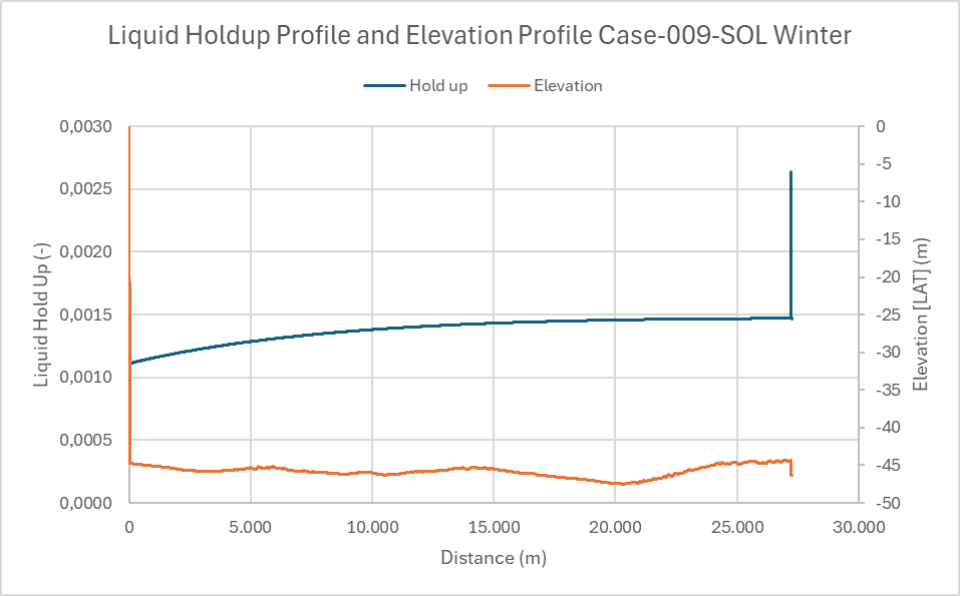


Figure 4.5 Liquid Holdup fraction Profile Case-009 SOL Winter

4.5. EVR Results

Figure 4.6 shows the Gas Velocity profile, Erosional Velocity Profile and the EVR Profile, for case.004-SOL-Summer (worst case). It is observed that the velocities do not change through the pipeline, but the gas velocity and the EVR decrease in the spool due to the larger ID in this section. It can be concluded that erosion is not a problem in the evaluated system (including the tie in spools).

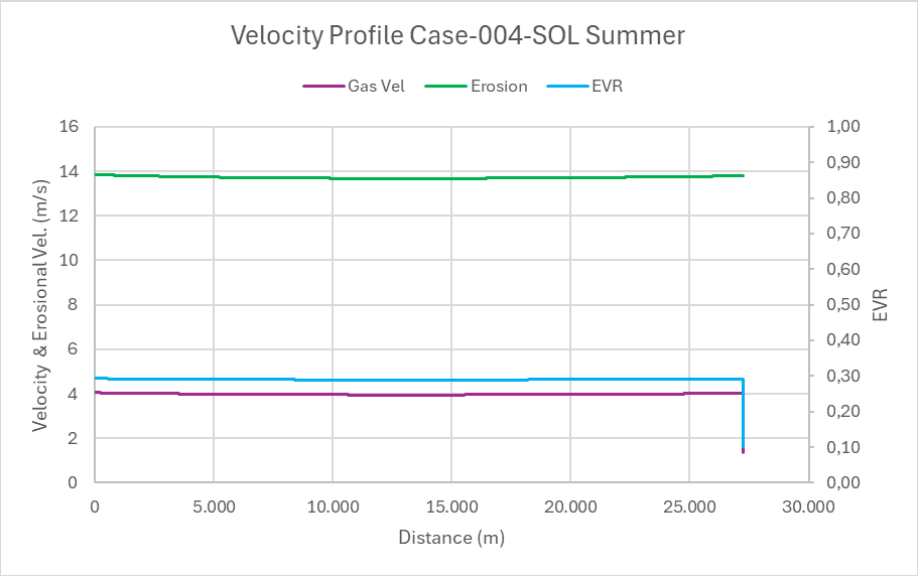


Figure 4.6 Velocity Profile Case-004-SOL Summer

4.6. Flow Regime

Figure 4.7 shows the liquid holdup profile through the pipeline for case-009-SOL-Winter. Stratified regime flow is predicted for the pipeline and bubble regime is predicted for the spool tie in. Slug flow is not expected for this system at the evaluated conditions.

