Net op Zee – Nederwiek 2

Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat

Bijlage 12: Watertoets

Net op zee Nederwiek 2

Bijlage VII-C Watertoets

Datum: 06-09-2023
Versienummer: 2.0
Status: Definitief

In opdracht van:

1 Inhoudsopgave

1 Inleiding Watertoets 2
1.1 Algemene toetsingen 2
1.2 Doelstelling Watertoets 2
1.3 Leeswijzer 2
2 Afbakening 4
2.1 Inleiding 4
2.2 Vertroebeling 4
2.3 Sedimentatie 7
2.4 Verstoring als gevolg van continu onderwatergeluid 8
2.5 Verstoring als gevolg van impuls onderwatergeluid 9
2.5.1 Heien platform 11
2.6 Bovenwaterverstoring op zee 14
2.6.1 Geluid en visuele storing 14
2.6.2 Verstoring door licht 16
2.7 Habitataantasting 18
2.8 Elektromagnetische velden 18
2.9 Verontreiniging 22
2.9.1 Bronnen van verontreiniging 22
2.9.2 Verontreiniging tijdens de aanleg 22
2.9.3 Verontreiniging tijdens de gebruiksfase 23
2.10 Warmteontwikkeling 23
2.11 Samenvatting reikwijdte activiteiten en bepaling studiegebied 24
3 Kaderrichtlijn Mariene Strategie 26
3.1 Wet- en regelgeving 26
3.1.1 Inleiding 26
3.1.2 D1. Biologische diversiteit 27
3.1.3 D2. Niet-inheemse soorten (exoten) 28
3.1.4 D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren 29
3.1.5 D4. Voedselwebben 29
3.1.6 D5. Eutrofiëring 30
3.1.7 D6. Integriteit van de zeebodem 30
3.1.8 D7. Hydrografische eigenschappen 31
3.1.9 D8. Vervuilende stoffen 31

3.1.10 D9. Vervuilende stoffen in visproducten 32
3.1.11 D10. Zwerfvuil 32
3.1.12 D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid 33
3.2 Effectbepaling 33
3.2.1 Inleiding 33
3.2.2 Vertroebeling 35
3.2.3 Sedimentatie 45
3.2.4 Verstoring door continue onderwatergeluid 46
3.2.5 Verstoring door impuls onderwatergeluid 47
3.2.6 Bovenwaterverstoring door geluid, optiek en licht 50
3.2.7 Habitataantasting en habitatverandering 58
3.2.8 Opwerveling van historische verontreiniging op zee 61
3.2.9 Elektromagnetische velden 65
3.3 Toetsing KRM 69
3.3.1 Inleiding 69
3.3.2 D1. Biologische diversiteit 69
3.3.3 D2. Niet-inheemse soorten 71
3.3.4 D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren 71
3.3.5 D4. Voedselwebben 71
3.3.6 D5. Eutrofiëring 72
3.3.7 D6. Integriteit van de zeebodem 72
3.3.8 D7. Hydrografische eigenschappen 72
3.3.9 D8. Vervuilende stoffen 72
3.3.10 D9. Vervuilende stoffen in visproducten 72
3.3.11 D10. Zwerfvuil 72
3.3.12 D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid 73
3.4 Conclusie 73
4 Kaderrichtlijn Water 73
4.1 Wet- en regelgeving 73
4.1.1 Inleiding 73
4.1.2 Chemische kwaliteit 75
4.1.3 Ecologische kwaliteit 75
4.2 KRW-waterlichamen 77
4.1.1 Betrokken KRW-waterlichamen 77
4.1.2 Huidige toestand KRW-waterlichamen 78
4.1.3 Samenvatting 84

4.3 Effectbepaling 85
4.3.1 Inleiding 85
4.3.2 Vertroebeling 85
4.3.3 Continu-onderwatergeluid 87
4.3.4 Habitataantasting 88
4.3.5 Elektromagnetische velden 91
4.3.6 Combinatie van gevolgen 92
4.4 Cumulatie 93
4.4.1 Toelichting 93
4.4.2 Projecten meegenomen in cumulatietoets 94
4.4.3 Vertroebeling 97
4.4.4 Continu-onderwatergeluid 103
4.4.5 Habitataantasting 104
4.4.6 Elektromagnetische velden 104
4.5 Toetsing KRW 105
4.1.4 Inleiding 105
4.5.1 Toetsingskader deel 1 107
4.5.2 Toetsingskader deel 3 108
4.5.3 KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) 108
4.5.4 KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) 109
4.5.5 KRW-waterlichaam Haringvliet-west 110
4.6 Conclusie 110
5 Referenties 112
Colofon 127

1 Inleiding Watertoets

Net op zee Nederwiek 2 is de ondergrondse hoogspanningsverbinding vanuit het noordelijke deel van windenergiegebied Nederwiek naar het vasteland. In het kader van de realisatie en het gebruik van Net op zee Nederwiek 2 worden tal van onderzoeken uitgevoerd, onder meer ten aanzien van (beschermde) natuur. Dit wordt verder toegelicht in onderstaande paragraaf.

1.1 Algemene toetsingen

De voorgenomen activiteit wordt aan de volgende wettelijke kaders getoetst.

1. Wet natuurbescherming, onderdeel gebiedsbescherming (Passende Beoordeling);
2. Wet natuurbescherming, onderdeel soortenbescherming (Soortenbeschermingstoets);
3. Waterwet, Kaderrichtlijn Mariene Strategie en Kaderrichtlijn Water (Watertoets), dit rapport;
4. Natuurnetwerk Nederland (toetsing NNN).

De voorgenoemde rapporten/toetsen bestaan uit een:

- Deel A: met daarin de algemene beschrijving van het project. Dit deel is voor de verschillende toetsen identiek;
- Deel B: toets aan het betreffende wettelijke kader.

De onderliggende toets betreft het deel B van de toets aan de Waterwet, Kaderrichtlijn Mariene Strategie en de Kaderrichtlijn Water, gezamenlijk de Watertoets genoemd.

1.2 Doelstelling Watertoets

Aangezien onderdelen van het project in grotere wateren worden aangelegd en op land invloed kan ontstaan op het grondwater is op voorhand niet vast te stellen of de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 2 geen negatieve effecten heeft op de ecologie en milieudoelstellingen van de wateren waarin dit project wordt aangelegd. Het voorliggende rapport betreft daarmee een toetsing van de voorgenomen activiteiten (beschreven in Hoofdstuk 2 van deel A) aan de beleidskaders van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) (de Watertoets).

1.3 Leeswijzer

De Watertoets is opgebouwd uit een deel A en een deel B. Deel A is een apart document met daarin de aanleiding (Hoofdstuk 1) en activiteitenbeschrijving (Hoofdstuk 2) van het Net op zee Nederwiek 2. Deel B van de Watertoets is voorliggend document.

In deel B van de Watertoets (voorliggend document) vindt in Hoofdstuk 2 de afbakening plaats van de gevolgen met bijbehorende worst-case effect-reikwijdtes, waarbij aan de hand van effectketens bepaald wordt welke effecten relevant zijn en nader onderzocht moeten worden. Hierna wordt ieder beleidskader (KRM en KRW) per hoofdstuk behandeld. Zo wordt in:

- Hoofdstuk 3 getoetst aan de Kaderrichtlijn Mariene Strategie. In paragraaf 3.1 wordt een toelichting gegeven op het wettelijk kader van de KRM, waarna in paragraaf 3.2 de effectbepaling voor de in het kader van de KRM relevante kwaliteitskenmerken wordt

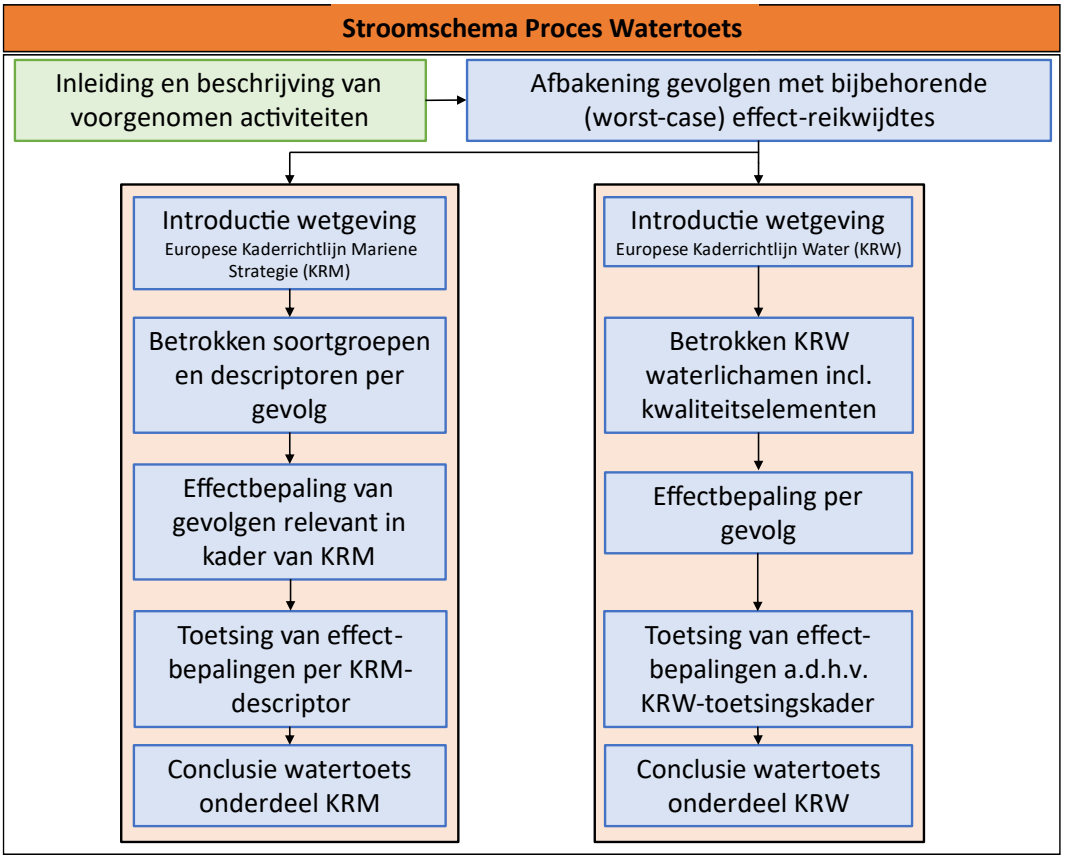
gedaan. In paragraaf 3.3 zijn de effecten getoetst aan het wettelijk kader en in paragraaf 3.4 is de conclusie opgesteld.

- Hoofdstuk 4 getoetst aan de Kaderrichtlijn Water. In paragraaf 4.1 wordt een toelichting gegeven op het wettelijk kader van de KRW, waarna in paragraaf 4.2 een opsomming van de betrokken KRW-waterlichamen wordt gegeven. In paragraaf 4.3 wordt de effectbepaling voor de KRW gedaan en in paragraaf 4.5 zijn de effecten getoetst aan het wettelijk kader. Paragraaf 4.6 bevat de conclusie.

In deze Watertoets wordt de volgende terminologie gebruikt:

- Activiteit: de activiteit die wordt uitgevoerd, te weten het aanleggen van kabels, het realiseren van een offshore platform en de bouw van een converterstation op land.
- Gevolg: het gevolg van deze activiteit, bijvoorbeeld vertroebeling door het omwoelen van de waterbodem.
- Effect: het effect op een kwaliteitskenmerk, bijvoorbeeld het effect op de soortsamenstelling van macrofauna als gevolg van aantasting van de bodem.

De stappen die worden doorlopen in deze Watertoets zijn weergegeven in het stroomschema in Figuur 1-1.



Figuur 1-1 Stroomschema van het proces dat wordt doorlopen voor de Watertoetsen. Het groene blok is beschreven in deel A. De blauwe blokken zijn hier beschreven.

2 Afbakening

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk vindt een afbakening van de gevolgen van de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 2 plaats voor het worst-case scenario. De activiteiten beschreven in het aparte document (Inleiding en Activiteitenbeschrijving) hebben een aantal gevolgen die vervolgens een effect kunnen hebben op de kwaliteitskenmerken.

Deze gevolgen zijn:

- Vertroebeling, als gevolg van sediment dat in suspensie komt door de aanlegwerkzaamheden.
- Sedimentatie, als gevolg van het neerslaan van geresuspendeerd sediment.
- Verstoring onderwater:
  - Door continu onderwatergeluid door scheepsmotoren en andere werktuigen aan boord;
  - Door impuls onderwatergeluid door het heien voor de aanleg van het platform.
- Bovenwaterverstoring als gevolg van geluid, licht en visuele verstoring door de werkzaamheden op zee en land.
- Habitataantasting door mechanische aantasting op zee.
- Elektromagnetische velden op zee als gevolg van het gebruik van het in gebruik nemen van de kabels.
- Verontreiniging, als gevolg van het opwoelen van chemische stoffen in het sediment tijdens werkzaamheden en gebruik van het platform op zee.
- Warmteontwikkeling, als gevolg van het gebruik van de kabels in de gebruiksfase.

De gevolgen worden in de volgende paragrafen toegelicht. Per gevolg is de reikwijdte toegelicht. Dit gebeurt aan de hand van modellering, uit de literatuur bekende verstoringscontouren en/of expert judgement. Dit leidt tot een worst-case reikwijdte per gevolg.

Verstoringen die alleen tijdens de aanlegfase plaatsvinden kunnen in theorie ook tijdens de gebruiksfase plaatsvinden, op het moment waarop er een kabelbreuk opgegraven en gerepareerd moet worden. Dit is in principe niet aan de orde en de impact per verstoring is zeer klein en lokaal en altijd minder groot dan bij de aanleg.

2.2 Vertroebeling

Bij de aanleg van de gelijkstroomkabels op zee wordt afhankelijk van de lokale situatie gebaggerd, ge-pre-sweept (i.e. het baggeren van een passage voor kabelinstallatie door de zandgolven) en getrencht, waardoor sediment in de waterkolom verspreid kan worden. Het betreft met name de resuspensie van de fijnere deeltjes (slib) in de waterkolom, afhankelijk van het lokale slibgehalte. Hierdoor ontstaat tijdelijk vertroebeling. Het neerslaan en ophopen van het, door de werkzaamheden geresuspendeerde, sediment heet sedimentatie. Zowel vertroebeling als sedimentatie kunnen effecten hebben op KRW-doelen binnen het studiegebied. Vertroebeling wordt verder behandeld in deze paragraaf. Sedimentatie wordt verder behandeld in paragraaf 2.3.

Vertroebeling kan ertoe leiden dat:

- Filterfeeders (organismes die leven van plankton en ander in het water zwevend voedsel) in hun voedselopname worden geremd.

- Trekvissen een barrière ondervinden wanneer de slibwolk de doorgang tussen zoet en zout water belemmert.

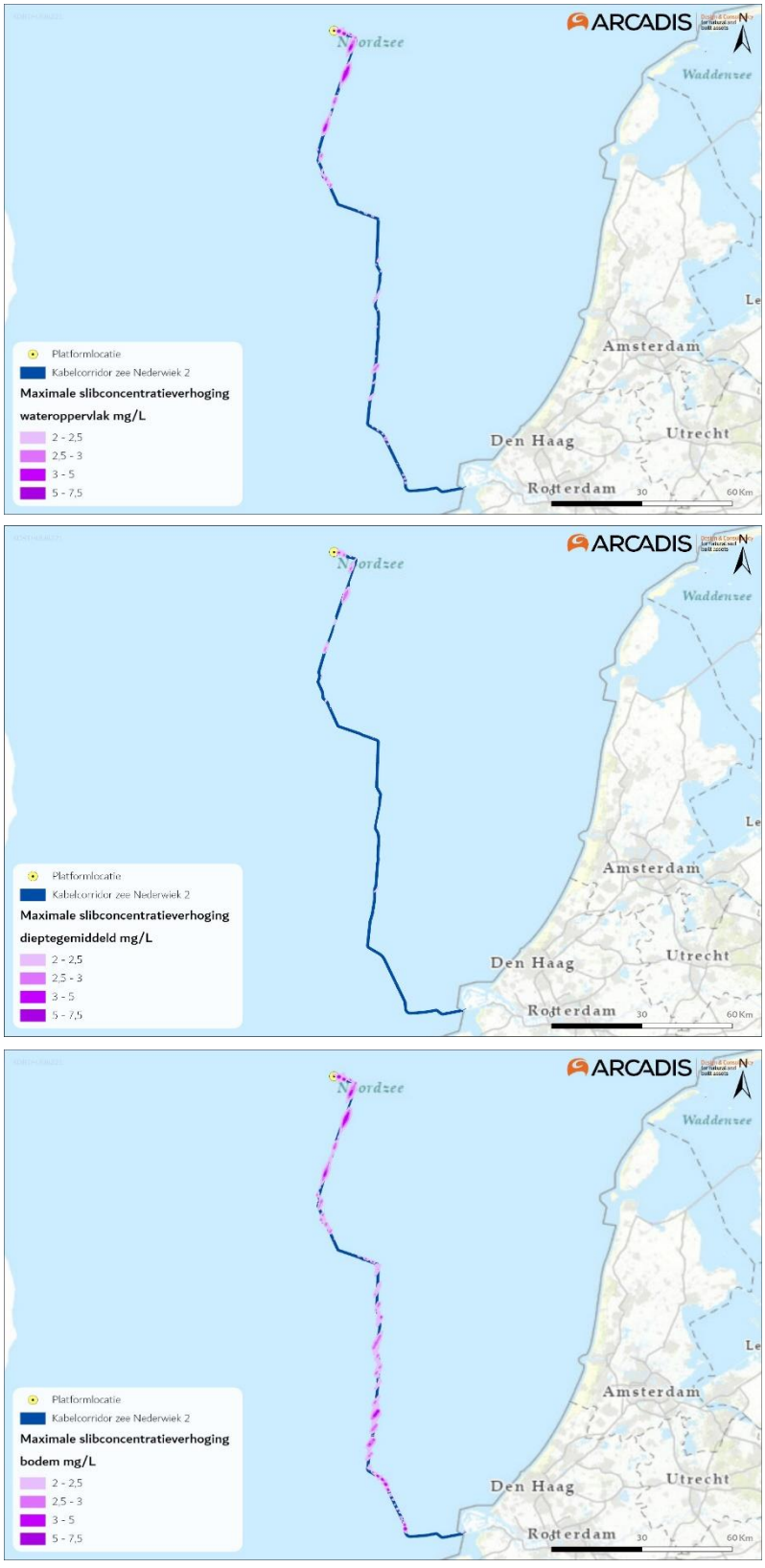
Vertroebeling leidt tot minder doorzicht aan het wateroppervlak waardoor potentieel:

- Primaire productie (i.e. de basis van de voedselketen) kan worden geremd.
- Het vangstsucces van zichtjagende vogels wordt beïnvloed.

De mate waarin vertroebeling door de werkzaamheden optreedt is in een modelstudie onderzocht (zie Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie). De slibstudie is gemodelleerd voor alle werkzaamheden, vanaf het platform tot aan de aanlanding bij de Tweede Maasvlakte. Vertroebeling wordt uitgedrukt in het aantal milligram zwevende stofdeeltjes per liter water (mg/L). Het model berekent de toename in de slibconcentratie ten gevolge van de (bagger)werkzaamheden; de waardes zijn exclusief de achtergrondconcentratie van zwevende stof die in de wateren aanwezig is.

In de slibmodelleerstudie (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie) is de vertroebeling aan de bodem, in de waterkolom en aan de wateroppervlakte gemodelleerd. Figuur 2-1 laat het maximale areaal zien waar gedurende de gehele simulatieperiode op enig moment een verhoging van de daggemiddelde slibconcentratie bij de bodem en aan het wateroppervlak is berekend. In de bovenste afbeelding is het gebied weergegeven waarin een vermindering van doorzicht aan het wateroppervlak kan optreden. In de onderste afbeelding is de maximale reikwijdte van de slibwolk in het gebied weergegeven. Er is gewerkt met een ondergrens van 2 mg/L, dit is de grens van de nauwkeurigheid van de modelstudie (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie) en de ondergrens van een meetbaar verschil ten opzichte van de achtergrondconcentratie.

Te zien is dat vertroebeling die tijdens de aanleg optreedt voornamelijk op open zee direct langs het tracé plaatsvindt. De vertroebelingswolk spreidt zich uit over een gebied van tientallen vierkante kilometers. Binnen 10 kilometer van de kustzone treedt er geen vertroebeling op, omdat er gebruik wordt gemaakt van een ander type installatieschepen waarvoor geen pre-sweeping nodig is. Langs het gehele tracé komt de vertroebeling niet boven de 5 mg/L. Tijdens de gebruiksfase treedt er geen vertroebeling op.



Figuur 2-1 Gebied tot waar de slibwolk (> 2 mg/L) aan het wateroppervlak (figuur boven), dieptegemiddelde (figuur midden) en op de bodem (figuur onder) maximaal reikt ten gevolge van de werkzaamheden van de aanleg van een (2x2)-kabelconfiguratie.

2.3 Sedimentatie

Het sediment dat in de waterkolom vrijkomt bij de aanleg van de kabels bezinkt over een bepaald areaal en kan daarmee een laag sediment op de bodem vormen (sedimentatie). Sedimentatie heeft een effect op bodemdieren. In een natuurlijke situatie of bij lage sedimentatie kunnen de dieren in of op de bodem zich omhoog bewegen. Bij een te grote en/of te snelle bedekking kan sedimentatie leiden tot verstikking. Dit kan effect hebben op de bodemdierensamenstelling, op de voedselvoorraad voor vissen en op droogvallende platen foeragerende vogels. Het effect van de bedekking is afhankelijk van verschillende factoren, zoals de tolerantie en locatie van de soort, de hoeveelheid geloosde specie, de duur van de bedekking, de sedimenteigenschappen van het bedekkende materiaal en de temperatuur. Tijdens de gebruiksfase treedt er tijdens regulier gebruik geen sedimentatie op.

In de wetenschappelijke literatuur zijn de specifieke effecten van deze factoren niet allemaal apart onderzocht. Door Bijkerk (1988) is de tolerantie voor permanente sedimentatie bepaald van zeven algemeen voorkomende macrobenthos-soorten (strandgaper *Mya arenaria*, slangpier *Capitella capitata*, wapenworm *Scoloplos armiger*, kokkel *Cerastoderme edule*, nonnetje *Macoma balthica*, wadpier *Arenicola marina*, zandzager *Nereis* sp.). Deze tolerantie lag voor permanente sedimentatie met fijn zand tussen de 1,67 mm/dag (*Mya, Capitella*) en 5,67 mm/dag (*Macoma, Arenicola, Nereis*). De organismen waren gevoeliger voor sedimentatie met slib. De tolerantie varieerde daar tussen de 0,33 mm/dag (*Mya*) en 11,67 mm/dag (*Nereis* sp.). Rozemeijer & Smith (2017) bevestigen de resultaten van Bijkerk (1988) over de sedimentatie tolerantie van de macrobenthos-soorten. Ook worden in deze literatuurstudie meerdere soorten macrobenthos uitgelicht, waaronder tweekleppige maar bijvoorbeeld ook verschillende zeestersoorten, die soortgelijke (hoge) toleranties voor sedimentatie hebben.

De maximale sedimentatiesnelheid en sliblaagdikte door sedimentatie is voor de activiteit modelmatig berekend (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie). Er worden verder dezelfde uitgangspunten en deelgebieden langs het tracé gehanteerd als bij vertroebeling, zie paragraaf 2.2.

Figuur 2-2 weergeeft het gebied weer waar sedimentatie van meer dan 0,33 mm/dag optreedt tijdens de werkzaamheden. Dit is de maximale sedimentatiesnelheid die de gevoeligste soort (*Mya arenaria)* nog tolereert (Bijkerk, 1988) en dus plaats kan vinden voordat effecten optreden op individuen. In Figuur 2-2 is te zien dat de sedimentatiesnelheden boven de 0,33 mm/dag met name in het gedeelte vanaf 20 km uit de kust worden bereikt en maximaal circa 1,5 km van het tracé af. Dichter bij de kust ligt de sedimentatiesnelheid rondom het tracé tussen de 0 en 0,2 mm/dag (niet weergegeven in de Figuur 2-2). Langs het gehele tracé komt de sedimentatiesnelheid niet boven de 1,0 mm/dag. Tijdens de gebruiksfase treedt er geen sedimentatie op.

Figuur 2-2 Het areaal waar sedimentatie van boven de 0,33 mg/dag optreedt door de voorgenomen werkzaamheden van de aanleg van een (2x2)-kabelconfiguratie.

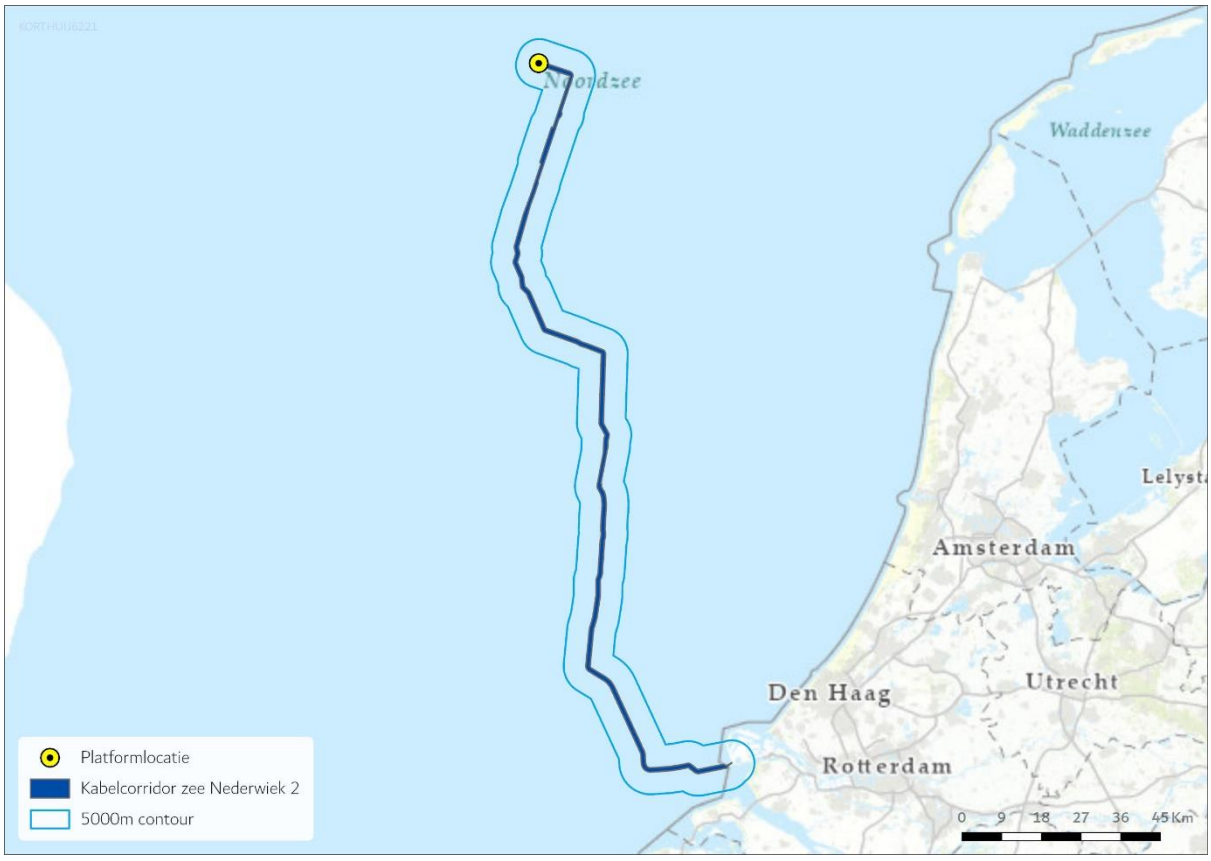
2.4 Verstoring als gevolg van continu onderwatergeluid

Bij het varen tijdens de aanlegfase treedt er verstoring in de vorm van continu onderwatergeluid op door cavitatie van de schroefbladen van de schepen. Cavitatie is de vorming van bellen gevuld met waterdamp aan de voorkant bij de schroefbladen, die vervolgens imploderen. Daarnaast genereren scheepsmotoren en andere werktuigen aan boord ook trillingen die door de romp van het schip aan het water worden doorgegeven. Ten slotte kan het gebruik van de jet-trencher ook voor onderwatergeluid zorgen. Dit type geluid wordt continu onderwatergeluid genoemd. Deze vorm van verstoring is tijdelijk van aard en treedt alleen op tijdens de uitvoering van de werkzaamheden ter plaatse van de schepen.

Voor de bepaling van de reikwijdte van continue onderwaterverstoring is uitgegaan van de maximale effectafstanden voor zeehonden en bruinvissen. Hierbij is uitgegaan van de analyse van Verboom die als Bijlage VIII is opgenomen in de ‘Ronde 2’ Passende Beoordeling voor Wind op Zee uit 2009 (Arends et al., 2009). Op basis van meetgegevens van een zestal koopvaardijschepen van 100 meter, die met een snelheid van 13 – 16 mijl per uur op diep water varen, zijn maximale verstoringsafstanden van 4.800 meter voor zeehonden en 2.800 meter voor bruinvissen gevonden. Onderwatergeluid reikt verder naarmate het water dieper is. De in deze toetsing gehanteerde verstoringsafstand van 5 kilometer is worst-case.

In Figuur 2-3 is de maximale reikwijdte van het effect van onderwatergeluid weergegeven als gevolg van de realisatie van de zeekabels en het platform, op basis van de verstoringscontour van 5 kilometer. In de aanleg en in de gebruiksfase varen (kleinere) schepen ook vanaf de dichtstbijzijnde

vaarroutes naar het platform. Dit zijn relatief kleine routes en verstoringen ten opzichte van de verstoring rondom de aanleg. De verstoring tijdens de aanleg wordt daarom als worst-case gehanteerd.



Figuur 2-3 Onderwaterverstoring ten opzichte van het projectgebied.

2.5 Verstoring als gevolg van impuls onderwatergeluid

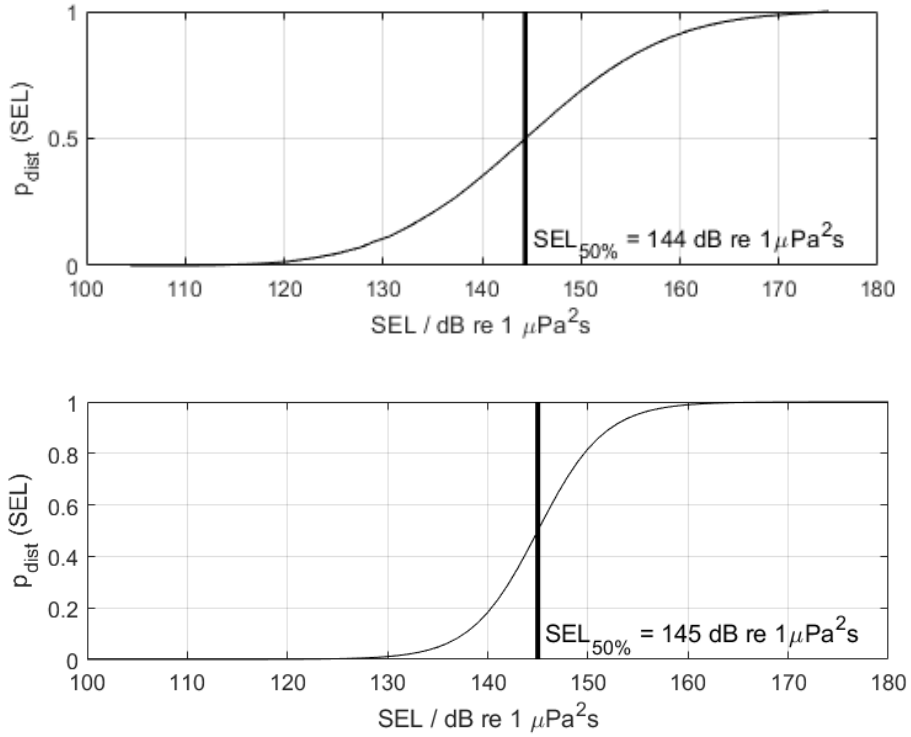
Door het heien voor de aanleg van het platform treedt er impuls onderwatergeluid op. Tijdens de gebruiksfase treedt er geen impuls onderwatergeluid op. Onderwatergeluid in de vorm van impuls onderwatergeluid kan een effect hebben op in het water levende vissen en zeezoogdieren in de vorm van stress, vluchtgedrag en/of tijdelijke (ook wel: TTS - Temporary Threshold Shift) of permanente (ook wel: PTS - Permanent Threshold Shift) gehoordrempelverschuiving, afhankelijk van de geluidssterkte.

In het Kader Ecologie en Cumulatie (KEC) 4.0 (Heinis et al., 2022) wordt de impact van impuls onderwatergeluid veroorzaakt door het heien en de geofysische surveys bij de uitrol van alle windparken op zee op bruinvissen en zeehonden berekend en beoordeeld. Uitgangspunt bij de aanleg van windparken op zee is dat de bruinvis- en zeehond populaties in de Noordzee niet meer dan 5% (met 95% zekerheid) mogen afnemen. Het gebruik van het KEC is aan het einde van onderhavige paragraaf 2.5 toegelicht in een tekstkader. Hierin wordt o.a. uitgelegd dat het KEC op zichzelf geen toetsingskader is, maar de methodiek in het KEC wel de huidige best practice is.

Voor de verstoringsberekeningen gebruikt het KEC het Aquarius-model en het Interim PCoD model. Aan beide modellen worden per actualisatie van het KEC aanpassingen gedaan gebaseerd op de

laatste inzichten uitgaande van realistische worst-case aannamen. Voor deze berekeningen is het verstoorde areaal van groot belang. Het verstoorde areaal is afhankelijk van de reikwijdte van het impulsgeluid en de gevoeligheid van bruinvissen en zeehonden. Daarnaast is de frequentie van het impuls onderwatergeluid van belang.

Volgens de methodiek gebruikt voor het KEC 4.0 wordt aangenomen dat bruinvissen en zeehonden verstoring varieert per individu wanneer ze blootgesteld worden aan heigeluid. Dit is afhankelijk van de context waarin de dieren aan het geluid worden blootgesteld. Hiervoor is gekozen om in het KEC 4.0 dosis-respons relaties te gebruiken in plaats van discrete drempelwaarden. Deze dosis-respons relaties zijn beschreven in Figuur 2-4.



Figuur 2-4 Relaties tussen geluiddosis (ongewogen breedband single strike sound exposure level) en kans op het optreden van een gedragsrespons bij bruinvissen (boven) en zeehonden (onder). In het KEC wordt ervan uitgegaan dat de respons van gewone en grijze zeehonden vergelijkbaar is. De verticale lijn en de in de figuren weergegeven $SEL_{50\%}$-waarde geven aan bij welke SEL er 50% kans is op het verstoren van dieren. Uit Heinis et al. 2022.

Er is 50% kans op verstoring van de dieren bij de volgende waardes:

- Zeehond Mpw-gewogen breedband SELss van 145 dB re 1 µPa2s;
- Bruinvis ongewogen breedband SELss van 144 dB re 1 µPa2s.

Gebaseerd op deze gegevens zijn er minimum- waardes berekend (uitgedrukt in Sound Exposure Level/SEL in Pascal) waarop individuen al verstoring kunnen ondervinden:

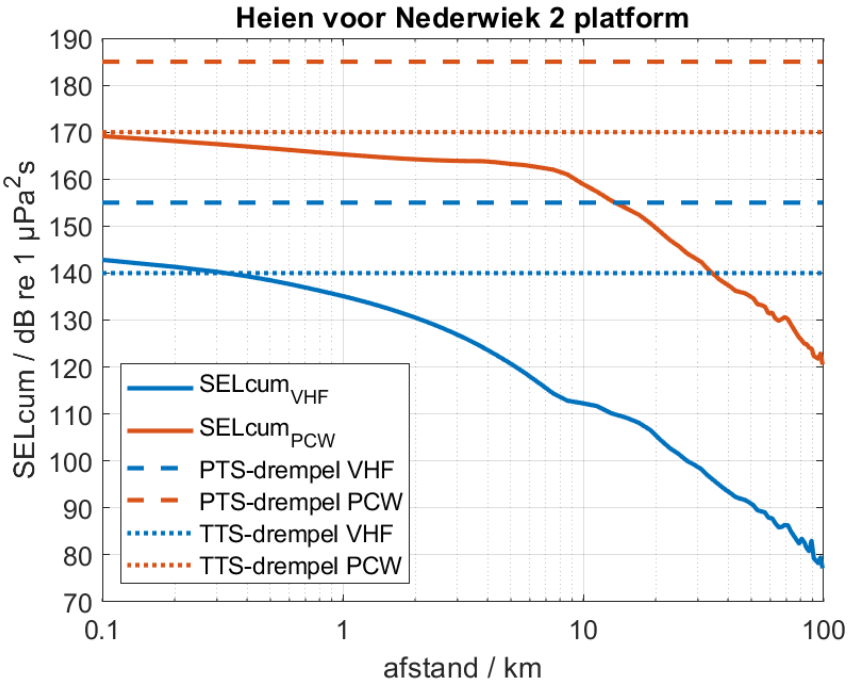
- Zeehond Mpw-gewogen breedband SELss van 130 dB re 1 µPa2s;
- Bruinvis ongewogen breedband SELss van 120 dB re 1 µPa2s.

Het KEC gaat uit van een worst-case aanname. In het KEC wordt uitgegaan dat mogelijk stress, vluchtgedrag, TTS en PTS kunnen optreden door impuls onderwatergeluid. In de berekeningen van

het KEC is vooralsnog geen rekening gehouden met de gehoorgevoeligheid als functie van de frequentie. De drempelwaardes van TTS en PTS worden namelijk vooral aan de hand van de gehoorgevoeligheid van zeedieren (frequentie) in combinatie met geluidsterkte (dB) en frequentie van het heigeluid berekend. Aan de hand van de resultaten van (Heinis et al., 2022; Southall et al., 2019), kan er wel van worst-case drempelwaardes worden uitgegaan, op basis van frequentieberekeningen.
De volgende drempelwaarden kunnen worden aangenomen (uitgedrukt in Sound Exposure Level/SEL in Pascal):

- TTS voor bruinvissen geschat op 140 dB re 1 µPa2s en PTS op 155 dB re 1 µPa2s.
- TTS voor zeehonden geschat op 170 dB re 1 µPa2s en PTS op 185 dB re 1 µPa2s.

Voor zeehonden liggen de bovengenoemde drempelwaardes voor TTS en PTS boven de genoemde waardes voor verstoring in het KEC. Zodoende dekt het KEC 4.0 TTS en PTS in zeehonden volledig. Voor bruinvissen liggen de drempelwaardes voor TTS en PTS lager dan bij zeehonden. Volgens de TNO berekening is er een kleine kans op het optreden van TTS bij dieren die zich bij aanvang van het heien op minder dan 300 meter van de heipaal bevinden. De kans op PTS is echter verwaarloosbaar klein wanneer er wordt uit gegaan dat bruinvissen weg zwemmen van het heigeluid (Figuur 2-5). Grenswaarde uit het KEC 4.0 zullen de maatstaf zijn voor de toetsing in deze toets.

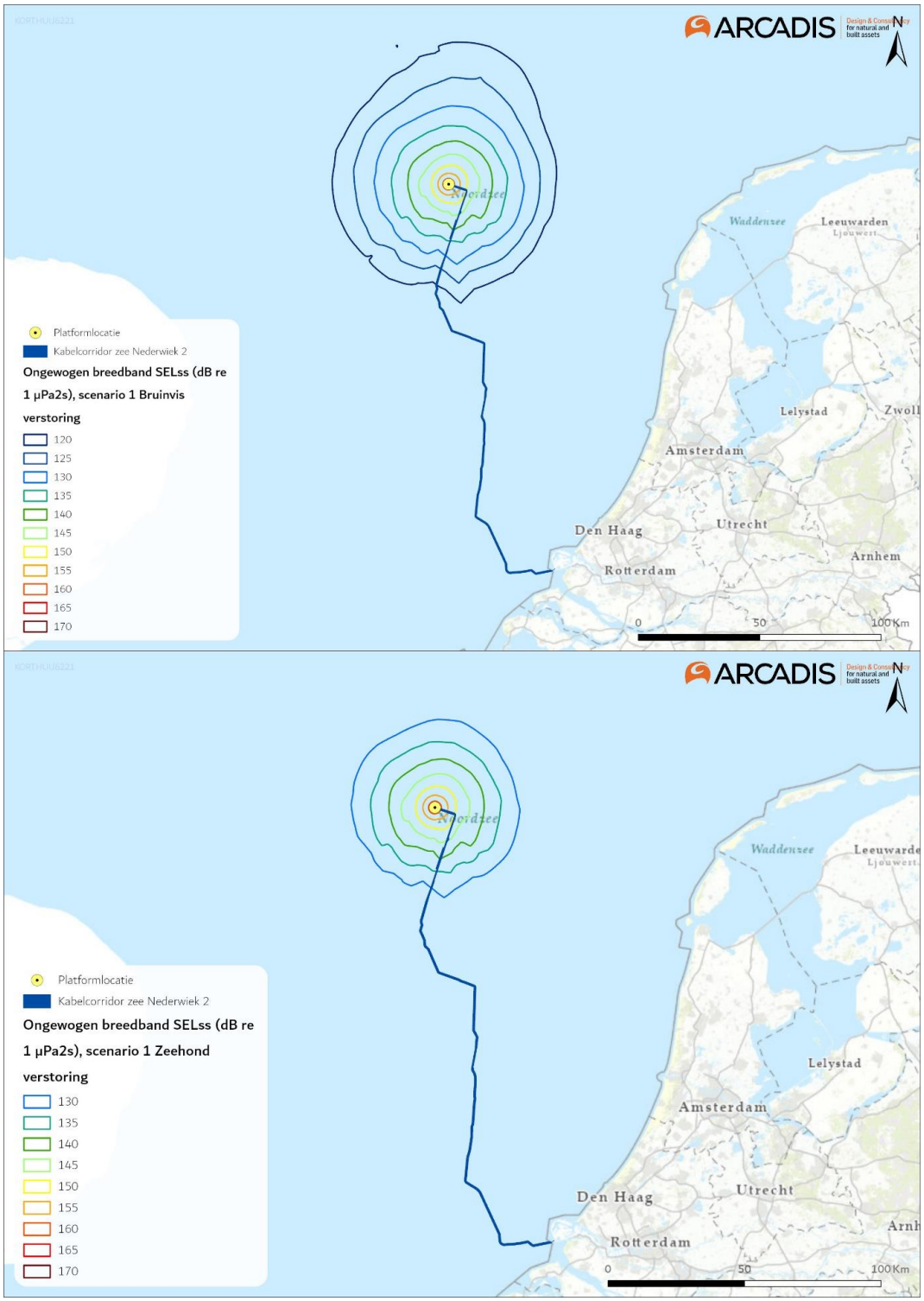


Figuur 2-5 Cumulatieve blootstelling aan heigeluid voor zwemmende zeezoogdieren (zeehonden (blauwe lijn) en bruinvissen (rode lijn)) en de PTS-drempelwaarde (Heinis et al., 2022).

2.5.1 Heien platform

Uit modelberekeningen voor het platform van Net op zee Nederwiek 2 blijkt dat de maximale sterkte van het heigeluid 167 dB re 1 µPa2s is op 750 meter zonder mitigatie (C. de Jong & de Krom, 2022). De berekeningen laten ook de totale oppervlakte zien waar verstoring als gevolg van heien kan optreden en waarvoor verondersteld wordt dat bruinvissen en zeehonden voor het heigeluid zullen vluchten. Dit is aan de hand van het worst-case scenario, berekend op basis van de samenstelling

van de sterkte en dikte van de heihamer. Het verstoringsoppervlak voor zeehonden is 614 km^2 en voor bruinvissen 1.254 km^2 (zie Figuur 2-6).



Figuur 2-6 Reikwijdte van onderwaterverstoring als gevolg van impuls onderwatergeluid voor het heien van de fundering van het platform van Net op zee Nederwiek 2, voor bruinvissen (boven) en zeehonden (onder).

Gebruik van het KEC 4.0 voor Net op zee Nederwiek 2
Om het effect van impuls onderwatergeluid van alle wind op zee parken, waaronder Net op zee Nederwiek 2, op zeezoogdieren zoals bruinvissen en zeehonden te onderzoeken is er een Kader Ecologie en Cumulatie (KEC) opgesteld. Dit kader is geen wetgeving én geen toetsingskader. Het KEC is echter de best onderbouwde methode beschikbaar die inzicht biedt in de cumulatieve impact van impuls onderwatergeluid op zeezoogdieren. Deze data geven daarom een goede blik op de reikwijdte en mogelijke effecten op mariene soorten (zie paragraaf 2.5).

Aan de hand van een model wordt in het KEC berekend wat het effect is van werkzaamheden zoals het heien van de palen van een platform en funderingen voor windturbines, waarbij impuls onderwatergeluid vrijkomt. Voor deze berekeningen worden in het KEC 4.0 een aantal generieke uitgangspunten genomen, namelijk:

- Maximale hei-energie van 2.000 kJ
- Geluidsnorm van 160 dB re 1 µPa2s op 750 m
- 6 palen met een diameter van 3 meter worden er per platform geheid, waarbij 2 palen per dag geheid kunnen worden
- Bruinvisdichtheid van 1.0 individuen per km^2

Doordat het KEC gemaakt is voor de cumulatie van parken zijn de berekeningen in het KEC 4.0 op individueel niveau, per windpark, minder gedetailleerd. Als de uitgangspunten voor een individueel park, voor Net op zee Nederwiek 2 zijn deze beschreven in paragraaf 3.2.5, afwijken van de gebruikte uitgangspunten in het KEC 4.0 zal dit voor de gecumuleerde berekeningen in het KEC geen zichtbaar effect hebben. Bruinvis- en zeehond populaties zullen hierdoor niet meer onder druk komen te staan. Desondanks kan het verschil in uitgangspunten op individueel niveau voor een bruinvis of zeehond wel een effect hebben. De uitgangspunten voor het platform van Net op zee Nederwiek 2 verschillen dusdanig van de uitgangspunten in het KEC 4.0, zie paragraaf 3.2.5, dat er een nieuwe berekening is uitgevoerd door TNO.

In paragraaf 3.2.5 wordt de impact en het effect van de nieuwe berekening beschreven. Verder worden de effecten en impact vergeleken met de berekende impact en bruinvisverstoringsdagen in het KEC 4.0, ondanks dat het KEC minder nuttig is voor individuele parken. Dit wordt gedaan omdat:

- Het KEC 4.0 is opgesteld om het effect van impuls onderwatergeluid op zeezoogdieren en andere soorten te onderzoeken, specifiek voor de uitrol van de Wind op zee projecten waar dit project onderdeel van is;
- Het KEC 4.0 heeft als enige bron berekeningen per windpark op de Nederlandse Noordzee;
- Het KEC 4.0 een goed overzicht biedt van de meest recent beschikbare data en inzichten op het gebied van impulsgeluid en effect op mariene soorten;
- Met de methodiek uit het KEC nagegaan kan worden of er een overschrijding van het aantal bruinvisverstoringsdagen plaatsvindt voor het project Nederwiek 2, ten opzichte van de verstoring die is berekend in het KEC 4.0. Wanneer er een overschrijding is van het aantal bruinvisverstoringsdagen kan dit worden door vertaald in nieuwe berekeningen waarbij middels de methodiek uit het KEC kan worden berekend of er meer of minder dan 5% (met 95% zekerheid) populatiereductie optreedt.

Kortom, door de methodiek van het KEC te gebruiken kunnen wij relatief eenvoudig én volgens de meest recente inzichten bepalen of dit project wel of niet binnen de door de Nederlandse overheid gestelde beleidsgrenzen (maximaal 5 % populatiereductie) blijft.

2.6 Bovenwaterverstoring op zee

2.6.1 Geluid en visuele storing

De aanwezigheid van diverse schepen en een helikopter tijdens de aanlegfase van de kabel en het platform kan leiden tot verstoring als gevolg van bovenwatergeluid en tot visuele verstoring. Deze verstoring kan leiden tot stress en/of vluchtgedrag van individuen. Dit kan vervolgens leiden tot verhoogde alertheid, het mijden van gebieden, en in potentie tot afname van de reproductie, verminderde voedselopname en uiteindelijk verzwakking van de populatie. Voor deze toets wordt vooral gekeken naar de aanlegfase, aangezien dit het worst-case scenario is.

Bovenwaterverstoring kan een potentieel effect hebben op langs de kust broedende vogels, op hoogwatervluchtplaatsen rustende vogels, op open water foeragerende, rustende en ruiende vogels en op droogvallende platen foeragerende vogels. Zeehonden kunnen verstoord worden wanneer zij gebruik maken van de droogvallende platen voor rusten, werpen, zogen of verharen.

In open gebieden is het soms moeilijk te onderscheiden of de verstoring wordt veroorzaakt door visuele verstoring, geluid en/of licht omdat de verstorende factoren over het algemeen tegelijkertijd aanwezig zijn. Hier is sprake van tijdens de aanlegfase, omdat deze factoren tegelijk aanwezig zijn is de meest verstorende factor leidend. Tijdens de gebruiksfase is licht een verstoringsbron op zichzelf en daarom wordt licht apart behandeld, dit wordt verder uitgelegd in paragraaf 2.6.2. Voor het bepalen van effecten op de verstoringsgevoelige soorten is in deze rapportage gebruik gemaakt van in de literatuur vastgestelde verstoringsafstanden. Deze worden in onderstaande alinea's verder beschreven. Hierbij wordt er uitgegaan van een worst-case scenario. Naast gebruik van verstoringsafstanden zijn ook andere aspecten zoals de verstoringsduur, de verstoringsfrequentie, de periode en de locatie van belang in de bepaling van effecten (Krijgsveld et al., 2022). Per soort(groep) is de verstoring die de grootste ruimtelijke reikwijdte heeft maatgevend voor de optredende verstoring.

In Krijgsveld et al. (2022) is de verstoringsgevoeligheid van tal van vogelsoorten voor recreatie besproken. Omdat recreatievormen (pleziervaart, watersport etc.) doorgaans een sneller, lawaaiiger en onvoorspelbaarder karakter hebben dan activiteiten ten behoeve van aanlegwerkzaamheden, hebben deze een grotere impact (Krijgsveld et al., 2022). De hierna genoemde verstoringsafstanden vormen zodoende een worst-case scenario. Voor kustbroedvogels en veel (algemene) soorten die in de kustzone foerageren worden verstoringsafstanden beschreven van 100 tot 500 meter. Dit zijn soorten zoals bontbekplevier, aalscholver, drieteenstrandloper en grote stern. Vogels die foerageren en rusten op groot open water en rustende vogels op hoogwatervluchtplaatsen zijn meestal verstoringsgevoeliger, voor veel van deze soorten zijn verstoringsafstanden gerapporteerd van 1.000 tot 2.000 meter. De soorten die aan de hoge zijde van deze range zitten, à 2.000 meter, zijn roodkeelduiker, parelduiker, zwarte zee-eend, wulp en rosse grutto. Deze soorten vertonen vaak ook een trage terugkeertijd na verstoring. Het 1.000 meter verstoringscontour geldt ook voor meerdere vogelsoorten die ruien op groot open water, zoals eidereend, zeekoet en de met zeekoet zeer vergelijkbare alk (Krijgsveld et al., 2022). Dit komt met name omdat vogels in de rui minder goed of geheel niet weg kunnen vliegen. In het ernstigste geval kunnen de vogels hun rui niet afmaken en wordt hun vliegcapaciteit verstoord. Bij verstoring van foeragerende vogels kunnen bovendien voedseltekorten ontstaan, met name in of net voor gevoelige periodes (zoals rui- of broed- of winterseizoen). Dit kan leiden tot een verlaagd voortplantingssucces en in ernstige gevallen tot de dood.

Helikopters kunnen vogels tot op circa 1.400 meter afstand verstoren, bij een vlieghoogte (van de helikopter) tussen de 35 en 140 meter (Blankendaal et al., 2012). Aangezien de helikopters alleen op deze hoogte vliegen bij landen en opstijgen valt dit binnen de reeds gehanteerde worst-case verstoring rondom het platform. Aangezien de helikopters nooit dichter naar het wateroppervlak gaan dan platformhoogte, zijn aanvaringen tussen watervogels en de helikopterwieken zeer onwaarschijnlijk en kunnen negatieve effecten op populatieniveau op voorhand worden uitgesloten. Dit wordt niet verder meegenomen in de effectbeoordeling.

De maximale verstoringsafstand van rustende zeehonden die bekend is uit de literatuur bedraagt 1.200 meter (Bouma et al., 2010). Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen grijze en gewone zeehonden, de reactie is vergelijkbaar. Het betreft hier een afstand waarop rustende zeehonden verstoord kunnen worden door recreatieve motorboten. De verstoringsafstand van een baggerschip is minder groot ten opzichte van motorboten, omdat deze verstoringsbron voorspelbaar is en zich traag verplaatst (Krijgsveld et al., 2008). Ook uit recentere onderzoeken van (Bouma et al., 2012; Didderen & Bouma, 2012) blijkt de verstoringsafstand van baggerschepen doorgaans minder dan 1.200 meter. Gewenning aan een verstoringsbron speelt hierbij een belangrijke rol. Er wordt in deze rapportage een worst-case reikwijdte van 1.200 meter gehanteerd voor bovenwaterverstoring van op droogvallende platen aanwezige zeehonden.

De maximale reikwijdte van bovenwaterverstoring langs het tracé (2.000 meter) is weergegeven in Figuur 2-7. In de aanleg- en gebruiksfase varen (kleinere) schepen ook vanaf de dichtstbijzijnde vaarroutes naar het platform. Tijdens de surveyfase volgen (kleinere) schepen de kabelroute. Dit zijn relatief kleine verstoringsmomenten ten opzichte van de totale verstoring in de gehele aanlegfase. De verstoring tijdens de aanlegfase wordt daarom als maatgevende worst-case periode gehanteerd.

Figuur 2-7 Bovenwaterverstoring ten opzichte van het projectgebied.

2.6.2 Verstoring door licht

Op zee kan licht zorgen voor verstoring. Zowel tijdens de aanleg als tijdens de gebruiksfase is er sprake van lichtverstoring op zee van het platform en scheepvaart. Lichtverstoring heeft in potentie effect op de tijd en locatie waarneming van vleermuizen en (trek-)vogels en kan zo mogelijk het bioritme van vleermuizen en vogels op zee verstoren. Veranderingen in de verhoudingen tussen licht en donker kunnen trek-, broed- en foerageergedrag beïnvloeden. Daarnaast kan afstoting, of juist aantrekking plaatsvinden (Longcore & Rich, 2004). Extra verlichting ’s nachts kan bij dag-actieve vogels voor een verkorting van de levensduur zorgen als gevolg van een slechtere conditie, verminderd functioneren, grotere predatiekans en een lager voortplantingssucces (Engelmoer & Altenburg, 1999). Of dit ook een effect heeft op de populatie hangt af van de specifieke situatie (de duur, wat wordt verlicht, met welke intensiteit en wanneer et cetera).

Wat betreft de effecten van licht wordt onderscheid gemaakt tussen effecten als gevolg van de verlichtingssterkte (de mate waarin een gebied minder donker wordt) en als gevolg van de zichtbaarheid van het licht (lichtsterkte). De afstand waarop een lichtbron gezien wordt, is vele malen groter dan de afstand waarop een lichtbron nog bijdraagt aan de mate van verlichting van een gebied. Vooral de verlichtingssterkte is relevant, omdat deze kan leiden tot fysiologische en gedragsveranderingen bij beschermde dieren. Voor de verlichtingssterkte geldt dat negatieve effecten op vogels niet uitgesloten kunnen worden boven een drempelwaarde van 0,1 lux (Molenaar, 2003; Molenaar et al., 2000). Voor de watervleermuis wordt een drempelwaarde van 1,1 lux gesteld (BIJ12, 2017, p. 12), waar de zoogdiervereniging 0,5 lux als drempelwaarde voor de *Myotis*-groep hanteert en 3 lux voor de gewone dwergvleermuizen (Reimerink et al., 2017). Met de

bovengenoemde drempelwaardes wordt in het verlichtingsplan[1] uitgegaan van een maximale verlichtingssterkte van 0,1 lux vanaf 150 meter van de verlichtingsbron, waarmee negatieve effecten buiten 150 meter kunnen worden uitgesloten.

Over het algemeen is de reikwijdte van de lichtbelasting minder groot dan die van verstoringen die optreden door geluid of visuele verstoringen. Er is voor de lichtbelasting van de schepen en het platform daarom geen berekening uitgevoerd. Op basis van expert judgement (uit gegevens van vergelijkbare werkzaamheden) wordt de aanname gedaan dat de 0,1 lux-grens van bouwverlichting tijdens werkzaamheden niet verder zal reiken dan 150 meter vanaf de grens van de werkzaamheden. Met deze reikwijdte vallen de effecten van licht tijdens de aanleg binnen de grenswaarden van geluid of visuele verstoring (500-2.000 meter). Verstoring door licht is daarmee niet relevant als autonome verstoringsbron, met name omdat geluid, licht en visuele verstoring vaak gelijktijdig optreden in de aanleg. De effecten van navigatieverlichting van de schepen en het platform vallen daarom binnen de verstoringscontouren van geluid en visuele verstoring en worden in die paragraaf meegenomen in de toetsing.

In de gebruiksfase zal licht wel een op zichzelf staande bron van verstoring zijn. Als er geen bemanning op het platform is, wordt er op het platform alleen navigatieverlichting gevoerd. Dit is gedurende de gebruiksfase het grootste deel van de tijd. De verlichting van het platform kan ’s nachts verstorend werken voor vleermuizen. Vleermuizen zijn nachtdieren en hebben vooral last van wit licht en wit licht met een groene tint. Licht kan migratieroutes van vleermuizen verstoren. Kunstmatige lichtbronnen kunnen ook de kompasoriëntatie van (trek-) vogels verstoren. Vooral het langgolvige (rode) deel van het spectrum heeft invloed op de oriëntatie zodat vogels (met de wijzers van de klok mee) blijven cirkelen om een lichtbron. De kans dat een vogel tijdens de trek met een platform ‘in aanraking’ komt is sterk afhankelijk van de reikwijdte van de verlichting.

Voor het platform en het benodigde scheepvaartverkeer wordt een verlichtingsplan op maat gemaakt welke zowel de gebruiks- als aanlegfase omvat.
In het verlichtingsplan wordt opgenomen dat de verlichtingssterkte vanaf 150 meter van de verlichtingsbron onder 0,1 lux blijft en werk- en platformverlichting zodanig wordt opgesteld en ingericht dat uitstraling van licht naar de omgeving (boven en buiten het platform) zoveel mogelijk wordt voorkomen. Verdere randvoorwaarden van het verlichtingsplan zijn nader toegelicht in Deel A paragraaf 2.2.9. Uit eerdere verlichtingsplannen (bijvoorbeeld Borssele) blijkt dat de buitenverlichting bij werkzaamheden op een platform 200 lux is, naar beneden afgeschermd. 200 lux is na 45 meter al uitgedoofd naar 0,1 lux. Aangezien alle verlichting volgens het verlichtingsplan wordt opgesteld zijn effecten op fauna gevoelig voor verlichtingsverstoring, zoals trekvogels en vleermuizen, buiten 150 meter uitgesloten. De reikwijdte van lichtverstoring valt tijdens de gebruiksfase binnen de reikwijdte van geluid , tijdens de gebruiksfase is dit niet altijd het geval aangezien dan niet altijd geluid wordt geproduceerd. Het gebruik van licht in de gebruiksfase wordt hierom apart behandeld.

[1] Het verlichtingsplan is een opzichzelfstaand product, dat voldoet aan de ecologische eisen, dat voorgelegd zal worden aan het Bevoegd Gezag

2.7 Habitataantasting

Bij de aanleg van de kabels wordt de zeebodem ter plaatse beroerd. Bij de platformaanleg wordt de bodem ter plaatse van de platformfundatie en steenbestorting verstoord. Hierdoor kunnen potentieel aanwezige habitattypen worden verstoord en/of aangetast.

Doordat het bodemprofiel (met of zonder zandgolven) varieert langs het kabeltracé zijn op verschillende locaties verschillende aanlegtechnieken nodig. Voor de aannames betreffende de toepassing van de verschillende aanlegtechnieken over het tracé worden voor habitataantasting dezelfde worst-case uitgangspunten aangehouden als in de modelleerstudie voor vertroebeling en sedimentatie (zie Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie en paragraaf 2.2 en 2.3. Buiten (>10 kilometer) de kustzone wordt uitgegaan van pre-sweepen gevolgd door jet trenchen. Binnen de kustzone volstaat jet trenchen.

De breedte van de beroerde zeebodem verschilt per aanlegstrategie (jet trenchen, pre-sweepen en baggeren). Per aanlegstrategie worden worst-case uitgangspunten aangehouden. Er worden twee bundels van 2 kabels gelegd die circa 5 meter van elkaar afliggen. Voor pre-sweepen en baggeren wordt een reikwijdte gehanteerd van 10 meter aan weerszijde van de kabels, met een totale breedte van 25 meter. Jet trenchen beslaat een veel kleiner oppervlak van slechts enkele meters. Voor deze studie wordt daarom de reikwijdte van pre-sweepen en baggeren aangehouden.

De kabel wordt geplaatst in een onderhoudscorridor. Dit is een ruimtelijke zone waar ingrepen in de bodem niet zonder meer zijn toegestaan om schade aan de kabel te voorkomen. Langs het grootste deel van het tracé is de onderhoudscorridor 1.000 meter breed. Op plaatsen waar Netten op zee Nederwiek 1 en 2 parallel liggen is de onderhoudscorridor 1.200 meter breed. De onderhoudszone is maximaal 1.800 meter breed wanneer Netten op zee Nederwiek 1 en 2 parallel liggen met de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma. Vanaf circa 2 kilometer tot de kust wordt de onderhoudscorridor smaller en is die circa 200 meter breed. De 200 meter wordt mogelijk nog teruggebracht tot 100 meter. De onderhoudscorridor is slechts een zone, het betreft dus geen fysieke ingreep waarbij sprake kan zijn van relevante negatieve effecten.

De effecten van habitataantasting op zee, die alleen optreden tijdens de aanlegfase en niet in de gebruiksfase, worden verder behandeld in paragraaf 3.2.7.

2.8 Elektromagnetische velden

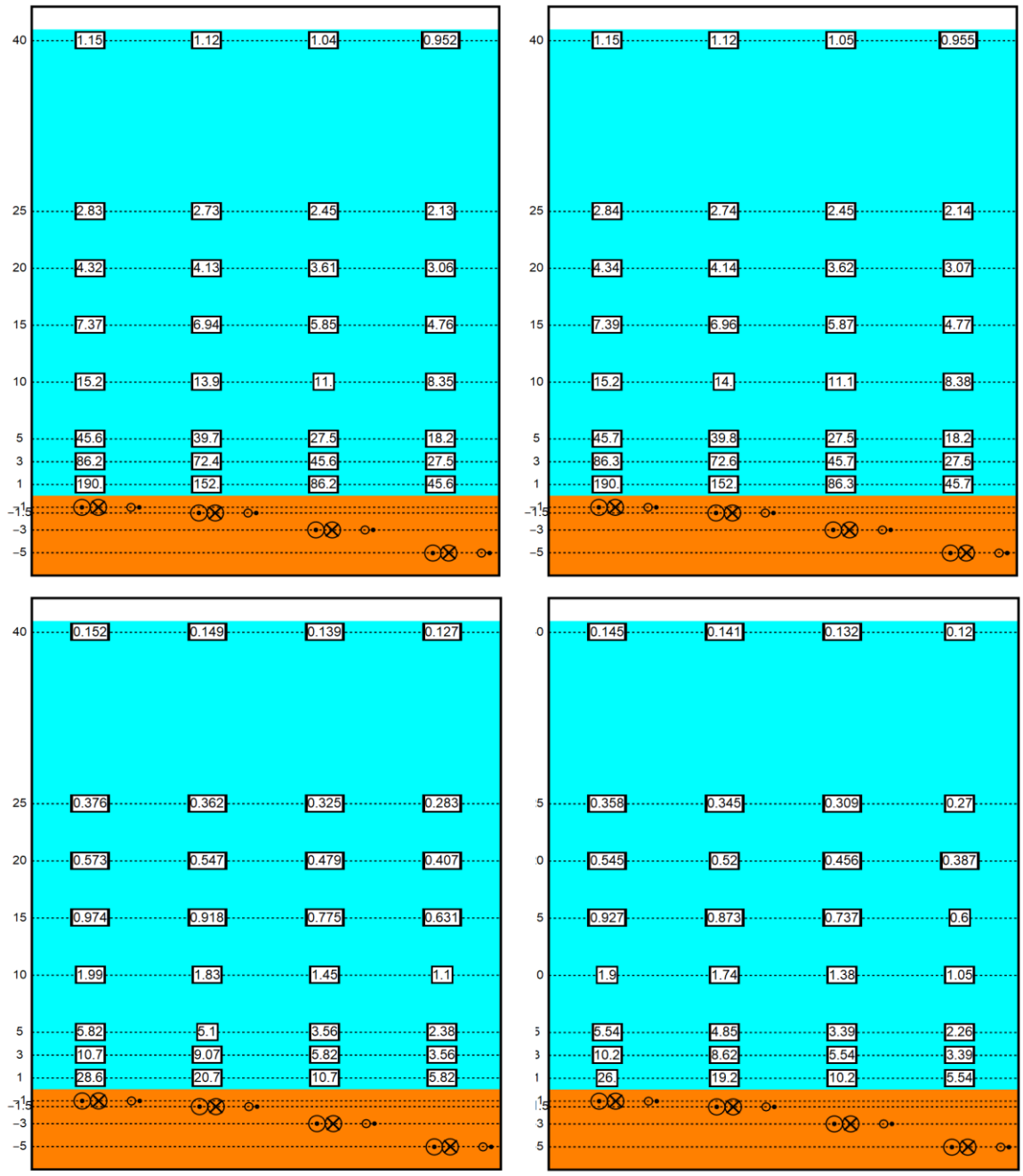
In de gebruiksfase wordt de gelijkstroomkabel (ook wel Direct Current of DC-kabel genoemd) onder spanning gezet. Door de aanwezigheid van elektrische lading ontstaat er een elektrisch veld. Een elektrisch veld ontstaat wanneer er een verschil is in spanning tussen een voorwerp en de omgeving. Elektromagnetische velden (EMV) bestaan uit twee componenten, elektrische en magnetische velden. Het elektrische veld wordt afgeschermd door de mantelbuis, waarbinnen de kabels zijn gelegen, en komt daardoor niet vrij in de directe omgeving van de kabel en zal daardoor geen effect hebben op organismen. Het magnetisch veld wordt echter niet afgeschermd door de mantelbuis en is daardoor waarneembaar in de directe omgeving van de kabel. De effecten van EMV treden niet op tijdens de aanlegfase, aangezien ze ontstaan rondom de gelijkstroomkabels wanneer deze in gebruik zijn.

Door het bewegen van een organisme door het magneetveld wordt een elektrisch veld opgewekt, het zogenaamde iE-veld. De stroomkabel produceert dus een magnetisch veld, dat onder bepaalde omstandigheden ook een elektrisch veld opwekt. Verdere informatie hierover is te vinden in Bijlage VII-D Effecten van EMV op zee. Uit Bijlage VII-D blijkt dat bepaalde diersoorten effecten kunnen ondervinden van elektromagnetische velden. Dit effect wordt daarom onderzocht.

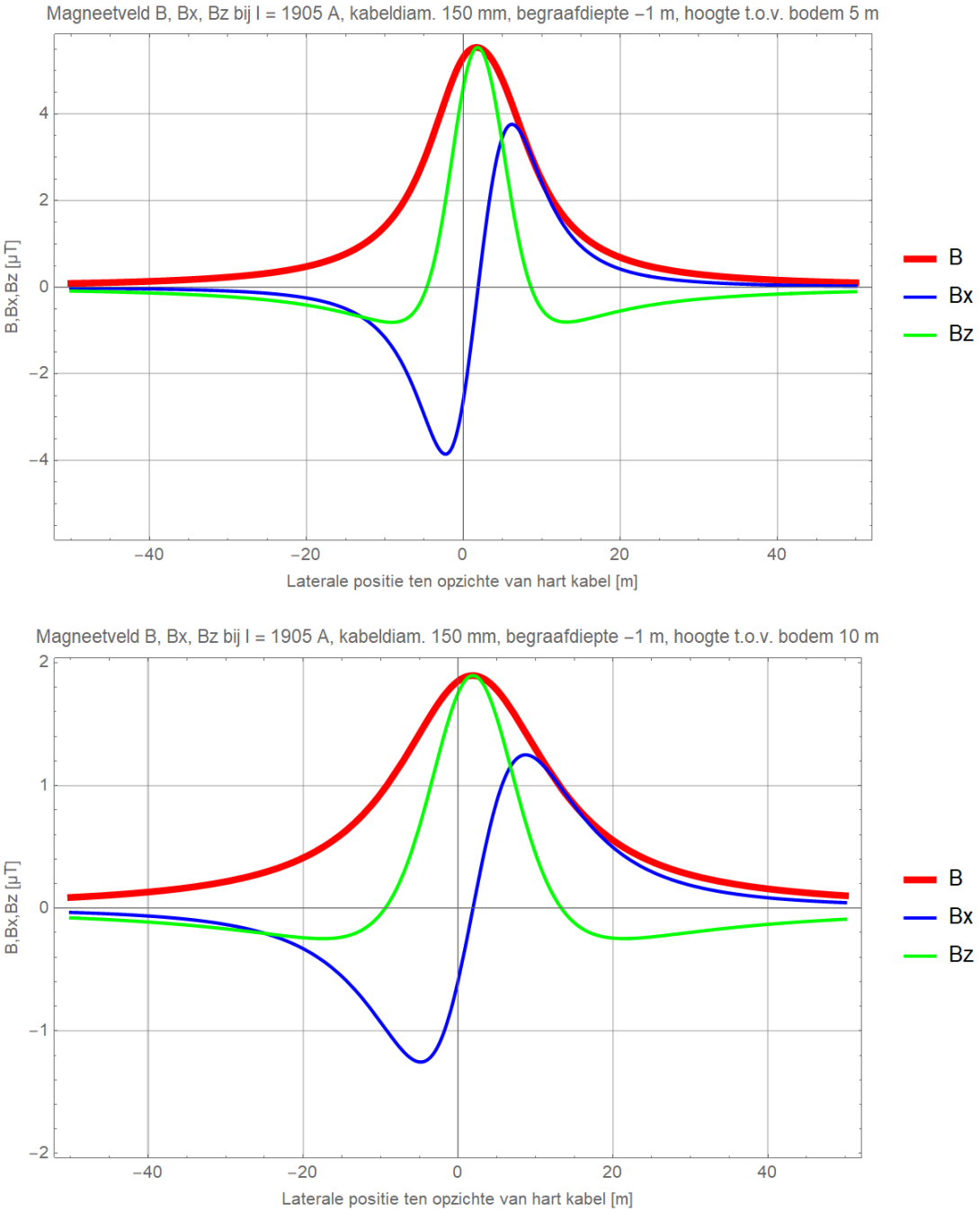
Het EMV op zee is alleen aanwezig tijdens de gebruiksfase en niet tijdens de aanlegfase. In Figuur 2-8 is de worst-case magneetveldzone in microtesla (µT) rondom de kabels in de waterkolom weergegeven. Het magnetische veld reikt door de gehele waterkolom boven de kabels en neemt naar boven toe af in sterkte. Horizontaal neemt de sterkte van de kabel op dezelfde manier af, zie Figuur 2-9. Het magneetveld reikt bij een begraafdiepte van 1 meter horizontaal tot circa 40 meter en verticaal tot het wateroppervlak in de waterkolom. Doorgaans is de sterkte van het elektromagnetisch veld in de gebruiksfase 0,145 µT (in het geval van een kabeldikte van 150 mm) en 0,152 µT (in het geval van een kabeldikte van 185 mm) aan het wateroppervlak (uitgaande van gemiddeld waterdiepte Nederlands Continentaal Plat (NCP)). Als worst-case wordt een kabel van 185 mm aangehouden.

In Figuur 2-8 is ook de elektromagnetische veldzone in µT rondom de kabels in de waterkolom weergegeven tijdens storing/onderhoud. In de onderhoudsperiodes tijdens de gebruiksfase wordt de functie van de +/--polen overgenomen door de Metallic Return. Hierdoor kan (worst-case) voor een duur van maximaal twee maanden de gemiddelde output van de kabels 6 (bodem) tot 10 keer (40 meter boven kabel) hoger liggen dan normaal (van Essen, 2021). Het elektromagnetisch veld zal in die gevallen rond de 40 meter boven de kabel een sterkte hebben van 1,15 µT in het geval van beide kabeldiktes. Deze hogere waardes betreffen piekwaardes die bij storing en onderhoud optreden. Storing komt naar waarschijnlijkheid niet vaak voor. Naar verwachting maximaal in totaal zes maanden (drie keer over twee maanden) verspreid over een periode van 40 jaar.

In 2020 is onderzoek uitgevoerd door WaterProof bij de Norned kabel. De Norned kabel (ook een gelijkstoomkabel) is een kabel in de zeebodem voor energietransport tussen Noorwegen en Nederland. Bij deze kabel is de sterkte van het daadwerkelijke elektromagnetische veld boven de zeebodem gemeten en vergeleken met gemodelleerde waardes van de veldsterkte. Hieruit bleek dat de waardes die daadwerkelijk boven de zeebodem gemeten werden op alle transecten lager waren dan de gemodelleerde waardes (0,015 µT in plaats van 0,02-0,03 µT) (Waterproof Marine Consultancy & Services BV., 2020). De gemodelleerde waardes die gebruikt worden in deze toets zijn dus worst-case en zullen waarschijnlijk lager uitvallen.



Figuur 2-8 Magneetveldzone in µT van de 525kV-gelijkstroomkabels op zee bij een kabeldiameter van 150 (links) en 185 (rechts) millimeter tijdens gebruiksfase (onder) en storing/onderhoud (boven) voor de (2x2)-kabelconfiguratie. De getallen langs de verticale as zijn de begraafdiepten/meethoogten ten opzichte van het zeebodemoppervlak in meter. Berekend door (van Essen, 2021).



Figuur 2-9 Elektromagnetische veldzone van de Metallic Return van de 2x2 in µT van de 525kV-zeekabels bij een kabeldiameter van 150 millimeter (boven) en 185 millimeter (onder) bij storing/onderhoud bij de (2x2)-kabelconfiguratie. Het elektromagnetisch veld B is opgebouwd uit een horizontale en verticale component (Bx en Bz). Alleen het gehele elektromagnetisch veld (B) zal van toepassing zijn (van Essen, 2021).

2.9 Verontreiniging

2.9.1 Bronnen van verontreiniging

In de waterbodem kunnen verontreinigende stoffen voorkomen. Hierdoor kan de kabelaanleg en de daarbij benodigde bodemberoering leiden tot de resuspensie deze stoffen, waarmee de verontreinigingen (terug) in het systeem komen. Dit kan de verschillende instandhoudingsdoelen negatief beïnvloeden. Er zijn twee typen bronnen:

- Aanvoer van antropogene verontreinigingen gebonden aan slib via water-/ sedimenttransport: Dergelijke verontreinigingen kunnen opgehoopt zijn op plaatsen waar zich slib heeft geaccumuleerd.
- Natuurlijke aanrijking van stoffen in de waterbodem door historische vormingscondities: Dit kan aanwezig zijn in oudere, diepe geologische lagen met ijzeroer, veen en organisch rijke klei.

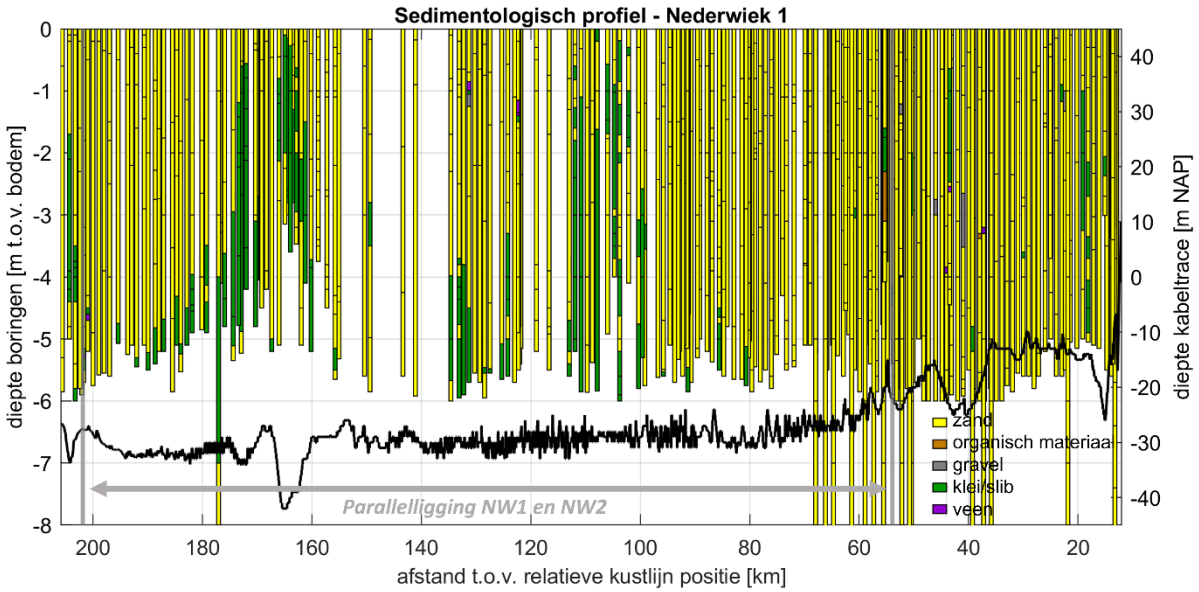
Daarnaast treden mogelijk lokale verontreiniging op specifieke, afgebakende locaties door menselijke activiteiten. Het gaat hier om locaties zoals wrakken, ammunitie-dumps, boorplatforms, plekken waar blusschuim is toegepast, enzovoort…

2.9.2 Verontreiniging tijdens de aanleg

In de Noordzee ten gevolge van antropogene verontreiniging
Voor de Noordzeebodem kan aanwezigheid van verontreiniging als gevolg van geaccumuleerde verontreiniging worden op voorhand uitgesloten.

In de Noordzee ten gevolge van historie
Onder de actieve bodemlaag van de Noordzee liggen oudere geologische lagen, met verschillende ouderdommen en verschillende samenstellingen. In de bodem van Nederland worden verhoogde concentraties arseen aangetroffen bij ijzeroer, veen en organisch rijke klei. Ook in de oudere bodemlagen van de Noordzeebodem kan arseen aanwezig zijn (van Bruggen et al., 2014). Het vrijkomen van deze natuurlijke verontreinigingen kan plaatsvinden bij het doorsnijden van de oudere bodemlagen met dergelijke verontreinigingen. Dit treedt alleen op indien de begraafdiepte groter is dan de dikte van de actieve laag op de Noordzeebodem én natuurlijke verontreiniging in de onderliggende lagen aanwezig zijn. Het betreft beperkte delen van het tracé waar sprake is van deze combinatie.

In Figuur 2-10 is zichtbaar dat klei op verschillende plekken aanwezig is langs het kabeltracé. Tussen km 160 en km 180 en tussen km 100 en km 115 bevindt zich relatief veel klei. Daarnaast is op verschillende, wat meer solitaire locaties klei aanwezig. Het grootste cluster aan kleilagen ligt in de trog van een tidal ridge, zichtbaar bij km 165. Veen is op zeven boorlocaties zichtbaar (paars), op km 37, 43, 44, 121, 122, 131 en 201 (NextGeo, 2022). Het gaat dus uitsluitend om locaties op relatief grote afstand van de kustzone.



Figuur 2-10 Dwarsdoorsnede van het kabeltracé op zee (linker y-as) met daarin geplot de Net op zee Nederwiek 1 surveyboringen (NextGeo, 2022b) (NextGeo, 2022c) en de DINOloket-boringen binnen een straal van 300m met een minimale lengte van vier meter (diepte boringen rechter y-as).

Gevolgen van de verontreinigen treden op doordat veen- en slibdeeltjes met verontreinigen tijdens het jet trenchen in de waterkolom terecht komen. Deze verontreinigingen treden uitsluitend op rond het tracé, en zijn gekoppeld aan de veroorzaakte slibwolk. Dit is alleen van toepassing op locaties met oude geologische lagen van klei/veen, deze liggen uitsluitend op grote afstand van de kustzone.

2.9.3 Verontreiniging tijdens de gebruiksfase

In de gebruiksfase is het platform relevant, evenals eventueel benodigd onderhoud aan de kabel. Kabelonderhoud zal altijd minder bodemberoering vereisen dan de aanlegfase van de kabel. De gebruiksfase (onderhoud) van de kabel is daarmee niet maatgevend en wordt niet verder beoordeeld. In de gebruiksfase van het platform wordt al het hemelwater dat mogelijk gecontamineerd is gecontroleerd op olie en/of glycol. In het geval van contaminatie wordt het hemelwater opgeslagen in een vuilwatertank, niet gecontamineerd water wordt overboord geloosd. Afvalwater van toiletten wordt niet direct op zee geloosd. Tijdens gepland onderhoud wordt gebruik gemaakt van normale toiletten aangesloten op een zuiveringsinstallatie. Na verwerking wordt het grotendeels geloosd in zee, en een kleine hoeveelheid zal worden opgeslagen en afgevoerd. Tijdens ongepland onderhoud wordt gebruik gemaakt van verbrandingstoiletten. Verontreiniging in de gebruiksfase is daarom uitgesloten en wordt niet verder behandeld.

2.10 Warmteontwikkeling

De temperatuur van de kabel is in de gebruiksfase hoger dan de omgevingstemperatuur. De ingegraven kabels zullen in de gebruiksfase daardoor een beperkte plaatselijke temperatuursverhoging veroorzaken in de waterbodem. Over de lange termijneffecten op het mariene ecosysteem en bijhorende organismen door lokale opwarming is beperkt onderzoek beschikbaar aangezien hier weinig studies naar zijn uitgevoerd (Taormina et al., 2018). Bij twee kabels van 33 en 132 kV, gelegen op 1 meter diepte, was de maximale verhoging in temperatuur circa 2,5 graden Celsius op 50 cm afstand, direct onder deze kabels (Meißner et al., 2006; Taormina

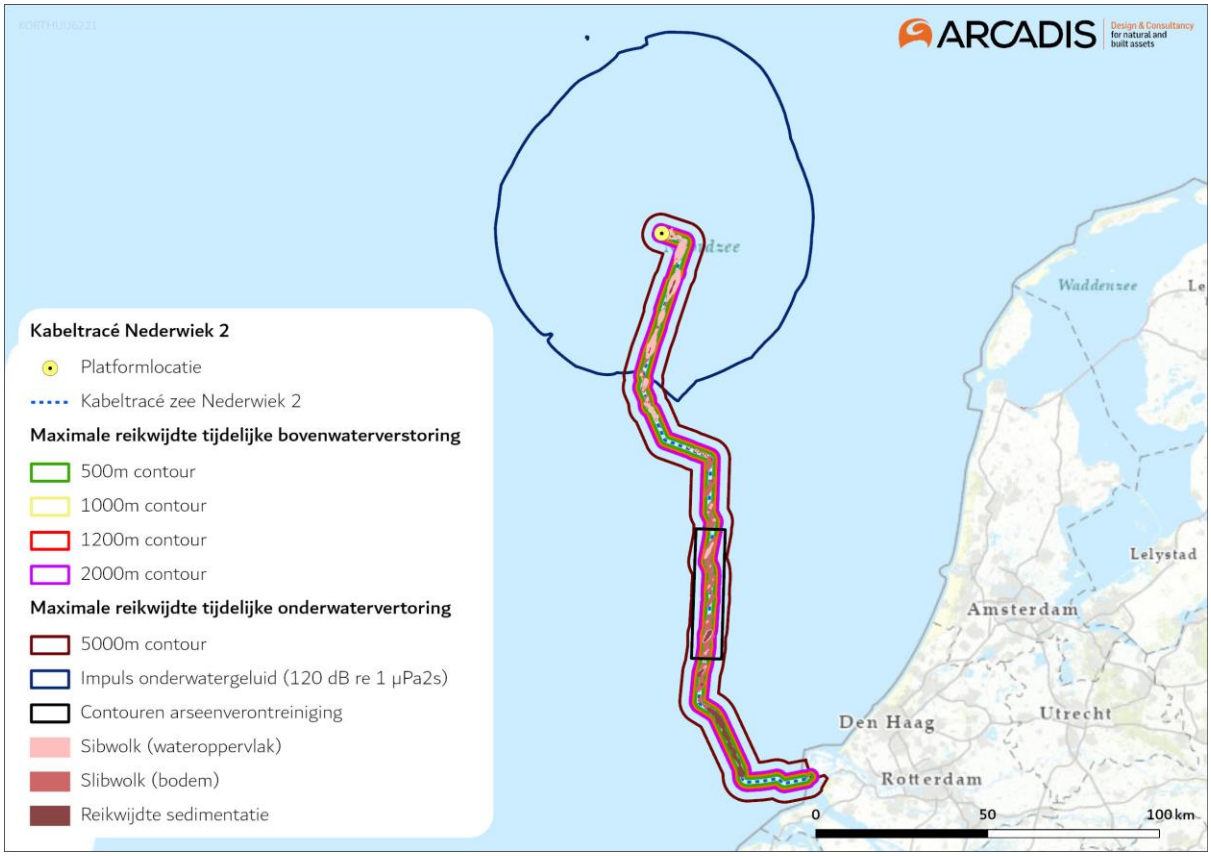
et al., 2018). Doordat de gelijkstroomkabels van Net op zee Nederwiek 2 relatief diep worden ingegraven (1-3 m), zal het effect op het zeebodemoppervlak echter gering zijn waardoor benthische (in de bovenste laag van de bodem levende) organismen hierdoor niet beïnvloed worden. Ten opzichte van de natuurlijke temperatuurvariatie, is de temperatuursverhoging van de zeebodem verwaarloosbaar (Müller et al., 2016), naast dat deze zeer lokaal is. Er is geen sprake van cumulatie van effecten met eventuele nabijgelegen actieve kabels omdat de opwarming ter plaatse verwaarloosbaar is, en zich beslist niet zal uitstrekken tot de volgende kabel (ordegrootte tientallen tot honderden meters, afhankelijk van de corridorbreedte zal dit tussen de 50 en 200 meter zijn). Effecten van warmteontwikkeling zijn daarom op voorhand uit te sluiten. Dit aspect is daarom niet verder meegenomen in de effectbeoordelingen.

2.11 Samenvatting reikwijdte activiteiten en bepaling studiegebied

In Tabel 2-1 is de maximale reikwijdte per gevolg weergegeven, en is er aangegeven of het gevolg relevant is in de aanleg- of gebruiksfase. In Figuur 2-11 wordt het studiegebied op zee getoond en de reikwijdtes van de verstoringen.

Tabel 2-1 Samenvatting maximale reikwijdte van de gevolgen van de activiteit.

Gevolg		**Aanleg-/gebruiksfase**	**Maximale reikwijdte**
Vertroebeling		Aanleg	De slibwolk bevindt zich voornamelijk op open zee rondom het tracé en reikt niet tot de kustzone.
Sedimentatie		Aanleg	Effecten van sedimentatie reiken niet tot de kustzone, maar bevinden zich voornamelijk rondom het tracé circa 15 km uit de kust (in een zone van maximaal 4 km breed).
Verstoring onderwater	**Continu onderwatergeluid**	Beide, maar aanleg is worst-case	Rondom kabels en platform Zeezoogdieren en trekvissen: 5 kilometer
	Impuls-onderwatergeluid	Aanleg	Heien: rondom platform. Zeezoogdieren (bruinvissen 1.254km^2 en zeehonden 614 km^2) en trekvissen.
Bovenwater verstoring	**Geluid en visueel**	Beide, maar aanleg is worst-case	500 meter voor vogels 1.000 meter voor gevoelige vogels 1.200 meter voor zeehonden 2.000 meter voor extra gevoelige vogels.
	Licht	Beide, maar gebruiksfase is worst-case	150 meter voor de schepen van de kabelaanleg en van de aanleg van het platform.
Habitataantasting		Aanleg	25 meter voor pre-sweepen, baggeren en jet trenchen Ter plaatse van de platformfundatie en steenbestorting.
Elektromagnetische velden		Gebruik	Horizontaal tot circa 40 meter en verticaal tot het wateroppervlak in de waterkolom.
Warmteontwikkeling		Gebruik	Geen effect, geen beoordeling.



Figuur 2-11 Studiegebied werkzaamheden op zee met verstoringscontouren.

3 Kaderrichtlijn Mariene Strategie

3.1 Wet- en regelgeving

3.1.1 Inleiding

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) verplicht de lidstaten tot het treffen van de nodige maatregelen om in hun mariene wateren een goede milieutoestand (GMT) 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 om uiterlijk in 2027 in de door hen beheerde zeeën de goede milieutoestand te bereiken, te behouden of te herstellen. De KRM is in de Nederlandse wetgeving verankerd door middel van een aanpassing in het Waterbesluit onder de Waterwet. De KRM is voor het Nederlandse deel van de Noordzee uitgewerkt in de Mariene Strategie. Het beschrijft de maatregelen die nodig zijn om de goede milieutoestand en de milieudoelen te kunnen bereiken en te behouden. Dit programma van maatregelen is een integrale herziening van de eerste versie die in 2015 is vastgesteld en vormt het sluitstuk van de tweede implementatiecyclus van de KRM. Het programma is opgenomen in het Programma Noordzee 2022-2027, dat als bijlage deel uitmaakt van het Nationaal Waterprogramma 2022-2027, en beschrijf de maatregelen die in de planperiode 2022-2027 van het Programma Noordzee worden geïmplementeerd. De minister van Infrastructuur en Waterstaat stelt het programma van maatregelen mariene strategie vast. Hij of zij doet dit in overeenstemming met andere voor dit onderwerp verantwoordelijke ministers. Deel 3 van de KRM geldt voor de periode 2022-2027 en geeft invulling aan artikel 13 van de KRM, dat lidstaten verplicht een programma van maatregelen op te stellen waarmee de GMT kan worden bereikt en behouden. Deze actualisatie heeft het doel van de KRM niet veranderd. In 2023 zal de KRM worden herzien, wat gedurende de planperiode kan leiden tot bijstellen of aanvullen van (de implementatie van) het beleid van het Programma Noordzee 2022-2027 en de implementatie van de KRM als onderdeel daarvan (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2022).

De goede toestand van de zee wordt beschreven door elf ‘descriptoren’:

In 2018 heeft een actualisatie plaatsgevonden van de goede milieutoestand voor de periode 2018 tot 2024. De goede milieutoestand van de zee wordt beschreven door elf descriptoren:

1. Biodiversiteit (vogels, vissen, zeezoogdieren).
2. Niet-inheemse soorten (exoten).
3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren.
4. Voedselwebben.
5. Eutrofiëring (overmatige verrijking).
6. Integriteit van de zeebodem (habitats).
7. Hydrografische eigenschappen.
8. Vervuilende stoffen.
9. Vervuilende stoffen in vis en visproducten.
10. Zwerfvuil.
11. Toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid.

In de volgende paragrafen wordt per descriptor de goede milieutoestand en bijhorende criteria beschreven. De informatie uit deze paragrafen is afkomstig van Ministerie van Infrastructuur en

Waterstaat, (2018). Deze informatie wordt vervolgens gebruikt als uitgangspunt voor de beoordeling.

3.1.2 D1. Biologische diversiteit

Descriptor
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.

De goede milieutoestand
Soorten, vogels
De populatiedichtheden en demografie van vogelpopulaties duiden op gezonde populaties.

Soorten, zeezoogdieren
De populatiedichtheden en demografie van zeezoogdierpopulaties duiden op gezonde populaties.

Soorten, visgemeenschap
De populatiedichtheden en demografie van populaties van vissen duiden op gezonde populaties.

Pelagische habitats
Wanneer de ruimtelijke en temporele variatie in de plankton gemeenschap binnen de langjarige bandbreedte blijft die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld.

Benthische habitats
Verbetering van de omvang, conditie en globale verspreiding van populaties van de gemeenschap van benthossoorten.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand
Soorten, vogels
- Voor elke functionele groep is de populatieomvang van ten minste 75 procent van de soorten boven de drempelwaarde van 1992 (OSPAR- beoordelingswaarde) (D1C2).
- Populaties van zeevogels moeten voldoen aan de landelijke doelen vanuit de Vogelrichtlijn(D1C2).
- Voor iedere soort mag een gebrek aan broedsucces in niet meer dan drie van de zes jaar optreden (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C3).

Soorten, zeezoogdieren
- Bijvangst van bruinvissen is lager dan 1 procent van de best beschikbare populatieschatting (ASCOBANS) (D1C1).
- De populatie van de grijze zeehond (H1364), gewone zeehond (H1365) en de bruinvis (H1351) moet voldoen aan gunstige referentiewaarde voor de populatieomvang (FRP) vanuit de Habitatrichtlijn (D1C2).
- Geen afname in het geboortecijfer van de grijze zeehond van meer dan 1 procent sinds de laatste assessment en niet meer dan 25 procent afname sinds 1992 (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C3).

- Voor impulsgeluid: ruimtelijke spreiding, tijdsduur en geluidsniveaus van luide impulsieve bronnen zijn zodanig dat directe en indirecte effecten van luid impulsgeluid niet de gunstige staat van instandhouding van soorten in gevaar kan brengen (zie verdere uitwerking bij D11) (D11C1).
- Verspreiding van de bruinvis en de gewone zeehond voldoet aan de gunstige referentiewaarde voor de verspreiding (FRR) uit de Habitatrichtlijn (D1C4).
- Relevant is ook de mate waarin het areaal en de kwaliteit van leefgebieden van zeezoogdieren zich ontwikkelen: behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied van de grijze zeehond (H1364), de gewone zeehond (H1365) en de bruinvis (H1351) (Habitatrichtlijn) (D1C5).

Soorten, visgemeenschap

- Commerciële vispopulaties: zie D3C1en D3C2 – Commerciële vissen (D1C2).
- Toename van het aandeel kwetsbare soorten vissen in de visgemeenschap (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C2).
- Populatie van trekvissen moet voldoen aan gunstige referentiewaarde voor de populatieomvang (FRP) uit de Habitatrichtlijn (D1C2).
- Verbeteren van de populatieomvang van haaien en roggen in de Noordzee en vooral in de kustzone (D1C2).
- Toename van het aandeel grote vissen in de visgemeenschap (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C3).
- Verspreiding van trekvissen in het rivierengebied voldoet aan gunstige referentiewaarde voor de verspreiding (FRR) uit de Habitatrichtlijn (D1C4).
- Vermindering barrières in de trekroutes, zodat deze uiterlijk in 2027 geen belemmering zijn voor duurzame populaties in het stroomgebied (KRW) (D1C5).

Pelagische habitats

- Voor pelagische habitats is de goede milieutoestand bereikt wanneer de ruimtelijke en temporele variatie in de planktongemeenschap binnen een bandbreedte blijft die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld (D1C6).

Benthische habitats

- Zie onder descriptor: Integriteit van de zeebodem (paragraaf 3.1.7).

3.1.3 D2. Niet-inheemse soorten (exoten)

Descriptor

Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.

De goede milieutoestand

Het aantal via menselijke activiteiten nieuw in het wild geïntroduceerde niet-inheemse soorten per beoordelingsperiode (zes jaar), gemeten vanaf het referentiejaar wordt tot een minimum beperkt en waar mogelijk tot nul teruggebracht.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

- Dalende trend in het aantal introducties van niet-inheemse soorten per beleidsperiode (zes jaar; OSPAR) (D2C1).

3.1.4 D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren

Descriptor

Populaties van alle commercieel geëxploiteerde soorten vis en schaal- en schelpdieren blijven binnen veilige biologische grenzen en vertonen een opbouw qua leeftijd en omvang die kenmerkend is voor een gezond bestand.

De goede milieutoestand

Geleidelijk herstel en behoud van populaties van commerciële visbestanden boven een biomassaniveau dat de maximale duurzame opbrengst kan opleveren.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

- Voor ieder commercieel bevist visbestand geldt dat de sterfte door visserij (F) op de waarde of kleiner dan de waarde blijft die behoort bij een maximale duurzame oogst (Maximum Sustainable Yield, MSY)[2] (D3C1).
- De biomassa van paaibestanden (Spawning Stock Biomass, SSB) van commercieel beviste vis, schaal- of schelpdieren ligt boven het voorzorgniveau 'MSY Btrigger'[1] (in lijn met vangstadviezen van International Council for the Exploration of the Sea, ICES) (D3C2).

3.1.5 D4. Voedselwebben

Descriptor

Alle elementen van de mariene voedselketens, voor zover deze bekend zijn, komen voor 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.

De goede milieutoestand

Het effect van menselijke interventies op interacties tussen verschillende trofische niveaus in het voedsel web wordt verminderd.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

- De diversiteit (soortsamenstelling en de abundantie) van ten minste drie geselecteerde trofische gilden (soortengroepen) is op een niveau of binnen een bandbreedte die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken trofische gilden en de niveaus en bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld (D4C1).
- De verhouding in abundantie tussen ten minste drie geselecteerde trofische gilden is op een niveau of binnen een bandbreedte die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken trofische gilden en de niveaus en bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld (D4C2).

[2] De MSY is in dit geval de maximale hoeveelheid vis die ieder jaar 'verwijderd' kan worden van de aanwezige populatie. De MSY wordt ieder jaar bepaald a.d.h.v. data van de visserijbestanden. Hierbij speelt onder meer de SSB een belangrijke rol. Wanneer visserijdruk hoger is dan de MSY, neemt de populatie mogelijk af tot onder het voorzorgniveau, op termijn kan dit leiden tot uitroeiing van de populatie.

- De groottestructuur (lengte) van de visgemeenschap blijft boven de historische minimumwaarde (D4C3).

3.1.6 D5. Eutrofiëring

Descriptor

Door de mens teweeggebrachte eutrofiëring is tot een minimum beperkt, in het bijzonder de schadelijke effecten ervan zoals verlies van de biodiversiteit, aantasting van het ecosysteem, schadelijke algenbloei en zuurstofgebrek in de bodemwateren.

De goede milieutoestand

- De concentraties van winter DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen; opgelost anorganisch stikstof) en DIP (Dissolved Inorganic Phosphor; opgelost anorganisch fosfor) liggen onder het niveau dat wijst op schadelijke eutrofiëringseffecten.
- Algenbiomassa (vastgesteld op basis van chlorofyl-a metingen) ligt niet op een niveau dat wijst op schadelijke effecten van verrijking met nutriënten, conform de beoordeling volgens de KRW en OSPAR.
- Geen zuurstofgebrek ten gevolge van eutrofiering in onderste waterlaag (gestratificeerde wateren) of in de oppervlaktelaag van gemengde wateren.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Concentraties winter DIN en DIP

- Wateren binnen de KRW-kustzone: de nutriëntenconcentraties in de winter voldoen in de kustwateren aan de normen van de KRW (D5C1).
- Wateren buiten de KRW-kustzone: de nutriëntenconcentraties in de winter voldoen aan de beoordelingswaarden van de OSPAR (D5C1).

Algenbiomassa

- Algenbiomassa (vastgesteld op basis van chlorofyl-a metingen) in de wateren binnen de KRW-kustzoneis niet hoger dan de goede toestand conform de KRW voor de desbetreffende kustwatertypen (D5C2).
- Algenbiomassa (vastgesteld op basis van chlorofyl-a metingen) in de wateren buiten de KRW-kustzonewateren voldoet aan de beoordelingswaarden van OSPAR (D5C2).

Geen zuurstofgebrek

- Wateren binnen de KRW-kustzone: de onderste waterlaag (gestratificeerde wateren) of de oppervlaktelaag van gemengde wateren in de kustwateren is ten minste met 60 procent zuurstof verzadigd (D5C5).
- Wateren buiten de KRW-kustzone: in deze wateren wordt in de onderste waterlaag (gestratificeerde wateren) of in de oppervlaktelaag van gemengde wateren ten minste 6 mg/L zuurstof gevonden (D5C5).

3.1.7 D6. Integriteit van de zeebodem

Descriptor

Integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen zijn gewaarborgd en dat vooral benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast.

De goede milieutoestand

Fysieke verstoring

- Fysieke verstoring 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 benthossoorten toeneemt en doelen voor specifieke habitats worden gehaald.

Fysiek verlies

- Fysiek 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 benthossoorten toeneemt en doelen voor specifieke habitats worden gehaald.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Fysieke verstoring

- Geen significante toename in de fysieke verstoring in de tijd op de totale zeebodem van de gehele Noordzee en het Nederlands Continentaal Plat (NCP) (D6C2).
- Geen toename in de fysieke verstoring in de tijd over de habitats die in het kader van de KRM zijn beschreven (D6C3).
- Voor de habitats die in het kader van de Habitatrichtlijn zijn beschreven, gelden de instandhoudingsdoelen voor deze habitats (D6C3).

Fysiek verlies

- Geen significant verlies van de natuurlijke zeebodem ten opzichte van de situatie in 2012 als gevolg van menselijke activiteiten (D6C1).
- Geen significant verlies als gevolg van menselijke activiteiten van de habitats die in het kader van de KRM zijn beschreven (D6C4).

3.1.8 D7. Hydrografische eigenschappen

De goede milieutoestand

Het mariene ecosysteem ondervindt geen negatieve effecten als gevolg van permanente wijzigingen in de hydrografische eigenschappen als gevolg van menselijke activiteiten.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Aangezien de GMT voor deze descriptor bereikt is in 2012 en behouden is, zijn er geen GMT en doelen op criterium niveau geformuleerd.

3.1.9 D8. Vervuilende stoffen

Descriptor

Concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat geen verontreinigingseffecten optreden.

De goede milieutoestand

- De concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen, gemeten in het meest geëigende compartiment (water, sediment of organismen), 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.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Concentraties vervuilende stoffen

- Wateren binnen de KRW-kustzone: de concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen, gemeten in het meest geëigende compartiment (water of organismen) voldoen aan de milieukwaliteitseisen die bij de KRW worden gebruikt in de 12-mijls zone (voor prioritaire stoffen), respectievelijk in de 1-mijlszone (voor de specifiek verontreinigende stoffen) (D8C1).
- Wateren buiten de KRW-kustzone: de concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen, gemeten in het meest geëigende compartiment (sediment of organismen) voldoen aan de milieu-evaluatiecriteria (Environmental Assessment Criteria, EAC) en/of achtergrondevaluatiecriteria (Background Assessment Criteria, BAC) van OSPAR, of ze laten, waar deze streefwaarden nog niet zijn geformuleerd, een dalende trend zien (conform OSPAR) (D8C1).

Gezondheid van de soorten

- Dalende trend ten opzichte van 2012 van Imposex (D8C2).
- De ruimtelijke omvang en de duur van de significante, ernstige verontreinigingen worden tot een minimum beperkt (D8C3).

3.1.10 D9. Vervuilende stoffen in visproducten

Descriptor

Vervuilende stoffen in vis en andere visserijproducten voor menselijke consumptie overschrijden niet de grenzen die door wetgeving van de EU of andere relevante normen zijn vastgesteld.

De goede milieutoestand

De niveaus van vervuilende stoffen (waaronder PAK's, dioxinen en zware metalen) in vis en visproducten uit de Noordzee overschrijden de in de EU verordening EG 1881/2006 vastgestelde maximumgehalten niet.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Aangezien de GMT voor deze descriptor bereikt is in 2012 en behouden is, zijn er geen GMT en doelen op criterium niveau geformuleerd.

3.1.11 D10. Zwerfvuil

Descriptor

De eigenschappen van, en de hoeveelheden zwerfvuil op zee veroorzaken geen schade aan het kust- en mariene milieu.

De goede milieutoestand

- De hoeveelheid zwerfvuil op zee neemt in de loop van de tijd af.
- De hoeveelheid microafval op zee neemt op lange termijn af.
- De hoeveelheid door zeedieren opgenomen afval en microafval ligt op een niveau dat niet schadelijk is voor de gezondheid voor de desbetreffende soorten.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Zwerfvuil op zee

- Strand: significante dalende trends in het totaal van de meest voorkomende categorieën afval (die bijdragen aan 80 procent van de totale hoeveelheid afval) die op het strand worden aangetroffen (D10C1).
- Drijvend, korte termijn: een significant dalende trend van het aantal noordse stormvogels met meer dan 0,1 gram plastic deeltjes in de maag gedurende de afgelopen tien jaar (D10C1).
- Zeebodem afval: significante afname van de hoeveelheid afval op de zeebodem (D10C1).

Microafval op zee

- Nog geen kwantitatieve omschrijving vanwege het ontbreken van een indicator voor microplastics en bijbehorende baseline.

Hoeveelheid door zoogdieren opgenomen afval en microafval

- De hoeveelheid door zeedieren opgenomen afval en microafval ligt op een niveau dat niet schadelijk is voor de gezondheid van de desbetreffende soorten. Zie onder D10C1.

3.1.12 D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid

Descriptor

De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, ligt op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent.

De goede milieutoestand

- Impulsgeluid: ruimtelijke spreiding, tijdsduur en geluidsniveaus van luide impulsieve bronnen zijn zodanig dat directe en indirecte effecten van luid impuls geluid niet de gunstige staat van instandhouding van soorten in gevaar kan brengen.
- Continu geluid: ruimtelijke spreiding, tijdsduur en niveaus van achtergrondgeluid zijn zodanig dat ze niet de gunstige staat van instandhouding van soorten in gevaar kunnen brengen.

Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Impulsgeluid

- Voor bruinvissen wordt reductie van populatiegrootte voorkomen door het stellen van een limiet aan het aantal bruinvisverstoringsdagen (D11C1).

Achtergrondgeluid

Voor dit criterium is het nog niet mogelijk om kwantitatieve omschrijvingen van de goede milieutoestand op te stellen (D11C2).

3.2 Effectbepaling

3.2.1 Inleiding

In Hoofdstuk 2 is per gevolg van de voorgenomen activiteit onderzocht welke reikwijdte deze heeft. Het kader van de KRM is toegelicht in paragraaf 3.1. Gebaseerd op dit kader is gekeken welke van de gevolgen van de voorgenomen activiteit voor de KRM nader onderzocht moeten worden in dit

hoofdstuk, zie Tabel 3-1. In paragraaf 3.2 worden de effecten beschreven. De effecten worden vervolgens getoetst aan de KRM in paragraaf 3.3.

Tabel 3-1 Overzicht van gevolgen van de voorgenomen activiteit die nader onderzocht worden voor de KRM, de betrokken soortgroepen en descriptoren

Gevolg	Effect	Betrokken soortgroepen	Betrokken descriptor(en)
Vertroebeling	Vermindering doorzicht leidende tot afname primaire productie, verminderd vangstsucces zichtjagende vogels, afname filtercapaciteit filterfeeders, barrièrewerking voor trekvissen	• Algen (primaire productie) • Trekvissen • Filterfeeders • Zichtjagende vogels	• Biologische diversiteit (D1) • Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3) • Voedselwebben (D4) • Integriteit van de zeebodem (D6)
Sedimentatie	Verstikking bodemdieren	• Bodemdieren	• Biologische diversiteit (D1) • Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3) • Voedselwebben (D4) • Integriteit van de zeebodem (D6)
Verstoring door continu onderwatergeluid	Verstoring van vissen en zeezoogdieren	• Zeezoogdieren • Vissen	• Biologische diversiteit (D1) • Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3) • Voedselwebben (D4) • Toevoer van energie (D11)
Verstoring door impuls onderwatergeluid	Gedragsverandering, gehoordrempelverschuiving, fysieke schade, sterfte	• Zeezoogdieren • Vissen	• Biologische diversiteit (D1) • Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3) • Voedselwebben (D4) • Toevoer van energie (D11)
Bovenwaterverstoring door geluid, optiek en licht	Verstoring tijdens rusten, ruien of foerageren leidende tot gedragsverandering, verminderde voedselopname, verminderde conditie, sterfte	• Vogels • Zeehonden	• Biologische diversiteit (D1) • Voedselwebben (D4)
Habitataantasting en verandering	Habitatverlies of kwaliteitsvermindering, verandering bodemdynamiek	• Bodem • Bodemdieren	• Biologische diversiteit (D1) • Niet-inheemse soorten (D2) • Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3) • Voedselwebben (D4) • Integriteit van de zeebodem (D6) • Hydrografische eigenschappen (D7)
Elektromagnetische velden	Barrièrewerking, desoriëntatie, gedragsverandering, morfologische veranderingen	• Zeezoogdieren • Gevoelige vissen • Bodemdieren • Invertebrata	• Biologische diversiteit (D1) • Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3) • Voedselwebben (D4) • Toevoer van energie (D11)

Biologisch relevante gebieden

In de onderstaande effectbepaling wordt af en toe verwezen naar Natura 2000-gebieden Bruine bank en Voordelta. In Natura 2000-gebieden geldt een apart wettelijk kader die in vanuit de KRM niet aan de orde is. Vanwege de ecologische gevoeligheid en de beschikbaarheid van ecologische data is er toch voor gekozen naar deze gebieden te refereren. De Bruine bank en Voordelta worden hier dan gebruikt als voorbeeld voor gebieden met een ecologische gevoeligheid, of in geografische

context. In de Passende beoordeling Nederwiek 1 wordt dieper ingegaan op de wettelijke kaders die gelden in relevante Natura 2000-gebieden.

3.2.2 Vertroebeling

In deze paragraaf wordt het effect van vertroebeling op de descriptoren biologische Diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en integriteit van de zeebodem (D6) beschouwd. Hiervoor is het effect van vertroebeling op vogels (van belang voor D1, D4), macrofauna (D1, D3, D4 en D6), (trek)vissen (D1 en D4) en primaire productie/voedselwebben (D4) beschouwd. Om dit te kunnen doen wordt eerst de gebruikte studie en de reikwijdte ervan nader toegelicht.

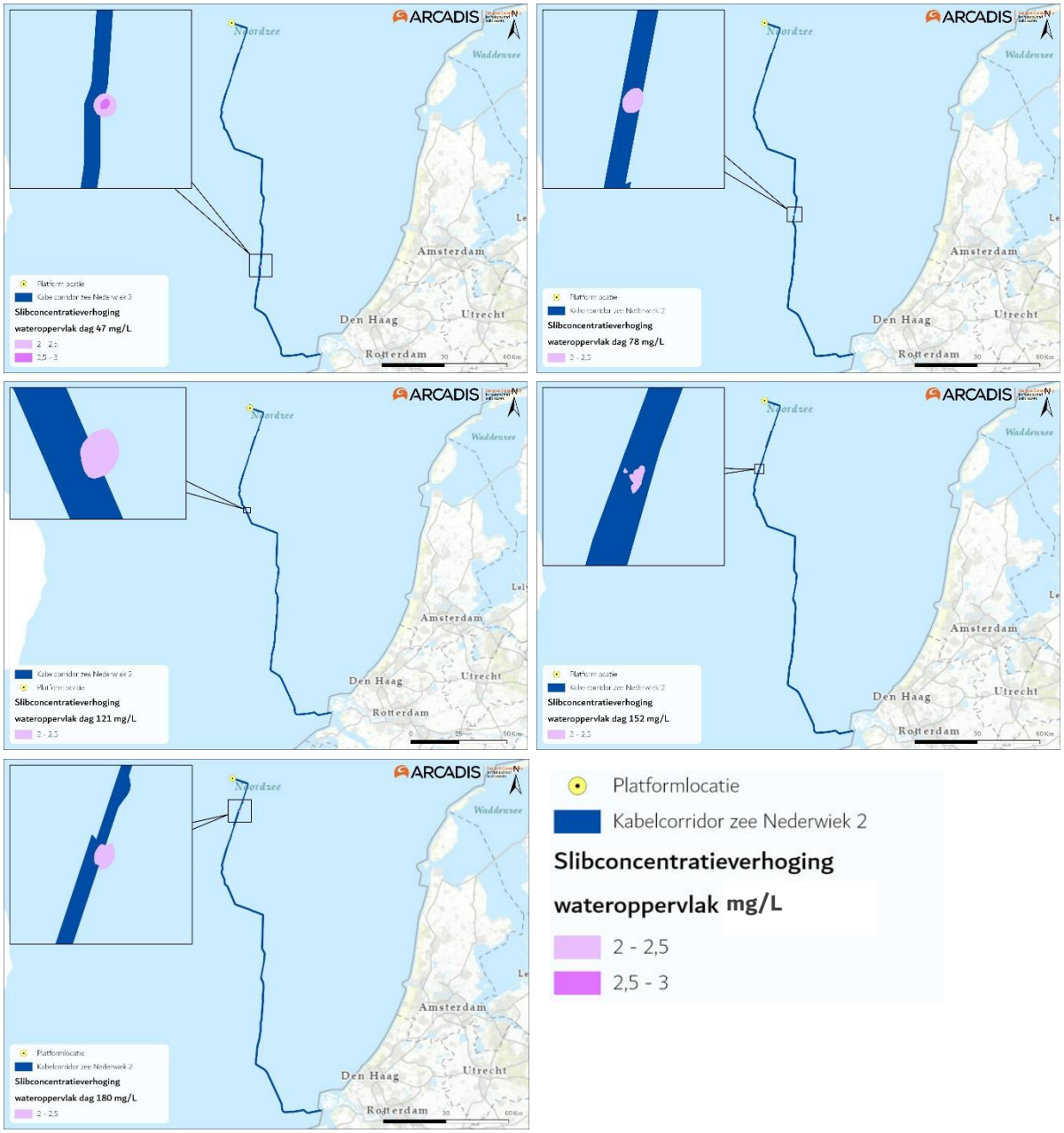
Slibconcentraties aan het wateroppervlak zijn van belang voor zichtjagende vogels (duikvluchtjagers zoals meeuwen en sterns) en primaire productie. Dieptegemiddelde concentraties zijn van belang voor de migratie van trekvissen en voor (dieper) duikende vogels. Aan de hand van concentraties aan de bodem kunnen interpretaties gedaan worden voor de effecten op bodemdieren.

In Figuur 2-1 is eerder het ruimtelijk beeld van de maximale concentratieverhoging voor de drie categorieën (wateroppervlak, dieptegemiddelde en bodem) weergegeven. In onderstaande paragraaf wordt een nadere toelichting gegeven van de reikwijdte van vertroebeling over de tijd. Ter illustratie wordt alleen vertroebeling in het bovenste gedeelte nader toegelicht. De slibwolken voor het dieptegemiddelde en de bodem volgen eenzelfde patroon.

Vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom (ruimtelijk)
De slibwolken zoals weergegeven in Figuur 2-1 geven een beeld van het totale gebied waar op enig moment gedurende de werkzaamheden slibconcentratieverhogingen plaatsvindt. In werkelijkheid is de slibwolk op een willekeurig moment tijdens de werkzaamheden kleiner omdat de slibwolk met de (bagger)werkzaamheden meebeweegt en ook weer uitdooft. Ter illustratie wordt in Figuur 3-1 het verloop van de vertroebeling in het bovenste gedeelte van de waterkolom op verschillende momenten in tijd weergegeven, om zo ruimtelijk beeld te krijgen van de verplaatsingen van de slibwolk. De slibwolken voor het dieptegemiddelde en de bodem volgen eenzelfde patroon. Hoewel de periode van uitvoer nog niet vastligt, is voor de modelsimulaties aangenomen dat deze 220 dagen duurt, wat gezien de productiesnelheid van de baggerschepen als worst-case scenario voor vertroebeling en sedimentatie wordt beschouwd. De dagen die in het onderstaande Figuur 3-1 worden weergegeven, bijvoorbeeld dag 47, moeten worden beschouwd ten opzichte van het totaal aantal dagen (220) van de werkzaamheden. Een langere uitvoerperiode zal tot een lagere productie leiden en daarmee lagere vertroebeling. Op dag 47 bevindt de slibwolk zich in dat geval op een andere locatie (afhankelijk van hoeveel langer de uitvoerperiode is) en zal bovendien door de lagere productie van de schepen ook kleiner zijn.

Uit het Figuur 3-1valt het volgende af te leiden:

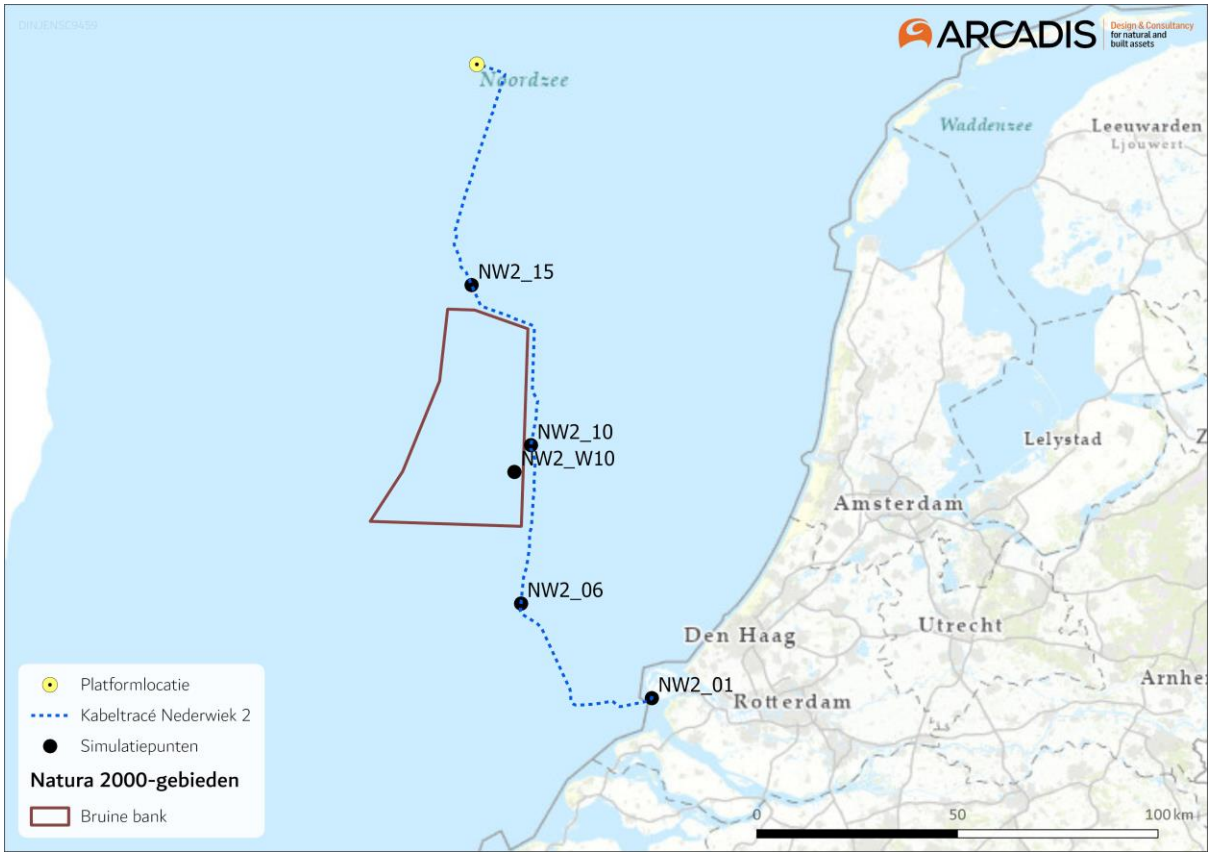
- De slibwolk blijft voornamelijk ter plaatse van het kabeltracé op de plek van de werkzaamheden en neemt snelt af.
- De slibwolk wordt nooit groter dan enkele hectares. De wolk zal binnen enkele dagen tot een week onder de 2,0 mg/L komen.



Figuur 3-1 Verspreiding van vertroebeling door de tijd aan het wateroppervlak, van links naar rechts, boven naar onder dag 47, 78, 121, 152 en 180.

Vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom (tijdsperspectief)

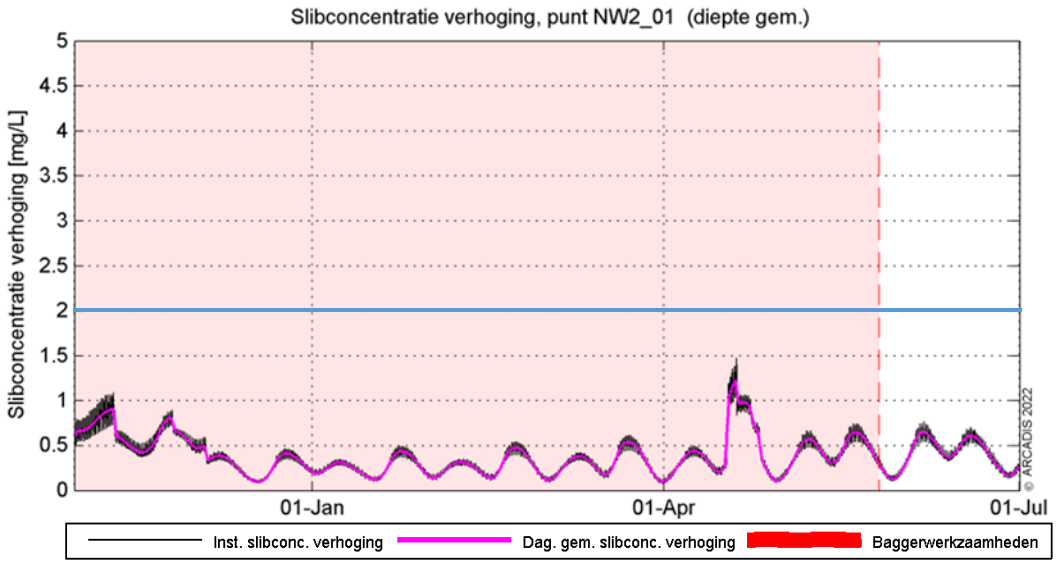
In de slibmodelleerstudie (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie) zijn verschillende simulatiepunten ingevoegd waarvoor de concentratieverhoging op die locaties door de tijd heen is uitgewerkt. Figuur 3-2 geeft de ligging van een selectie van deze punten weer. Er is voor deze punten gekozen om inzichtelijk te maken hoe verschil in bodemtype en aanlegtechniek (jet trenchen, pre-sweepen, baggeren) effect heeft op de mate en duur van vertroebeling. In de slibmodelleerstudie zijn daarnaast ook simulatiepunten buiten het kabeltracé uitgewerkt (bijvoorbeeld langs de kust of in de Bruine Bank). Omdat op die punten slechts een fractie van de concentratieverhogingen wordt waargenomen, zijn alleen de onderstaande punten langs het kabeltracé beschouwd.



Figuur 3-2 Punten waarvan een tijdreeks is gepresenteerd.

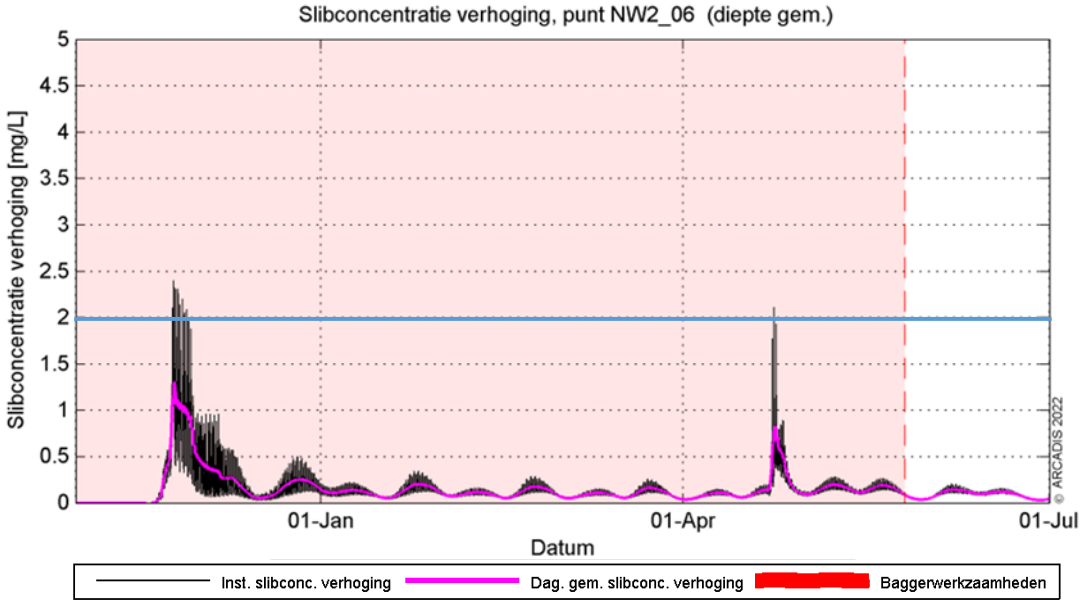
In Figuur 3-3 tot en met Figuur 3-7 zijn de slibconcentraties van het dieptegemiddelde in de loop van de simulatieperiode weergegeven op de punten NW2_O01, 6 NW2_O06, NW2_O10 en NW2_O15. De slibconcentraties van het dieptegemiddelde staan in Bijlage VII – F Slibmodelleerstudie, en zullen hieronder niet worden herhaald. De zwarte verticale lijnen in de figuren staan voor de acute concentratieverhoging (10 minuten waarde), de paarse lijn beschrijft de daggemiddelde waarde (24 uurs waarde). Het rood gearceerde vlak is de periode waarin de baggerwerkzaamheden worden uitgevoerd (circa 220 dagen), het einde van de baggerperiode wordt met een rode stippellijn aangegeven. Bij deze baggerperiode is ervan uitgegaan dat eerst 80% van het totale te baggeren volume wordt gebaggerd en vervolgens de overige 20% in de vorm van onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Dit onderhoud vindt in deze studie direct (dus in de eerste run) na de eerste baggerwerkzaamheden plaats. Het gedeelte dat niet rood gearceerd is, is de periode die in het model is gesimuleerd om eventuele na-ijl effecten van vertroebeling weer te geven.

Observatiepunt 1 (de kustzone) ligt in een gebied bij de kustzone, zie Figuur 3-3. De concentratieverhoging is gedurende bijna de gehele periode lager dan de gestelde grens van 2 mg/L. De grootste toename in concentratie valt tegelijk met de baggerwerkzaamheden in dit gebied zelf (laatste 6 weken). In de na-ijl periode zal er ook nog vertroebeling optreden van circa 1 mg/L.



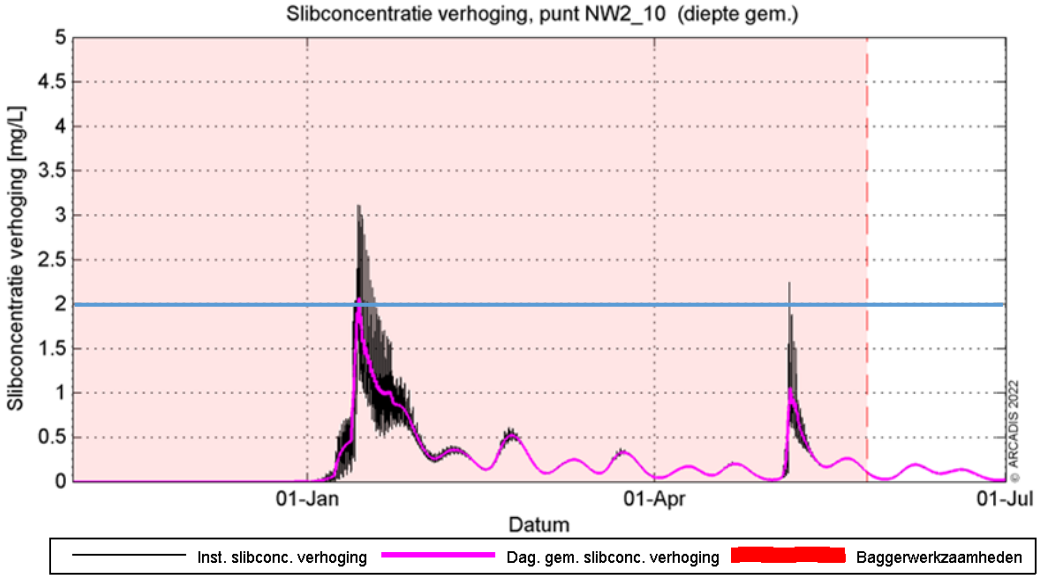
Figuur 3-3 Slibconcentratie aan het wateroppervlak in de tijd op punt 1. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.

Rond simulatiepunt 6 (circa 20 kilometer uit de kust) ligt de toename van de concentratie hoger door de baggerwerkzaamheden. Er wordt ter hoogte van deze locatie met een hogere productiesnelheid gewerkt (m^3 per uur) dan in de kustzone en slibconcentraties in de bodem zijn hoger, waardoor de piek hoger ligt dan in de kustzone. Met uitzondering van de piek aan het begin van de werkzaamheden genereert dit proces een vertroebeling van maximaal 1 en 1.5 mg/L daggemiddelde. Zodra de werkzaamheden beëindigd zijn, dempt de (minimale) verhoging langzaam uit. In Figuur 3-4 is te zien dat gedurende de baggerperiode, de concentraties geen enkele keer boven de grens van 2 mg/L uitkomen. Na de baggerwerkzaamheden variëren de waardes tussen de 0 en 0,5 mg/L.

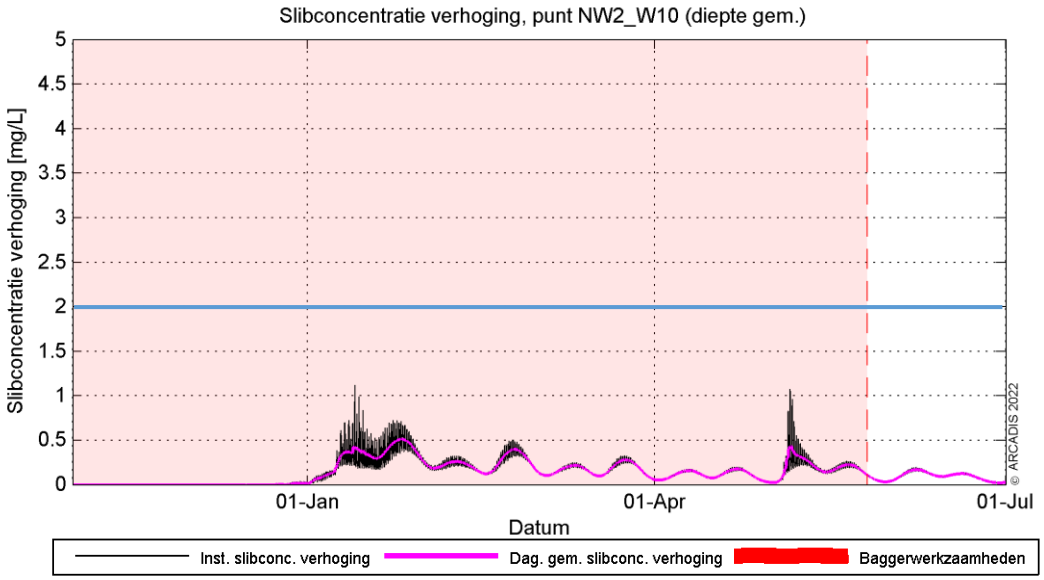


Figuur 3-4 Slibconcentratie dieptegmiddelde in de tijd op punt 6. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.

Simulatiepunt 10 bevindt zich halverwege de Bruine Bank en de concentratieverhoging in de waterkolom in de tijd is weergegeven in Figuur 3-5. De werkzaamheden langs het tracé zijn hier in zekere mate waarneembaar, voornamelijk nadat op deze locatie ook is gebaggerd. Door het wegbaggeren van zandgolf-kruinen (pre-sweepen) neemt de slib concentratie toe tot circa 2 mg/L (daggemiddelde) en reikt eenmalig tot boven de grens van 2 mg/L. Aan het einde van alle baggerwerkzaamheden is de concentratie op deze locatie lager dan 0,5 mg/L. In Figuur 3-6 is het simulatiepunt W10 weergegeven. Dit simulatiepunt ligt in de Bruine Bank op ongeveer 5km vanaf het tracé. Te zien is dat op deze afstand van het tracé de grenswaarde van 2,0 mg/L niet wordt overschreden.

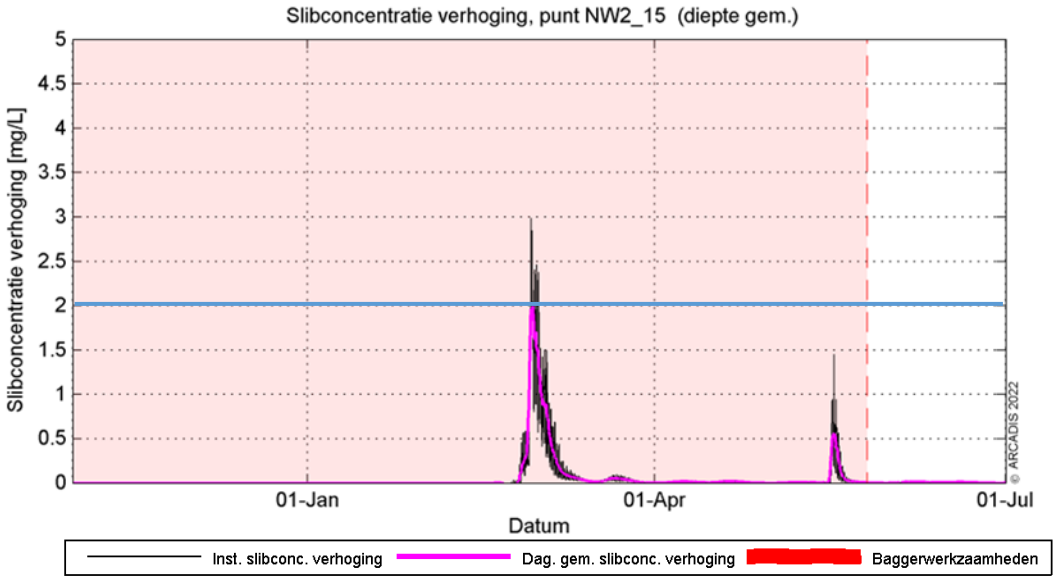


Figuur 3-5 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt 10. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.



Figuur 3-6 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt W10, die in de Bruine Bank ligt. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.

Langs het tracé (nabij het platform) is er een enkele keer concentratieverhoging te zien (zie locatie NW2_O15, Figuur 3-7). Tijdens de gehele periode ligt de concentratie eenmalig op de 2 mg/L grens.



Figuur 3-7 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt 15. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.

Achtergrondconcentraties

Voor de beschouwing van de impact van de (tijdelijke) verhoging van de slibconcentratie ten gevolge van de baggerwerkzaamheden, is het van belang een indruk te krijgen van de lokale achtergrondconcentratie. Deze bedraagt in de Nederlandse kuststrook jaargemiddeld circa 20 mg/L. Bij kalm weer kan de concentratie afnemen tot onder de 10 mg/L en de concentratie kan oplopen tot 100 mg/L door stormcondities (Haskoning, 2007). De achtergrondconcentratie in de Noordzee is overgenomen uit de Passende Beoordeling voor de Tweede Maasvlakte (Haskoning, 2007), en wordt weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Referentiewaardes voor achtergrondconcentratie in de kuststrook (Haskoning, 2007).

Omstandigheid	Achtergrondconcentraties zwevende stof (mg/L), kuststrook
Jaarlijks gemiddeld	20-30
Winter gemiddeld	30-100
Zomer gemiddeld	10-20
Gedurende kalm weer	5-10
Na stormperiode	30-100

In de wintermaanden zijn de achtergrondconcentraties vrij consistent met 30 mg/L in de geulen tot 80-100 mg/L op de platen. Afgaande op de maand april, neemt dit richting de zomer af tot 15 mg/L in de geulen en 30-50 mg/L op de platen.

Een verhoging van 2 mg/L door de baggerwerkzaamheden is een verhoging van circa 2 - 20% van de jaargemiddelde slibconcentratie langs de Nederlandse kust, waar afhankelijk van de tijd van het jaar een natuurlijke variatie van 10 – 100 mg/L kan optreden.

Effecten op vogels

Vogels buiten de kustzone

Zichtjagende vogels die zich rond het gedeelte buiten (>10 kilometer) de kustzone van het kabeltracé bevinden, kunnen een effect van een verhoging van het slib in het bovenste deel van de waterkolom ondervinden. Door vertroebeling kan het vangstsucces worden beïnvloed. Er wordt onderscheid gemaakt tussen oppervlaktejagers (zoals meeuwen, jan-van-gent, grote jager) die via een duikvlucht voedsel uit het bovenste deel van de waterkolom halen en duikers die hun voedsel bemachtigen via een onderwater achtervolging (zoals zeekoet, alk). Voor de eerste groep is met name de vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom van belang, terwijl voor de tweede groep (die dieper duiken) de vertroebeling over de gehele waterkolom (dieptegemiddelde vertroebeling) van belang is. Er is een literatuurstudie uitgevoerd naar de relatie tussen vangstsucces van deze vogels en het doorzicht (Found et al., 2008; Virkkala, 2016; Zamon et al., 2014). Deze studie geeft geen duidelijk uitsluitsel over de exacte relatie tussen doorzicht en vangstsucces voor deze zichtjagende zeevogels. Effecteninschattingen worden daarom op basis van expert judgement gemaakt.

De effecten van vertroebeling op de vogelsoorten treden niet langs het gehele kabeltracé tegelijkertijd op. De slibwolk beweegt zich namelijk met werkzaamheden mee en dooft snel uit. Binnen een periode van enkele dagen tot een week daalt de slibconcentratie tot onder de 2 mg/L. De grootte van de slibwolk varieert gedurende de werkzaamheden. Voor oppervlakte jagende vogels geldt dat de maximale grootte buiten de kustzone van de slibwolk aan het wateroppervlak op dag 121, circa 62 ha is, zie Figuur 3-1. Dit is circa 0,001% van de totaaloppervlakte (ruim 57.000 km^2) van het NCP. De maximale concentratie van de slibwolk, direct langs het kabeltracé, is niet hoger dan 3 mg/L (daggemiddelde).

De dag en dieptegemiddelde slibconcentratieverhoging komt niet boven de 2 mg/L (daggemiddelde). Duikende vogels zoals de alk en zeekoet zullen geen effecten van vertroebeling ondervinden. De betrokken descriptoren (Tabel 3-1) worden niet beïnvloed.

Vogels binnen de kustzone

In het studiegebied foerageren diverse zichtjagende sternsoorten. Het gaat om kolonies van de dwergstern, Noordse stern, grote stern en visdief. Om het mogelijke effect te bepalen is het ingeschat hoelang en in welke intensiteit er vertroebeling optreedt op verschillende locaties in het studiegebied. De actieradius waarin gefoerageerd wordt verschilt per sternsoort. De actieradius vanaf de broedlocatie voor foerageren van de diverse sternsoorten staat weergegeven in Tabel 3-3.

Slibwolken aan het wateroppervlak (waar oppervlaktejagers zoals sterns gebruik van maken) vormen voornamelijk vanaf 20 kilometer uit de kust, Figuur 2-1. Broedende sternsoorten met kleine actieradius (<20 kilometer), zoals de visdief en dwergstern zullen geen effect ondervinden van deze grotere slibwolken uit de kust. Alleen de grote stern heeft een actieradius die overlapt met deze slibwolken. Bij de aanlanding van de kabel treedt er vertroebeling van het wateroppervlak op van een gebied van circa 1 hectare. Dit valt binnen de actieradius van de visdief en dwergstern. Zoals in de figuren is te zien hebben alle sternsoorten voldoende uitwijkmogelijkheden en alternatief foerageergebied beschikbaar om geen verstoring te kunnen ondervinden van de tijdelijke slibwolken die door de werkzaamheden vormen.

Tabel 3-3 Actieradius van aanwezige sternsoorten

Soort	Actieradius	Referentie
Dwergstern	3 km	(Del Hoyo et al., 1996)
Visdief	10 km	(Becker & Ludwigs, 2004; Brenninkmeijer & Stienen, 1992)
Grote stern	40 km	(Brenninkmeijer & Stienen, 1992; Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Rijkswaterstaat, 2015)
Noordse stern	25 km	(Boele et al., 2015)

Samengevat zal de slibwolk tijdelijk zijn, waarbij deze niet langer dan enkele dagen op een specifieke locatie boven de 2 mg/L is. Bovendien beweegt de slibpluim mee met de werkzaamheden langs het kabeltracé, hierdoor zal het gebied waar de hoogste slibconcentratieverhogingen optreden (direct langs het tracé) al minder interessant zijn als foerageergebied voor zichtjagers door andere verstorende effecten (zoals bovenwaterverstoring). Verder van het tracé af dooft de slibwolk al snel uit. Effecten door vertroebeling zijn tijdelijk van aard en er is ruim voldoende alternatief foerageergebied voor (zichtjagende) vogels binnen en buiten de kustzone. Er is dan ook geen sprake van een effect op populatieniveau. De betrokken descriptoren (Tabel 3-1) worden niet beïnvloed.

Effecten op trekvissen

Trekvissen (zoals rivierprik, zeeprik, elft en fint) kunnen door vertroebeling mogelijk een barrière effect ervaren. Voor de instandhouding van de populatie en bij sommigen soorten zelfs de voltooiing van de levenscyclus is deze paaitrek van essentieel belang. De mate waarin vertroebeling door de werkzaamheden optreedt is in een modelstudie onderzocht. In Bijlage VII-F is deze slibmodelleerstudie opgenomen, in Figuur 3-1 zijn resultaten hiervan weergegeven. De vertroebeling voor de kust heeft potentieel een barrièrewerking tijdens de migratie van trekvissen. Hoewel de slibwolk een groot deel langs de kust beslaat, gaat het om zeer lage concentraties, die slechts enkele dagen op de locatie zullen zijn.

De stressrespons van vissen op vertroebeling is soort specifiek en afhankelijk van de mate van vertroebeling en de duur van deze vertroebeling. Enkele studies hebben de effecten van vertroebeling door baggeractiviteiten inzichtelijk gemaakt voor estuariene vissen (Kjelland et al., 2015; Wilber & Clarke, 2001). Uit deze onderzoeken blijkt dat er nog steeds veel onduidelijkheid is over de lange termijneffecten van vertroebeling. De effecten van gesuspendeerd sediment in de waterkolom op vissen zijn sterk afhankelijk van onder andere het type sediment, de tolerantie van de soort, de levenscyclus en biologie van de soort, de duur van de blootstelling en de frequentie van de achtereenvolgende blootstellingen (Kjelland et al., 2015). Hierbij is gevonden dat benthische soorten aanmerkelijk beter tegen vertroebeling door gesuspendeerd sediment bestand zijn. Deze soorten zijn al een hoge mate van vertroebeling gewend door hun bodem gebonden levenswijze en worden hierdoor niet snel verstoord. (Parsley et al., 2011) beschrijft hoe de effecten van baggerverspreidingsactiviteiten vrijwel geen effect hadden op de verspreiding van witte steuren (*A. transmontanus*) in een estuarium (Parsley et al., 2011).

Alle soorten trekvissen die door het Haringvliet of de Voordelta trekken zijn bovendien gewend aan vertroebeling. Door de menging van zout en zoet water is er een hogere troebelheid van het water door een complexe interactie van fysische, chemische en biologische processen. Daarbij kunnen vissen op meer zintuigen dan alleen zicht navigeren voor de stroomopwaarts of –afwaartse migratie (Bjerselius et al., 2000; Dodson & Leggett, 1974; Maes et al., 2007, 2008). Veel trekvissen (behalve salmoniden) migreren bijvoorbeeld tijdens de nacht, wanneer zicht geen bepalende factor is (Keefer et al., 2013). Vertroebeling als gevolg van de werkzaamheden heeft dus een verwaarloosbaar effect op trekvissen; migratieroutes worden niet geblokkeerd.

Effecten op vissen algemeen
Wilber & Clarke (2001) hebben aan de hand van alle beschikbare data en onderzoeken een algemene respons van estuariene vissen op gesuspendeerd sediment uitgezet. De meeste onderzoeken gebruiken sedimentconcentraties van meer dan 1.000 mg/L met blootstellingen tot en met een week. Hierbij is geen duidelijke correlatie te vinden tussen concentratie sediment en (sterfte)respons.

In zijn algemeenheid kunnen op vis jagende vissoorten wel hinder ondervinden door een verhoogde troebelheid in de vorm van het verminderde zicht wat hiermee gepaard gaat (De Robertis et al., 2003). Vissen die veelal op zicht jagen, zoals makreel en tarbot, vermijden een turbiditeitspluim terwijl vissen die normaal gesproken in troebel wateren leven en meer op reuk jagen dit niet zullen doen (de Groot, 1979). Maes et al. (1998) beschrijft dat juveniele vis (Clupeïden zoals fint, elft, haring en sprot) juist graag schuilt in vertroebelde gebieden om roofdieren te vermijden. Bij tijdelijke troebelheid kan er dus sprake zijn van een tijdelijke vermindering van de dichtheid van bepaalde zichtjagende vissoorten. Voor deze soorten zal ruim voldoende onverstoord areaal beschikbaar zijn, andere (prooi)vissoorten zullen de turbiditeitspluim juist opzoeken en hiervan profiteren. Vertroebeling als gevolg van de werkzaamheden heeft een verwaarloosbaar effect op overige vissoorten.

Effecten op filterfeeders
Filterfeeders (zoals mosselen, kokkels, zwaardschedes, oesters en halfgeknotte strandschelpen) voeden zich met de verteerbare fractie (fytoplankton, bacteriën, verteerbaar detritus) in het zwevend materiaal. Negatieve effecten van vertroebeling op deze soorten kunnen via de voedselketen doorwerken naar hogere trofische niveaus. De filterfeeders worden blootgesteld aan een hogere variabiliteit van zwevende stofconcentraties doordat ze op de bodem leven. Bij een experiment op de zwaardschede bij de kust van Egmond werden op 30 cm hoogte boven de bodem meerdere keren in het jaar piekconcentraties van hoger dan 2.500 mg/L gemeten tijdens stormen (Witbaard et al., 2013). Minimum concentraties op de bodem varieerden van 20 mg/L tot 200 mg/L bij rustig tot ruiger weer. Circa 20% van het jaar zijn concentraties gemeten die boven in de 200 mg/L uitkwamen. Dit zorgt ervoor dat ze, door de veelal sessiele levensstijl van deze soorten, in staat moeten zijn om de nodige fysiologische en morfologische adaptaties te maken om in troebele omstandigheden van variabele aard te leven (Cattrijsse, 1997).

Zowel mosselen als kokkels kunnen hun eliminatiesnelheid van niet verteerbare delen als hun opnamesnelheid aanpassen aan de omstandigheden (Kiorboe et al., 1981). Onderzoek heeft uitgewezen dat een tijdelijke verhoging met 20% de groei van kokkels niet nadelig beïnvloedt. Verhogingen naar 200 tot 300 mg/L hebben wel een sterke nadelige invloed op de groei (Essink, 1993). Ook de mesheft (*Ensis directus)* liet een verminderd filtervermogen zien bij slibconcentraties hoger dan 200 mg/L (Witbaard & Kamermans, 2010).

Bij zeer ongunstige verhoudingen tussen verteerbare en onverteerbare fracties (bijvoorbeeld grote hoeveelheid slibdeeltjes door vertroebeling) kunnen schelpdieren tijdelijk stoppen met foerageren en hun schelp sluiten, totdat een gunstigere situatie zich voordoet. Een overzicht van oorzaken van massasterfte onder kokkels wijst niet op een verhoogde slibconcentratie als belangrijke oorzaak (Burdon et al., 2014). Concentratieverhogingen door de aanleg van het Net op zee Nederwiek 2 vallen binnen de natuurlijke variatie. Tevens zal de slibwolk binnen enkele dagen weer tot onder de

2 mg/L dalen. Uitgaande van dit is de verwachting dat de kokkelpopulatie geen effecten ondervindt door vertroebeling.

Het nonnetje en de platte slijkgaper ondervinden minder stress van de vertroebeling dan kokkels, omdat deze soorten ook voedsel tot zich kunnen nemen via deposit feeding, waarbij zij materiaal van de bodem opnemen. Zij kunnen bij verhoogde slibconcentraties makkelijker overschakelen naar deze vorm van voedselopname. Over het algemeen worden generalisten minder beïnvloed door de tijdelijke toename in vertroebeling dan specialisten (Hoogeboom & Rotmensen, 1998). Schelpdieren worden in de Nederlandse kustwateren jaarlijks gemonitord. Er zijn langs de gehele kust 893 locaties bemonsterd in het voorjaar van 2019, 1 april tot en met 17 juni (Perdon et al., 2019).

De zandkokerworm (*S. spinulosa*) heeft waarschijnlijk een grote tolerantie voor vertroebeling aangezien zij niet van zicht afhankelijk zijn om te foerageren (Pearce, 2017). Slechts bij heel hoge concentraties sediment (55,5 mg/L) stoppen de wormen tijdelijk met groeien (dat wil zeggen, met kokerbouw). Een afgenomen hoeveelheid sediment in de waterkolom daarentegen kan afbraak van de riffen veroorzaken omdat de kokers niet worden onderhouden/aangevuld. Op basis van bovenstaande informatie kan worden geconstateerd dat wormriffen niet gevoelig zijn voor een toename in vertroebeling tot 50 mg/L. De vertroebeling van het project (<5 mg/L) leidt dus niet tot effecten op wormenriffen.

Uit de slibmodelleerstudie blijkt dat er op zee direct bij de bodem geen daggemiddelde slibconcentratieverhoging plaatsvinden van boven de 5 mg/L en na een periode van enkele dagen weer afneemt tot het achtergrondniveau. Dit is een kleine fractie (5%) van de waardes van 200 mg/L waarbij soorten als de kokkel of zwaardschede verminderd filtratie vermogen lieten zien.

In de kustzone treedt er alleen rond de aanlanding vertroebeling aan de bodem op. Hier komen geen schelpdierbanken voor. De effecten van vertroebeling op aanwezige macrofauna zijn gelimiteerd tot de directe omgeving van het kabeltracé. Concluderend kan gezegd worden dat filterfeeders in verschillende mate het vermogen hebben zich aan te passen aan de tijdelijke en lokale verhoging van de slibconcentraties. De soorten die dit niet kunnen zullen echter ook geen last hebben van de verstoring, aangezien het slechts van korte duur is (doorgaans hooguit enkele dagen). Filterfeeders ondervinden geen effect van de werkzaamheden. Effecten op filterfeeders en de daarop jagende organismen zijn dan ook uit te sluiten.

Effecten op primaire productie

Een toename van de vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom heeft mogelijk een effect op de primaire productie in het studiegebied. Primaire productie is afhankelijk van de beschikbaarheid van zonlicht (direct gevolg van de troebelheid van het water) en daarnaast van nutriënten (voornamelijk stikstof (N) en fosfor (P)). De primaire productie op het noordelijk halfrond fluctueert sterk (met circa een factor 10) over de seizoenen, met een zeer lage activiteit in de wintermaanden gevolgd door hoge activiteit in de zomermaanden (Matsumoto et al., 2014). Verder bestaan er in de Noordzee duidelijke ruimtelijke en temporele verschillen in de beschikbare hoeveelheden nutriënten en licht onder water en daarom in de limitatie van fytoplankton. Dit resulteert in een nutriënten limitatie gedurende de zomermaanden in de gehele Noordzee (door fosfor in een brede strook langs de kust en door stikstof op open zee) (Burson et al., 2016; Harezlak et al., 2013). In de wintermaanden is er echter sprake van een limitatie door zonlicht, m.u.v. kleine delen rond de Waddenzee en in de Zeeuwse Delta (Harezlak et al., 2013). Verminderde lichtinval als gevolg van tijdelijke vertroebeling door werkzaamheden zal daarom geen remmende werking

hebben op primaire productie in de zomer, maar wel in de winter. Echter, gezien de activiteit van primaire productie in de winter überhaupt op een zeer laag niveau zit (Matsumoto et al., 2014), is het bijkomende effect dat tijdelijke vertroebeling langs het tracé in de winter maanden op primaire productie heeft verwaarloosbaar.

3.2.3 Sedimentatie

In deze paragraaf wordt het effect van sedimentatie op de descriptoren biologische Diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en integriteit van de zeebodem (D6) beschouwd. Hiervoor is het effect van sedimentatie op macrofauna van belang.

Als gevolg van het ingraven van de kabel vindt er vooral sedimentatie van meer dan 0,33 mm/dag plaats rondom de aan te leggen zeekabels zelf. Figuur 3-8 geeft het gebied weer waar per dag sedimentatiesnelheden van meer dan 1 cm per maand (0,33 mm/dag) optreden tijdens de werkzaamheden. Dit is de maximale sedimentatie snelheid die de gevoeligste soort (*Mya arenaria)* tolereert (Bijkerk, 1988). Recenter onderzoek (Rozemeijer & Smith, 2017) erkent de gevoeligheid van *Mya arenaria*. Hier wordt daarnaast ook weer beschreven dat een groot aantal soorten macrobenthos (waaronder tweekleppige als nonnetje, *Ensis* en zaagje maar bijvoorbeeld ook verschillende zeestersoorten) weinig problemen ondervinden van sedimentatie van 10 cm tot zelfs ruim daarboven afhankelijk van de soort. Om de effecten van sedimentatie te toetsen wordt de maximale sedimentatie snelheid aangehouden die de meest gevoelige soort tolereert, dit is 1 cm per maand (0,33 mm/dag).

Figuur 3-8 Het areaal waar sedimentatie van boven de 0,33 mm/dag optreedt door de voorgenomen werkzaamheden.

Op het NCP treedt sedimentatie op met een snelheid van boven de 0,33 mm/dag in een gebied van circa 45,3 km^2 (zie Figuur 3-8). Veel schelpdieren hebben een hogere tolerantie voor sedimentatie. Op dit oppervlak zullen dus mogelijk enkele, maar zeker niet alle schelpdiersoorten negatieve effecten ondervinden.

Zandkokerwormen zijn belangrijke bodemorganismen die het ecosysteem naar hun hand zetten door het bouwen van riffen. Zandkokerwormen zijn gevoelig voor een toename in sedimentatie. Het is daarbij waarschijnlijk dat grote hoeveelheden snel neerdalend sediment (>1 mm/dag) meer impact hebben op de wormen dan kleine, constant neervallende hoeveelheden (≤1 mm/dag) (Arcadis, 2020). Hierbij zijn de wormen niet meer instaat om volledige begraving te voorkomen via het bouwen van een 'noodkoker' met dood als gevolg. De bodem rondom het gedeelte van het tracé op zee en het platform bestaat hoofdzakelijk uit zand dat snel bezinkt. Hierdoor zullen effecten van sedimentatie voornamelijk gelimiteerd zijn tot de directe omgeving van de werkzaamheden.

De habitat zal herstellen na de eventuele gevolgen van sedimentatie (en habitataantasting). Uit onderzoek is gebleken dat de tijd dat bodemfauna nodig heeft om in een aangetast gebied de oude biomassa en dichtheid weer te bereiken doorgaans slechts één jaar bedraagt, dit neemt toe tot 2-5 jaar voor organismen met langere levenscycli (zoals verschillende tweekleppige en zee-egels) (Baptist et al., 2009; Boudewijn, 2016; Coates et al., 2015; Rozemeijer et al., 2013). Na een worst-case periode van vijf jaar na aantasting zal de zeebodem dus opnieuw gekoloniseerd zijn door zeebodemfauna. Negatieve effecten zullen daarom niet merkbaar zijn op systeemniveau.

3.2.4 Verstoring door continue onderwatergeluid

In deze paragraaf wordt het effect van continu onderwatergeluid op de descriptoren biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en toevoer van energie (D11) beschouwd. Hiervoor is het effect van continu onderwatergeluid op vissen en zoogdieren van belang.

De reikwijdte van continu onderwatergeluid is 5 kilometer, zoals toegelicht in paragraaf 2.4. In totaal wordt er een areaal van circa 2.276 km^2 verstoord. Het geluid verplaatst met de schepen mee en is tijdelijk van aard en zal dus niet in het hele areaal gelijktijdig optreden. Bovendien is de hoeveelheid scheepvaart in grote delen van het projectgebied op het NCP relatief hoog (uitgebreid beschreven in Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 2). Hieruit blijkt dat er in dit gebied op veel plekken een scheepvaartintensiteit van >100 vaarbewegingen/schepen per vierkante kilometer per maand plaatsvindt, maar door de aanwezigheid van vaste scheepvaartroutes, zijn er ook plekken waar de scheepvaartintensiteit veel minder is. De werkzaamheden zullen slechts enkele schepen aan deze scheepvaartintensiteit toevoegen. Daarbij komt dat er vrijwel geheel binnen de bestaande vaarweg wordt gebleven, waar de scheepvaart intensiteit het hoogst is. Zodoende wordt het oppervlakte verstoord gebied en de intensiteit van de verstoring hierbinnen, slechts marginaal vergroot. Individuen die gevoelig zijn voor onderwater verstoring zullen waarschijnlijk al deze gebieden met hoge scheepvaartintensiteit mijden. Voor individuen die toch worden verstoord is ruim voldoende areaal aanwezig waar de verstoring veel minder is om naar uit te wijken.

Het onderwatergeluid dat tijdens de werkzaamheden wordt geproduceerd, zal hooguit op individuele zeezoogdieren en vissen een effect hebben in de zeer nabije omgeving van de werkzaamheden, waarbij zij mogelijk wegzwemmen en elders gaan foerageren. De kans dat een zeehond of bruinvis tijdelijke gehoorschade (TTS - Temporary Threshold Shift) oploopt, is

verwaarloosbaar klein. Daarvoor zou een dier binnen korte tijd meerdere malen zeer dicht langs een op diep water werkend schip moeten zwemmen. De kans op blijvende gehoorschade (PTS – Permanent Threshold Shift) is nog kleiner en dus ook verwaarloosbaar.

3.2.5 Verstoring door impuls onderwatergeluid

In deze paragraaf wordt het effect van impuls-onderwatergeluid op de descriptoren biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en toevoer van energie (D11) beschouwd. Hiervoor is het effect van impuls-onderwatergeluid op vissen en zeezoogdieren van belang. De bruinvis wordt gebruikt als worst case. De effecten op deze soort worden bepaald, waardoor de andere soorten hier onder geschaard worden.

Leeswijzer
Zoals toegelicht in paragraaf 2.5 wordt voor het platform de funderingsoptie van een stalen jacket met heipalen beoordeeld. In deze paragraaf wordt het effect op bruinvissen beoordeeld. Hiervoor wordt eerst een toelichting gegeven van de uitgevoerde modelstudie en de berekende verstoringsafstanden. De berekende verstoringsafstanden voor zeehonden en bruinvissen worden besproken in paragraaf 2.5. Ook geldt er in het kader van de effectbeoordeling voor zeezoogdieren een algehele norm voor onderwatergeluid. Dit wordt in de onderstaande paragrafen besproken.

Voor heigeluid kiest het KEC 4.0 voor de bruinvis als aandachtsoort, omdat ervan uitgegaan wordt dat de bescherming van de bruinvis ook voor andere walvisachtigen, zeehonden en vissen voldoende bescherming oplevert. Er loopt onderzoek om deze aanname te valideren. De bruinvis is gevoelig voor luide geluiden onder water, zoals het lawaai van heien dat nodig is voor de aanleg van windparken.

Modelstudie, drempelwaarde en uitgangspunten
Voor het onderzoek naar het verstoorde areaal als gevolg van impuls onderwatergeluid is door TNO een berekening met het model Aquarius 4.0 uitgevoerd. De betreffende studie is bijgevoegd als Bijlage VII-E. De berekeningen van de TNO studie voor Net op zee Nederwiek 2 verschillen ten opzichte van de berekeningen in het KEC 4.0. Zo wordt in het KEC 4.0 uitgegaan van 6 in plaats van worst case 20 palen voor een platform en worden er 2 á 3 palen per dag geheid in plaats van worst case één paal per dag.

Geluidsnormen
Uit het KEC 4.0 blijkt dat het totale effect, van de uitrol van Wind op zee, geen bedreiging vormt voor de bruinvispopulatie wanneer er een geluidsnorm van SELss = 160 dB re 1 µPa2s (op 750 meter) wordt gebruikt.

De TNO studie laat zien dat er bij het heien van het platform van Net op zee Nederwiek 2 impulsgeluid vrijkomt van SELss = 167 dB re 1 µPa2s op 750 m, wat boven de grenswaarde ligt (de Jong & Binnerts, 2022). Voldaan kan worden aan een SELss = 160 dB re 1 µPa2s op 750 meter met een enkelvoudige mitigerende maatregel. Dit zou bijvoorbeeld een enkelvoudig bellenscherm of het heien met een lagere energie kunnen zijn (C. de Jong & Binnerts, 2020).

Zo blijkt dat enkelvoudige bellenschermen kunnen zorgen voor een reductie van 10 dB, maar kan dit oplopen tot een reductie van 20 dB, afhankelijk van de diepte en het volume lucht dat gebruikt

wordt voor het bellenscherm. Dubbele bellenschermen zorgen voor extra reductie van het geluid van gemiddeld 3 dB t.o.v. een enkelvoudig bellenscherm (Bellman et al., 2020; Dähne et al., 2017).

Effecten van impuls-onderwatergeluid op bruinvissen

Impuls-onderwatergeluid door heiactiviteiten

Er vindt bij het heien van het platform Net op zee Nederwiek 2 een overschrijding (SELss = 167 dB re 1 µPa2s op 750 meter) van de grenswaarde (SELss = 160 dB re 1 µPa2s op 750 meter) plaats. Dit lijdt tot een verstoord areaal van 1.254 km^2 dat tijdelijk minder geschikt is als leef- en foerageergebied voor bruinvissen. Worst-case is het gebied voor deze soort tot 20 dagen niet of verminderd beschikbaar. Als mitigerende maatregel kan een enkelvoudig of dubbel bellenscherm gebruikt worden. Bellenschermen reduceren afhankelijk van de diepte en het gebruikte volume het impulsgeluid met 10 -20 dB. Een tweede bellenscherm zorgt voor een extra reductie van 3 dB (Bellman et al., 2020; Dähne et al., 2017). Door het toepassen van mitigerende maatregelen, zoals een bellenscherm, hierboven beschreven, kan het verstoorde areaal kleiner worden. Verder kan het toepassen van een ADD en 'soft and slow start' de kans op PTS bij zeezoogdieren verminderen door ze uit het projectgebied te verjagen (zie ook de toelichting in de paragraaf hierboven).

Verschil berekeningen TNO en KEC

De gebruikte uitgangspunten van de TNO berekeningen (Bijlage VII-E) komen niet volledig overeen met de uitgangspunten waarmee in het KEC 4.0 is gerekend. Zo wordt er in het KEC 4.0 uit gegaan van 6 palen van 3 meter in diameter voor platform Net op zee Nederwiek 2 en worden er in de berekeningen 2 à 3 palen per dag geheid. Worst-case betekent dit dat het gebied tot 3 dagen niet of verminderd beschikbaar is (Heinis et al., 2022). Zoals beschreven in paragraaf 2.5 wordt in de TNO studie gerekend met actuelere uitgangspunten voor de bouw van het platform. Zo worden er worst-case 20 palen geheid i.p.v. 6. Het heien van de palen voor platform Net op zee Nederwiek 2 is maar een fractie van het totaal aantal palen dat geheid moet worden voor Nederlandse Wind op zee projecten. Het heien van 14 extra palen is 0,79% van het totaal te heien palen (1.762 palen). In verhouding met het totaal te heien palen voor Wind op zee parken in de gehele Noordzee (6.384 palen) is de fractie veel kleiner (0,22%). Tevens zijn de palen voor platforms een stuk kleiner qua diameter dan de monopiles van de windturbines (2,85m voor platforms en 5,5m en 7,5m voor monopiles).

Tabel 3-4 Aantal te heien palen per land voor windenergie op zee-projecten

2016-2030	Geplande capaciteit (MW)	Naar verhouding (%)	Aantal heipalen (voor turbines)	Naar verhouding (%)
Totaal	**77.484**		**6.384**	
België	3.650	5%	379	6%
Frankrijk	598	1%	46	1%
Denemarken	1.751	2%	165	3%
Duitsland	15.319	20%	1.244	19%
Nederland	26.543	34%	1.762	28%
Verenigd Koninkrijk	29.623	38%	2.797	43%

Indicatieve berekening

Met een indicatieve berekening gebaseerd op het KEC 4 en de TNO studie kunnen het aantal extra verstoorde bruinvissen door werkzaamheden voor het platform worden berekend. Het verschil van 14 palen zal tot meer verstoorde bruinvissen leiden dan berekend in het KEC 4. Uitgaande van 14 extra palen betekent dit worst-case 14 extra heidagen (1 heidag per paal). In de TNO-studie is berekend dat voor een heidag van een platform paal bij een geluidsnorm van SELss = 160 dB re 1

µPa2s op 750 meter een oppervlakte van 601 km^2 verstoord wordt wat leidt tot 473 verstoorde bruinvissen en dus 473 bruinvisverstoringsdagen. De bruinvisdichtheid is in dit geval 0,79 (473/601). 14 extra heidagen zorgen in dat geval voor 6.622 extra bruinvisverstoringsdagen.

In het KEC 4 is met verschillende rekenvarianten gewerkt waarbij voor Net op zee Nederwiek 2 in iedere rekenvariant met een drempelwaarde van SELss = 160 dB re 1 µPa2s op 750 meter is gerekend. In deze rekenvarianten treedt er in totaal een bruinvispopulatiereductie op van tussen de 2,3% en 2,9% als gevolg van de uitrol van windenergie op zee. De grens van 5% (met 95% zekerheid) wordt dus niet overschreden. Uitgaande van een worst-case scenario is dit 2,9%, wat neerkomt op circa 1.400.000 bruinvisverstoringdagen. De worst-case 6.622 extra bruinvisverstoringsdagen als gevolg van 14 extra heipalen zijn een fractie van het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen. Om het effect te berekenen van de extra bruinvisverstoringsdagen kan de populatiereductie uit het KEC en de huidige studie berekend worden aan de hand van onderstaande formule en parameters uit het KEC 3.0.

$$\text{Populatiereductie} = 1{,}06 \times 10^{-4} \times \text{bruinvisverstoringsdagen}^{1{,}17}$$

De populatie reductie is hierbij uitgedrukt in het aantal individuen. Op zichzelf staand leiden de 6.622 bruinvisverstoringsdagen tot een populatiereductie van 3,13 bruinvissen. Wanneer deze extra bruinvisverstoringsdagen worden beoordeeld met andere in het KEC behandelde projecten leiden deze worst-case 6.622 verstoringsdagen tot een populatiereductie van 9,11 bruinvissen. De populatiereductie grens van 5% (met 95% zekerheid) wordt niet overschreden door deze minimale toevoeging. Het effect valt weg bij de grootschaligheid van alle Wind op zee projecten op de Noordzee in de periode 2016-2030.

De bovenstaande berekening is een indicatieve berekening. Ter borging dienen project specifieke berekeningen voor de extra palen gemaakt te worden. Er is nu gerekend met uitgangspunten van een geluidsnorm van SELss = 160 dB re 1 µPa2s op 750 meter en worst-case aannames wat betreft het aantal palen en heidagen. Indien uit de berekeningen blijkt dat de in deze Watertoets opgenomen effecten een onderschatting zijn, bijvoorbeeld doordat de uitgangspunten zijn veranderd wanneer het platform geplaatst wordt, dienen aanvullende maatregelen zoals het gebruik van een dubbel bellenscherm te worden getroffen. Door het gebruik van mitigerende maatregelen zoals de ADD en ‘slow and soft start’ zullen bruinvissen het gebied verlaten en neemt de kans op PTS bij bruinvissen af.

Conclusie

In de voorgaande paragrafen zijn de effecten van impuls-onderwatergeluid, dat alleen optreedt tijdens de aanleg, op verschillende manieren beoordeeld: aan de geluidsnorm in het KEC en de effecten op bruinvissen via het aantal toegewezen bruinvisverstoringsdagen voor het uitvoeren van de geofysische surveys uit het KEC. Op basis van de huidige berekeningen van TNO treedt er overschrijding van de geluidnorm van (SELss = 160 dB re 1 µPa2s op 750 m) op. Dit zou betekenen dat het aantal bruinvisverstoringsdagen voor het platform van Net op zee Nederwiek 2 hoger uitvalt dan berekend in het KEC. Met het gebruik van een mitigerende maatregel zoals een bellenscherm kan het impulsgeluid gereduceerd worden zodat de geluidsnorm niet meer wordt overschreden. Voor de realisatie van het platform zullen meer heipalen gebruikt worden dan is aangenomen in het KEC. In het perspectief van de uitrol van Wind op zee betreft dit echter maar een fractie van het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen. De populatiereductie grens van 5% (met 95% zekerheid) wordt niet overschreden.

Uit voorzorg dient het effect van de getroffen mitigerende maatregel doorgerekend te worden voordat de werkzaamheden worden aangevangen. Door het reduceren van het geproduceerde geluid, wordt ook het verstoorde areaal en het aantal bruinvisverstoringsdagen minder.

Met het nemen van de correcte mitigerende maatregelen voor heiwerkzaamheden, en het uitwerken en narekenen van de heiwerkzaamheden wordt voldaan aan de gestelde eisen vanuit het KEC. Wezenlijke effecten op de gehele bruinvispopulatie op het NCP worden daarmee uitgesloten. Aangezien bruinvissen de gevoeligste soort is, zijn effecten op vissen en overige zeezoogdieren ook uitgesloten.

3.2.6 Bovenwaterverstoring door geluid, optiek en licht

In deze paragraaf wordt het effect van bovenwaterverstoring op de descriptoren biologische diversiteit (D1) en voedselwebben (D4) beschouwd. Hiervoor is het effect van bovenwaterverstoring op vogels en zeehonden van belang. Verstoring door geluid en licht, en visuele verstoring treedt meestal gelijktijdig op en zodoende kunnen deze doorgaans als één verstoringsbron worden beschouwd. Over het algemeen is de reikwijdte van de lichtbelasting echter minder groot dan die van verstoringen door geluid of visuele verstoringen. Voor aspecten rond verlichting wordt tevens ten alle tijden het verlichtingsplan als leidraad gebruikt (zie paragraaf 2.6.2), deze wordt opgesteld conform de hiervoor geldende wettelijke richtlijnen. Zodoende zijn effecten op fauna gevoelig voor verlichtingsverstoring uitgesloten en wordt er in onderstaande paragrafen voornamelijk ingegaan op verstoring door geluid en visuele verstoring voor vogels en zeehonden.

Vogels
Rondom het tracé komen zeevogels voor, zoals zeekoet, alk, jan-van-gent, kleine mantelmeeuw, grote mantelmeeuw, drieteenmeeuw, roodkeelduiker, zwarte zee-eend en bergeend (Fijn et al., 2019; Leopold & van Der Wal, 2015). De reikwijdte van bovenwaterverstoring is 500 meter voor vogels in het algemeen. Voor de ruiende en verstoringsgevoelige vogels (de brilduiker, eidereend, zeekoet en alk) is de reikwijdte van bovenwaterverstoring 1.000 meter. Voor de roodkeelduiker, parelduiker en zwarte zee-eend wordt specifiek een verstoringscontour van 2.000 meter gebruikt. De onderstaande uiteenzetting komt uit de Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 1.

Figuur 2-7 toont de reikwijdte van het effect van bovenwaterverstoring als gevolg van de werkzaamheden. Het geluid verplaatst met de schepen mee en is tijdelijk van aard en zal dus niet over de hele verstoringscontour gelijktijdig optreden. Bij de verstoringscontour van 500 meter voor minder gevoelige vogels blijft voldoende onverstoord areaal beschikbaar om bij verstoring naar uit te wijken.

In de omgeving van het tracé komen seizoensgebonden een laag aantal roodkeelduikers en zwarte zee-eenden voor. Deze twee soorten zijn gevoeliger voor verstoring, met een verstoringafstand van 2.000 meter. Aanleg zou voor deze soorten resulteren in een verstoring van 6.415 ha leefgebied in de Voordelta. In dit gebied waar verstoring zal plaatsvinden vindt echter al verstoring plaats door reeds aanwezige hoge scheepvaartintensiteit. In delen van dit gebied bevinden zich vaste scheepvaartroutes met doorgaans een scheepvaartintensiteit van >100 routes (i.e. vaarbewegingen/boten) per vierkante kilometer per maand. Individuen die zich in de buurt van deze routes bevinden zijn hierdoor al in enige mate gewend aan verstoring door scheepvaart. Extra vaarbeweging als gevolg van de werkzaamheden zullen hierdoor niet significant bijdragen aan de

mate van verstoring in de buurt van vaarroutes. Voor de verstoring die optreedt buiten de vaarroutes geldt dat aanwezige vogels tijdelijk uit zullen wijken naar alternatief leefgebied. Er zijn gedurende de periode van aanleg voldoende uitwijkmogelijkheden voor de verstoorde vogels naar gebieden waar de verstoring minder is. De verstoring treedt bovendien niet over het gehele tracé tegelijk op. Er is alleen sprake van verstoring ter plaatse van de werkzaamheden, die langzaam en voorspelbaar langs het tracé bewegen.

Ruiende vogels, zoals alken, zeekoeten, grote jagers en bergeenden hebben dezelfde verstoringscontour als de roodkeelduiker. Ruiende vogels kunnen, afhankelijk van de periode, echter moeilijk uitwijken voor verstoringsfactoren wegens hun beperkte vliegvermogen. Alken, zeekoeten en grote jagers maken tijdens de rui gebruik van het NCP.

Grote Jagers ruien tijdens de trek. Ze ruien niet alle handpennen tegelijk, wat vliegen onmogelijk zou maken, maar stapsgewijs. Deze rui gebeurt op volle zee en start na het verlaten van de broedgebieden omstreeks eind juli/begin augustus. Pas in de winter, in januari-februari, wordt de rui voltooid, nadat ze de Nederlandse Noordzee verlaten hebben (van Bemmelen et al., 2012). Eventueel verstoorde ruiende grote jagers kunnen zodoende bij verstoring uitwijken naar onverstoord areaal. De optredende verstoring als gevolg van de werkzaamheden is tijdelijk en lokaal en zodoende is er ruim onverstoord areaal beschikbaar.

Zeekoeten ruien in juli, augustus en de eerste helft van september. Gedurende deze periode kunnen de vogels niet vliegen, waardoor ze bij verstoring moeilijker kunnen vluchten dan buiten de ruiperiode. Van december tot februari ruien ze weer van hun winter naar hun zomerkleed. Gedurende deze periode kunnen zeekoeten wel vliegen (Dunn et al., 2019; St. John Glew et al., 2018). Eventueel verstoorde ruiende zeekoeten kunnen zodoende bij verstoring uitwijken naar onverstoord areaal. Alken ruien van zomerkleed naar winterkleed en van winterkleed naar zomerkleed. De rui naar winterkleed vindt in juli en augustus plaats, echter gebeurt dit niet in Nederlandse wateren (van Bemmelen et al., 2013). De rui naar zomerkleed begint voor het vertrek naar de broedgebieden, voor de alk in januari tot en met maart. Tijdens de rui hebben de dieren een beperkt vliegvermogen. Er wordt daarom uitgegaan van een worst-case verstoringsafstand van 2000 meter. In de Bruine bank leidt dit tot een verstoord oppervlak van 35 km^2 langs het 70 km lange traject.

In de ruiperiodes in de winter komen hoge aantallen ruiende zeekoeten en alken voor in het noorden van het tracé. Voor zeekoet varieerde de maximale dichtheid op telgebied de Bruine Bank op de telmomenten in dit ruiseizoen in 2021-2022 van circa 5,057 (januari) tot 4,906 (februari) individuen per km^2 en voor de alk 0 (augustus) tot 0,489 (november) individuen per km^2 (R. S. A. van Bemmelen et al., 2022). Het maximaal geschatte aantal zeekoeten op de Bruine Bank was 102.042, dit was in februari 2019 (Fijn et al., 2019). Dit aantal is exceptioneel hoog, in 2020 en 2021 lagen de seizoen maxima van de zeekoet op de Bruine Bank een factor 15 tot 10 lager, namelijk tussen de 6.500 en 18.000 individuen (Fijn et al., 2022, 2020; van Bemmelen et al., 2022). Ook vlak buiten de Bruine Bank worden in dit seizoen hoge aantallen aangetroffen, soms ook op of in de nabijheid van de verstoringscontouren van het tracé. De verspreiding van de ruiende vogels varieert per jaar en aanwezigheid van grote aantallen ruiende zeekoeten en alken op of in de nabijheid van het tracé is tijdens de ruiperiodes in de winter (december tot en met maart) niet uit te sluiten. In de ruiperiode van juli tot en met de eerste helft van september, wanneer zeekoeten ruien in de omgeving van de Bruine Bank, zijn de aantallen ruiende vogels lager. De maximale dichtheid lag in augustus 2020 rond de 0,001 individuen per km^2, in augustus 2019 en augustus 2021 waren ze zelfs geheel afwezig (Fijn

et al., 2019, 2020; R. S. A. van Bemmelen et al., 2022). Alken ruien in deze periode niet in Nederlandse wateren (Fijn et al., 2022). De populaties zeekoeten op de Noordzee bestaan uit verschillende deelpopulaties die op verschillende locaties broeden en overwinteren. Omdat het daarom moeilijk is aan te geven wat als één (geografische) populatie wordt gezien, wordt uitgegaan van één Noordzee-deelpopulatie. De Noordzee deelpopulatie is geschat op 1.562.000 zeekoeten (Ministerie van LNV, 2014). De populatie alken die de bron vormen voor het aantal vogels dat de Nederlandse Noordzee bezoekt wordt geschat op 324.000 vogels (R. van Bemmelen et al., 2013).

De werkzaamheden leiden met een verstoringscontour van 2.000 meter langs de Bruine Bank over een lengte van 70 kilometer tot een verstoord oppervlak van circa 35 km^2. Met de berekende dichtheden op basis van aantallen uit van Bemmelen et al. (2022) en het oppervlak van de Bruine Bank, is het aantal verstoorde zeekoeten en alken ten gevolge van de werkzaamheden berekend voor augustus en januari. Om een indicatie te krijgen van mogelijke aantallen verstoorde individuen wordt gerekend met maximaal geschatte aantallen uit 2021/2022 (R. S. A. van Bemmelen et al., 2022). Voor de ruiperiode in de winter worden de aantallen van januari genomen, aangezien in deze maand van de gevoelige periode (januari en februari) de hoogste dichtheden alken en zeekoeten werden aangetroffen. Voor de ruiperiode in de zomer wordt gekeken naar de dichtheden in augustus.

In augustus 2021-2022 is de geschatte populatiegrootte op de Bruine Bank 476 zeekoeten en 0 alken. Gebaseerd op de populatiegrootte van de alk in augustus op de Bruine Bank zullen er geen alken verstoord worden tijdens werkzaamheden in augustus. Het aantal zeekoeten is hoger in augustus. De dichtheid zeekoeten op de Bruine Bank is in de maand augustus 0,348 individuen/km^2 (476/ 1.366 (oppervlakte de Bruine Bank)). De werkzaamheden in de ruiperiode in augustus leiden op basis van de overlap van de verstoringscontour met de bruine bank tot 12 (0,348* 35) verstoorde zeekoeten.

Op een geschatte de Bruine Bank populatie van 476 zeekoeten is dit verstoring van circa 2,5 % van de populatie van de bruine bank en van 0.0007% van de Noordzee-deelpopulatie. Alken zijn in deze periode niet waargenomen in het gebied rondom de werkzaamheden. Grotere aantallen zeekoeten zitten in de ruiperiode van augustus noordelijker. De dichtheid op de Bruine Bank in januari voor de zeekoet is 5,057 individuen/km^2 (6.908 /1.366) en voor de alk is 3,076 individuen/km^2 (4.202/1.366). De werkzaamheden in de ruiperiode in januari leiden tot 177 (5,057* 35) verstoorde zeekoeten en 108 (3,076 * 35) verstoorde alken. Op een geschatte Noordzeedeelpopulatie van 1.562.000 zeekoeten en 324.000 alken is dit verstoring van respectievelijk circa 0,011 % en circa 0,033 % van de populatie.

Wanneer de aanleg zodoende in de periode van de winter naar zomerrui plaatsvinden worden mogelijk relatief grote aantallen vogels verstoord. Aangezien de vogels in deze periode het vliegvermogen niet verliezen, ze de schepen al van grote afstand aan zien komen en het gebied reeds door beroepsvaart wordt verstoord, zijn effecten op de populatie in deze periode niet aan de orde. Wanneer verstoring plaatsvindt tussen juli en de eerste helft van september heeft deze relatief een grotere impact op zeekoeten aangezien ze in deze periode niet kunnen vliegen. Echter gezien het zeer lage aantal zeekoeten dat in deze periode aanwezig is (en alken geheel afwezig zijn), zijn effecten op de populatie uit te sluiten. Daarnaast vaart het schip dat de kabels aanlegt erg langzaam, tussen 250 en 500 m/u, en kan het zonder bevoorrading tussen de 40 en 60 km kabel aanleggen (Pondera Consult & Arcadis Nederland, 2022). Dit geeft verstoorde alken en zeekoeten voldoende

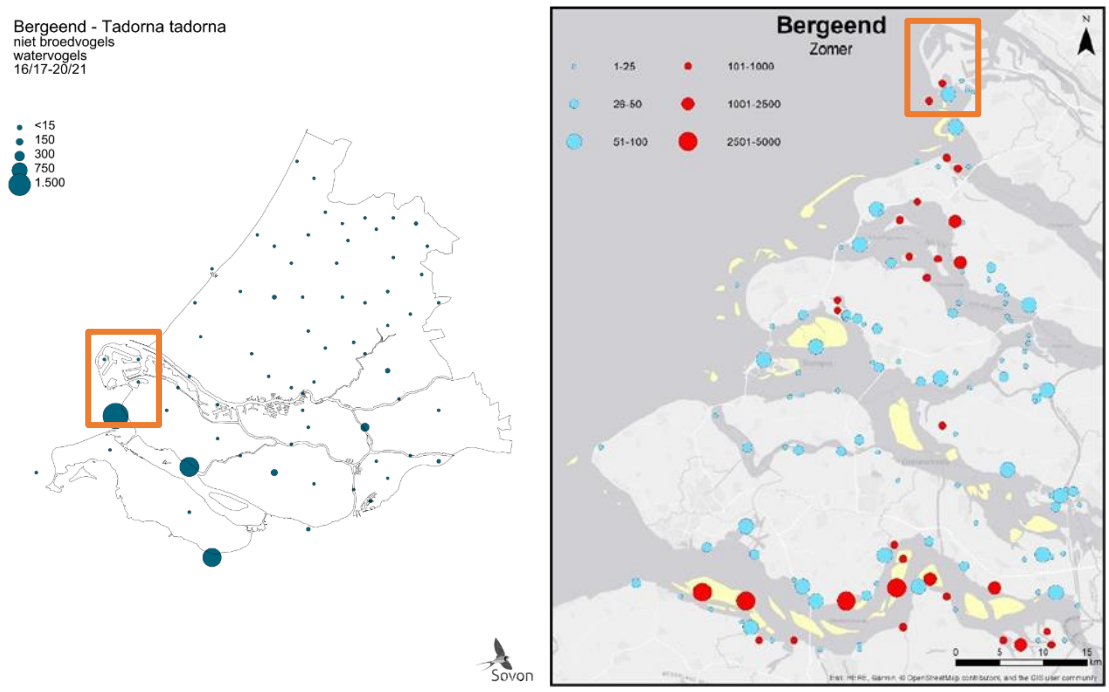
mogelijkheid om uit te wijken, ook zonder vliegvermogen. De vaarbeweging en snelheid van bevoorradingsschepen is in de activiteitenbeschrijving niet beschreven.