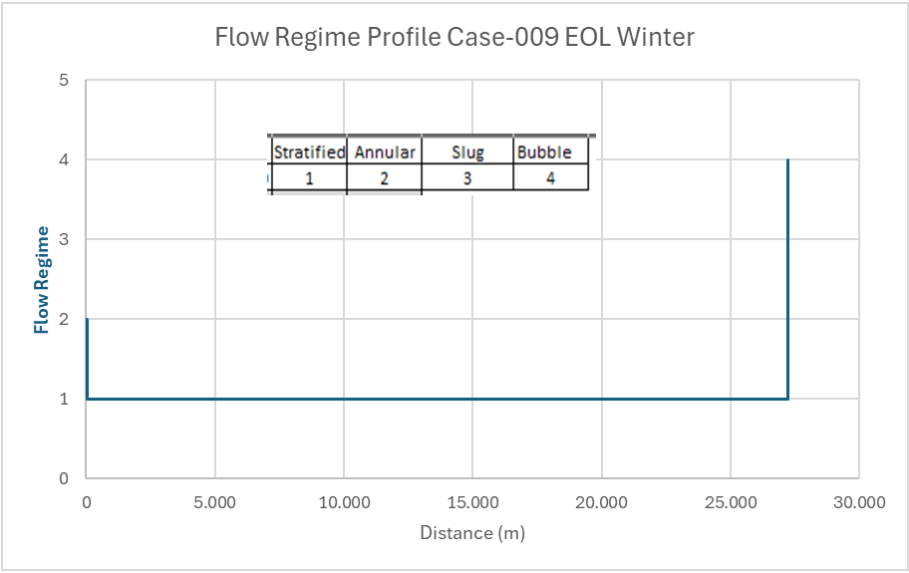


Figure 4.7 Flow Regime

5. Conclusions

- The maximum predicted pressure drop is 7 bar, equivalent to 0.024 bar/100 m. Those results are OK based on the engineering design parameters.
- The maximum total liquid hold-up (HL) predicted is a relatively low value of 3,2 m^3.
- The maximum EVR calculated is 0,29 (< 1). Therefore, erosion problems are not expected in the pipeline and spool system.
- According to the results CO_2 corrosion problems are not expected in the system.
- The minimum liquid velocity is a very low value, although this was expected due to the low CGR. However, a sediment deposit problem is not expected either in this system.
- When the system reaches equilibrium, the liquid accumulated in the pipeline is low (3,2 m^3), and this decreases the risk of slugs. The turndown case and the startup case have not been evaluated in this steady state study. However, a significant impact on the slug flow in the pipeline and spool system is not expected.
- Slug flow is not expected for this system at the evaluated conditions.
- The results indicate that the worst operating condition in the pipeline (case-009) is outside the hydrate formation risk area. Therefore, there is no hydrate formation risk in this system.

Appendix A Pipe Segment vs Aspen HYSYS Hydraulics

The following paragraphs clearly define the pipe segment tool and Hydraulics tool from Aspen Hysys. and explains why Aspen Hydraulic is the preferred tool to complete this study.

Pipe Segment in Aspen HYSYS.

This unit operation is recommended for low-velocity flow within a process (for example, between equipment). It is not recommended for high velocity flow because it ignores the acceleration term in the pressure drop equation. It also has some limitations for transient analysis, including the inability to recognize pressure buildup (i.e. line packing) inside the segment as well as backwards flow when the pipe is on an incline. Additionally, liquid in the pipe will flow at the same velocity as the vapor (i.e., nonslip assumption) regardless of whether the correlation specified includes a holdup model. Pipe Segment is available as a unit operation in the Aspen HYSYS flowsheet. Ref [Aspen Hysys]

Aspen HYSYS Hydraulics.

This tool is recommended for gathering networks, outside of the facility. It can, of course, be used for in-plant piping, but often the calculation rigor available in Aspen HYSYS Hydraulics is not required for pressure drop analysis of in-plant process piping. This tool is recommended for high-velocity flow, multiple sources and destinations, and dynamic studies. The tool is not recommended for single-component hydraulic analysis unless the fluid is subcooled liquid or superheated vapor for the entire network analysis. Aspen HYSYS Hydraulics is available as a sub-flowsheet in Aspen HYSYS.

Aspen Hydraulics is a tool available in Aspen HYSYS® Upstream for modelling pipeline networks in steady-state and dynamics mode. In dynamic simulations, Aspen Hydraulics solves the governing partial differential equations for two-phase flow (shown below) to predict the evolution of flow in a pipeline, including terrain-induced slugging. Accurate predictions for terrain-induced slugging using Aspen Hydraulics within Aspen HYSYS Upstream can enable more confident decision-making and open opportunities for capital and operating cost savings.

With Aspen Hydraulics, the user can successfully model and perform transient studies of the terrain-induced slug-ging effect. Further, Aspen Hydraulics allows for a seamless transition for simulation in both steady-state and dynamics, as well as the seamless integration with production and processing facilities. Aspen Hydraulics also offers the ability to perform various flow assurance studies in the steady-state mode. By fully utilizing the capabilities in Aspen Hydraulics, users in the oil and gas industry can model pipeline networks easily and accurately within Aspen HYSYS. Using information from Aspen HYSYS models, customers can avoid flow assurance issues, prevent production losses, and debottleneck pipeline networks, allowing them to improve yields and increase the operability of the pipeline. Ref [Aspen Hysys]