Naast het gegeven dat het verstoorde oppervlak relatief klein is ten opzichte van het totaal beschikbare areaal, is de regulier aanwezige hoeveelheid scheepvaart op veel plekken in het projectgebied relatief hoog. Dit is uitgebreid beschreven in Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 2. Doorgaans is de scheepvaartintensiteit langs het tracé hoog, met >100 vaarbewegingen/schepen per vierkante kilometer per maand. De werkzaamheden zullen slechts enkele schepen aan deze hoge scheepvaartintensiteit toevoegen. Zodoende is ook de intensiteit van de verstoring binnen het verstoorde oppervlak relatief laag t.o.v. de regulier aanwezige scheepvaartintensiteit.

Zoals Figuur 3-9 laat zien komen in de slufter op de Maasvlakte, rondom de plek waar het kabeltracé aan land komt, de Slikken van Voorne en ten westen van de Hinderplaat in totaal zo'n 1.000 - 2.500 ruiende bergeenden voor in het ruiseizoen. Tijdens de ruiperiode kunnen de volwassen exemplaren niet vliegen gedurende drie tot vier weken, omdat ze in één keer al hun slagpennen verliezen (Geelhoed & Swaan, 2002). Tijdens deze periode zijn ze erg gevoelig voor verstoring. Ruiplaatsen moeten dus een hoge mate van rust hebben. Hiervoor zoeken bergeenden veilige open zoute wateren op of verblijven ze op, bij laagwater, droogvallende platen. Bij hoogwater zwemmen ze in de omgeving van deze platen (Geelhoed & Swaan, 2002).

Verstoring van ruiende bergeenden treedt mogelijk op tijdens de werkzaamheden. Ruiende bergeenden in de slufter kunnen moeilijk uitwijken van de werkzaamheden. Rondom het gebied loopt een doorgaande weg en het strand is vrij toegankelijk voor publiek. Het betreft dus reeds verstoord areaal waardoor ruiende bergeenden die hier hinder van ondervinden zich logischerwijs waarschijnlijk al buiten de verstoringscontour hebben gevestigd.
Ten westen van de Hinderplaat bevinden zich ook ruiende bergeenden die mogelijk verstoord worden door de werkzaamheden, zie Figuur 3-9. Op de Slikken van Voorne reikt de verstoring tot het noorden van het gebied. Voor de bergeenden is er mogelijk genoeg onverstoord areaal over in het zuiden van de Slikken van Voorne. Hier foeragerende en rustende vogels worden niet verstoord door werkzaamheden op zee, de slikken en platen liggen namelijk op grotere afstand dan de corresponderende verstoringscontour. Het is echter niet uit te sluiten dat er geen verstoring van ruiende bergeenden plaatsvindt in de slufter of rond de Slikken van Voorne. Om verstoring te voorkomen wordt een vogelwaarnemer ingezet. De vogelwaarnemer kan indien ruiende bergeenden aanwezig zijn binnen de verstoringsafstand, de werkzaamheden voor een of meerdere dagen stilleggen, totdat de bergeenden weg zijn. Zodoende hoeven de werkzaamheden niet voor het hele ruiseizoen stilgelegd te worden en kan verstoring van ruiende bergeenden worden voorkomen.

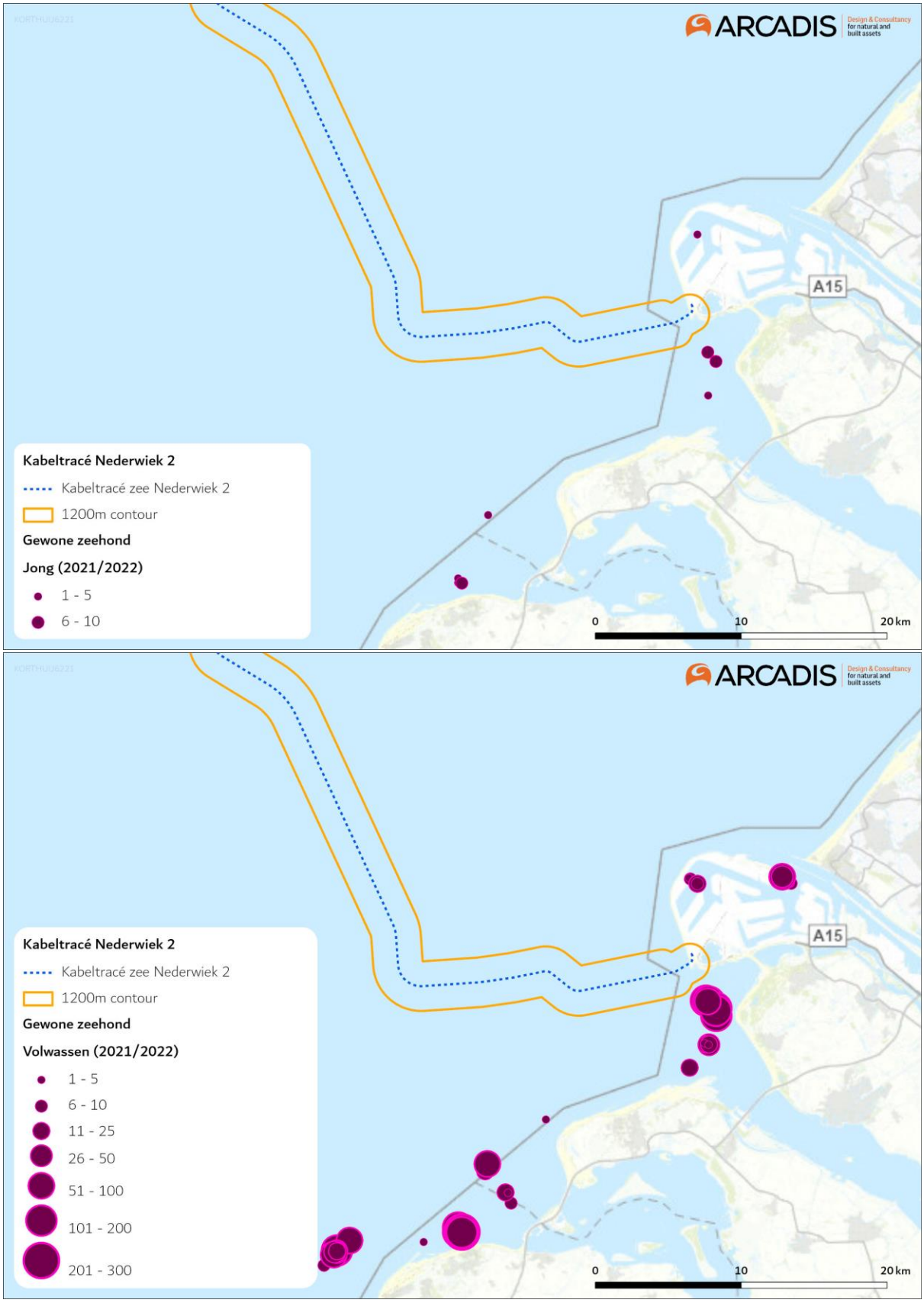
Wanneer als mitigerende maatregel een professionele vogelwaarnemer wordt ingehuurd die tijdens de ruitijd waarneemt of ruiende bergeenden aanwezig zijn en indien aanwezig, de werkzaamheden stopt, zijn er geen negatieve effecten op populatieniveau.



Figuur 3-9 Links: verspreiding van de bergeend als niet-broedvogel in Zuid-Holland in de periode 2016– 2021 (Sovon, 2022b). Rechts: Verspreiding van bergeend in de ruiperiode (zomer) van 2019/2020 in het Delta gebied, waaronder de Maasvlakte (Hoekstein et al., 2022). *Het oranje kader geeft het studiegebied weer.*

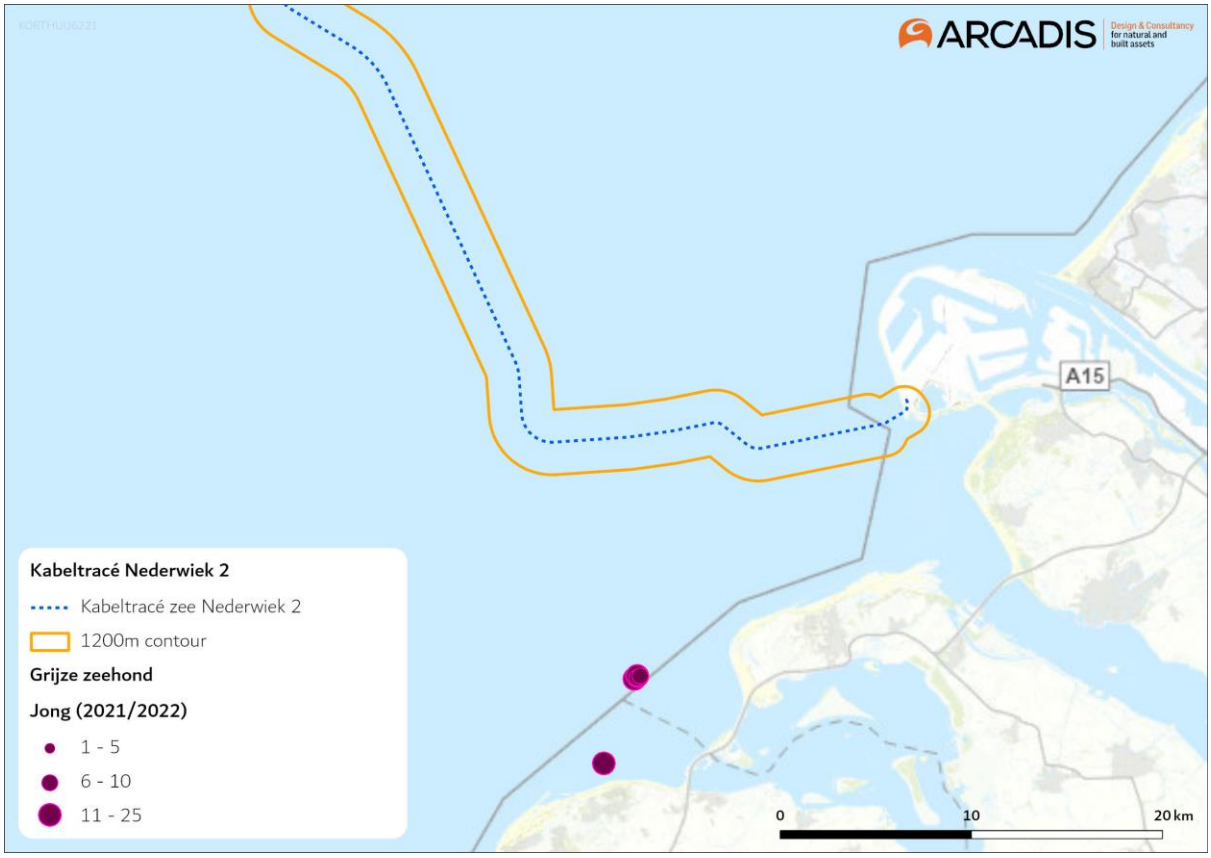
Zeehonden

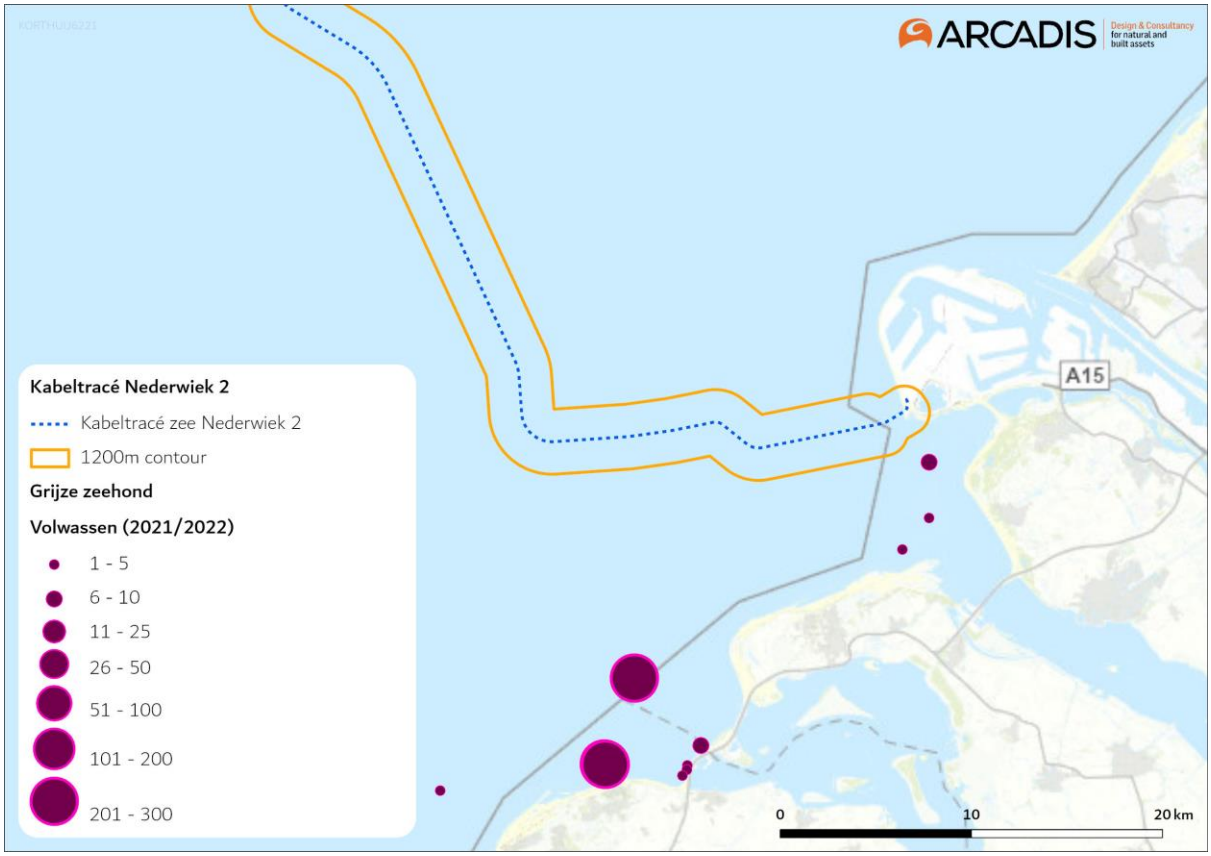
De droogvallende platen nabij de kust wordt door de gewone en grijze zeehond gebruikt als rustplaats. Er zijn van beide soorten waarnemingen van zogende zeehonden (buiten de verstoringscontour, zie Figuur 3-10 en Figuur 3-11). In de huidige ligging raakt de verstoringscontour voor zeehonden (1.200 meter) de droogvallende platen ten zuiden van de Tweede Maasvlakte, met zeer beperkte overlap.



Figuur 3-10 Ligplaatsen van volwassen gewone zeehonden (boven) en van jonge gewone zeehonden (onder), gebaseerd op alle tellingen in 2021/2022. Data naar (Hoekstein et al., 2023).

In voorgaande paragraaf is omschreven dat de regulier aanwezige hoeveelheid scheepvaart in het projectgebied relatief hoog is, zo ook hier (voor verdere details zie Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 2). Op dit traject is een hoge scheepvaartintensiteit aanwezig, met >100 vaarbewegingen/schepen per vierkante kilometer per maand. De werkzaamheden zullen slechts enkele schepen aan deze hoge scheepvaartintensiteit toevoegen. Zodoende is ook de intensiteit van de verstoring binnen het verstoorde oppervlak relatief laag t.o.v. de regulier aanwezige scheepvaartintensiteit.





Figuur 3-11 Ligplaatsen van volwassen grijze zeehonden (boven) en van jonge grijze zeehonden (onder), gebaseerd op alle tellingen in 2021/2022. Data naar (Hoekstein et al., 2023).

Zogende zeehonden zijn zeer gevoelig voor verstoring (Ministerie van Economische Zaken, 2014b, 2014a). Buiten het gevoelige seizoen van zeehonden (het zoog- en verharingsseizoen; voor de gewone zeehond circa mei-september en de grijze zeehond circa november-maart), zijn deze dieren minder gevoelig voor verstoring. Het dynamische karakter van de Hinderplaat kan resulteren in dat de locatie van de zandbank ten tijde van de aanleg verplaatst is. Het is echter waarschijnlijk dat ten tijde van de aanleg zandbanken op deze hoogte aanwezig zijn in of nabij het tracé die door gewone en grijze zeehonden gebruikt worden als werp- en zooggebied.

Als mitigerende maatregel moet een professionele zeehondenwaarnemer ingehuurd worden, die tijdens de zoogtijd waarneemt of er zogende zeehonden aanwezig zijn en indien aanwezig, de werkzaamheden stopt. Hierdoor hoeven de werkzaamheden niet tijdens het gehele zoogseizoen gestopt te worden.

De rustplaats van grijze zeehond nabij het aanlandingspunt bevindt zich op of nabij het Maasvlaktestrand. Hier bevinden zich kleinere aantallen zeehonden dan op de Hinderplaat en zijn alleen volwassen grijze zeehonden waargenomen. Het Maasvlaktestrand is vrij toegankelijk voor bezoekers. Ook loopt er een doorgaande weg langs het gebied. Het gebied is zodoende al verstoord waardoor individuen die hier hinder van ondervinden zich logischerwijs waarschijnlijk al buiten de verstoringscontour hebben gevestigd. Daarnaast zijn er in de omgeving ruime onverstoorde uitwijkmogelijkheden beschikbaar.

Volwassen zeehonden kunnen uitwijken van verstoringsbronnen en hiervoor blijft ruim voldoende onverstoord areaal beschikbaar wat uitwijkmogelijkheden biedt, mochten individuele volwassen

zeehonden toch verstoord raken. De mate van verstoring is bij de bron het meest intens en neemt vervolgens af met de afstand. De verstoringscontouren zijn bovendien worst-case aannames van verstoring door baggerschepen. Deze schepen zijn niet geschikt voor werkzaamheden dicht bij het aanlandingspunt, waar de werkzaamheden zullen worden uitgevoerd door kleinere, en zodoende minder luide, schepen, met een kleinere verstoringsafstand (Andersen et al., 2012).

Wanneer als mitigerende maatregel een professionele zeehondenwaarnemer wordt ingehuurd die tijdens de zoogtijd waarneemt of er zogende zeehonden aanwezig zijn en indien aanwezig, de werkzaamheden stopt, zijn er geen negatieve effecten op populatieniveau.

3.2.7 Habitataantasting en habitatverandering

In deze paragraaf wordt het effect van habitataantasting en habitatverandering op de descriptoren biologische diversiteit (D1), niet-inheemse soorten (D2), commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4), integriteit van de zeebodem (D6) en hydrografische eigenschappen (D7) beschouwd.

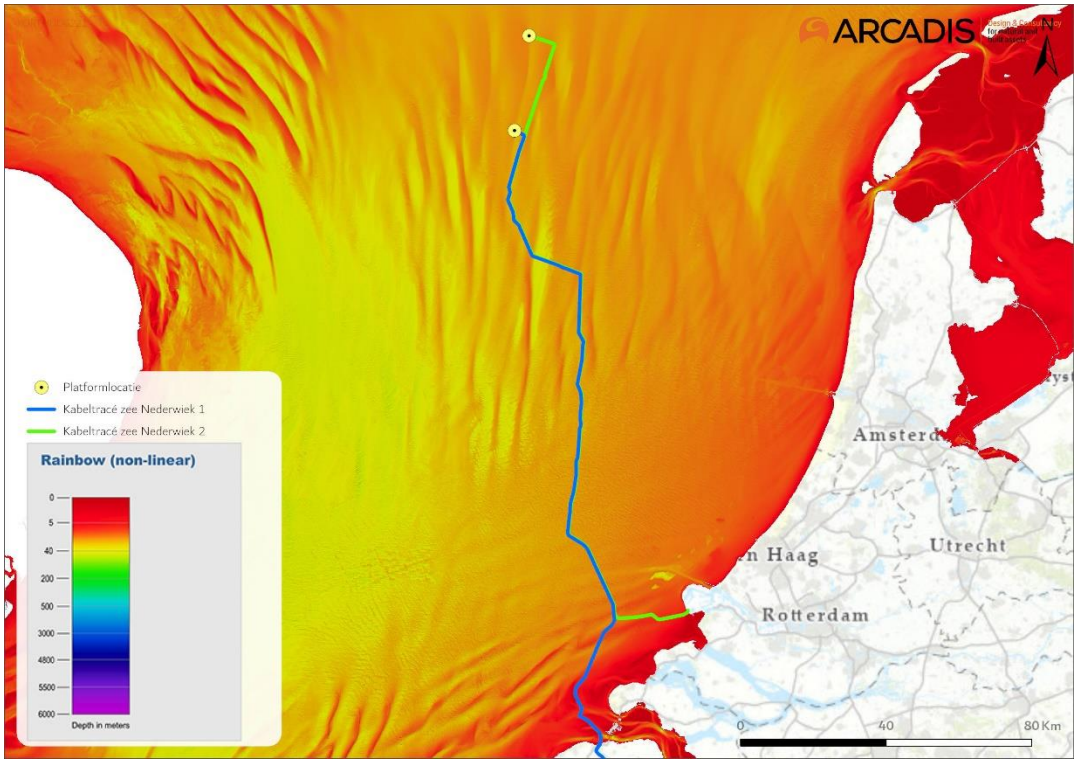
De gehanteerde reikwijdte van habitataantasting is toegelicht in paragraaf 2.7. Door het leggen van de kabels en het bouwen van de platforms wordt de habitat en de lokale biodiversiteit beïnvloed. Er zal op het NCP door de aanleg van het tracé habitataantasting plaatsvinden van circa 155 ha.

Ook rondom het platform zal een habitat terugkomen. Deze zal echter anders zijn dan de oorspronkelijke habitat door de aanwezigheid van metalen aanhechtingsoppervlak en hard substraat. Dit zal zeer lokaal zorgen voor meer biodiversiteit doordat er meer schuil- en aanhechtingsplaatsen zijn voor (bodem)fauna. Dit biedt kansen voor soorten als zeeanemonen, koralen, sponzen en zakpijpen en voor jonge kabeljauw, steenbolk en Noordzeekrab (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2012; van der Stap et al., 2016).

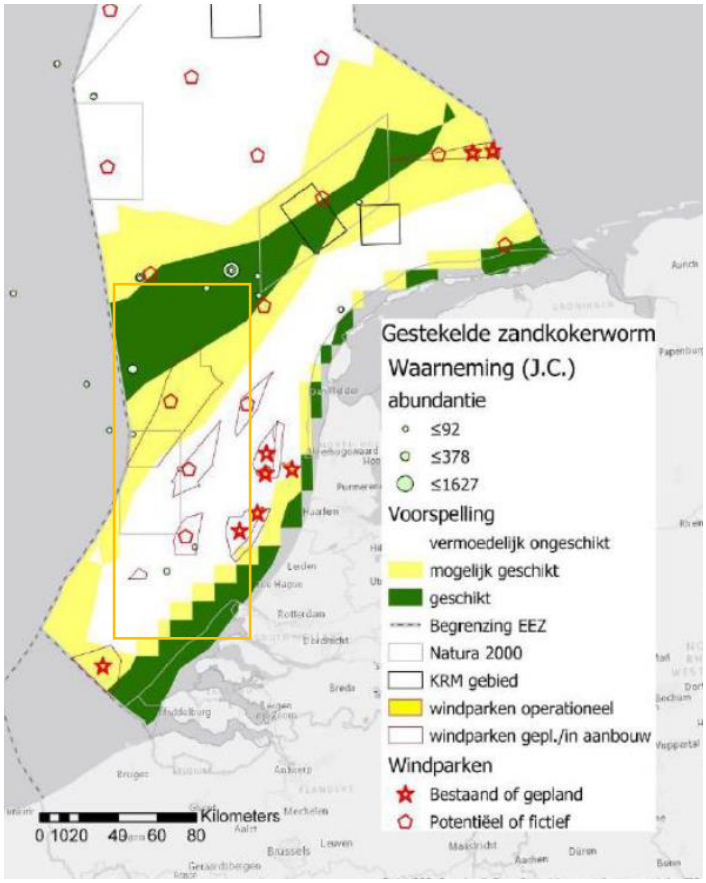
Bodemdieren
De zandkokerworm kan effecten ondervinden van habitataantasting. Door habitataantasting kunnen (delen van) riffen verdwijnen of afsterven. Afhankelijk van de frequentie en mate van aantasting in verhouding tot het formaat van het rif kan het hierbij om kleine delen van het rif of volledig weggevaagde riffen gaan. Zo wordt algemeen aangenomen dat het beperkte (en voorheen onwaarschijnlijk geachte) voorkomen van riffen op de Bruine Bank komt door de intensieve bodemvisserij waardoor meerdere keren per jaar de gehele bodem wordt omgeploegd (Garcia et al., 2019). De gestekelde zandkokerwormriffen werden namelijk voornamelijk gevonden op de bodem van zogenaamde valleien, een holte tussen twee hogere zandruggen in, met een diepte van 35 tot 45 meter. Mogelijk komt dit omdat de riffen hier afgeschermd liggen van de intensieve bodemvisserij in het gebied (Garcia et al., 2019; van der Reijden et al., 2019), de trawlnetten ‘springen’ hier als het ware over de zandruggen heen en ontzien de tussenliggende riffen. Doordat bodemvisserij binnen het Windpark Nederwiek niet meer is toegestaan wanneer het gebied in gebruik wordt genomen bestaat hierdoor juist de mogelijkheid voor de zandkokerriffen om zich te vestigen.

Het valt echter niet uit te sluiten dat er tijdens de aanleg van het tracé ook riffen op de bodem van niet in kaart gebrachte valleien nabij het platform en tracé voorkomen. Uit Figuur 3-12 blijkt dat deze diepere geulen in noord-zuid richting lopen en met name in het noordelijke deel van het tracé (nabij het platform) en bij de kust voorkomen. De kans op het aantreffen van de

zandkokerwormriffen in het overige gebied is zeer gering. Dit wordt bevestigd door een model van habitatgeschiktheid voor de zandkokerworm, zie Figuur 3-13 (Bos et al., 2019). Hierbij dient vermeld te worden dat de betrouwbaarheid van de voorspelling door de onderzoekers zelf, voornamelijk in kustgebieden, wordt ingeschat als laag tot matig. In kustgebieden zijn vooral scheepswrakken en ander substraat bemonsterd, waar veel wormen in een hoge dichtheid op zaten. Er zijn alleen niet veel plekken met hard substraat binnen (<10 kilometer) de kustzone waardoor de kans dat individuele wormen of riffen op het gewone zeebed aangetroffen worden vrij klein is. Verder constateerden de onderzoekers: *´De voorspelling laat zien dat de zandkokerworm vooral op ruime afstand van de Noord-Hollandse kust voorkomt, en niet in slibrijke gebieden, zoals de diepere delen in het midden van de Nederlandse Noordzee (bv Oestergronden)'.*



Figuur 3-12 Bathymetrie meting Noordzee ten opzichte van Netten op zee Nederwiek 1 en Nederwiek 2, bathymetriegegevens (EMODnet, n.d.).



Figuur 3-13 Kaart met de gemodelleerde habitatgeschiktheid voor S. spinulosa uit Bos et al. (2019).

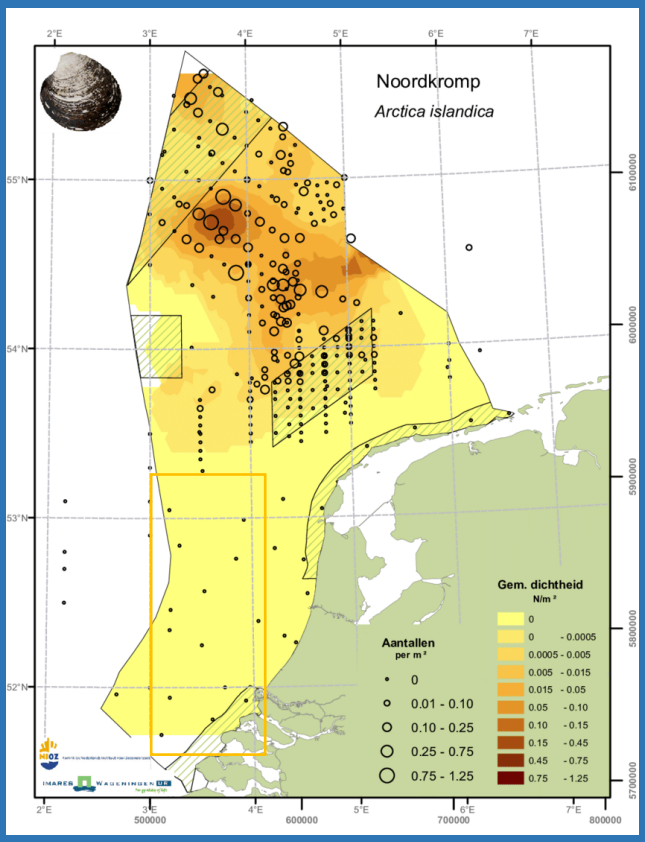
De kans op het aantreffen van zandkokerworm riffen zal zich daardoor hoofdzakelijk limiteren tot het noordelijke deel van het tracé. Omdat er niet kan worden uitgesloten dat het tracé zich (deels) bevindt in geschikt gebied voor de zandkokerwormriffen, is er sprake van aantasting van leefgebied en leiden de werkzaamheden tot tijdelijke beperkingen zoals oppervlakteverkleining van de riffen. De reikwijdte van de aantasting zal hoogstwaarschijnlijk beperkt blijven tot de reikwijdte het bagger/frezen en sedimentatie in de directe omgeving. Eventuele aangetaste riffen hebben de mogelijkheid zich te herstellen. Uit literatuuranalyse blijkt dat de zandkokerworm riffen zich relatief snel herstellen (Arcadis, 2020). Gedeeltelijke aantasting kan binnen dagen tot weken hersteld zijn. Na aantasting (grotendeels) lege velden kunnen na 6 maanden weer als rif herkenbaar zijn. De doorontwikkeling tot een zo optimaal mogelijk functioneel rif inclusief biodiversiteit duurt langer (orde grootte enkele jaren).

Habitataantasting van de zeebodem is een tijdelijk effect. Uit onderzoek is gebleken dat de morfologie van een aangetaste zeebodem zich vaak al binnen een jaar weer kan herstellen door de natuurlijke dynamiek (Baptist et al., 2009). De tijd dat bodemfauna nodig heeft om in een aangetast gebied de oude biomassa en dichtheid weer te bereiken bedraagt doorgaans ook één jaar, dit neemt toe tot 2-5 jaar voor organismen met langere levenscycli (zoals verschillende tweekleppige en zee-egels) (Baptist et al., 2009; Boudewijn, 2016; Coates et al., 2015; Rozemeijer et al., 2013). Na een worst-case periode van vijf jaar zal de bodem opnieuw gekoloniseerd zijn door bodemfauna en een natuurlijke morfologie vertonen. Negatieve effecten zullen daarom niet merkbaar zijn op systeemniveau.

Overige bodemdieren

In de Noordzee en kustzone kunnen ook andere minder algemeen voorkomende benthossoorten voorkomen langs het tracé die niet zijn behandeld in de huidige studie, zoals de Noordkromp (*Arctica islandica*). De noordkromp komt vooral in het Noorden van het NCP voor, zie figuur hieronder. De soort is kwetsbaar voor bodemverstoring (onder andere als gevolg van aanleg van kabels) door zijn leefwijze, namelijk ondiep onder het oppervlak van de zeebodem (de Bruyne et al., 2013). In het projectgebied komt de noordkromp in verwaarloosbaar lage dichtheden voor (<0,0005 stuks per m^2, oftewel 1 individu per >2000 m^2, zie onderstaand figuur). Uitgaande van de worst-case aannames, zoals beschreven in Hoofdstuk 2, kunnen effecten op soortniveau van minder algemeen voorkomende benthische soorten, zoals de noordkromp, worden uitgesloten.

De noordkromp heeft in gebieden waar bodemroerende visserij is toegestaan erg te lijden. Mogelijk dat de noordkromp profiteert van de aanwezige Wind op zee parken aangezien er in deze parken niet gevist mag worden (Lindeboom et al., 2008).



Verspreiding Noordkromp op het Nederlandse Continentaal Plat (Lindeboom et al., 2008).

3.2.8 Opwerveling van historische verontreiniging op zee

In deze paragraaf wordt het effect van verontreiniging op de descriptoren D8 vervuilende stoffen en D9 vervuilende stoffen in visproducten behandeld.

Slibconcentraties en verspreiding

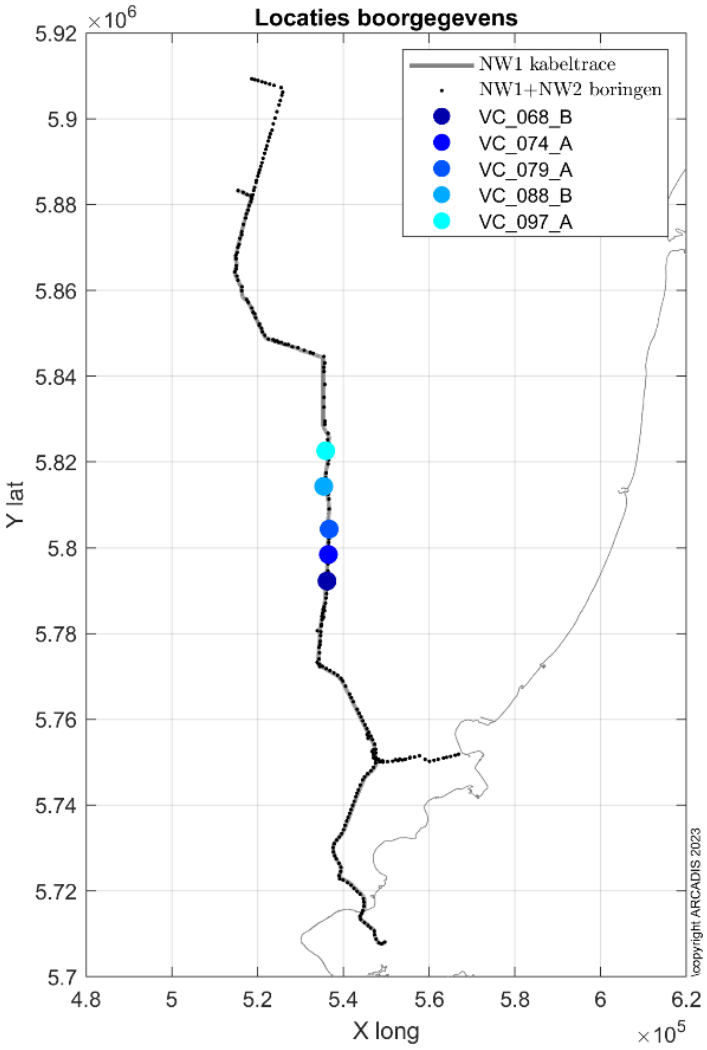
Gevolgen van de verontreinigen treden op doordat veen- en slibdeeltjes met verontreinigen tijdens het jet trenchen in de waterkolom terecht komen. De vertroebelingsstudies die zijn uitgevoerd voor de verschillende kabeltracés op de Noordzee geven inzicht in de concentraties van de deeltjes in de waterkolom. In de Noordzee vindt door het optreden van getijdestroming verspreiding plaats van de slibdeeltjes in de waterkolom nabij de bagger- en verspreidingslocatie. Het betekent dat de concentraties die lokaal en tijdelijk hoog zijn snel veel lager zijn, door de verdunning die optreedt door de stroming. In modelsimulaties voor de slibverspreiding is deze verdunning door de stroming berekend. In de slibsimulaties wordt gebruik gemaakt van conservatieve aannames over de hoeveelheden slib in de bodem en over baggervolumes voor de verschillende delen van de tracés. De slibpercentages zijn gebaseerd op korrelgroottebepalingen van het bodemsediment. De berekeningsresultaten zijn bruikbaar daarmee bruikbaar om inzicht te geven in de gemiddelde slibconcentratie in de waterkolom. De hoogste concentraties slib treden op bij de bodem, omdat daar het meeste slib in het water terechtkomt door de werkzaamheden en doordat de getijdestroming het verspreide sediment van de bodem erodeert. De daggemiddelde concentraties bij de bodem komen niet boven de 5 mg/l uit. Ook bij het wateroppervlak is sprake van iets verhoogde concentraties slib in de waterkolom, omdat bij het baggeren water met slib uit het baggerschip stroomt. De concentraties slib zijn wel lager dan bij de waterbodem. Gemiddeld per dag komt de slibconcentratie over de hele waterkolom niet boven de 2 mg/l uit.

Arseenconcentraties in de bodem

De arseenconcentraties in deze veenlagen is gemeten op verschillende dieptes, in het totaal zeven monsters. Tabel 3-5 geeft de code van de locatie, die terug is te vinden in Figuur 3-14, de diepte van de laag waaruit het monster is genomen, de percentages organisch stof, fracties kleiner dan 2 en 63 µm en de arseenconcentratie weer.

Tabel 3-5 Arseenconcentraties in de diverse monsters.

Code	Diepte (m)	OS (%)	<2 µm (%)	<63 µm (%)	As (mg/kg d.s.)
VC_068_B	1,37-3,00	1.7	22	63	15
	3,00-3,80	1.3	18	50	10
VC_074_A	0,57-1,69	1.2	19	49	11
VC_079_A	0,60-0,82	2.3	14	51	19
	1,27-1,52	2.9	11	47	31
VC_088_B	1,75-2,08	49,7	<2	<2	54
VC_097_A	4,13-4,43	28,3	2,3	8,9	46

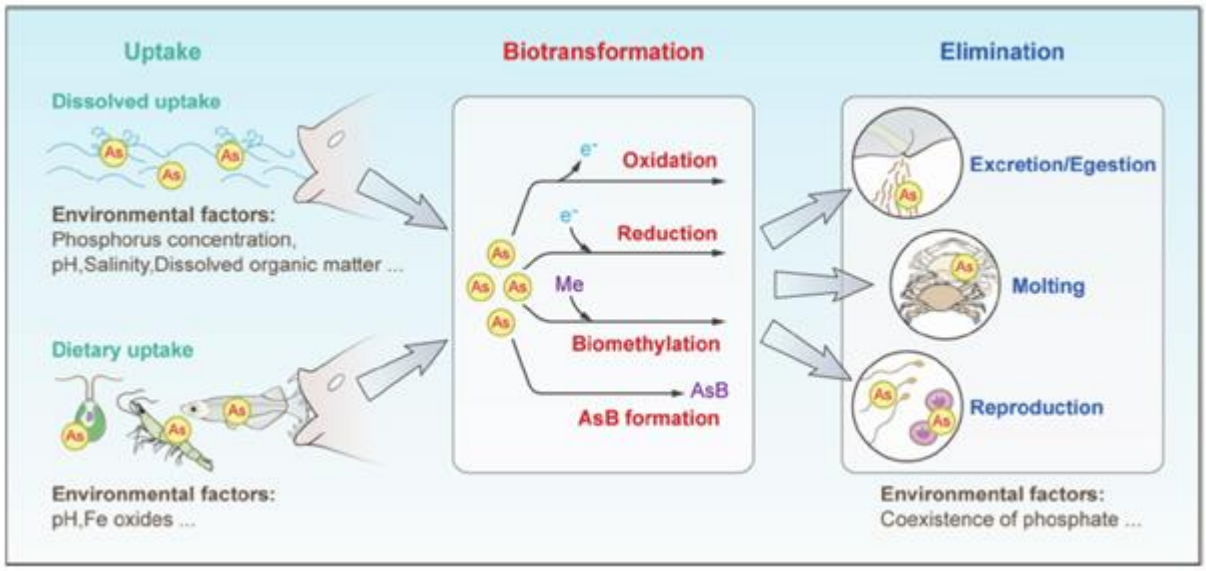


Figuur 3-14 Locaties van de monsters waarin arseen is bepaald

Gedrag van arseen

Het arseen in de Noordzeebodem is anorganisch arseen (waarschijnlijk voornamelijk in de vorm van arsenaat As^{V}) en kan als het vrijkomt uit de bodem door organismen worden opgenomen. De opname wordt door veel omgevingsfactoren bepaald. Na opname ondergaat het arseen vaak biotransformatie en kan het worden omgezet naar organisch arseen en worden uitgescheiden. Er zijn meer dan 300 vormen van organisch arseen (Zhang et al., 2022), de meest voorkomende zijn monomethyarsonic acid (MMA), dimethylarsonic acid (DMA), arsenobetaine (AsB), arsenocholine (AsC) en arsenosugars (AsS).

Figuur 3-15 uit (Zhang et al., 2022) geeft het proces rondom arseen schematisch weer.



Figuur 3-15 Proces van opname, biotransformatie en verwijdering van stoffen uit Zhang et al., (2022).

De organische verbindingen worden dus weer uitgescheiden en het zijn vooral deze verbindingen die tot biomagnificatie leiden (Ghosh et al., 2022). Ook diverse andere recente papers benoemen deze eigenschap van de organische arseenverbindingen.

Bij de bepaling van effecten van het vrijkomende arseen wordt aangenomen dat het jet trenchen voldoende zuurstof toevoegt en dat er geen zuurstofloze omstandigheden zijn net boven de bodem. Onder zuurstofloze omstandigheden wordt het arseen namelijk niet biobeschikbaar (Wang et al., 2022).

Normen en achtergrondconcentratie

De huidige normen voor arseen in zout water zijn te vinden via de site van het RIVM.[3] In Tabel 3-6 zijn de normen en achtergrondconcentraties vermeld. De MAC-MKN (maximaal aanvaardbare concentratie – milieukwaliteitsnorm) wordt door het RIVM gedefinieerd als: *de maximaal aanvaardbare concentratienorm beschermt het ecosysteem tegen kortdurende concentratiepieken*.[4] Wanneer deze norm niet wordt overschreden is het ecosysteem beschermd tegen een arseenpiek in het water na jet trenchen.

Er is voor arseen geen MKN-biota afgeleid. Dat dat niet nodig is en de in Tabel 3-6 genoemde normen voldoende bescherming wordt beargumenteerd op het stofgevensblad (ICBR, 2009) waar de RIVM website naar refereert. Hier wordt echter niet gesproken over biomagnificatie van de organische vormen van arseen, welke dus vooral in recente papers wordt benoemd.

[3] Zoeksysteem | Risico's van stoffen (rivm.nl), bezocht op 15 mei 2023.
[4] Oppervlaktewater | Risico's van stoffen (rivm.nl), bezocht op 15 mei 2023.

Tabel 3-6 Normen en achtergrondconcentratie voor arseen

Categorie	Compartiment/Normtype	Norm	arseen (7440-38-2)
Milieu	Oppervlaktewater zout	Andere oppervlaktewateren achtergrondconcentratie (opgelost)	0,62 µg/l
Milieu	Oppervlaktewater zout	Andere oppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)	0,6 µg/l
Milieu	Oppervlaktewater zout	Andere oppervlaktewateren wettelijk MAC-MKN (opgelost)	1,1 µg/l

Inschatting arseenconcentratie in het water
In Arcadis (2021) is vanuit een stofconcentratie in de bodem een inschatting gemaakt van de concentratie in het water. Deze inschatting is gemaakt met behulp van relatief eenvoudige rekenregels waarbij er wordt uitgegaan van één bodemconcentratie wat resulteert in één waterconcentratie.

Eerder in deze paragraaf is bepaald dat de hoogste daggemiddelde slib- en veenconcentratie in het water net boven de bodem maximaal 5 mg/l is. Uitgaande van de hoogste bodemconcentratie (54 mg/kg ds) leidt dat tot een schatting van 0,3 µg/l arseen in het water. Samen met de al aanwezige achtergrondconcentratie levert dit een concentratie van 0,93 µg/l arseen op, wat lager is dan de MAC-MKN van 1,1 µg/l. Er zal dus geen effect op het ecosysteem optreden door het jet trenchen van de historische lagen met arseen. Vogels zullen geen effect ondervinden van de opwoeling van arseen en mogelijke bioaccumulatie, en er worden geen verbodsbepalingen overtreden.

3.2.9 Elektromagnetische velden

In deze paragraaf wordt het effect van elektromagnetische velden (EMV) op de descriptoren biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4), en toevoer van energie (D11) beschouwd.

EMV kunnen worden waargenomen door verschillende soorten vissen (bijvoorbeeld haaien en roggen), ongewervelden (bijvoorbeeld krabben) en bepaalde zeezoogdieren (bijvoorbeeld bepaalde dolfijnsoorten) (zie de Bijlage VII-D). Deze soorten kunnen mogelijk negatieve effecten ondervinden bij hoge EMV-waarden (Gill & Desender, 2020; Hutchison et al., 2018; Normandeau et al., 2011). In de volgende paragrafen is voor de soortgroepen uiteengezet wat de meest recente inzichten zijn met betrekking tot EMV.

Bodemdieren (schaal- en schelpdieren)
Een studie met gewone mosselen (*Mytilus edulis*) en garnalen (*Crangon crangon*) liet zien dat blootstelling aan magnetische velden van 3.700 µT gedurende zeven weken geen lethale effecten tot gevolg had (Bochert & Zettler, 2004). Onderzoek van (Otremba et al., 2019), heeft echter uitgewezen dat effecten van een magnetisch veld invloed hebben op veranderingen in hydratatie en aminestikstofwaarde van de gewone mossel bij 5.000 µT (Otremba et al., 2019). Garnalen worden aangetrokken door magnetische velden rondom windparken (Gill et al., 2014).

Jonge Europese kreeften (*Homarus gammarus*) vertonen geen verandering in het zoeken naar schuilplaatsen tijdens blootstelling aan 200 µT (Taormina et al., 2020). Bij de Amerikaanse kreeft (*Homarus americanus*) en de kleine rog (*Leucoraja erinacea*) werd het ruimtelijke gedrag gemeten na blootstelling aan een EMV (maximaal 14 µT hoger dan het magnetisch veld van de aarde (51,3 µT) van een gelijkstroomstroomkabel (330 MW, 1175 Amps) (Hutchison et al., 2018). De kreeften lieten

statistisch significante maar wel subtiele ruimtelijke gedragsveranderingen zien. Ten opzichte van de controlegroep bleven zij lager bij de bodem en maakten zij vaker bochten van 180 graden. Uit het onderzoek bleek echter wel dat de kabels geen barrière vormden voor de kreeften om te passeren.

Bij krabben is aangetoond dat soorten minder agressief worden door blootstelling aan magnetische velden rondom windparkkabels (Gill et al., 2014). Voor de Noordzeekrab is aangetoond dat deze soort kiest voor schuilplaatsen met hoge magneetveldwaardes (lab-studie) (Gill & Desender, 2020). Van rivierkreeften is bekend dat ze een aantrekkingsreactie vertonen op elektrische gelijkstroomvelden met stroomdichtheden van 0,4 µA/cm2 (Snoek et al., 2016).

Benthische en demersale vissen

Vissen zijn gevoelig voor sterke magnetische velden. Zo vertoonde de heilbot (*Hippoglossus hippoglossus*) verminderde groei en ontwikkeling na blootstelling aan 3.000 µT in het laboratorium (Gill, 2015). De heilbot is een zeldzame soort in de Nederlandse kustwateren, maar andere platvissen, waaronder dicht aan deze soort gerelateerde vissen zoals de schol, komen wel in grote getallen voor in de Nederlandse wateren. Mogelijk ondervinden deze soorten vergelijkbare effecten. Botten (een platvis) gingen niet dood van een blootstelling van zeven weken aan een magnetisch veld van 3.700 µT (lab-studie) (Normandeau et al., 2011).

Over het belang van magnetisme voor oriëntatie en navigatie bij vissen is weinig bekend. Vooral vissen die magnetisch materiaal in hun lichaam hebben kunnen door magnetische velden worden beïnvloed. Zo heeft de Europese paling (*Anguilla anguilla*) magnetisch materiaal in de schedel, ruggengraat en bekkengordel (Otremba et al., 2019). De paling kan hierdoor magnetische velden waarnemen. Aangetoond is dat palingen langzamer zwemmen als zij een magnetisch veld van een wisselstroomkabel (115 kV, geen magneetveldsterkte genoemd) passeren, maar dat het magnetische veld palingen niet tegenhoudt. De onderzoekers concludeerden dat de kabel geen permanente barrière was voor de vis (Westerberg & Lagenfelt, 2008).

Pelagische vissen

Zoutwatertrekvissen kunnen mogelijk effecten ondervinden van magnetische velden. Beschermde of gevoelige soorten die belangrijk zijn voor de Noordzee zijn fint (*Alosa fallax*), elft (*Alosa alosa*), zeeprik (*Petromyzon marinus*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), houting (*Coregonus oxyrunchus*) en Atlantische steur (*Acipenser sturio*). De Atlantische steur heeft ampullen van Lorenzini in zijn lichaam. Dit zijn elektroreceptoren die ervoor zorgen dat de steur (geïnduceerde) elektrische velden in het water kan detecteren (Jørgensen, 1980). Deze receptoren zijn ook aanwezig in zeeprikken (Snoek et al., 2016). Informatie over de effecten van elektromagnetische velden op de Atlantische steur of zeeprik zijn echter tot op heden nog niet gevonden. Ook over de fint, elft, houting en rivierprik is geen informatie over gevoeligheid van deze soorten voor elektromagnetische velden. Van soortgelijke vissen, zoals de regenboogforel (*Oncorhynchus mykiss*), is bekend dat deze soorten een verandering van meer dan 50 µT kan waarnemen (Gill, 2015).

Dat deze soorten elektromagnetische velden kunnen waarnemen, betekent niet dat effecten schadelijk of blijvend zijn en dat soorten een verandering van gedrag vertonen. In een experiment met de Atlantische zalm (*Salmo salar*) passeerden vissen een magnetisch veld om van de ene kant naar de andere kant van een gebied te zwemmen. Er werd geen veranderingen in gedrag waargenomen en in het aantal passerende vissen nadat er een magnetisch veld werd gegenereerd tot 95 µT (Armstrong et al., 2015).

Vislarven kunnen mogelijk ook effecten ondervinden van elektromagnetische velden. Dit is wel afhankelijk van de soort vis. Zo blijkt uit onderzoek dat de larven van de Atlantische schelvis (*Melanogrammus aeglofinus*) trager gaan zwemmen bij een magneetveld tussen de 50 - 150 µT. Hierdoor zijn de larven mogelijk makkelijker te vangen door predatoren (Cresci, Durif, et al., 2022). Voor de larven van de zandspiering (*Ammodytes marinus)* is er echter geen effect ondervonden in een soortgelijk experiment (Cresci, Perrichon, et al., 2022). Er is dus een mogelijkheid dat larven van vissoorten trager gaan zwemmen, maar dit is zeer soort specifiek.

Elasmobranchen

Voor de elasmobranchen, zoals de gevlekte toonhaai, gewone pijlstaartrog, stekelrog, grote blauwe haai en doornhaai, is bekend dat deze elektrische velden kunnen waarnemen (Öhman et al., 2007). Alle elasmobranchen bezitten ampullen van Lorenzini, waarmee de dieren elektrische velden kunnen detecteren (Snoek et al., 2016). Er zijn meerdere onderzoeken gedaan die aantonen dat haaien en roggen eenzelfde gevoeligheid hebben. De stekelrog (*Raja clavata*) liet reacties aan hart en kieuwen zien wanneer deze door een veld van 5 Hz bij een spanningsgradiënt van 0.01 µV/cm (volt per centimeter) zwom (Fisher & Slater, 2010). Een experiment van Gill et al. (2009) heeft aangetoond dat sommige stekelroggen meer rondzwommen wanneer er stroom door een kabel getransporteerd werd (130 kV AC). Deze reacties waren echter individu specifiek, er kan niets gezegd worden over de effecten van elektrische velden op soortniveau. Het is echter waarschijnlijk dat haaien, en andere vis- en zoogdiersoorten gevoelig zijn voor elektrische velden en dat de door de kabelsystemen opgewekte iEF's waarschijnlijk waarneembaar zijn voor deze soorten.

Ook voor magnetische velden zijn er aanwijzingen dat elasmobranchen deze kunnen waarnemen. Zo bleek uit het eerder beschreven experiment van (Hutchison et al., 2018) dat de kleine roggen (*Leucoraja erinacea*) die werden losgelaten in een omheining op een ingegraven gelijkstroomkabel sterke gedragsverandering vertoonden ten opzichte van een controle gebied zonder stroomkabel. De roggen brachten meer tijd door op zones binnen de omheining waar het magnetisch veld hoger was dan 52,6 µT, zwommen langzamer en lager bij de bodem. Dit duidde volgens de onderzoekers op verkennend/foeragerend gedrag. Belangrijk was dat ook voor de roggen de kabels geen barrière vormden om te kunnen passeren. Verder is bekend dat de hondshaai onderscheid kan maken tussen kunstmatige en natuurlijke directe elektrische stromingen en is kabelbijten (het stukbijten van kabels op de zeebodem) van haaien en roggen waargenomen (Newton et al., 2019).

Zeezoogdieren

Er is weinig informatie beschikbaar over de effecten van magnetische velden op de gewone (*Phoca vitulina*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) (Bray et al., 2016; Normandeau et al., 2011). Zeehonden zijn lichamelijk niet in staat EMV waar te nemen omdat er geen aanwezigheid is van ampullen van Lorenzini, of andere elektroreceptoren waardoor zeehonden magnetische velden kunnen waarnemen. Hierdoor worden zeehonden niet verder meegenomen in deze analyse.

Er is een aantal zeezoogdieren waarbij het mineraal magnetiet ontdekt is in hun brein of botten. De bultrug (*Megaptera novaeangliae*), gewone dolfijn (*Delphinus delphis*) en de tuimelaar (*Tursiops truncatus*) hebben allemaal een vorm van magnetiet in hun lichaam (Kirschvink et al., 1986; Zoeger et al., 1981). Dit mineraal werd door Zoeger et al. (1981) gevonden in het brein van een gewone dolfijn, waar het verbonden was met zenuwweefsel. Hij beargumenteerde dat magnetiet gebruikt wordt als een magnetisch veld receptor. Hoewel dit zou betekenen dat deze zoogdieren gevoelig zijn

voor magnetische velden, is er nog niet genoeg onderzoek gedaan om de rol van magnetiet in zeezoogdieren te bevestigen.

De bruinvis (*Phocoena phocoena*) is een veel onderzocht zoogdier als het gaat om de effecten van windparken. Een onderzoek van Teilmann et al. (2002) laat zien dat bruinvissen nog steeds door gebieden zwemmen waar windparken gebouwd zijn en waar dus ook stroomkabels liggen. Dit betekent echter niet dat de magnetische velden van kabels van windparken geen effect hebben op de bruinvis, maar laat wel zien dat er geen sprake is van volledige barrièrewerking.

Onderzoek van Teilmann et al. (2002) laat zien dat bruinvissen nog steeds door gebieden zwemmen waar windparken gebouwd zijn en waar dus ook stroomkabels liggen. Dit laat zien dat er geen sprake is van volledige barrièrewerking door elektromagnetische velden. Het enige onderzoek naar de effecten van magnetische velden op bruinvissen dat kwantificeerbare data noemt is het onderzoek van Kirschvink (1986). Kirschvink heeft twee onderzoeken gepubliceerd naar de effecten van het aardmagnetisch veld op strandingen van zeezoogdieren voor de oostkust van de Verenigde Staten (Kirschvink, 1990; Kirschvink et al., 1986). In deze onderzoeken zijn strandingsdata gekoppeld aan gemeten afwijkingen in het aardmagnetisch veld. Het onderzoek besloeg een groot studiegebied en daarom is de data over magnetische velden verzameld per vliegtuig. In het onderzoek werd het aardmagnetisch veld gemeten op 300 tot 400 meter hoogte. De gevonden waardes werden vervolgens gekoppeld aan geregistreerde strandingen aan de oostkust van de Verenigde Staten. Uit het onderzoek bleek dat bij afwijkingen van 0,05 µT aan het gemeten aardmagnetische veld er een grotere correlatie was met stranding van zeezoogdieren (Kirschvink, 1990; Kirschvink et al., 1986)

Deze waarde van 0,05 µT wordt daarom vaak gehanteerd als kwantitatieve grenswaarde om de kans op een mogelijk effect van magnetische velden op bruinvissen (en andere walvisachtigen en dolfijnen) te bepalen. Hierbij is het wel belangrijk om de goede context te hanteren. Aangezien het aardmagnetisch veld, net als elk ander veld, afneemt met afstand tot de bron (in dit geval de aarde, zie o.a. van Essen2021c)), zullen fluctuaties van het aardmagnetisch veld ook lastiger te meten zijn. Dit resulteert erin dat de fluctuaties gemeten door (Kirschvink, 1990) zeer klein zijn. Dit komt met name door de (vlieg)hoogte waarop deze waardes gemeten zijn en waarop dus de grenswaarde geldt (300 á 400 meter). In deze effectbepaling wordt dan ook 0,05 µT op 300 meter boven het wateroppervlak als bovenste grenswaarde gebruikt. Bij Kirschvink moet worden meegerekend dat er geen andere factoren zijn meegenomen. Strandingen zijn naar waarschijnlijkheid niet (enkel) afhankelijk van fluctuatie in het magnetisch veld, maar gedragsveranderingen in zeezoogdieren door de aanwezigheid van elektromagnetische velden zijn niet uit te sluiten. Daarom wordt deze gevonden waarde van Kirschvink alsnog als worst-case gebruikt.
Met de huidige kennis wordt dit als grenswaarde gesteld voor “hoge” magneetvelden.
Voor de gewone vinvis (*Balaenoptera physalus*), bultrugwalvis (*Megaptera novaeangliae*), gestreepte dolfijn (*Stenella coeruleoalba*), gewone dolfijn (*Delphinus delphis*), grijze dolfijn (*Grampus griseus*), witflankdolfijn (*Lagenorhynchus acutus*), witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*),), griend (*Globicephala melas*), tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en potvis (*Physeter macrocephalus*) geldt hetzelfde als voor de bruinvis, met dezelfde kanttekeningen. Alleen voor de gewone dolfijn en tuimelaar zijn aanwijzingen gevonden dat ze fysiologische kenmerken hebben om op magneetvelden te kunnen reageren, voor de rest van de soorten is dus nog een kennisleemte (Zoeger et al., 1981).Ook hier zijn geen verdere onderzoeken geweest naar mogelijke effecten van magnetische velden.

Conclusie
Er zijn aanwijzingen dat er van alle belangrijke diergroepen in de Noordzee diersoorten zijn die elektromagnetische velden kunnen waarnemen en hier effecten van kunnen ondervinden. Voor verschillende soorten vissen en invertebrata die gevoelig zijn voor elektriciteit en magnetisme, kunnen elektromagnetische velden mogelijke gedragsveranderingen teweegbrengen. Andere soorten kunnen mogelijke nadelige effecten ondervinden bij lange blootstelling aan hoge magnetische veldwaardes. Veel onderzoeken spreken over waardes van boven de 1.000 µT, allen laboratoriumstudies (zie bovenliggende paragrafen). Deze waarden zijn significant hoger dan de waarden van het EMV van Net op zee IJmuiden Ver Gamma zoals berekend door van Essen, (2020, 2021), zie Figuur 2-8 en Figuur 2-9. De berekeningen gedaan door van Essen, (2020, 2021) op de magneetvelden van Net op zee IJmuiden Ver Gamma zijn toepasbaar op Net op zee Nederwiek 2 doordat er identieke kabelconfiguratie wordt gebruikt. Er is op basis van de huidige kennis geen aanleiding om aan te nemen dat deze relatief minimale veldsterktes leiden tot concrete nadelige effecten. Op basis van de op dit moment beschikbare kennis zijn negatieve effecten op de goede milieutoestand van de KRM-descriptoren daarom niet aan de orde.

Over de effecten op de bruinvis en andere walvisachtigen kan nog weinig gezegd worden, er zijn nog veel kennisleemtes over de interactie tussen elektromagnetische velden en zeezoogdieren. Bij slechts een enkele soort (tuimelaar en gewone dolfijn) zijn aanwijzingen voor gevoeligheid voor magnetisme. Wel kan ervan uitgegaan worden dat zolang een elektriciteitskabel geen magnetisch veld genereert wat op 350 tot 400 meter hoogte nog meetbaar is als meer dan 0.05 µT boven het aardmagnetisch veld, er geen bekende effecten zullen zijn. Aangezien het elektromagnetisch veld sterk afneemt naarmate de afstand tot de kabel toeneemt (Figuur 2-10), wordt deze waarde van 0.05 µT niet bereikt op 350-400 meter hoogte met de elektrische kabelsystemen die er nu liggen of in de toekomst worden gelegd. De waardes op deze hoogte met het huidige kabelsysteem zijn daarom verwaarloosbaar. Op basis van de op dit moment beschikbare kennis zijn negatieve effecten op de goede milieutoestand van de KRM-descriptoren daarom niet aan de orde.

3.3 Toetsing KRM

3.3.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt de activiteit aan elk van de descriptoren van de KRM, beschreven in paragraaf 3.1, getoetst. Dit wordt gedaan aan de hand van de beschreven effecten in paragraaf 3.2. Paragraaf 3.3 toont welke effecten voor welke descriptoren relevant zijn.

3.3.2 D1. Biologische diversiteit

In Hoofdstuk 2 zijn de mogelijke gevolgen van het project beschreven en onderzocht op hun reikwijdte. In paragraaf 3.2 zijn de effecten die invloed zouden kunnen hebben op verschillende soorten en groepen van het Noordzee ecosysteem in kaart gebracht en onderzocht. Om een totaaloverzicht van de effecten van de voorgenomen activiteiten op de biologische diversiteit te creëren zijn deze samengevat en gecategoriseerd in Tabel 3-7.

Uit Tabel 3-7 blijkt dat de meeste effecten geen gevolgen hebben en er verder enkel sprake is van tijdelijke negatieve effecten op de biodiversiteit. Wanneer er gebruikt gemaakt wordt van mitigerende maatregelen zal de geluidsnorm niet worden overschreden. Onderwatergeluid heeft een tijdelijke impact op het foerageergedrag en -gebied van zeezoogdieren, maar geen impact op

hun aantallen en verspreiding. Verstoring boven water heeft een tijdelijke impact op vogels, maar er is voldoende door de werkzaamheden onverstoord leefgebied beschikbaar om naar uit te wijken. Wanneer verstoring plaatsvindt tussen juli en de eerste helft van september heeft deze relatief een grotere impact op zeekoeten aangezien ze in deze periode niet kunnen vliegen. Echter gezien het zeer lage aantal zeekoeten dat in deze periode aanwezig is, zijn effecten op de populatie uit te sluiten. De aanwezigheid van jonge of zogende zeehonden op de hinderplaat is niet uit te sluiten. Met het nemen van een mitigerende maatregel is verstoring van jonge en zogende zeehonden te voorkomen en zijn effecten op zeehonden op populatieniveau uit te sluiten.

*Tabel 3-7 Effecten op de biologische diversiteit. *> = positieve verandering, 0 = geen impact, <0 = tijdelijke negatieve verandering, < = permanente negatieve verandering.*

Gevolg	Soortgroep	Effect	Categorie*
Vertroebeling	Fytoplankton/ Primaire productie	Geen significante effecten	0
Vertroebeling	Trekvissen	Geen significante effecten	0
Vertroebeling	Zichtjagende vogels	Geen significante effecten	0
Vertroebeling	Filterfeeders	Geen significante effecten	0
Sedimentatie	Bodemdieren	Geen significante effecten	0
Onderwatergeluid (continu)	Zeezoogdieren, vissen	Lokale en tijdelijke verstoring van individuen, die een vermijdingsreactie kan veroorzaken. Er blijft ruim voldoende onverstoord areaal beschikbaar. Effecten op populatieniveau zijn uitgesloten.	0
Onderwatergeluid (impuls)	Zeezoogdieren, (trek)vissen	Met toepassing van mitigerende maatregelen wordt binnen de geluidsnorm en het toegestane aantal bruinvisdagen gebleven. Effecten van impulsgeluid op zeezoogdieren leiden hoofdzakelijk tot een tijdelijke verplaatsing van dieren naar andere route of foerageergebied. Dit zal op populatieniveau geen effect hebben. Gehoorgevoelige vissen zullen vermijdingsreacties vertonen. Zoutwatervis wordt slechts zeer lokaal verstoord, er ontstaat geen migratie barrière. Effecten op populatieniveau zijn uitgesloten.	0
Bovenwater verstoring	Vogels, Zeehonden	De werkzaamheden resulteren in een tijdelijke verstoring, maar er zijn voldoende uitwijkmogelijkheden. Bij verstoring tussen juli en de eerste helft van september een relatief grotere impact op zeekoeten aangezien ze niet kunnen vliegen. Vanwege het zeer lage aantal zeekoeten dat in deze periode aanwezig is, zijn populatie-effecten uit te sluiten. Met een mitigerende maatregel zijn verstoring van zogende en jonge zeehonden, en effecten op populatieniveau uit te sluiten.	0
Habitataantasting en verandering	Bodemdieren	Tijdelijk habitatverlies door kabelaanleg, zal na 2-5 jaar herstellen. Op de platformlocaties zal de habitat van een zanderige platte bodem in hard substraat veranderen. Dit biedt aanhechtingsmogelijkheden en schuilplaatsen voor bodemdieren en vissen.	<0
Elektromagnetische straling	Zeezoogdieren, gevoelige vissen, bodemdieren	Op basis van de nu beschikbare informatie liggen de veldsterktes van dit project ver onder de waarden waarbij mogelijk verstoring optreedt in het navigatievermogen van soorten.	0

3.3.3 D2. Niet-inheemse soorten

Aanlegfase
Tijdens de aanlegfase worden geen exoten geïntroduceerd in het systeem omdat voor de aanleg schepen worden gebruikt met anti-exootsystemen die voldoen aan de richtlijnen van de IMO (International Maritime Organisation, 2018).

Impact activiteiten
De geplande activiteiten veroorzaken een tijdelijke habitatverstoring op de zeebodem. Hierdoor ontstaan er kansen voor soorten om zich te vestigen. Met de aanleg van het platform wordt een geheel nieuwe habitat gecreëerd waar zowel inheemse soorten als exoten zich zouden kunnen settelen. Een voorbeeldgroep waar kansen voor gecreëerd worden zijn koralen. Een aantal koralen vestigt zich niet op een zanderige bodem, maar wel op hard substraat, bijvoorbeeld *Caryophyllia smithii* (Coolen et al., 2015).

De goede milieutoestand voor deze descriptor wordt omschreven als: *Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten (exoten) komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.* Tijdens de voorgenomen activiteiten worden geen exoten geïntroduceerd, maar er ontstaan wel vestigingskansen voor al in het systeem aanwezige exoten. Dit zal vermoedelijk niet leiden tot een verandering van het ecosysteem ten opzichte van de huidige situatie op de plekken waar alleen sprake is van tijdelijke habitataantasting. De uiteindelijke verhouding (ongewenste) exoten op de platformlocaties is moeilijk te voorspellen. Op bestaande platforms in de Noordzee lijkt de biodiversiteit in evenwicht en worden er zelfs nieuwe gewenste inheemse soorten aangetroffen zoals *Caryophyllia smithii* en mossel (*Mytilus edulis)* (Coolen et al., 2015; van der Stap et al., 2016). Deze soorten zijn gewenst doordat ze inheems zijn. De mossel is tevens een belangrijke voedselbron voor soorten en creëert ook habitat voor andere soorten (Mouritsen et al., 2022; Norling & Kautsky, 2007). Zodoende wordt er geen negatieve impact op de goede milieutoestand verwacht.

3.3.4 D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren

De geplande activiteiten hebben geen directe impact op de vis, schaal- en schelpdierpopulaties. Na het toepassen van mitigerende maatregelen ondervinden de vissen in het gebied ook geen effecten van impulsgeluid door hei-werkzaamheden. Effecten op populaties van vertroebeling en sedimentatie zijn niet aan de orde. Op basis van de huidige kennis liggen nadelige effecten op populaties van elektromagnetische velden van Nederwiek 2 ook niet in de lijn der verwachting. Derhalve wordt er geen impact op deze descriptor en de goede milieutoestand verwacht.

3.3.5 D4. Voedselwebben

Er vindt geen remming van de primaire productie plaats. Door het toevoegen van hard substraat aan het systeem bij het plaatsen van de platforms zal de plaatselijke habitat veranderen. Doordat op hard substraat andere organismes leven zal ook de samenstelling van de voedselketens hier veranderen. Beide effecten vinden slechts op een klein deel van het totale NCP plaats. Met het nemen van een mitigerende maatregel, d.m.v. het plaatsen van een zeehondenwaarnemer, is verstoring van jonge en zogende zeehonden te voorkomen en zijn effecten op zeehonden op populatieniveau uit te sluiten. Overige effecten hebben geen invloed op de mariene voedselketens. Op de lange termijn zullen de geplande activiteiten daarom geen effect hebben op de goede milieutoestand.

3.3.6 D5. Eutrofiëring

De geplande activiteiten zijn niet biochemisch van aard en als de kabels en het platform zijn geïnstalleerd voegen deze geen nutriënten toe aan het ecosysteem en niet tot eutrofiëring leiden. Tijdens de installatie veroorzaakt een deel van de uitstoot van de baggerschepen en andere apparatuur stikstofdepositie. Dit zou vervolgens een vermestende en dus eutrofiërende werking op het ecosysteem kunnen hebben. Met de duur en schaal van de activiteiten ten opzichte van het oppervlak van het NCP is de verwachting dat dit een verwaarloosbaar effect is.

3.3.7 D6. Integriteit van de zeebodem

Doordat de werkzaamheden zich beperken tot een relatief klein oppervlakte en tijdelijk van aard zijn is er slechts sprake van een tijdelijke aantasting van de integriteit van de zeebodem. Op de lange termijn zullen de activiteiten het benthische ecosysteem niet onevenredig aantasten. De toevoeging van hard substraat bij het platform zou, zoals eerder genoemd, zelfs voor een meer divers benthisch ecosysteem kunnen zorgen door een vergroting van aanhechtingsoppervlak en schuilplaatsen.

3.3.8 D7. Hydrografische eigenschappen

Doordat gegraven geulen weer dichtslibben, worden er bij het leggen van de kabels geen permanente wijzigingen van hydrografische eigenschappen verwacht. Het aanleggen van de platforms is een permanente wijziging. Binnen dit oppervlakte zal de habitatfunctie mogelijk veranderen doordat zacht substraat vervangen zal worden door hard substraat. Hierdoor ontstaan meer aanhechtings- en schuilplaatsen waardoor de habitat geschikter wordt als rustplaats voor vissen. Tevens worden er rondom de jacket een combinatie van vishotels en grove steenbestorting aangelegd om de biodiversiteit te bevorderen. De verandering van de hydrografische eigenschappen gaat om een verwaarloosbaar oppervlak in vergelijking met het gehele NCP, namelijk minder dan 0,05% (26.5 km^2) van ruim 57.000 km^2. Hierdoor hebben de voorgenomen activiteiten geen negatieve invloed op de goede milieutoestand.

3.3.9 D8. Vervuilende stoffen

Er worden bij de aanleg en gebruik van het platform geen vervuilende stoffen in het milieu geïntroduceerd. Bij baggeren en jet trenchen voor het tracé wordt arseen uit historische veenlagen in het mariene milieu geïntroduceerd. Deze concentraties zijn echter zo laag dat de MAC-MKN niet wordt overschreden en geen sprake is van concentraties die effect hebben op het ecosysteem. Voor deze descriptor is dus geen sprake van verontreinigingseffecten en aantasting van de goede milieutoestand.

3.3.10 D9. Vervuilende stoffen in visproducten

Zoals hierboven vermeld, geld ook voor deze descriptor dat er tijdens aanleg en gebruik geen verontreinigingen worden geïntroduceerd die tot overschrijding van de MAC-MKN leiden. Dus wordt er ook geen impact op de concentratie vervuilende stoffen in visproducten voor menselijke consumptie verwacht.

3.3.11 D10. Zwerfvuil

Zowel de kabels als het platform veroorzaken in de gebruiksfase geen zwerfvuil en hebben dus geen impact op deze descriptor. Het is volgens MARPOL-verdrag 73/78 verboden om afval over boord te

gooien in de Noordzee, van de uitvoerder wordt geëist dat deze binnen de geldende wetskaders werkt en dus wordt er ook tijdens de aanlegfase geen zwerfvuil in zee veroorzaakt.

3.3.12 D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid

Door de voorgenomen activiteiten waarbij energie door de kabels wordt getransporteerd ontstaan elektromagnetische velden. Uit de effectbeoordeling blijkt dat er op basis van de op dit moment beschikbare kennis geen aanleiding is om aan te nemen dat soorten een effect ondervinden van de relatief beperkte elektromagnetische veldsterkte van Nederwiek 2.

Bij de voorgenomen activiteiten wordt zowel continu als impuls onderwatergeluid veroorzaakt. Het continue geluid tijdens de aanlegfase, zal mogelijk leiden tot een tijdelijke verstoring van zeezoogdieren die als er geluid wordt geproduceerd mogelijk elders gaan foerageren. Doordat er mitigerende maatregelen worden genomen, zie paragraaf 3.2.5, zal ook het impulsgeluid slechts leiden tot tijdelijke verstoringen. Hierdoor is de toevoer van onderwatergeluid op een niveau waarop er geen schade aan het mariene milieu wordt berokkend, en is er dus geen invloed op de goede milieutoestand.

3.4 Conclusie

In Tabel 3-8 is per descriptor de impact van de geplande activiteiten op de goede milieutoestand weergegeven. Uit Tabel 3-8 kan worden geconstateerd dat de voorgenomen activiteiten op de lange termijn geen effect hebben op de goede milieutoestanden die worden nagestreefd in de Kaderrichtlijn Mariene Strategie.

Tabel 3-8 Overzicht van de invloed van de voorgenomen activiteiten op de goede milieutoestand

Descriptor	Invloed op de goede milieutoestand
D1. Biologische diversiteit	Mogelijke plaatselijke verhoging van de biodiversiteit op de lange termijn.
D2. Niet-inheemse soorten (exoten)	Hoogstwaarschijnlijk neutraal, zowel positieve als negatieve effecten kunnen niet worden uitgesloten
D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren	Geen
D4. Voedselwebben	Geen
D5. Eutrofiëring	Geen
D6. Integriteit van de zeebodem	Geen
D7. Hydrografische eigenschappen	Geen
D8. Vervuilende stoffen	Geen
D9. Vervuilende stoffen in vis en visproducten	Geen
D10. Zwerfvuil	Geen
D11. Toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid	Geen

4 Kaderrichtlijn Water

4.1 Wet- en regelgeving

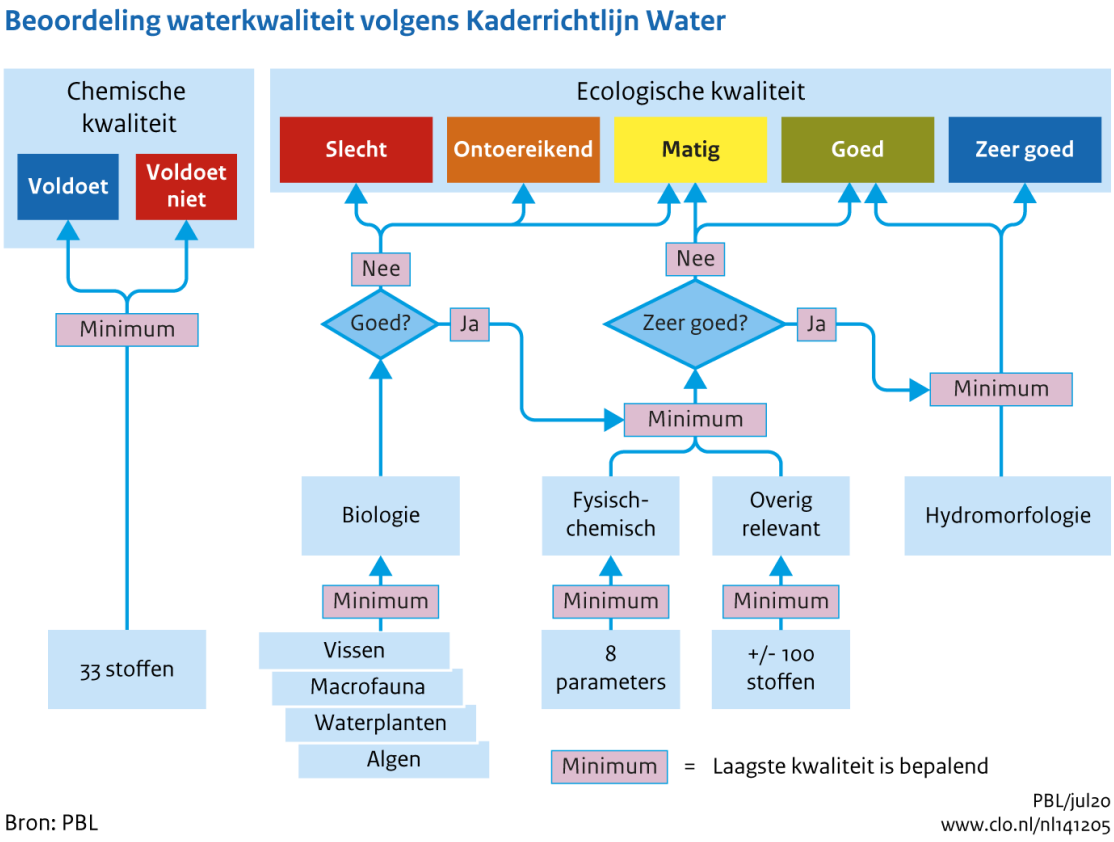
4.1.1 Inleiding

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) richt zich op de bescherming van rivieren, meren, kustwateren en grondwateren in Europa. De KRW beoogt een bescherming en verbetering van

aquatische ecosystemen en stimuleert het duurzame gebruik van water. De KRW biedt hiervoor een kader door het vaststellen van doelen, het monitoren van de kwaliteit en het nemen van maatregelen (STOWA, 2012). De KRW is in Nederland verankerd in de Waterwet en Wet milieubeheer.

De beoordeling van de KRW is opgebouwd uit de beoordelingen van de chemische kwaliteit en de ecologische kwaliteit (Figuur 4-1). De ecologische kwaliteit bestaat uit vier verschillende categorieën: biologische kwaliteit (welke tevens uit vier biologische maatlatten bestaat), fysisch-chemische kwaliteit, specifieke verontreinigende stoffen en de hydromorfologie.

Binnen de maatlatten en tussen de maatlatten wordt het 'one out, all out' principe toegepast: van een groep van indicatoren is de laagste beoordeling bepalend (één niet goed, geheel niet goed). Daarmee geeft de KRW een streng oordeel over de Nederlandse waterkwaliteit. De beoordeling start hierbij bij de chemische toestand, pas wanneer dit volstaat weegt de ecologische kwaliteit mee in de score van het waterlichaam, beginnend bij de biologische kwaliteit. In het kort wordt er van links naar rechts gewerkt in het schema van Figuur 4-1.



Figuur 4-1 Beoordelingstabel waterkwaliteit volgens Kaderrichtlijn Water (CLO, 2020).

Projecten die een achteruitgang van de toestand van een oppervlaktewaterlichaam teweeg brengen mogen niet plaatsvinden. De duur van de achteruitgang is daarbij niet relevant (EUR-Lex, 2022). Dit houdt in dat een zeer tijdelijke achteruitgang van bijvoorbeeld een chemische parameter ook niet is toegestaan.

Doelen voor de waterkwaliteit worden per waterlichaam vastgesteld. De toetsingskaders voor de KRW zijn daarmee voor elk type waterlichaam anders. Elk waterlichaam is toegedeeld aan een van onderstaande categorieën:

- Natuurlijk water
- Sterk-veranderd water
- Kunstmatig water

Voor natuurlijke wateren is het doel een goede ecologische toestand (GET) vergelijkbaar met een natuurlijke referentie (de zeer goede ecologische toestand, ZGET). De referentie is de onverstoorde natuurlijke toestand waarbij er geen of slechts zeer geringe verstoring door de mens plaatsvindt. Natuurlijke wateren komen in Nederland vrijwel niet meer voor: Naast een klein aantal binnenwateren (beken, kleine rivieren), valt vooral de kustlijn hieronder (Compendium voor de Leefomgeving, 2014; STOWA, 2012). De KRW geldt van de kustlijn tot één zeemijl (1.852 meter) uit de kust voor de ecologische doelen en tot twaalf zeemijl (22,2 kilometer) uit de kust voor de chemische doelen (RWS, 2016).

Voor (hydrologisch) sterk veranderde wateren is een natuurlijke referentie niet haalbaar, daarom is het doel daar een goed ecologisch potentieel (GEP). Voor kunstmatige wateren is er geen natuurlijke referentie. Als referentie is er daarom een theoretisch maximaal ecologisch potentieel (MEP). Ook hier wordt naar een GEP gestreefd (Compendium voor de Leefomgeving, 2014; STOWA, 2012). Naast de zeer goede ecologische toestand (ZGET of MEP) bestaan er nog vier andere klassen: slecht, ontoereikend, matig en goed. De beschrijvingen van de maatlatten zijn gebaseerd op de referenties voor maatlatten (2015-2021) van STOWA.

4.1.2 Chemische kwaliteit

De 'chemische kwaliteit' is gebaseerd op de 33 prioritaire verontreinigende stoffen (Europese Commissie, 2006). Dit zijn de stoffen die in de wateren van veel lidstaten van de Europese Unie voor problemen zorgen en daarom met voorrang moeten worden aangepakt. Binnen de categorie chemische kwaliteit wordt onderscheidt gemaakt tussen ubiquitaire en niet-ubiquitaire stoffen. Ubiquitaire stoffen zijn stoffen die momenteel zijn verbannen maar door historische oorzaken (bijvoorbeeld vroegere industriële toepassing) nog decennialang in veel wateren zullen worden aangetroffen. Niet-ubiquitaire stoffen zijn verontreinigde stoffen die in de huidige tijd nog in het milieu terecht kunnen komen. De maatlat chemische kwaliteit van de KRW geldt tot twaalf zeemijl (22,2 kilometer) uit de Nederlandse kust.

De Europese commissie heeft bepaald dat er twee verschillende maatregelen getroffen moeten worden ten aanzien van prioritaire verontreinigende stoffen (RIVM, 2017);

- Emissies van prioritair gevaarlijke stoffen moet stoppen.
- Emissies van overige prioritaire stoffen moet verminderen.

4.1.3 Ecologische kwaliteit

De ecologische kwaliteit is opgebouwd uit de beoordelingen van de 'biologische kwaliteit', de 'algemene Fysisch-chemische kwaliteit', de 'overig relevante verontreinigende stoffen' en de 'Hydromorfologie' (zie Figuur 4-1). Deze worden in de volgende paragrafen besproken. De biologische kwaliteit is meestal bepalend voor de ecologische kwaliteit. Alleen als die goed is, dan worden de beoordelingen van de fysisch-chemische kwaliteit en de kwaliteit van de overig relevante stoffen beschouwd voor het onderscheid tussen een (zeer) goede en een matige ecologische

kwaliteit. Voor het onderscheid tussen een zeer goede en een goede kwaliteit moet ook de hydromorfologie goed zijn (Compendium voor de Leefomgeving, 2014).

Biologische kwaliteit

Alle KRW-waterlichamen hebben een KRW-watertype toegedeeld gekregen. Per KRW-watertype wordt een vergelijkbare methodiek gevolgd. Voor het bepalen van de biologische kwaliteit zijn vier biologische kwaliteitselementen gedefinieerd:

- Fytoplankton
- Overige waterflora (met fytobenthos, macrofyten en angiospermen)
- Macrofauna (benthische invertebrata)
- Vis

Per KRW-watertype is vastgesteld welke biologische kwaliteitselementen van toepassing zijn. Het ecologisch doelbereik wordt afgemeten met de KRW-maatlatten (Van der Molen et al., 2018). Deze zijn specifiek voor elk KRW-watertype en biologisch kwaliteitselement opgesteld. Het resultaat van de maatlatten is een EKR-score (Ecologisch Kwaliteits Ratio), met waarden tussen 0 (zeer slecht) en 1 (referentiesituatie).

Bij het beoordelen van de maatlatten voor de biologische kwaliteit wordt gebruik gemaakt van bemonsteringsdata uit het veld (verkregen via de benodigde protocollen). Hiertoe worden o.a. berekeningen gemaakt omtrent de aanwezige biomassa's en de relatieve verdelingen tussen soortgroepen en lengte-/leeftijdsklassen. Een individuele plant of dier is hierin dus minder relevant, het gaat om een overkoepelend beeld van de toestand waarin de gemeenschap verkeerd in het specifieke waterlichaam.

Fysisch-chemisch

De Fysisch-chemische kwaliteitselementen zijn voor verschillende categorieën waterlichamen uitgewerkt in maatlatten (Heinis & Evers, 2007). Ze zijn ondersteunend aan de biologische kwaliteitselementen. Dit wil zeggen dat de beoordeling van de fysisch-chemische kwaliteitselementen een indicatie is of de goede ecologische toestand (GET) duurzaam gehandhaafd kan blijven. Het eindresultaat van de maatlat is afhankelijk van het laagst-scorende kwaliteitselement.

Specifieke verontreinigde stoffen

Naast de chemische stoffen die beoordeeld moeten worden in de chemische beoordeling zijn er stoffen die alleen in Nederland voor problemen zorgen. Dit zijn de overig relevante verontreinigende stoffen (circa 100). Deze stoffen worden op de schaal van stroomgebieden vastgesteld (Compendium voor de Leefomgeving, 2014; RIVM, 2017). Ze zijn onderdeel van de beoordelingsmethode van de ecologische kwaliteit.

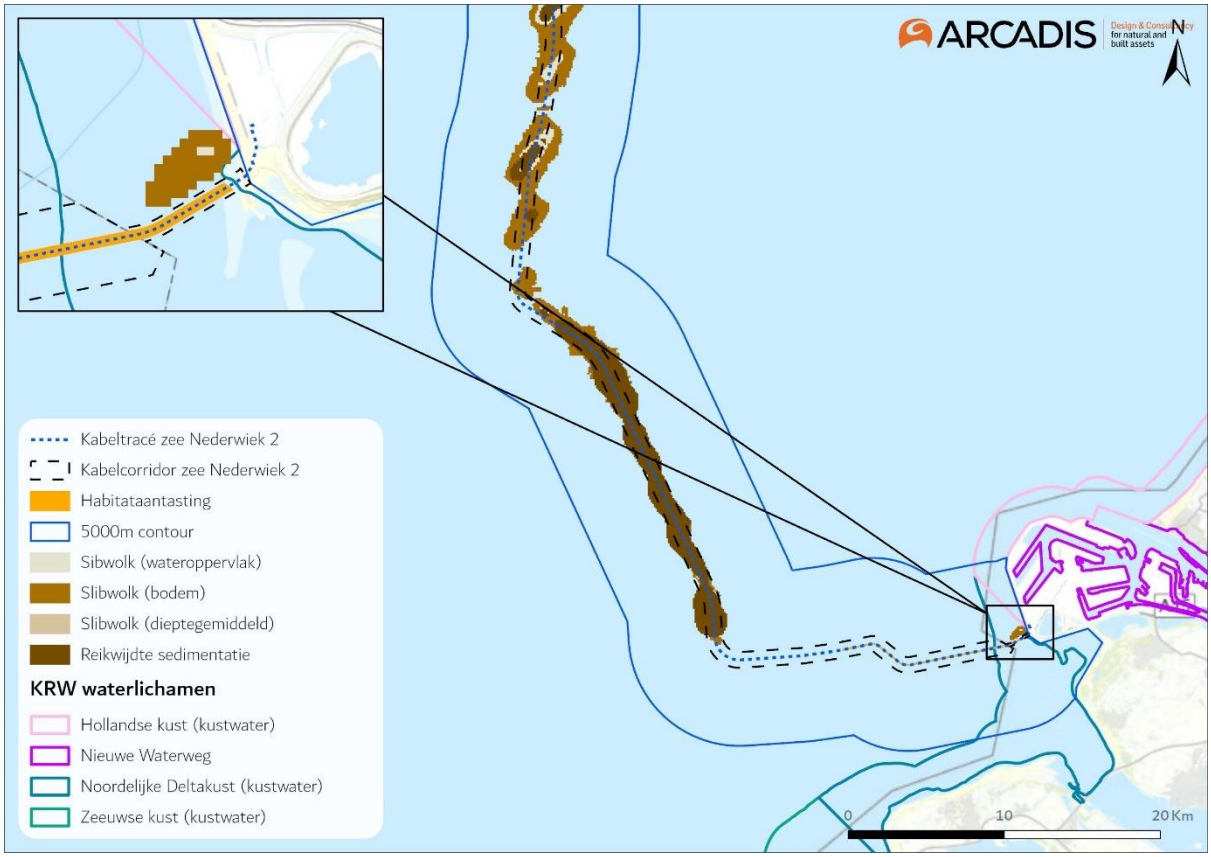
Hydromorfologie

Hydromorfologie houdt zich bezig met het landschap en de bodem dat gevormd wordt door water. Binnen de categorie ecologische kwaliteit wordt de beoordeling voor de hydromorfologie alleen gebruikt om een onderscheid te maken tussen een goede en een zeer goede toestand. De hydromorfologie wordt daarom alleen beschreven voor de natuurlijke wateren. Voor sterk veranderde en kustmatige waterlichamen heeft de hydromorfologische toestand geen invloed op de uitkomst van de beoordeling (STOWA, 2012; van der molen et al., 2018).

4.2 KRW-waterlichamen

4.1.1 Betrokken KRW-waterlichamen

In Hoofdstuk 2 is per gevolg onderzocht welke reikwijdte deze heeft. In Figuur 4-2 zijn de reikwijdtes getoond in relatie tot de ligging van KRW-waterlichamen. Figuur 4-2 laat zien dat er overlap is tussen de gevolgen en KRW-waterlichamen Noordelijke Deltakust (kustwater) en Hollandse kust (kustwater). Door de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 2 kan de ecologische en chemische kwaliteit van deze KRW-waterlichamen mogelijk worden beïnvloed. Tabel 4-1 geeft de opgetreden gevolgen per KRW-waterlichaam weer. Hierin is ook KRW-waterlichaam Haringvliet-west opgenomen. Hier is geen sprake van ruimtelijk overlap, maar mogelijke externe effecten op trekvissen als gevolg van o.a. elektromagnetische velden zijn wel meegenomen. Verontreiniging van Arseen in historische bodemlagen op zee is uitgesloten in KRW-kustwaterlichamen langs de kust. De potentiële plekken waar Arseen opgehoopt kan zijn, liggen uitsluitend ver buiten de kustzone.



Figuur 4-2 Samenvatting reikwijdte gevolgen op zee ten opzichte van KRW-waterlichamen.

Tabel 4-1 Optredende gevolgen per KRW-waterlichaam. X = ruimtelijke overlap van gevolg met een KRW-waterlichaam, E = extern effect.

KRW-waterlichaam	Vertroebeling	Verstoring door continu geluid onderwater	Habitataantasting	Elektromagnetische velden
Noordelijke Deltakust (kustwater)	X	X	X	X
Hollandse kust (kustwater)		X		
Haringvliet-west	E	E		E

4.1.2 Huidige toestand KRW-waterlichamen

Voor alle KRW-waterlichamen zijn doelstellingen vastgelegd voor de bijpassende ecologische en chemische kwaliteit. In de volgende paragrafen wordt voor ieder betrokken KRW-waterlichaam de huidige toestand van de chemische en ecologische kwaliteit beschreven.

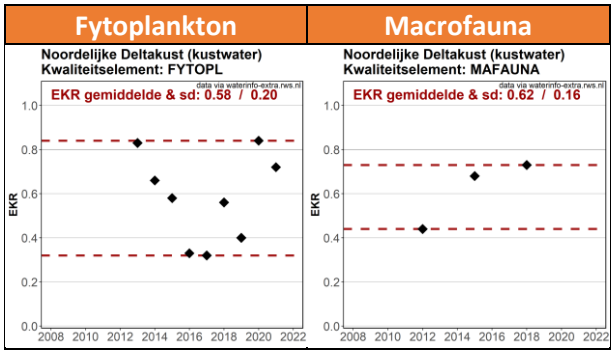
Noordelijke Deltakust (kustwater)

Het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) heeft de status 'natuurlijk' en behoort tot watertype 'Kustwater, open en polyhalien' (K1). In dit watertype zijn twee van de vier biologische kwaliteitselementen van toepassing: fytoplankton en macrofauna. Ook wordt voor de bepaling van de toestand van het waterlichaam een aantal fysisch-chemische parameters in beschouwing genomen. Het is bekend dat meerdere verontreinigde stoffen voorkomen in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater), zowel binnen de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen.

In deze paragraaf is een beschrijving gegeven van de toestand van de twee relevante biologische kwaliteitselementen in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater). Dit is gedaan middels de openbaar beschikbare 'KRW-oordelen Rijkswaterstaat' (via waterinfo-extra.rws.nl). Na de biologische kwaliteitselementen is nog beknopt ingegaan op de relevante chemische en fysisch-chemische doelen aan de hand van de Factsheet KRW - Stroomgebiedbeheerplan 2022-2027 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022).

Biologische kwaliteitselementen

In Figuur 4-3 zijn de EKR-scores van de twee relevante biologische kwaliteitselementen over de jaren weergegeven. Onder Figuur 4-3is voor beide kwaliteitselementen een toelichting gegeven aan de hand van deze data. Daaruit volgt een conclusie wat het algemene risico op achteruitgang voor dat kwaliteitselement is. Deze risico inschatting wordt toegepast bij de effectbeoordeling en toetsing van de voorgenomen activiteit.



Figuur 4-3 EKR-scores per biologisch kwaliteitselement voor KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) over de afgelopen jaren. EKR-score (zwarte punt), minimum en maximum EKR-score (rode stippellijnen). De gemiddelde EKR-score over de tijd en de bijbehorende standaard deviatie (sd) is in het figuur genoteerd. Figuren samengesteld o.b.v. 'KRW-oordelen Rijkswaterstaat' data via waterinfo-extra.rws.nl.

Fytoplankton

Om de toestand van kwaliteitselement fytoplankton in watertype K1 te duiden wordt alleen een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. abundantie) in beschouwing genomen (STOWA, 2018). De score voor de deelmaatlat wordt vertaald in één EKR-score voor het gehele KRW-waterlichaam.

In KRW-waterlichaam Noordelijke deltakust (kustwater) schommelt de EKR voor fytoplankton de laatste jaren tussen de 0,32 en 0,84. De gemiddelde EKR is 0,58 met een standaarddeviatie van 0,20. Om te voldoen aan een Goed Ecologisch Potentieel (GEP) moet de EKR minstens 0,60 bedragen. In dat geval wordt de klasse 'goed' behaalt. Dit is de laatste 10 jaar niet altijd het geval. Het laatste

meetjaar ligt de EKR bijvoorbeeld wel op 0,72, maar in 2019 was dit 0,40. De EKR-score voor fytoplankton oogt dus niet erg robuust.

Worst-case uitgangspunt is dat de EKR van kwaliteitselement fytoplankton zich dicht bij een klassegrens begeeft en dat er een risico aanwezig is op achteruitgang. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

Macrofauna

Om de toestand van kwaliteitselement macrofauna in watertype K1 te duiden wordt de aanpak gevolgd van de overgangs- en kustwateren. Hierbij is de beoordeling samengesteld uit drie indexen die allen apart worden berekend voor ieder onderscheidend ecotoop in het KRW-waterlichaam. In de basis is deze aanpak samen te vatten in een deelmaatlat voor kwaliteit (o.b.v. diversiteit middels Shannon index én AZTI Marine Biotic Index) en een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. soortenrijkdom). De scores van de drie indexen worden per ecotoop gecombineerd. Middels oppervlakte-gebaseerde gewichtsfactoren wordt uit alle ecotopen één EKR-score berekend voor de toestand van de macrofaunagemeenschap in het gehele waterlichaam.

Op basis van de toegepaste data van Rijkswaterstaat bedraagt de meest recente EKR voor macrofauna in de Noordelijke Deltakust 0,73 en laat het een stijgende trend zien. Om te voldoen aan GEP moet de EKR minstens 0,60 bedragen. Dit is met een EKR van 0,73 dus het geval. Op basis van de EKR is een beperkt risico aanwezig op achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna ten tijde van schrijven, zeker gezien de stijgende trend. Achteruitgang zou kunnen plaatsvinden wanneer de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in de Noordelijke Deltakust aanzienlijk wordt beïnvloed (EKR moet dan zakken van 0,73 tot 0,60). Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

Chemisch en chemisch-fysisch

Voor het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) is de chemische kwaliteit niet op orde. Diverse verontreinigde stoffen komen voor boven de norm binnen zowel de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen (Tabel 4-2). Voor deelmaatlat fysisch-chemisch wordt voor de toestand van watertype K1 getoetst op DIN (opgeloste anorganische stikstof), temperatuur en zuurstofverzadiging. In Noordelijke Deltakust (kustwater) is DIN niet op orde.

Tabel 4-2 Norm overschrijdende prioritaire stoffen (chemische kwaliteit) en specifieke verontreinigde stoffen (ecologische kwaliteit) voor het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust.

Norm overschrijdende prioritaire stoffen	**Toestand 2015**	**Toestand 2021**	**Doelbereik 2027**
Benzo(ghi)peryleen	Voldoet niet	Voldoet niet	Redelijk zeker
Kwik	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Som PBDE28, 47, 99, 100, 153, 154	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Norm overschrijdende specifieke verontreinigde stoffen	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
Arseen	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker

Tabel 4-3 Toestand van de relevante chemisch-fysische parameters van het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) voor 2015 en 2021 (toestand), en 2027 (doelbereik)

Fysisch-chemisch	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
DIN (mg N/l) (winterperiode)	Matig	Matig	Redelijk zeker
Temperatuur (°C) (max. waarde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker
Zuurstofverzadiging (%) (zomergemiddelde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker

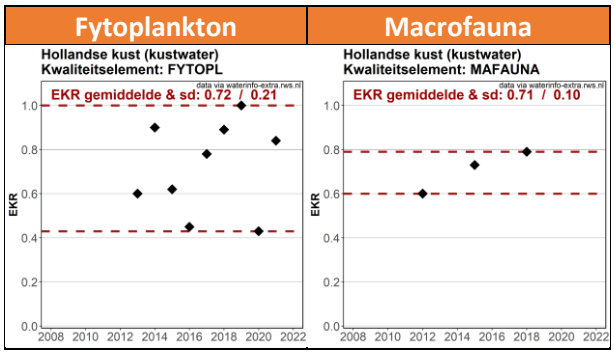
Hollandse kust (kustwater)

Het KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) heeft net als de Noordelijke Deltakust (kustwater) de status 'natuurlijk' en behoort tot watertype 'Kustwater, open en polyhalien' (K1). In dit watertype zijn twee van de vier biologische kwaliteitselementen van toepassing: fytoplankton en macrofauna. Ook zijn een aantal fysisch-chemische parameters relevant. Het is bekend dat meerdere verontreinigde stoffen voorkomen in KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater), zowel binnen de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen.

In deze paragraaf is een beschrijving gegeven van de toestand van de twee relevante biologische kwaliteitselementen in KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater). Dit is gedaan middels de openbaar beschikbare 'KRW-oordelen Rijkswaterstaat' (via waterinfo-extra.rws.nl). Na de biologische kwaliteitselementen is nog beknopt ingegaan op de relevante chemische en fysisch-chemische doelen aan de hand van de Factsheet KRW - Stroomgebiedbeheerplan 2022-2027 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022).

<u>Biologische kwaliteitselementen</u>

In Figuur 4-4 zijn de EKR-scores van de twee relevante biologische kwaliteitselementen over de jaren weergegeven. Onder Figuur 4-4 is voor beide kwaliteitselementen een toelichting gegeven aan de hand van deze data. Daaruit volgt een conclusie wat het algemene risico op achteruitgang voor dat kwaliteitselement is. Deze risico inschatting wordt toegepast bij de effectbeoordeling en toetsing van de voorgenomen activiteit.



Figuur 4-4 EKR-scores per biologisch kwaliteitselement voor KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) over de afgelopen jaren. EKR-score (zwarte punt), minimum en maximum EKR-score (rode stippellijnen). De gemiddelde EKR-score over de tijd en de bijbehorende standaard deviatie (sd) is in het figuur genoteerd. Figuren samengesteld o.b.v. 'KRW-oordelen Rijkswaterstaat' data via waterinfo-extra.rws.nl.

Fytoplankton

Om de toestand van kwaliteitselement fytoplankton in watertype K1 te duiden wordt alleen een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. abundantie) in beschouwing genomen (STOWA, 2018). De score voor de deelmaatlat wordt vertaald in één EKR-score voor het gehele KRW-waterlichaam.

In KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) schommelt de EKR voor fytoplankton de laatste jaren tussen de 0,43 en 1,00. De gemiddelde EKR is 0,72 met een standaarddeviatie van 0,21. Om te voldoen aan een Goed Ecologisch Potentieel (GEP) moet de EKR minstens 0,60 bedragen. In dat geval wordt de klasse 'goed' behaalt. Dit is de laatste 10 jaar meestal het geval, maar niet altijd. Het laatste meetjaar ligt de EKR bijvoorbeeld wel op 0,84, maar in 2020 was dit 0,43. De EKR-score voor fytoplankton oogt dus niet erg robuust.

Worst-case uitgangspunt is dat de EKR van kwaliteitselement fytoplankton zich dicht bij een klassegrens begeeft en dat er een risico aanwezig op achteruitgang. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

Macrofauna

Om de toestand van kwaliteitselement macrofauna in watertype K1 te duiden wordt de aanpak gevolgd van de overgangs- en kustwateren. In de basis is deze aanpak samen te vatten in een deelmaatlat voor kwaliteit (o.b.v. diversiteit middels Shannon index én AZTI Marine Biotic Index) en een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. soortenrijkdom). Dit is eerder toegelicht voor KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater).

Op basis van de toegepaste data van Rijkswaterstaat bedraagt de meest recente EKR voor macrofauna in de Noordelijke Deltakust 0,79 en laat het een stijgende trend zien. Om te voldoen aan GEP moet de EKR minstens 0,60 bedragen. Dit is met een EKR van 0,79 dus het geval. Op basis van de EKR is een beperkt risico aanwezig op achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna ten tijde van schrijven, zeker gezien de stijgende trend. Achteruitgang zou kunnen plaatsvinden wanneer de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in de Hollandse kust aanzienlijk wordt beïnvloed (EKR moet dan zakken van 0,79 tot 0,60). Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

Chemisch en chemisch-fysisch

Voor het KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) is de chemische kwaliteit niet op orde. Diverse verontreinigde stoffen komen voor boven de norm binnen zowel de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen (Tabel 4-4). Voor deelmaatlat fysisch-chemisch wordt voor de toestand van watertype K1 getoetst op DIN (opgeloste anorganische stikstof), temperatuur en zuurstofverzadiging. In Noordelijke Deltakust (kustwater) is DIN niet op orde (Tabel 4-5).

Tabel 4-4 Norm overschrijdende prioritaire stoffen (chemische kwaliteit) en specifieke verontreinigde stoffen (ecologische kwaliteit) voor het KRW-waterlichaam Hollandse kust.

Norm overschrijdende prioritaire stoffen	**Toestand 2015**	**Toestand 2021**	**Doelbereik 2027**
Benzo(ghi)peryleen	Voldoet niet	Voldoet niet	Redelijk zeker
Kwik	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Som PBDE28, 47, 99, 100, 153, 154	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
4-tertiair-octylfenol (niet-ubiquitair)	Voldoet	Voldoet niet	Redelijk zeker
Norm overschrijdende specifieke verontreinigde stoffen	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
Arseen	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Benzo(a)antraceen	Voldoet	Voldoet niet	Redelijk zeker
Zink	Voldoet	Voldoet niet	Redelijk zeker

Tabel 4-5 Toestand van de relevante chemisch-fysische parameters van het KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) voor 2015 en 2021 (toestand), en 2027 (doelbereik)

Fysisch-chemisch	**Toestand 2015**	**Toestand 2021**	**Doelbereik 2027**
DIN (mg N/l) (winterperiode)	Ontoereikend	Ontoereikend	Redelijk zeker
Temperatuur (°C) (max. waarde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker
Zuurstofverzadiging (%) (zomergemiddelde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker

Haringvliet-west

Voor Haringvliet-west zijn alleen externe effecten op kwaliteitselement vis in beschouwing genomen als gevolg van mogelijke effecten op trekvis. Zodoende is in deze paragraaf uitsluitend een toelichting gegeven op de huidige toestand van kwaliteitselement vis in KRW-waterlichaam Haringvliet-West. Daaruit volgt een conclusie over het algemene risico op achteruitgang voor kwaliteitselement vis. Deze risico inschatting wordt toegepast bij de effectbeoordeling en toetsing van de voorgenomen activiteit.

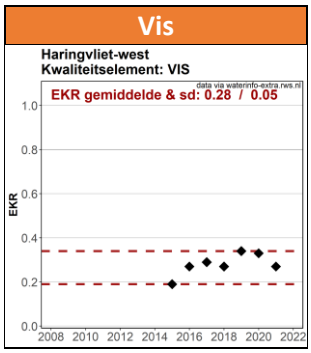
Biologische kwaliteitselementen

Vis

Het KRW-waterlichaam Haringvliet-West heeft de status ‘sterk veranderd’ en behoort tot watertype ‘Estuarium met matig getijverschil en met scheepvaart en/of geen getijdestroming.’ (O2b). Om de toestand van kwaliteitselement vis in watertype O2b te duiden worden twee deelmaatlatten toegepast: één voor kwaliteit (o.b.v. soortsamenstelling in aantal soorten per ‘visgilde’) en één voor kwantiteit (o.b.v. abundantie in n/ha per ‘visgilde’) (STOWA, 2018). De score voor de deelmaatlatten wordt omvat in één EKR-score voor het gehele KRW-waterlichaam.

In Figuur 4-5 zijn de EKR-scores van biologische kwaliteitselement vis over de jaren weergegeven. In Haringvliet-West schommelt de EKR voor vis de laatste jaren tussen de 0,19 en 0,34 zonder duidelijke trend (Figuur 4-5). De gemiddelde EKR is 0,28 met een standaarddeviatie van 0,05. Om te voldoen aan GEP moet de EKR minstens 0,45 bedragen. Dit is de laatste jaren nooit het geval geweest. De ondergrens voor de klasse ‘matig’ (de klasse onder goed) is EKR 0,30. Kwaliteitselement vis scoort de laatste jaren rond deze ondergrenswaarde. De meest recente EKR is 0,27 en valt daarmee net onder de klasse ‘matig’ in klasse ‘ontoereikend’.

Bovenstaande laat zien dat kwaliteitselement vis in Haringvliet-West rond de ondergrens van klasse matig zit. Omdat er geen duidelijk trend aanwezig is, is het mogelijk dat de huidige toestand net boven deze klasse zit. In dat geval is er een risico op achteruitgang aanwezig. Dit vormt zodoende het worst-case uitgangspunt. Achteruitgang kan plaatsvinden wanneer de soortsamenstelling en/of abundantie van vis in Haringvliet-West meetbaar wordt beïnvloed. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.



Figuur 4-5 EKR-score voor biologisch kwaliteitselement vis voor KRW-waterlichaam Haringvliet-West over de afgelopen jaren. EKR-score (zwarte punt), minimum en maximum EKR-score (rode stippellijnen). De gemiddelde EKR-score over de tijd en de bijbehorende standaard deviatie (sd) is in het figuur genoteerd. Figuren samengesteld o.b.v. 'KRW-oordelen Rijkswaterstaat' data via waterinfo-extra.rws.nl.

4.1.3 Samenvatting

In Tabel 4-6 is per gevolg weergegeven welk kwaliteitselement verder wordt behandeld voor ieder KRW-waterlichaam. In Tabel 4-6 is ook samenvattend weergegeven wat de mogelijke effecten zijn van de mogelijke gevolgen, dit volgt reeds uit Hoofdstuk 2. De effecten van deze gevolgen met een 'X' worden nader onderzocht in de hiernavolgende effectbepaling.

Tabel 4-6 Overzicht van de gevolgen en de mogelijk bijbehorende effecten op biologische kwaliteitselement. Per KRW-waterlichaam is aangegeven (met 'X', of 'E' voor extern effect) of het gevolg een relevant kwaliteitselement kan beïnvloeden. Grijs gemarkeerde kwaliteitselementen zijn niet van toepassing in het watertype van het KRW-waterlichaam.

Gevolg	Mogelijk effect	Mogelijk beïnvloedde kwaliteitselement	Noordelijke Deltakust	Hollandse kust	Haringvliet-west
Vertroebeling	Vermindering doorzicht, afname primaire productie en fotosynthese capaciteit, afname filtercapaciteit filterfeeders, barrièrewerking. Eventuele afname foerageersucces roofvis en toename overlevingskansen prooivis	Fytoplankton	X		
		Overige waterflora			
		Macrofauna	X		
		Vis			E
		Doorzicht			
Continu onderwatergeluid	Verstoring leidend tot gedragsverandering, verminderde voedselopname, verminderde conditie, met eventueel sterfte tot gevolg	Macrofauna	X	X	
		Vis			E
Habitataantasting	Mechanische aantasting van bodemleven en watervegetatie met eventueel sterfte tot gevolg	Overige waterflora			
		Macrofauna	X		
Elektromagnetische velden	Barrière werking, desoriëntatie, gedragsverandering	Macrofauna	X		
		Vis			E

4.3 Effectbepaling

4.3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn per gevolg de effecten bepaald. Dit is gedaan voor ieder relevante kwaliteitselement en KRW-waterlichaam, zoals eerder samengevat in Tabel 3-8.

4.3.2 Vertroebeling

De reikwijdte van vertroebeling op zee is toegelicht in paragraaf 3.2.2. Een toelichting op de modelstudies is te vinden in Bijlage VII-F slibmodelleerstudie. Figuur 4-2 toont de maximale reikwijdte van de vertroebeling op zee ten opzichte van de ligging van KRW-waterlichamen. Zoals te zien raakt de vertroebeling het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust. De effecten van vertroebeling op filterfeeders en primaire productie zijn toegelicht in de paragrafen hieronder. Daarnaast is het eventuele externe effect via trekvis op KRW-waterlichaam Haringvliet-west beoordeeld.

Noordelijke Deltakust

In KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust treedt vertroebeling op aan het wateroppervlak (circa 0,2 ha) en aan de bodem (circa 53 ha).

Fytoplankton

In paragraaf 4.1.2 is de huidige staat van fytoplankton in het waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat de toestand van fytoplankton in het waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) niet robuust is. De toestand van fytoplankton in het waterlichaam

Noordelijke Deltakust (kustwater) wordt bepaald aan de hand van de deelmaatlaat abundantie. Worst-case uitgangspunt is dat de EKR van kwaliteitselement fytoplankton zich dicht bij een klassegrens begeeft en dat er een risico op achteruitgang aanwezig is. Om achteruitgang teweeg te brengen zou vertroebeling de abundantie van fytoplankton in het gehele waterlichaam meetbaar moeten beïnvloeden.

Het areaal van vertroebeling aan het wateroppervlak is beperkt (<0,74% van het KRW-waterlichaam) en van tijdelijke aard (Figuur 4-2). De daggemiddelde concentratieverhoging blijft onder de 5 mg/L. Deze tijdelijke verhoging valt binnen de natuurlijke variatie in de dynamische kuststrook ,zie ook paragraaf 3.2.2 (Haskoning, 2007). Bovendien is primaire productie hier doorgaans niet gelimiteerd door licht maar door fosfor (P). Een afname in doorzicht werkt zodoende niet altijd direct door op de fytoplankton. Alles bij elkaar genomen zijn effecten op fytoplankton verwaarloosbaar. Er is geen doorwerkend effect op de abundantie. Achteruitgang van kwaliteitselement fytoplankton is uitgesloten.

Macrofauna
In paragraaf 4.1.2 is de huidige staat van macrofauna in het waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat het risico op achteruitgang laag is. De toestand van macrofauna in het waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) wordt bepaald aan de hand van deelmaatlatten voor de diversiteit en soortenrijkdom per ecotoop. Om achteruitgang teweeg te brengen zou vertroebeling dus de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het gehele waterlichaam aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0,73 naar <0,60, paragraaf 4.1.2).

Het areaal van vertroebeling aan de bodem is beperkt (<0,74% van het KRW-waterlichaam) en van tijdelijke aard. De daggemiddelde concentratieverhoging blijft onder de 5 mg/L. Deze tijdelijke verhoging valt binnen de natuurlijke variatie in de dynamische kuststrook. Filterfeeders hebben een tolerantie voor dergelijke concentratieverhoging in vertroebeling. Effecten op macrofauna zijn daarom niet aan de orde. De diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in de Noordelijke Deltakust wordt daarom niet beïnvloed. Achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna is uitgesloten.

Haringvliet-west
Vis
In paragraaf 4.1.2 is de huidige staat van vis in waterlichaam Haringvliet-west toegelicht. Hieruit bleek dat de toestand niet goed is en dat als worst-case uitgangspunt wordt aangehouden dat de EKR zich dicht bij de ondergrens van klasse ‘matig’ begeeft. Daarom bestaat er voor kwaliteitselement vis een risico op achteruitgang. De toestand van vis in het Haringvliet-west wordt bepaald aan de hand van tweedeelmaatlatten: soortsamenstelling (aantal aanwezige soorten) en abundantie (in n/ha per ‘visgilde’). Om achteruitgang teweeg te brengen zou de soortsamenstelling en/of abundantie van vis in Haringvliet-west dus meetbaar moeten worden beïnvloed door het externe effect van vertroebeling.

Alle soorten trekvissen die langs de Tweede Maasvlakte trekken richting het Haringvliet zijn in zekere zin vertrouwd met vertroebeling. Tijdens de trek komen zijn door verschillende watertypen met verschillend doorzicht. In dynamische kustwateren en estuaria is het doorzicht meestal laag en variabel. Daarbij kunnen vissen op meer zintuigen dan alleen zicht navigeren voor de stroomopwaarts of -afwaartse migratie (Bjerselius et al., 2000; Dodson & Leggett, 1974; Maes et al.,

2007, 2008). Veel trekvissen migreren bijvoorbeeld tijdens de nacht, wanneer zicht geen bepalende factor is (Keefer et al., 2013).

De vertroebeling is relatief lokaal en tijdelijk. De vertroebelingspluim beweegt zich mee met de werkzaamheden. Alles overwegend ligt een barrière effect op trekvis dus niet in de lijn der verwachting. Van een doorwerkend extern effect op de soortsamenstelling en/of abundantie van vis in Haringvliet-west is geen sprake. Achteruitgang van kwaliteitselement vis is uitgesloten.

4.3.3 Continu-onderwatergeluid

De reikwijdte van continu onderwatergeluid en de studie die hiernaar gedaan is, zijn toegelicht in paragraaf 2.4. Figuur 4-2 toont de maximale reikwijdte van continu onderwatergeluid ten opzichte van de ligging van KRW-waterlichamen. Continu-onderwatergeluid reikt tot KRW-waterlichamen Noordelijke Deltakust (kustwater) en Hollandse kust. Macrofauna kan effecten ondervinden van onderwatergeluid (continu en impuls) (Solan et al., 2016). Ook is het eventuele externe effect via trekvis op KRW-waterlichaam Haringvliet-west beoordeeld.

Noordelijke Deltakust

Macrofauna

In paragraaf 4.1.2 is de huidige staat van macrofauna in het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat het risico op achteruitgang laag is. Om achteruitgang teweeg te brengen zou verstoring met continu onderwatergeluid de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het gehele waterlichaam aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0,73 naar <0,60, paragraaf 4.1.2).

In KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust treedt continu onderwatergeluid op in een gebied van 2.977 hectare (35,5% van het gebied), zie Figuur 4-2. Door de werkzaamheden zal macrofauna tijdelijk met een toename in continu onderwaterverstoring te maken krijgen. Macrofauna is vooral gevoelig voor geluid met hoge dB-waardes die vooral bij impuls-onderwatergeluid vrijkomt (André et al., 2011; de Soto, 2016). Impuls-onderwatergeluid wordt niet geproduceerd bij de werkzaamheden in en rond KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust.

In de Delta varen voortdurend grote hoeveelheden schepen. Hierdoor treedt in het KRW-waterlichaam vrijwel constant continu onderwaterverstoring op. Het continu onderwatergeluid veroorzaakt door de werkzaamheden verschilt niet van de verstoring waar macrofauna in het KRW-waterlichaam al vrijwel permanent aan wordt blootgesteld. Dit leidt daarom niet tot effecten op de soortenrijkdom en/of diversiteit van macrofauna in het gehele KRW-waterlichaam. Achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna is uitgesloten.

Hollandse kust

Macrofauna

De beoordeling voor kwaliteitselement macrofauna in KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) berust zich op eenzelfde redenatie als hierboven toegelicht voor macrofauna in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater). In KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) treedt continu-onderwatergeluid echter op in een gebied van 394 hectare, dit is slechts 1,5% van het gebied (Figuur 4-2). Het gaat dus om een relatief zeer beperkt areaal. Binnen het waterlichaam Hollandse kust is ook veel sprake van autonome verstoring door continu onderwatergeluid van beroepsvaart. Effecten op de soortenrijkdom en/of diversiteit van macrofauna in het gehele KRW-

waterlichaam zijn daarom niet aan de orde. Achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna is uitgesloten.

Haringvliet-west

Vis

In paragraaf 4.1.2 is de huidige staat van vis in waterlichaam Haringvliet-west toegelicht. Hieruit bleek dat de toestand niet goed is en dat als worst-case uitgangspunt wordt aangehouden dat de EKR zich dicht bij de ondergrens van klasse 'matig' begeeft. Daarom bestaat er voor kwaliteitselement vis een risico op achteruitgang. Om achteruitgang teweeg te brengen zou de soortsamenstelling en/of abundantie van vis in Haringvliet-west meetbaar moeten worden beïnvloed door het externe effect van continu onderwatergeluid.

Onderwaterverstoring reikt niet tot in de begrenzing van KRW-waterlichaam Haringvliet-west, maar wel deels in de verbinding tussen de monding van de Haringvliet en de Noordzee, wat mogelijk barrièrewerking zou kunnen hebben voor trekvissen.

De meeste vissen zijn beperkt gevoelig (gemiddeld bereik ligt tussen de 50-500 Hz) voor het geluid dat door varende schepen wordt voortgebracht (400-500Hz). Haringachtigen, zoals de fint, zijn gevoeliger voor geluid door fysiologische verschillen met andere vissen. De range van deze soorten licht veel hoger (tot 4000 Hz) (Ladich & Fay, 2013). Reactieafstanden van vissen variëren afhankelijk van de beoordeelde soort en vaartuig van 100-200 meter voor normale vaartuigen tot 400 meter voor luidruchtige vaartuigen (Mitson, 1995). Aangenomen mag worden dat de effecten op vissen als gevolg van de vaarbeweging niet meer dan 200 meter bedragen. Daarnaast zullen trekvissen in deze regio met veel vaarverkeer al in een zekere mate gewend zijn aan verstoring door continu onderwatergeluid.

Dit betekent dat trekvissen ruime uitwijkmogelijkheden hebben om de werkzaamheden heen. Daarnaast vinden de aanlegwerkzaamheden slechts lokaal en tijdelijk plaats. Dit vormt geen barrière tussen de Noordzee en het Haringvliet. Van een doorwerkend extern effect op de soortsamenstelling en/of abundantie van vis in Haringvliet-west is geen sprake. Achteruitgang van kwaliteitselement vis is uitgesloten.

4.3.4 Habitataantasting

Noordelijke Deltakust

Macrofauna

In paragraaf 4.1.2 is de huidige staat van macrofauna in het waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat het risico op achteruitgang laag is. Om achteruitgang teweeg te brengen zou habitataantasting de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het gehele waterlichaam aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0,73 naar <0,60, paragraaf 4.1.2).

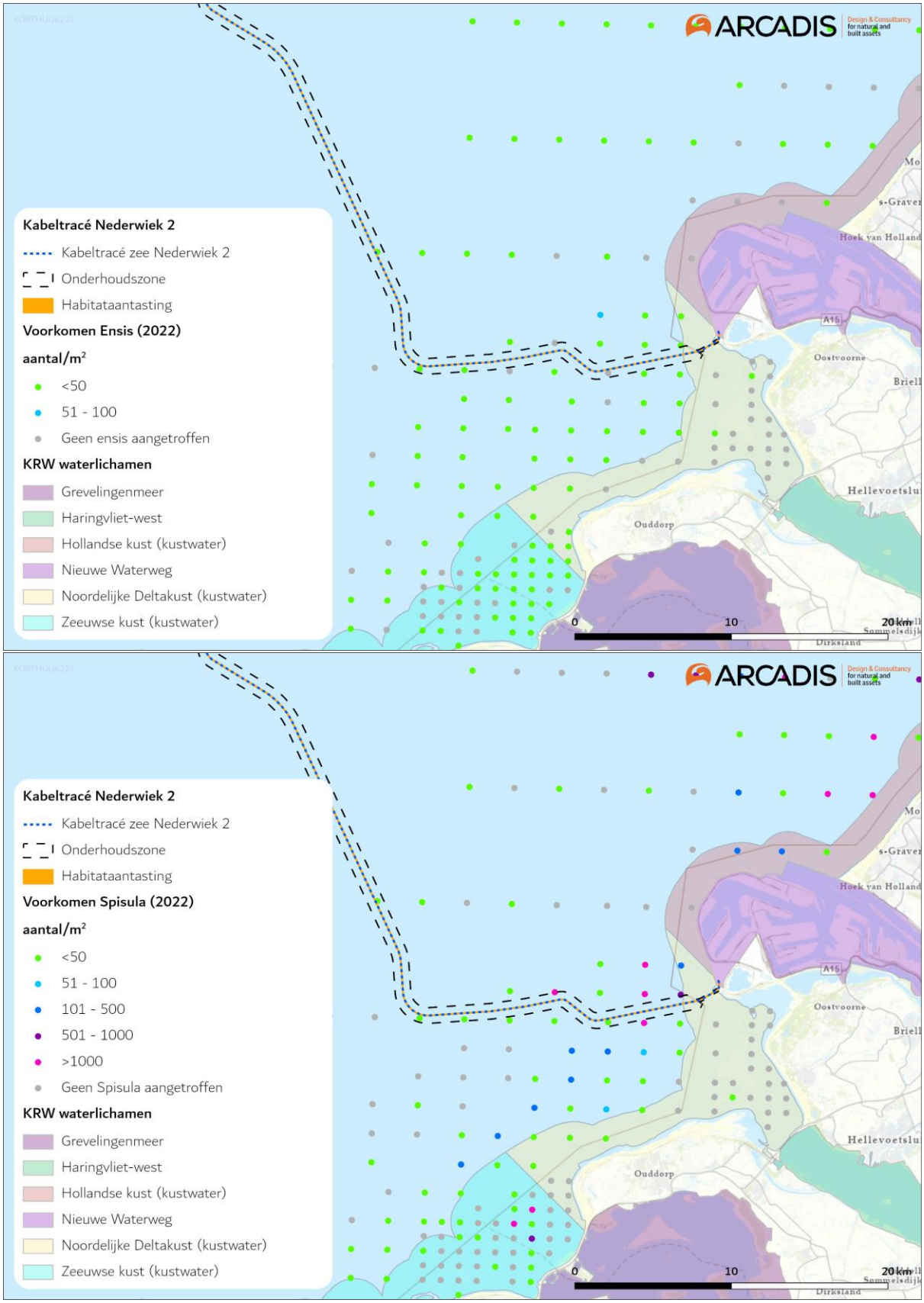
De reikwijdte van habitataantasting is toegelicht in paragraaf 2.7. Er kan in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) aantasting plaatsvinden van circa 5,5 ha. Dit is een beperkt deel van het totale areaal van dit KRW-waterlichaam (8376 ha; < 0,07 %). Dit zijn absolute worst-case aannames waarbij voor het hele gebied uit wordt gegaan van een reikwijdte van 25 meter van bodemaantasting bij kabelaanleg. In de praktijk zal in de Noordelijke Deltakust grotendeels getrencht worden en wordt er slechts de laatste kilometer voor aanlanding gebaggerd voorafgaand

aan het jet trenchen. Jet trenchen heeft een kleinere reikwijdte dan de gehanteerde worst-case. In de praktijk zal het aangetaste oppervlak daardoor nog minder zijn dan 0,07%.

Net buiten het KRW-waterlichaam zijn verschillende soorten schelpdieren aangetroffen rond het tracé, met name halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*) en in minder mate mesheften (*Ensis*) (Figuur 4-6; Troost et al., 2022). Mogelijk dat deze en andere schelpdiersoorten ook in het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust voorkomen, echter worden er in de buurt van het KRW-gebied geen hotspots van schelpdieren waargenomen (Figuur 4-6). Het tracé loopt in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust niet door bekende hotspots van schelpdiersoorten en de soorten zijn verspreid in de omgeving waargenomen. Net buiten het KRW-waterlichaam loopt het tracé wel door/langs enkele meetpunten waar hoge dichtheden halfgeknotte strandschelpen zijn aangetroffen. Het kan zijn dat de hogere dichtheden doorlopen tot binnen het KRW-waterlichaam op plekken waar geen data van bekend is. Deze soort komt echter op een groot aantal plaatsen in hogere dichtheden voor. Aantasting van een beperkt oppervlak met hogere dichtheden leidt zodoende niet direct tot beïnvloeding van de overkoepelende soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam.

Alles overwegend zijn effecten op de overkoepelende soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam zijn niet aan de orde. Ook wanneer wel een locatie met hoge dichtheden halfgeknotte strandschelpen wordt aangetast gaat het om een verwaarloosbaar oppervlak relatief aan het gehele waterlichaam. Daarnaast gaat het slechts om één soort. Doorwerking op soortenrijkdom en diversiteit is daarom uitgesloten. Met de aantasting is dus geen sprake van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust.

Achteruitgang is dus uit te sluiten. Daarnaast is het nog wel noemenswaardig dat habitataantasting van de zeebodem slechts een tijdelijk effect is. Uit onderzoek is gebleken dat de morfologie van een aangetaste zeebodem zich vaak al binnen een jaar herstelt door de natuurlijke dynamiek(Baptist et al., 2009). De tijd dat bodemfauna nodig heeft om in een aangetast gebied de oude biomassa en dichtheid weer te bereiken bedraagt doorgaans ook slechts één jaar, dit neemt toe tot 2-5 jaar voor organismen met langere levenscycli (zoals verschillende tweekleppige en zee-egels) (Baptist et al., 2009; Boudewijn, 2016; Coates et al., 2015; Rozemeijer et al., 2013). Na een worst-case periode van vijf jaar zal de bodem dus opnieuw gekoloniseerd zijn door bodemfauna en een natuurlijke morfologie vertonen.



Figuur 4-6 Ensis banken (boven) en Spisula banken (onder) in het kust gebied. Dit figuur is aangepast uit (Troost et al., 2022).

4.3.5 Elektromagnetische velden

Noordelijke Deltakust (kustwater)

Macrofauna

Eerder is toegelicht dat macrofauna in de Noordelijke Deltakust een relatief laag risico heeft op achteruitgang. Om achteruitgang teweeg te brengen zou het elektromagnetische veld de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het gehele waterlichaam aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0,73 naar <0,60, paragraaf 4.1.2). In onderstaande tekst is uiteengezet of dit het geval is.

In paragraaf 3.2.8 is per soortgroep uiteengezet wat de meest recente inzichten zijn met betrekking tot EMV. Een uitgebreide literatuurstudie hierover is ook te vinden in Bijlage VII – D Effecten van elektromagnetische velden op zee. Er zijn aanwijzingen dat er van alle belangrijke soortgroepen soorten zijn die elektromagnetische velden kunnen waarnemen en hier effecten van kunnen ondervinden. Veel onderzoeken spreken over waardes van boven de 1.000 µT, allen laboratoriumstudies, waarbij de effecten tevens vaak uit (lichte) veranderingen in gedrag gaat (zie ook het KRM hoofdstuk hierover). De EMV-waarden van het huidige project zijn significant lager dan de EMV-waarden gebruikt in de onderzoeken (zie ook Figuur 2-8 en Figuur 2-9). Aangezien niet alle soortgroepen gedekt zijn in deze onderzoeken noch onderzoeken naar langdurige effecten in vivo zijn gedaan, is er wel sprake van een kennisleemte op het gebied van elektromagnetische velden.

Samengevat wijst de meest actuele beschikbare kennis uit dat er kennisleemtes aanwezig zijn, maar dat meetbare effecten pas optreden bij zeer sterke elektromagnetische velden. De momenteel beschikbare kennis over EMV's suggereert dat er bij hoge EMV-waarden geen sprake is van concrete nadelige effecten die zouden kunnen doorwerken op de soortsamenstelling en/of abundantie van de macrofaunagemeenschap. Op basis daarvan is er geen aanleiding om aan te nemen dat er bij de relatief lage EMV-waarden van Nederwiek 2 een nadelige beïnvloeding plaatsvindt van de soortsamenstelling en/of abundantie van de macrofaunagemeenschap in KRW-waterlichaam. Het optreden van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna door elektromagnetische velden is daarom met voldoende zekerheid uitgesloten en zodoende niet aan de orde.

Haringvliet-west

Vis

Eerder is toegelicht dat de huidige staat van vis in waterlichaam Haringvliet-west niet goed is en dat als worst-case uitgangspunt wordt aangehouden dat de EKR zich dicht bij de ondergrens van klasse 'matig' begeeft. Daarom bestaat er een risico op achteruitgang. Om achteruitgang teweeg te brengen zou de soortsamenstelling en/of abundantie van vis in Haringvliet-west meetbaar moeten worden beïnvloed door het externe effect van elektromagnetische velden.

Zoals eerder omschreven is er sprake van een elektromagnetisch veld wanneer de kabel van Net op zee Nederwiek 2 in gebruik wordt genomen. Voor diverse vissoorten is bekend dat zij elektromagnetische velden kunnen waarnemen (Jørgensen, 1980; Otremba et al., 2019; Snoek et al., 2016). Wetenschappelijke literatuur levert verschillende bewijzen voor het feit dat vissen (lichtelijke) veranderingen laten zien door elektromagnetische velden (Gill, 2015; Hutchison et al., 2018; Otremba et al., 2019). Palingen zwemmen bijvoorbeeld langzamer wanneer zij een magnetisch veld passeren (Otremba et al., 2019). Anderzijds zijn er ook bronnen die aangeven dat bepaalde vissoorten geen veranderingen in gedrag laten zien (Armstrong et al., 2015). Overkoepelend zijn er geen concrete aanwijzingen die suggereren dat een elektromagnetisch veld werkt als een (migratie) barrière voor vissen of dat het duidelijke negatieve gevolgen heeft voor de overlevingskansen e.d.

Bovenstaande studies zijn doorgaans uitgevoerd bij extreme laboratoriumomstandigheden boven de 1.000 µT. Het elektromagnetisch veld rond de kabel van Net op zee Nederwiek 2 bedraagt slechts een fractie van dergelijke waarden.

De huidige literatuur suggereert dat er bij hoge EMV-waarden geen sprake is van concrete nadelige effecten of barrièrewerking. Op basis van de beschikbare kennis is er daarom geen aanleiding om aan te nemen dat de relatief lage EMV-waarden van Nederwiek 2 de soortsamenstelling en/of abundantie van de visgemeenschap nadelig zouden beïnvloeden. Het optreden van achteruitgang van kwaliteitselement Vis door elektromagnetische velden is daarom op basis van de huidige kennis met voldoende zekerheid uit te sluiten en zodoende niet aan de orde.

4.3.6 Combinatie van gevolgen

Door een combinatie van gevolgen kunnen organismen die onderdeel zijn van de ecologische maatlatten mogelijk langdurigere en/of zwaardere effecten ondervinden. In onderstaande paragrafen is toegelicht of de gecombineerde gevolgen van dit project tot achteruitgang van kwaliteitselementen kan leiden in de KRW-waterlichamen Noordelijke Deltakust en Haringvliet-west. Omdat in Hollandse kust sprake is van een enkel gevolg is dit waterlichaam niet behandeld, gecombineerde gevolgen treden hier immers niet op.

Noordelijke Deltakust
Voor KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust kan uitsluitend biologisch kwaliteitselement macrofauna een combinatie van gevolgen ondervinden. Tijdens de aanlegfase kan een combinatie van vertroebeling, habitataantasting en onderwatergeluid optreden. Tijdens de gebruiksfase gaat het enkel om elektromagnetische velden. Het gevolg elektromagnetische velden is afzonderlijk behandeld in paragraaf 4.3.5 en wordt niet versterkt door een andere effectketen. Het wordt hier daarom niet verder beschouwd.

Voor onderwatergeluid en vertroebeling is eerder geconcludeerd dat de gevolgen niet onderscheidend zijn van de autonome situatie. Dit als gevolg van de vele scheepsvaart in dit dynamische kustwater. Onderwatergeluid en vertroebeling beïnvloed macrofauna niet en weegt zodoende ook niet mee in de gecombineerde effecten. Zo blijft alleen habitataantasting over, dit is reeds afzonderlijk beoordeeld. Van een gecombineerd effect is dus geen sprake. Gecombineerde effecten leiden niet tot achteruitgang in KRW-waterlichaam Noordelijke deltakust.

Haringvliet-west
Voor KRW-waterlichaam Haringvliet-west is uitsluitend het externe effect op biologisch kwaliteitselement vis in beschouwing genomen. Tijdens de aanlegfase kan een combinatie van vertroebeling en onderwatergeluid optreden. Tijdens de gebruiksfase betreft het enkel elektromagnetische velden. Het gevolg elektromagnetische velden is afzonderlijk behandeld in paragraaf 4.3.5 en wordt niet versterkt door een andere effectketen. Het wordt hier daarom niet verder beschouwd.

Voor onderwatergeluid en vertroebeling is eerder geconcludeerd dat de gevolgen niet onderscheidend zijn van de autonome situatie. Dit als gevolg van de vele scheepsvaart in dit dynamische kustwater. Onderwatergeluid en vertroebeling vormen daarom afzonderlijk, maar ook

in combinatie, geen barrière voor trekvis tussen het Haringvliet en de Noordzee. Van een gecombineerd effect is dus geen sprake. Gecombineerde effecten leiden niet tot achteruitgang in KRW-waterlichaam Haringvliet-west.

4.4 Cumulatie

4.4.1 Toelichting

Bij de effectbepaling van de gevolgen is voor ieder gevolg uitgegaan van een worst-case seizoen van realisatie, voor zover van toepassing. Er zijn geen effecten vastgesteld op zee. Wel zijn er vier gevolgen die geen effect hebben op zichzelf, maar mogelijk wel in combinatie met andere projecten:

- **Vertroebeling.** Geconcludeerd wordt dat negatieve effecten van vertroebeling kunnen worden uitgesloten. Wanneer echter bij andere projecten ook vertroebeling ontstaat, zou dit kunnen resulteren in hogere vertroebeling die mogelijk wel een effect sorteert. Daarom wordt vertroebeling meegenomen in de cumulatietoets.
- **Continu-onderwatergeluid**. Continu-onderwatergeluid wat optreedt tijdens de aanlegfase heeft geen effect op populatie niveau en de voedselketen. Door de gelijktijdige aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Gamma en Nederwiek 2, wordt continu-onderwatergeluid meegenomen in de cumulatietoets.
- **Habitataantasting** Geconcludeerd wordt dat een verwaarloosbaar oppervlak wordt aangetast ten opzichte van het totale oppervlak van het KRW-waterlichaam (< 0,07 %). Er is geen sprake van achteruitgang in klasse. Door de gelijktijdige aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Gamma en Nederwiek 2, wordt habitataantasting meegenomen in de cumulatietoets.
- **Elektromagnetische velden**. Voor EMV-velden is op basis van de beschikbare kennis geconcludeerd dat nadelige effecten niet te verwachten zijn, achteruitgang van kwaliteitselementen door meetbare doorwerking op soortenrijkdom en abundantie is zodoende niet aan de orde. EMV-velden kunnen echter worden beïnvloed door andere kabels in de nabijheid, waaronder Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma en Nederwiek 1. Daarom wordt dit onderwerp in deze cumulatietoets meegenomen.

In jurisprudentie is nader geconcretiseerd welke plannen en projecten onder de cumulatietoets vallen:

- Projecten waarvoor een vergunning voor de Wet natuurbescherming (of de voorloper, de Natuurbeschermingswet) is verleend, maar die nog niet of slechts ten dele zijn uitgevoerd, en die afzonderlijk of in combinatie met andere projecten of plannen negatieve effecten op de natuurlijke kenmerken van een Natura 2000-gebied kunnen hebben, moeten worden meegenomen in de cumulatietoets.
- Projecten die nog in voorbereiding zijn, of die al geheel uitgevoerd zijn hoeven niet meegenomen te worden.

Ook projecten die niet leiden tot effecten voor de betrokken Natura 2000-gebieden kunnen buiten beschouwing worden gelaten. Zolang nog slechts sprake is van onzekere toekomstige gebeurtenissen, hoeft bij de beoordeling van cumulatieve effecten geen rekening te worden gehouden met plannen. (Bestemmings-)Plannen hoeven daarom niet meegenomen te worden in de cumulatietoets. Deze kunnen een planologische grondslag bieden voor projecten waarvoor een vergunning noodzakelijk is, maar voor dergelijke projecten is zolang geen vergunning is verleend nog nadere besluitvorming vereist. Dezelfde redenering gaat op voor andere beleidsplannen die

kaderstellend zijn, maar zich nog moeten vertalen in concrete besluiten die eventueel vergunningsplicht hebben, of in een Natura 2000-beheerplan kunnen worden opgenomen.

4.4.2 Projecten meegenomen in cumulatietoets

Projecten worden meegenomen in de cumulatietoets wanneer er sprake is van overlap in tijd of locatie. Er is gekeken naar projecten in de vergunningenbank en aanvullend ook naar Wind op zee projecten die op het moment van schrijven (januari 2023) nog niet vergund zijn, maar in Routekaart windenergie op zee 2023 en Routekaart windenergie op zee 2030 staan, zie Tabel 4-7 (zie ook paragraaf 1.2 Deel A).

In de vergunningenbank zijn op dit moment (januari 2023) drie mogelijk relevante projecten gevonden voor vertroebeling. Er zijn geen projecten gevonden waarbij EMV of impuls onderwatergeluid wordt geproduceerd. In de cumulatietoets wordt daarom voor impuls onderwatergeluid en EMV gekeken naar cumulatie met Wind op zee projecten die op het moment van schrijven (december 2022) nog niet vergund zijn, maar in Routekaart windenergie op zee 2023 en Routekaart windenergie op zee 2030 staan.

Voor vertroebeling zijn de volgende projecten gevonden: Vanaf 2018 wordt de Nieuwe Waterweg verdiept en vindt baggeronderhoud plaats van de Nieuwe Waterweg, het Scheur en de hoofdvaargeul van de Botlek (referentie DGAN-NB/16097406). Deze vergunning loopt tot en met januari 2026. Daarnaast is er een vergunning voor baggeronderhoud van de havens bij de Oosterscheldekering en verspreiding van vrijgekomen baggerspecie (referentie DGNVLG/21150069). Deze vergunning loopt van juni 2021 tot en met maart 2025. Het onderhoud van de Tweede Maasvlakte wordt meegenomen aangezien dit in 2026 plaatsvindt. Tevens is ook nog Net op zee Hollandse Kust (west Beta) meegenomen aangezien deze onder Routekaart 2030 valt en de werkzaamheden overlappen met Net op zee Nederwiek 2. In Tabel 4-8 worden de potentiële cumulerende effecten tussen Net op zee Nederwiek 1 en autonome ontwikkelingen opgesomd.

Tabel 4-7 Projecten die overlap in tijd of locatie hebben met Net op zee Nederwiek 2.

Projectnaam	Locatie	Jaar van uitvoering
Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte	Tweede Maasvlakte	2024 en 2026
Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven	Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven	2018-2025
Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering	Oosterschelde	Winter 2021/2022 t/m winter 2023/2024
Net op zee Hollandse kust (west Beta)	Noordzee	2024-2025
Net op zee IJmuiden Ver Alpha	Noordzee	2024-2029
Net op zee IJmuiden Ver Beta	Noordzee	2024-2028
Net op zee IJmuiden Ver Gamma	Noordzee	2024-2029

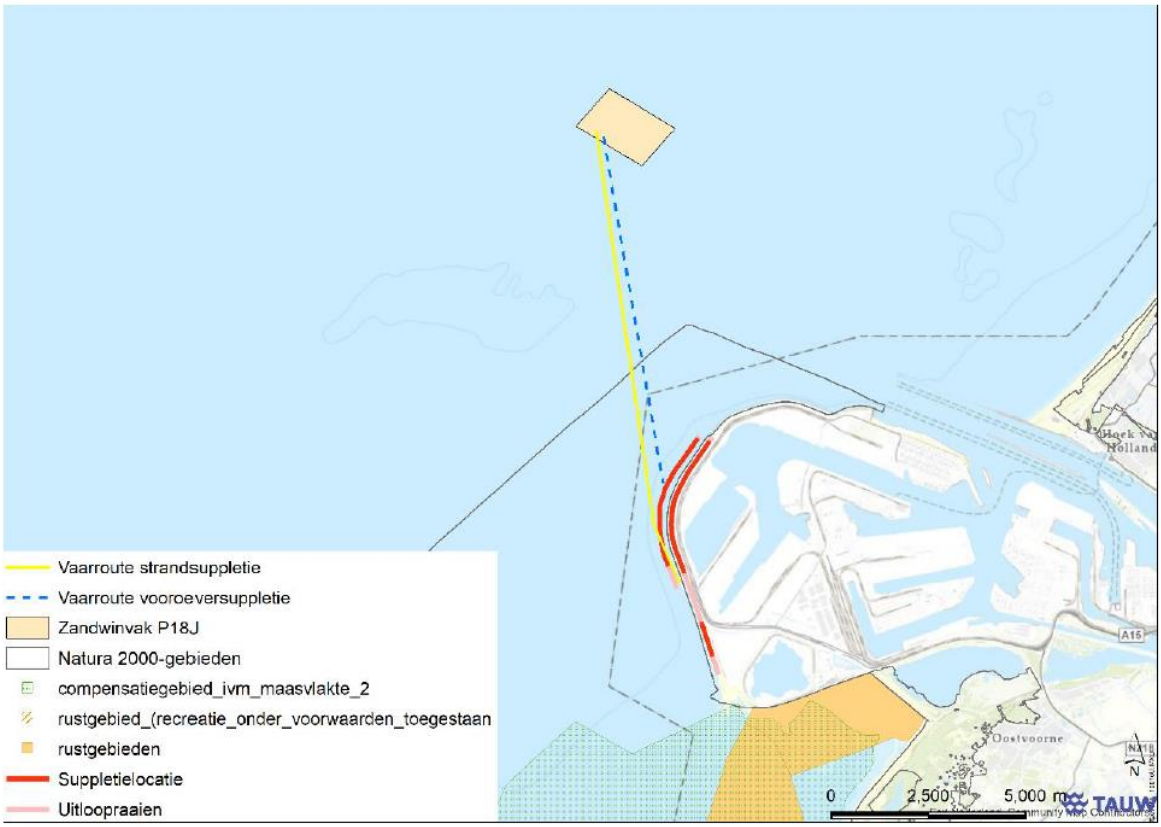
Tabel 4-8 Potentiële cumulerende effecten tussen Net op zee Nederwiek 2 en autonome ontwikkelingen (een X betekent dat er mogelijk cumulerende effecten zijn).

Projectnaam	Vertroebeling	Continu-onderwater-geluid	Bovenwater-verstoring	Habitat-aantasting	Elektromagnetische velden
Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven	X				
Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering	X				
Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte	X			x	
Net op zee Hollandse kust (west Beta)	X	X			
Net op zee IJmuiden Ver Alpha	X	X	X	X	X
Net op zee IJmuiden Ver Beta	X	X	X	x	X
Net op zee IJmuiden Ver Gamma	X	X	X	x	X
Net op zee Nederwiek 2	X	X	X	x	X

Autonome projecten (vergund en toekomstig)

Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte

Elke twee jaar wordt de (zachte) zeewering van de Tweede Maasvlakte onderhouden door middel van zandsuppleties. In een MER voor zandwinning in de Noordzee staan autonome zandwinactiviteiten voor de aanleg en onderhoud van Tweede Maasvlakte van 10 miljoen m^3 gepland in 2024 en 2026 (Sweco, 2017). Dit zullen ook de jaren zijn waarin zandsuppletie zal plaatsvinden ten behoeve van kusthandhaving. Hoogstwaarschijnlijk zijn dit worst-case aantallen, of zijn dit cumulatieve berekeningen voor verschillende activiteiten. Voor de suppleties van 2022 zijn er meer gedetailleerde bronnen beschikbaar. Voor de aanleg en onderhoud wordt ongeveer 1,4 miljoen m^3 zand gewonnen. Dit zal plaatsvinden in september 2022 (Tauw, 2021). De aanleg en onderhoud activiteiten zijn vergund onder referentie DGNVLG / 20182743. De locatie van deze zandwinning bevindt zich in de Noordzee circa 10 km ten westen/noordwesten van de Tweede Maasvlakte (Figuur 4-7). Werkzaamheden voor de aanleg en onderhoud van de Tweede Maasvlakte kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.



Figuur 4-7 Zandwinninglocaties en suppletielocaties voor onderhoud de Tweede Maasvlakte. Overgenomen uit (Tauw, 2021).

Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven
De activiteit betreft de verdieping, met behulp van baggerschepen, van de Nieuwe Waterweg, de Botlek en 2e Petroleumhaven, inclusief verdiepingen bij ligplaatsen voor schepen langs kades en steigers, inclusief extra onderhoud dat in de toekomst noodzakelijk is als gevolg van de verdieping. De activiteit is vergund onder referentie DGAN-NB/16097406.

De verdiepingswerkzaamheden vinden gefaseerd plaats. In de periode 2016-2017 is de eerste fase, waarin de voornaamste baggerwerkzaamheden plaatsvinden en circa 4,7 m^3 miljoen bodemmateriaal afgegraven wordt. In de periode 2018-2025 is de tweede fase, en zijn verdere verdiepingswerkzaamheden gepland voor een betere bereikbaarheid van aangrenzende havenbekkens en ligplaatsen. De hoeveelheid af te graven bodemmateriaal is deze fase 2 miljoen m^3. Werkzaamheden voor de verdieping van de Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.

Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering
Omdat de havens niet voldoen aan de benodigde nautische diepte, worden zes (werk)havens aan de Oosterscheldekering gebaggerd. De activiteit is vergund onder referentie DGNVLG / 21150069.

Vier van de havens liggen aan de binnenzijde (Oosterschelde) en twee havens liggen aan de zeezijde (Voordelta, Noordzee) van de Oosterscheldekering. De vrijkomende baggerspecie van de vier binnenhavens wordt in het gebied (de Oosterschelde) nuttig toegepast. De baggerspecie uit de havens aan de buitenzijde wordt geborgen in de Noordzee en op vijf locaties verspreid rondom de

monding van de Oosterschelde. Werkzaamheden voor baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.

Net op zee Hollandse Kust (west Beta)
Voor de Routekaart windenergie op zee 2030 heeft de Nederlandse overheid vastgelegd dat in 2030 verschillende windparken op zee zijn gebouwd en op land zijn aangesloten. Het windpark Hollandse Kust (west) maakt hier deel van uit. Werkzaamheden van Net op zee Hollandse Kust (west Beta) overlappen in tijd met Net op zee Nederwiek 2. In 2024-2025 worden de kabels aangelegd, waarbij ook gebaggerd wordt. Werkzaamheden van Net op zee Hollandse Kust (west Beta) kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.

Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2
Naast Net op zee Nederwiek 2 zijn worden ook Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma en Nederwiek 1 aangelegd. De aanleg van Net op zee Nederwiek 2 rondt af in 2029. De aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Beta rondt naar verwachting in 2028 af. De aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Gamma rond naar verwachting in 2029 af. Vanwege de parallelle ligging van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 worden vertroebeling, impuls-onderwatergeluid, bovenwaterverstoring, elektromagnetische velden, verstoring op land en habitataantasting op land in cumulatie beoordeeld. Van de vijf tracés worden er maximaal 4 tracés tegelijk aangelegd (door TenneT aangegeven uitgangspunt).

Voor het beoordelen van cumulerende effecten is uitgegaan van de onderstaande twee scenario's:
1. Het aanleggen van vier Netten van de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 vindt plaats met **één jaar ertussen.** Er zal geen overlap optreden in werkzaamheden aan de vier projecten.
2. Het aanleggen van de kabels van vier Netten van de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 vindt plaats in **hetzelfde seizoen**.

Hieronder worden voor alle beschreven autonome projecten de potentiële cumulerende effecten beschreven.

4.4.3 Vertroebeling

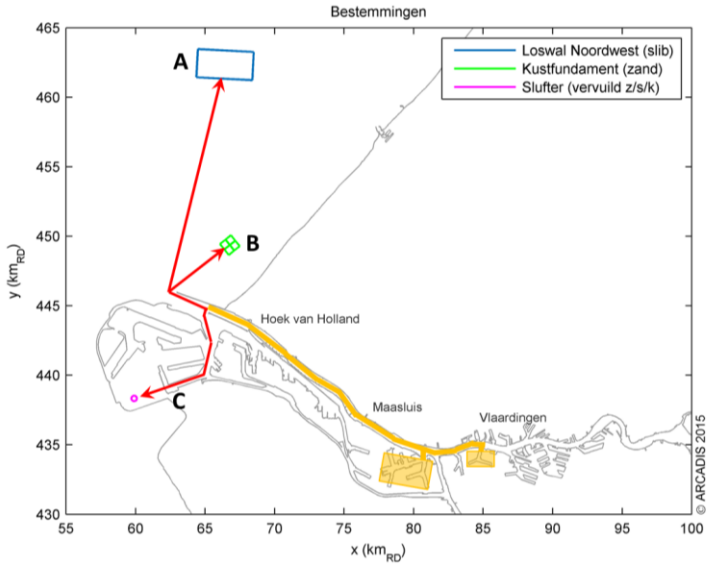
Hierbij wordt gekeken naar reeds vergunde projecten, en cumulatie tussen Netten op zee IJmuiden Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2. Door de parallelle ligging en mogelijke gelijktijdige aanleg van de hierboven genoemde Netten op zee kan op hetzelfde moment vertroebeling ontstaan door deze projecten. Van de vijf tracés worden er maximaal 4 tracés tegelijk aangelegd (door TenneT aangegeven uitgangspunt). De modelstudie laat de gecumuleerde vertroebeling van de Netten op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 zien om een indicatie te geven van de vertroebelingswolk bij de aanleg van 4 tracés. Het kan zijn dat Net op zee IJmuiden Ver Alpha in plaats van één van de Netten op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma of Nederwiek 1 wordt aangelegd in deze periode. Aangezien Netten op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma en Nederwiek 1 het meeste overlap hebben met het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 2 is dit de worst-case cumulatie in vertroebeling.

Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte

Gezien de aanleg van Net op zee Nederwiek 2 die op zijn vroegst in maart 2025 start, zal er voor de suppletie van 2022 en 2024 geen overlap in tijd plaatsvinden. Indien soortgelijke zandwinningen en suppleties gepland zijn voor 2026 kan er een overlap in tijd zijn. De zandwinningswerkzaamheden voor aanleg en onderhoud (suppletie) zullen wel voor vertroebeling zorgen. Deze werkzaamheden zijn echter niet op de plek van de aanlanding van Net op zee Nederwiek 2, maar noordelijker. Deze gebieden overlappen dus niet en vanwege de verwachte korte duur van de suppletie treedt er geen cumulatie van effecten op tussen deze projecten.

Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven

Aangezien de aanleg van Net op zee Nederwiek 2 op zijn vroegst in maart 2025 start, is alleen de tweede fase relevant voor mogelijke cumulatie van vertroebeling. In de tweede fase zal het sediment worden verspreid op Loswal Noordwest (zie Figuur 4-8). Voor de worst-case wordt aangenomen dat de tweede fase (2018-2025) in 1 jaar wordt uitgevoerd. In dat geval bedraagt de toename van de tweede fase ten opzichte van de huidige situatie in de orde van 0,5 mg/L verhoging in de kustnabije zone. Het is de vraag of deze verhoging meetbaar is en niet wegvalt in de ruis van het systeem. Verderop langs de kust zal de verhoging als gevolg van de tweede fase nog een stuk lager liggen. Daarnaast is het waarschijnlijk dat de tweede fase verspreid over de jaren 2019 – 2025 wordt uitgevoerd. Indien dit het geval is zal er zo'n kleine hoeveelheid per jaar verspreid worden dat dit als niet relevant kan worden beschouwd (Arcadis, 2015). De worst-case verhoging is dusdanig beperkt dat significant negatieve effecten als gevolg van cumulatie worden uitgesloten.



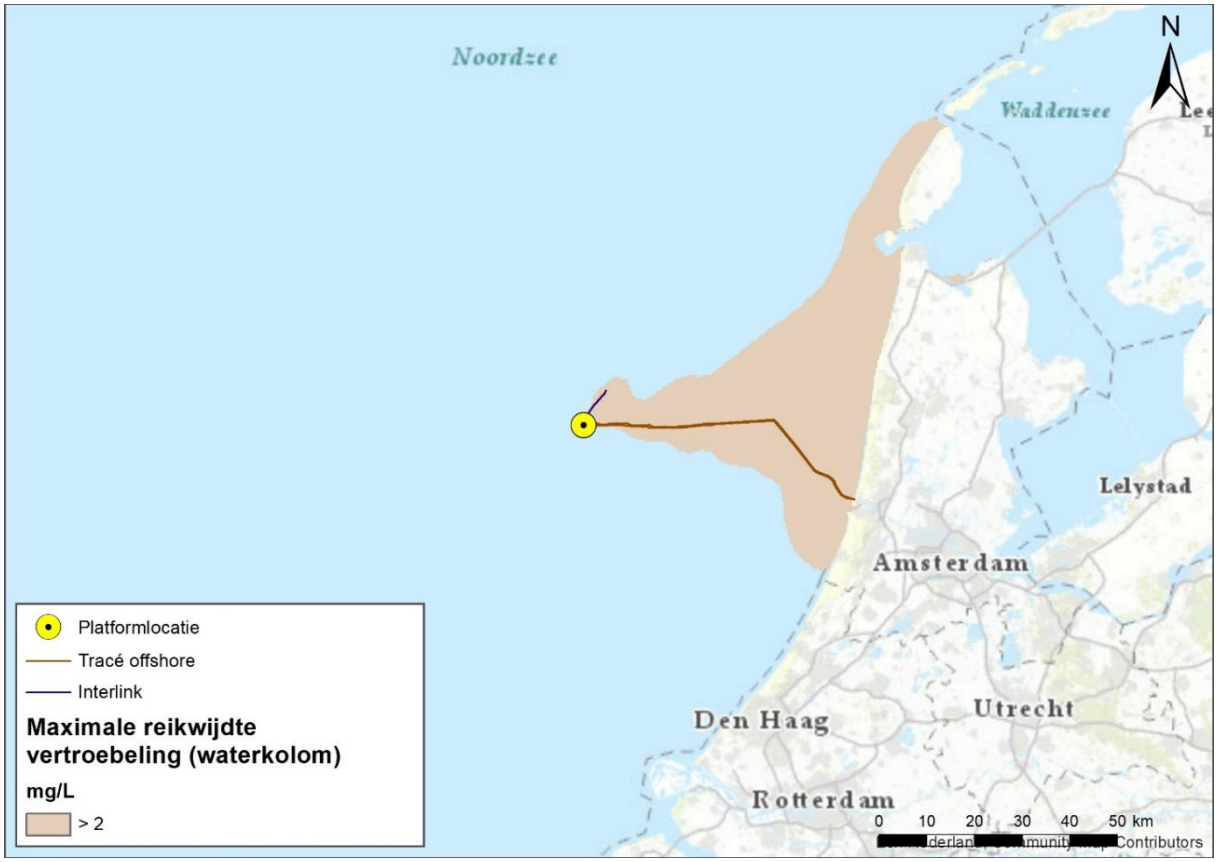
Figuur 4-8 De ligging van verspreidingslocaties gebruikt bij project verdieping Nieuwe Waterweg. Relevant voor cumulatie met Net op zee Nederwiek 2 is verspreidingsvak Loswal Noordwest, welke gebruikt wordt in fase 2 (Arcadis, 2015).

Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering

De bagger- en stortwerkzaamheden worden in drie winterperiodes (tussen 1 oktober en 31 maart) uitgevoerd, te beginnen met winter 2021/2022. De derde en laatste serie van werkzaamheden vindt plaats in de winter 2023/2024. Aanleg van Net op zee Nederwiek 2 begint op zijn vroegst op 1 maart 2025, hierdoor vindt er geen overlap in tijd plaats tussen de projecten. Er treedt geen cumulatie op van vertroebeling.

Net op zee Hollandse Kust (west Beta)

De slibwolk die vrijkomt bij de werkzaamheden van Net op zee Hollandse Kust (west Beta) verspreid zich niet verder dan de kust van Noord-Holland (zie Figuur 4-9) en zal zodoende niet in geografische locatie overlappen met Net op zee Nederwiek 2. Tevens zijn er genoeg uitwijkmogelijkheden voor duikende en op zichtjagende vogels wanneer beide vertroebelingswolken gelijktijdig optreden. Effecten van cumulatie van vertroebeling tussen deze projecten is uitgesloten.



Figuur 4-9 Gebied tot waar de dieptegemiddelde slibwolk (> 2 mg/L) ten gevolge van de werkzaamheden van Hollandse Kust (west Beta) reikt (Arcadis, 2018). N.B. dit is een ouder figuur gebaseerd op oudere data vanuit Hollandse Kust (west Beta).

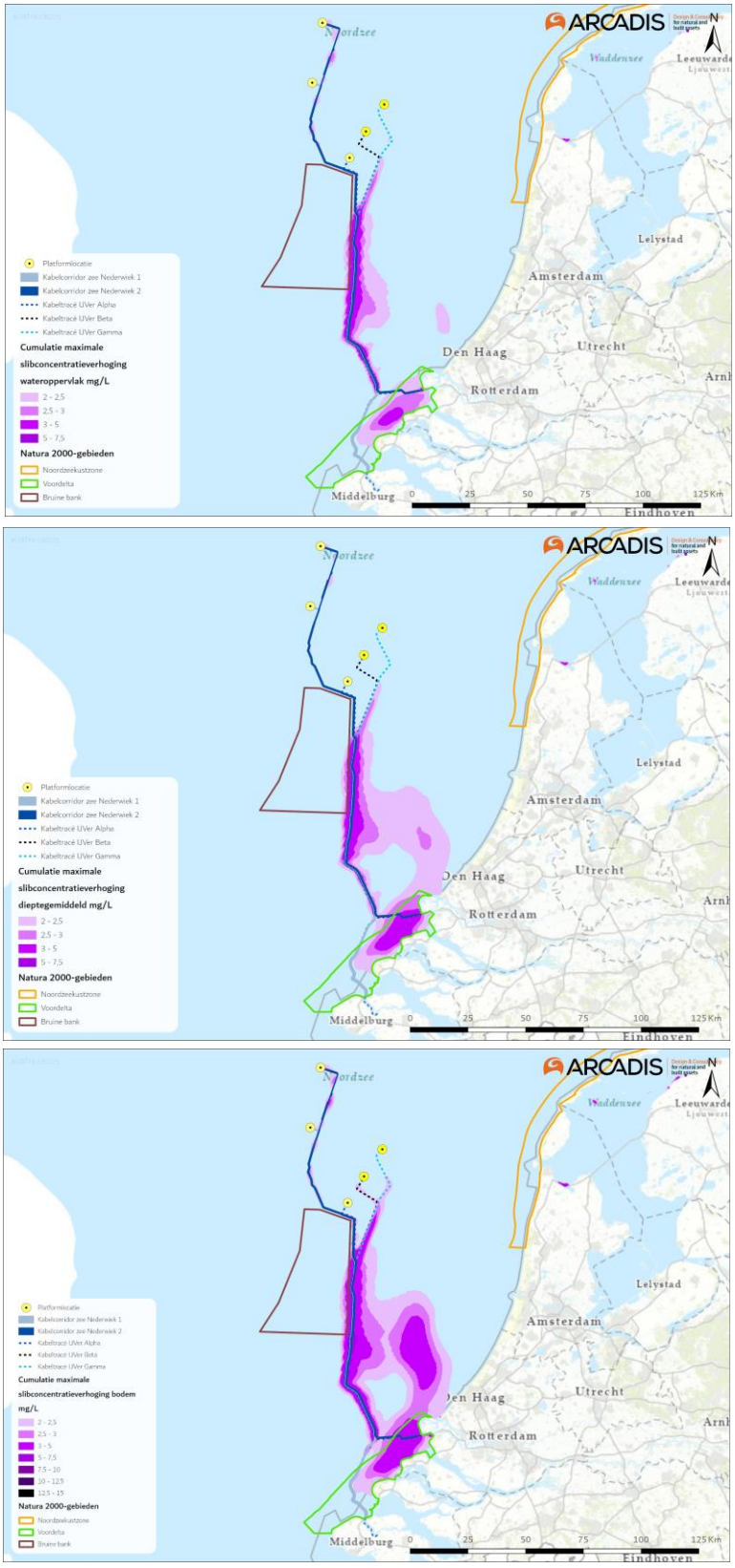
Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2

Figuur 4-10 geeft een beeld van de cumulatie van de maximale concentratieverhoging van het totale gebied, waar op enig moment gedurende de werkzaamheden van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma en Nederwiek 1 slibconcentratieverhogingen plaatsvinden. In Figuur 4-10is een worst-case modellering gebruikt waarin alle 4 de Netten op zee tegelijk aangelegd worden en allemaal starten vanaf land. Ook wordt in de studie gewerkt met een scenario waarbij de aanleg in een korte periode van enkele maanden wordt gedaan. Het ingraven van de kabels kan over een langere periode plaatsvinden, maar dit leidt ten alle tijden tot lagere vertroebeling dan gemodelleerd. Ook is het onwaarschijnlijk dat er daadwerkelijk 4 kabels tegelijk aangelegd worden, in de praktijk zal de vertroebeling dus minder ver reiken.

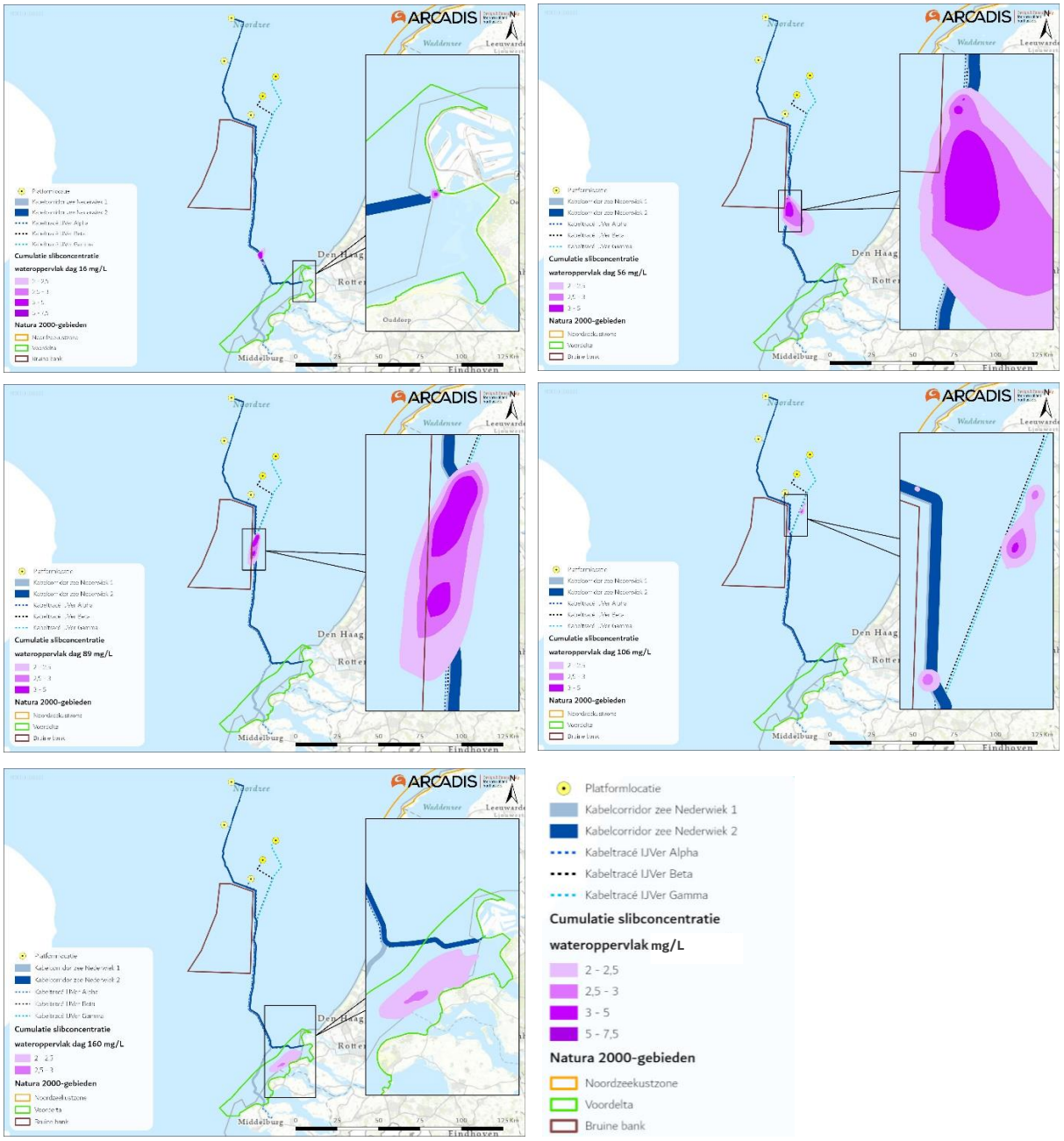
Figuur 4-10 toont voor elke locatie op de kaart de maximale absolute mogelijke worst-case combinatie van vertroebeling van Netten op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 (scenario 1b). Ook is de slibwolk in werkelijkheid op een willekeurig moment tijdens de werkzaamheden kleiner dan weergegeven in Figuur 4-10. De slibwolk en bewegen namelijk mee met

de (bagger)werkzaamheden van Net op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 en doven weer uit. Ter illustratie wordt in Figuur 4-11 het verloop van de vertroebeling in het bovenste gedeelte van de waterkolom op verschillende momenten in tijd weergegeven voor een combinatie van dagen van Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma en Nederwiek 1 om zo een ruimtelijk beeld te krijgen van de verplaatsingen van de slibpluim. De baggerwerkzaamheden vinden in het scenario plaats van west naar oost. In de praktijk is het mogelijk dat aannemers tegengesteld werken of op andere locaties tegelijk aan het werk zijn. In Figuur 4-11 zijn verschillende combinaties gemaakt tussen dagen van Netten op zee IJmuiden Ver, Beta en Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 die voor vertroebeling zorgen in hetzelfde gebied. Voor dagen van Net op zee Nederwiek 2 is hiervoor onder andere gekozen voor dagen die zorgen voor de grootste vertroebeling rond de Bruine Bank (dag 76) en de Voordelta (dag 5).

Uit de figuren valt af te leiden dat de maximale gecumuleerde daggemiddelde slibconcentratie-verhoging op zee aan het wateroppervlak, dieptegemiddeld en bij de bodem niet hoger is dan 7,5 mg/L. In de Voordelta is de maximale concentratieverhoging aan het wateroppervlak 12,5 mg/L en voor dieptegemiddeld en bij de bodem is het 15 mg/L.



Figuur 4-10 Cumulatie van de maximale omvang baggerpluimen van de Netten op zee IJmuiden Ver Beta, IJmuiden Ver Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 gedurende de gehele simulatieperiode voor wateroppervlak (boven), dieptegemiddeld (midden) en bodem (onder). Betreffende worst-case combinatie van maximale vertroebeling. De concentratieverhogingen door de werkzaamheden zijn, aan de hand van een kleurenschaal, weergegeven als daggemiddelde (mg/L).



Figuur 4-11 Verspreiding van gecumuleerde daggemiddelde vertroebeling door de tijd aan het wateroppervlak van verschillende combinaties van geografisch nabijgelegen gemodelleerde dagen van de Netten op zee IJmuiden Ver Beta, IJmuiden Ver Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2. Betreffende worst-case combinatie van maximale vertroebeling. Baggerwerkzaamheden vinden plaats van west naar oost.

Noordelijke Deltakust

De effecten van de reikwijdte van vertroebeling zijn toegelicht in paragraaf 4.3.2. Vertroebeling raakt het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust, wat kan resulteren in effecten op de kwaliteitselementen fytoplankton en macrofauna.

Fytoplankton & Macrofauna Het kwaliteitselement fytoplankton kan beïnvloed worden door vertroebeling door de vermindering van de primaire productie. Ook macrofauna kan worden

beïnvloed door vertroebeling. De vertroebelingswolk die optreedt in de aanlegfase van Net op zee Nederwiek 2 beslaat <0,74% van het KRW-waterlichaam.

Door de gelijktijdige aanleg van Net op zee Nederwiek 2 en Netten op zee IJmuiden ver Beta en Gamma kan het effect van vertroebeling cumuleren. Het gaat hier om relatief kortdurende vertroebeling over beperkte arealen ten opzichte van het KRW-waterlichaam. De vertroebeling vindt daarnaast plaats in een dynamisch kustsysteem waar van nature al hoge slibconcentraties kunnen voorkomen. Hierdoor zijn ook in cumulatie effecten op de abundantie van de fytoplankton en de diversiteit en soortenrijkdom van macrofauna niet aan de orde.

Conclusie*:* Er is geen sprake van achteruitgang van fytoplankton en/of macrofauna door cumulatie van vertroebeling in het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust.

4.4.4 Continu-onderwatergeluid

Noordelijke deltakust (kustwater) & Hollandse kust

Macrofauna

Eerder is al beoordeeld dat het onderwatergeluid van de werkzaamheden niet wezenlijk onderscheidend is van de autonome situatie. Een effect op macrofauna door onderwatergeluid van Net op zee Nederwiek 2 waren daarom uitgesloten, van achteruitgang van het kwaliteitselement was geen sprake. De werkzaamheden van de verschillende Netten op zee veroorzaken een relatief beperkte toename aan continu onderwatergeluid ten opzichte van de autonome situatie en Net op zee Nederwiek 2. De macrofauna in de KRW-waterlichamen is hier al aan gewend. Continu-onderwatergeluid leidt daarom in cumulatie met andere projecten ook niet tot merkbare effecten op de macrofaunagemeenschap.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van continu-onderwatergeluid in het KRW-waterlichaam Noordelijke deltakust & Hollandse kust.

Haringvliet-west

Vis

Eerder is al beoordeeld dat het onderwatergeluid van de werkzaamheden niet wezenlijk onderscheidend is van de autonome situatie. Trekvis die deze wateren passeert is in zekere mate gewend aan onderwatergeluid. Het onderwatergeluid van Net op zee Nederwiek 2 vormt zodoende geen barrière tussen de Noordzee en het Haringvliet. Van een doorwerkend (extern) effect op de soortsamenstelling en/of abundantie van vis in Haringvliet-west is daarom geen sprake en achteruitgang van kwaliteitselement vis is uitgesloten. De werkzaamheden van de verschillende Netten op zee veroorzaken een relatief beperkte toename aan continu onderwatergeluid ten opzichte van de autonome situatie en Net op zee Nederwiek 2. Continu-onderwatergeluid leidt daarom in cumulatie met andere projecten ook niet tot merkbare (externe) effecten op de visgemeenschap.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van kwaliteitselement vis in het KRW-waterlichaam Haringvliet-west door cumulatie van continu-onderwatergeluid.

4.4.5 Habitataantasting

Noordelijke Deltakust (kustwater)

Macrofauna

In paragraaf 4.3.4 zijn de effecten bepaald van habitataantasting voor Net op zee Nederwiek 2. Tijdens de aanlegfase vindt er zeer lokaal habitataantasting plaats in het KRW waterlichaam Noordelijke Deltakust. Dit is een worst-case aanname waarbij een reikwijdte wordt gehanteerd van 25 meter bodemaantasting bij kabelaanleg. Het gebied wat aangetast wordt is <0,065% van het totale KRW-waterlichaam.

Habitataantasting kan effect hebben op het kwaliteitselement macrofauna. Vanwege de parallelle ligging van de kabeltracés van Net op zee Nederwiek 2 met Net op zee IJmuiden Ver Beta en Gamma, kunnen de effecten van habitataantasting cumuleren. Aangezien de tracés binnen het KRW-waterlichaam dezelfde route volgen, neemt het areaal van habitataantasting binnen grofweg dezelfde zone toe. Rond de tracés zijn mogelijk locaties met hoge dichtheden halfgeknotte strandschelpen aanwezig. Deze soort komt echter ook op meerdere plaatsen in hogere dichtheden voor.

Omdat het in cumulatie nog steeds om fracties van een procent van het KRW-waterlichaam gaat waar aantasting plaatsvindt zijn effecten op de overkoepelende soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam niet aan de orde. Ook wanneer enkele locaties met hoge dichtheden halfgeknotte strandschelpen worden aangetast betreft dit één soort binnen een kleine zone in het KRW-waterlichaam. De soort verdwijnt niet uit het KRW-waterlichaam, de soortenrijkdom en diversiteit wordt niet meetbaar beïnvloed.

Naast de beoordeling dat geen sprake is van achteruitgang is habitataantasting van de zeebodem tevens een tijdelijk effect. Op termijn (<5 jaar) is aangetast areaal weer volledig geherkoloniseerd. Ondanks dat lange termijn effecten op habitats hiermee uit te sluiten zijn weegt het niet mee in de beoordeling over of er sprake is van achteruitgang.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang door cumulatie van habitataantasting van macrofauna in het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust .

4.4.6 Elektromagnetische velden

Noordelijke Deltakust (kustwater)

Macrofauna

In paragraaf 4.3.5 en Bijlage VII-D zijn de effecten van elektromagnetische velden beschreven op de kwaliteitselementen macrofauna in het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust.
Op basis van de beschikbare informatie is geconcludeerd dat de veldsterktes van de projecten ruim onder de waarden liggen waarbij mogelijk effecten optreden op soorten macrofauna.

Voor cumulatie van het elektromagnetisch veld moeten de respectievelijke elektromagnetische velden overlappen. In de kustzone liggen de kabels op een onderlinge afstand van 200 meter. Eerder is toegelicht dat het elektromagnetisch veld van de kabel van Net op zee Nederwiek 1 horizontaal niet verder rijkt dan circa 40 meter. Hetzelfde geldt voor de vergelijkbare kabel van Net op zee IJmuiden Ver Alpha/Beta/Gamma. Er is dus geen sprake van overlap en in cumulatie nemen de waarden van de EMV's dus niet toe. Macrofauna wordt in cumulatie dus alleen blootgesteld aan een

groter areaal waarin EMV's van dezelfde sterkte plaatsvinden. Hiervan is eerder geconcludeerd dat negatieve effecten bij dergelijke waarden niet aan de orde zijn, het oppervlak maakt daarbij niet uit.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van elektromagnetische velden in het KRW-waterlichamen Noordelijke Deltakust op basis van de huidige kennis.

Haringvliet-west

Vis

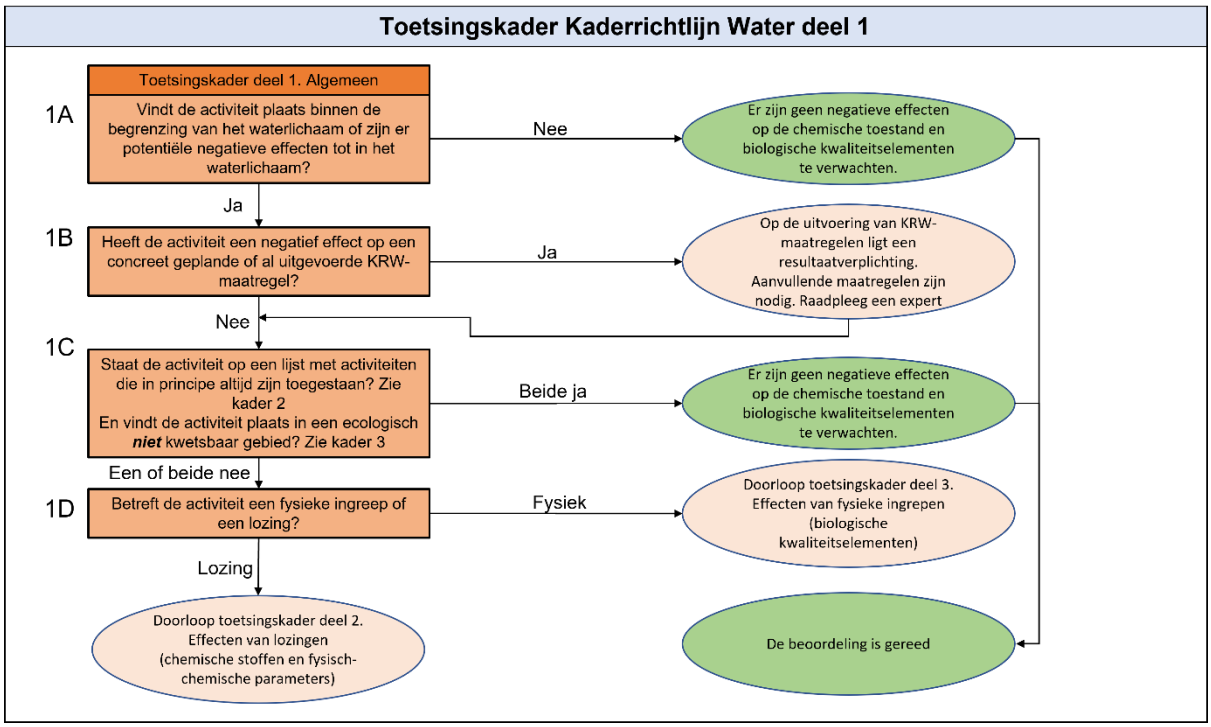
In bovenstaande paragraaf voor de cumulatieve effecten van EMV's op macrofauna in het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust is geconcludeerd dat er geen sprake is van overlap van EMV's van andere kabels van andere projecten. Dit komt omdat de onderlinge afstand tussen de kabels minimaal 200 meter bedraagt en de EMV's niet verder reiken dan circa 40 meter. Trekvis die van en naar KRW-waterlichaam Haringvliet-west trekt komt zodoende ook niet in aanraking met hogere waarden aan EMV's dan eerder beoordeeld. Ze komen in cumulatie wel in aanraking met grotere arealen waarin EMV's aanwezig zijn van dezelfde waarde als eerder beoordeeld. Hiervan eerder geconcludeerd dat negatieve effecten bij dergelijke waarden niet aan de orde zijn, het oppervlak maakt daarbij niet uit.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van vis als gevolg van externe effecten van cumulatie van elektromagnetische velden voor KRW-waterlichaam Haringvliet-west.

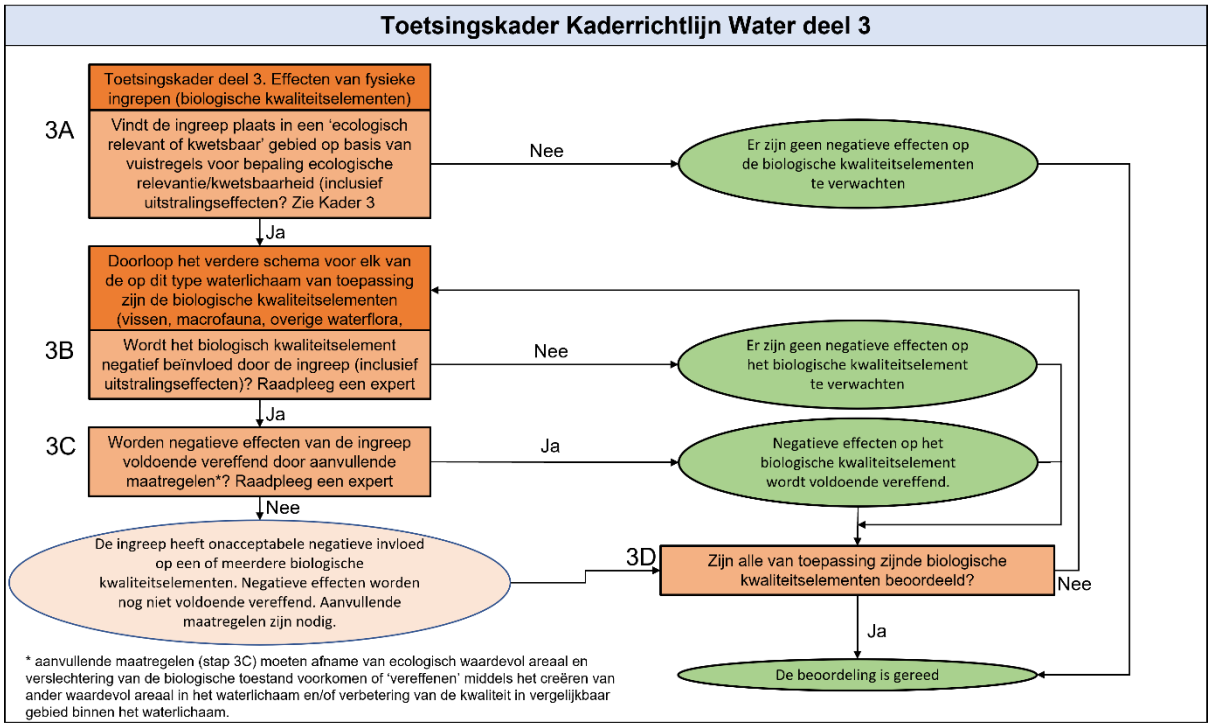
4.5 Toetsing KRW

4.1.4 Inleiding

Voor het bepalen van de effecten van de werkzaamheden aan de Kaderrichtlijn Water wordt volgens het 'Toetsingskader waterkwaliteit' een stapsgewijze beoordeling uitgevoerd. De eerste stap van deze toetsing is het algemene deel van het toetsingskader, welke bestaat uit het onderstaande stroomschema, zie Figuur 4-12. Aangezien er geen sprake is van een lozing hoeft 'Toetsingskader deel 2' niet doorlopen te worden. Het "Toetsingskader deel 3: Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen)" is te zien in Figuur 4-13.



Figuur 4-12 Toetsingskader deel 1. Algemeen" uit het Toetsingskader Waterkwaliteit.



Figuur 4-13 Toetsingskader deel 3. Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen).

De locatie van de ingreep is beschreven in Hoofdstuk 2. De ingreep vindt plaats binnen de begrenzing van KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust en Hollandse kust. De toetsingskaders zullen doorlopen worden per KRW-waterlichaam.

4.5.1 Toetsingskader deel 1

Wanneer het algemene deel van het toetsingskader (Figuur 4-12) wordt doorlopen voor Net op zee Nederwiek 2 blijkt:

Noordelijke Deltakust (kustwater)

- 1A. De ingreep vindt plaats in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust.
- 1B. Voor KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust zijn in de periodes 2010 t/m 2015 en 2016 t/m 2021 geen maatregelen uitgevoerd die een negatief effect ondervinden van de voorgenomen activiteit Uitgevoerde maatregelen zijn gericht op voorlichting en onderzoek. Voor de periode 2022 t/m 2027 zijn geen maatregelen gepland (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2020). De activiteit heeft geen negatief effect op concreet geplande of al uitgevoerde KRW-maatregelen.
- 1C. Het plaatsen van kabels en leidingen staat op de lijst van kader 2. De geplande werkzaamheden vallen in ecologisch kwetsbaar gebied, aangezien de ingreep plaatsvindt in kustwateren en invloed heeft op het gebied buiten de vaargeulen. Het kabeltracé loopt deels door dit gebied.
- 1D. De activiteit betreft een fysieke ingreep. Als vervolgstap dient “Toetsingskader deel 3A: Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen)” doorlopen te worden.

Haringvliet-west

- 1A. De activiteit heeft mogelijk via barrièrewerking uitstralingseffecten van elektromagnetische velden naar KRW-waterlichaam Haringvliet-west.
- 1B. Voor KRW-waterlichaam Haringvliet-west zijn in de periodes 2010 t/m 2015 en 2016 t/m 2021 geen maatregelen uitgevoerd die een negatief effect ondervinden van de voorgenomen activiteit. Uitgevoerde maatregelen in 2010 t/m 2015 waren een verkenning naar aangepast beheer voor drinkwaterbeschermingszones en optimalisatie van vooroeververdediging Slijkplaat, Menheerse plaat en Beningerslikken. In 2016 t/m 2021 waren maatregelen gericht op het voor vis passeerbaar maken van kunstwerken, onderzoek naar vaststellen van herkomst van stoffen, onderzoek naar drinkwaterbeschermingszone en optimalisatie en vooroeververdediging Slijkplaat, Menheerse plaat en Beningerslikken. Voor 2022 t/m 2027 zijn maatregelen gepland gericht op het uitvoeren van onderzoek en voor vis passeerbaar maken van kunstwerken (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021). Deze maatregelen ondervinden geen effect van het kabeltracé.
- 1C. Het plaatsen van kabels en leidingen staat op de lijst van kader 2.
- 1D. De activiteit betreft een fysieke ingreep. Als vervolgstap dient “Toetsingskader deel 3: Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen)” doorlopen te worden.

Hollandse kust (kustwater)

- 1A. De activiteit heeft uitstralingseffecten van onderwatergeluid naar Hollandse kust (kustwater).
- 1B. Voor KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) zijn in de periodes 2010 t/m 2015 en 2016 t/m 2021 geen maatregelen uitgevoerd die een negatief effect ondervinden van de voorgenomen activiteit. Uitgevoerde maatregelen waren hoofdzakelijk gericht op het voor vis passeerbaar maken van kunstwerken, uitvoeren van onderzoek, geven van voorlichting en 1 maatregel geclassificeerd als overige emissiemaatregel. Voor de periode 2022 t/m 2027 zijn geen maatregelen gepland (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2020).

- 1C. Het plaatsen van kabels en leidingen staat op de lijst van kader 2. Onderwatergeluid treedt op in het gebied binnen de kustwateren, wat voor kust- en overgangswateren wordt geclassificeerd als ecologisch relevant gebied.
- 1D. De activiteit betreft een fysieke ingreep. Als vervolgstap dient “Toetsingskader deel 3A: Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen)” doorlopen te worden.

4.5.2 Toetsingskader deel 3

Het toetsingskader staat in Figuur 4-13.

- 3A: De ingreep of uitstralingseffecten vinden in de drie KRW-waterlichamen plaats in ecologisch relevant of kwetsbaar gebied (zie beschrijving van stap 1C in paragraaf 4.5.1).

De volgende stappen (3B, 3C en 3D) dienen doorlopen te worden voor elk van de van toepassing zijnde biologische kwaliteitselementen voor elk van de twee waterlichamen. Deze stappen worden voor elk van de KRW-waterlichamen doorlopen in de volgende paragrafen.

4.5.3 KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater)

Op basis van het stroomschema blijkt dat er een effect zou kunnen zijn van de werkzaamheden op de ecologische toestand van het KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater). Daarom moet afzonderlijk gekeken worden naar het effect op de van toepassing zijnde kwaliteitselementen in dit waterlichaam, namelijk ‘Fytoplankton’ en ‘Macrofauna’. De daarbij behorende effectbeoordelingen zijn voor ieder relevant gevolg aan bod gekomen in paragraaf 4.3. Ook de eventuele extra effecten van gecombineerde gevolgen zijn daar besproken. In paragraaf 4.4 is daarnaast ook het effect behandeld in cumulatie met andere projecten die plaatsvinden in dezelfde regio. Hieronder is samengevat wat het oordeel is en wat hieruit wordt geconcludeerd.

*Tabel 4-9 Oordeel en conclusie voor de relevante effect-kwaliteitselement combinaties in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater). *> = positieve verandering, 0 = geen achteruitgang, < = achteruitgang (ongeacht kortdurend of permanent)*

Kwaliteitselement	Effect	Oordeel en conclusie	Categorie*
Fytoplankton	Vertroebeling	Meetbare effecten op de abundantie van fytoplankton in het KRW-waterlichaam als gevolg van vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe vertroebeling. Geen achteruitgang.	0
Macrofauna	Vertroebeling	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe vertroebeling. Geen achteruitgang.	0
	Habitat-aantasting	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van habitataantasting zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe habitataantasting. Geen achteruitgang.	0
	Continu onderwater-geluid	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van continu onderwatergeluid zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met extern continu onderwatergeluid. Geen achteruitgang.	0
	Elektromagnetische velden	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van elektromagnetische velden zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe elektromagnetische velden. Geen achteruitgang.	0

4.5.4 KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater)

Op basis van het stroomschema blijkt dat er een effect zou kunnen zijn van de werkzaamheden op de ecologische toestand van het KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater). Daarom moet afzonderlijk gekeken worden naar het effect op de van toepassing zijnde kwaliteitselementen in dit waterlichaam, namelijk 'Fytoplankton' en 'Macrofauna'. Omdat alleen het gevolg continu-onderwatergeluid overlapt met het KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater) is alleen het effect op macrofauna behandeld. Fytoplankton wordt niet beïnvloed door continu onderwatergeluid. De bijbehorende effectbeoordeling is aan bod gekomen in paragraaf 4.3. Omdat macrofauna hier aan één gevolg wordt blootgesteld is er geen sprake van gecombineerde gevolgen. In paragraaf 4.4 is wel het effect behandeld in cumulatie met andere projecten die plaatsvinden in dezelfde regio. Hieronder is samengevat wat het oordeel is en wat hieruit wordt geconcludeerd.

*Tabel 4-10 Oordeel en conclusie voor de relevante effect-kwaliteitselement combinaties in KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater). *> = positieve verandering, 0 = geen achteruitgang, < = achteruitgang (ongeacht kortdurend of permanent)*

Kwaliteitselement	**Effect**	**Oordeel en conclusie**	**Categorie***
Macrofauna	Continu onderwater-geluid	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van continu onderwatergeluid zijn uitgesloten. Dit geldt ook in cumulatie met extern continu onderwatergeluid van andere projecten. Geen achteruitgang.	0

4.5.5 KRW-waterlichaam Haringvliet-west

Op basis van het stroomschema blijkt dat er een effect zou kunnen zijn van de werkzaamheden op de ecologische toestand van het KRW-waterlichaam. Daarom is afzonderlijk gekeken naar het effect op de van toepassing zijnde kwaliteitselementen in dit waterlichaam, namelijk 'Fytoplankton', 'Macrofauna', 'Overige Waterflora' en 'Vis'. Geen van de gevolgen overlappen echter met het KRW-waterlichaam, punt van aandacht is wel de mogelijke externe effecten op migrerende soorten. Dit betreft uitsluitend (trek)vissoorten. Daarom is alleen kwaliteitselement vis behandeld. De bijbehorende effectbeoordelingen voor vis zijn aan bod gekomen in paragraaf 4.3. Hierin is ook het effect van de verschillende gevolgen van het project in combinatie behandeld. In paragraaf 4.4 is het effect behandeld in cumulatie met andere projecten die plaatsvinden in dezelfde regio. Hieronder is samengevat wat het oordeel is en wat hieruit wordt geconcludeerd.

*Tabel 4-11 Oordeel en conclusie voor de relevante effect-kwaliteitselement combinaties in KRW-waterlichaam Hollandse kust (kustwater). *> = positieve verandering, 0 = geen achteruitgang, < = achteruitgang (ongeacht kortdurend of permanent)*

Kwaliteitselement	Effect	Oordeel en conclusie	Categorie*
Vis	Vertroebeling	Meetbare effecten op de soortsamenstelling en/of abundantie van de visgemeenschap in het KRW-waterlichaam als extern gevolg van barrièrewerking door vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met vertroebeling van andere projecten. Geen achteruitgang.	0
	Continu onderwater-geluid	Meetbare effecten op de soortsamenstelling en/of abundantie van de visgemeenschap in het KRW-waterlichaam als extern gevolg van barrièrewerking door continu onderwatergeluid zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met continu onderwatergeluid van andere projecten. Geen achteruitgang.	0
	Elektromagnetische velden	Meetbare effecten op de soortsamenstelling en/of abundantie van de visgemeenschap in het KRW-waterlichaam als extern gevolg van barrièrewerking door elektromagnetische velden zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met elektromagnetische velden van andere projecten. Geen achteruitgang.	0

4.6 Conclusie

Samenvat wordt geconcludeerd dat er geen sprake is van achteruitgang van de ecologische en/of chemische waterkwaliteit van KRW-waterlichamen door de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 2.

Met betrekking tot de effecten van het ingraven en gebruik van kabels van Net op zee Nederwiek 2 in en rond KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater) zijn geen effecten gevonden die leiden tot de achteruitgang van de ecologische en chemische waterkwaliteit. De gevolgen van Net op zee Nederwiek 2 hebben geen meetbare invloed op de abundantie van fytoplankton en de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met gevolgen van externe projecten. Een effect op overige relevante (fysisch) chemische parameters in KRW-waterlichaam Noordelijke Deltakust (kustwater), leidend tot achteruitgang, was op voorhand uit te sluiten.

Ook voor KRW-waterlichaam Hollandse kust leidt de aanleg en het gebruik van kabels van Net op zee Nederwiek 2 niet tot achteruitgang van de ecologische en chemische waterkwaliteit. De gevolgen

van Net op zee Nederwiek 2 hebben geen meetbare invloed op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met gevolgen van externe projecten. Een effect op overige relevante kwaliteitselementen en (fysisch) chemische parameters dat zou leiden tot achteruitgang was op voorhand uit te sluiten.

Ten slotte leidt de aanleg en het gebruik van kabels van Net op zee Nederwiek 2 niet tot achteruitgang van de (ecologische en chemische) kwaliteit in KRW-waterlichaam Haringvliet-west. Geen van de gevolgen overlappen met dit KRW-waterlichaam, hier was het punt van aandacht het mogelijke externe effect op migrerende trekvissen. Er is geconcludeerd dat vertroebeling, continu-onderwatergeluid en elektromagnetische velden niet leidt tot barrièrewerking. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met gevolgen van externe projecten. De soortsamenstelling en/of abundantie van de visgemeenschap in KRW-waterlichaam Haringvliet-west wordt daarom niet beïnvloed.

5 Referenties

Andersen, S. M., Teilmann, J., Dietz, R., Schmidt, N. M., & Miller, L. A. (2012). Behavioural responses of harbour seals to human-induced disturbances. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *22*(1), 113–121. https://doi.org/10.1002/aqc.1244

André, M., Solé, M., Lenoir, M., Durfort, M., Quero, C., Mas, A., Lombarte, A., van der Schaar, M., López-Bejar, M., Morell, M., Zaugg, S., & Houégnigan, L. (2011). Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *9*(9), 489–493. https://doi.org/10.1890/100124

Arcadis. (2015). *Verdieping Nieuwe Waterweg en Botlek achtergrondstudie vertroebeling door baggeren en slibverspreiding.* (Issue december).

Arcadis. (2018). *Passende Beoordeling Net op Zee Hollandse Kust (Noord) en Hollandse Kust (West Alpha). 079806108 A.4*.

Arcadis. (2020). *Ecoprofiel Sabellaria spinulosa Zandkokerwormriffen op de Bruine Bank*.

Arends, E., Groen, R., Jager, T., Boon, A., & (eds.). (2009). *Passende Beoordeling Wind op Zee*.

Armstrong, J. D., Hunter, D.-C., Fryer, R. J., Rycroft, P., & Orpwood, J. E. (2015). Behavioural Responses of Atlantic Salmon to Mains Frequency Magnetic Fields. *Scottish Marine and Freshwater Science*, *6*(9). https://doi.org/10.7489/1621-1

Baptist, M. J., Tamis, J. E., Borsje, B. W., & Werf, J. J. Van Der. (2009). Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast. *IMARES C113/08, Deltares Z4582.50*, *January*, 69.

Becker, P. H., & Ludwigs, J.-D. (2004). Sterna hirundo Common Tern. *BWP Update*, *6*, 91–137.

Bellman, M. A., May, A., Wendt, T., Gerlach, S., Remmers, B., & Brinkmann, J. (2020). *Underwater noise during percussive pile driving: Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values ERa Report*.

BIJ12. (2017). *Kennisdocument watervleermuis | Myotis daubentonii*.

Bijkerk, R. (1988). *Ontsnappen of begraven blijven*.

Bjerselius, R., Li, W., Teeter, J. H., Seelye, J. G., Johnsen, P. B., Maniak, P. J., Grant, G. C., Polkinghorne, C. N., & Sorensen, P. W. (2000). Direct behavioral evidence that unique bile acids released by larval sea lamprey (*Petromyzon marinus*) function as a migratory pheromone. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *57*(3), 557–569. https://doi.org/10.1139/f99-290

Blankendaal, V. G., Tamis, J. E., Van Der Wal, J. T., van der Brugh, H., & van Dalfsen, J. A. (2012). *Cumuleo v 2.0: Integratie van andere gebruiksfuncties*.

Bochert, R., & Zettler, M. L. (2004). Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, *25*(7), 498–502. https://doi.org/10.1002/bem.20019

Boele, A., van Bruggen, J., Hustings, F., Koffijberg, K., Vergeer, J.-W., van der Meij, T., de Boer, V., Deuzeman, S., van Diek, H., de Jong, A., Kampichler, C., van Kleunen, A., Marx, L., Schekkerman, H., Schoppers, J., van Turnhout, C., Zoetebier, D., & van der Jeugd, H. (2015). *Broedvogels in Nederland in 2013*.

Bos, O. G., Coolen, J. W. P., & Van Der Wal, J. T. (2019). *Biogene riffen in de Noordzee—Actuele en potentiële verspreiding van rifvormende schelpdieren en wormen* (p. 47). Wageningen Marine Research. https://doi.org/10.18174/494566

Boudewijn, T. J. (2016). Passende Beoordeling zandsuppletie Roggenplaat. Toetsing in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998 en Natuurnetwerk Nederland. *Bureau Waardenburg, Rapport 16-161*.

Bouma, S., Lengkeek, W., & van den Boogaard, B. (2012). *Aanwezigheid en gedrag van zeehonden op de Verklikkerplaat, de Middelplaat en de Hooge Platen*.

Bouma, S., Lengkeek, W., van den Boogaard, B., & Waardenburg, H. W. (2010). *Reageren zeehonden op de Razende Bol op langsvarende baggerschepen? Inclusief reacties op andere menselijke activiteiten.*

Bray, L., Reizopoulou, S., Voukouvalas, E., Soukissian, T., Alomar, C., Vázquez-Luis, M., Deudero, S., Attrill, M., & Hall-Spencer, J. (2016). Expected Effects of Offshore Wind Farms on Mediterranean Marine Life. *Journal of Marine Science and Engineering*, *4*(1), 18. https://doi.org/10.3390/jmse4010018

Brenninkmeijer, A., & Stienen, E. W. M. (1992). *Ecologisch profiel van de Grote Stern (Sterna sandvicensis). RIN-rapport 92/17.*

Burdon, D., Callaway, R., Elliott, M., Smith, T., & Wither, A. (2014). Mass mortalities in bivalve populations: A review of the edible cockle Cerastoderma edule (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *150*(PB), 271–280.

Burson, A., Stomp, M., Akil, L., Brussaard, C. P. D., & Huisman, J. (2016). *Unbalanced reduction of nutrient loads has created an offshore gradient from phosphorus to nitrogen limitation in the North Sea*.

Cattrijsse, A. (1997). *Vissen in troebel water.*

Coates, D. A., Van Hoey, G., Colson, L., Vincx, M., & Vanaverbeke, J. (2015). Rapid macrobenthic recovery after dredging activities in an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia*, *756*(1), 3–18.

Compendium voor de Leefomgeving. (2014). *Europese Kaderrichtlijn Water | Compendium voor de Leefomgeving*.

Coolen, J. W. P., Lengkeek, W., Lewis, G., Bos, O. G., Van Walraven, L., & Van Dongen, U. (2015). First record of Caryophyllia smithii in the central southern North Sea: Artificial reefs affect range extensions of sessile benthic species. *Marine Biodiversity Records*, *8*, e140. https://doi.org/DOI: 10.1017/S1755267215001165

Cresci, A., Durif, C. M. F., Larsen, T., Bjelland, R., Skiftesvik, A. B., & Browman, H. I. (2022). Magnetic fields produced by subsea high-voltage direct current cables reduce swimming activity of haddock larvae (Melanogrammus aeglefinus). *PNAS Nexus*, *1*(4), pgac175. https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac175

Cresci, A., Perrichon, P., Durif, C. M. F., Sørhus, E., Johnsen, E., Bjelland, R., Larsen, T., Skiftesvik, A. B., & Browman, H. I. (2022). Magnetic fields generated by the DC cables of offshore wind farms have no effect on spatial distribution or swimming behavior of lesser sandeel larvae (Ammodytes marinus). *Marine Environmental Research*, *176*, 105609. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105609

Dähne, M., Tougaard, J., Carstensen, J., Rose, & Nabe-Nielsen, J. (2017). *Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises. 580*, 221–237.

de Groot, S. J. (1979). An assessment of the potential environmental impact of large-scale sand-dredging for the building of artificial islands in the North Sea. *Ocean Management*, *5*(3), 211–232.

de Jong, C. A. F., & Binnerts, B. (2022). *Onderwatergeluid heien Gamma-platform voor windparken IJmuiden Ver* (p. 13). TNO.

de Jong, C., & Binnerts, B. (2020). *Bijlage C Onderwatergeluid heien Beta-platform voor windpark Hollandse Kust West, bij Passende Beoordeling Hollandse Kust west Beta*.

de Jong, C., & de Krom, P. (2022). *Onderwatergeluid bij het heien voor het Nederwiek 2 platform*.

De Robertis, A., Ryer, C. H., Veloza, A., & Brodeur, R. D. (2003). Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *60*(12), 1517–1526. https://doi.org/10.1139/f03-123

de Soto, N. A. (2016). Peer-Reviewed Studies on the Effects of Anthropogenic Noise on Marine Invertebrates: From Scallop Larvae to Giant Squid. In A. N. Popper & A. Hawkins (Eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II* (Vol. 875, pp. 17–26). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8_3

Del Hoyo, J., Elliot, A., & Sargatal, J. (1996). *Handbook of the birds of the world, Vol. 3, Hoatzin to Auks.* Lynx Edicions.

Didderen, K., & Bouma, S. (2012). *Reacties van zeehonden op baggerschepen. Suppletiewerkzaamheden bij Renesse.*

Dodson, J. J., & Leggett, W. C. (1974). Role of Olfaction and Vision in the Behavior of American Shad (Alosa sapidissima) Homing to the Connecticut R.iver from Long Island Sound. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, *31*(10), 1607–1619.

Dunn, R. E., Wanless, S., Green, J. A., Harris, M. P., & Daunt, F. (2019). Effects of body size, sex, parental care and moult strategies on auk diving behaviour outside the breeding season. *Journal of Avian Biology*, *50*(7), 1–14. https://doi.org/10.1111/jav.02012

EMODnet. (n.d.). *EMODnet DTM for European sea regions*.

Engelmoer, M., & Altenburg, W. (1999). *Vogels binnendijks: De waarden van de cultuurgronden in het Nederlandse waddengebied voor vogels*.

Essink, K. (1993). *Ecologische effecten van baggeren en storten van baggerspecie in het Eems—Dollard estuarium en de Waddenzee: Eindrapport van het project Baghwad*3.*

EUR-Lex. (2022). *Arrest van het Hof (Tweede kamer) van 5 mei 2022. Zaak C-525/20. - Document 62020CJ0525—ECLI:EU:C:2022:350*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A62020CJ0525&qid=1651768262986

Europese Commissie. (2006). *DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on environmental quality standards in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC*.

Fijn, R. C., Arts, F. A., de Jong, J. W., Beuker, E. L., Bravo Rebolledo, Engels, B. W. R., Hoekstein, M., & Jonkvorst, R.-J. (2019). *Verspreiding en abundantie van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2018-2019*. 135.

Fijn, R. C., van Bemmelen, R. S. A., de Jong, J. W., Arts, F. A., Beuker, D., Bravo Rebolledo, E. L., Engels, B. W. R., Hoekstein, M., Jonkvorst, R.-J., Lilipaly, S., Sluijter, M., Van Straalen, K. D., & Wolf, P. A. (2020). *Verspreiding en abundantie van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2019-2020*.

Fijn, RSA van Bemmelen, JW de Jong, FA Arts, D Beuker, EL Bravo Rebolledo, & PA Wolf. (2022). *Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2020-2021* (21–281). Bureau Waardenburg.

Fisher, C., & Slater, M. (2010). *Electromagnetic Field Study: Efects of electromagnetic fields on marine species, a literature review.*

Found, C., Webb, S. M., & Boyce, M. S. (2008). Selection of lake habitats by waterbirds in the boreal transition zone of northeastern Alberta. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, *86*(4), 277–285.

Garcia, S., Álvarex, J., Perry, A. L., Blanco, J., Maaholm, D. J., & Aguilar, R. (2019). *Protectign the North Sea: Brown Bank* (p. 64). OCEANA.

Geelhoed, S. C. V., & Swaan, A. H. (2002). *Ruiende Bergeenden in de Westerschelde*. 43.

Ghosh, D., Ghosh, A., & Bhadury, P. (2022). Arsenic through aquatic trophic levels: Effects, transformations and biomagnification—a concise review. *Geoscience Letters*, *9*(1), 20. https://doi.org/10.1186/s40562-022-00225-y

Gill, A. B. (2015). *Effects of electromagnetic fields (EMF) on marine animals*.

Gill, A. B., & Desender, M. (2020). Risk to Animals from Electromagnetic Fields Emitted by Electric Cables and Marine Renewable Energy Devices. In *A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES).* (pp. 86–103).

Gill, A. B., Gloyne-Philips, I., Kimber, J., & Sigray, P. (2014). Marine Renewable Energy, Electromagnetic (EM) Fields and EM-Sensitive Animals. In M. A. Shields & A. I. L. Payne (Eds.), *Marine Renewable Energy Technology and Environmental Interactions* (pp. 61–79). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8002-5_6

Gill, A. B., Huang, Y., Gloyne-Philips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J., & Wearmouth, V. (2009). COWRIE 2.0 EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub- sea electricity cables of

the type used by the offshore renewable energy industry. In *Commissioned by COWRIE Ltd* (Issue 68).

Harezlak, V., van Rooijen, A., Friocourt, Y., van Kessel, T., & Los, H. (2013). Winning suppletiezand Noordzee. *Scenariostudies Mbt Slibtransport, Nutriënttransport En Primaire Productie Voor de Periode*, *2017*, 2171–2185.

Haskoning. (2007). *Habitattoets, passende beoordeling en uitwerking adc-criteria. 9S0134.A0/Nbwet/R0019/PVV/Rott1*.

Heinis, F., De Jong, C. A. F., & von Benda-Beckmann, A. M. (2022). *Framework for assessing Ecological and cumulative effects 2021 (KEC 4.0)—Marine mammals*.

Heinis, F., & Evers, C. H. M. (2007). *Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren. STOWA, rapport 2007-02.*

Hoekstein, M. S. J., Janse, W., Sluijter, M., & Van Straalen, K. D. (2023). *Watervogels en zeehonden in de Zoute Delta in 2021/2022*. Deltamilieu Projecten.

Hoekstein, M. S. J., Sluijter, M., & van Straalen, K. D. (2022). *Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2020/2021*. 135.

Hoogeboom, B. P., & Rotmensen, G. J. (1998). *De effecten van het storten van Boorspecie in de Westerschelde. Doelstudie in het kader van de MER Boorspecies Westerscheldetunnel. RApport IRKZ-98.013.*

Hutchison, Z., Sigray, P., He, H., Gill, A., King, J., & Gibson, C. (2018). *Electromagnetic Field (EMF) Impacts on Elasmobranch (shark, rays, and skates) and American Lobster Movement and Migration from Direct Current Cables*. *OCS Study BOEM 2018-003*, 254.

ICBR. (2009). *Afleiding milieukwaliteitsnormen voor Rijnrelevante stoffen*.

International Maritime Organisation. (2018). *Anti-fouling systems*. http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Anti-foulingSystems/Pages/Default.aspx

Jørgensen, J. M. (1980). The morphology of the Lorenzinian Ampluuae of the sturgeon Acipenser ruthenus (Pisces: Chondrostei). *Acta Zoologica*, *61*, 87–92.

Keefer, M. L., Caudill, C. C., Peery, C. A., & Moser, M. L. (2013). Context-dependent diel behavior of upstream-migrating anadromous fishes. *Environmental Biology of Fishes*, *96*(6), 691–700.

Kiorboe, T., Mohlenberg, F., & Nohr, O. (1981). Effect of suspended bottom material on growth and energetics in Mytilus edulis. *Marine Biology and Ecology*, *61*, 283–286.

Kirschvink, J. L. (1990). Geomagnetic sensitivity in cetaceans: An update with live stranding records in the United States. In J. A. Thomas & R. A. Kastelein (Eds.), *Sensory Abilities of Cetaceans: Laboratory and Field Evidence* (pp. 639–649).

Kirschvink, J. L., Dizon, A. E., & Westphal, J. A. (1986). Evidence from Strandings for Geomagnetic Sensitivity in Cetaceans. *Journal of Experimental Biology*, *120*, 1–24.

Kjelland, M. E., Woodley, C. M., Swannack, T. M., & Smith, D. L. (2015). A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: Potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems and Decisions*, *35*(3), 334–350. https://doi.org/10.1007/s10669-015-9557-2

Krijgsveld, K. L., Klaassen, B., & J van der Winden. (2022). *Verstoring van vogels door recreatie. Literatuurstudie van verstoringsgevoeligheid en overzicht van maatregelen. Deel 1 hoofdrapport & deel 2 soortbesprekingen.*

Krijgsveld, K. L., Smits, R. R., & Winden, J. Van Der. (2008). *Verstoringsgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie.*

Ladich, F., & Fay, R. R. (2013). Auditory evoked potential audiometry in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *23*(3), 317–364. https://doi.org/10.1007/s11160-012-9297-z

Leopold, M. F., & van Der Wal, T. J. (2015). *Kwalificerende en niet-kwalificerende vogelsoorten in het gebied "Bruine Bank."*

Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *2*(4), 191–198. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2

Maes, J., Stevens, M., & Breine, J. (2007). Modelling the migration opportunities of diadromous fish species along a gradient of dissolved oxygen concentration in a European tidal watershed.

Estuarine, Coastal and Shelf Science, *75*(1), 151–162. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.03.036

Maes, J., Stevens, M., & Breine, J. (2008). Poor water quality constrains the distribution and movements of twaite shad Alosa fallax fallax (Lacépède, 1803) in the watershed of river Scheldt. *Hydrobiologia*, *602*(1), 129–143.

Maes, J., Taillieu, A., Van Damme, P. A., Cottenie, K., & Ollevier, F. (1998). Seasonal Patterns in the Fish and Crustacean Community of a Turbid Temperate Estuary (Zeeschelde Estuary, Belgium). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *47*(2), 143–151.

Matsumoto, K., Honda, M. C., Sasaoka, K., Wakita, M., Kawakami, H., & Watanabe, S. (2014). Seasonal variability of primary production and phytoplankton biomass in the western P acific subarctic gyre: Control by light availability within the mixed layer. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *119*(9), 6523–6534.

Meißner, K., Schabelon, H., Bellebaum, J., & Sordyl, H. (2006). *Impacts of submarine cables on the marine environment—A literature review* -. Institute of Applied Ecology Ltd.

Ministerie van Economische Zaken. (2014a). *Profielschets Gewone zeehond (Phoca vitulina) H1365*.

Ministerie van Economische Zaken. (2014b). *Profielschets Grijze zeehond (Halichoerus grypus) H1364*.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2020). *Factsheet KRW - behorende bij Stroomgebiedbeheerplan SGBP2 2015-2021 Waterlichaam: Hollandse Kust (kustwater)*.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Rijkswaterstaat, R. (2015). *Natura 2000 Deltawateren. Westerschelde & Saeftinghe, Ontwerpbeheerplan 2015-2021*.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, & Ministerie van Economische Zaken. (2012). *Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020 deel 1*.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2018). *Actualisatie Mariene Strategie deel 1*.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2021). *Factsheet KRW - behorende bij Ontwerp Stroomgebiedbeheerplan 2022—2027, versie maart 2021*.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). *Factsheet KRW-Stroomgebiedbeheerplan 2022-2027*.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, & Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2022). *Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2022-2027 (deel 3)*.

Ministerie van LNV. (2014). *Profiel Zeekoet (Uria aalge) (A199)*.

Mitson, R. B. (1995). Underwater noise of research vessels Review and Recommendations. *ICES Cooperative Research Report*, *209*, 61.

Molenaar, J. G. (2003). *Lichtbelasting. Overzicht van de effecten op mens en dier*. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra rapport 778.

Molenaar, J. G., Jonkers, D. A., & Sanders, M. E. (2000). *Lokale invloed van wegverlichting op een gruttopopulatie*.

Mouritsen, K. M., Dalsgaard, N. P., Flensburg, S. B., Madsen, J. C., & Selbach, C. (2022). *Fear of parasitism affects the functional role of ecosystem engineers*.

Müller, C., Usbeck, R., & Miesner, F. (2016). Temperatures in shallow marine sediments: Influence of thermal properties, seasonal forcing, and man-made heat sources. *Applied Thermal Engineering*, *108*, 20–29. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.07.105

Newton, K. C., Gill, A. B., & Kajiura, S. M. (2019). Electroreception in marine fishes: Chondrichthyans. *Journal of Fish Biology*, *95*(1), 135–154. https://doi.org/10.1111/jfb.14068

NextGeo. (2022). *Survey Data Nederwiek 1 and 2—Geotechnical Part 1 and Part 2.*

Norling, P., & Kautsky, N. (2007). *Structural and functional effects of Mytilus edulis on diversity of associated species and ecosystem functioning*.

Normandeau, E., Tricas, T., & Gill, A. (2011). *Effects of EMFs from undersea power calbes on elasmobranchs and other marine species.*

Öhman, M. C., Sigray, P., & Westerberg, H. (2007). Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. *Ambio*, *36*(8), 630–633. https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[630:OWATEO]2.0.CO;2

Otremba, Z., Jakubowska, M., Urban-Malinga, B., & Andrulewicz, E. (2019). Oceanological and Hydrobiological Studies Potential ee ects of electrical energy transmission-the case study from the Polish Marine Areas (southern Baltic Sea). *International Journal of Oceanbiography*. https://doi.org/10.1515/ohs-2019-0018

Parsley, M. J., Popoff, N. D., & Romine, J. G. (2011). Short-Term Response of Subadult White Sturgeon to Hopper Dredge Disposal Operations. *North American Journal of Fisheries Management*, *31*(1), 1–11.

Pearce, B. (2017). *THE ECOLOGY OF SABELLARIA SPINULOSA REEFS*.

Perdon, K. J., Troost, K., Van Zwol, J., Van Asch, M., & Van Der Pool, J. (2019). *Stichting Wageningen Research Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2019* (Issue december).

Reimerink, J., Van Hooff, A., & Lemmers, L. (2017). *Vliegveld Twente: Vleermuizen en festivals*.

RIVM. (2017). *Risico's van stoffen| KRW*.

Rozemeijer, M. J. C., de Kok, J., de Ronde, J. G., Kabuta, S., Marx, S., & van Berkel, G. (2013). *Het Monitoring en Evaluatie Programma Zandwinning RWS LaMER 2007 en 2008-2012: Overzicht, resultaten en evaluatie* (Issue December).

Rozemeijer, M. J. C., & Smith, S. (2017). *Deskstudie naar de mogelijke effecten van sedimentatie bij overvloei door zandwinning op macrobenthos nabij de-20 m diepte*. Wageningen Marine Research.

RWS. (2016). *Beheer- en ontwikkelplan voor de rijkswateren 2016—2021*.

Snoek, R., de Swart, R., Didderen, K., Lengkeek, W., & Teunis, M. (2016). *Potential effects of electromagnetic fields in the Dutch North Sea Phase 1: Desk study client Reference*. 95.

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*.

Southall, E. B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Nowacek, D. P., & Tyack, P. L. (2019). Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals*, *45*(2), 125–232. https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125

St. John Glew, K., Wanless, S., Harris, M. P., Daunt, F., Erikstad, K. E., Strøm, H., & Trueman, C. N. (2018). Moult location and diet of auks in the north sea inferred from coupled light-based and isotope-based geolocation. *Marine Ecology Progress Series*, *599*, 239–251. https://doi.org/10.3354/meps12624

STOWA. (2012). *Referenties en maatlatten voor de natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn waterer 2015-2021*.

STOWA. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*. https://www.stowa.nl/publicaties/referenties-en-maatlatten-voor-natuurlijke-watertypen-voor-de-kaderrichtlijn-water-2021

Sweco. (2017). *Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027: Milieueffectrapportage*.

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, reccomendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *96*, 380–391.

Taormina, B., Di Poi, C., Agnalt, A., Carlier, A.-L., Desroye, N., Escobar-Lux, R. H., D'eu, J.-F., Freytet, F., & Durif, C. M. F. (2020). Impact of magnetic fields generated by AC/DC submarine power cables on the behavior of juvenile European lobster (Homarus gammarus). *Aquatic Toxicology*, *220*(105401), 8.

Tauw. (2021). *Borgingsdocument Natuur Strand- en onderwatersuppletie Maasvlakte II*.

Teilmann, J., Carstensen, J., & Skov, H. (2002). Monitoring effects of offshore windfarms on harbour porpoises using PODs (porpoise detectors) Technical report. *Review Literature And Arts Of The Americas*, *February*.

Troost, K., Van Asch, M., Van den Ende, D., van Es, Y., Perdon, K. J., Van Der Pool, J., Suykerbuyk, W., Van Zweeden, C., & Van Zwol, J. (2022). *Schelpdierbestanden in de Nederlandse Kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2021*. Centrum voor Visserijonderzoek (CVO).

van Bemmelen, R., Arts, F., & Leopold, M. (2013). *Alken en Zeekoeten op het Friese Front*.

van Bemmelen, R. S. A., De Jong, J. W., Arts, F. A., Beuker, D., Engels, B. W. R., Hoekstein, M. S. J., van der Horst, Y., Kuiper, K., Leemans, J., Sluijter, M., Van Straalen, K. D., Wolf, P. A., & Fijn, R. C. (2022). *Verspreiding, abundantie en trend van zeevogels en zeezoogdieren op het Nenderlands Continentaal Plat in 2021-2022*. Waardeburg Ecology.

van Bemmelen, R. S. A., Leopold, M. F., & Bos, O. G. (2012). *Vogelwaarden van de Bruine Bank*.

van Bruggen, M., Swartjes, F. A., Pit, P., Griffioen, J., & Spijker, J. (2014). *Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor.* (Briefrapport 2014-0063.). RIVM.

van der molen, D. T., Pot, R., Evers, C. H. M., van Herpen, F. C. J., & van Nieuwerburgh, L. L. J. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027.*

van der Reijden, K. J., Koop, L., O'Flynn, S., Garcia, S., Bos, O., van Sluis, C., Maaholm, D. J., Herman, P. M. J., Simons, D. G., Olff, H., Ysebaert, T., Snellen, M., Govers, L. L., Rijnsdorp, A. D., & Aguilar, R. (2019). Discovery of Sabellaria spinulosa reefs in an intensively fished area of the Dutch Continental Shelf, North Sea. *Journal of Sea Research*, *144*, 85–94. https://doi.org/10.1016/j.seares.2018.11.008

van der Stap, T., Coolen, J. W. P., & Lindeboom, H. J. (2016). Marine Fouling Assemblages on Offshore Gas Platforms in the Southern North Sea: Effects of Depth and Distance from Shore on Biodiversity. *PLoS ONE*, *11*(1).

van Essen, M. (2020). *IJmuiden Ver: Magneetvelden zeekabel. D10021347*.

van Essen, M. (2021). *IJmuiden Ver Magneetvelden Zeekabel, 2*2-configuratie*. https://www.tennet.eu/nl/ons-hoogspanningsnet/net-op-zee-projecten-nl/net-op-zee-ijmuiden-ver-alpha/

Virkkala, R. (2016). Variation in population trends and spatial dynamics of waterbirds in a boreal lake complex. *Ornis Fennica*, *94*(4), 197–211.

Wang, N., Ye, Z., Huang, L., Zhang, C., Guo, Y., & Zhang, W. (2022). Arsenic Occurrence and Cycling in the Aquatic Environment: A Comparison between Freshwater and Seawater. *Water*, *15*(1), 147. https://doi.org/10.3390/w15010147

Westerberg, H., & Lagenfelt, I. (2008). Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. *Fisheries Management and Ecology*, *15*(5–6), 369–375. https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2008.00630.x

Wilber, D. H., & Clarke, D. G. (2001). Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries. *North American Journal of Fisheries Management*, *21*(4), 855–875. https://doi.org/10.1577/1548-8675(2001)021<0855:BEOSSA>2.0.CO;2

Witbaard, R., Duineveld, G., & Bergman, M. J. N. (2013). *The final report on the growth and dynamics of Enis directus in the near coastal zone off Egmond, in relation to environmental conditions in 2011-2012*. 79.

Witbaard, R., & Kamermans, P. (2010). *De bruikbaarheid van de klepstandmonitor op Ensis directus ten behoeve van de monitoring van aan zandwinning gerelateerde effecten*. 1–44.

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. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.03.031

Zhang, W., Miao, A.-J., Wang, N.-X., Li, C., Sha, J., Jia, J., Alessi, D. S., Yan, B., & Ok, Y. S. (2022). Arsenic bioaccumulation and biotransformation in aquatic organisms. *Environment International*, *163*, 107221. https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107221

Zoeger, T., Dunn, J. R., & Fuller, M. (1981). Magnetic Material in the Head of the Common Pacific Dolphin. *Science*, *213*(4510), 892–894.

COLOFON

Net op zee Nederwiek 2

Datum
06-09-2023

Status
Definitief

Pondera Consult B.V.
Postbus 919
6800 AX Arnhem
Nederland
+31 (0)88 7663 372

www.ponderaconsult.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Net op Zee – Nederwiek 2

Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat

Bijlage 13: Coördinaten platform en kabeltracé

Project

Nederwiek

Cable name

Nederwiek 2

Location

-

Revision

RPLA07_rev01

Document Number

TTB-06950

Document Type

ROUTE POSITION LIST
Template v1.0

Revision Date	2022-08-15
Issued by	101528

Position Number	KP [km]	Latitude [DDMM.MMMMMM]	Longitude [DDMM.MMMMMM]	Easting [m]	Northing [m]	Depth [m]	Centre_Easting [m]	Centre_Northing [m]	IP_Easting [m]	IP_Northing [m]	Radius [m]	Start Angle [°]	End Angle [°]	Clockwise [Y/N]	Comment	Crossing Angle [°]
1	0,000	51° 55,511971' N	003° 59,124876' E	567761,15	5753177,47											
2	0,042	51° 55,504069' N	003° 59,090799' E	567722,29	5753162,29		567724,11	5753157,64	567717,62	5753160,47	-5,0	338,7	248,5	N		
3	0,050	51° 55,500589' N	003° 59,088251' E	567719,46	5753155,81											
4	0,055	51° 55,497921' N	003° 59,089883' E	567721,40	5753150,89		567724,90	5753152,82	567721,92	5753149,95	-4,0	241,0	211,1	N		
5	0,057	51° 55,497108' N	003° 59,091119' E	567722,83	5753149,40											
6	0,059	51° 55,496484' N	003° 59,092743' E	567724,71	5753148,27		567722,65	5753144,84	567727,34	5753146,68	4,0	31,1	106,2	Y		
7	0,064	51° 55,494022' N	003° 59,094241' E	567726,49	5753143,73											
8	0,067	51° 55,492831' N	003° 59,093654' E	567725,85	5753141,51		567729,69	5753140,39	567724,99	5753138,55	-4,0	286,2	211,1	N		
9	0,072	51° 55,490369' N	003° 59,095152' E	567727,62	5753136,97											
10	0,075	51° 55,489649' N	003° 59,097027' E	567729,79	5753135,66		567727,73	5753132,24	567732,64	5753133,95	4,0	31,1	110,6	Y		
11	0,080	51° 55,487030' N	003° 59,098437' E	567731,47	5753130,83											
12	0,082	51° 55,486187' N	003° 59,097904' E	567730,88	5753129,26		567734,63	5753127,85	567729,71	5753126,14	-4,0	290,6	211,1	N		
13	0,087	51° 55,483568' N	003° 59,099314' E	567732,56	5753124,43											
14	0,090	51° 55,482888' N	003° 59,101086' E	567734,61	5753123,19		567732,55	5753119,77	567737,25	5753121,61	4,0	31,1	106,2	Y		
15	0,095	51° 55,480426' N	003° 59,102584' E	567736,39	5753118,65											
16	0,097	51° 55,479322' N	003° 59,102040' E	567735,80	5753116,60		567739,80	5753115,44	567735,42	5753115,29	-4,2	286,2	249,9	N		
17	0,100	51° 55,477924' N	003° 59,102087' E	567735,88	5753114,01											
18	0,215	51° 55,419912' N	003° 59,137098' E	567777,47	5753007,02		567544,45	5752916,45	567800,10	5752948,79	250,0	68,8	96,8	Y		
19	0,337	51° 55,354931' N	003° 59,148945' E	567792,68	5752886,75		567544,45	5752916,45	567787,92	5752847,04	250,0	96,8	115,0	Y		
20	0,416	51° 55,314117' N	003° 59,129156' E	567771,02	5752810,79											
21	0,468	51° 55,288795' N	003° 59,109433' E	567749,05	5752763,55											
22	0,472	51° 55,286890' N	003° 59,107950' E	567747,40	5752759,99		567751,93	5752757,88	567746,42	5752757,90	-5,0	294,9	245,3	N		
23	0,477	51° 55,284626' N	003° 59,107892' E	567747,39	5752755,80											
24	0,522	51° 55,262383' N	003° 59,123842' E	567766,23	5752714,81											
25	0,697	51° 55,182967' N	003° 59,040299' E	567672,46	5752566,31											
26	0,913	51° 55,122016' N	003° 58,880267' E	567490,56	5752450,85										DoB border - Baseline LAT 0 m	64,2
27	1,769	51° 54,879707' N	003° 58,244241' E	566767,53	5751991,93		566213,19	5752824,21	566604,31	5751883,21	1000,0	146,3	168,5	Y		
28	2,156	51° 54,802574' N	003° 57,932534' E	566412,12	5751844,20											
29	4,069	51° 54,579290' N	003° 56,303526' E	564550,05	5751405,89											
30	4,081	51° 54,577927' N	003° 56,293589' E	564538,69	5751403,22										DoB border - 3 km border	83,3
31	4,238	51° 54,559593' N	003° 56,159969' E	564385,94	5751367,26											
32	8,486	51° 54,062337' N	003° 52,543505' E	560250,92	5750393,94		560026,62	5751368,46	559802,14	5750290,64	1000,0	167,0	216,5	Y		
33	9,349	51° 54,159629' N	003° 51,831113' E	559431,91	5750564,52											
34	9,840	51° 54,320729' N	003° 51,491125' E	559038,55	5750858,53											
35	10,194	51° 54,436796' N	003° 51,246139' E	558755,13	5751070,37										CX IS KB0020 BRITNED route BritNed (TenneT and National Grid) van Maasvlakte2 – Isle of Grain, Power cable DC	47,3
36	10,276	51° 54,463756' N	003° 51,189230' E	558689,30	5751119,58											
37	10,833	51° 54,646340' N	003° 50,803744' E	558243,41	5751452,86											
38	10,959	51° 54,687497' N	003° 50,716835' E	558142,89	5751528,00		557782,40	5751048,36	557917,41	5751697,46	-600,0	36,9	346,6	N		
39	11,486	51° 54,746692' N	003° 50,281940' E	557643,06	5751631,96											
40	12,438	51° 54,634415' N	003° 49,471274' E	556716,09	5751413,22											
41	12,599	51° 54,615893' N	003° 49,334437' E	556559,60	5751377,12										DoB border - RBBD 01	90,0
42	13,373	51° 54,526592' N	003° 48,675003' E	555805,45	5751203,10										Doorgaande NAP -20m lijn	42,9
43	13,480	51° 54,514177' N	003° 48,583368' E	555700,65	5751178,92											
44	13,741	51° 54,484063' N	003° 48,361132' E	555446,48	5751120,27		555334,06	5751607,47	555433,08	5751117,18	500,0	167,0	170,2	Y		
45	13,769	51° 54,481289' N	003° 48,337587' E	555419,54	5751114,83											
46	14,178	51° 54,445945' N	003° 47,985249' E	555016,31	5751044,86											
47	15,936	51° 54,293885' N	003° 46,471481' E	553283,76	5750744,23		553198,28	5751236,87	553266,29	5750741,20	500,0	170,2	174,2	Y		
48	15,972	51° 54,291488' N	003° 46,440825' E	553248,66	5750739,41											
49	19,868	51° 54,101131' N	003° 43,056742' E	549372,02	5750346,81		549210,81	5751938,66	549289,23	5750338,42	1600,0	174,2	180,2	Y		
50	20,035	51° 54,097623' N	003° 42,911906' E	549206,01	5750338,67		549210,81	5751938,66	549042,94	5750339,16	1600,0	180,2	191,8	Y	DoB border - Constr.less Crossing 01 - Border A	43,9
51	20,360	51° 54,117596' N	003° 42,630807' E	548883,32	5750372,54		549210,81	5751938,66	548630,07	5750425,49	1600,0	191,8	210,2	Y	CX As Planned Nederwiek 3 RPLA07_1	32,2
52	20,873	51° 54,218826' N	003° 42,216478' E	548406,42	5750555,57		549210,81	5751938,66	547806,69	5750904,36	1600,0	210,2	257,1	Y	DoB border - Constr.less Crossing 01 - Border B	13,9
53	22,182	51° 54,775632' N	003° 41,566567' E	547651,40	5751580,55		549210,81	5751938,66	547629,21	5751677,17	1600,0	257,1	264,2	Y	DoB border - TSS - Border A and Constr.less Crossing 02 - Border B	86,0
54	22,380	51° 54,881118' N	003° 41,540030' E	547619,12	5751775,79											
55	24,310	51° 55,917736' N	003° 41,384541' E	547422,67	5753695,63		545035,76	5753445,28	547377,12	5754129,88	-2400,0	84,0	63,4	N		
56	25,174	51° 56,363792' N	003° 41,180926' E	547181,55	5754520,27											
57	26,374	51° 56,944864' N	003° 40,717541' E	546640,60	5755592,40											
58	26,751	51° 57,126841' N	003° 40,572533' E	546471,37	5755928,18											
59	27,904	51° 57,685155' N	003° 40,127502' E	545952,12	5756958,40											
60	31,455	51° 59,403220' N	003° 38,756742' E	544354,13	5760128,95											
61	32,039	51° 59,685805' N	003° 38,531047' E	544091,21	5760650,49										12 mile line	34,9
62	32,991	52° 00,146632' N	003° 38,162881' E	543662,45	5761501,01										DoB border - Eurogeul - border A	71,3
63	33,127	52° 00,212276' N	003° 38,110425' E	543601,37	5761622,17											
64	34,311	52° 00,785185' N	003° 37,652492' E	543068,30	5762679,62										DoB border - Eurogeul - border B	71,3
65	34,447	52° 00,850822' N	003° 37,600013' E	543007,22	5762800,77											
66	37,923	52° 02,532401' N	003° 36,254571' E	541442,39	5765904,88											
67	39,110	52° 03,106323' N	003° 35,794942' E	540908,26	5766964,42											
68	40,922	52° 03,982891' N	003° 35,092512' E	540092,42	5768582,80		535620,50	5766346,28	539413,40	5769940,48	-5000,0	63,4	29,7	N		
69	43,870	52° 05,128839' N	003° 33,357694' E	538094,18	5770691,50											
70	44,060	52° 05,179859' N	003° 33,213256' E	537928,51	5770784,81											
71	45,758	52° 05,635486' N	003° 31,922795' E	536448,67	5771618,40											
72	47,654	52° 06,149166' N	003° 30,487353' E	534803,06	5772558,89		535292,76	5773430,78	534249,42	5772869,85	1000,0	209,3	274,2	Y		
73	48,785	52° 06,660441' N	003° 30,048355' E	534295,39	5773503,17											
74	50,654	52° 07,666234' N	003° 30,166047' E	534416,80	5775368,57											
75	52,077	52° 08,431512' N	003° 30,255656' E	534509,18	5776787,91											
76	53,955	52° 09,442277' N	003° 30,374092' E	534631,19	5778662,55											
77	53,985	52° 09,458269' N	003° 30,375967' E	534633,12	5778692,21										CX IS KB0002 Concerto1 segment 1 East FluteLtd from Zandvoort (NL) to Zeebrugge (B), fiberoptic, telecom. Presently OOS but can be put back into service, hence status to be considered IS	85,8
78	55,354	52° 10,194661' N	003° 30,462313' E	534722,01	5780057,98										CX OOS KB0051 NL-UK 4 Unknown, from Scheveningen (NL) to Lowesoft (UK) telecom coaxial	79,1
79	55,431	52° 10,235994' N	003° 30,467160' E	534727,00	5780134,64											
80	55,471	52° 10,257995' N	003° 30,469739' E	534729,66	5780175,45											
81	56,938	52° 11,047025' N	003° 30,562318' E	534824,91	5781638,85		537215,52	5781426,83	534845,70	5781873,24	2400,0	275,1	286,3	Y		
82	57,407	52° 11,294982' N	003° 30,641252' E	534911,61	5782099,14											
83	59,285	52° 12,273387' N	003° 31,067091' E	535383,85	5783916,30		524678,85	5786447,16	535447,83	5784186,96	-11000,1	103,3	100,4	N		
84	59,841	52° 12,566496' N	003° 31,170793' E	535498,06	5784460,50		524678,85	5786447,16	535510,58	5784528,67	-11000,1	100,4	99,7	N	CX OOS KB0001 UK-NL 5 Unknownfrom Scheveningen (NL) to Lowesoft (UK) telecom coaxial	85,7
85	59,979	52° 12,640025' N	003° 31,192879' E	535522,24	5784596,99											
86	60,230	52° 12,774103' N	003° 31,221123' E	535552,62	5784845,77											
87	61,134	52° 13,257883' N	003° 31,323058' E	535662,24	5785743,41											
88	61,988	52° 13,715021' N	003° 31,414949' E	535760,73	5786591,60											
89	62,253	52° 13,856678' N	003° 31,443430' E	535791,26	5786854,43											
90	64,106	52° 14,848756' N	003° 31,642692' E	536004,69	5788695,16											
91	64,479	52° 15,048603' N	003° 31,682717' E	536047,53	5789065,96		533064,66	5789386,08	536068,69	5789263,10	-3000,0	96,1	88,6	N		
92	64,875	52° 15,261791' N	003° 31,699475' E	536063,71	5789461,30											
93	65,483	52° 15,589665' N	003° 31,687373' E	536045,52	5790069,01										Zone Bruine Bank +5km border	67,1
94	68,274	52° 17,094632' N	003° 31,631786' E	535961,98	5792858,43		536461,76	5792873,39	535959,28	5792948,58	500,0	268,3	288,7	Y		
95	68,452	52° 17,189234' N	003° 31,656019' E	535988,25	5793034,00											
96	69,264	52° 17,602668' N	003° 31,890211' E	536248,87	5793802,36		533881,35	5794605,38	536367,45	5794151,97	-2500,0	108,7	91,9	N		
97	69,997	52° 17,989747' N	003° 32,010157' E	536379,92	5794520,93											
98	70,731	52° 18,385330' N	003° 32,036733' E	536404,72	5795254,48											
99	70,835	52° 18,441891' N	003° 32,040533' E	536408,26	5795359,36										CX OOS KB0019 UK-NL 6 KPN, from Katwijk (NL) to Covehite (UK) Telecom coaxial	87,6
100	71,449	52° 18,772626' N	003° 32,062759' E	536428,99	5795972,66											
101	71,980	52° 19,058526' N	003° 32,081977' E	536446,91	5796502,82										CX OOS KB0033 Hermes1 GTS, from Zandvoort (NL) to Aldeburgh (UK) Telecom fiberoptic	85,4
102	76,200	52° 21,333029' N	003° 32,235024' E	536589,48	5800720,58										CX OOS KB0066 Rioja3 KPN Veurne (B) to Egmond (NL) telecom, fiberglass	26,2
103	76,227	52° 21,347797' N	003° 32,236019' E	536590,41	5800747,97										CX OOS KB0018 TAT14 segment I, British telecom from Katwijk (NL) to Saint Valery en Caux (F) fiberoptic, telecom (is OOS but the corridor is likely to be reused)	83,4
104	77,461	52° 22,012729' N	003° 32,280813' E	536632,09	5801981,00		537131,80	5801964,11	536633,90	5802034,78	500,0	271,9	284,2	Y		
105	77,568	52° 22,069812' N	003° 32,294758' E	536647,12	5802086,94											
106	78,086	52° 22,340242' N	003° 32,410236' E	536774,42	5802589,25		536289,74	5802712,08	536788,54	5802644,96	-500,0	104,2	91,1	N		
107	78,201	52° 22,401234' N	003° 32,424403' E	536789,65	5802702,43											
108	78,659	52° 22,648522' N	003° 32,435218' E	536798,49	5803160,95										CX IS KB0030 Ulysses2 MCI World Com form IJmuiden (NL) to Lowesoft (UK) fiberoptic, telecom	76,3
109	78,978	52° 22,820146' N	003° 32,442725' E	536804,63	5803479,17		536304,73	5803488,81	536805,51	5803524,38	-500,0	91,1	80,8	N		
110	79,068	52° 22,868636' N	003° 32,437692' E	536798,25	5803569,02											
111	79,316	52° 23,001073' N	003° 32,404177' E	536758,40	5803814,25										PX IS PL0173_PR Dana Petroleum Netherlands B.V.from P11B DeRuyter to Aftakking naar P15-D gaspipe, 8 inch	83,6
112	79,757	52° 23,236071' N	003° 32,344699' E	536687,68	5804249,39		537181,21	5804329,60	536681,21	5804289,23	500,0	260,8	270,0	Y		
113	79,838	52° 23,279360' N	003° 32,339517' E	536681,21	5804329,60											
114	80,955	52° 23,882186' N	003° 32,346862' E	536681,21	5805447,19											
115	81,807	52° 24,341422' N	003° 32,352460' E	536681,21	5806298,57										CX IS KB0045 Circe 1 North, Viatel UK Ltd from Zandvoort (NL) to Lowesoft (UK) fiberoptic, telecom	82,4
116	81,833	52° 24,355516' N	003° 32,352632' E	536681,21	5806324,70											
117	82,783	52° 24,868212' N	003° 32,358885' E	536681,21	5807275,21		537181,21	5807275,21	536681,21	5807300,16	500,0	270,0	275,7	Y		
118	82,833	52° 24,895056' N	003° 32,361404' E	536683,69	5807324,99											
119	83,285	52° 25,137605' N	003° 32,404093' E	536728,72	5807775,00		536231,21	5807824,78	536731,21	5807799,83	-500,0	95,7	90,0	N		
120	83,335	52° 25,164449' N	003° 32,406613' E	536731,21	5807824,78											
121	83,575	52° 25,293629' N	003° 32,408191' E	536731,21	5808064,27										CX IS KB0003 Concerto1 Segment 1 North Flute Ltd from Zandvoort (NL) to Sizewell (UK) telecom	84,5
122	83,762	52° 25,394791' N	003° 32,409428' E	536731,21	5808251,82		537231,21	5808251,82	536731,21	5808299,83	500,0	270,0	281,0	Y		
123	83,858	52° 25,446071' N	003° 32,418114' E	536740,34	5808346,96											
124	84,020	52° 25,531472' N	003° 32,446275' E	536771,07	5808505,51		536280,21	5808600,65	536780,21	5808552,64	-500,0	101,0	90,0	N		
125	84,115	52° 25,582752' N	003° 32,454963' E	536780,21	5808600,65											
126	84,317	52° 25,691512' N	003° 32,456295' E	536780,21	5808802,28										CX As planned KB0115 Circe north 2 replacement / ZEUS, Zayo, from Zandvoort (NL) to UK, telecom fiberoptic	89,9
127	85,666	52° 26,419284' N	003° 32,465207' E	536780,21	5810151,53		536280,21	5810151,53	536780,21	5810176,77	-500,0	90,0	84,2	N		
128	85,717	52° 26,446455' N	003° 32,463296' E	536777,67	5810201,88											
129	86,828	52° 27,043560' N	003° 32,371755' E	536665,70	5811308,04		536168,24	5811257,68	536662,34	5811341,17	-500,0	84,2	76,6	N		
130	86,895	52° 27,078947' N	003° 32,362413' E	536654,62	5811373,56											
131	87,726	52° 27,515807' N	003° 32,197665' E	536462,01	5812182,04		535975,63	5812066,16	536453,63	5812217,21	-500,0	76,6	68,3	N		
132	87,798	52° 27,552992' N	003° 32,178925' E	536440,28	5812250,82											
133	88,121	52° 27,715313' N	003° 32,075595' E	536321,04	5812550,87		534462,42	5811812,25	536246,84	5812737,58	-2000,0	68,3	56,9	N		
134	88,522	52° 27,907496' N	003° 31,915367' E	536136,98	5812905,80											
135	89,089	52° 28,165016' N	003° 31,644400' E	535826,69	5813380,96		536245,33	5813654,34	535809,63	5813407,09	500,0	236,9	244,0	Y		
136	89,151	52° 28,194360' N	003° 31,617593' E	535795,95	5813435,13											
137	89,368	52° 28,299697' N	003° 31,535004' E	535701,02	5813629,73										CX IS KB0074 Atlantic Crossing 1 Segment B1 Global Crossing, from castricum (NL) to Whitesand (UK) fiberglas telecom	89,5
138	89,675	52° 28,449113' N	003° 31,417841' E	535566,37	5813905,76		536015,76	5814124,97	535507,18	5814027,10	500,0	244,0	274,2	Y		
139	89,939	52° 28,587379' N	003° 31,375964' E	535517,11	5814161,74											
140	90,229	52° 28,743258' N	003° 31,396649' E	535538,43	5814450,89		536037,08	5814414,12	535539,93	5814471,20	500,0	274,2	278,9	Y		
141	90,269	52° 28,765056' N	003° 31,401011' E	535543,08	5814491,33											
142	90,513	52° 28,894667' N	003° 31,435771' E	535580,68	5814731,90										CX OOS KB0015 Rembrandt 1 KPNQwest from Beverwijk (NL) to Lowesoft (UK) fiberoptic, telecom	55,3
143	90,525	52° 28,901108' N	003° 31,437499' E	535582,55	5814743,85										CX As Laid KB0113 Scylla HDD EU Networks, from IJmuiden (NL) to Lowesoft (UK), telecom, fiberoptic	89,1
144	90,790	52° 29,042014' N	003° 31,475292' E	535623,43	5815005,38											
145	91,186	52° 29,252746' N	003° 31,531821' E	535684,56	5815396,51										CX IS KB0029 Pangea Segment 2 Alcatel Submarine Networks, from Lowesoft (UK) to Egmond (NL) fiberoptic, telecom (is OOS but may be placed in service in the future)	55,3
146	92,464	52° 29,933224' N	003° 31,714424' E	535881,98	5816659,52											
147	97,484	52° 32,605305' N	003° 32,432402' E	536657,22	5821619,19		534681,21	5821928,06	536681,21	5821772,69	-2000,0	98,9	90,0	N		
148	97,794	52° 32,771804' N	003° 32,455677' E	536681,21	5821928,06											
149	100,073	52° 34,001275' N	003° 32,470801' E	536681,21	5824207,46		538681,21	5824207,46	536681,21	5824362,83	2000,0	270,0	278,9	Y		

150	100,383	52° 34,167773' N	003° 32,494092' E	536705,20	5824516,33										
151	100,841	52° 34,411427' N	003° 32,559681' E	536775,89	5824968,58										
152	101,578	52° 34,803498' N	003° 32,665249' E	536889,65	5825696,33	536395,64	5825773,55	536916,99	5825871,27	-500,0	98,9	59,9	N		
153	101,918	52° 34,980720' N	003° 32,612981' E	536828,14	5826024,44										
154	102,038	52° 35,036847' N	003° 32,560453' E	536768,04	5826128,04									DoB border - Constr.less Crossing 03 - Border A	49,6
155	102,069	52° 35,051564' N	003° 32,546679' E	536752,28	5826155,21										
156	102,293	52° 35,156598' N	003° 32,448370' E	536639,81	5826349,10									CX As Planned IJmuiden Ver Gamma RPLA07_1	49,2
157	102,563	52° 35,282880' N	003° 32,330162' E	536504,59	5826582,21									CX As Planned IJmuiden Ver Beta RPLA07_1	49,6
158	102,825	52° 35,405893' N	003° 32,215000' E	536372,86	5826809,29									DoB border - Constr.less Crossing 03 - Border B	49,6
159	103,407	52° 35,678245' N	003° 31,959988' E	536081,21	5827312,06									DoB border - Constr.less Crossing 04 - Border A	30,1
160	103,805	52° 35,865005' N	003° 31,785084' E	535881,21	5827656,84									CX As Planned IJmuiden Ver Alpha RPLA07_1	30,1
161	104,204	52° 36,051760' N	003° 31,610154' E	535681,21	5828001,61									DoB border - Constr.less Crossing 04 - Border B	30,1
162	104,468	52° 36,175483' N	003° 31,494251' E	535548,71	5828230,03	535981,21	5828480,91	535481,21	5828346,39	500,0	239,9	270,0	Y		
163	104,731	52° 36,311071' N	003° 31,436066' E	535481,21	5828480,91										
164	110,615	52° 39,484689' N	003° 31,473998' E	535481,21	5834364,78										
165	112,100	52° 40,285675' N	003° 31,483590' E	535481,21	5835849,81										
166	116,036	52° 42,408782' N	003° 31,509052' E	535481,21	5839786,07									CX OOS KB0065 UK-NL10 Unknown, from Egmond (NL) to Lowesoft (UK) telecom coaxial	83,8
167	118,931	52° 43,970189' N	003° 31,527811' E	535481,21	5842680,94										
168	120,282	52° 44,699101' N	003° 31,536579' E	535481,21	5844032,37	534881,21	5844032,37	535481,21	5844457,96	-600,0	90,0	19,3	N		
169	121,023	52° 45,006104' N	003° 31,183211' E	535079,54	5844598,64										
170	123,791	52° 45,509499' N	003° 28,865991' E	532466,56	5845513,78										
171	124,641	52° 45,663887' N	003° 28,154443' E	531664,40	5845794,72	531399,96	5845039,69	531640,18	5845803,20	-800,0	19,3	15,6	N		
172	124,692	52° 45,672360' N	003° 28,111036' E	531615,48	5845810,11										
173	125,800	52° 45,836959' N	003° 27,164431' E	530548,95	5846108,45	531033,85	5847841,91	530376,57	5846156,67	1800,0	195,6	207,0	Y		
174	126,157	52° 45,907899' N	003° 26,870036' E	530217,06	5846237,90										
175	126,923	52° 46,097729' N	003° 26,264684' E	529534,16	5846585,64	528535,86	5844625,19	529376,65	5846665,86	-2200,0	27,0	17,8	N		
176	127,276	52° 46,171199' N	003° 25,975660' E	529208,34	5846719,89										
177	134,599	52° 47,398488' N	003° 19,784173' E	522235,92	5848958,33	522449,89	5849624,83	521975,30	5849042,00	700,0	197,8	240,5	Y		
178	135,121	52° 47,573103' N	003° 19,433705' E	521840,56	5849280,27	522449,89	5849624,83	521828,22	5849302,10	700,0	240,5	244,6	Y	CX OOS KB0067 UK-NL 14 Cable and Wireless from Egmond (NL) to Winterton (GB) fiberoptic, telecom	44,3
179	135,171	52° 47,597158' N	003° 19,413332' E	521817,47	5849324,76										
180	138,053	52° 49,004535' N	003° 18,323880' E	520582,02	5851928,63										
181	139,580	52° 49,750455' N	003° 17,745935' E	519927,17	5853308,83										
182	139,637	52° 49,778080' N	003° 17,724524' E	519902,91	5853359,95									Zone Bruine Bank +5km border	60,6
183	144,042	52° 51,928463' N	003° 16,056296' E	518014,82	5857339,37	517563,09	5857125,04	517970,92	5857431,89	-500,0	64,6	41,5	N		
184	144,244	52° 52,015180' N	003° 15,949314' E	517894,19	5857499,70										
185	145,675	52° 52,528533' N	003° 14,996249' E	516821,60	5858447,61	517152,71	5858822,27	516682,64	5858570,41	500,0	221,5	262,2	Y		
186	146,030	52° 52,694169' N	003° 14,850784' E	516657,37	5858754,13										
187	146,381	52° 52,881687' N	003° 14,809232' E	516609,57	5859101,63									CX As Planned KB0107 ICENI (former BT North Sea British Telecom) from Callantsoog (NL) to Wintertn (GB), fiberoptic, telecom	88,6
188	148,009	52° 53,751981' N	003° 14,616308' E	516387,73	5860714,41	515892,39	5860646,27	516377,21	5860790,87	-500,0	82,2	64,6	N		
189	148,162	52° 53,830914' N	003° 14,577859' E	516344,12	5860860,60										
190	148,302	52° 53,899371' N	003° 14,524615' E	516284,00	5860987,32										
191	150,723	52° 55,080789' N	003° 13,605247' E	515246,35	5863174,30										
192	151,597	52° 55,507336' N	003° 13,273085' E	514871,69	5863963,96	515323,42	5864178,29	514792,57	5864130,72	500,0	244,6	285,1	Y		
193	151,951	52° 55,693432' N	003° 13,246444' E	514840,78	5864308,89										
194	153,736	52° 56,621985' N	003° 13,667466' E	515307,01	5866031,90	514872,63	5866149,44	515339,73	5866152,80	-450,0	105,1	74,0	N		
195	153,980	52° 56,752146' N	003° 13,666599' E	515305,28	5866273,22										
196	154,097	52° 56,812614' N	003° 13,638301' E	515273,23	5866385,23									PX IS PL0176_PR, BBL Company V.O.F, from Balgzand (NL) to Bacton (GB), gas 36"	90,0
197	155,211	52° 57,391100' N	003° 13,367516' E	514966,66	5867456,79	515399,30	5867580,57	514933,57	5867572,46	450,0	254,0	284,0	Y		
198	155,446	52° 57,516459' N	003° 13,364543' E	514962,61	5867689,20										
199	158,501	52° 59,114038' N	003° 14,031800' E	515700,00	5870653,51										
200	160,145	52° 59,974132' N	003° 14,391387' E	516097,00	5872249,48										
201	165,259	53° 02,648483' N	003° 15,511060' E	517331,50	5877212,16	517816,72	5877091,46	517336,07	5877230,53	500,0	284,0	288,3	Y		
202	165,297	53° 02,668071' N	003° 15,520592' E	517342,02	5877248,51										
203	166,183	53° 03,121209' N	003° 15,772421' E	517620,32	5878089,67										
204	168,233	53° 04,169481' N	003° 16,355353' E	518264,16	5880035,64										
205	168,839	53° 04,482531' N	003° 16,511321' E	518436,10	5880616,72										
206	169,873	53° 05,016727' N	003° 16,777561' E	518729,51	5881608,29										
207	170,268	53° 05,220620' N	003° 16,879211' E	518841,51	5881986,77	516923,70	5882554,25	518909,02	5882214,93	-2000,0	106,5	92,9	N		
208	170,741	53° 05,471679' N	003° 16,952176' E	518921,12	5882452,56										
209	170,905	53° 05,559702' N	003° 16,960199' E	518929,43	5882615,80	520926,84	5882514,11	518941,53	5882853,43	2000,0	272,9	286,5	Y		
210	171,378	53° 05,810760' N	003° 17,033182' E	519009,04	5883081,59										
211	175,005	53° 07,684279' N	003° 17,968341' E	520038,15	5886559,45										
212	178,846	53° 09,668138' N	003° 18,960134' E	521127,96	5890242,41										
213	179,933	53° 10,229377' N	003° 19,241006' E	521436,28	5891284,38									CX OOS KB0073 UK - Germany 3, unknown, from Winterton (GB) to Borkum (D), coaxial, telecom	38,7
214	180,568	53° 10,557526' N	003° 19,405288' E	521616,56	5891893,62										
215	183,532	53° 12,088049' N	003° 20,172099' E	522457,41	5894735,27										
216	185,782	53° 13,249571' N	003° 20,757264' E	523098,46	5896891,93	523577,73	5896749,48	523120,66	5896966,62	500,0	286,6	304,3	Y		
217	185,936	53° 13,324407' N	003° 20,817243' E	523164,53	5897031,01										
218	186,856	53° 13,732894' N	003° 21,285926' E	523682,30	5897790,94	523269,10	5898072,47	523803,98	5897969,52	-500,0	124,3	77,5	N		
219	187,264	53° 13,942802' N	003° 21,355063' E	523757,28	5898180,51										
220	187,436	53° 14,033782' N	003° 21,322296' E	523719,99	5898349,01									PX IS PL0004_PR, Wintershall Noordzee B.V., from K13-AP to Callantsoog, gas 36"	83,9
221	187,679	53° 14,161744' N	003° 21,276207' E	523667,55	5898586,01	524155,73	5898694,05	523639,57	5898712,41	500,0	257,5	286,6	Y		
222	187,932	53° 14,296821' N	003° 21,285336' E	523676,46	5898836,51										
223	189,192	53° 14,946885' N	003° 21,613357' E	524035,25	5900043,61										
224	190,588	53° 15,667540' N	003° 21,977202' E	524433,02	5901381,83										
225	196,154	53° 18,540507' N	003° 23,429849' E	526018,89	5906717,17	525539,61	5906859,63	526041,96	5906794,79	-500,0	106,6	88,2	N		
226	196,314	53° 18,625958' N	003° 23,449058' E	526039,35	5906875,72	525539,61	5906859,63	526035,46	5906996,50	-500,0	88,2	61,0	N	CX OOS KB0010 Winterton - Borkum 1, Unknown, cable from England to germany, from Winterton (GB) to Borkum (D), unknown, telecom	60,0
227	196,551	53° 18,748278' N	003° 23,393877' E	525976,84	5907102,18	525539,61	5906859,63	525877,79	5907280,73	-500,0	61,0	16,6	N	DoB border - TSS - border B Rev02	45,6
228	196,939	53° 18,876811' N	003° 23,129575' E	525682,07	5907338,90										
229	198,193	53° 19,072936' N	003° 22,048614' E	524479,95	5907696,22									CX As Planned KB0112 NeuConnect Britain Limited, UK-GER, powercable, copper NC_RPL_20210309 (UK-NL)	89,0
230	199,290	53° 19,244265' N	003° 21,103445' E	523429,00	5908008,60									CX OOS KB0025 UK - DK 3, unknown, from Winterton (GB) to Romo (DK), coaxial, telecom	51,0
231	203,338	53° 19,875807' N	003° 17,612374' E	519548,42	5909162,05	519405,96	5908682,77	519497,82	5909177,09	-500,0	16,6	4,5	N		
232	203,443	53° 19,886380' N	003° 17,519455' E	519445,20	5909181,23										
233	203,637	53° 19,895024' N	003° 17,345124' E	519251,65	5909196,47									DoB border - 200m from J-tube	78,0
234	203,842	53° 19,904117' N	003° 17,161633' E	519047,92	5909212,51										

Revision	Date	Issued by	History
RPLA05	2022-01-31	101528	Created new route 5h 2GW DC RPL A05
RPLA05	2022-01-31	101528	Platform location conform new windplots design option 8
RPLA05_rev1	2022-02-08	101528	Burial borders R10 applied
RPLA05_rev02	2022-03-14	101528	KB0078 COAM withdrawn by the RWS, will not be installed
RPLA05_rev03	2022-03-30	101528	Route adjustment along the HKW within the 500m zone
RPLA05_rev03	2022-03-30	101528	on the east side of the IJVer routes 150m from each other
RPLA05_rev03	2022-03-30	101528	5th 2GW DC is now Nederwiek Beta
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Nederwiek Beta is now Nederwiek 2
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Cable route lays within 500m security zone of the wind park HKW
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Shipwrecks avoided by min 100m
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Crossings with IS cables and IS and OOS pipelines placed -
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	- in between the sand waves
RPLA07_rev01	2022-08-15	101528	Platform position change. Bathy recalculation, route 430m shorter
RPLA07_rev01	2022-08-15	101528	Constructionless crossings added (other 2GW cable routes)

Geodetics

Horizontal Coordinate System	
Projection:	ETRS 1989 UTM Zone 31N
Projection EPSG:	25831
Central Meridian:	3° E
Lattitude of Origin:	00° N
False Easting:	500000
False Northing:	0
Central Scale Factor:	0,9996
Datum:	ETRS 1989
Spheroid:	GRS 1980
Semi-major axis:	6378137
Inverse Flattening:	298,257222101

Lat/Lon Coordinates	WGS 1984 based

Vertical Coordinate System	
Reference system:	
Model:	

Geodetic Transformation: ETRS_1989_To_WGS_1984	
Source Datum:	ETRS 1989
Source Datum EPSG:	6258
Target Datum:	WGS 1984
Target Datum EPSG:	6326
Source projection:	ETRS 1989 UTM Zone 31N
Source projection EPSG:	25831
Target projection:	WGS 1984
Target projection EPSG:	4326
Datum Transformation Parameters:	
Shift dX [m]:	0
Shift dY [m]:	0
Shift dZ [m]:	0
Rotation rX [arc secs]:	0
Rotation rY [arc secs]:	0
Rotation rZ [arc secs]:	0
Scale Factor [ppm]:	0
Rotation Centre X (m):	
Rotation Centre Y (m):	
Rotation Centre Z (m):	
Reference Epoch:	
Epoch - unix time stamp (time 0 is):	YYYY-MM-DD

(*) - source:	ArcGIS

Geodetic Transformation: ETRS to RD_New EPSG 25831 to 28992		
Source Datum:	ETRS1989	
Target Datum:	D_Amersfoort	
Source projection:	UTM Zone 31 North (Central meridian 3° East)	
Target projection:	Double_Stereographic GCS_Amersfoort	
Datum Transformation Parameters:		
Shift dX:	593,032	
Shift dY:	26	
Shift dZ:	478,741	
Rotation rX:	0,409394 arcsec	
Rotation rY:	-0,359705 arcsec	

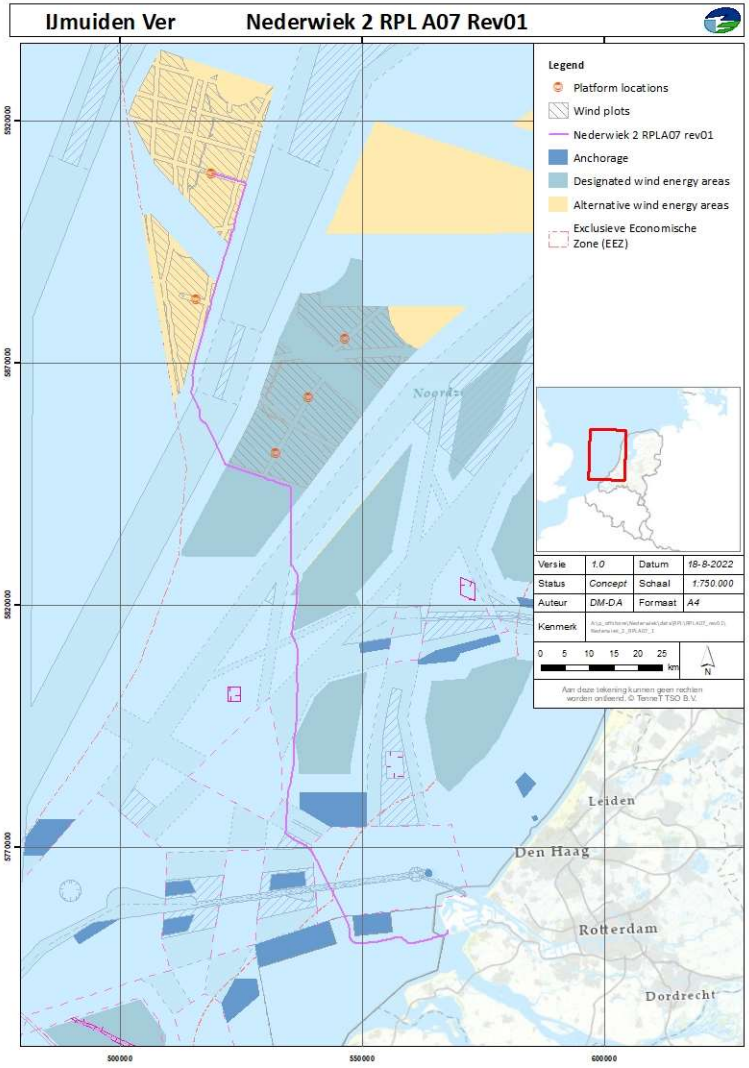
Rotation rZ:	1,868491 arcsec	
Scale Factor:	4,0772	
xcr	3903453,148	
ycr	368135,313	
zcr	5012970,306	

DTS-TnW-RPL-Oost-A02
TnW_RPLA02

ROUTE POSITION LIST (RPL) ABBREVIATIONS				
RPL NAMING CONVENTION				**RPL Issue**
DESK TOP STUDY RPLs				DTS(1,2...)
SURVEY ROUTE RPLs - (Agreed survey route with subsequent changes, during survey ops)				SR(1,2...)
POST SURVEY ROUTE RPLs - (incl. Slack, PLUP/DN, Bus, transitions and Repeaters etc)				PSR(1,2...)
AS-BUILT RPL - (Manufactured lengths)				AB(1,2...)
POST-LOAD RPLs - (Loaded cable lengths)				PL(1,2...)
AS-LAID RPLs - (subsequent issue numbers reflect repairs/changes)				AL(1,2...)
Abbreviation	**Meaning**	**Erklärung**	**Typical Use**	**MakaiPlan Type**
AB-xxx	As-Built	Bestandslage		
AC	Alter Course	Kurswechsel		
AF	As Found (Cable) by MAG / SSS	Detektierte Kreuzung	CX NorNed AF MAG	Ref
AL-xxx	As-Laid			
BAS	Burial Assessment Survey	Untersuchung zur Kabelverlegbarkeit		
BJ	Beach Joint	Strand-Muffe		Body
BMH	Beach ManHole	Muffengrube	BMH Hilgenriedersiel	
CC	Cable Corridor	Kabelkorridor	Enter CC	Ref
CL	Centre Line	Zentrallinie		
CX	Cable Crossing	Kabelkreuzung	CX Old Cable OOS DB	Ref
DB	Database position of cable	Kabelkreuzung laut Datenbank	CX Old Cable OOS DB	
DE	Duct End	Rohrende	DE	Ref
DS	Duct Start	Rohranfang	DS	Ref
DTS	Desk Top Study	Studie zur Voruntersuchung		
EEZ	Exclusive Economic Zone	Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ)	EEZ Country MB	Ref
EOB	End of burial	Endpunkt der Kabeleinspülung	PLUP EOB	Ref
EOGI	End of Grade-In			
EOGO	End of Grade-Out			
EP	End Pipe	Lehrrohrende		
FS	Final Splice	End-Muffe	FS Segment Name	Body
FSPL	Fibre Splice	Glasfaser-Muffe		Body
IS	In-Service	in Betrieb	IS Segment Name	Body
JB-xxx	Joint Box	Muffe	JB-001 Any other comment	Body
JT	J-Tube	Kabeleinzugsröhre		
KP	Kilometre Point	Stationierung		
LC	Land Cable (instead of Land)	Landkabel		Cable
LP	Landing Point	Anlandepunkt	LP Norderney North Beach	Ref
MAG	Magnetometer Identified Cable	Magnetometer-Fund (Kabelkreuzung)	CX Unidentified MAG	
MB	Maritime Boundary	Seegrenze	TW Country MB	Ref
OOS	Out of Service	außer Betrieb	CX Old Cable OOS DB	
OWF/OWP	Offshore Wind Farm / Park	Offshore Windfarm / -park		
PF	Platform (converter)	(Konverter-) Plattform	PF BorWin x	
PLB	Post Lay Burial	nachträgliches Einspülen	PLB Start	Ref
PLDN	Plough Down	Pflug/ Schwert runter	PLDN	Ref
PLGR	Pre Lay Grapnel Run	Räumungs-Fahrt vor dem Verlegen		
PLI	Post Lay Inspection	Nachkontrolle (Verlegung)		
PLIB	Post Lay Inspection and Burial	Nachkontrolle und Einspülen		
PLUP	Plough Up	Pflug/ Schwert hoch	PLUP	Ref
PN	Planned cable	Kreuzung mit geplantem Kabel	CX Planned cable name PN	Ref

PSR-xxx	Post Survey Route	RPL nach Survey		
PX	Pipeline Crossing	Pipeline-Kreuzung	PX Pipeline name	Ref
RD	Rock Dump	Steinschüttung		Cable
RPL	Route Position List	Trassierungs-Liste		
RPTR-xxx	Repeater	Verstärker	RPTR-001	Body
SC	Slack Change	Veränderung des Durchhangs	SC 3%	Ref
SE	Shore End	Flachwasser-Ende		Ref
SLD	Straight Line Diagram	Liniendiagramm		
SOB	Start of burial	Einspülbeginn	PLDN SOB	Ref
SOGI	Start of Grade-In			
SOGO	Start of Grade-Out			
SP	Start pipe	Lehrrohranfang	SP	Ref
SR-xxx	Survey Route	Vermessungs-Trasse		
SSS	Side Scan Sonar Identified Cable	Seitensichtsonar Kabelfund	CX Cable name AF SSS	Ref
TPA	Traffic Precautionary Area	Verkehrsvorrang-Gebiet	Enter TPA	
TR	Transition	Übergang (Einspülung)	TR LWP-40/LW--40	Body
TSS	Traffic Separation Scheme	Verkehrstrennungs-System	Enter TSS	
TSZ	Traffic Separation Zone	Verkehrstrennungsgebiet (VTG)	Enter TSZ	
WD	Water Depth	Wassertiefe	WD 20 m	Ref
WK	Wreck	Wrack	WK Wreck name	Ref

DTS-TnW-RPL-Oost-A02
TnW_RPLA02

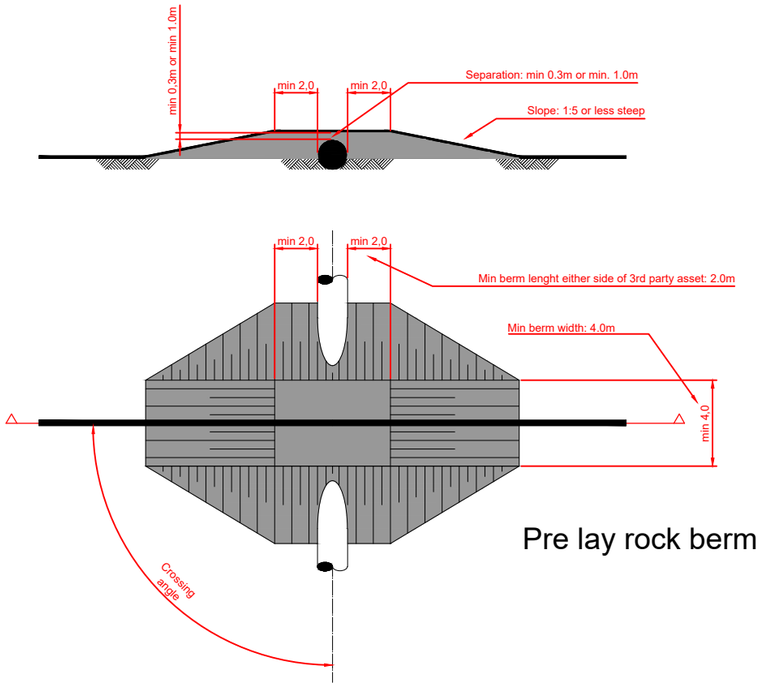


Version	Date	Creator	Comment
Draft	2021-07-01	Anna Wolowicz-Trouwborst	Template creation containing arcs
1,0	2021-10-11	Anna Wolowicz-Trouwborst	Cover page update

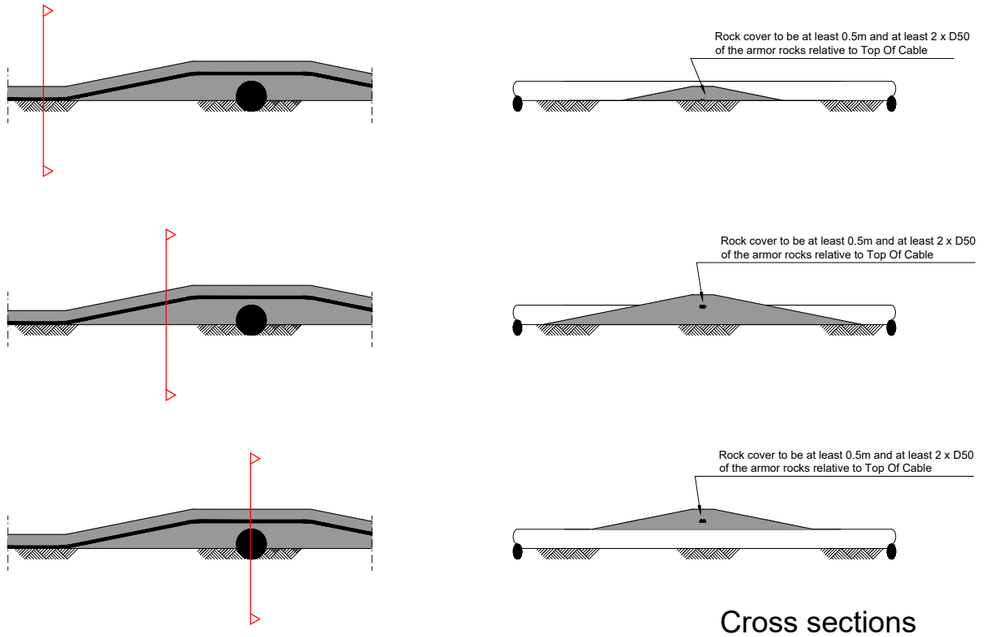
Net op Zee – Nederwiek 2

Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat

Bijlage 14: Principetekeningen kabelkruisingen



Pre lay rock berm



Cross sections

Post lay rock berm

Notes:

1. This design applies to both pipes and cables to be crossed, laying at the seabed or buried below the seabed;
2. All horizontal distances relative to the 3rd party subsea asset to be crossed are measured perpendicular to that 3rd parties subsea asset;
3. Min. height of pre lay rock berm is 0.3m above the asset crossed for crossings between a high voltage power cable and a pipe or telcom cable;
4. Min. height of pre lay rock berm is 1.0m above the asset crossed for crossings between two high voltage power cables;
5. In case the 3rd party subsea asset to be crossed is buried, the minimum pre lay berm height applies as minimum height above seabed at the location of the crossing;
6. Minimum cover by the post lay rock berm is 0.5m and at least 2 x D50 of the armor rocks relative to Top Of Cable;
7. Rock sizes applied are to be stable under the design wave and current situation at the crossing location;
8. A sprinkler layer on rock placements is required by the Dutch authorities (SODM). The sprinkler layer is to be placed on top of all rock placements to mitigate the risk of hooking by fishing gear. The stability requirements with regards to design wave and and current do not apply to the sprinkler layer. The sprinkler layer shall have a minimum thickness after installation of 0.2m. For this sprinkler layer rock with D90 ≤ 80mm shall be used.
9. Steepness of the side slopes of the post lay rock berm, as well as the density of the rock, can be considered a parameter to increase stability of the post lay rock berm;
10. All dimensions are minimum requirements, tolerances on the rock placements are not allowed to be negative relative to these minimum requirements;
11. Dimensions are subject to change depending on what will be, or is, agreed with 3rd party subsea asset owner(s) in the applicable crossing agreement(s).

Crossing design A

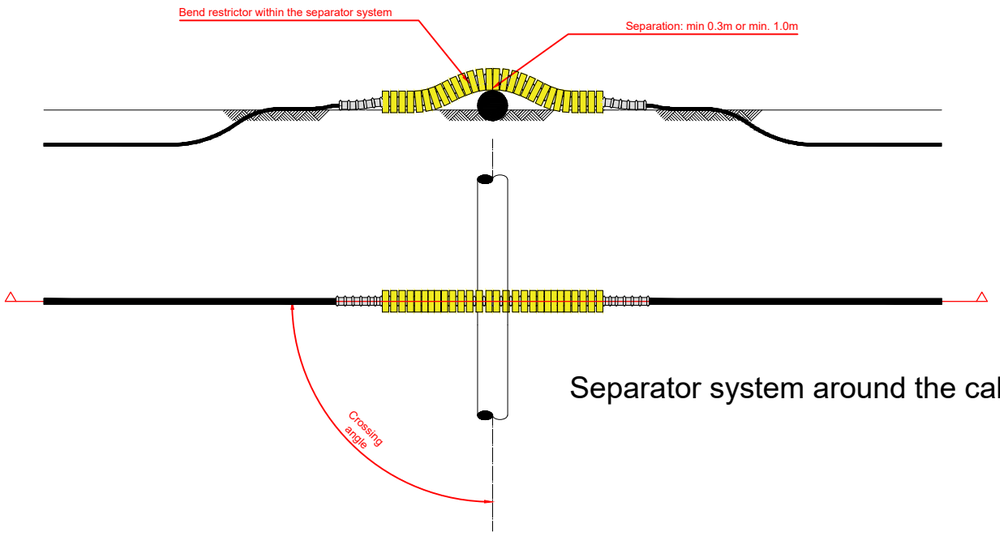
Pre lay rock placement

Post lay rock placement

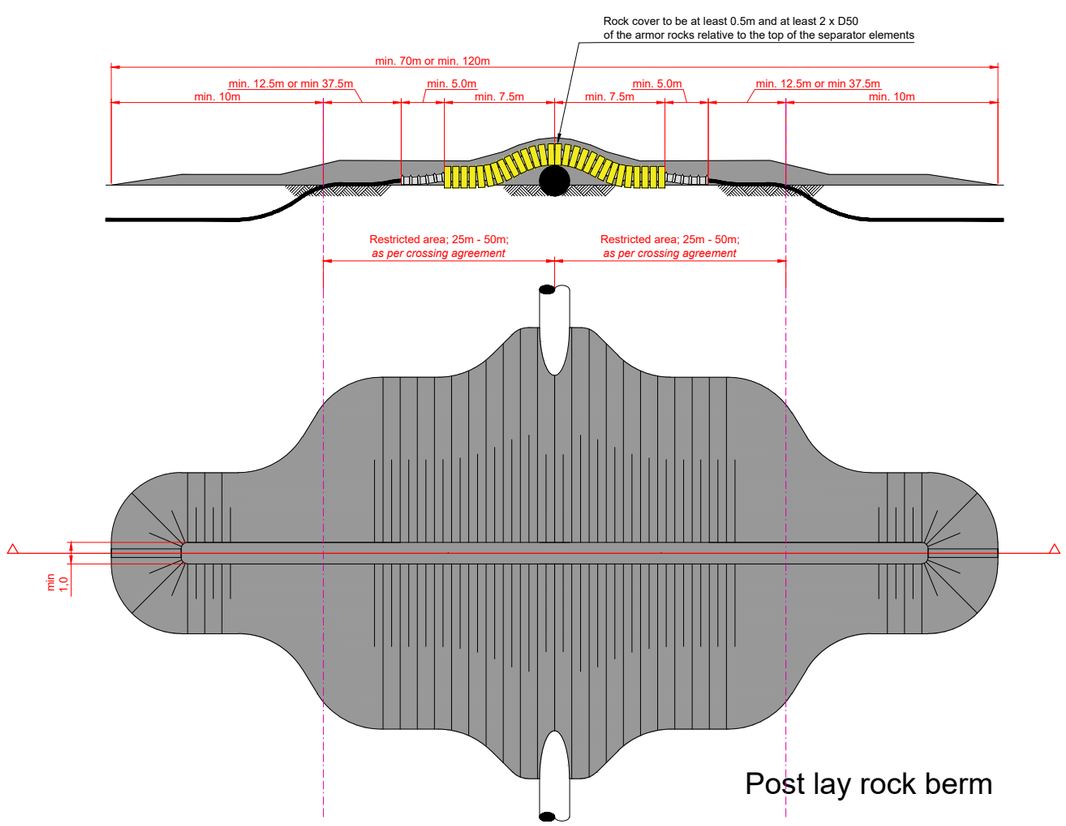
NOT TO SCALE

TenneT ONL

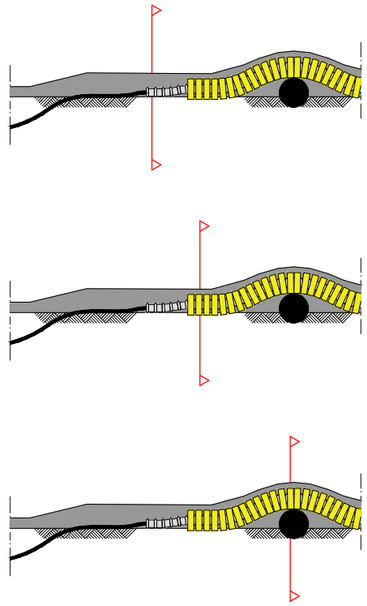
Rev 1.7
23-12-2020

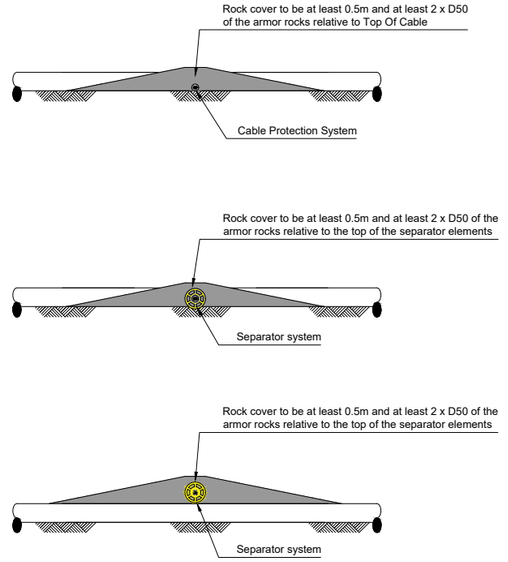


Separator system around the cable



Post lay rock berm





Cross sections

Notes:

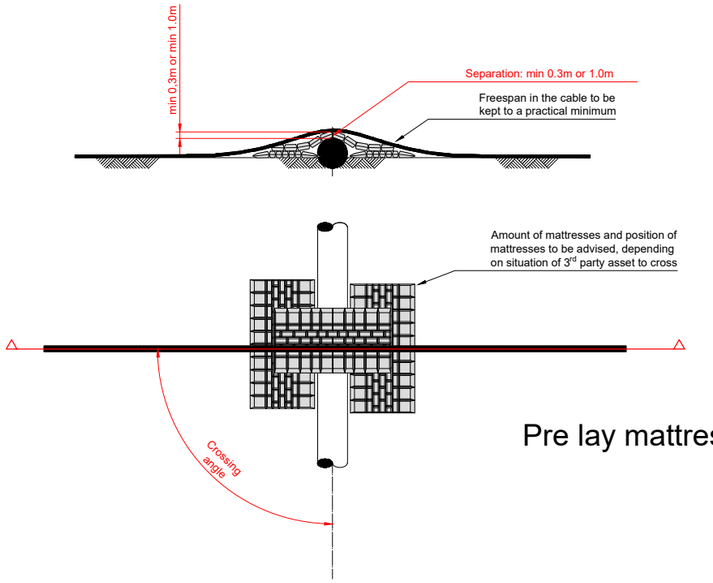
1. The shape of the separator elements is indicative, other shapes, as triangles and shapes which decrease the risk of hooking by fishing, are allowed as well.
2. This design applies to both pipes and cables to be crossed, laying at the seabed or buried below the seabed;
3. All horizontal minimum distances relative to the 3rd party subsea asset to be crossed are measured perpendicular to that 3rd parties subsea asset;
4. Min. separation is 0.3m between a high voltage power cable and a pipe or telcom cable;
5. Min. separation is 1.0m between two high voltage power cables;
6. In case the 3rd party subsea asset to be crossed is buried, the minimum separation applies as minimum separation relative to the seabed at the location of the crossing;
7. Minimum cover by the post lay rock berm is 0.5m and at least 2 x D50 of the armor rocks relative to Top Of Cable and relative to the top of the separator elements;
8. Rock sizes applied are to be stable under the design wave and current situation at the crossing location;
9. A sprinkler layer on rock placements is required by the Dutch authorities (SODM). The sprinkler layer is to be placed on top of all rock placements to mitigate the risk of hooking by fishing gear. The stability requirements with regards to design wave and and current do not apply to the sprinkler layer. The sprinkler layer shall have a minimum thickness after installation of 0.2m. For this sprinkler layer rock with D90 ≤ 80mm shall be used;
10. Steepness of the side slopes of the post lay rock berm, as well as the density of the rock, can be considered a parameter to increase stability of the post lay rock berm;
11. All dimensions are minimum requirements, tolerances on the rock placements are not allowed to be negative relative to these minimum requirements;
12. Dimensions are subject to change depending on what will be, or is, agreed with 3rd party subsea asset owner(s) in the applicable crossing agreement(s).

Crossing design B

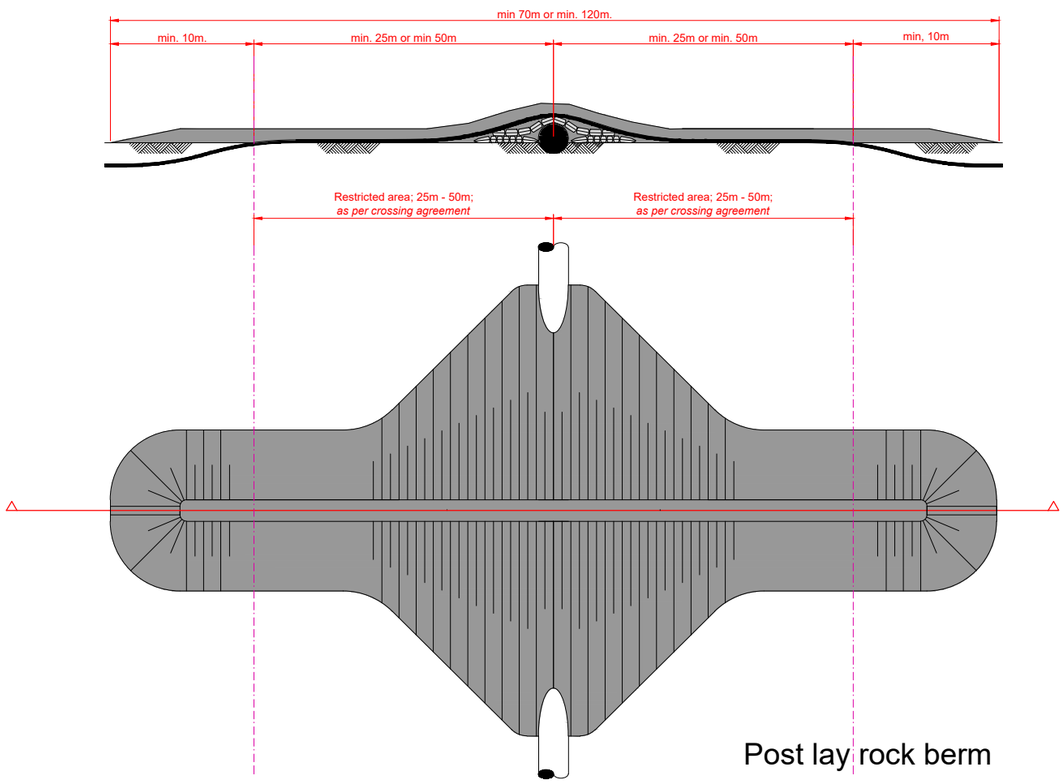
Separator around the cable bundle
Post lay rock placement
NOT TO SCALE

TenneT ONL

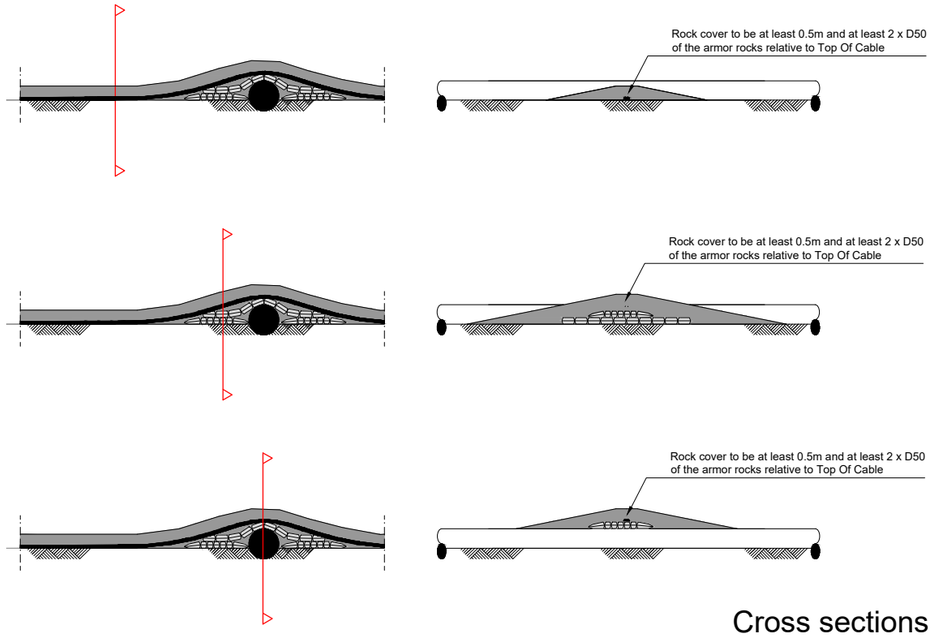
Rev 1.7
23-12-2020



Pre lay mattresses



Post lay rock berm



Cross sections

Notes:

1. This design applies to both pipes and cables to be crossed, laying at the seabed or buried below the seabed;
2. All horizontal distances relative to the 3rd party subsea asset to be crossed are measured perpendicular to that 3rd parties subsea asset;
4. Min. separation is 0.3m between a high voltage power cable and a pipe or telcom cable;
5. Min. separation is 1.0m between two high voltage power cables;
6. In case the 3rd party subsea asset to be crossed is buried, the minimum separation applies as minimum separation relative to the seabed at the location of the crossing;
7. Minimum cover by the post lay rock berm is 0.5m and at least 2 x D50 of the armor rocks relative to Top Of Cable;
8. Rock sizes applied are to be stable under the design wave and current situation at the crossing location;
9. A sprinkler layer on rock placements is required by the Dutch authorities (SODM). The sprinkler layer is to be placed on top of all rock placements to mitigate the risk of hooking by fishing gear. The stability requirements with regards to design wave and and current do not apply to the sprinkler layer. The sprinkler layer shall have a minimum thickness after installation of 0.2m. For this sprinkler layer rock with D90 ≤ 80mm shall be used.
10. Steepness of the side slopes of the post lay rock berm, as well as the density of the rock, can be considered a parameter to increase stability of the post lay rock berm;
11. All dimensions are minimum requirements, tolerances on the rock placements are not allowed to be negative relative to these minimum requirements;
12. Dimensions are subject to change depending on what will be, or is, agreed with 3rd party subsea asset owner(s) in the applicable crossing agreement(s).

Crossing design C

Pre lay concrete block mattress placement
Post lay rock placement
NOT TO SCALE

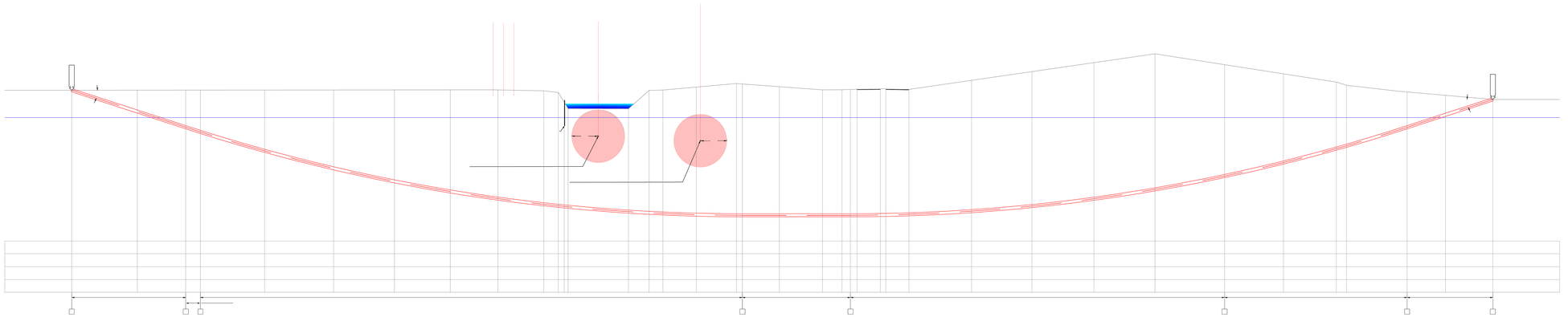
TenneT ONL

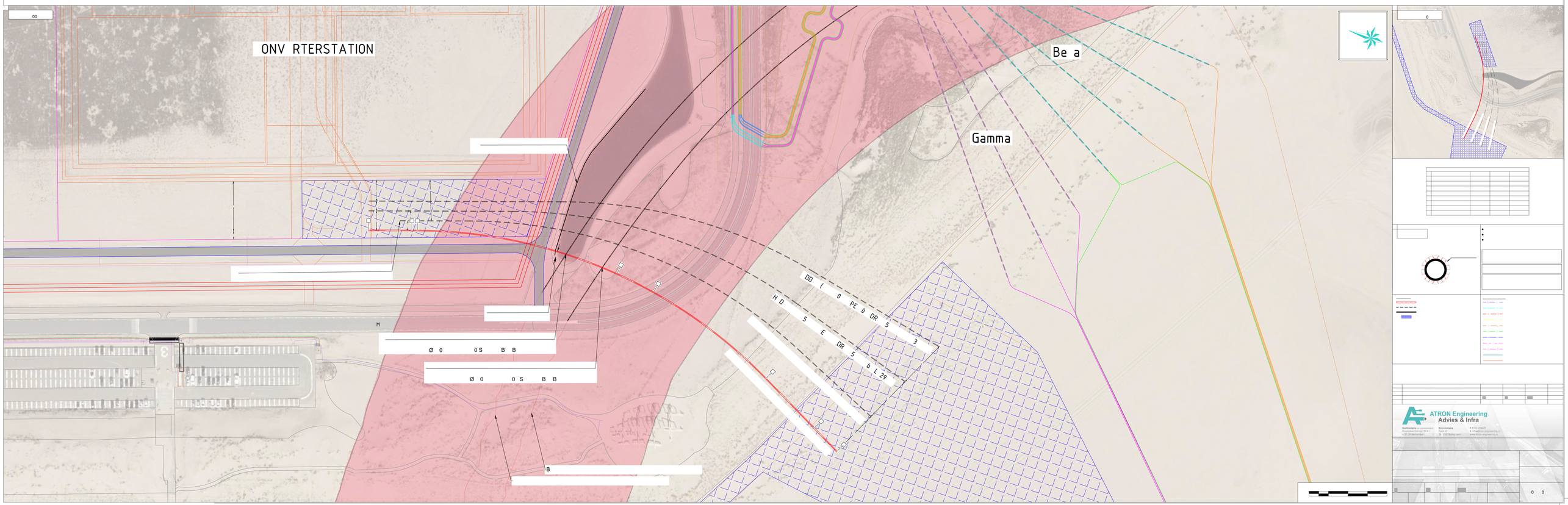
Rev 1.7
23-12-2020

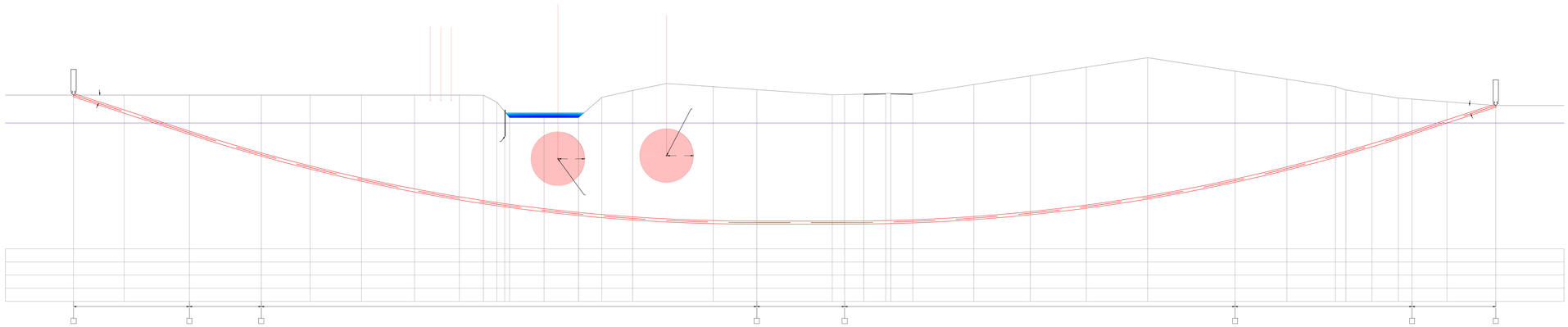
Net op Zee – Nederwiek 2

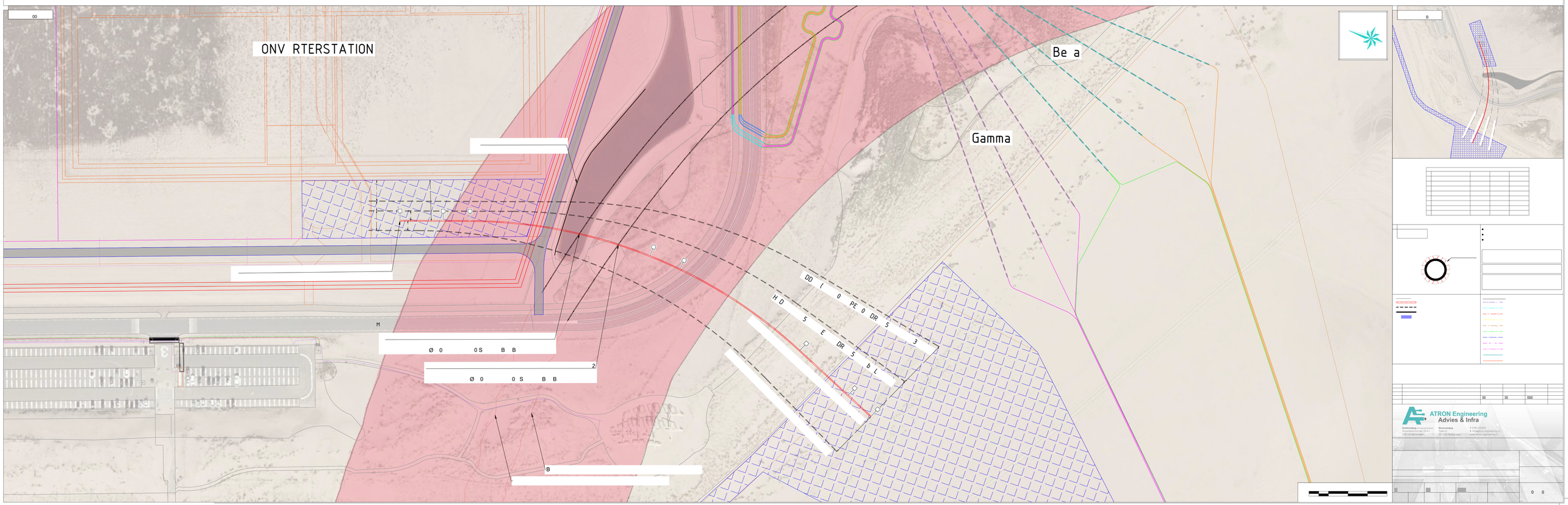
Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat

Bijlage 15: Boortekeningen aanlanding Maasvlakte

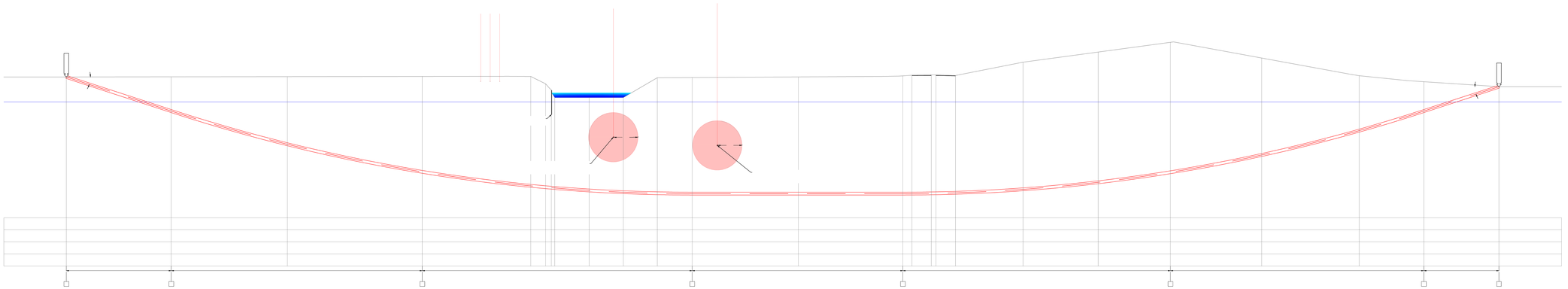


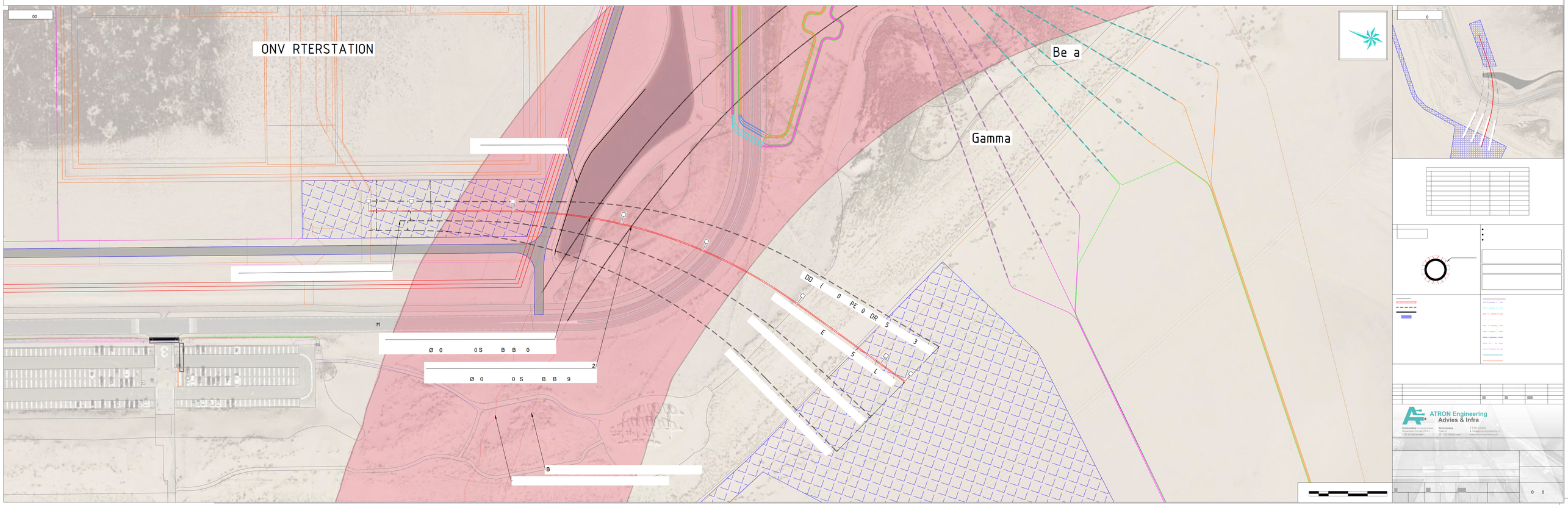

ONV RTERSTATION
Be a
Gamma
M
Ø 0 0S B B
Ø 0 0 S B B
B
DD I 0 PE 0 DR 5 3
H D 5 E DR 5 b L 29
ATRON Engineering
Advies & Infra



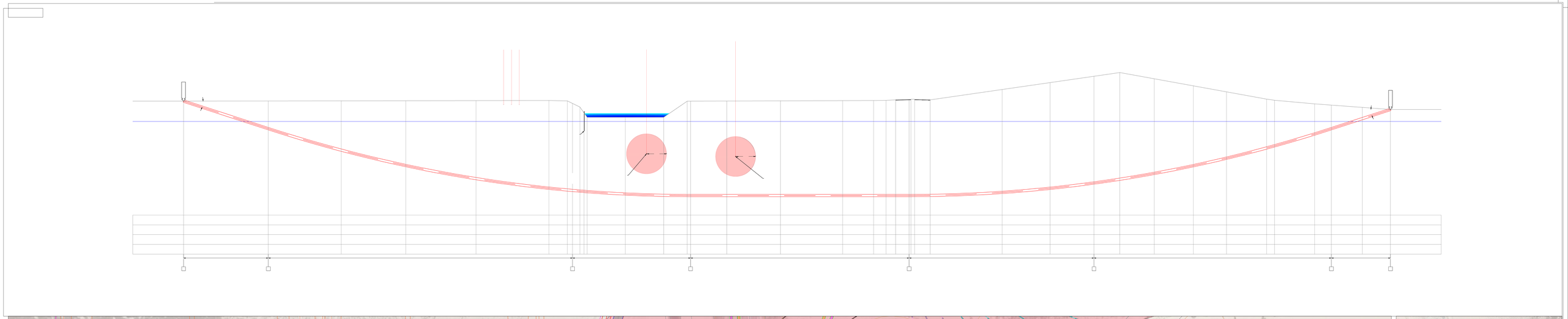


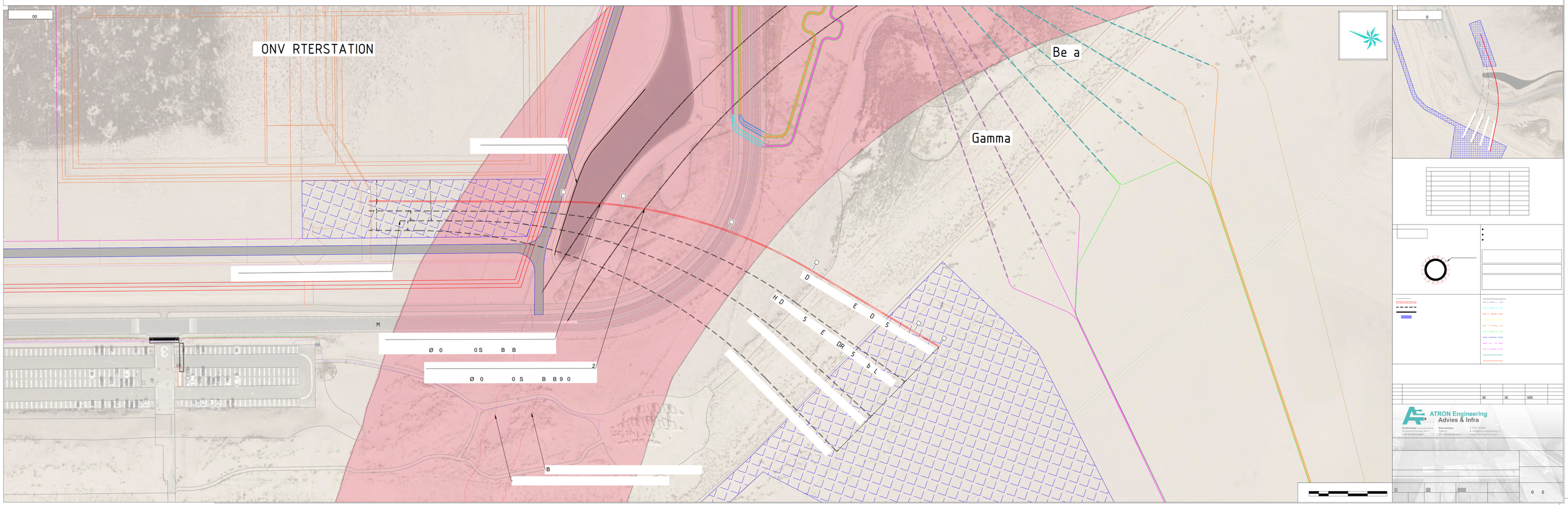
ATRON Engineering
Advies & Infra





ATRON Engineering
Advies & Infra




ONV RTERSTATION
Be a
Gamma
ATRON Engineering
Advies & Infra

Net op Zee – Nederwiek 2

Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat

Bijlage 16: Effectbeoordeling boringen zeewering

Deltares

Aanlanding kabels bij Maasvlakte Zuid

Nederwiek 2

Aanlanding kabels bij Maasvlakte Zuid
Nederwiek 2

Samenvatting

De Nederwiek 2 aanlanding van de elektriciteitskabels kruist de zeewering op de Maasvlakte Zuid. Bij de aanlanding wordt gebruik gemaakt van mantelbuizen waarin de kabels zullen worden aangelegd. De kabels zullen worden geïnstalleerd in 450 mm HDPE mantelbuizen. De 450 mm HDPE mantelbuizen zullen door middel van horizontaal gestuurde boringen worden aangelegd. Er zullen 4 HDD's worden uitgevoerd onder de zeewering.

Dit rapport beschrijft de beoordeling van het effect van de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels op de zeewering en de aanwezigheid van mantelbuizen en kabels na installatie. Om de beoordeling uit te kunnen voeren is eerst een globaal ontwerp gemaakt op basis van de beschikbare gegevens.

Ten aanzien van het globaal ontwerp kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De vloerpijp van de boorlijn dient een minimale helling van 0,5^{o} te hebben ten behoeve van de afvoer van luchtbellen. In het globale ontwerp berekening is deze helling toegepast op de boorlijn.
- Er zijn enkele grondwaterstand metingen uitgevoerd in peilbuizen die in boorgaten zijn geplaatst. Op basis van de gemeten grondwaterstand lijkt er voldoende overdruk in het boorgat aanwezig te zijn tijdens de uitvoering van de horizontaal gestuurde boringen. Aangezien de grondwaterstandmeting een momentopname betreffen is het aan te raden voorafgaand de uitvoering de grondwaterstand nogmaals te meten en indien nodig herberekeningen uit te voeren.
- De spanningen in de mantelbuizen zijn tijdens de aanleg en in de gebruiksfase lager dan de toetswaarden conform NEN 3650:2020. Hierbij is rekening gehouden met temperatuur effecten.
- Het kan worden overwogen om de PE-leidingen tijdens de intrekfase 100% te vullen, om spanningen in de mantelbuizen door optredende trekkrachten te reduceren (en om risico's op grotere trekkrachten te voorkomen).

Ten aanzien van de beïnvloeding van de zeewering kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De beschouwing van de verschillende dijkfaalmechanismen wijst uit dat de uitvoering van de HDD's geen bedreiging vormt voor de zeewering. De zeewering zal tijdens de uitvoering stabiel zijn (voorwaarde is dat de horizontaal gestuurde boring op normale wijze zonder incidenten wordt uitgevoerd).
- De zandlagen ter plaatse van de vooroever zijn waarschijnlijk niet verwekingsgevoelig. Bovendien is de geometrische toets voor zettingsvloeiing voldoende. Er is derhalve geen risico op instabiliteit van de vooroever.
- De graafwerkzaamheden op het strand (bij het uittredepunt) en installatie van damwanden hebben geen negatieve invloed op de zeewering.
- De te verwachten zakking van het maaiveld ter plaatse van de zeewering is gering en daardoor toelaatbaar. Het waterkerend vermogen wordt niet aangetast.

Inhoud

	Samenvatting	**4**
1	**Inleiding**	**8**
1.1	Over het project	8
1.2	Doelstelling	8
2	**Projectinformatie**	**9**
2.1	Beschikbare informatie en documenten	9
2.2	Aanleg	9
2.3	Boorlijn	10
2.4	Aan te leggen mantelbuis	10
2.5	Beschikbaar grondonderzoek	10
2.6	Zeewering	11
2.7	Hoogteprofiel	13
3	**Geologie en geohydrologie**	**15**
3.1	Geologie	15
3.1.1	Algemeen	15
3.1.2	Geologisch langsprofiel	15
3.2	Geohydrologie	16
3.2.1	Geohydrologisch langsprofiel	16
3.2.2	Zee waterstand	17
3.2.3	Freatische grondwaterstand en stijghoogte (van de 1^{e} watervoerende laag)	17
3.2.4	Korrelgrootteverdeling	18
3.2.5	Chloridegehalte	18
4	**Uitgangspunten**	**20**
4.1	Algemeen	20
4.2	Ligging vloerpijp	20
4.3	Doorsnede en grondparameters	20
4.4	Boorfasen	21
4.5	Boorvloeistof	21
4.6	Leidingparameters	22
4.7	Temperatuurverschil in mantelbuis	22
4.8	Partiele factor voor trekkracht	22
4.9	Volumegewicht zeewater	22
4.10	Freatische waterstand tussen intredepunt en buitenteen zeewering	22
5	**Globaal ontwerp**	**23**

5.1 Aanpassing boorlijn 23
5.2 Hoogte verschil in- en uittredepunt 23
5.3 Minimale en maximale boorvloeistofdrukken 24
5.4 Trekkracht 25
5.4.1 100% gevulde leiding (met water) 26
5.4.2 Niet-gevulde leiding 26
5.5 Leidingsterkte 26
5.5.1 Spanningen 27
5.5.1.1 100% gevulde leiding (met water) 27
5.5.1.2 Niet-gevulde leiding 27
5.5.2 Deflectie 28
5.5.3 Implosie 28
5.5.3.1 100% gevulde leiding (met water) 28
5.5.3.2 Niet-gevulde leiding 28
5.6 Tussenafstand tussen de boorlijnen van de HDD's 28
5.6.1 Intredepunt 29
5.6.2 Uittredepunt 29

6 Invloed op de waterveiligheid van de zeewering 30

6.1 Algemeen 30
6.2 Macrostabiliteit 31
6.2.1 Uitgangspunten 31
6.2.1.1 Beoordeling invloed van boren 31
6.2.1.2 Norm voor analyse 31
6.2.1.3 Glijvlakmodel 31
6.2.1.4 Materiaalfactor (γ_c) 31
6.2.2 Schematisering freatische grondwaterstand. 32
6.2.3 Software 32
6.2.4 Macrostabiliteit binnentalud (STBI) 32
6.2.4.1 Zonder plastische straal (initiële situatie) 32
6.2.4.2 Met plastische straal (tijdens pilotboren) 33
6.2.5 Macrostabiliteit buitentalud (STBU) 34
6.2.5.1 Zonder plastische straal (initiële situatie) 34
6.2.5.2 Met plastische straal (tijdens pilotboren) 35
6.2.6 Conclusie 36

7 Toetsing zettingsvloeiing en afschuiving voorland 37

7.1 Algemeen 37
7.2 Relevante gegevens ondergrond 37
7.3 Beoordeling verwekingsgevoeligheid op basis zandeigenschappen 38
7.4 Geometrietoets zettingsvloeiing 39

8 Toetsing op hoogte (GEKB) 42

8.1 Algemeen 42
8.2 Berekende zakking door trillingen 42
8.3 Kruinzakking door boogwerking 43

8.4 Consolidatie boorvloeistof 44
8.5 Volumeverandering rond boorgat 45
8.6 Sommatie componenten kruindaling 46

9 Invloed bij ontgraving aanbrengen kabels 48
9.1 Uitgangspunten 48
9.2 Afmetingen damwand 48
9.3 Wateroverspanning tijdens intrillen 48
9.4 Invloed ontgravingsput op stabiliteit zeewering 50
9.4.1 Ontgraving met een damwand aan kopse zijde ontgravingsput 50
9.4.2 Effect wateroverspanning tijdens intrillen damwand 51
9.5 Conclusie 52

10 Conclusies 53

11 Referenties 54

A Afslagprofiel 56

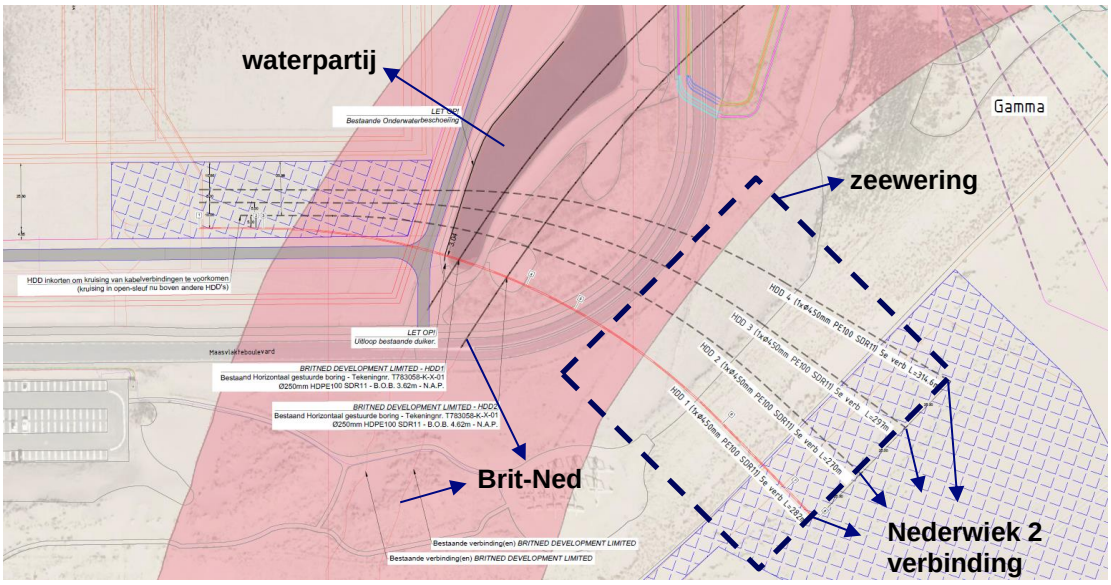
B D-Geo Pipeline berekeningsrapport 57

1 Inleiding

1.1 Over het project

Bij de aanleg van de elektriciteitskabels voor de aanlanding van Nederwiek 2 is de kruising van de zeewering op de Maasvlakte Zuid nodig. De kruising zal worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's). Er zullen 4 horizontaal gestuurde boringen worden uitgevoerd voor de aanleg van mantelbuizen waarin de kabels van de Nederwiek 2 verbinding zullen worden ingetrokken. De geplande boringen bevinden zich ten westen van de geplande IJmuiden Ver Gamma boringen. De beschrijving van het globale ontwerp voor de aanlanding van de kabels IJmuiden Ver Gamma en Beta zijn in de rapporten [22] en [23] te vinden.

De geplande horizontaal gestuurde boringen zullen de bestaande Brit-Ned kabels kruisen (zie Figuur 1.1). In het achterland van de te kruisen zeewering bevindt zich een waterpartij (ca. 12 m breed). De geplande locaties van de horizontaal gestuurde boringen zijn in Figuur 1.1 weergegeven. De zeewering is ook in Figuur 1.1 aangegeven.



Figuur 1.1 Locatie aanlanding elektriciteitskabels voor Nederwiek 2 (4 HDD's) [1]).

1.2 Doelstelling

Ten behoeve van een vergunningaanvraag voor de aanleg van de kabels onder de zeewering op de Maasvlakte Zuid is Deltares door TenneT gevraagd om een globaal ontwerp op te stellen voor de kruising met de zeewering. Aan Deltares is gevraagd om de effecten van de aanleg van de kabels op de zeewering te beschouwen. Door de effecten van de aanleg te beschouwen en de situatie na de aanleg mee te nemen kan worden aangetoond dat de aanleg van de kabels geen ontoelaatbare effecten heeft op het waterkerend vermogen.

2 Projectinformatie

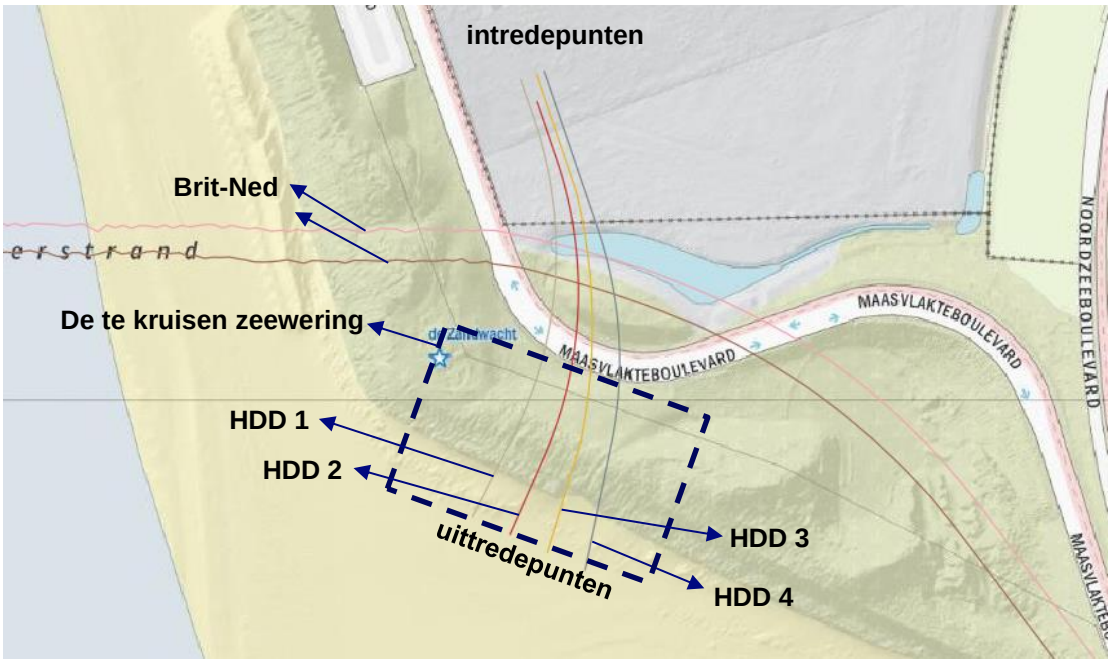
2.1 Beschikbare informatie en documenten

TenneT heeft de volgende informatie verstrekt:

- Bovenaanzicht en de door TenneT voorgestelde boorlijn voor HDD 1: 3342-0122-01-HDD 1 versie 2.pdf [2].
- Bovenaanzicht en de door TenneT voorgestelde boorlijn voor HDD 2: 3342-0122-01-HDD 2 versie 2.pdf [3].
- Bovenaanzicht en de door TenneT voorgestelde boorlijn voor HDD 3: 3342-0122-01-HDD 3 versie 2.pdf [4].
- Bovenaanzicht en de door TenneT voorgestelde boorlijn voor HDD 4: 3342-0122-01-HDD 4 versie 2.pdf [5].
- Grondonderzoeksrapport Maasvlakte verbinding [7]
- Bathymetriegegevens: P1705_IJV-BG_014_0.000-4.385_ETRS89_BAT-LAT-05.zip.

2.2 Aanleg

In Figuur 2.1 is het bovenaanzicht weergegeven van de 4 horizontaal gestuurde boringen ter plaatse van de kruising met de zeewering (HDD 1 t/m 4). De afstand tussen twee uittredepunten is ca. 25 m. De afstand tussen twee intredepunten is ca. 5 m. De lengte van de geplande HDD 1, 2, 3 en 4 is respectievelijk 282 m, 277 m, 303 en 315 m . Voor de uitwerking van het ontwerp van de HDD's bij de kruising van de zeewering is de boorlijn van HDD 4 gekozen.



Figuur 2.1 HDD 4 als de representatieve HDD voor het ontwerp van de Nederwiek 2 verbinding [bron: 2 t/m 5].

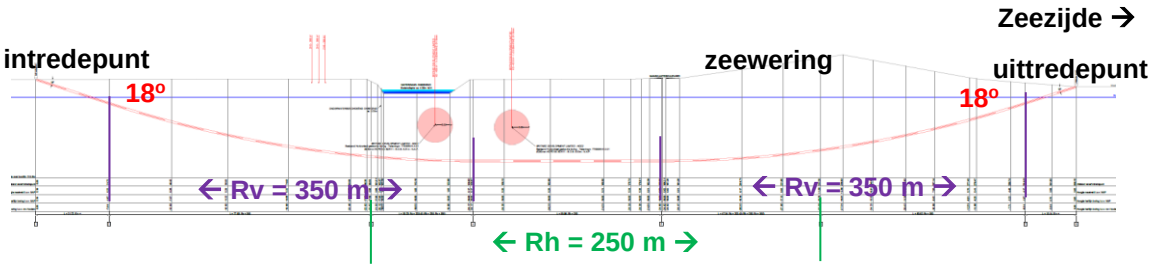
Ter plaatse van de uittredepunten van de horizontaal gestuurde boringen worden ontgravingen binnen damwandkuipen uitgevoerd om de kabels op de juiste diepte in te voeren in de mantelbuizen. Vanzelfsprekend zullen de ontgravingen plaatsvinden nadat de mantelbuizen zijn geïnstalleerd.

2.3 Boorlijn

De geometrie van de door TenneT voorgestelde boorlijn (HDD 4) heeft de volgende kenmerken (zie Figuur 2.2) [5]:

- Maaiveldhoogte: NAP + 5,19 m (intredepunt) en NAP + 3,05 m (uittredepunt).
- In- en uittredehoek 18°.
- Vloerpijp diepte NAP - 19 m.
- Verticale bochtstraal (Rv) 350 m (opgaande en neergaande bochten).
- Horizontale bochtstraal (Rh) 250 m.

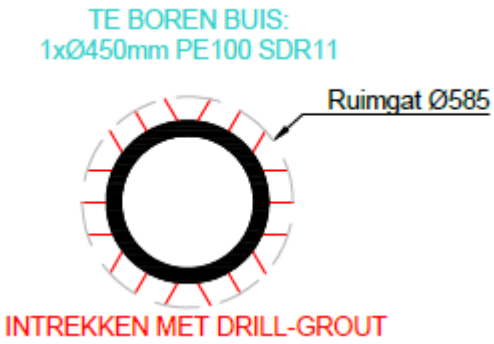
Het uittredepunt bevindt zich aan de zeezijde van de zeewering. De totale lengte van de boring is ca. 315 m.



Figuur 2.2 De door TenneT voorgestelde boorlijn voor HDD 4 van Nederwiek 2 [3].

2.4 Aan te leggen mantelbuis

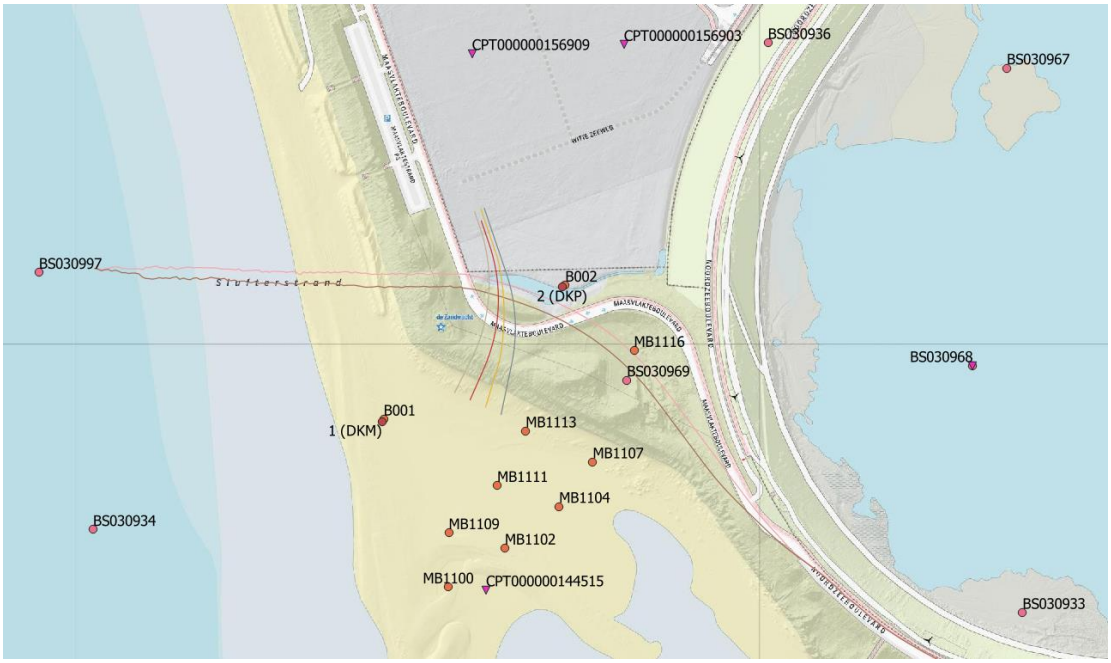
De aan te leggen mantelbuis is volgens opgave van TenneT 450 mm PE100 SDR 11. Deze mantelbuis zal in een geruimd boorgat van 585 mm (23") worden aangelegd (zie Figuur 2.3). De wanddikte van de mantelbuis bedraagt 41 mm. Het materiaal is PE 100 daardoor is de lange termijn sterkte 350 MPa en de korte termijn sterkte 975 MPa bij 20°C.



Figuur 2.3 Afmeting mantelbuis en geruimd boorgat [5].

2.5 Beschikbaar grondonderzoek

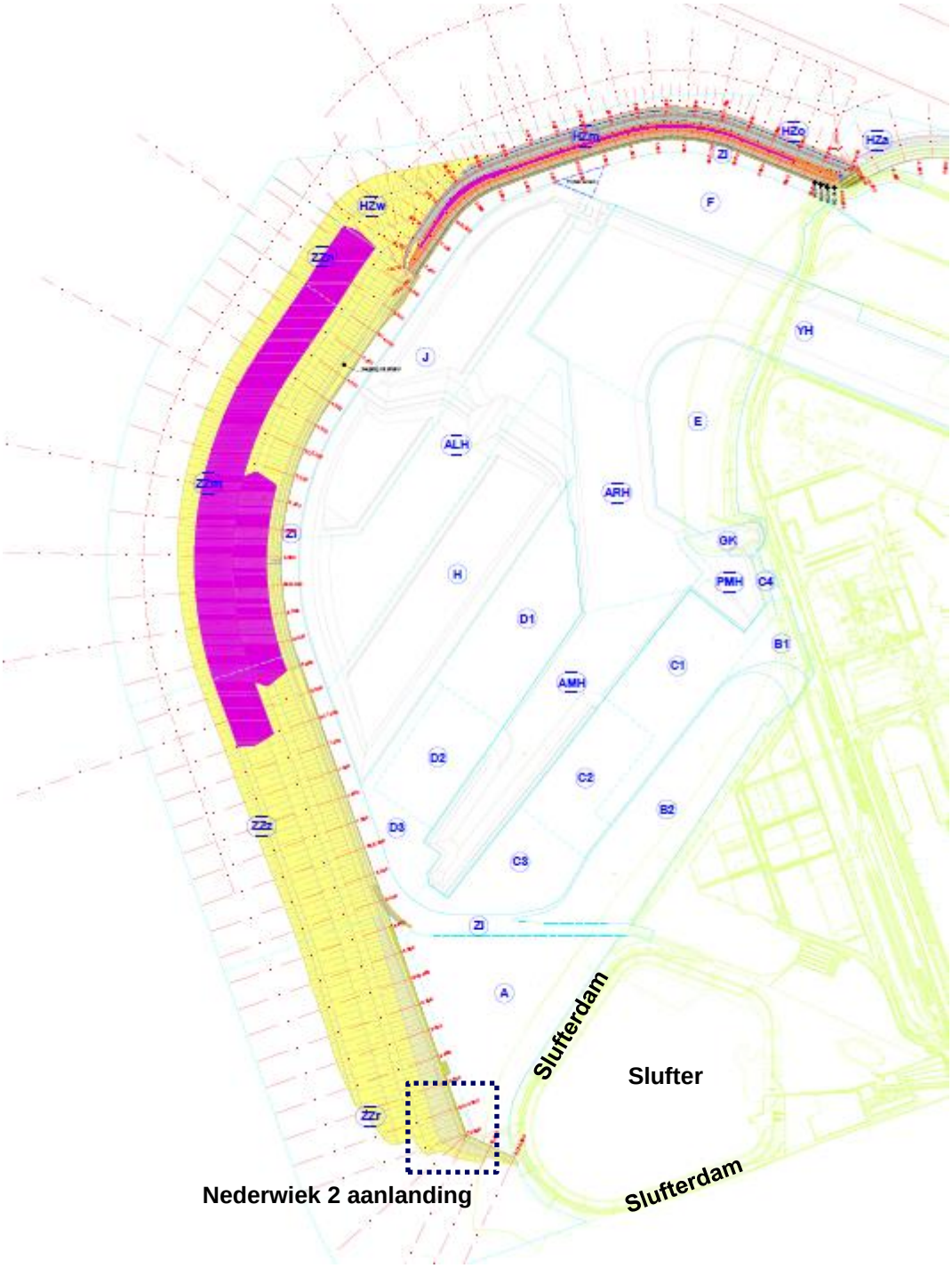
Het beschikbare grondonderzoek rondom het boortracé is in Figuur 2.4 weergegeven.



Figuur 2.4 Locatie van het beschikbare grondonderzoek (bron: Dinoloket, [6] en [7]).

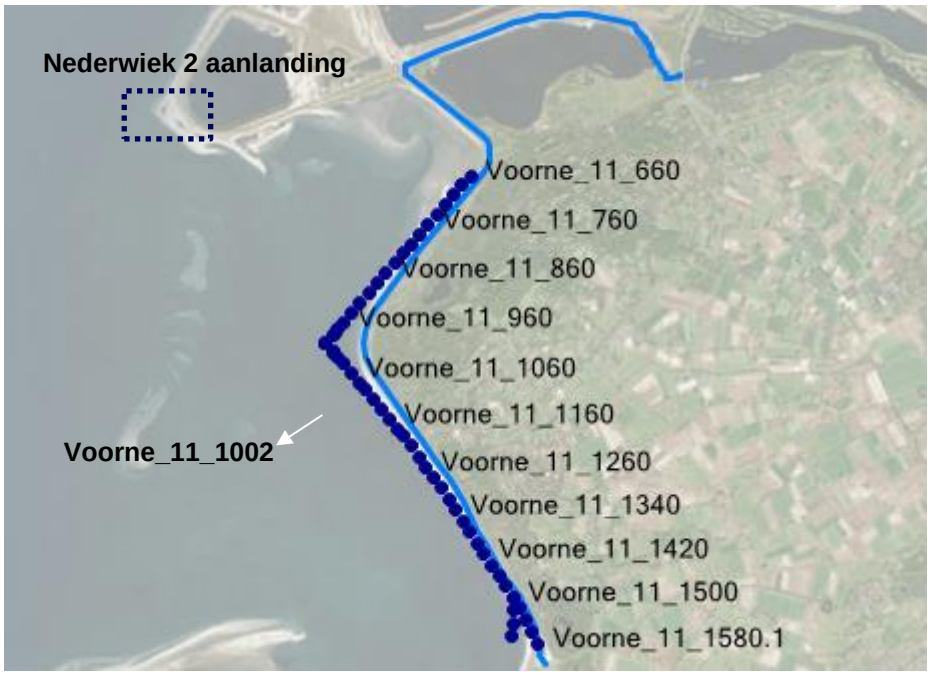
2.6 Zeewering

Het deel van de zeewering waar de Nederwiek 2 aanlanding zal kruisen is een zogenaamde zachte zeewering (ZZ, zie Figuur 2.5). De zeewering bestaat hier uit zand. De zeewering bevindt zich ten oosten van de Slufterdam.



Figuur 2.5 Bovenaanzicht zeewering Maasvlakte [21] en geplande locatie van de Nederwiek 2 aanlanding.

Voor deze zeewering is de veiligheidsnorm officieel niet vastgesteld door Rijkswaterstaat. De zeewering bevindt zich dicht bij de primaire waterkering traject 20-1 (zie Figuur 2.6) met een toelaatbare overstromingskans (ondergrenswaarde) van 1/10000 per jaar [17]. Dit is een zeer conservatieve aanname omdat er geen overstroming kan optreden (de binnendijkse zijde staat in verbinding met de Noordzee). Voor de beschouwing van de waterveiligheid van de zeewering dient dan rekening te worden gehouden met de maatgevende hoogwaterstand NAP+5,37 m bij een toelaatbare overstromingskans van 1/10000. De maatgevende hoogwaterstand van NAP+5,37 voor de zeewering is aan het punt Voorne_11_1002 ontleend (zie Figuur 2.6).

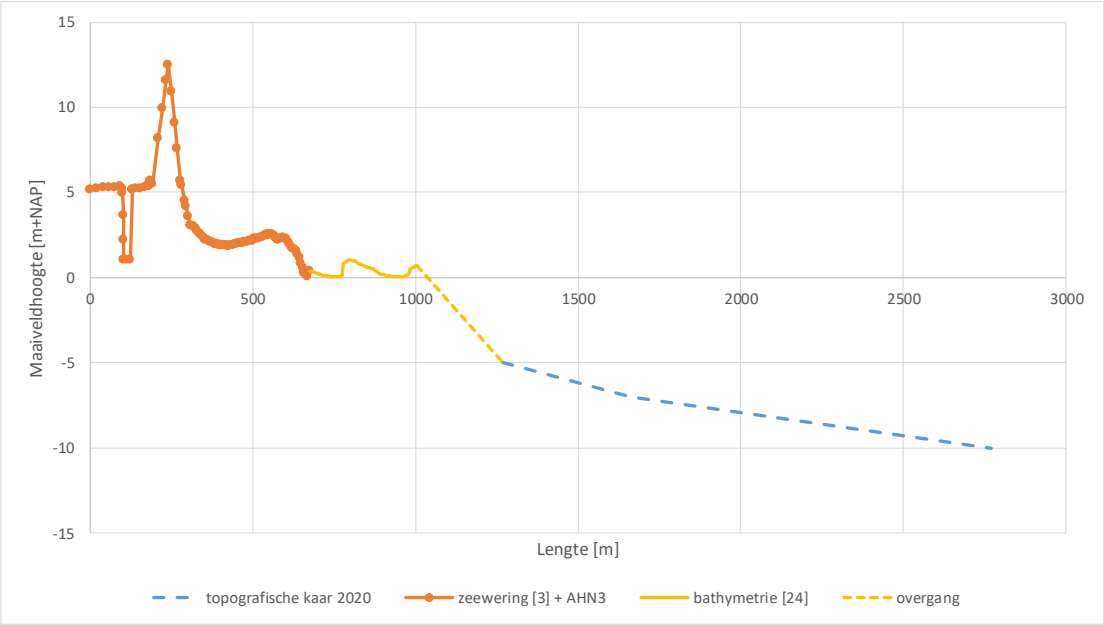


Figuur 2.6 Geplande locatie voor de Nederwiek 2 aanlanding op een oude kaart voor aanleg van de zeewering, de locatie van primaire waterkering traject 20-1 (licht blauwe lijn) en het uitvoerpunt Voorne_11_1002 voor de maatgevende hoogwaterstand bepaling.

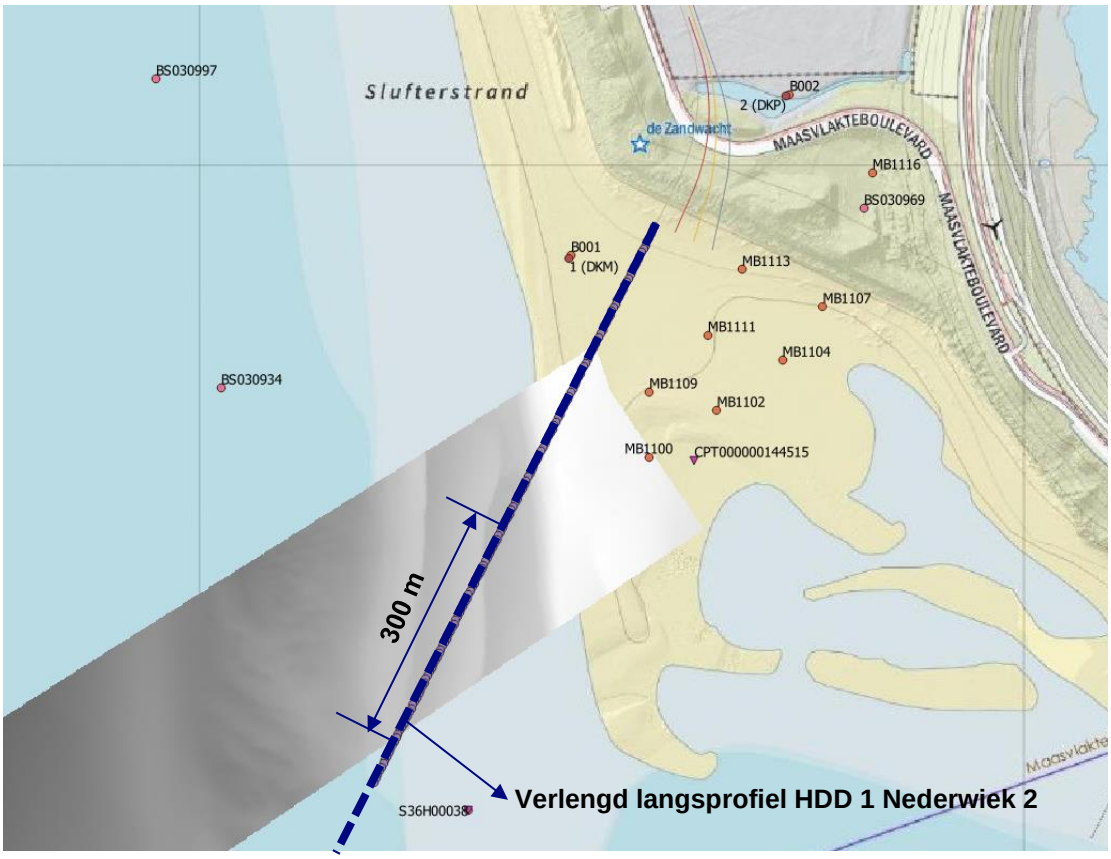
2.7 Hoogteprofiel

In Figuur 2.7 is het maaiveld langs de boorlijn HDD 4 inclusief de vooroever weergegeven. Het voorlandprofiel tussen L 300 m en 700 m is overgenomen van HDD 1. Het korte voorland profiel is maatgevend voor de beschouwing van het zettingsvloeiing mechanisme (zie hoofdstuk 7) bij de 4 HDD's (het voorland van HDD 4 is korter dan HDD 1).

Het vooroeverprofiel (zie Figuur 2.7) is in het meest zeewaartse deel gebaseerd op een topografische kaart van 2020 en is meer landwaarts gebaseerd op aangeleverde bathymetriegegevens [25]. De ligging van het voorover profiel is in Figuur 2.8 aangegeven. Een lineaire overgangslijn is aangenomen in het vooroeverprofiel om de bathymetriegegevens aan te sluiten op de topografische gegevens .



Figuur 2.7 Lengteprofiel maaiveldhoogte HDD 4 van Nederwiek 2 inclusief de vooroever (bron: AHN3, tekening [3], bathymetrie [24] en topografische kaart)



Figuur 2.8 Locatie vooroever profiel en bathymetriegegevens [24].

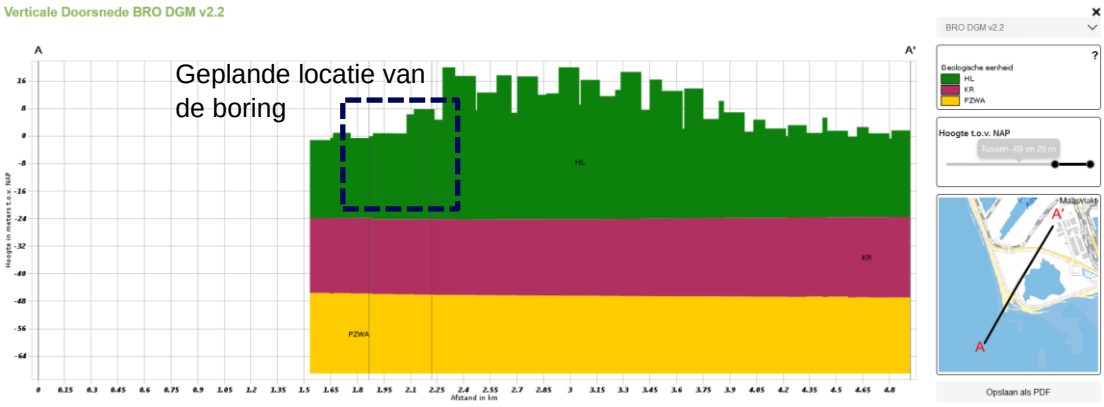
3 Geologie en geohydrologie

3.1 Geologie

3.1.1 Algemeen

De regionale geologische opbouw van de ondergrond ter plaatse van het boortracé tot NAP - 55 m diep is in Figuur 3.1 weergegeven. Het volgt uit Figuur 3.1 dat er drie geologische eenheden kunnen worden onderscheiden:

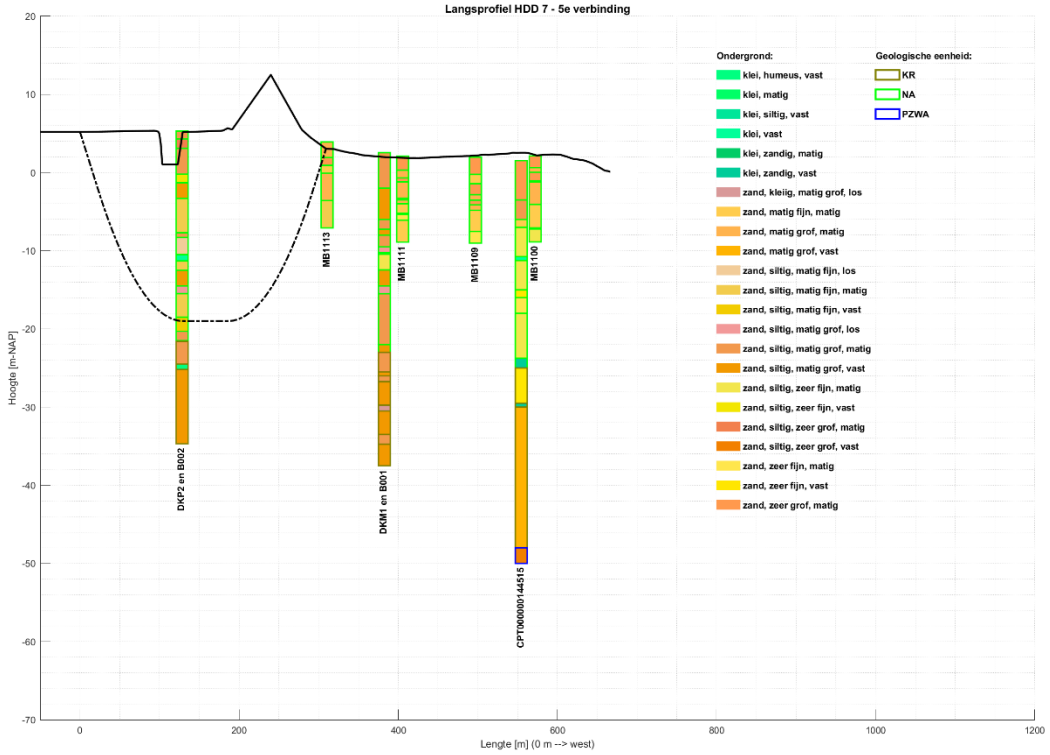
- HL (Holocene lagen, Formatie van Naaldwijk).
- KR (Formatie van Kreftenheye).
- PZWA (Formatie van Waalre).



Figuur 3.1 Geologisch profiel ter plaatse van het boortracé tot NAP - 55 m diep (bron: Dinoloket).

3.1.2 Geologisch langsprofiel

Figuur 3.2 geeft het geologisch langsprofiel met de uit het grondonderzoek afgeleide grondlagen en de voorgestelde boorlijn weer. De ligging van de grondlagen is uit de beschikbare boringen en sonderingen geïnterpreteerd. De Holocene lagen (Formatie van Naaldwijk) bestaan voornamelijk uit matig grof tot zeer fijn zand. Er komen lokaal meer siltig en kleiig ontwikkelde lagen voor. De vloerpijp van de voorgestelde boorlijn ligt op NAP - 19 m in een matig fijn vast gepakt zandpakket van de Formatie van Naaldwijk (NA).

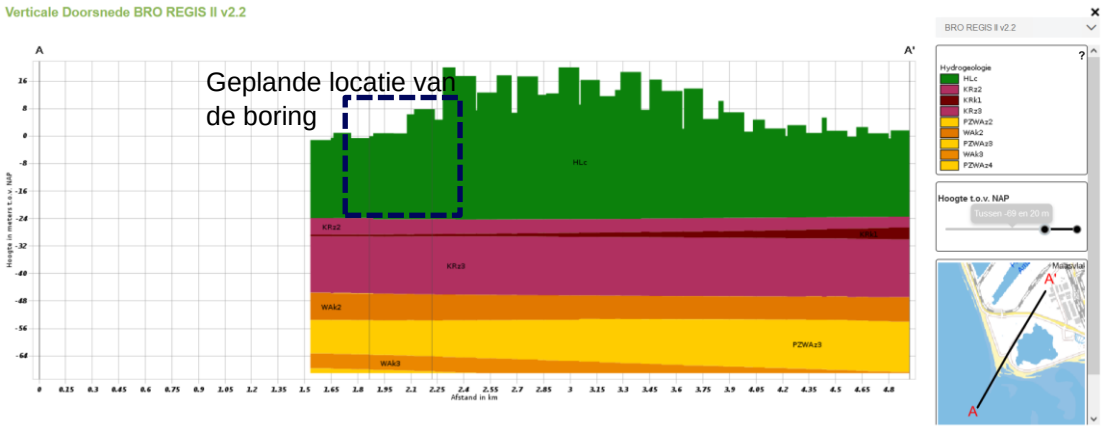


Figuur 3.2 Geologisch langsprofiel met grondlagen en de door TenneT voorgestelde boorlijn (vloerpijp op NAP - 19 m).

3.2 Geohydrologie

3.2.1 Geohydrologisch langsprofiel

Het geohydrologische profiel ter plaatse van het boortracé is in Figuur 3.3 weergegeven. De Formatie van Kreftenheye (KR) en de Formatie van Waalre (PZWA) bestaan vooral uit matig grof tot zeer grof zand. Bij de overgang tussen de Holocene lagen (HL) en de Formatie van Kreftenheye (KR) is een zandige kleilaag (matig tot vast) aanwezig. Bij de overgang tussen de Formatie van Kreftenheye (KR) en de Formatie van Waalre (PZWA) kan een vaste zandige kleilaag voorkomen (in de classificatie die vroeger werd gebruikt werd dit klei uit de Kedichem formatie genoemd).

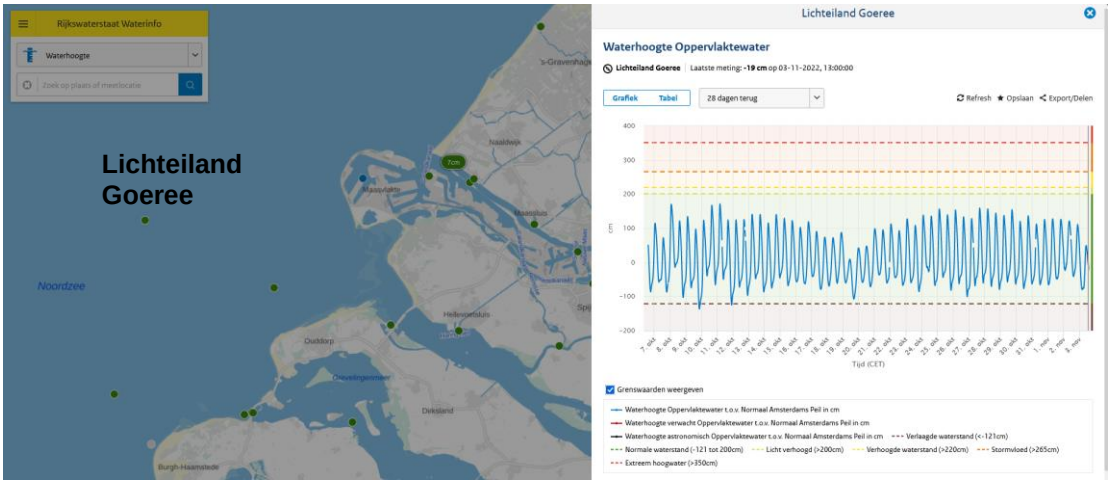


Figuur 3.3 Geohydrologisch profiel ter plaatse van het boortracé tot NAP - 55 m diep (bron: Dinoloket).

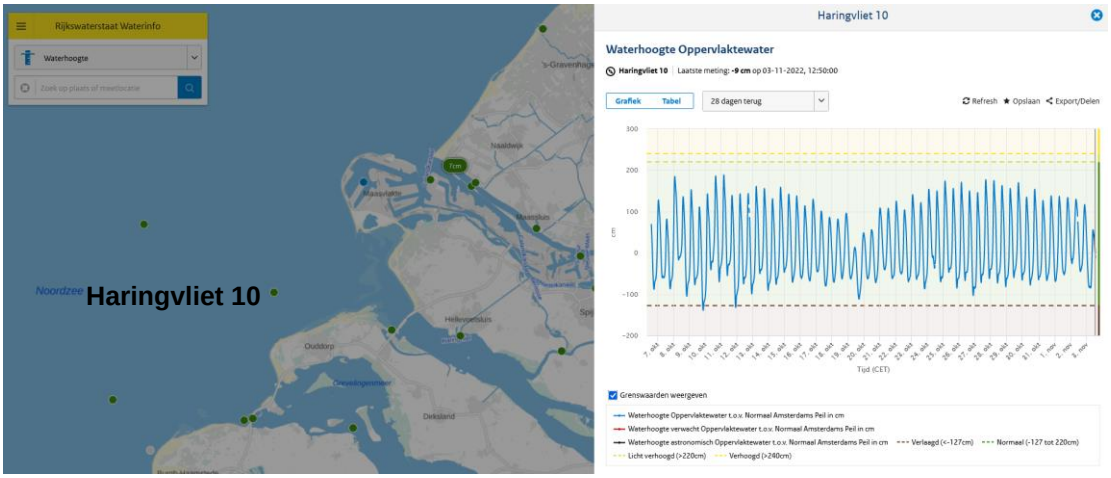
De Holocene lagen bestaan grotendeels uit zand. Het Holocene zand en het Pleistocene zand van de Formatie van Kreftenheye vormen de 1e watervoerende laag. De kleilaag aan de bovenkant van de Formatie van Waalre (Waalre klei / Kedichem klei) vormt de 1e waterremmende laag.

3.2.2 Zee waterstand

De informatie over de buitenwaterstanden in de Noordzee kan worden ontleend aan de metingen bij Lichteiland Goeree en Haringvliet 10 (zie Figuur 3.4 en 3.5). De maximale dagelijkse buitenwaterstand (bij vloed) bedraagt ca NAP +2,2 m (zie Figuur 3.5). De minimale dagelijkse buitenwaterstand bedraagt ca NAP-1,27 m (zie Figuur 3.5).



Figuur 3.4 Verloop zee waterstand, periode 6 oktober – 3 november 2022, locatie Lichteiland Goeree (bron: https://waterinfo.rws.nl).



Figuur 3.5 Verloop waterstand buitendijks, periode 6 oktober – 3 november 2022, locatie Haringvliet 10 (bron: https://waterinfo.rws.nl).

3.2.3 Freatische grondwaterstand en stijghoogte (van de 1e watervoerende laag)

De freatische grondwaterstand in de relevante boringen (B001, B002, MB1100, MB1109, MB1111 en MB1113) is gemeten. De metingen zijn in Tabel 3.1 opgenomen. Het betreft een momentopname na de uitvoering van de boringen.

Tabel 3.1 Gemeten freatische waterstand in boring B001, B002, MB1100, MB1109, MB1111 en MB1113 [7].

Boring	Maaiveld [m + NAP]	Freatische waterstand [m + NAP]	Uitvoeringsdatum boringen
B001	2,55	0,05 (filter tussen NAP - 5,95 m en NAP - 7,95 m)	17-9-2020
B002	5,31	0,81 (filter tussen NAP - 3,20 m en NAP - 5,20 m)	18-8-2020
MB1100	2,13	+1,13 (filter tussen NAP- 0,87 m en NAP - 1,87 m)	23-11-2021
MB1109	1,97	+1,47 (geen filter)	24-11-2021
MB1111	2,11	1,61 (filter tussen NAP - 0,89 m en NAP - 1,89 m)	24-11-2021
MB1113	3,92	2,02 (geen filter)	24-11-2021

De stijghoogte in de 1e watervoerende laag is niet gemeten in de bovengenoemde boringen. Uit de gemeten waterspanning in DKP2 (een sondering naast B002) blijkt dat de stijghoogte van de 1ste watervoerende laag gelijk is aan de freatische waterstand.

3.2.4 Korrelgrootteverdeling

De informatie over de korrelgrootteverdelingen van lagen in de ondergrond is te vinden in [7]. Hier worden de korrelgrootteverdelingen van boring B001, B002, MB1100, MB1109, MB1111 en MB1113 beschreven. De resultaten zijn in Tabel 3.2 samengevat.

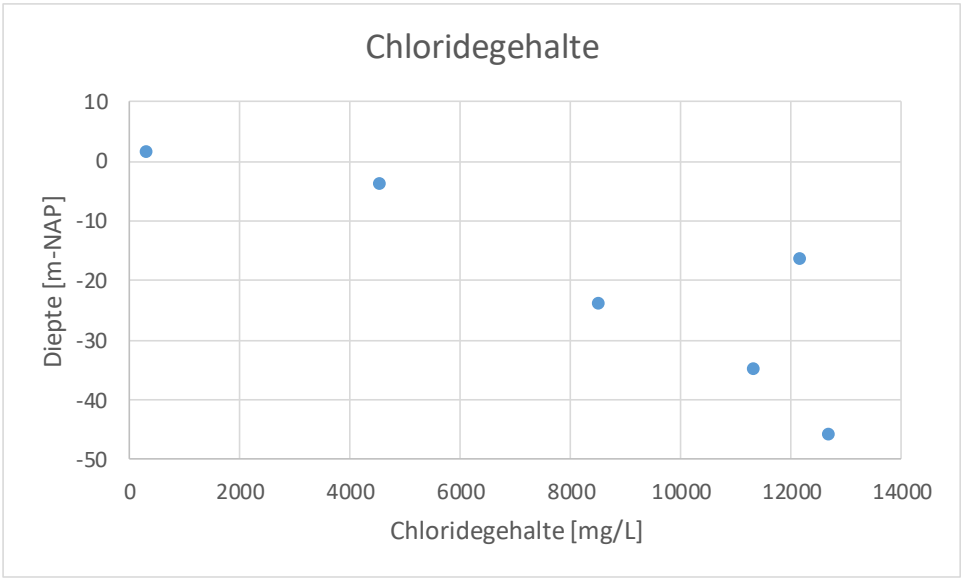
Tabel 3.2 Korrelgrootteverdeling in B001, B002, MB1100, MB1109, MB1111 en MB1113 [7].

Boring	Bovenkant [m + NAP]	Onderkant [m + NAP]	d10 [mm]	Cu [-]	Klei-lutum [%]	Zand [%]	Grind [%]
B001	-7,05	-7,45	0,08	1,70	5,7	94,3	0
B001	-18,05	-18,45	0,09	1,78	6,6	93,4	0
B002	-3,29	-3,69	0,07	1,68	12,7	87,3	0
B002	-14,29	-14,69	0,2	1,75	24,2	75,8	0
MB1100	-7,47	-7,87	0,09	1,53	2,1	97,9	0
MB1109	-7,63	-8,03	0,09	1,5	3,7	96,3	0
MB1111	-7,49	-7,89	0,1	1,43	4,1	95,7	0,2
MB1113	-5,68	-6,08	0,09	2,84	4,4	95,6	0
MB1113	-6,28	-6,68	0,08	2,16	5,2	94,8	0

3.2.5 Chloridegehalte

Het chloridegehalte in de ondergrond tot NAP - 50 m is in grondwaterput B37A0113 gemeten (zie de locatie in Figuur 3.6). De chloridegehalte metingen op verschillende diepten uit B37A0113 zijn in Figuur 3.7 weergegeven. De meetdatum is 6 september 1971. Het volgt uit Figuur 3.7 dat zout grondwater (chloridegehalte $\geq$ 1000 mg/L) kan worden verwacht ter plaatse van de diepere grondlagen. Mogelijk kan er ter plaatse van het intredepunt in de bovenste grondlagen zoet water worden aangetroffen.

Figuur 3.6 Locatie B37A0113 (bron: Dinoloket).



Figuur 3.7 Gemeten chloridegehalte in B37A0113 (bron: Dinoloket).

4 Uitgangspunten

4.1 Algemeen

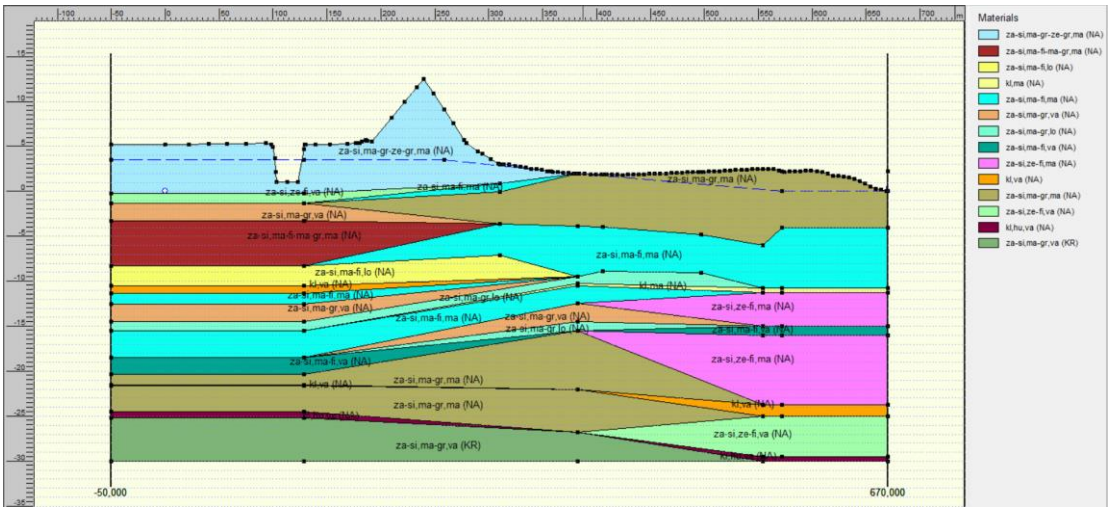
De belangrijkste uitgangpunten van de ontwerpberekeningen voor het globaal ontwerp zijn in dit hoofdstuk beschreven.

4.2 Ligging vloerpijp

De voorgestelde ligging van de vloerpijp (NAP-19 m) ligt in de Formatie van Naaldwijk (Holocene laag). De vloerpijp zal dan worden geboord in een matig tot vast gepakt zandpakket. Langs de boorlijn op het niveau van de vloerpijp kan zowel fijn als grof zand worden aangetroffen tijdens het boren (op basis van boring B002 en B001). Bij het boren van de het boorgat op vloerpijp niveau dient derhalve rekening te worden gehouden met het risico op aanzanding door de aanwezigheid van fijn zand.

4.3 Doorsnede en grondparameters

De geschematiseerde ondergrond op basis van de beschikbare gegevens is met behulp van D-Geo Pipeline (versie 20.1) gemaakt en is in Figuur 4.1 gepresenteerd. In de doorsnede ligt de gemiddelde freatische grondwaterstand in het achterland van de zeewering en bij het intredepunt op NAP+3,5 m (zie paragraaf 4.10). De freatische grondwaterstand bij het uittredepunt ligt op NAP+0 m (gemiddelde zeeniveau, bij berekeningen wordt een conservatieve waarde voor de laag- of hoogwaterstand genomen).



Figuur 4.1 Langsdoorsnede horizontaal gestuurde boring van de Nederwiek 2 aanlanding (met de gemiddelde freatische waterstand van NAP+0 m in het voorland en NAP+3,5 m in het achterland).

De grondparameters voor de grondlagen zijn met behulp van Tabel 2b NEN 9997-1:2016 [8] bepaald en zijn in Tabel 4.1 gegeven. De toelichting voor de gebruikte grondparametersymbolen is onder Tabel 4.1 te vinden.

Tabel 4.1 Grondparameters per grondlaag.

Laagnaam	$\gamma/\gamma_{verz.}$ [kN/m^3]	c' [kPa]	φ' [°]	E_{100} [kPa]
Zand siltig matig tot zeer grof, matig (NA) Zand siltig matig fine tot matig grof, matig (NA) Zand siltig, matig fijn, matig (NA) Zand siltig, zeer fijn, matig (NA) Zand siltig, matig grof, matig (NA)	18/20	0	27	35000
Zand siltig, matig fijn, los (NA) Zand siltig, matig grof, los (NA)	17/19	0	25	15000
Zand siltig, matig grof, vast (NA) Zand siltig, matig fijn, vast (NA) Zand siltig, zeer fijn, vast (NA) Zand siltig, matig grof, vast (KR)	19/21	0	35	75000
Klei, matig (NA)	17/17	5	17,5	2000
Klei humeus, vast (NA) Klei, vast (NA)	19/19	13	17,5	4000

Toelichting:

γ = volumegewicht boven water.

$\gamma_{verz.}$ = volumegewicht onder water (verzadigd).

c' = gedraineerde cohesie.

φ' = gedraineerde inwendige wrijvingshoek.

E_{100} = elasticiteitsmodulus onder 100 kPa effectieve verticale spanning.

4.4 Boorfasen

De volgende uitgangspunten per boorfase zijn in de ontwerpberekeningen toegepast:

- Pilot:
  - Boorgatdiameter: 254 mm.
  - Uitstroomdebiet: 900 liter/min.
  - Circulatieverlies: 30%.
- Ruimen (normale ruimfase):
  - Boorgatdiameter: 585 mm [5].
  - Uitstroomdebiet: 1500 liter/min.
  - Circulatieverlies: 20%.
- Intrekken:
  - Boorgatdiameter: 585 mm [5].
  - Uitstroomdebiet: 1000 liter/min.
  - Circulatieverlies: 20%.

De diameter van de boorpijpen is voor alle boven genoemde fasen is 101,6 mm (4").

4.5 Boorvloeistof

De volgende eigenschappen van boorvloeistof zijn in de berekening toegepast:

- Volumegewicht met los geboorde grond: 11,1 kN/m^3.
- Zwichtspanning: 14 Pa.
- Plastische viscositeit: 0,04 Pa.s.

4.6 Leidingparameters

De aan te legen mantelbuis is 450 mm PE100 SDR 11 en heeft de volgende eigenschappen:

- Uitwendige diameter: 450 mm.
- Wanddikte: 41 mm.
- Volumegewicht: 9,54 kN/m^3.
- Elasticiteitsmodulus: 975 MPa (korte termijn) en 350 MPa (lange termijn).
- Toelaatbase spanning: 10 MPa (korte termijn) en 8 MPa (lange termijn).
- Tensile factor: 0,65.
- Ondersteunings- en belastinghoek: 120° en 180° respectievelijk.

4.7 Temperatuurverschil in mantelbuis

Er is rekening gehouden met een piekbelasting van de kabels en een bijhorend temperatuurverschil van 50°C in de mantelbuis [9].

4.8 Partiele factor voor trekkracht

Een partiele trekkracht factor van 1,4 is in de leidingsterkte berekening meegenomen (conform NEN3650-1:2020 [10]).

4.9 Volumegewicht zeewater

Ter plaatse van de geplande boring is zout grondwater te verwachten. Om rekening met zout grondwater te houden is een water volumegewicht van 10,06 kN/m^3 (dichtheid 1025 kg/m^3) meegenomen in de berekening.

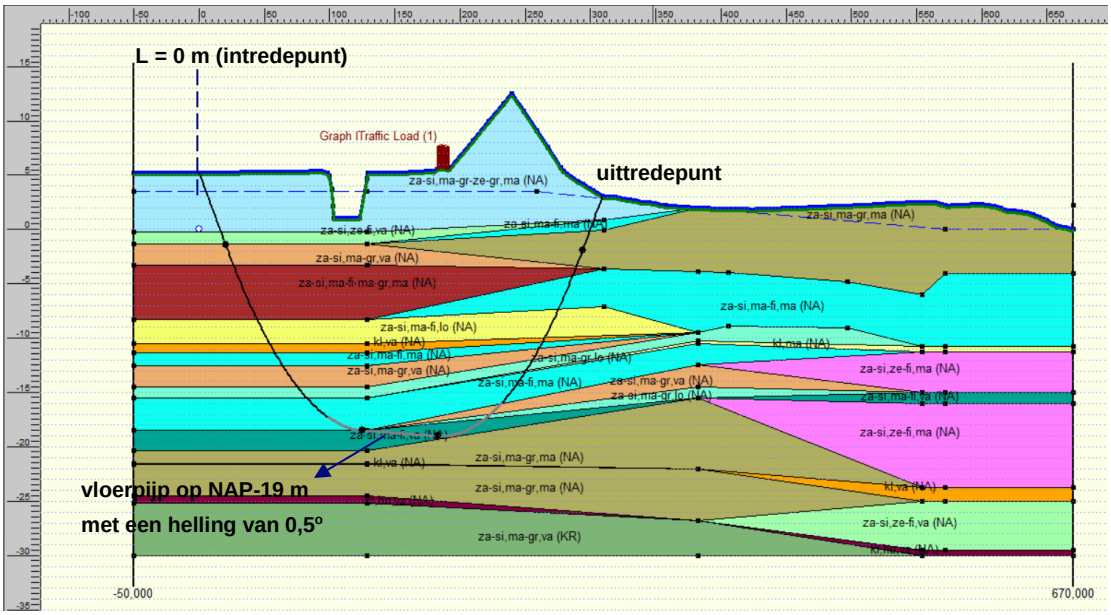
4.10 Freatische waterstand tussen intredepunt en buitenteen zeewering

De freatische grondwaterstand gemeten tussen het intredepunt en de buitenteen van de zeewering (in de boringen) varieert tussen NAP+0 m en NAP+2,1 m en is slechts een moment opname (Tabel 3.1). De maatgevende freatische waterstand in dit gebied is niet bekend (in de rapporten voor IJmuiden Ver Beta aanlandingen [22] en IJmuiden Ver Gamma aanlandingen [23] is uitgegaan van een conservatieve waarde omdat de meet reeks beperkt is). Voor het globaal ontwerp is uitgegaan van NAP+3,5 m (deze waarde is ook toegepast voor de IJmuiden Ver Beta [22] en Gamma [23]). Voorafgaand aan de uitvoering dient te worden geverifieerd of deze aangenomen grondwaterstand inderdaad conservatief is.

5 Globaal ontwerp

5.1 Aanpassing boorlijn

Voor het ontwerpberekening is de voorgestelde boorlijn (hoofdstuk 2.3) aangepast in verband met de optimalisatie van de boorlijn. De voorgestelde boorlijn (Figuur 2.2) heeft geen schuine vloerpijp benodigd voor het uitstromen van gas/luchtbellen. Het is aan te raden om een helling van minimaal 0,5° toe te passen op de vloerpijp. De langsdoorsnede met de aangepaste boorlijn is in Figuur 5.1 weergegeven.



Figuur 5.1 Langsdoorsnede met de aangepaste boorlijn.

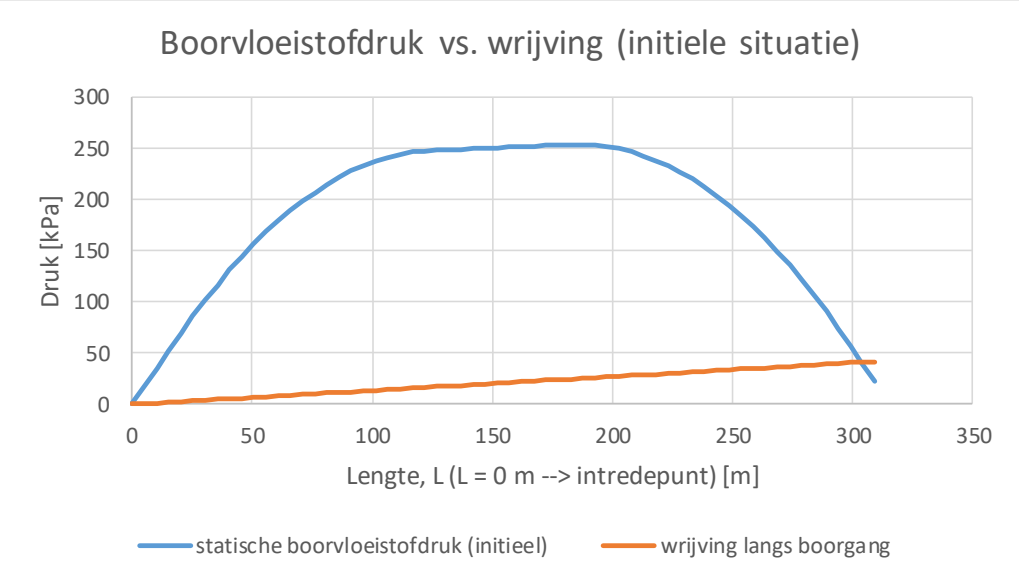
5.2 Hoogte verschil in- en uittredepunt

Het intredepunt bevindt zich op NAP+5,19 m en het uittredepunt bevindt zich op NAP+3,05 m. Door een hoogteverschil van 2,14 m tussen het in- en uittredepunt moet het overlopen van boorvloeistof bij het uittrede punt worden gecontroleerd en moet ook de overdruk in de boorgang worden gecontroleerd.

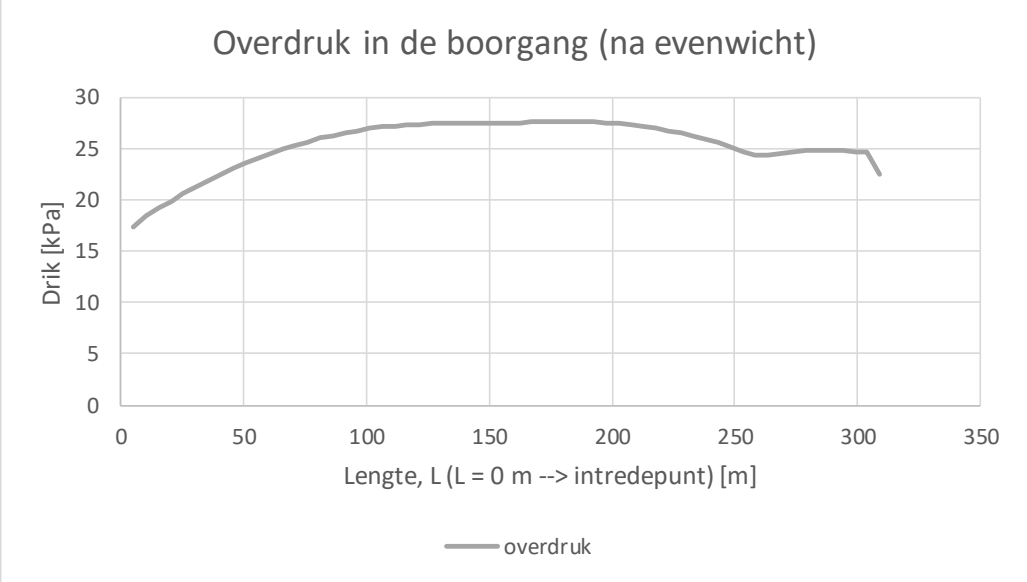
Tijdens de uitvoering is het drukverschil tussen het in- en uittredepunt (berekend met een verwacht volumegewicht van 11,1 kN/m^3) kleiner dan de totale wrijving in de boorgang (zie de drukken bij L 310 m in Figuur 5.2. Met een zwichtspanning van 14 Pa van de boorvloeistof bedraagt de wrijving in de boorgang 0,136 kPa/m'). Het boorvloeistofniveauverschil tussen het in- en uittrede punt (met een maximaal volumegewicht van 11,1 kN/m^3 en een zwichtspanning van 14 Pa) zal naar verwachting door de zwichtspanning van de boorvloeistof blijven bestaan, zodat niet wordt verwacht dat er overlopen zal optreden bij het uittrede punt.

Tevens dient de overdruk in de boorgang te worden gecontroleerd, zodat er voldoende boorgatstabiliteit is. Het boorgat wordt namelijk instabiel zijn wanneer de grondwaterdruk op de boorgatwand groter is dan de statische boorvloeistofdruk. In de boorgang dient altijd voldoende overdruk aanwezig te zijn. De gewenste minimale boorvloeistofdruk in de boorgang bedraagt 10 kPa. In ieder geval dient de overdruk in de boorgang groter dan 0 kPa te zijn.

De berekende overdruk in de boorgang (berekend met een volume gewicht van 10,5 kN/m^3) is in Figuur 5.3 weergegeven. De overdruk bedraagt meer dan 10 kPa. De grondwaterdruk meegenomen in de overdruk berekening is gebaseerd op een freatische grondwaterstand van NAP +3,5 m (zie de aanname in hoofdstuk 4.10). Indien voor de uitvoering blijkt dat de maatgevende freatische waterstand hoger is dan NAP+3,5 m dient de overdruk in de boorgang opnieuw te worden gecontroleerd.



Figuur 5.2 Statische boorvloeistofdruk in de boorgang en boorvloeistof wrijving langs boorgatwand.

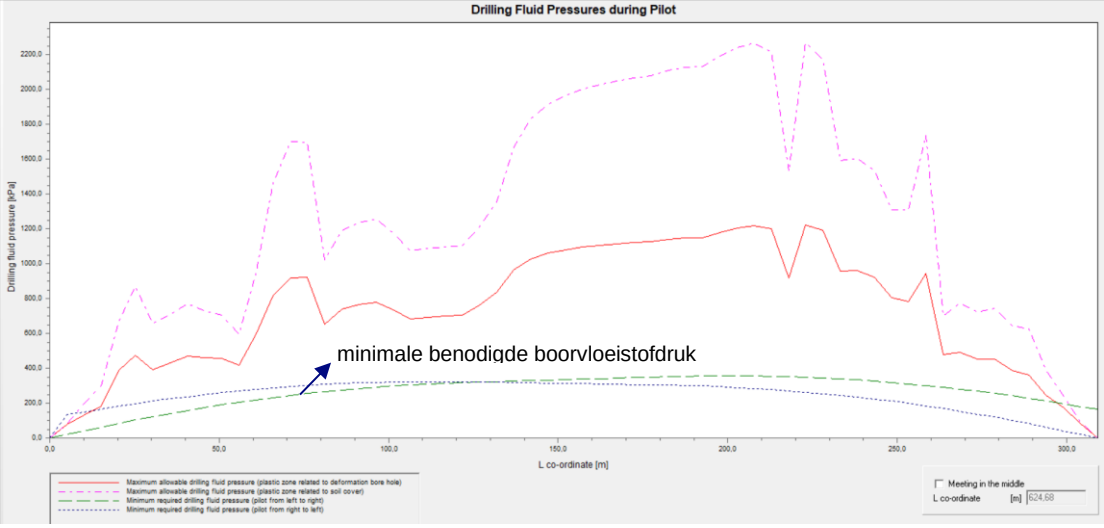


Figuur 5.3 Overdruk in de boorgang.

5.3 Minimale en maximale boorvloeistofdrukken

De grootste minimale benodigde boorvloeistofdruk treedt tijdens de pilotfase op. De minimale benodigde en maximale toelaatbare boorvloeistofdrukken tijdens pilotfase zijn in Figuur 5.4 weergegeven. In de boorvloeistofdruk berekeningen is een hoge gemiddelde freatische waterstand in de zee (bij vloed) van NAP+2,2 m meegenomen.

De minimale benodigde boorvloeistofdruk is met een gestippelde blauwe lijn aangegeven (rechts naar links pilootboren). De maximale toelaatbare boorvloeistofdruk tot de grens van de hydraulische scheurvorming is met een rode lijn aangegeven. De maximale toelaatbare boorvloeistofdruk voor een blow-out is met een gestippelde roze lijn aangegeven.



Figuur 5.4 Minimale benodigde en maximale boorvloeistofdrukken tijdens pillootfase (L = 0 m is uittredepunt)

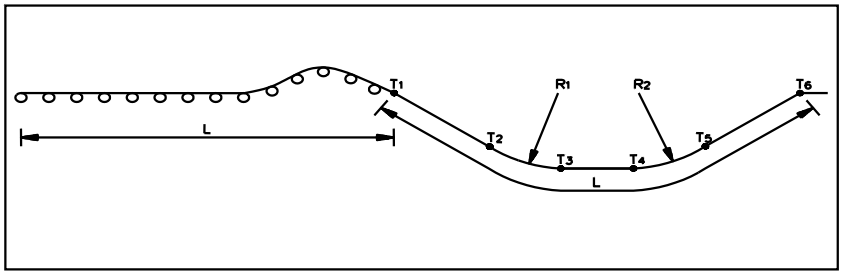
De minimale benodigde boorvloeistofdruk voor de laatste 10 m is hoger dan de maximale toelaatbare boorvloeistofdruk (zie Figuur 5.4). Over de lengte dient te worden geboord met een lagere druk en debiet zonder een volledige retourstroming, zodat geen blow out op het buitentalud van de zeewering optreedt.

5.4 Trekkracht

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de leiding een wrijving die (conform NEN 3650-1:2020 [10]) is opgebouwd uit:

- Wrijving tussen leiding en zeebodem en/of equipment (f1).
- Wrijving tussen leiding en boorvloeistof (f2).
- Wrijving tussen leiding en grond (f3).

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ontstaat een trekkracht in de leiding. Op geselecteerde punten in het boortracé volgens Figuur 5.5 zijn de trekkrachten berekend.



Figuur 5.5 Schema trekkrachtberekening [10].

Het resultaat van de trekkracht berekening is hieronder samengevat. De trekkracht berekening is voor een geval van een 100% gevulde leiding (met water) en een geval van een niet-gevulde leiding uitgevoerd. Meer gedetailleerde informatie over de trekkrachtberekeningen is in Bijlage A van dit rapport beschikbaar. Alleen de berekeningen met een niet gevulde leiding en een

hoge gemiddelde freatische waterstand in de zee (bij vloed) van NAP + 2,2 m zijn in die bijlage beschikbaar.

5.4.1 100% gevulde leiding (met water)

De maximale trekkracht zonder de volgens NEN 3650-1:2020 vereiste veiligheidsfactor is in Tabel 5.1 gegeven voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water). De maximale trekkracht zonder veiligheidsfactor bedraagt 65 kN. Met de veiligheidsfactor van 1,4 (zie het uitgangspunt in hoofdstuk 4.8) bedraagt de maximale trekkracht 91 kN.

Tabel 5.1 Overzicht trekkrachtberekeningsresultaten (exclusief veiligheidsfactor) voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water).

Punt	Lengte leiding [m]	Trekkracht [kN]
T1	0	49
T2	21	48
T3	128	54
T4	186	58
T5	299	66
T6	315	65

5.4.2 Niet-gevulde leiding

De maximale trekkracht zonder de volgens NEN 3650-1:2020 vereiste veiligheidsfactor is in Tabel 5.2 gegeven voor het geval met een niet-gevulde leiding. De maximale trekkracht zonder veiligheidsfactor bedraagt 138 kN. Met de veiligheidsfactor van 1,4 (zie het uitgangspunt in hoofdstuk 4.8) bedraagt de maximale trekkracht 193 kN.

Tabel 5.2 Overzicht trekkrachtberekeningsresultaten (exclusief veiligheidsfactor) voor een geval met een niet-gevulde leiding.

Punt	Lengte leiding [m]	Trekkracht [kN]
T1	0	16
T2	21	22
T3	128	62
T4	186	85
T5	299	134
T6	315	138

5.5 Leidingsterkte

Om te kunnen beoordelen of de optredende spanningen in de leiding tijdens de aanleg en in de gebruiksfase toelaatbaar zijn, is een sterkte berekening voor de leiding met het programma D-Geo Pipeline volgens NEN 3650-1:2020 [10] gemaakt. Volgens NEN 3650-1:2020 dient de spanning in de leiding te worden gecontroleerd voor 5 belastingcombinaties:

- Combinatie 1A: begin van intrekfase.
- Combinatie 1B: einde van intrekfase.
- Combinatie 2: inwendige druktest.
- Combinatie 3: gebruiksfase zonder inwendige belasting.
- Combinatie 4: gebruiksfase met inwendige belasting.

Belasting combinatie 2 is niet relevant, omdat de leiding een drukloze leiding is (een mantelbuis voor elektriciteitskabels). In belastingcombinatie 4 is tevens de bijdrage aan de spanning door temperatuurbelasting beschouwd. Door een hoog temperatuurverschil van 50° C (zie de uitgangspunten in hoofdstuk 4.7) worden de spanningen (axiaal en tangentieel) in belastingcombinatie 4 getoetst aan een lagere MRS waarde. Deze MRS waarde bedraagt 6,5 MPa [9]. Hieruit volgt de toelaatbare spanning op lange termijn. Deze bedraagt 5,2 MPa (γ_m = 1,25 [12]).

De sterkteberekening van een PE-leiding bestaat uit een spannings-, deflectie- en een implosieberekening. De samenvatting van de sterkteberekeningen is hieronder beschreven. De leidingsterkte berekeningen zijn voor een geval van een 100% gevulde leiding (met water) en een geval van een niet-gevulde leiding uitgevoerd. De sterkteberekening met een niet gevulde leiding en zeewaterstand van NAP+2,2 m is in Bijlage B van dit rapport terug te vinden.

5.5.1 Spanningen

5.5.1.1 100% gevulde leiding (met water)

Het resultaat van de leidingsterkte berekening voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water) is in Tabel 5.3 gegeven.

Tabel 5.3 Sterkteberekening voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water).

	Toelaatbare spanning [MPa]	1A [MPa]	1B [MPa]	2 [MPa]	3 [MPa]	4 [MPa]
Sigma_ptest	10 (kort)	-	-	-	-	-
Sigma_py	8 (lang)	-	-	-	-	-
Sigma_axiaal	10 (kort)	1,88	2,72	-	-	-
Sigma_axiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	0,35	3,43
Sigma_tangentiaal	10 (kort)	-	0,50	-	-	-
Sigma_tangentiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	2,28	2,28

*toetswaarde voor belastingcombinatie 3 **toetswaarde voor belastingcombinatie 4.

Uit Tabel 5.3 volgt dat de spanningen in de leiding voor alle spanningssituaties (belasting combinatie 1A tot en met 4) voor het geval met een 100% gevulde leiding toelaatbaar zijn.

5.5.1.2 Niet-gevulde leiding

Het resultaat van de leidingsterkte berekening voor het geval met een niet-gevulde leiding is in Tabel 5.4 gegeven.

Tabel 5.4 Sterkteberekening voor het geval met een niet-gevulde leiding.

	Toelaatbare spanning [MPa]	1A [MPa]	1B [MPa]	2 [MPa]	3 [MPa]	4 [MPa]
Sigma_ptest	10 (kort)	-	-	-	-	-
Sigma_py	8 (lang)	-	-	-	-	-
Sigma_axiaal	10 (kort)	0,99	4,65	-	-	-
Sigma_axiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	0,35	3,43
Sigma_tangentiaal	10 (kort)	-	0,50	-	-	-
Sigma_tangentiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	2,28	2,28

*toetswaarde voor belastingcombinatie 3 **toetswaarde voor belastingcombinatie 4.

Uit Tabel 5.4 volgt dat de spanningen in de leiding voor alle spanningssituaties (belasting combinatie 1A tot en met 4) voor het geval met een niet gevulde leiding toelaatbaar zijn.

5.5.2 Deflectie

De berekende deflectie van de PE leiding is in Tabel 5.5 gegeven. Het volgt uit Tabel 5.5 dat de optredende deflectie toelaatbaar is.

Tabel 5.5 Deflectie leiding.

Berekende deflectie [mm]	Maximale deflectie [mm]	Maximale deflectie voor piggability [mm]
5,1 (1,13% van D_o*)	36	22,5

*uitwendige diameter van leiding.

5.5.3 Implosie

De implosie voor de PE leiding is berekend voor de situatie tijdens intrekken en de situatie tijdens de gebruiksfase. Een gevulde leiding en een niet gevulde leiding zijn beschouwd.

5.5.3.1 100% gevulde leiding (met water)

Het resultaat van de implosieberekening voor het geval met een 100% gevulde leiding is in Tabel 5.6 gegeven.

Tabel 5.6 Analyse aan implosie voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water).

Geval	Druk op leiding [kPa]	Toelaatbare spanning [kPa]
Tijdens intrekken	262	1780
Tijdens gebruiksfase	226	500

Het volgt uit Tabel 5.6 dat implosie voor het geval met een 100% gevulde leiding niet zal optreden.

5.5.3.2 Niet-gevulde leiding

Het resultaat van de implosieberekening voor het geval met een niet-gevulde leiding is in Tabel 5.7 gegeven.

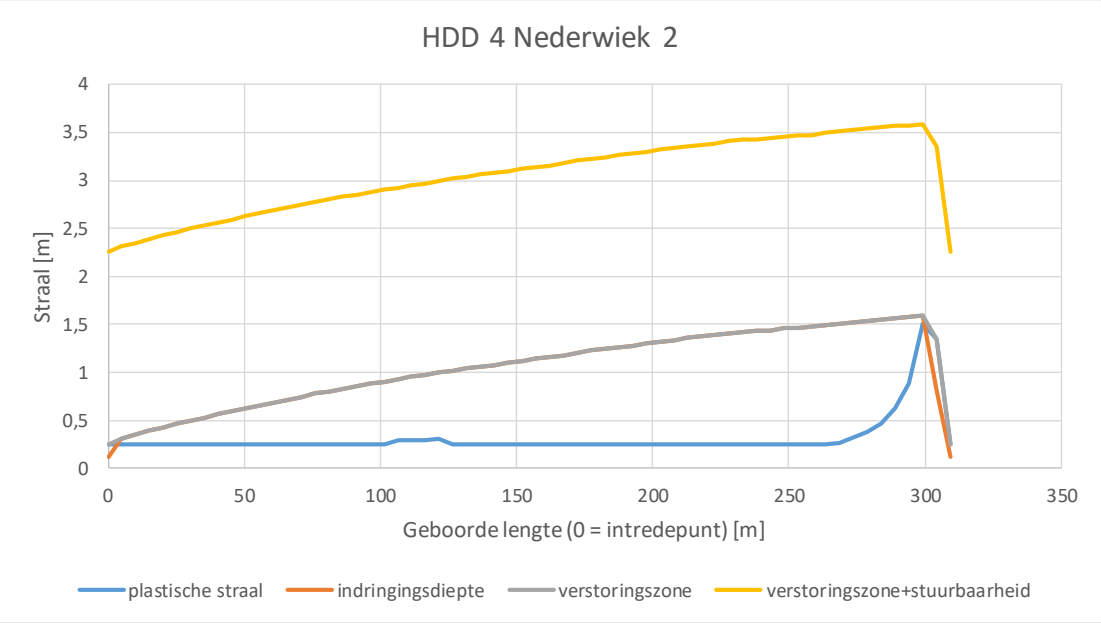
Tabel 5.7 Analyse aan implosie voor het geval met een niet-gevulde leiding.

Geval	Druk op leiding [kPa]	Toelaatbare spanning [kPa]
Tijdens intrekken	262	1559
Tijdens gebruiksfase	226	280

Het volgt uit Tabel 5.6 dat implosie voor het geval met een niet gevulde leiding niet zal optreden.

5.6 Tussenafstand tussen de boorlijnen van de HDD’s

De berekende straal van de verstoringszone langs de geplande boorlijn is in Figuur 5.6 weergegeven. Een sturingsnauwkeurigheid van 2 m is in de berekening meegenomen. In de berekening is de minimale benodigde boorvloeistofdruk van de laatste 10 m voor het uittredepunt gelijk aan de maximale toelaatbare boorvloeistofdruk gezet in verband met de mogelijkheid van een blow-out (zie de opmerking in hoofdstuk 5.3).



Figuur 5.6 Straal van verstoringszone langs de boorlijn van de geplande HDD kruising (HDD 4 Nederwiek 2).

Er worden 4 parallelle HDD's uitgevoerd. De minimale afstand tussen twee HDD's dient groter te zijn dan de straal van de verstoringszone (maximale waarde van de plastische straal of indringingsdiepte van boorvloeistof) vermeerderd met de sturingsnauwkeurigheid (in dit geval 2 m) van de twee HDD's.

5.6.1 Intredepunt

De maximale verstoringszone inclusief stuurcorrectie is ca. 2,25 m (zie Figuur 5.4). Voor een boorgat van 0,585 m bedraagt de minimale afstand tussen het ene boorgat (2,25 m verstoringszone + 0,293 m boorgatstraal) en het andere boorgat (2 m stuurcorrectie + 0,293 m boorgatstraal) 4,84 m. De voorgestelde tussenafstand van de intredepunten is 5 m en derhalve voldoende.

5.6.2 Uittredepunt

De maximale verstoringszone inclusief stuurcorrectie is ca. 3,6 m (zie Figuur 5.4). Voor een boorgat van 0,585 m bedraagt de minimale afstand tussen het ene boorgat (3,6 m verstoringszone + 0,293 m boorgatstraal) en het andere boorgat (2 m stuurcorrectie + 0,293 m boorgatstraal) 6,2 m. De voorgestelde tussenafstand van de uittredepunten is 25 m tussen de boorlijnen en derhalve voldoende.

6 Invloed op de waterveiligheid van de zeewering

6.1 Algemeen

Voor de toets aan de waterveiligheid van de zeewering wordt de zeewering als een primaire waterkering beschouwd. Bij de beschouwing van de waterveiligheid van de te kruisen zeewering zullen 3 situaties moeten worden beschouwd:

1. Aanleg van de mantelbuizen door horizontaal gestuurd boren.
2. Aanbrengen van de kabels in de mantelbuizen.
3. Situatie als de kabels in gebruik zijn (bij hoog water).

Bij de beoordeling van het effect van de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels op de zeewering en de aanwezigheid van mantelbuizen en kabels na installatie, zullen de relevante dijkfaalmechanismen moeten worden beoordeeld. De relevante mechanismen zijn hieronder weergegeven:

1. Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU).
2. Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI).
3. Hoogte en erosie (GEKB).
4. Afschuiving (VLAF) en zettingsvloeiing voorland (VLZV).

Het mechanisme Piping (STPH) is niet relevant, omdat het achterland van de zeewering in verbinding staat met de Noordzee en de locatie van het intrede punt hoog gelegen is.

Tijdens de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels kan de stabiliteit van de zeewering mogelijk worden beïnvloed door de geplande werkzaamheden. De volgende werkzaamheden zijn voorzien:

- Het door middel van horizontaal gestuurd boren aanleggen van de leidingen die als mantelbuizen gaan fungeren voor kabels. Bij het boren zullen de invloed van de boorvloeistofdruk en het optreden van trillingen van de boorkop op de stabiliteit van de zeewering en vooroever en het onderwater talud binnendijks worden beschouwd.
- Het aanbrengen van damwanden op het strand, doorlopend in ondiep water. De effecten van het trillend installeren van damwanden op het faalmechanisme macrostabiliteit buitenwaarts zullen moeten worden beschouwd, omdat de trillingen een effect zou kunnen hebben op de stabiliteit van het buitentalud van de zeewering. Ook ter plaatse van het onderwatertalud aan de binnendijkse zijde zal de stabiliteit moeten worden beoordeeld.
- Ontgraven tussen de damwanden om de aansluiting van de kabels uit de mantel buizen op de in een sleuf gelegde kabels mogelijk te maken. Ook hier zijn effecten op zeewering mogelijk. De buitenwaartse stabiliteit zal moeten worden beschouwd.

In de eindsituatie als de kabels in gebruik zijn genomen en er mogelijk hoogwater kan optreden, zal bij de beoordeling moeten worden gekeken naar een eventuele nazakking als gevolg van de volume afname van de boorvloeistof in de annulus van de boorgang en de gevolgen hiervan voor de hoogte en erosie van de zeewering.

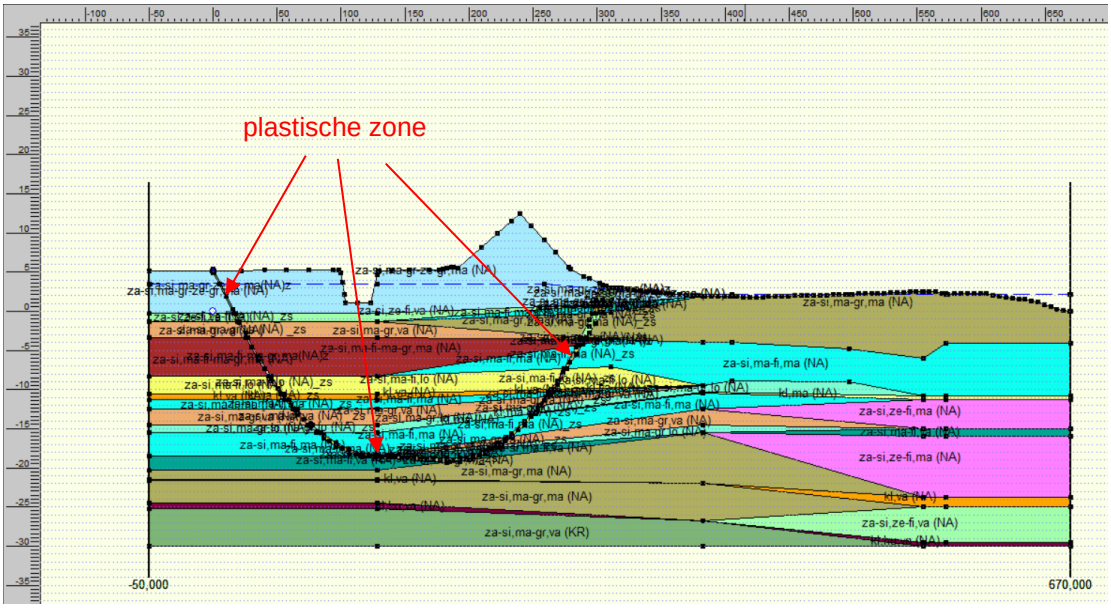
In dit hoofdstuk is de macrostabiliteit (STBI en STBU) analyse beschreven. De analyse voor afschuiving en zettingsvloeiing is in hoofdstuk 7 beschreven. De toetsing op hoogte (GEKB is in hoofdstuk 8 beschreven.

6.2 Macrostabiliteit

6.2.1 Uitgangspunten

6.2.1.1 Beoordeling invloed van boren

Tijdens het pilotboren van de HDD ontstaat een plastische zone langs de boorlijn door de boorvloeistofdruk. In deze zone heeft de ondergrond tijdelijk nagenoeg geen schuifsterkte. Door de straal (omvang) van de plastische zone, kan de stabiliteitsfactor van de zeewering lager worden. De berekende plastische zone als een functie van de geboorde lengte is Figuur 5.4 weergegeven. De berekende plastische zone rondom de boorlijn in de langsdoorsnede is in Figuur 6.1 weergegeven.



Figuur 6.1 Plastische zone langs de geplande boorlijn in de langsdoorsnede.

De invloed van het pilotboren op de waterveiligheid van de zeewering is beoordeeld aan de hand van de veiligheidsfactor bij afschuiven.

6.2.1.2 Norm voor analyse

Aangezien de ondergrond rondom de primaire kering uit zand bestaat dient een stabiliteitsanalyse te worden uitgevoerd met Mohr-Coulomb (MC) parameters (c' en φ'). De analyse met MC parameters sluit aan het ontwerpinstrumentarium (OI) 2014 [13].

6.2.1.3 Glijvlakmodel

Bishop en Uplift Van.

6.2.1.4 Materiaalfactor (γ_c)

Voor de berekening met Mohr-Coulomb sterkteparameters (c' en φ') gelden de volgende materiaalfactoren (zie Tabel 6.1).

Tabel 6.1 Materiaalfactor voor c' en φ' [14].

Grondsoort	Volumegewicht	c'	tan φ'
Zand	1	1	1,2
Klei	1	1,25	1,2

6.2.2 Schematisering freatische grondwaterstand.

Er is uitgegaan van een HDD uitvoering buiten de stormseizoen. Een hoge gemiddelde (NAP +2,2 m) en lage gemiddelde (NAP-1,27 m) freatische grondwaterstand aan de zeezijde zijn beschouwd om de maatgevende veiligheidsfactor te verkrijgen.

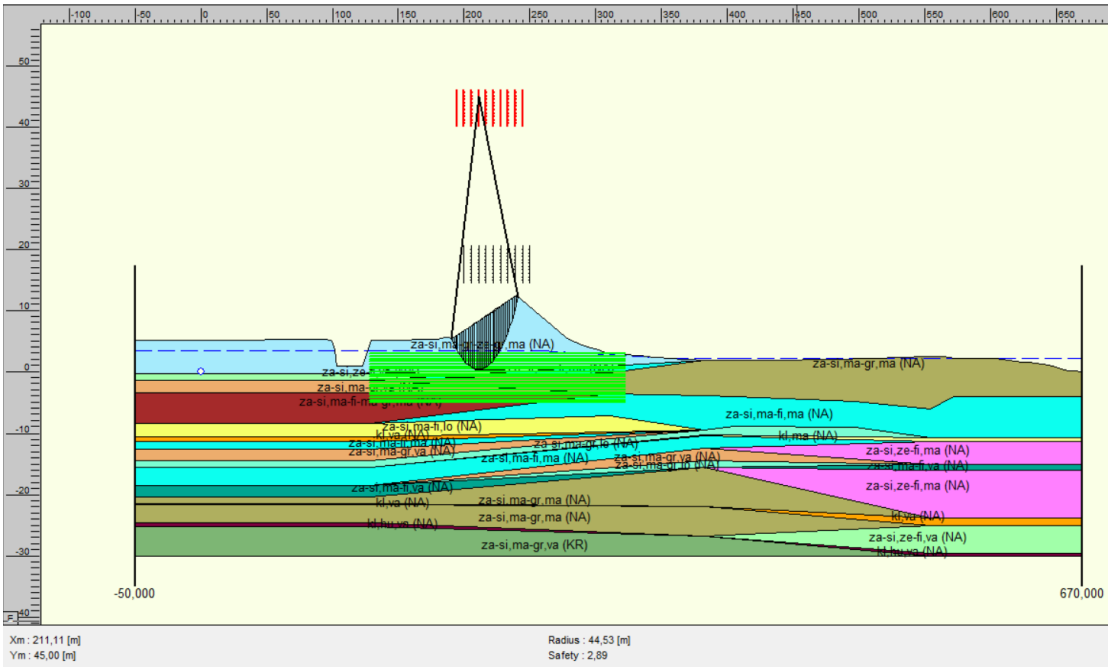
6.2.3 Software

De stabiliteitsberekening is uitgevoerd met behulp van D-Geo Stability programma v.18.1.

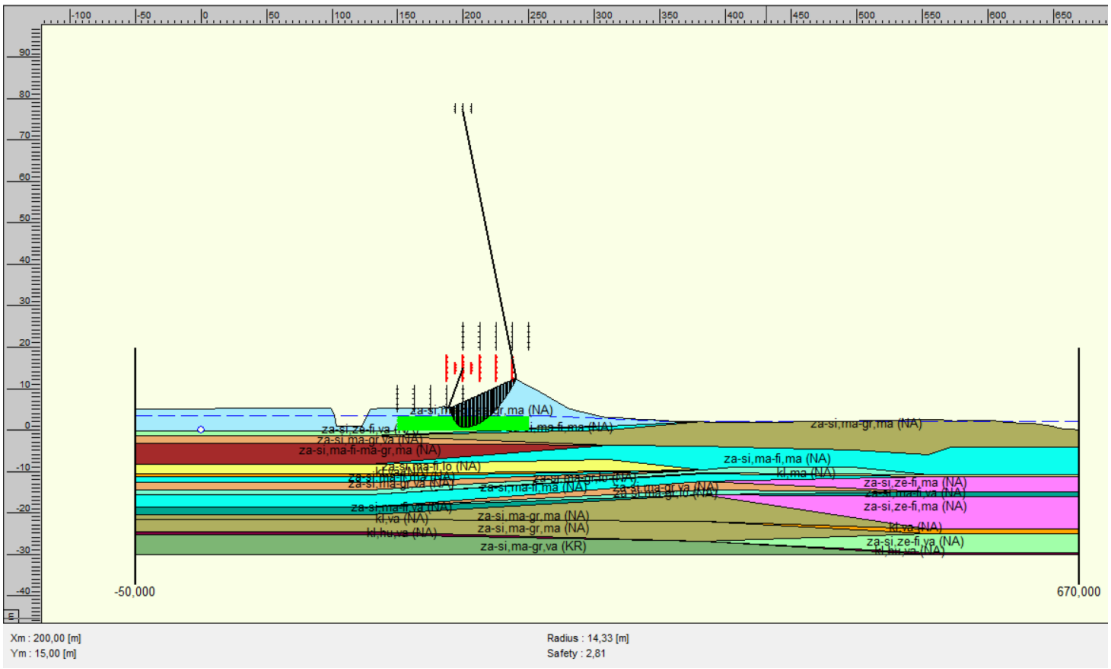
6.2.4 Macrostabiliteit binnentalud (STBI)

6.2.4.1 Zonder plastische straal (initiële situatie)

De initiële veiligheidsfactor van de zeewering voor het pilotboren (zonder plastische straal) bedraagt 2,89 (Bishop model) en 2,81 (Uplift Van model). Het maatgevende glijvlak is in Figuur 6.2 (Bishop model) en 6.3 (Uplift Van model) weergegeven.



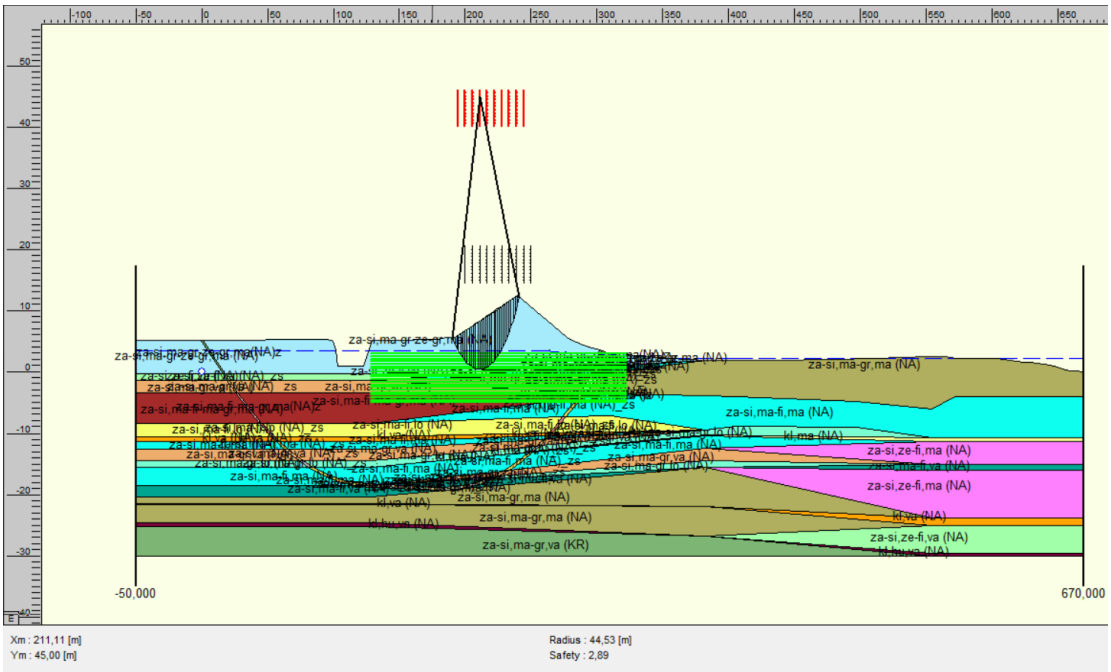
Figuur 6.2 Maatgevende glijvlak met Bishop model voor de situatie zonder plastische straal (FS = 2,89).



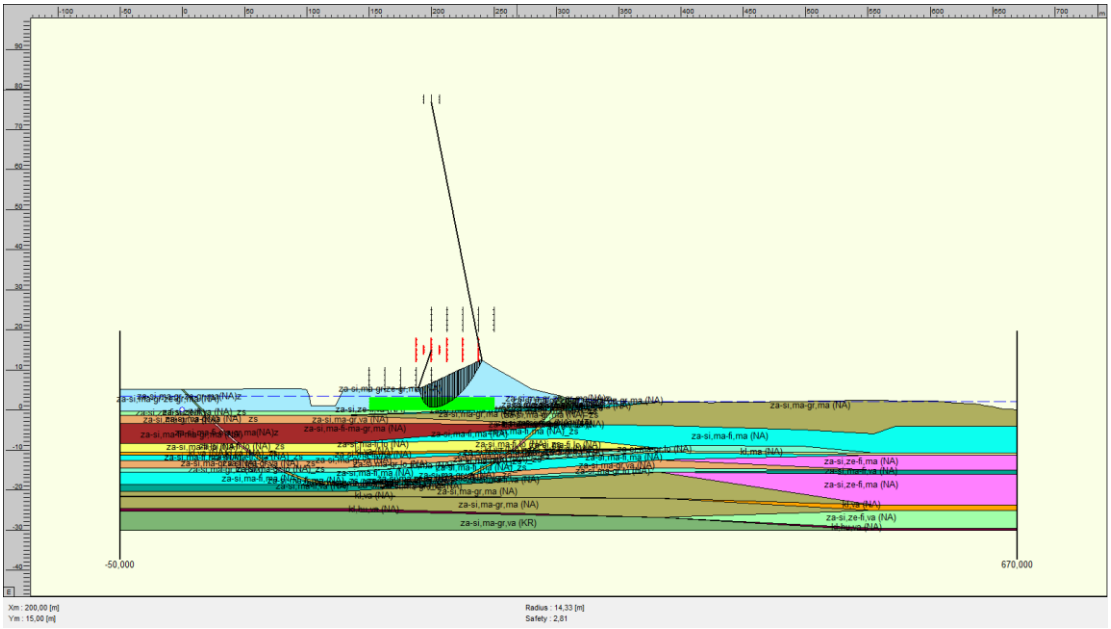
Figuur 6.3 Maatgevende glijvlak met Uplift Van model voor de situatie zonder plastische straal (FS = 2,81)

6.2.4.2 Met plastische straal (tijdens pilotboren)

De veiligheidsfactor van de zeewering tijdens het pilotboren (met plastische straal) bedraagt 2,89 (Bishop model) en 2,81 (Uplift Van model). Het maatgevende glijvlak is in Figuur 6.4 (Bishop model) en 6.5 (Uplift Van model) weergegeven. Het maatgevende glijvlak van beide modellen bereikt de plastische straal rondom het boorgat niet. Het pilotboren beïnvloedt de veiligheidsfactor van de zeewering niet.



Figuur 6.4 Maatgevende glijvlak met Bishop model voor de situatie met plastische straal (FS = 2,89).

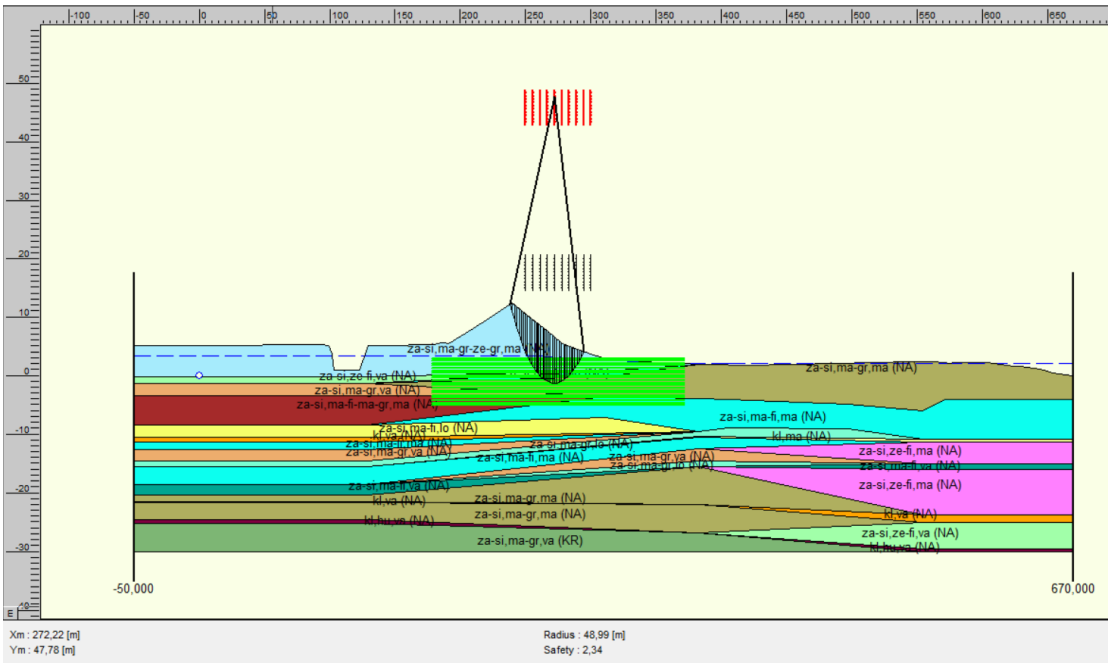


Figuur 6.5 Maatgevende glijvlak met Uplift Van model voor de situatie met plastische straal (FS = 2,81).

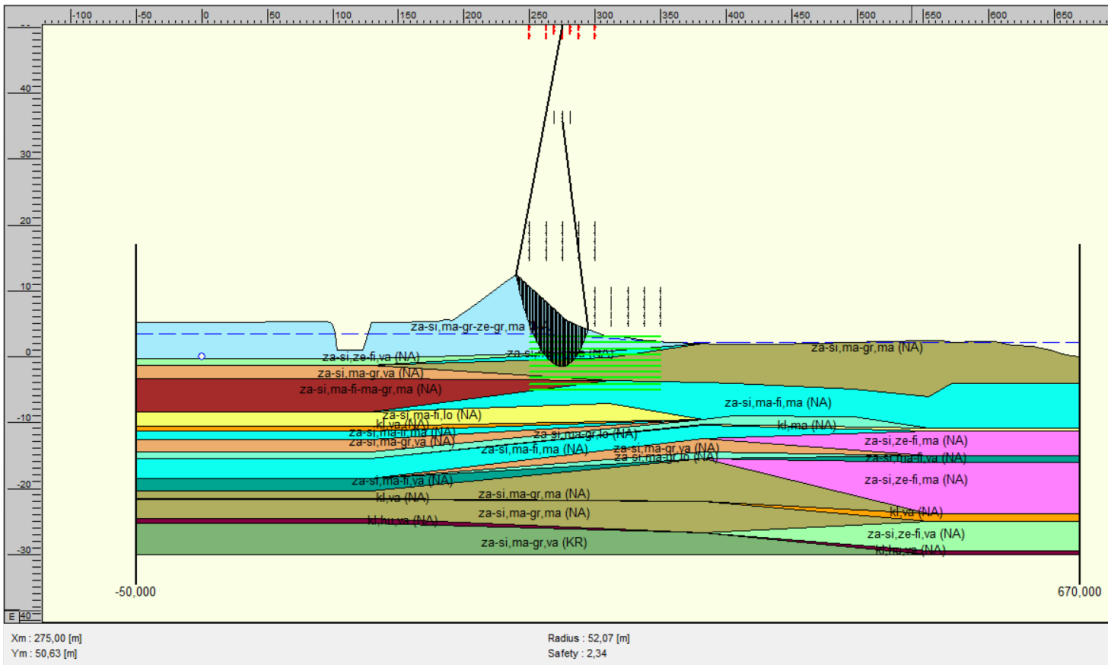
6.2.5 Macrostabiliteit buitentalud (STBU)

6.2.5.1 Zonder plastische straal (initiële situatie)

De initiële veiligheidsfactor van de zeewering voorafgaand aan het pilotboren (zonder plastische straal) bedraagt 2,34 (Bishop model) en 2,34 (Uplift Van model). Het maatgevende glijvlak is in Figuur 6.6 (Bishop model) en 6.7 (Uplift Van model) weergegeven.



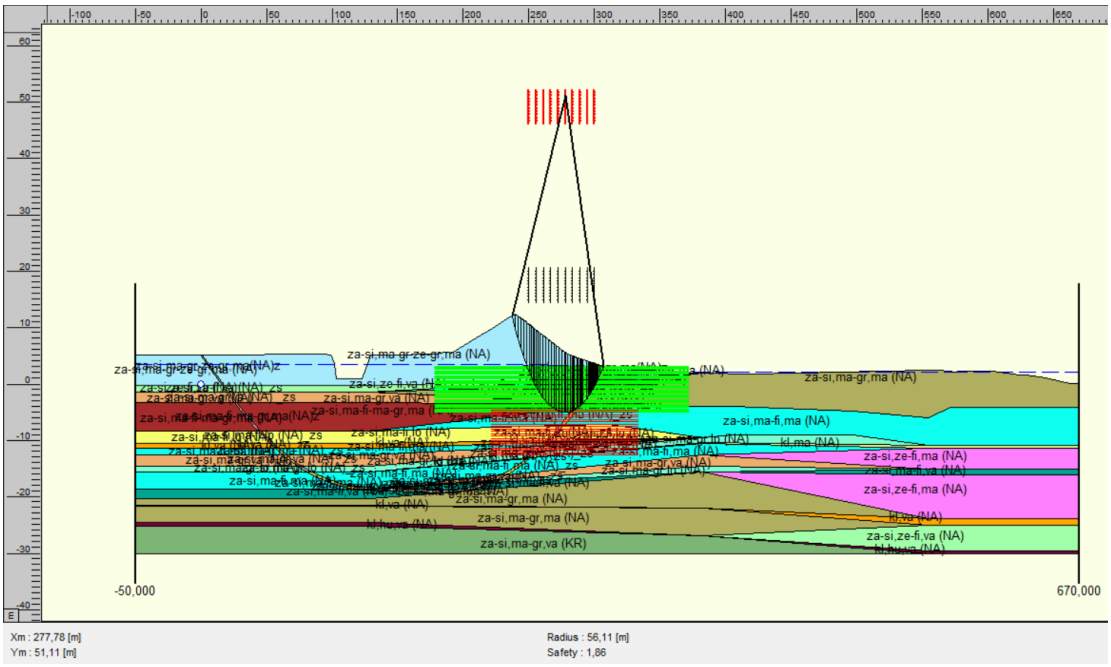
Figuur 6.6 Maatgevende glijvlak met Bishop model voor de situatie zonder plastische straal (FS = 2,34).



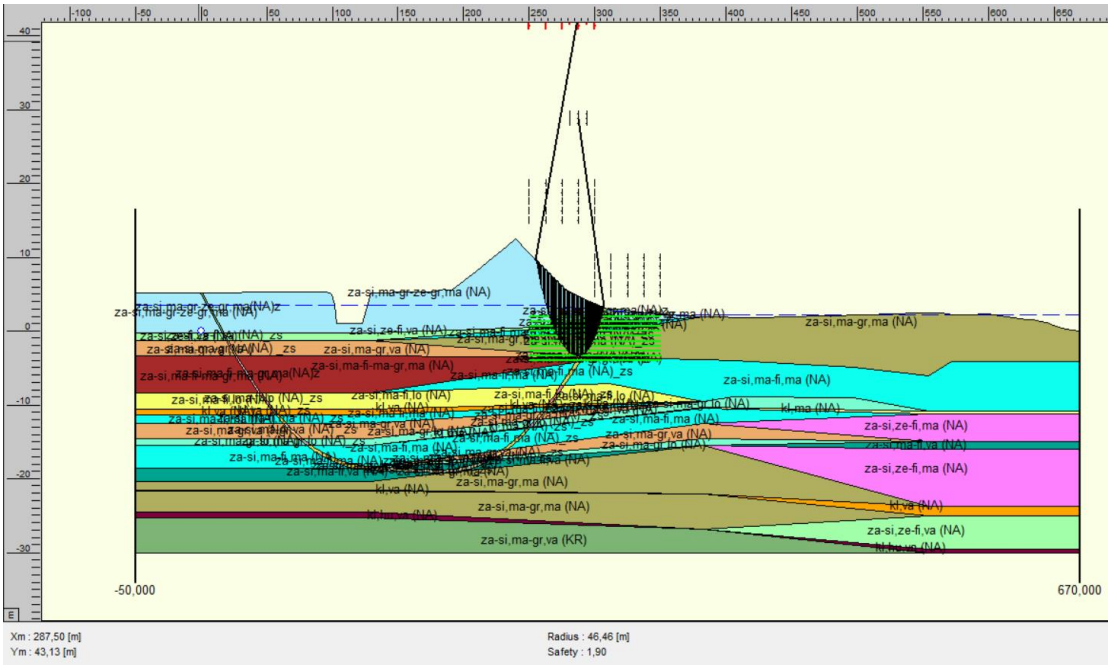
Figuur 6.7 Maatgevende glijvlak met Uplift Van model voor de situatie zonder plastische straal (FS = 2,34).

6.2.5.2 Met plastische straal (tijdens pilotboren)

De veiligheidsfactor van de zeewering tijdens het pilotboren (met plastische straal) bedraagt 1,86 (Bishop model) en 1,90 (Uplift Van model). Het maatgevende glijvlak voor elk model is in Figuur 6.8 (Bishop model) en 6.9 (Uplift Van model) weergegeven. Het maatgevende glijvlak van beide modellen bereikt de plastische straal rondom het boorgat. De zeewering is bij deze iets lagere veiligheidsfactor ook voldoende stabiel.



Figuur 6.8 Maatgevende glijvlak met Bishop model voor de situatie met plastische straal (FS = 1,86).



Figuur 6.9 Maatgevende glijvlak met Uplift Van model voor de situatie met plastische straal (FS = 1,90).

6.2.6 Conclusie

De plastische zone (door de boorvloeistofdruk) bij de pilotboring heeft een beperkte invloed op de buitenwaartse stabiliteit van de zeewering (geringe afname van de berekende veiligheidsfactor). De zeewering is voldoende stabiel bij de HDD uitvoering.

7 Toetsing zettingsvloeiing en afschuiving voorland

7.1 Algemeen

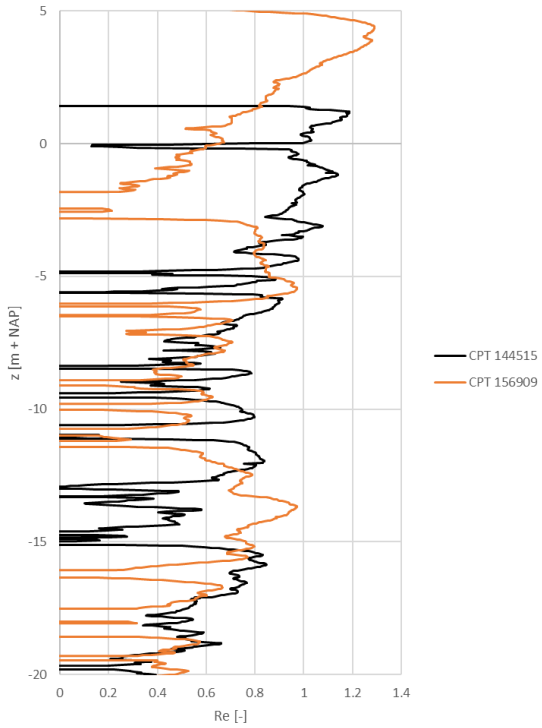
In dit hoofdstuk wordt de mogelijkheid van het ontstaan van een zettingsvloeiing in het voorland onderzocht. De beoordeling vindt plaats conform de toetsingsregels WBI 2017 [15].

7.2 Relevante gegevens ondergrond

Het beschikbare grondonderzoek ter plaatse van de boorlijnen is beschreven in hoofdstuk 2.5. Voor het beoordelen van de gevolgen van de aanleg van de mantelbuizen op het faalmechanisme zettingsvloeiing zijn de volgende relevante gegevens (sonderingen) gebruikt:

- Landzijde (Slufter)
  - Sondering 156909 (CPT000000156909).
- Zeezijde
  - Sondering 144515 (CPT000000144515).

Beide sonderingen liggen op enige afstand (200 m tot 300 m) van de boring. Van deze sonderingen is voor de zandlagen het verloop van de relatieve dichtheid met de diepte bepaald volgens de correlatie van Lunne. Figuur 7.1 toont het resultaat. Onder NAP - 3 m is de relatieve dichtheid vrij constant en ligt tussen 60% en 80%. Daarboven vertonen de twee sonderingen een groot verschil. De sondering aan zeezijde geeft een hoge relatieve dichtheid, terwijl de sondering aan landzijde tussen NAP + 0 m en NAP – 3 m juist een lage relatieve dichtheid geeft. Vergelijking met andere sonderingen aan de zeezijde geeft aan dat daar geen losgepakte zandlaag voorkomt.



Figuur 7.1 Verloop relatieve dichtheid met diepte.

7.3 Beoordeling verwekingsgevoeligheid op basis zandeigenschappen

De verwekingsgevoeligheid van de ondergrond wordt in eerste instantie bepaald door de (relatieve) dichtheid en de state parameter. De state parameter geeft het verschil tussen het aanwezige poriëngetal (e) van het zand en het poriëngetal van het zand in critical state aan. De laatste is weer een functie van het aanwezige spanningsniveau.

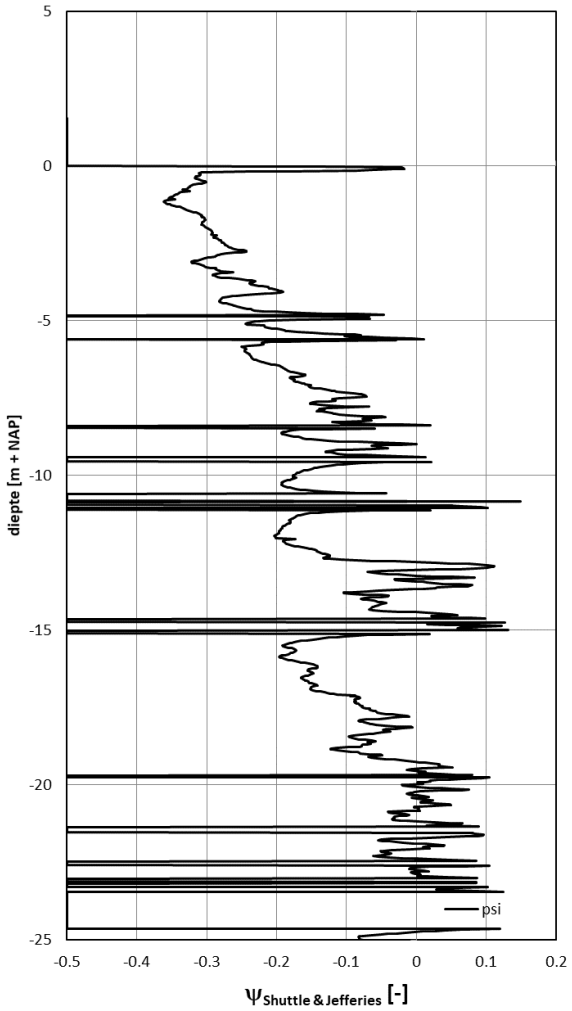
$$\psi = e - e_{crit}$$

Met:

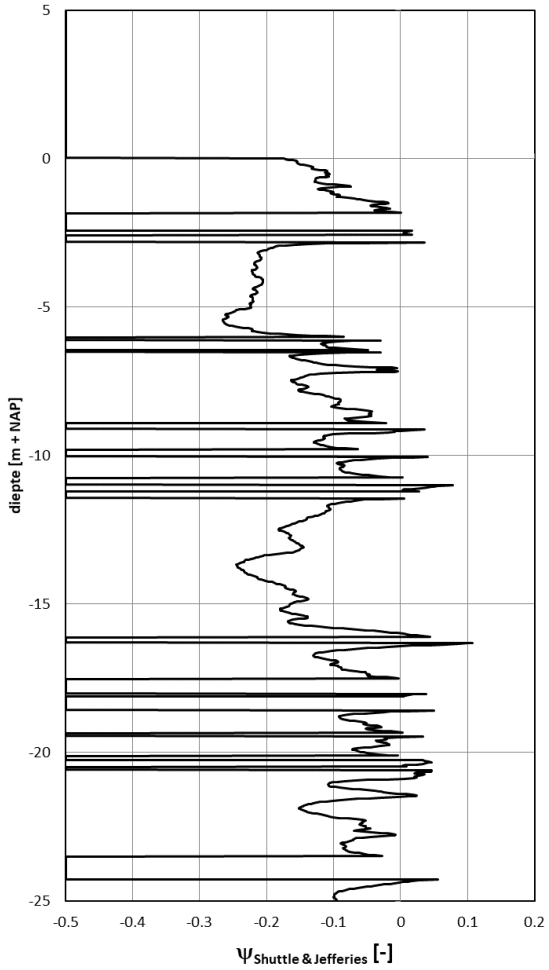
- e= Poriëngetal (-).
- e_{crit} = Poriëngetal van het zand in critical state (-).
- ψ = State parameter (-).

Een negatieve waarde van de state parameter onder -0,05 betekent dat het zand zal dilateren bij schuifvervormingen. Bij een grotere waarde dan 0,05 is verdichting mogelijk en bestaat de kans op verweken en kan dus zettingsvloeiing optreden.

Voor sondering 144515 en 156909 is de zogenaamde state parameter bepaald. Deze parameter is relevant voor het beoordelen van het risico op een zettingsvloeiing. Het resultaat staat in de onderstaande Figuur 7.2 en 7.3.



Figuur 7.2 State parameter sondering 144515.



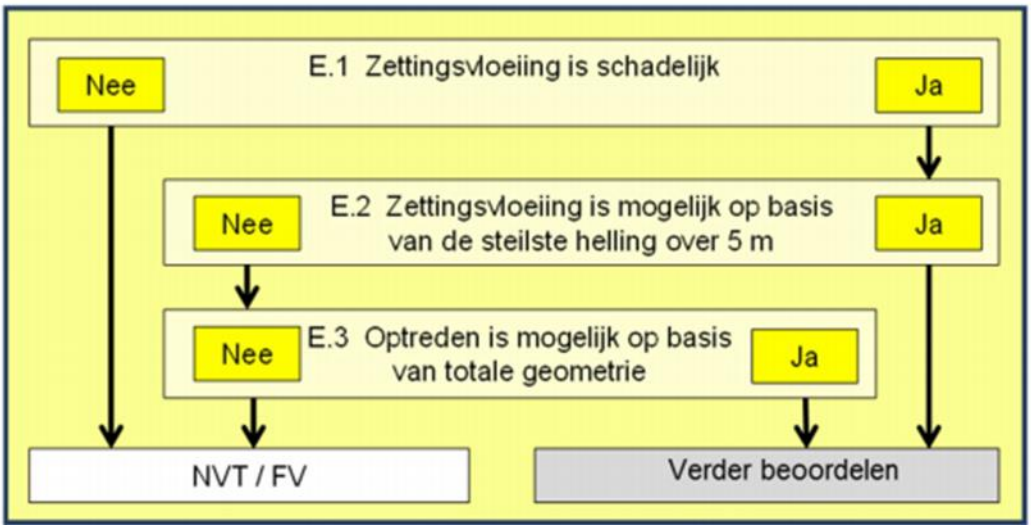
Figuur 7.3 State parameter sondering 156909.

Zoals blijkt uit deze figuren ligt de state parameter meestal tussen -0,1 en -0,3. Dit betekent dat de zandlagen niet verwekingsgevoelig zijn. Er kan derhalve geen zettingsvloeiing optreden.

Aangezien het grondonderzoek beperkt is en er geen sonderingen ter plaatse van de kruising beschikbaar zijn is er een kans op afwijkende eigenschappen van de zandlagen. Daarom wordt in de volgende paragraaf tevens een geometrie toets uitgevoerd om zettingsvloeiing ter plaatse van het voorland te beoordelen.

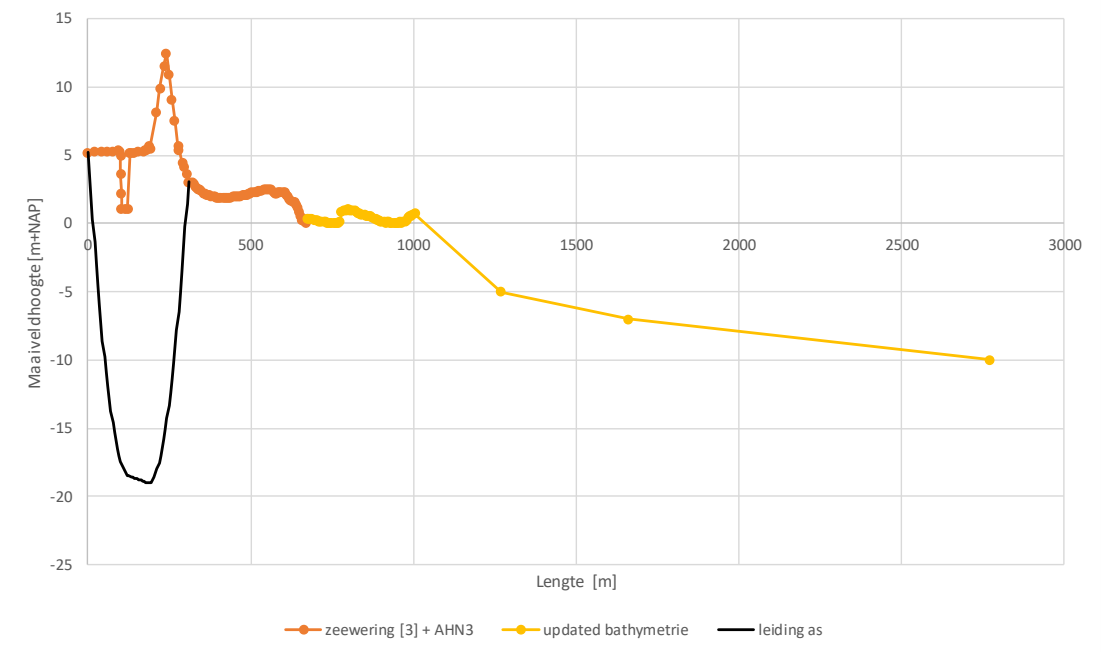
7.4 Geometrietoets zettingsvloeiing

Voor het beoordelen van de waterkering op het optreden van zettingsvloeiing wordt gebruik gemaakt van de methodieken die in het kader van WBI 2017 zijn ontwikkeld. Hieronder zal de beoordeling met een geometrische toets worden beschreven. Met de methodiek van Bijlage III van ‘Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017’ [16] is een geometrische toets uitgevoerd. Het bijbehorende schema is weergegeven in Figuur 7.4.

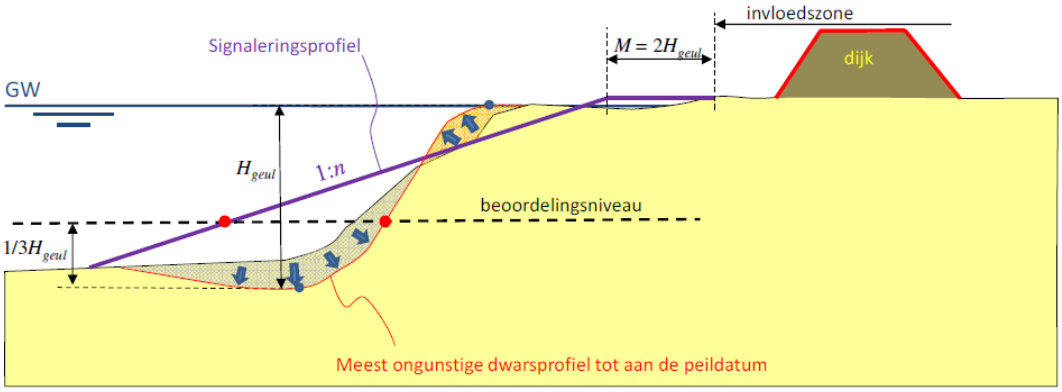


Figuur 7.4 Schema geometrische toets volgens Bijlage III van 'Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017' [16].

In Figuur 7.5 is het beschikbare lengteprofiel voor de zettingsvloeiingstoets weergegeven. Voor L > 700 m is dit gebaseerd op basis van de oude topografische kaart en bathymetriegegevens (zie de uitleg in hoofdstuk 2.7). Als eerste stap (E.1) is in het geprojecteerde profiel het zogenaamde signaleringsprofiel geconstrueerd. Figuur 7.6 geeft het principe weer.



Figuur 7.5 Lengteprofiel.



$n = 15$ voor $H_{geul} < 40$ m
$n = 20$ voor $H_{geul} \geq 40$ m

Figuur 7.6 Principe bepaling signaleringsprofiel.

In dit geval is er sprake van een langzaam aflopende zeebodem, zodat er geen sprake is van een echte geulbodem. De taludhelling van de vooroever is nabij de waterlijn ongeveer 1:14 en verder zeewaarts flauwer. Dit is flauwer dan het evenwichtstalud van 1: 20, zodat er aan de geometrietoets, stap E1 van WBI 2017, wordt voldaan.

Omdat volgens stap E.1 een zettingsvloeiing niet schadelijk is voor de zeewering is verdere beoordeling volgens stap E.2 en E.3 niet nodig.

8 Toetsing op hoogte (GEKB)

8.1 Algemeen

De kruin van de zeewering ligt op NAP + 12,5 m. De diepteligging van de boorlijn ter plaatse van de kruin van de zeewering is NAP - 15 m. De toets van de hoogte (GEKB) van de zeewering is gedaan door de mogelijke kruinzakking te berekenen. Oorzaken van kruinzakking zijn:

- Verdichting tijdens boren.
- Boogwerking in de ondergrond.
- Consolidatie van de vulling van de annulus.

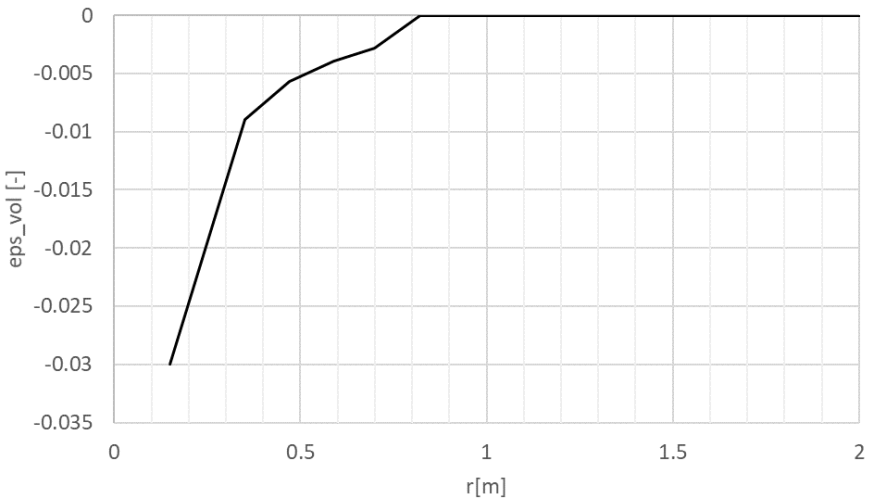
In de volgende paragrafen worden deze onderdelen behandeld. Vervolgens wordt de gesommeerde zakking bepaald.

8.2 Berekende zakking door trillingen

De volumerekken rond de boring zijn bepaald met het in-house programma TRILDENS. In deze berekening is er sprake van direct contact leiding-grond, de smerende werking van de bentoniet is niet meegenomen. Dit is een conservatieve aanname. Overige aannamen zijn:

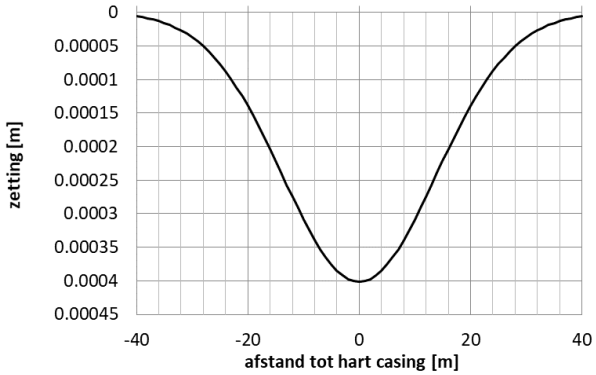
- Dichtheid zand Re = 60%.
- Frequentie 0,1 Hz.
- Triltijd 10 uur.

Figuur 8.1 toont de berekende volumerekken als functie van de afstand tot de leiding. De zone met volumerekken is klein (< 0,5 m).



Figuur 8.1 Volumerekken door trillingen tijdens boren.

Voor de berekening van de kruinzakking is de grond rond de leiding opgedeeld in een aantal elementen met afmetingen van ongeveer 0,5*0,5 m. Ieder element heeft dan een bijdrage aan de maaiveldzakking. Deze is bepaald met de methode Peck. Door sommatie van alle bijdragen wordt de totale maaiveldzakking gevonden. Uitgegaan is van de situatie ter plaatse van de kruin, met kruin op NAP + 12,5 m en ligging HDD op NAP - 15 m. Figuur 8.2 geeft de kruindaling per HDD. De maximale zakking door trillingen per HDD bedraagt 0.4 mm.



Figuur 8.2 Kruinzakking door trillingen, per HDD.

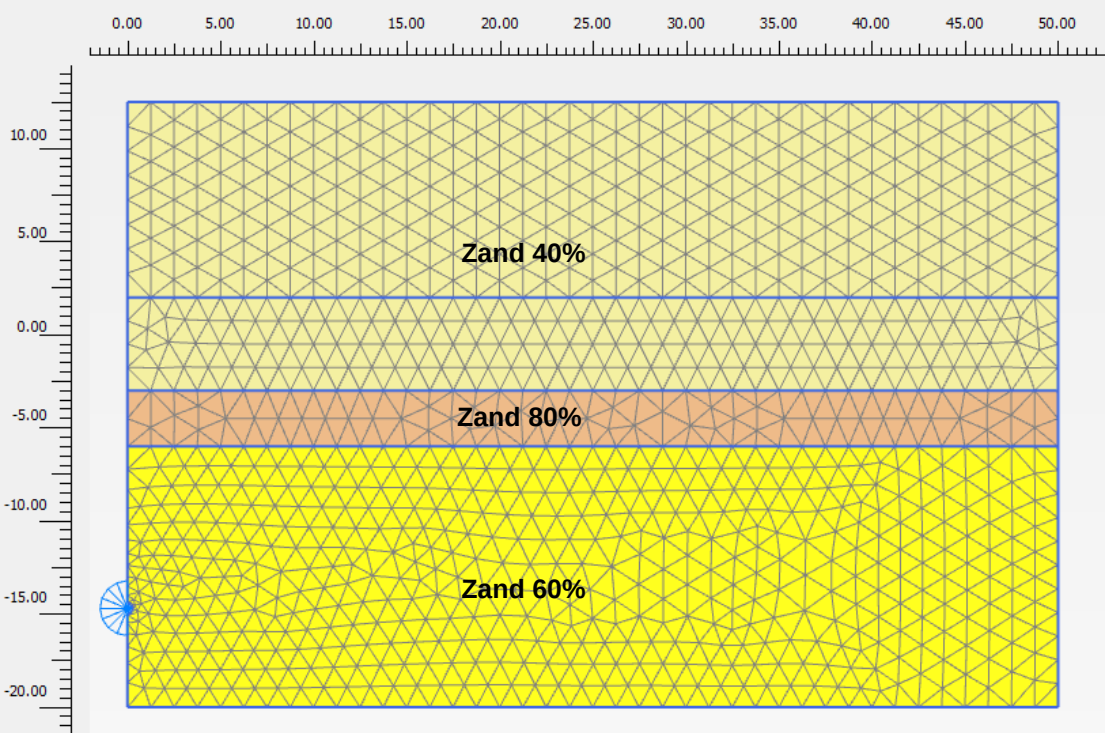
8.3 Kruinzakking door boogwerking

Om de zakking door boogwerking te bepalen is een berekening met PLAXIS 2D versie 2019 gemaakt. Als grondmodel is het Hardening-Soil model gebruikt. Tabel 8.1 geeft de gebruikte materiaalparameters. De gebruikte waarden zijn bepaald op basis van de relatieve dichtheid uit sondering 144515.

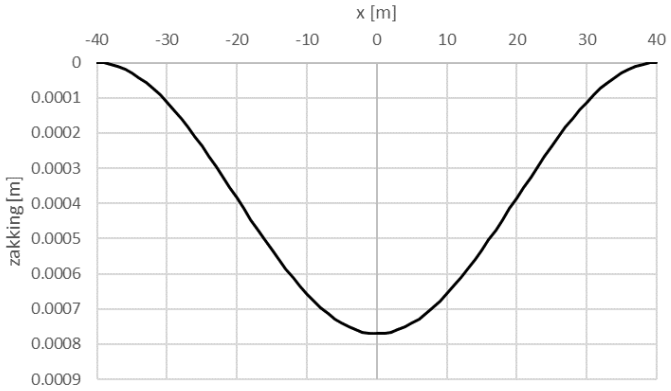
Tabel 8.1 Materiaalparameters in PLAXIS berekening.

Parameter	Unit	Zand 40%	Zand 60%	Zand 80%
γ_unsat	kN/m³	17	18	19
γ_sat	kN/m³	19	20	21
E_50^ref	kN/m²	15E3	30E3	60E3
E_oed^ref	kN/m²	15E3	30E3	60E3
E_ur^ref	kN/m²	45E3	90E3	180E3
power (m)	-	0,5	0.5	0,5
φ (phi)	°	30	32,5	35

Uit de zakkingstrog op maaiveld is het volume van de trog bepaald. Figuur 8.3 toont het vervormde elementennet en Figuur 8.4 de kruindaling door boogwerking. De maximale zakking door de boogwerking per HDD bedraagt 0,77 mm.



Figuur 8.3 Elementennet (vervormd) PLAXIS berekening.



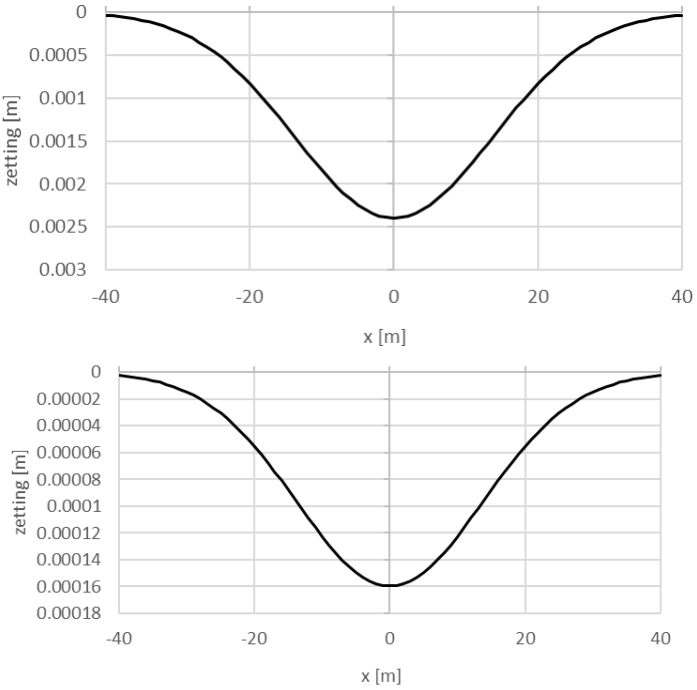
Figuur 8.4 Kruinzakking door boogwerking, per HDD (x = 0 is boorgat as).

8.4 Consolidatie boorvloeistof

Voor het berekenen van het volumeverlies door consolidatie van de boorvloeistof zijn de volgende waarden gehanteerd:

- Diameter boorgang: 0,585 m.
- Diameter mantelbuis: 0,450 m.
- Volumeverlies door consolidatie:
  - 75% (toepassing normale bentoniet suspensie).
  - 5% (toepassing drill-grout).

De maaiveldzakking door de consolidatie van de boorvloeistof (door normale bentoniet suspensie of drill-grout) per HDD is in Figuur 8.5 weergegeven. De maximale zakking door de consolidatie bedraagt ca. 2,5 mm bij normale boorvloeistof en ca . 0,2 mm bij toepassing drillgrout.



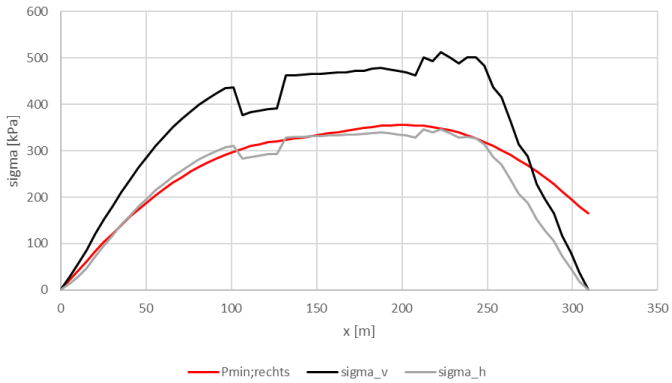
Figuur 8.5 Kruinzakking door consolidatie boorvloeistof, per HDD, bovenste figuur voor situatie 75 % volumeverlies en onderste figuur voor situatie 5% volumeverlies.

Door de geringe zakking bij gebruik van een normale bentoniet suspensie wordt verder uitgegaan van gebruik van deze standaard boorvloeistof.

8.5 Volumeverandering rond boorgat

Door schuifvervormingen rond het boorgat kan daar in de grond enige volumeverandering optreden. Middels de ruimte expansie theorie wordt een schatting gemaakt van de optredende schuifvervorming rond een boorgat. Er wordt hier uitgegaan van lineair-elastisch grondgedrag. De schuifrek is afhankelijk van het verschil tussen de boorvloeistofdruk en de gronddruk en van de schuifrekmodulus.

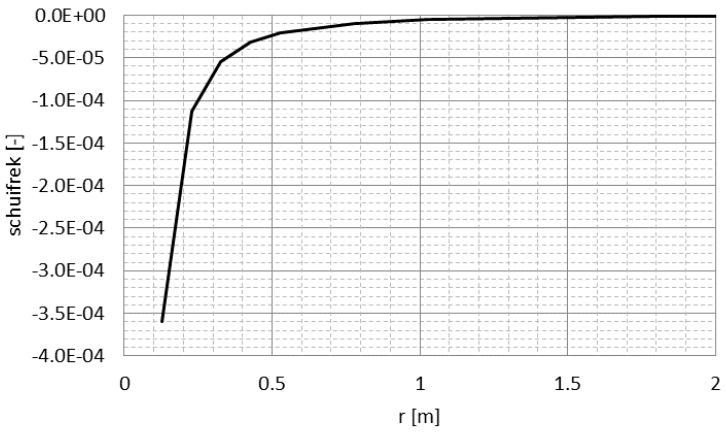
In Figuur 8.6 is het verloop van de boorvloeistofdruk tijdens de pilot boring weergegeven. De grootste schuifvervorming is te verwachten daar waar het verschil tussen aanwezige gronddruk en boorvloeistofdruk het grootste is. Vanzelfsprekend volgt uit Figuur 8.6 dat dit nabij het uittredepunt is.



Figuur 8.6 Verloop boorvloeistofdruk.

Voor de berekening zijn de volgende parameters gehanteerd (locatie onder kruin):

- Diameter boorgat: het boorgat van de pilotfase is 0,254 m.
- Maximale boorvloeistofdruk: p = 333 kPa.
- Aanwezige gronddruk: q = 387 kPa (isotrope grondspanning).
- Glijdingsmodulus (kleine rek): 150 MPa.

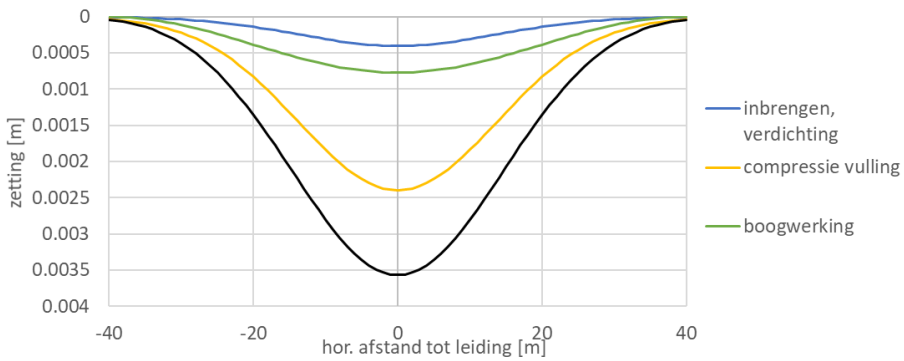


Figuur 8.7 Schuifvervorming rond boorgat, pilot boring.

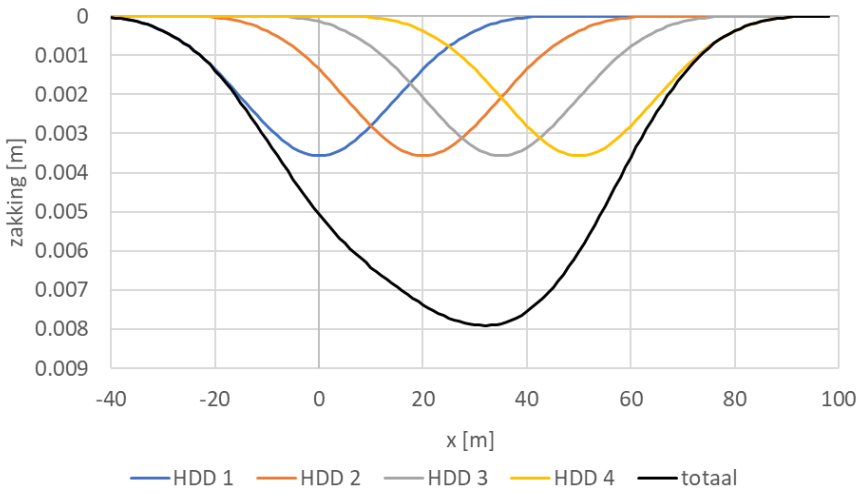
De optredende schuifrekken zijn klein. Vlak bij het boorgat is deze ongeveer 3,5 x 10^{-4} (zie Figuur 8.7). Bij deze schuifrekken zijn enige volumeveranderingen te verwachten. Gezien de dichtheid van het zand en de waarde van de state parameter zal dit enige dilatantie geven. Wateroverspanningen, laat staan verweking, is hierbij dus niet te verwachten. Omdat er sprake is van dilatantie zal deze component geen toename van de kruinzetting geven. Voor de verdere analyse wordt deze component daarom buiten beschouwing gelaten.

8.6 Sommatie componenten kruindaling

De resultaten van de verschillende componenten kunnen vervolgens worden gesommeerd. Figuur 8.8 geeft de zakking per HDD en Figuur 8.9 de gesommeerde zakking voor de 4 HDD's van Nederwiek 2. Daarbij is uitgegaan van een onderlinge afstand tussen de HDD's van 20 m,15 m en 15 m ter plaatse van de kruin.



Figuur 8.8 Sommatie kruinzakking per HDD.



Figuur 8.9 Kruinzakking door alle boringen, totaal 4 HDD's.

Uit Figuur 8.9 kan worden geconcludeerd dat de kruindaling die ten gevolge van de HDD's zal optreden marginaal is (8 mm) en geen invloed zal hebben op de waterveiligheid.

Het dient te worden opgemerkt dat de berekende zakking uitgaat van een normale uitvoering van de HDD's. Bij het toepassen van een te hoge of te lage boorvloeistofdruk kunnen er grotere grondvervormingen optreden.

9 Invloed bij ontgraving aanbrengen kabels

9.1 Uitgangspunten

Voor de te ontgraven put om de kabels in de mantelbuizen aan te brengen op het strand wordt uitgegaan van een ontgraving met damwanden aan de zijkanten en aan de kopse zijde. Een ontgraving zonder damwanden wordt gezien de omvang van de ontgraving niet wenselijk geacht.

De gewenste diepteligging van de leidingen is MV - 5 m. Deze diepte moet volgens TenneT in ieder geval aanwezig zijn tijdens het intrekken van de kabels.

9.2 Afmetingen damwand

Voor het bepalen van de afmetingen van de damwand zijn verkennende berekeningen gemaakt met D-sheetpiling. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Homogene ondergrond (zand).
- Ontgraving tot MV - 5 m.
- Kopwand op de plaats waar de boorlijn op MV - 5 m ligt
- maaiveld aldaar ligt op NAP + 4 m.
- Maatgevende situatie is laagwater:
  - Grondwaterstand op NAP + 0 m.
  - Waterstand op NAP - 1,27 m (laagwater).
  - Geen bemaling.
- Er is uitgegaan van een gestempelde damwand. Stempeling vindt plaats op MV + 0 m.
- Veiligheidsklasse RC1.

De benodigde lengte is berekend met de optie “design sheet pile length”. Uitgegaan wordt van de situatie zonder stormen. De volgende damwandlengte wordt gevonden :

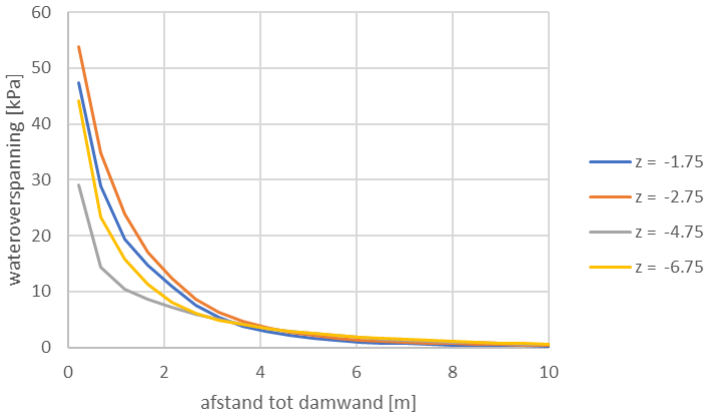
- Gestempeld: L = 12 m (kop op NAP + 5 m, teen op NAP - 7 m).

Het dient te worden opgemerkt dat deze berekeningen alleen dienen om een indicatie van de benodigde damwandlengte te krijgen. Het betreft uitdrukkelijk geen ontwerpberekening.

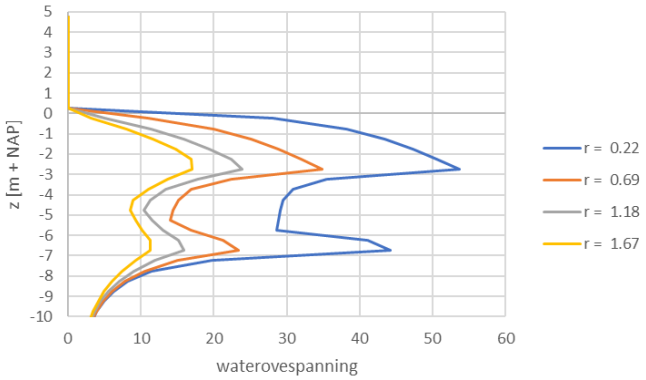
9.3 Wateroverspanning tijdens intrillen

Tijdens het intrillen van de damwanden zullen er wateroverspanningen ontstaan. De grootte van de wateroverspanning is bepaald met het in-house programma TRILDENS (Meijers 2007 [18], Meijers, Tol 2010, [19]). De berekening is gemaakt voor een damwand met een teenniveau van NAP - 7 m.

Figuur 9.1 en Figuur 9.2 tonen de maximum berekende wateroverspanning tijdens intrillen. Het betreft de maximum waarde die in elk punt is opgetreden, deze hoeven niet gelijktijdig aanwezig te zijn, maar voor de verdere analyse wordt conservatief aangenomen dat dit wel het geval is.



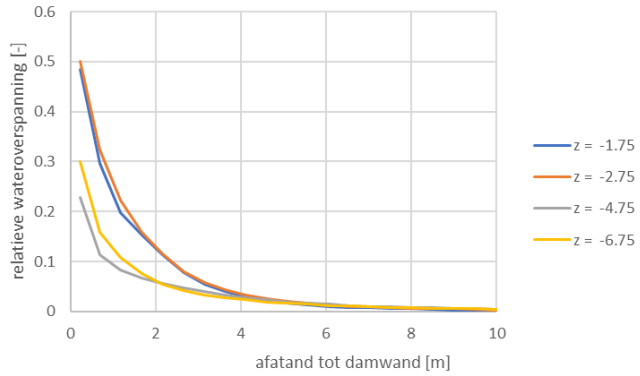
Figuur 9.1 Wateroverspanning rond damwand tijdens intrillen, variatie met afstand.



Figuur 9.2 Wateroverspanning rond damwand tijdens intrillen, variatie met diepte.

De wateroverspanning direct naast de wand is 30-50 kPa. Op 1 m uit de wand zijn de wateroverspanningen afgenomen tot 10-20 kPa. De laag met vast zand tussen NAP - 3 m en NAP - 6 m is duidelijk herkenbaar als een laag met lagere wateroverspanningen. Vanzelfsprekend zijn boven de grondwaterstand (NAP + 0 m) geen wateroverspanningen aanwezig.

Figuur 9.3 laat het verloop van de relatieve wateroverspanning (wateroverspanning, gedeeld door de initiële effectieve verticale spanning) zien.



Figuur 9.3 Relatieve wateroverspanning rond damwand tijdens intrillen.

9.4 Invloed ontgravingsput op stabiliteit zeewering

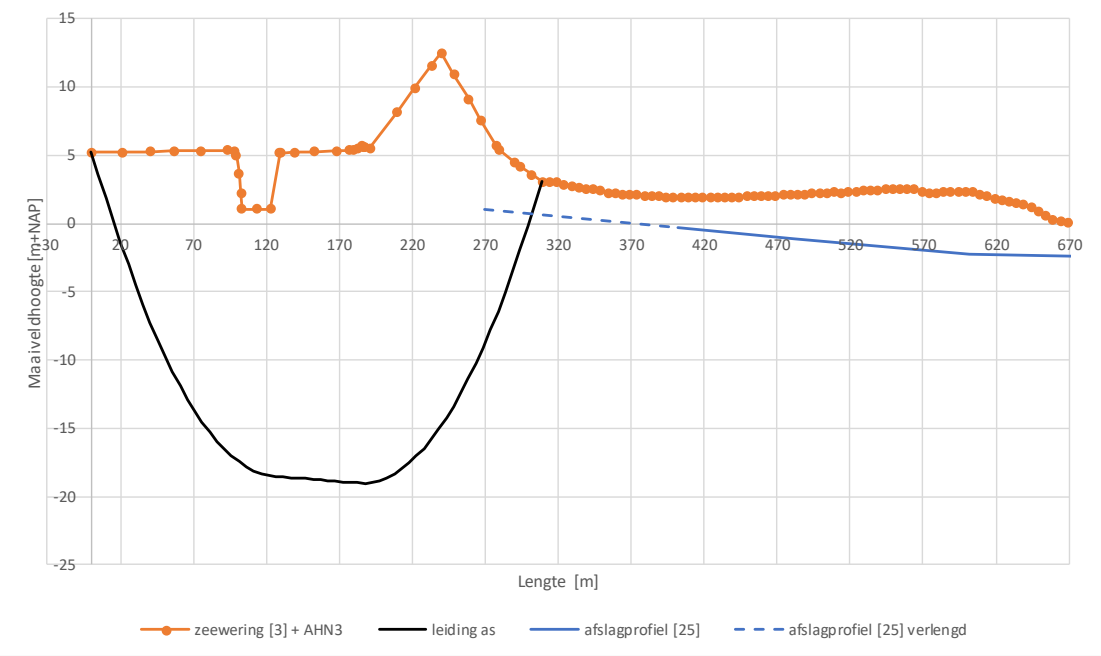
Voor de invloed op de stabiliteit van de ontgravingsput op de zeewering zijn de volgende situaties beschouwd:

- Ontgraving met een damwand aan kopse zijde ontgravingsput, teenniveau gelijk aan diepte ontgraving.
- Effect wateroverspanning tijdens intrillen damwand.

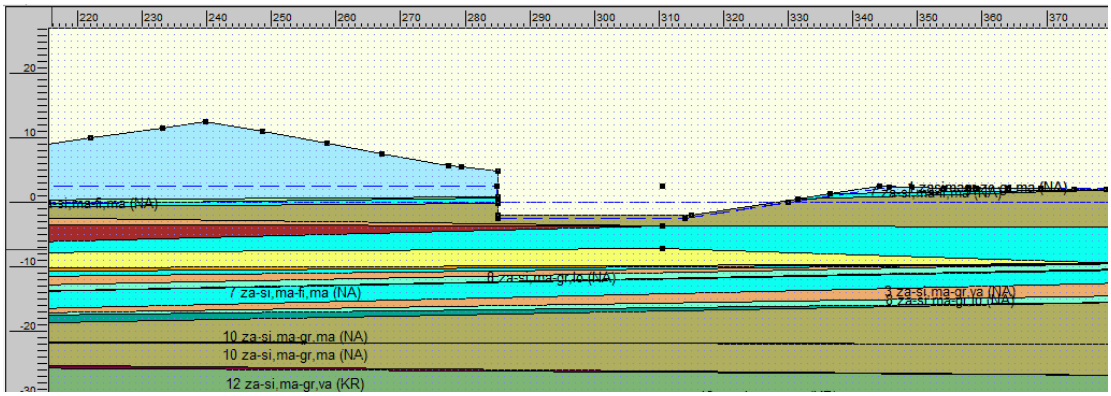
De eerste situatie met een ontgraving onder een talud is maatgevend voor de situatie dat er n aan de zijkanten van de ontgravingsput korte damwanden staan tot aan het ontgravingenniveau (2D benadering). De stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd met het programma D-Geo Stability versie 18.1.

9.4.1 Ontgraving met een damwand aan kopse zijde ontgravingsput

De situatie van een damwand aan de kopse zijde van de ontgravingsput is gemodelleerd (zie Figuur 9.5). Hierbij is uitgegaan van een putbodem op NAP - 1 m en een breedte van 30 m (15 m aan weerszijden van het punt waar de boorlijn de putbodem doorsnijd). Voor de diepte is uitgegaan van een ligging van bovenkant leiding op 1 m onder het afslagprofiel (zie Figuur 9.4).



Figuur 9.4 Ligging boorlijn en afslagprofiel (bron afslagprofiel: [25], zie Bijlage A van dit rapport).



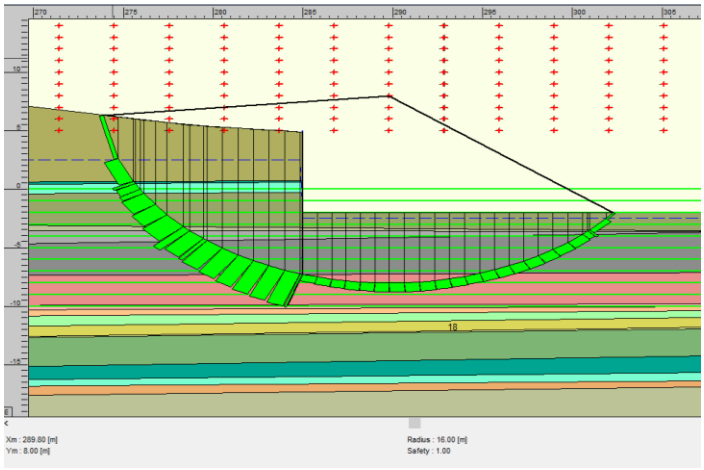
Figuur 9.5 Geometrie bij open ontgraving en damwand aan kopse zijde ontgravingsput.

In de berekening is uitgegaan van een damwand aan deze zijde met een teenniveau gelijk aan de ontgravingsdiepte. Verondersteld wordt dat de stabiliteit van deze damwand wordt geleverd door de zijwanden van de damwandkuip.

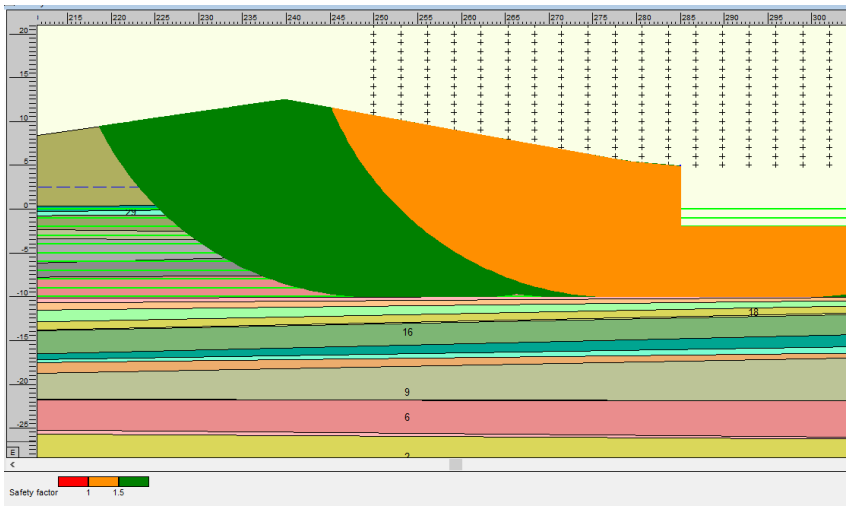
De gebruikte grondparameters en partiele factoren zijn gelijk aan die bij de toetsing voor macrostabiliteit [14].

De damwand is gemodelleerd als een zogenaamde *forbidden line*. Dit betekent dat glijcirkels niet door de damwand kunnen gaan, maar dat een glijcirkel die onder de damwand doorgaat de damwand wel meeneemt. De weerstand van de zijwanden tegen afschuiven wordt bij deze modellering niet meegenomen zodat dit een sterk conservatieve modellering is.

Nabij de ontgravingsput is de stabiliteitsfactor 1,00. Het betreft een glijvlak onder de teen van de damwand (zie Figuur 9.6). Glijcirkels die de hoogte van de zanddijk aantasten hebben een stabiliteitsfactor van meer dan 1,5 (zie Figuur 9.7).



Figuur 9.6 Maatgevend glijvlak.

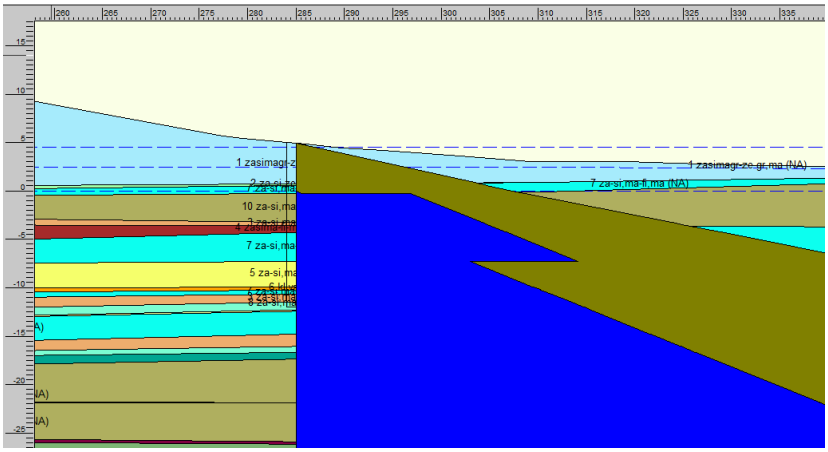


Figuur 9.7 Weergave stabiliteitsfactor.

9.4.2 Effect wateroverspanning tijdens intrillen damwand

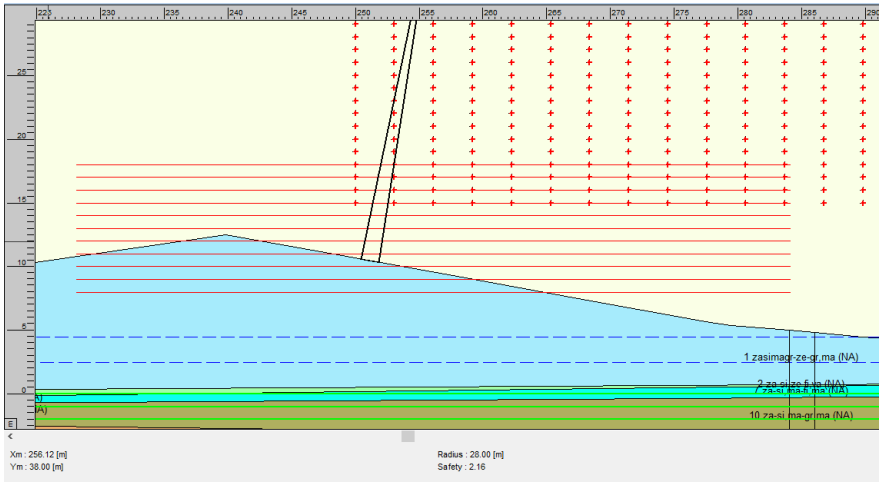
Voor het meenemen van het effect van wateroverspanning die ontstaat bij het inbrengen van de damwandplanken is er ter plaatse van de damwand een zone gemodelleerd met een breedte van 2 m en een wateroverspanning van 45 kPa (zie Figuur 9.8). Omdat de geometrie

in D-Geo Stability een 2D geometrie is betekent dit dat deze zone in de berekening over de volle lengte van de dijk aanwezig is. Dit is een zeer conservatieve benadering.



Figuur 9.8 Geometrie met verloop waterspanning t.p.v. damwand.

De stabiliteitsberekening geeft als maatgevend glijvlak een oppervlakkige afschuiving van het buitentalud van de zanddijk (zie Figuur 9.9). De stabiliteitsfactor is 2,16. Geconcludeerd kan worden dat de wateroverspanning geen effect heeft op plaats van de maatgevende glijcirkel en daarmee ook niet op de stabiliteit van de zeewering.



Figuur 9.9 Maatgevende glijcirkel, modellering intrillen als wateroverspanning.

9.5 Conclusie

Uit de analyse hierboven blijkt dat de ontgraving voor ontgravingsput met damwanden zonder negatieve invloed op de stabiliteit van de zeewering kan worden uitgevoerd.

10 Conclusies

De Nederwiek 2 aanlanding van de elektriciteitskabels kruist de zeewering op de Maasvlakte Zuid. Bij de aanlanding wordt gebruik gemaakt van mantelbuizen waarin de kabels zullen worden aangelegd. De kabels zullen worden geïnstalleerd in 450 mm HDPE mantelbuizen. De 450 mm HDPE mantelbuizen zullen door middel van horizontaal gestuurde boringen worden aangelegd. Er zullen 4 HDD's worden uitgevoerd onder de zeewering.

Dit rapport beschrijft de beoordeling van het effect van de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels op de zeewering en de aanwezigheid van mantelbuizen en kabels na installatie. Om de beoordeling uit te kunnen voeren is eerst een globaal ontwerp gemaakt op basis van de beschikbare gegevens.

Ten aanzien van het globaal ontwerp kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De vloerpijp van de boorlijn dient een minimale helling van 0,5^{o} te hebben ten behoeve van de afvoer van luchtbellen. In het globale ontwerp berekening is deze helling toegepast op de boorlijn.
- Er zijn enkele grondwaterstand metingen uitgevoerd in peilbuizen die in boorgaten zijn geplaatst. Op basis van de gemeten grondwaterstand lijkt er voldoende overdruk in het boorgat aanwezig te zijn tijdens de uitvoering van de horizontaal gestuurde boringen. Aangezien de grondwaterstandmeting een momentopname betreffen is het aan te raden voorafgaand de uitvoering de grondwaterstand nogmaals te meten en indien nodig herberekeningen uit te voeren.
- De spanningen in de mantelbuizen zijn tijdens de aanleg en in de gebruiksfase lager dan de toetswaarden conform NEN 3650:2020. Hierbij is rekening gehouden met temperatuur effecten.
- Het kan worden overwogen om de PE-leidingen tijdens de intrekfase 100% te vullen, om spanningen in de mantelbuizen door optredende trekkrachten te reduceren (en om risico's op grotere trekkrachten te voorkomen).

Ten aanzien van de beïnvloeding van de zeewering kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De beschouwing van de verschillende dijkfaalmechanismen wijst uit dat de uitvoering van de HDD's geen bedreiging vormt voor de zeewering. De zeewering zal tijdens de uitvoering stabiel zijn (voorwaarde is dat de horizontaal gestuurde boring op normale wijze zonder incidenten wordt uitgevoerd).
- De zandlagen ter plaatse van de vooroever zijn waarschijnlijk niet verwekingsgevoelig. Bovendien is de geometrische toets voor zettingsvloeiing voldoende. Er is derhalve geen risico op instabiliteit van de vooroever.
- De graafwerkzaamheden op het strand (bij het uittredepunt) en installatie van damwanden hebben geen negatieve invloed op de zeewering.
- De te verwachten zakking van het maaiveld ter plaatse van de zeewering is gering en daardoor toelaatbaar. Het waterkerend vermogen wordt niet aangetast.

11 Referenties

[1] TenneT (2022). Aanlanding 5e verbinding Net op Zee IJmuiden Ver. Tekeningnummer: 3342-0122-01-MV.

[2] TenneT (2022). Horizontaal gestuurde boringen 1 x Ø450 mm HDPE100 SDR11. Tekeningnummer: 3342-0122-01-HDD 1.

[3] TenneT (2022). Horizontaal gestuurde boringen 1 x Ø450 mm HDPE100 SDR11. Tekeningnummer: 3342-0122-01-HDD 2.

[4] TenneT (2022). Horizontaal gestuurde boringen 1 x Ø450 mm HDPE100 SDR11. Tekeningnummer: 3342-0122-01-HDD 3.

[5] TenneT (2022). Horizontaal gestuurde boringen 1 x Ø450 mm HDPE100 SDR11. Tekeningnummer: 3342-0122-01-HDD 4.

[6] Deltares (2012). Inventory soil investigation Maasmond for pipe installation. Rapportnummer: 1206275-000-GEO-0003.

[7] Antea (2022). Grondmechanisch rapport – Net op Zee IJmuiden Ver Beta en Gamma. Rapportnummer: 0464270.100.

[8] NEN 9997-1. Geotechnisch ontwerp van constructies – deel 1: algemene regels.

[9] E-mail d.d. 15 april 2020 opgesteld door dhr. Andre Pietjouw (TenneT) met opmerking voor het conceptrapport Deltares 11204245-002-GEO-0014.

[10] NEN 3650-1:2020. Eisen voor buisleidingsystemen – deel 1: algemene eisen.

[11] PipeLife (2011). PE drukleidingen – verwerkingsrichtlijn en productinformatie. Uitgave april 2011.

[12] NEN 3650-3:2020. Eisen voor buisleidingsystemen – deel 3: aanvullende eisen voor leidingen van kunststof.

[13] Rijkswaterstaat (2014). Achtergrond ontwerpinstrumentarium 2014 – behorende bij handreiking ontwerpen met overstromingskansen (OI2014v4).

[14] TRWG (2007). Addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructie.

[15] WBI (2017). Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

[16] RWS (2016). Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en veiligheid Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Helpdesk Water, 22 april 2016, versie 1, status concept.

[17] Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). Factsheets normering primaire waterkeringen.

[18] Meijers, P., (2007). Settlement during viratiory sheet piling, Ph.D thesis Delft University of Technology.

[19] Meijers, P., Tol, A.F. van (2010). Voorspelling maaiveldzakking door het in- en uittrillen van damwanden. Geotechniek 2010, nr. 3.

[20] E-mail d.d. 4 mei 2022 opgesteld door mw. K. Koudstaal (WaterProof B.V.) met de informatie over het afslaggebied op een langsprofiel voor Nederwiek Alpha en Nederwiek Beta.

[21] Gemeente Rotterdam (2008). Toelichting bestemmingsplan Maasvlakte 2. IMRO-idn: NL.IMRO.0599.BP1111Maasvlakte2-on02.

[22] Deltares (2020). Aanlanding kabels bij Maasvlakte Zuid – IJmuiden Ver Gamma. Rapportnummer: 11207426-002-GEO-0003.

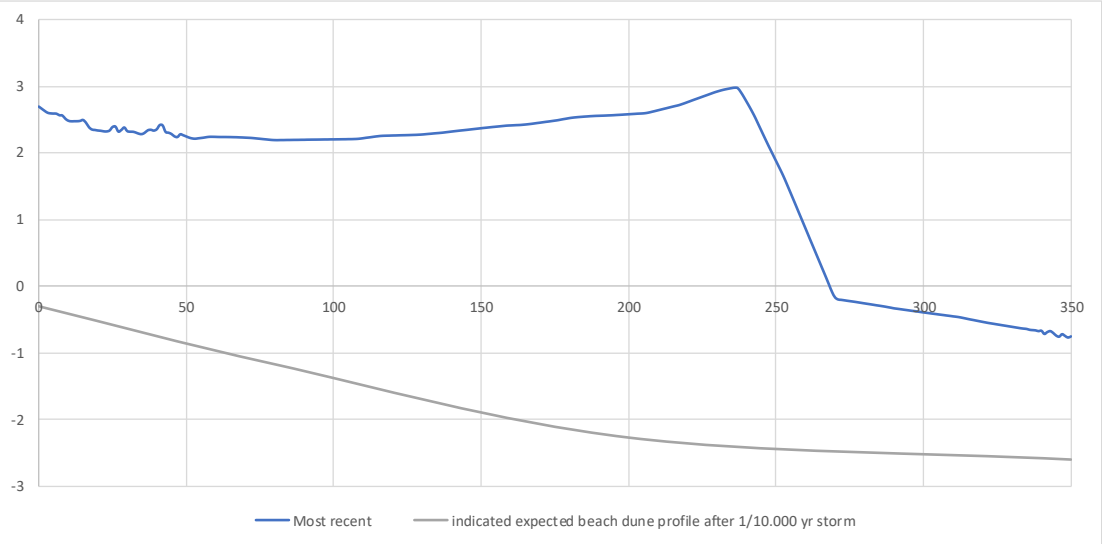
[23] Deltares (2020). Aanlanding kabels onder zeewering Maasvlakte Zuid – IJmuiden Ver Beta. Rapportnummer: 11207426-002-GEO-0002.

[24] Email d.d. 30-8-2022 opgesteld door dhr. Miroslav Svraka (TenneT) met bathymetriegegevens.

[25] Email d.d. 4 mei 2022 opgesteld door mw. K. Koudstaal (WaterProof B.V.) met de informatie over het afslaggebied op een langsprofiel van IJmuiden Ver Beta, IJmuiden Ver Alpha, Nederwiek 1 en Nederwiek 2.

A Afslagprofiel

Afslagprofiel berekend op 4 mei 2022 op basis van 1/10000 jaar storm (bron: [25])



B D-Geo Pipeline berekeningsrapport

Report for D-Geo Pipeline 22.2

Model: Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report:	9-11-2022
Time of report:	11:33:41
Report with version:	22.2.1.38122
Calculated with version:	22.2.1.38122
File name:	nederwiek_2_wsNAP+2,2m_2022_ok

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Messages 3
2.1 Calculation Errors 3
3 Input Data 4
3.1 Model Used 4
3.2 Layer Boundaries 4
3.3 Pl-lines 7
3.4 Phreatic Line 7
3.5 Soil Profiles 7
3.6 Selected Boundaries 8
3.7 Soil Material Data 8
3.8 Geometry 9
3.8.1 Geometry Section, Detailed 9
3.8.2 Geometry Top View 10
3.9 Calculation Verticals 10
3.10 Traffic Load 11
3.11 Configuration of the Pipeline 11
3.12 Product Pipe Material Data 12
3.13 Pipe Engineering Data 12
3.14 Drilling Fluid Data 12
3.15 Factors 12
3.16 Calculation Options 13
4 Drilling Fluid Pressures 14
4.1 Drilling Fluid Data 14
4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure 17
4.3 Drilling Fluid Pressure Plots 18
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot 18
4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming 19
4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation 19
5 Soil Mechanical Data 20
5.1 Soil Mechanical Parameters (Pipe: pipe) 20
5.2 Young's Modulus per Layer per Vertical 22
6 Data for Stress Analysis 34
6.1 General Data 34
6.2 Buoyancy Control 34
6.3 Calculation Pulling Force 34
7 Stress Analysis of Pipe: pipe 35
7.1 Material Data of Pipe: pipe 35
7.2 Results Stress Analysis of Pipe: pipe 35
7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 35
7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 36
7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 36
7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 36
7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 36
7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe: pipe 37
7.4 Check for Implosion of Pipe: pipe 38

2 Messages

2.1 Calculation Errors

No result is available for the maximum drilling fluid pressure at L co-ordinate 309,152 m during pilot because the pipeline is (partly) above the surface.
No result is available for the maximum drilling fluid pressure at L co-ordinate 309,152 m during prereaming because the pipeline is (partly) above the surface.
No result is available for the maximum drilling fluid pressure at L co-ordinate 309,152 m during pullback because the pipeline is (partly) above the surface.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used: Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
28 - L -	-50,000	0,000	21,720	40,420	56,930
28 - Z -	5,190	5,190	5,220	5,260	5,290
28 - L -	74,930	93,580	98,300	99,640	101,510
28 - Z -	5,320	5,350	5,240	4,980	3,680
28 - L -	102,570	103,390	113,180	122,980	128,300
28 - Z -	2,190	1,050	1,050	1,050	4,679
28 - L -	129,020	129,870	139,130	152,880	168,600
28 - Z -	5,170	5,170	5,200	5,250	5,310
28 - L -	176,740	179,910	182,390	185,860	186,310
28 - Z -	5,340	5,380	5,510	5,680	5,620
28 - L -	187,260	191,260	209,710	221,950	233,200
28 - Z -	5,620	5,510	8,170	9,930	11,550
28 - L -	239,830	248,630	258,630	267,140	277,430
28 - Z -	12,500	10,910	9,100	7,560	5,700
28 - L -	279,470	289,740	294,010	301,930	309,150
28 - Z -	5,410	4,480	4,170	3,580	3,050
28 - L -	310,500	314,150	319,150	324,150	329,150
28 - Z -	3,044	3,029	3,007	2,862	2,742
28 - L -	334,150	339,150	344,150	349,150	354,150
28 - Z -	2,634	2,532	2,473	2,370	2,242
28 - L -	359,150	364,150	369,150	374,150	379,150
28 - Z -	2,189	2,137	2,098	2,060	2,006
28 - L -	382,500	384,150	389,150	394,150	399,150
28 - Z -	1,987	1,977	1,958	1,931	1,911
28 - L -	404,150	405,500	409,150	414,150	419,150
28 - Z -	1,894	1,890	1,878	1,864	1,868
28 - L -	424,150	429,150	434,150	439,150	444,150
28 - Z -	1,857	1,870	1,887	1,910	1,939
28 - L -	449,150	454,150	459,150	464,150	469,150
28 - Z -	1,962	2,000	2,017	2,025	2,032
28 - L -	474,150	479,150	484,150	489,150	494,150
28 - Z -	2,080	2,091	2,116	2,123	2,160
28 - L -	497,000	499,150	504,150	509,150	514,150
28 - Z -	2,174	2,184	2,255	2,269	2,257
28 - L -	519,150	524,150	529,150	534,150	539,150
28 - Z -	2,308	2,352	2,374	2,391	2,450
28 - L -	544,150	549,150	554,150	554,600	559,150
28 - Z -	2,530	2,509	2,527	2,527	2,529
28 - L -	564,150	569,150	572,100	574,150	579,150
28 - Z -	2,483	2,337	2,250	2,190	2,241
28 - L -	584,150	589,150	594,150	599,150	604,150
28 - Z -	2,270	2,277	2,316	2,283	2,267
28 - L -	609,150	614,150	619,150	624,150	629,150
28 - Z -	2,114	1,952	1,768	1,694	1,625
28 - L -	634,150	639,150	644,150	649,150	654,150
28 - Z -	1,538	1,358	1,157	0,858	0,579
28 - L -	659,150	664,150	669,150	670,000	
28 - Z -	0,277	0,167	0,058	0,000	
27 - L -	-50,000	128,300	310,500	382,500	384,150
27 - Z -	-0,200	-0,200	0,920	1,987	1,977
27 - L -	389,150	394,150	399,150	404,150	405,500
27 - Z -	1,958	1,931	1,911	1,894	1,890
27 - L -	409,150	414,150	419,150	424,150	429,150

Boundary number	Co-ordinates [m]				
27 - Z -	1,878	1,864	1,868	1,857	1,870
27 - L -	434,150	439,150	444,150	449,150	454,150
27 - Z -	1,887	1,910	1,939	1,962	2,000
27 - L -	459,150	464,150	469,150	474,150	479,150
27 - Z -	2,017	2,025	2,032	2,080	2,091
27 - L -	484,150	489,150	494,150	497,000	499,150
27 - Z -	2,116	2,123	2,160	2,174	2,184
27 - L -	504,150	509,150	514,150	519,150	524,150
27 - Z -	2,255	2,269	2,257	2,308	2,352
27 - L -	529,150	534,150	539,150	544,150	549,150
27 - Z -	2,374	2,391	2,450	2,530	2,509
27 - L -	554,150	554,600	559,150	564,150	569,150
27 - Z -	2,527	2,527	2,529	2,483	2,337
27 - L -	572,100	574,150	579,150	584,150	589,150
27 - Z -	2,250	2,190	2,241	2,270	2,277
27 - L -	594,150	599,150	604,150	609,150	614,150
27 - Z -	2,316	2,283	2,267	2,114	1,952
27 - L -	619,150	624,150	629,150	634,150	639,150
27 - Z -	1,768	1,694	1,625	1,538	1,358
27 - L -	644,150	649,150	654,150	659,150	664,150
27 - Z -	1,157	0,858	0,579	0,277	0,167
27 - L -	669,150	670,000			
27 - Z -	0,058	0,000			
26 - L -	-50,000	128,300	310,500	382,500	384,150
26 - Z -	-1,300	-1,300	0,920	1,987	1,977
26 - L -	389,150	394,150	399,150	404,150	405,500
26 - Z -	1,958	1,931	1,911	1,894	1,890
26 - L -	409,150	414,150	419,150	424,150	429,150
26 - Z -	1,878	1,864	1,868	1,857	1,870
26 - L -	434,150	439,150	444,150	449,150	454,150
26 - Z -	1,887	1,910	1,939	1,962	2,000
26 - L -	459,150	464,150	469,150	474,150	479,150
26 - Z -	2,017	2,025	2,032	2,080	2,091
26 - L -	484,150	489,150	494,150	497,000	499,150
26 - Z -	2,116	2,123	2,160	2,174	2,184
26 - L -	504,150	509,150	514,150	519,150	524,150
26 - Z -	2,255	2,269	2,257	2,308	2,352
26 - L -	529,150	534,150	539,150	544,150	549,150
26 - Z -	2,374	2,391	2,450	2,530	2,509
26 - L -	554,150	554,600	559,150	564,150	569,150
26 - Z -	2,527	2,527	2,529	2,483	2,337
26 - L -	572,100	574,150	579,150	584,150	589,150
26 - Z -	2,250	2,190	2,241	2,270	2,277
26 - L -	594,150	599,150	604,150	609,150	614,150
26 - Z -	2,316	2,283	2,267	2,114	1,952
26 - L -	619,150	624,150	629,150	634,150	639,150
26 - Z -	1,768	1,694	1,625	1,538	1,358
26 - L -	644,150	649,150	654,150	659,150	664,150
26 - Z -	1,157	0,858	0,579	0,277	0,167
26 - L -	669,150	670,000			
26 - Z -	0,058	0,000			
25 - L -	-50,000	128,300	310,500	382,500	384,150
25 - Z -	-1,300	-1,300	-0,080	1,987	1,977
25 - L -	389,150	394,150	399,150	404,150	405,500
25 - Z -	1,958	1,931	1,911	1,894	1,890
25 - L -	409,150	414,150	419,150	424,150	429,150
25 - Z -	1,878	1,864	1,868	1,857	1,870
25 - L -	434,150	439,150	444,150	449,150	454,150
25 - Z -	1,887	1,910	1,939	1,962	2,000
25 - L -	459,150	464,150	469,150	474,150	479,150
25 - Z -	2,017	2,025	2,032	2,080	2,091
25 - L -	484,150	489,150	494,150	497,000	499,150
25 - Z -	2,116	2,123	2,160	2,174	2,184
25 - L -	504,150	509,150	514,150	519,150	524,150

Boundary number	Co-ordinates [m]				
25 - Z -	2,255	2,269	2,257	2,308	2,352
25 - L -	529,150	534,150	539,150	544,150	549,150
25 - Z -	2,374	2,391	2,450	2,530	2,509
25 - L -	554,150	554,600	559,150	564,150	569,150
25 - Z -	2,527	2,527	2,529	2,483	2,337
25 - L -	572,100	574,150	579,150	584,150	589,150
25 - Z -	2,250	2,190	2,241	2,270	2,277
25 - L -	594,150	599,150	604,150	609,150	614,150
25 - Z -	2,316	2,283	2,267	2,114	1,952
25 - L -	619,150	624,150	629,150	634,150	639,150
25 - Z -	1,768	1,694	1,625	1,538	1,358
25 - L -	644,150	649,150	654,150	659,150	664,150
25 - Z -	1,157	0,858	0,579	0,277	0,167
25 - L -	669,150	670,000			
25 - Z -	0,058	0,000			
24 - L -	-50,000	128,300	310,500	382,500	405,500
24 - Z -	-1,300	-1,300	-3,580	-3,891	-3,990
24 - L -	497,000	554,600	572,100	670,000	
24 - Z -	-4,830	-6,000	-4,070	-4,070	
23 - L -	-50,000	128,300	310,500	382,500	405,500
23 - Z -	-3,300	-3,300	-3,580	-3,891	-3,990
23 - L -	497,000	554,600	572,100	670,000	
23 - Z -	-4,830	-6,000	-4,070	-4,070	
22 - L -	-50,000	128,300	310,500	382,500	405,500
22 - Z -	-8,300	-8,300	-3,580	-3,891	-3,990
22 - L -	497,000	554,600	572,100	670,000	
22 - Z -	-4,830	-6,000	-4,070	-4,070	
21 - L -	-50,000	128,300	310,500	382,500	405,500
21 - Z -	-8,300	-8,300	-7,080	-9,500	-8,890
21 - L -	497,000	554,600	572,100	670,000	
21 - Z -	-9,030	-10,750	-10,750	-10,750	
20 - L -	-50,000	128,300	382,500	405,500	497,000
20 - Z -	-10,500	-10,500	-9,500	-8,890	-9,030
20 - L -	554,600	572,100	670,000		
20 - Z -	-10,750	-10,750	-10,750		
19 - L -	-50,000	128,300	382,500	405,500	497,000
19 - Z -	-11,300	-11,300	-9,500	-8,890	-9,030
19 - L -	554,600	572,100	670,000		
19 - Z -	-10,750	-10,750	-10,750		
18 - L -	-50,000	128,300	382,500	405,500	497,000
18 - Z -	-12,500	-12,500	-9,500	-8,890	-9,030
18 - L -	554,600	572,100	670,000		
18 - Z -	-10,750	-10,750	-10,750		
17 - L -	-50,000	128,300	382,500	405,500	497,000
17 - Z -	-14,500	-14,500	-9,500	-8,890	-9,030
17 - L -	554,600	572,100	670,000		
17 - Z -	-10,750	-10,750	-10,750		
16 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
16 - Z -	-15,490	-15,490	-10,250	-10,750	-10,750
16 - L -	670,000				
16 - Z -	-10,750				
15 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
15 - Z -	-15,490	-15,490	-10,450	-11,250	-11,250
15 - L -	670,000				
15 - Z -	-11,250				
14 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
14 - Z -	-18,500	-18,500	-12,450	-11,250	-11,250
14 - L -	670,000				
14 - Z -	-11,250				
13 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
13 - Z -	-18,500	-18,500	-12,450	-15,000	-15,000
13 - L -	670,000				
13 - Z -	-15,000				
12 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100

Boundary number	Co-ordinates [m]				
12 - Z -	-18,500	-18,500	-14,500	-15,000	-15,000
12 - L -	670,000				
12 - Z -	-15,000				
11 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
11 - Z -	-18,500	-18,500	-15,500	-15,000	-15,000
11 - L -	670,000				
11 - Z -	-15,000				
10 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
10 - Z -	-20,300	-20,300	-15,500	-15,000	-15,000
10 - L -	670,000				
10 - Z -	-15,000				
9 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
9 - Z -	-20,300	-20,300	-15,500	-16,000	-16,000
9 - L -	670,000				
9 - Z -	-16,000				
8 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
8 - Z -	-20,300	-20,300	-15,500	-23,750	-23,750
8 - L -	670,000				
8 - Z -	-23,750				
7 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
7 - Z -	-21,500	-21,500	-22,000	-23,750	-23,750
7 - L -	670,000				
7 - Z -	-23,750				
6 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
6 - Z -	-21,600	-21,600	-22,000	-23,750	-23,750
6 - L -	670,000				
6 - Z -	-23,750				
5 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
5 - Z -	-21,600	-21,600	-22,000	-25,000	-25,000
5 - L -	670,000				
5 - Z -	-25,000				
4 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
4 - Z -	-24,500	-24,500	-26,750	-25,000	-25,000
4 - L -	670,000				
4 - Z -	-25,000				
3 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
3 - Z -	-25,190	-25,190	-26,750	-25,000	-25,000
3 - L -	670,000				
3 - Z -	-25,000				
2 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	572,100
2 - Z -	-25,190	-25,190	-26,750	-29,500	-29,500
2 - L -	670,000				
2 - Z -	-29,500				
1 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	670,000
1 - Z -	-25,190	-25,190	-26,750	-30,000	-30,000
0 - L -	-50,000	128,300	382,500	554,600	670,000
0 - Z -	-30,000	-30,000	-30,000	-30,000	-30,000

3.3 Pl-lines

Pl-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	-50,000	128,300	258,630	358,000	405,500
1 - Z -	3,500	3,500	3,500	2,200	2,200
1 - L -	497,000	572,100	669,150	670,000	
1 - Z -	2,200	2,200	2,200	2,200	

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
28	za-si,ma-gr-ze-gr,m...	1	1
27	za-si,ze-fi,va (NA)	1	1
26	za-si,ma-fi,ma (NA)	1	1
25	za-si,ma-gr,ma (NA)	1	1
24	za-si,ma-gr,va (NA)	1	1
23	za-si,ma-fi-ma-gr,m...	1	1
22	za-si,ma-fi,ma (NA)	1	1
21	za-si,ma-fi,lo (NA)	1	1
20	kl,va (NA)	1	1
19	za-si,ma-fi,ma (NA)	1	1
18	za-si,ma-gr,va (NA)	1	1
17	za-si,ma-gr,lo (NA)	1	1
16	kl,ma (NA)	1	1
15	za-si,ma-fi,ma (NA)	1	1
14	za-si,ze-fi,ma (NA)	1	1
13	za-si,ma-gr,va (NA)	1	1
12	za-si,ma-gr,lo (NA)	1	1
11	za-si,ma-fi,va (NA)	1	1
10	za-si,ma-fi,va (NA)	1	1
9	za-si,ze-fi,ma (NA)	1	1
8	za-si,ma-gr,ma (NA)	1	1
7	kl,va (NA)	1	1
6	kl,va (NA)	1	1
5	za-si,ma-gr,ma (NA)	1	1
4	kl,hu,va (NA)	1	1
3	za-si,ze-fi,va (NA)	1	1
2	kl,hu,va (NA)	1	1
1	za-si,ma-gr,va (KR)	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlaying (non-cohesive) drained layers is situated at the top of layer number 28: za-si,ma-gr-ze-gr,ma (NA)
The boundary between compressible top layers and underlaying non-compressible layers is situated at the top of layer number 28: za-si,ma-gr-ze-gr,ma (NA)

3.7 Soil Material Data

Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
za-si,ma-gr-ze-gr,m...	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
za-si,ze-fi,va (NA)	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
za-si,ma-gr,va (NA)	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
za-si,ma-fi-ma-gr,m...	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
za-si,ma-fi,lo (NA)	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
kl,va (NA)	19,00	19,00	13,00	17,50	100,00	100,00
za-si,ma-fi,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
za-si,ma-gr,lo (NA)	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
za-si,ma-fi,va (NA)	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
za-si,ma-gr,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
kl,hu,va (NA)	19,00	19,00	13,00	17,50	100,00	100,00
za-si,ma-gr,va (KR)	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
kl,ma (NA)	17,00	17,00	5,00	17,50	50,00	50,00
za-si,ze-fi,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
Undetermined	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00

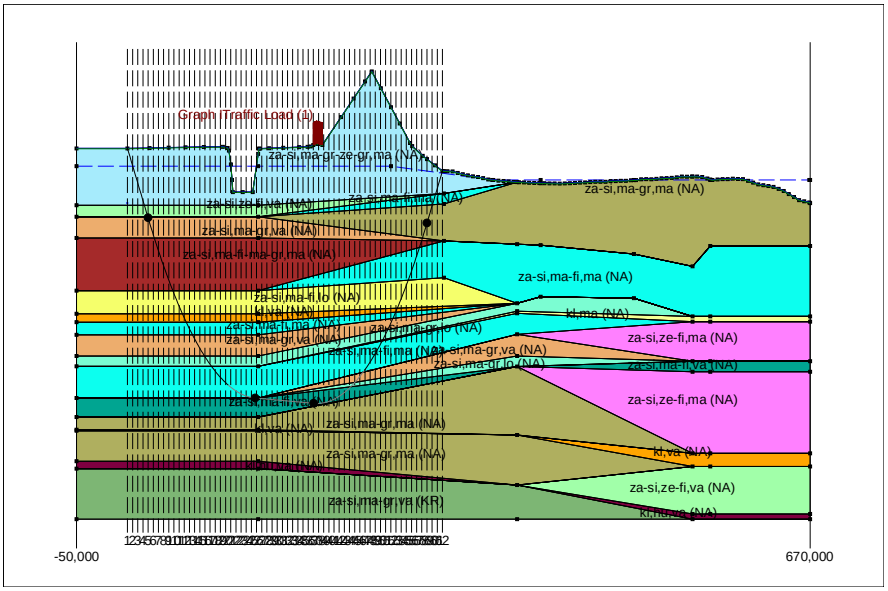
Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
za-si,ma-gr-ze-gr,m...	Sand	35000,00	-	-
za-si,ze-fi,va (NA)	Sand	75000,00	-	-
za-si,ma-gr,va (NA)	Sand	75000,00	-	-

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
za-si,ma-fi-ma-gr,m...	Sand	35000,00	-	-
za-si,ma-fi,lo (NA)	Sand	15000,00	-	-
kl,va (NA)	Clay	4000,00	-	-
za-si,ma-fi,ma (NA)	Sand	35000,00	-	-
za-si,ma-gr,lo (NA)	Sand	15000,00	-	-
za-si,ma-fi,va (NA)	Sand	75000,00	-	-
za-si,ma-gr,ma (NA)	Sand	35000,00	-	-
kl,hu,va (NA)	Clay	4000,00	-	-
za-si,ma-gr,va (KR)	Sand	75000,00	-	-
kl,ma (NA)	Clay	2000,00	-	-
za-si,ze-fi,ma (NA)	Sand	35000,00	-	-
Undetermined	-	-	0,01	0,01

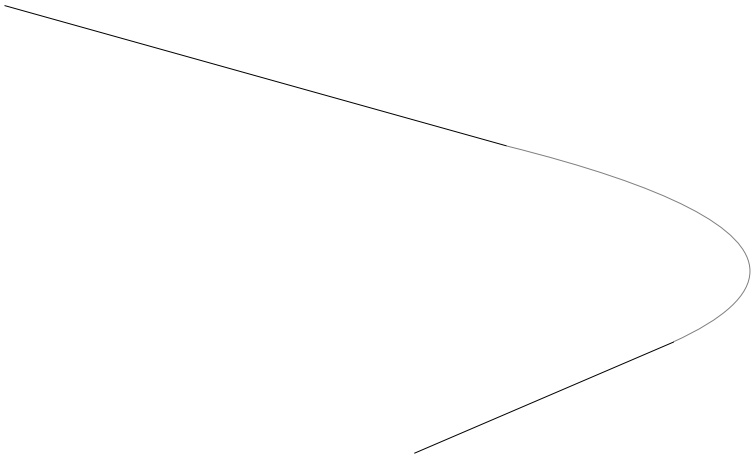
Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
za-si,ma-gr-ze-gr,m...	-	-	0,35
za-si,ze-fi,va (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-gr,va (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-fi-ma-gr,m...	-	-	0,35
za-si,ma-fi,lo (NA)	-	-	0,35
kl,va (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-fi,ma (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-gr,lo (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-fi,va (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-gr,ma (NA)	-	-	0,35
kl,hu,va (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-gr,va (KR)	-	-	0,35
kl,ma (NA)	-	-	0,35
za-si,ze-fi,ma (NA)	-	-	0,35
Undetermined	-	-	0,00

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View



3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	0,000	n.a.
2	5,068	3,543
3	10,136	1,897
4	15,204	0,250
5	20,272	-1,397
6	25,340	-3,000
7	30,408	-4,520
8	35,476	-5,956
9	40,544	-7,311
10	45,612	-8,584
11	50,680	-9,778
12	55,748	-10,892
13	60,816	-11,928
14	65,884	-12,887
15	70,952	-13,768
16	76,020	-14,573
17	81,088	-15,302
18	86,156	-15,956
19	91,224	-16,534
20	96,292	-17,038
21	101,360	-17,467
22	106,428	-17,823
23	111,496	-18,104
24	116,564	-18,312
25	121,632	-18,447
26	126,700	-18,511
27	131,768	-18,555
28	136,836	-18,599
29	141,904	-18,643
30	146,972	-18,688
31	152,040	-18,732
32	157,108	-18,776
33	162,176	-18,820
34	167,244	-18,865
35	172,312	-18,909
36	177,380	-18,953
37	182,448	-18,997
38	187,516	-19,009
39	192,584	-18,948
40	197,652	-18,813
41	202,720	-18,605
42	207,788	-18,324
43	212,856	-17,968
44	217,924	-17,538
45	222,992	-17,034
46	228,060	-16,456
47	233,128	-15,802
48	238,196	-15,073
49	243,264	-14,268
50	248,332	-13,386
51	253,400	-12,428
52	258,468	-11,392
53	263,536	-10,277
54	268,604	-9,083
55	273,672	-7,809
56	278,740	-6,455
57	283,808	-5,018
58	288,876	-3,499
59	293,944	-1,895
60	299,012	-0,248

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
61	304,080	1,398
62	309,152	3,046

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Traffic Load

Traffic Load (1)		
L start	182,39	[m]
L end	191,26	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

3.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	5,190	[m]
X co-ordinate right point	24,550	[m]
Y co-ordinate right point	-300,915	[m]
Z co-ordinate right point	3,050	[m]
Angle left	18,0000	[deg]
Angle right	18,0000	[deg]
Bending radius left	350,000	[m]
Bending radius right	350,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	350,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-19,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	-0,5000	[deg]
Number of horizontal bends	1	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	30,090	-94,340	40,100	-226,070	250,000	left

3.12 Product Pipe Material Data

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	450,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	41,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	50,00	[deg C]

3.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m³]
Bedding angle	120	[deg]
Load angle	180	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]

Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,254	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,102	[m]
Outer diameter preream hole	0,585	[m]
Outer diameter drillpipe	0,102	[m]
Outer diameter bore hole	0,585	[m]
Outer diameter product pipe	0,450	[m]
Pump flow rate pilot	900,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	1000,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m²]

3.15 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,06	[kN/m³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	79	84	21	133
2	132	194	41	149
3	183	298	62	165
4	387	667	83	181
5	472	871	103	196
6	393	658	122	211
7	430	711	140	224
8	470	770	158	237
9	461	730	174	249
10	457	706	190	260
11	418	595	204	270
12	592	941	218	279
13	816	1463	231	287
14	916	1699	243	295
15	921	1697	255	301
16	651	1023	265	307
17	739	1190	275	312
18	766	1237	283	316
19	780	1257	291	319
20	736	1174	298	322
21	685	1076	304	324
22	693	1089	310	324
23	699	1098	314	324
24	703	1104	318	324
25	760	1207	321	322
26	833	1351	324	320
27	965	1671	327	319
28	1028	1830	329	317
29	1060	1912	332	315
30	1080	1964	335	313
31	1094	1999	338	311
32	1105	2026	340	310
33	1114	2047	343	308
34	1121	2065	346	306
35	1127	2080	349	304
36	1141	2109	351	303
37	1148	2125	354	300
38	1150	2130	355	298
39	1180	2193	356	294
40	1204	2242	356	289
41	1218	2266	355	284
42	1202	2215	354	278
43	919	1532	351	270
44	1222	2270	348	263
45	1192	2171	344	254
46	958	1592	339	244
47	961	1604	333	234
48	921	1536	326	223
49	806	1308	319	211
50	784	1310	310	198
51	945	1737	301	184
52	480	702	291	169
53	493	775	280	154
54	454	722	268	137
55	451	745	256	120
56	389	644	242	101

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
57	361	625	228	82
58	245	389	212	62
59	172	240	196	41
60	82	92	180	21
61	Error*	Error*	165	0

* See 'Calculation Errors' section (at the beginning of this report) for more information.

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	53	53	19	21
2	132	138	38	41
3	183	232	57	62
4	367	453	76	83
5	463	641	94	102
6	407	608	112	119
7	435	675	128	134
8	472	752	144	148
9	501	814	159	162
10	468	729	173	174
11	464	695	186	186
12	555	856	198	197
13	693	1156	209	207
14	876	1591	219	216
15	899	1638	229	225
16	718	1169	238	232
17	723	1161	246	239
18	765	1238	253	244
19	780	1260	259	249
20	737	1176	264	254
21	685	1078	269	257
22	693	1090	273	259
23	699	1100	276	261
24	703	1105	278	262
25	760	1209	279	262
26	824	1331	280	262
27	826	1333	281	262
28	877	1456	282	262
29	948	1626	283	262
30	991	1732	285	261
31	1020	1805	286	261
32	1041	1859	287	261
33	1058	1901	288	261
34	1071	1934	289	261
35	1083	1963	290	261
36	1100	2001	291	261
37	1109	2023	292	260
38	1111	2028	292	259
39	1138	2081	291	257
40	1154	2109	289	254
41	1151	2089	284	250
42	1083	1910	278	245
43	1048	1827	270	240
44	1151	2081	263	234
45	995	1678	254	227
46	956	1588	244	219
47	958	1598	234	210
48	913	1519	223	201
49	758	1225	211	190
50	940	1677	198	179
51	802	1378	184	167

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
52	545	854	169	154
53	503	796	154	140
54	488	791	137	125
55	451	713	120	109
56	390	585	101	93
57	316	442	82	75
58	243	300	62	57
59	170	172	41	38
60	64	64	21	19
61	Error*	Error*	0	0

* See 'Calculation Errors' section (at the beginning of this report) for more information.

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	53	53	21	19
2	132	138	41	38
3	183	232	62	57
4	367	453	83	76
5	463	641	102	94
6	407	608	119	112
7	435	675	134	128
8	472	752	148	144
9	501	814	162	159
10	468	729	174	173
11	464	695	186	186
12	555	856	197	198
13	693	1156	207	209
14	876	1591	216	219
15	899	1638	225	229
16	718	1169	232	238
17	723	1161	239	246
18	765	1238	244	253
19	780	1260	249	259
20	737	1176	254	264
21	685	1078	257	269
22	693	1090	259	273
23	699	1100	261	276
24	703	1105	262	278
25	760	1209	262	279
26	824	1331	262	280
27	826	1333	262	281
28	877	1456	262	282
29	948	1626	262	283
30	991	1732	261	285
31	1020	1805	261	286
32	1041	1859	261	287
33	1058	1901	261	288
34	1071	1934	261	289
35	1083	1963	261	290
36	1100	2001	261	291
37	1109	2023	260	292
38	1111	2028	259	292
39	1138	2081	257	291
40	1154	2109	254	289
41	1151	2089	250	284
42	1083	1910	245	278
43	1048	1827	240	270
44	1151	2081	234	263
45	995	1678	227	254
46	956	1588	219	244

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
47	958	1598	210	234
48	913	1519	201	223
49	758	1225	190	211
50	940	1677	179	198
51	802	1378	167	184
52	545	854	154	169
53	503	796	140	154
54	488	791	125	137
55	451	713	109	120
56	390	585	93	101
57	316	442	75	82
58	243	300	57	62
59	170	172	38	41
60	64	64	19	21
61	Error*	Error*	0	0

* See 'Calculation Errors' section (at the beginning of this report) for more information.

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

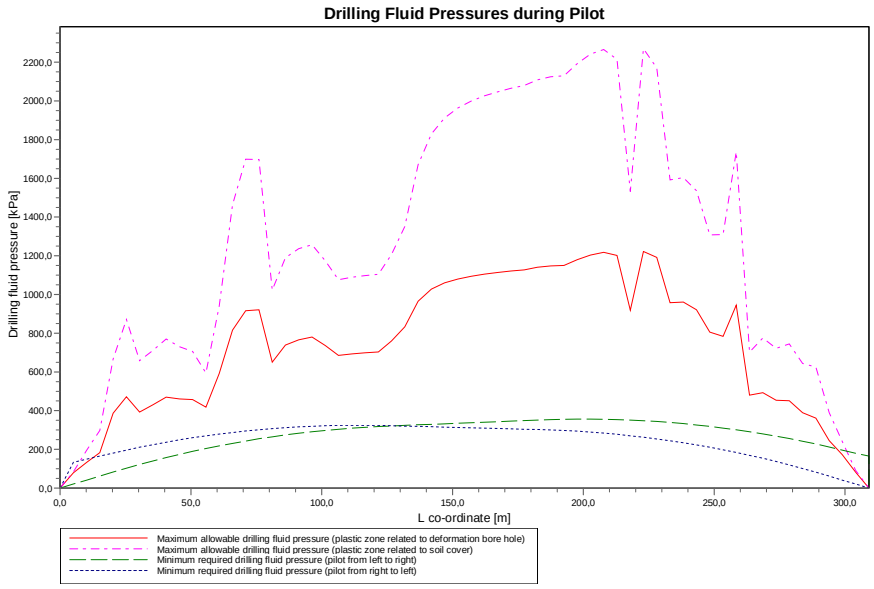
Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
1	18	0	-	sufficient
2	37	16	2,27	sufficient
3	55	33	1,68	sufficient
4	73	49	1,48	sufficient
5	90	65	1,38	sufficient
6	107	81	1,32	sufficient
7	122	95	1,29	sufficient
8	137	109	1,26	sufficient
9	151	122	1,24	sufficient
10	164	134	1,22	sufficient
11	175	145	1,21	sufficient
12	186	155	1,20	sufficient
13	197	165	1,19	sufficient
14	206	174	1,19	sufficient
15	215	182	1,18	sufficient
16	222	189	1,17	sufficient
17	229	196	1,17	sufficient
18	235	202	1,17	sufficient
19	240	207	1,16	sufficient
20	244	211	1,16	sufficient
21	248	215	1,16	sufficient
22	251	217	1,15	sufficient
23	253	219	1,15	sufficient
24	254	221	1,15	sufficient
25	254	221	1,15	sufficient
26	254	222	1,14	sufficient
27	254	222	1,14	sufficient
28	254	223	1,14	sufficient
29	254	223	1,14	sufficient
30	254	224	1,14	sufficient
31	254	224	1,13	sufficient
32	254	225	1,13	sufficient
33	254	225	1,13	sufficient
34	254	225	1,13	sufficient
35	254	226	1,13	sufficient
36	254	226	1,12	sufficient
37	254	226	1,12	sufficient
38	253	226	1,12	sufficient
39	251	224	1,12	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
40	248	222	1,12	sufficient
41	245	220	1,11	sufficient
42	240	216	1,11	sufficient
43	235	212	1,11	sufficient
44	229	207	1,11	sufficient
45	222	201	1,11	sufficient
46	215	194	1,10	sufficient
47	206	187	1,10	sufficient
48	197	179	1,10	sufficient
49	186	170	1,10	not sufficient
50	175	160	1,09	not sufficient
51	163	150	1,09	not sufficient
52	151	138	1,09	not sufficient
53	137	125	1,09	not sufficient
54	122	112	1,09	not sufficient
55	107	97	1,10	not sufficient
56	90	82	1,10	not sufficient
57	73	66	1,10	sufficient
58	55	50	1,11	sufficient
59	37	32	1,13	sufficient
60	18	15	1,21	sufficient
61	0	0	-	sufficient

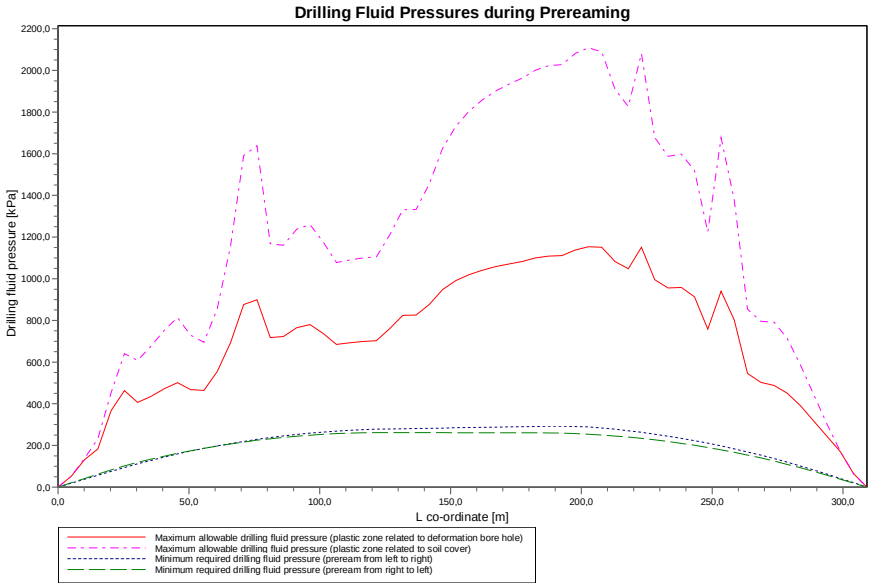
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safey factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

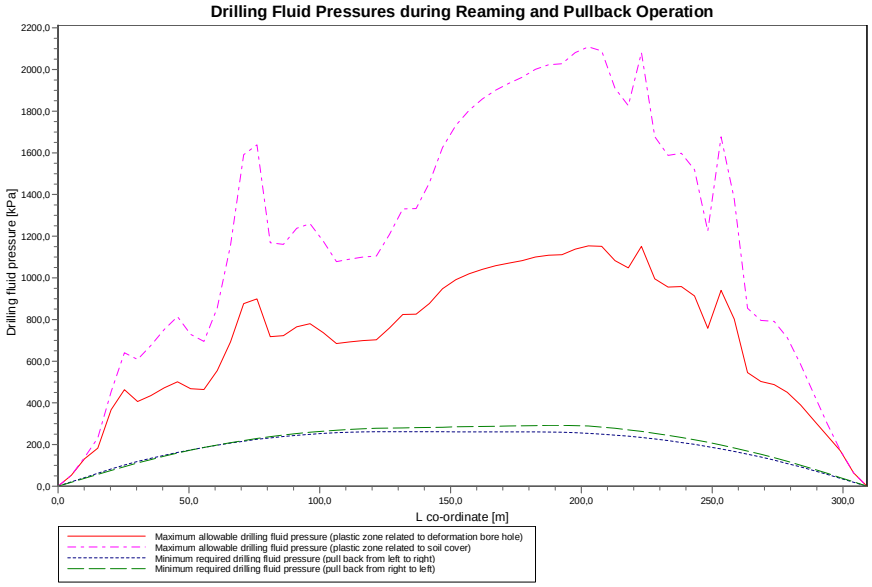
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters (Pipe: pipe)

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	51	26	20	26	0	503
2	136	45	33	45	0	862
3	254	61	16	21	0	2360
4	414	79	14	19	0	3719
5	611	96	14	19	0	2013
6	755	112	15	20	0	2173
7	847	127	15	20	0	2453
8	930	140	15	20	0	2718
9	738	153	15	20	0	2406
10	787	165	15	20	0	2218
11	547	176	16	22	0	2787
12	1196	186	14	19	0	6338
13	2060	196	13	18	0	9217
14	2149	206	13	18	0	5847
15	987	215	14	19	0	3374
16	1016	222	14	20	0	4305
17	1430	229	14	19	0	4434
18	1461	235	14	19	0	4548
19	1482	239	14	19	0	4625
20	1361	216	13	18	0	4185
21	1220	190	13	18	0	5770
22	1235	193	13	18	0	7795
23	1247	195	13	18	0	9168
24	1254	196	13	17	0	9231
25	2304	223	13	17	0	10475
26	2553	252	13	18	0	11828
27	2560	253	13	17	0	11861
28	2566	253	13	17	0	11898
29	2573	254	13	17	0	11935
30	2580	255	13	17	0	11972
31	2587	256	13	17	0	10521
32	2593	257	13	17	0	8701
33	2600	257	13	17	0	7725
34	2607	258	13	17	0	6853
35	2615	259	13	17	0	6066
36	2644	262	13	18	2	5375
37	2660	264	13	18	2	5120
38	2667	265	13	18	0	5137
39	2764	277	14	18	0	5362
40	2854	288	14	18	0	5946
41	2936	298	14	19	0	7332

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
42	3011	307	14	19	0	9499
43	3079	316	15	20	0	14614
44	1398	323	15	21	0	13243
45	3197	330	15	20	0	8247
46	1983	337	16	22	0	15082
47	2011	342	17	23	0	8540
48	1936	327	17	23	0	6332
49	1807	302	17	22	0	5841
50	1220	276	17	23	0	4406
51	2513	248	15	20	0	5763
52	664	221	17	23	0	7107
53	900	193	16	22	0	3034
54	784	165	16	21	0	2584
55	903	136	15	21	0	2584
56	762	113	15	20	0	2192
57	560	90	15	20	0	1744
58	331	68	15	20	0	1311
59	160	45	33	45	0	872
60	49	22	17	22	0	452
61	0	0	0	0	0	19

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	195	12790	1472	8953	0,05	7,5
2	372	31255	11441	21879	0,05	7,5
3	391	104053	36997	72837	0,05	7,5
4	808	104355	69053	73048	0,05	7,5
5	1027	60577	114929	42404	0,05	7,5
6	755	62517	93343	43762	0,05	7,5
7	847	63831	59087	44682	0,05	7,5
8	931	41111	62867	28778	0,05	7,5
9	738	23291	65117	16304	0,05	7,5
10	787	40844	45096	28591	0,05	7,5
11	547	111702	26757	78191	0,05	7,5
12	1196	170963	29343	119674	0,05	7,5
13	2060	127484	56713	89239	0,05	7,5
14	2149	85085	126512	59559	0,05	7,5
15	987	70293	168249	49205	0,05	7,5
16	1016	88179	147604	61725	0,05	7,5
17	1430	89534	107994	62674	0,05	7,5
18	1461	117485	82296	82240	0,05	7,5
19	1482	145631	64298	101942	0,05	7,5
20	1361	160502	70158	112352	0,05	7,5
21	1220	167632	72385	117343	0,05	7,5
22	1235	168452	75937	117917	0,05	7,5
23	1247	167163	76414	117014	0,05	7,5
24	1254	160997	76722	112698	0,05	7,5
25	2304	168535	82639	117974	0,05	7,5
26	2553	173423	88721	121396	0,05	7,5
27	2560	165761	92147	116033	0,05	7,5
28	2566	158140	97269	110698	0,05	7,5
29	2573	150558	104375	105391	0,05	7,5
30	2580	143013	111532	100109	0,05	7,5
31	2587	135508	118740	94856	0,05	7,5
32	2593	128044	125995	89631	0,05	7,5
33	2600	120620	133294	84434	0,05	7,5
34	2607	113237	140633	79266	0,05	7,5
35	2615	105921	148046	74144	0,05	7,5
36	2644	99149	156373	69405	0,05	7,5
37	2660	96558	162539	67591	0,05	7,5
38	2667	96722	164423	67705	0,05	7,5
39	2764	98930	166106	69251	0,05	7,5
40	2854	104561	163162	73192	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
41	2936	117170	155392	82019	0,05	7,5
42	3011	134498	142661	94149	0,05	7,5
43	3079	156913	136429	109839	0,05	7,5
44	1398	173230	135713	121261	0,05	7,5
45	3197	180666	109926	126466	0,05	7,5
46	1983	214290	100963	150003	0,05	7,5
47	2011	175480	83629	122836	0,05	7,5
48	1936	164434	98995	115104	0,05	7,5
49	1807	116405	128084	81483	0,05	7,5
50	1220	87337	126342	61136	0,05	7,5
51	2513	83253	58282	58277	0,05	7,5
52	664	110624	31486	77437	0,05	7,5
53	900	88816	44580	62171	0,05	7,5
54	784	26614	64022	18629	0,05	7,5
55	903	37740	61696	26418	0,05	7,5
56	763	58527	64160	40969	0,05	7,5
57	963	56342	47781	39439	0,05	7,5
58	452	54484	39743	38139	0,05	7,5
59	277	41266	30954	28886	0,05	7,5
60	169	10929	1702	7651	0,05	7,5
61	0	201	0	141	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 342 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 45 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 45 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 214290 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 428581 kN/m³

5.2 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
28	za-si,ma-gr-ze-gr,ma (...	Calculated with E100
27	za-si,ze-fi,va (NA)	Calculated with E100
26	za-si,ma-fi,ma (NA)	Calculated with E100
25	za-si,ma-gr,ma (NA)	Calculated with E100
24	za-si,ma-gr,va (NA)	Calculated with E100
23	za-si,ma-fi-ma-gr,ma (...	Calculated with E100
22	za-si,ma-fi,ma (NA)	Calculated with E100
21	za-si,ma-fi,lo (NA)	Calculated with E100
20	kl,va (NA)	Calculated with E100
19	za-si,ma-fi,ma (NA)	Calculated with E100
18	za-si,ma-gr,va (NA)	Calculated with E100
17	za-si,ma-gr,lo (NA)	Calculated with E100
16	kl,ma (NA)	Calculated with E100
15	za-si,ma-fi,ma (NA)	Calculated with E100
14	za-si,ze-fi,ma (NA)	Calculated with E100
13	za-si,ma-gr,va (NA)	Calculated with E100
12	za-si,ma-gr,lo (NA)	Calculated with E100
11	za-si,ma-fi,va (NA)	Calculated with E100
10	za-si,ma-fi,va (NA)	Calculated with E100
9	za-si,ze-fi,ma (NA)	Calculated with E100
8	za-si,ma-gr,ma (NA)	Calculated with E100
7	kl,va (NA)	Calculated with E100
6	kl,va (NA)	Calculated with E100
5	za-si,ma-gr,ma (NA)	Calculated with E100
4	kl,hu,va (NA)	Calculated with E100
3	za-si,ze-fi,va (NA)	Calculated with E100
2	kl,hu,va (NA)	Calculated with E100
1	za-si,ma-gr,va (KR)	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=0 m)		Vertical 2 (L=5,068 m)		Vertical 3 (L=10,136 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	28,718	0,000	28,745	0,000	28,772
27	61,538	66,812	61,596	66,865	61,653	66,918
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	66,812	75,463	66,865	75,510	66,918	75,557
23	35,216	43,000	35,238	43,018	35,260	43,036
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	18,429	19,718	18,436	19,726	18,444	19,733
20	6,196	6,400	6,200	6,404	6,203	6,407
19	46,952	48,483	46,968	48,499	46,985	48,515
18	103,892	109,656	103,926	109,688	103,960	109,720
17	21,931	22,430	21,938	22,437	21,944	22,443
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	52,337	55,729	52,352	55,743	52,367	55,756
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	119,419	123,970	119,448	123,998	119,478	124,027
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,853	59,102	57,866	59,115	57,879	59,128
7	9,249	9,273	9,253	9,276	9,256	9,279
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,195	62,106	59,208	62,118	59,221	62,130
4	10,013	10,170	10,016	10,173	10,019	10,176
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,381	144,976	134,407	145,001	134,434	145,025

Layer number	Vertical 4 (L=15,204 m)		Vertical 5 (L=20,272 m)		Vertical 6 (L=25,34 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	28,798	0,000	28,836	0,000	28,877
27	61,711	66,971	61,791	67,045	61,880	67,127
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	66,971	75,604	67,045	75,669	67,127	75,741
23	35,282	43,054	35,312	43,079	35,346	43,106
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	18,452	19,740	18,462	19,750	18,474	19,761
20	6,207	6,411	6,212	6,416	6,217	6,422
19	47,001	48,531	47,024	48,553	47,049	48,577
18	103,994	109,752	104,042	109,797	104,095	109,847
17	21,950	22,449	21,959	22,458	21,969	22,468
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	52,381	55,770	52,402	55,790	52,425	55,811
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	119,508	124,056	119,549	124,095	119,595	124,140
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,893	59,141	57,911	59,159	57,932	59,179
7	9,259	9,282	9,264	9,287	9,269	9,292
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,234	62,143	59,252	62,160	59,272	62,179
4	10,023	10,179	10,027	10,184	10,032	10,189
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,460	145,050	134,497	145,084	134,537	145,122

Layer number	Vertical 7 (L=30,408 m)		Vertical 8 (L=35,476 m)		Vertical 9 (L=40,544 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	28,918	0,000	28,960	0,000	28,995
27	61,968	67,208	62,056	67,290	62,131	67,359
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	67,208	75,814	67,290	75,886	67,359	75,947
23	35,380	43,134	35,413	43,162	35,442	43,185
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	18,486	19,772	18,498	19,783	18,508	19,793
20	6,223	6,427	6,229	6,433	6,233	6,437
19	47,075	48,602	47,100	48,627	47,122	48,647
18	104,147	109,897	104,200	109,947	104,245	109,989
17	21,979	22,478	21,989	22,487	21,998	22,496
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	52,448	55,832	52,470	55,854	52,490	55,872
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	119,641	124,184	119,686	124,228	119,725	124,265
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,952	59,200	57,973	59,220	57,990	59,237
7	9,274	9,297	9,279	9,302	9,283	9,306
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,292	62,199	59,312	62,218	59,329	62,234
4	10,037	10,193	10,042	10,198	10,046	10,203
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,578	145,159	134,619	145,197	134,653	145,229

Layer number	Vertical 10 (L=45,612 m)		Vertical 11 (L=50,68 m)		Vertical 12 (L=55,748 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	29,030	0,000	29,065	0,000	29,097
27	62,206	67,428	62,281	67,497	62,351	67,562
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	67,428	76,009	67,497	76,070	67,562	76,127
23	35,471	43,209	35,499	43,232	35,526	43,254
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	18,518	19,802	18,528	19,811	18,538	19,820
20	6,238	6,442	6,243	6,447	6,247	6,451
19	47,143	48,668	47,165	48,689	47,185	48,709
18	104,289	110,032	104,334	110,074	104,376	110,114
17	22,006	22,504	22,015	22,512	22,023	22,520
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	52,509	55,890	52,528	55,908	52,546	55,925
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	119,764	124,303	119,803	124,340	119,840	124,375
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	58,008	59,254	58,025	59,271	58,042	59,287
7	9,288	9,311	9,292	9,315	9,296	9,319
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,346	62,250	59,363	62,267	59,379	62,282
4	10,050	10,207	10,054	10,211	10,058	10,215
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,688	145,261	134,723	145,293	134,755	145,323

Layer number	Vertical 13 (L=60,816 m)		Vertical 14 (L=65,884 m)		Vertical 15 (L=70,952 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	29,129	0,000	29,161	0,000	29,193
27	62,420	67,625	62,488	67,688	62,556	67,751
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	67,625	76,183	67,688	76,240	67,751	76,295
23	35,552	43,276	35,578	43,297	35,604	43,319
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	18,547	19,829	18,556	19,838	18,565	19,846
20	6,252	6,455	6,256	6,460	6,260	6,464
19	47,205	48,728	47,224	48,747	47,244	48,766
18	104,417	110,153	104,458	110,191	104,498	110,230
17	22,031	22,527	22,038	22,535	22,046	22,543
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	52,564	55,942	52,582	55,958	52,599	55,975
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	119,875	124,410	119,911	124,444	119,946	124,478
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	58,058	59,303	58,074	59,319	58,090	59,334
7	9,300	9,323	9,304	9,327	9,308	9,331
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,395	62,297	59,411	62,312	59,426	62,327
4	10,062	10,219	10,066	10,223	10,070	10,226
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,787	145,353	134,818	145,382	134,850	145,411

Layer number	Vertical 16 (L=76,02 m)		Vertical 17 (L=81,088 m)		Vertical 18 (L=86,156 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	29,224	0,000	29,254	0,000	29,285
27	62,622	67,812	62,688	67,873	62,754	67,934
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	67,812	76,349	67,873	76,403	67,934	76,457
23	35,630	43,339	35,655	43,360	35,680	43,381
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	18,574	19,854	18,583	19,863	18,592	19,871
20	6,264	6,468	6,269	6,472	6,273	6,477
19	47,263	48,784	47,282	48,803	47,301	48,821
18	104,538	110,267	104,577	110,305	104,617	110,342
17	22,053	22,550	22,061	22,557	22,068	22,565
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	52,616	55,991	52,633	56,007	52,651	56,023
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	119,981	124,511	120,015	124,545	120,050	124,578
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	58,105	59,349	58,121	59,364	58,136	59,380
7	9,311	9,335	9,315	9,338	9,319	9,342
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,442	62,341	59,457	62,356	59,472	62,370
4	10,074	10,230	10,077	10,234	10,081	10,238
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,881	145,440	134,911	145,468	134,942	145,496

Layer number	Vertical 19 (L=91,224 m)		Vertical 20 (L=96,292 m)		Vertical 21 (L=101,36 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	29,061	0,000	22,654	0,000	12,337
27	62,273	67,489	48,545	55,077	26,437	37,092
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	67,489	76,063	55,077	65,301	37,092	51,055
23	35,496	43,230	30,474	39,211	23,825	34,300
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	18,527	19,810	16,805	18,210	14,700	16,288
20	6,242	6,446	5,455	5,666	4,563	4,784
19	47,162	48,687	43,508	45,156	39,140	40,965
18	104,329	110,069	96,764	102,927	87,781	94,532
17	22,014	22,511	20,585	21,116	18,906	19,483
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	52,526	55,906	49,271	52,860	45,461	49,327
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	119,799	124,336	113,272	118,060	105,701	110,817
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	58,023	59,269	55,095	56,405	51,715	53,109
7	9,291	9,314	8,583	8,607	7,795	7,819
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,362	62,265	56,502	59,545	53,212	56,432
4	10,054	10,210	9,361	9,520	8,590	8,753
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,719	145,290	128,949	139,956	122,352	133,903

Layer number	Vertical 22 (L=106,428 m)		Vertical 23 (L=111,496 m)		Vertical 24 (L=116,564 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	12,337	0,000	12,337	0,000	12,337
27	26,437	37,092	26,437	37,092	26,437	37,092
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	37,092	51,055	37,092	51,055	37,092	51,055
23	23,825	34,300	23,825	34,300	23,825	34,300
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	14,700	16,288	14,700	16,288	14,700	16,288
20	4,563	4,784	4,563	4,784	4,563	4,784
19	39,140	40,965	39,140	40,965	39,140	40,965
18	87,781	94,532	87,781	94,532	87,781	94,532
17	18,906	19,483	18,906	19,483	18,906	19,483
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	45,461	49,327	45,461	49,327	45,461	49,327
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	105,701	110,817	105,701	110,817	105,701	110,817
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	51,715	53,109	51,715	53,109	51,715	53,109
7	7,795	7,819	7,795	7,819	7,795	7,819
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	53,212	56,432	53,212	56,432	53,212	56,432
4	8,590	8,753	8,590	8,753	8,590	8,753
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	122,352	133,903	122,352	133,903	122,352	133,903

Layer number	Vertical 25 (L=121,632 m)		Vertical 26 (L=126,7 m)		Vertical 27 (L=131,768 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	21,676	0,000	28,592	0,000	28,589
27	46,448	53,239	61,269	66,468	61,263	66,320
26	n.a.	n.a.	31,018	31,056	30,949	31,041
25	n.a.	n.a.	31,056	31,186	31,041	31,361
24	53,239	63,758	66,827	75,321	67,203	75,428
23	29,754	38,654	35,150	42,810	35,200	42,653
22	n.a.	n.a.	42,810	42,905	42,653	42,887
21	16,566	17,990	18,388	19,686	18,380	19,686
20	5,350	5,562	6,180	6,381	6,180	6,378
19	43,007	44,674	46,865	48,378	46,848	48,331
18	95,729	101,955	103,667	109,366	103,567	109,158
17	20,391	20,927	21,873	22,372	21,832	22,329
16	n.a.	n.a.	3,791	3,792	3,780	3,780
15	48,829	52,448	52,203	55,588	52,106	55,475
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	n.a.	n.a.	119,117	119,189	118,875	119,053
12	n.a.	n.a.	23,838	23,844	23,811	23,826
11	112,389	117,213	119,221	123,719	119,132	123,543
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	54,700	56,019	57,735	59,062	57,653	59,091
7	8,490	8,513	9,239	9,262	9,247	9,269
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	56,117	59,180	59,153	62,091	59,180	62,153
4	9,269	9,429	10,009	10,164	10,025	10,176
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	128,174	139,243	134,332	144,886	134,437	144,918

Layer number	Vertical 28 (L=136,836 m)		Vertical 29 (L=141,904 m)		Vertical 30 (L=146,972 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	28,591	0,000	28,595	0,000	28,600
27	61,266	66,180	61,276	66,047	61,286	65,914
26	30,884	31,031	30,822	31,024	30,760	31,017
25	31,031	31,540	31,024	31,720	31,017	31,899
24	67,585	75,542	67,971	75,662	68,356	75,782
23	35,253	42,499	35,309	42,346	35,365	42,192
22	42,499	42,871	42,346	42,858	42,192	42,845
21	18,373	19,688	18,368	19,691	18,362	19,694
20	6,181	6,374	6,182	6,372	6,184	6,369
19	46,833	48,287	46,821	48,245	46,808	48,202
18	103,472	108,956	103,381	108,757	103,291	108,558
17	21,791	22,287	21,751	22,246	21,712	22,204
16	3,768	3,769	3,757	3,759	3,746	3,748
15	52,012	55,364	51,919	55,254	51,825	55,144
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	118,636	118,921	118,402	118,792	118,166	118,664
12	23,784	23,809	23,758	23,793	23,733	23,777
11	119,046	123,371	118,965	123,203	118,884	123,035
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,573	59,121	57,495	59,154	57,416	59,186
7	9,254	9,276	9,262	9,284	9,271	9,292
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,209	62,216	59,240	62,282	59,270	62,347
4	10,041	10,190	10,058	10,203	10,075	10,217
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,547	144,953	134,659	144,992	134,772	145,030

Layer number	Vertical 31 (L=152,04 m)		Vertical 32 (L=157,108 m)		Vertical 33 (L=162,176 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	28,608	0,000	28,616	0,000	28,624
27	61,302	65,786	61,320	65,660	61,338	65,533
26	30,700	31,012	30,641	31,008	30,582	31,004
25	31,012	32,080	31,008	32,261	31,004	32,440
24	68,743	75,907	69,130	76,032	69,515	76,158
23	35,423	42,040	35,482	41,888	35,540	41,735
22	42,040	42,834	41,888	42,823	41,735	42,812
21	18,357	19,697	18,353	19,701	18,348	19,704
20	6,185	6,367	6,187	6,364	6,189	6,362
19	46,797	48,162	46,787	48,121	46,777	48,081
18	103,204	108,362	103,117	108,166	103,031	107,970
17	21,672	22,164	21,633	22,123	21,594	22,082
16	3,735	3,737	3,724	3,727	3,713	3,716
15	51,734	55,036	51,642	54,928	51,550	54,819
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	117,934	118,539	117,702	118,414	117,469	118,289
12	23,708	23,761	23,683	23,746	23,658	23,730
11	118,806	122,869	118,728	122,705	118,650	122,539
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,339	59,220	57,262	59,254	57,185	59,288
7	9,279	9,300	9,288	9,308	9,296	9,316
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,302	62,413	59,334	62,480	59,367	62,546
4	10,092	10,231	10,110	10,245	10,127	10,259
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	134,887	145,072	135,003	145,113	135,119	145,155

Layer number	Vertical 34 (L=167,244 m)		Vertical 35 (L=172,312 m)		Vertical 36 (L=177,38 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	28,631	0,000	28,658	0,000	29,220
27	61,351	65,402	61,411	65,313	62,615	66,305
26	30,521	30,999	30,480	31,013	30,942	31,522
25	30,999	32,617	31,013	32,812	31,522	33,471
24	69,894	76,280	70,311	76,438	71,723	77,519
23	35,597	41,580	35,671	41,440	36,175	41,672
22	41,580	42,800	41,440	42,803	41,672	43,165
21	18,343	19,708	18,344	19,716	18,499	19,869
20	6,190	6,360	6,195	6,360	6,272	6,432
19	46,765	48,040	46,767	48,011	47,098	48,304
18	102,942	107,772	102,881	107,599	103,508	108,085
17	21,554	22,041	21,520	22,005	21,617	22,097
16	3,702	3,705	3,692	3,696	3,717	3,721
15	51,457	54,709	51,376	54,610	51,596	54,794
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	117,234	118,162	117,022	118,058	117,417	118,555
12	23,632	23,714	23,612	23,703	23,711	23,811
11	118,571	122,372	118,514	122,227	119,057	122,663
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,107	59,322	57,039	59,365	57,243	59,668
7	9,304	9,324	9,315	9,334	9,392	9,410
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,398	62,612	59,439	62,687	59,741	63,008
4	10,144	10,273	10,163	10,289	10,247	10,369
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	135,233	145,195	135,367	145,255	136,025	145,802

Layer number	Vertical 37 (L=182,448 m)		Vertical 38 (L=187,516 m)		Vertical 39 (L=192,584 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	29,532	0,000	29,794	0,000	32,327
27	63,282	66,795	63,845	67,189	69,272	72,235
26	31,171	31,799	31,355	32,032	33,710	34,390
25	31,799	33,907	32,032	34,299	34,390	36,673
24	72,658	78,167	73,498	78,731	78,585	83,294
23	36,478	41,732	36,741	41,760	38,870	43,451
22	41,732	43,360	41,760	43,523	43,451	45,279
21	18,583	19,955	18,653	20,028	19,405	20,738
20	6,315	6,471	6,352	6,504	6,716	6,862
19	47,277	48,448	47,426	48,563	49,042	50,114
18	103,816	108,268	104,065	108,393	107,386	111,476
17	21,654	22,131	21,679	22,153	22,295	22,754
16	3,726	3,731	3,732	3,737	3,896	3,901
15	51,677	54,848	51,731	54,877	53,137	56,182
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	117,532	118,775	117,594	118,943	120,391	121,812
12	23,755	23,864	23,789	23,907	24,362	24,487
11	119,322	122,831	119,536	122,949	122,436	125,683
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,321	59,851	57,376	60,011	58,652	61,337
7	9,438	9,455	9,478	9,495	9,815	9,832
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,921	63,215	60,079	63,400	61,402	64,690
4	10,301	10,420	10,349	10,465	10,688	10,800
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	136,440	146,124	136,809	146,403	139,528	148,883

Layer number	Vertical 40 (L=197,652 m)		Vertical 41 (L=202,72 m)		Vertical 42 (L=207,788 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	34,675	0,000	36,874	0,000	38,945
27	74,303	76,951	79,015	81,394	83,454	85,600
26	35,910	36,596	37,984	38,677	39,947	40,648
25	36,596	38,902	38,677	41,010	40,648	43,012
24	83,361	87,619	87,879	91,741	92,168	95,679
23	40,889	45,078	42,813	46,649	44,650	48,166
22	45,078	46,970	46,649	48,601	48,166	50,177
21	20,130	21,424	20,829	22,090	21,504	22,735
20	7,076	7,216	7,431	7,565	7,781	7,910
19	50,606	51,617	52,124	53,078	53,596	54,498
18	110,609	114,476	113,739	117,399	116,781	120,246
17	22,895	23,340	23,480	23,912	24,049	24,469
16	4,057	4,063	4,218	4,223	4,376	4,382
15	54,506	57,458	55,841	58,705	57,143	59,925
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	123,124	124,614	125,797	127,355	128,410	130,034
12	24,923	25,054	25,471	25,608	26,007	26,149
11	125,270	128,358	128,040	130,979	130,747	133,544
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	59,901	62,635	61,124	63,906	62,321	65,151
7	10,150	10,166	10,481	10,497	10,810	10,825
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	62,697	65,954	63,965	67,195	65,207	68,411
4	11,024	11,132	11,358	11,462	11,688	11,789
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	142,196	151,323	144,814	153,723	147,382	156,083

Layer number	Vertical 43 (L=212,856 m)		Vertical 44 (L=217,924 m)		Vertical 45 (L=222,992 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	40,910	0,000	42,785	0,000	44,583
27	87,664	89,604	91,682	93,438	95,536	97,126
26	41,815	42,525	43,605	44,324	45,325	46,055
25	42,525	44,923	44,324	46,756	46,055	48,522
24	96,263	99,458	100,192	103,099	103,976	106,620
23	46,414	49,634	48,113	51,061	49,756	52,451
22	49,634	51,703	51,061	53,186	52,451	54,631
21	22,158	23,361	22,794	23,971	23,413	24,567
20	8,126	8,250	8,469	8,588	8,808	8,922
19	55,027	55,880	56,422	57,229	57,785	58,549
18	119,743	123,025	122,633	125,743	125,461	128,407
17	24,605	25,013	25,149	25,546	25,681	26,068
16	4,533	4,539	4,688	4,695	4,842	4,849
15	58,415	61,119	59,660	62,290	60,881	63,441
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	130,968	132,656	133,478	135,227	135,945	137,754
12	26,531	26,679	27,045	27,199	27,551	27,710
11	133,397	136,058	135,995	138,527	138,548	140,956
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	63,494	66,371	64,646	67,569	65,779	68,748
7	11,136	11,150	11,459	11,473	11,781	11,794
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	66,424	69,604	67,620	70,778	68,797	71,934
4	12,016	12,113	12,342	12,435	12,666	12,756
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	149,903	158,406	152,383	160,695	154,827	162,955

Layer number	Vertical 46 (L=228,06 m)		Vertical 47 (L=233,128 m)		Vertical 48 (L=238,196 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	46,312	0,000	47,970	0,000	47,034
27	99,240	100,678	102,793	104,092	100,786	102,018
26	46,983	47,723	48,576	49,326	47,608	48,409
25	47,723	50,226	49,326	51,867	48,409	51,111
24	107,627	110,029	111,143	113,319	109,523	111,577
23	51,347	53,805	52,882	55,119	52,069	54,184
22	53,805	56,038	55,119	57,404	54,184	56,611
21	24,016	25,149	24,602	25,714	24,262	25,396
20	9,144	9,253	9,475	9,580	9,288	9,390
19	59,117	59,839	60,413	61,096	59,660	60,327
18	128,226	131,016	130,920	133,561	129,272	131,854
17	26,203	26,581	26,712	27,081	26,371	26,742
16	4,996	5,003	5,147	5,154	5,044	5,052
15	62,078	64,572	63,246	65,677	62,460	64,901
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	138,368	140,235	140,736	142,661	139,073	141,109
12	28,047	28,211	28,532	28,701	28,222	28,400
11	141,055	143,344	143,505	145,680	142,002	144,123
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	66,894	69,907	67,984	71,042	67,257	70,438
7	12,100	12,113	12,416	12,428	12,247	12,259
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	69,953	73,072	71,085	74,187	70,481	73,638
4	12,988	13,075	13,307	13,390	13,150	13,230
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	157,232	165,185	159,590	167,373	158,396	166,178

Layer number	Vertical 49 (L=243,264 m)		Vertical 50 (L=248,332 m)		Vertical 51 (L=253,4 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	44,794	0,000	42,431	0,000	39,930
27	95,986	97,182	90,924	92,084	85,563	86,685
26	45,352	46,227	42,972	43,934	40,453	41,515
25	46,227	49,171	43,934	47,147	41,515	45,033
24	105,365	107,340	101,029	102,921	96,498	98,303
23	50,092	52,124	48,030	49,976	45,875	47,732
22	52,124	54,751	49,976	52,823	47,732	50,821
21	23,465	24,642	22,638	23,863	21,781	23,057
20	8,851	8,950	8,407	8,504	7,958	8,052
19	57,898	58,560	56,078	56,736	54,196	54,850
18	125,486	128,049	121,576	124,120	117,536	120,063
17	25,610	25,990	24,824	25,214	24,013	24,413
16	4,819	4,828	4,591	4,600	4,360	4,369
15	60,709	63,198	58,903	61,446	57,040	59,642
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	135,424	137,606	131,669	134,006	127,803	130,306
12	27,521	27,712	26,801	27,006	26,061	26,280
11	138,562	140,656	135,029	137,096	131,400	133,441
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	65,639	68,988	63,978	67,505	62,272	65,988
7	11,847	11,858	11,442	11,453	11,033	11,044
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	69,030	72,282	67,546	70,898	66,029	69,486
4	12,764	12,842	12,375	12,451	11,983	12,057
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	155,480	163,342	152,502	160,451	149,465	157,506

Layer number	Vertical 52 (L=258,468 m)		Vertical 53 (L=263,536 m)		Vertical 54 (L=268,604 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	37,345	0,000	34,573	0,000	31,560
27	80,026	81,109	74,084	75,128	67,629	68,633
26	37,851	39,026	35,060	36,372	32,029	33,511
25	39,026	42,888	36,372	40,634	33,511	38,249
24	91,903	93,613	87,073	88,683	81,963	83,467
23	43,686	45,447	41,385	43,044	38,951	40,500
22	45,447	48,803	43,044	46,700	40,500	44,500
21	20,916	22,249	20,014	21,411	19,072	20,540
20	7,516	7,608	7,069	7,158	6,614	6,701
19	52,308	52,957	50,351	50,997	48,317	48,960
18	113,480	115,990	109,280	111,774	104,915	107,397
17	23,198	23,610	22,355	22,780	21,479	21,919
16	4,133	4,143	3,903	3,913	3,669	3,680
15	55,172	57,836	53,241	55,975	51,239	54,052
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	123,935	126,614	119,947	122,816	115,826	118,899
12	25,323	25,557	24,563	24,813	23,780	24,047
11	127,783	129,796	124,066	126,050	120,236	122,192
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	60,571	64,485	58,823	62,948	57,023	61,374
7	10,634	10,644	10,231	10,241	9,825	9,835
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	64,525	68,091	62,987	66,670	61,413	65,219
4	11,601	11,672	11,216	11,284	10,828	10,894
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	146,465	154,600	143,407	151,643	140,284	148,629

Layer number	Vertical 55 (L=273,672 m)		Vertical 56 (L=278,74 m)		Vertical 57 (L=283,808 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	28,424	0,000	26,480	0,000	24,551
27	60,909	61,870	56,743	57,610	52,609	53,367
26	28,873	30,564	26,885	28,753	24,905	26,973
25	30,564	35,862	28,753	34,503	26,973	33,214
24	76,847	78,230	73,935	75,144	71,172	72,191
23	36,507	37,933	35,067	36,317	33,689	34,745
22	37,933	42,318	36,317	41,020	34,745	39,785
21	18,136	19,683	17,580	19,180	17,051	18,704
20	6,178	6,262	5,927	6,008	5,694	5,771
19	46,315	46,954	45,132	45,756	44,011	44,618
18	100,616	103,082	98,048	100,455	95,611	97,953
17	20,616	21,071	20,091	20,555	19,591	20,063
16	3,445	3,456	3,311	3,323	3,185	3,198
15	49,269	52,164	48,070	51,010	46,929	49,912
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	111,781	115,072	109,307	112,782	106,953	110,616
12	23,014	23,300	22,556	22,858	22,123	22,440
11	116,501	118,426	114,288	116,154	112,201	114,005
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	55,265	59,852	54,205	58,984	53,202	58,174
7	9,438	9,447	9,220	9,229	9,018	9,027
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	59,890	63,822	59,020	63,042	58,209	62,319
4	10,459	10,523	10,256	10,316	10,068	10,126
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	137,278	145,729	135,588	144,072	134,019	142,530

Layer number	Vertical 58 (L=288,876 m)		Vertical 59 (L=293,944 m)		Vertical 60 (L=299,012 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	22,824	0,000	20,988	0,000	18,987
27	48,909	49,534	44,974	45,446	40,686	40,978
26	23,116	25,398	21,208	23,746	19,123	21,981
25	25,398	32,133	23,746	31,035	21,981	29,905
24	68,855	69,663	66,504	67,085	64,083	64,421
23	32,509	33,349	31,306	31,913	30,063	30,418
22	33,349	38,725	31,913	37,653	30,418	36,557
21	16,596	18,300	16,137	17,893	15,667	17,479
20	5,498	5,572	5,304	5,374	5,109	5,175
19	43,055	43,642	42,093	42,659	41,115	41,659
18	93,519	95,784	91,413	93,598	89,270	91,372
17	19,157	19,637	18,720	19,208	18,274	18,772
16	3,078	3,091	2,971	2,984	2,863	2,878
15	45,941	48,959	44,947	48,001	43,935	47,029
14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13	104,912	108,759	102,860	106,899	100,777	105,016
12	21,752	22,084	21,380	21,728	21,003	21,368
11	110,422	112,155	108,641	110,302	106,841	108,428
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	52,339	57,498	51,474	56,825	50,600	56,149
7	8,851	8,859	8,686	8,694	8,521	8,529
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	57,531	61,723	56,857	61,132	56,179	60,539
4	9,914	9,969	9,763	9,815	9,612	9,661
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	132,720	141,241	131,432	139,963	130,139	138,680

Layer number	Vertical 61 (L=304,08 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
28	0,000	16,769
27	35,933	36,003
26	16,801	20,079
25	20,079	28,743
24	61,593	61,667
23	28,778	28,856
22	28,856	35,436
21	15,187	17,059
20	4,914	4,977
19	40,121	40,643
18	87,092	89,107
17	17,821	18,328
16	2,756	2,771
15	42,907	46,044
14	n.a.	n.a.
13	98,666	103,114
12	20,623	21,005
11	105,025	106,535
10	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.
8	49,717	55,471
7	8,357	8,364
6	n.a.	n.a.
5	55,499	59,946
4	9,462	9,508
3	n.a.	n.a.
2	n.a.	n.a.
1	128,845	137,397

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Equivalent pipeline diameter	:	Do = 450,00 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,00 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 214290 kN/m³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 350,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	180	[kg/m]	
Weight of pipeline (including filling)	:	51	[kg/m]	

Result	:	129	[kg/m]	(Pipeline moves upwards)

6.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from left to right.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	16
T2	21	22
T3	128	62
T4	186	85
T5	299	134
T6	315	138

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2020 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (f) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,40 is used and a load factor of 1,00.

The maximum representative pulling force is 475 kN, calculation factor excluded. At this pulling force level the stresses in the pipeline are equal to the maximum allowable stress.

7 Stress Analysis of Pipe: pipe

7.1 Material Data of Pipe: pipe

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 450,00 mm
Wall thickness	:	t = 41,00 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0,65
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 50,00 degrees Celsius
Length pipeline	:	L = 315 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 120 degrees
Load angle	:	alpha = 180 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,061
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,083
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,131
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,138
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,048
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,089
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 45 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 214290 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 203,433 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,40
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe: pipe

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 41,0 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,88	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0,42	N/mm²
Maximum axial stress sigma_a;max	=	0,99	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	1,51	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3,67	N/mm²
Maximum axial stress sigma_a;max	=	4,65	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	2,6E-3	1/mm
qr	=	0,0280	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,76	N/mm²
Maximum tangential stress sigma_t;max	=	0,50	N/mm²

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,54	N/mm²
Maximum axial stress sigma_a;max	=	0,35	N/mm²

Tangential stress:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,46	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	3,07	N/mm²
Maximum tangential stress sigma_t;max	=	2,29	N/mm²

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,54	N/mm²

Due to internal pressure:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	3,08	N/mm²
Maximum axial stress sigma_a;max	=	3,43	N/mm²

Tangential stress:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,46	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	3,07	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))

Maximum tangential stress sigma_t;max	=	2,29	N/mm²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe: pipe

Load combination 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Load combination 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Load combination 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Load combination 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
sigma_axial	10,00 (short)	0,99	4,65	-	-	-
sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,35	3,43
sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,50	-	-	-
sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	2,29	2,29

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 5,1 mm (1,13% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 36,0 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 22,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe: pipe

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 262 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 226 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl