



Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden

Deelrapport Ia - Bodem en Water op zee

TenneT TSO B.V. en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

22 mei 2020

Project Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden
Opdrachtgever TenneT TSO B.V. en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Document Deelrapport Ia - Bodem en Water op zee
Status Definitief
Datum 22 mei 2020
Referentie 114227-3.33/20-007.763

Projectcode 114227-3.33
Projectleider drs.ing. P.T.W. Mulder
Projectdirecteur ing. M. Kraneveld

Auteur(s) dr. W. Ridderinkhof
Gecontroleerd door S.A. de Graaff MSc
Goedgekeurd door drs.ing. P.T.W. Mulder

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

LEESWIJZER	5
1 INLEIDING	7
1.1 Het voornemen	7
1.1.1 Aanleiding	7
1.1.2 Doelstelling	8
1.1.3 Projectonderdelen	8
1.2 Beschrijving plangebied	9
1.3 MER in twee fases	10
1.4 Alternatieven MER fase 1	10
1.4.1 Tracéalternatieven	11
1.4.2 Stationslocatiealternatieven	12
1.5 Aanpak effectbeoordeling MER fase 1	14
2 WETTELIJK KADER EN BELEIDSKADER	16
2.1 Wettelijk kader	16
2.2 Beleidskaders	17
3 REFERENTIESITUATIE	19
3.1 Plan- en studiegebied	19
3.2 Huidige situatie	20
3.2.1 -Bodemdynamiek	20
3.2.2 Bodemsamenstelling	23
3.2.3 Hydrodynamica	26
3.2.4 Zeebodemkwaliteit	26
3.3 Autonome ontwikkelingen	26
3.3.1 Autonome ontwikkelingen Noordzee	27
3.3.2 Autonome ontwikkelingen Waddengebied	27
4 METHODIEK	28
4.1 Relevante ingreep-effectrelaties	28
4.1.1 Noordzee	28

4.1.2	Waddengebied	29
4.2	Beoordelingskader en -criteria	30
4.3	Onderzoeksaanpak	30
4.3.1	Bodemdynamiek	30
4.3.2	Zeebodempkwaliteit	34
5	EFFECTBESCHRIJVING PER CRITERIUM (MER FASE 1)	35
5.1	Effect op bodemdynamiek	35
5.1.1	Noordzee	35
5.1.2	Waddengebied	36
6	EFFECTBEOORDELING BODEM EN WATER OP ZEE	41
6.1	Concluderende beoordelingstabel tracéalternatieven	41
7	OPTIMALISATIES TRACÉALTERNATIEVEN	43
7.1	Door te voeren optimalisaties	43
	Laatste pagina	43
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Notitie hydrodynamica	34
II	Vertroebelingstudie	49
III	Bepaling begraafdiepte	65

LEESWIJZER

Voor u ligt het deelrapport Bodem en Water op zee. Dit rapport is onderdeel van de milieueffectrapportage voor het realiseren van een kabelverbinding tussen windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden en het Nederlandse hoogspanningsnet. Dit project wordt Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden (NOZ TNW) genoemd. Naast de aanleg van de kabelverbindingen zijn de aanleg van een platform op zee en een transformatorstation op land onderdeel van dit project.

Het MER voor Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden bestaat uit 3 onderdelen:

- publieksvriendelijke samenvatting;
- hoofdrapport;
- deelrapport per milieuaspect.

Hierna volgt een korte toelichting op wat u in elk van deze onderdelen kunt lezen.

Wat leest u in het deelrapport?

Hoofdstuk 1 van dit deelrapport beschrijft het voornemen en geeft een toelichting op de 9 tracéalternatieven en 6 stationslocatiealternatieven die in MER fase 1 zijn onderzocht. Daarnaast geeft het een beknopte omschrijving van de gehanteerde onderzoeks aanpak van MER fase 1. Hoofdstuk 2 zet het wettelijk- en beleidskader uiteen. In deze kaders is de wetgeving en het beleid, relevant voor het milieuaspect Bodem en Water op zee, op verschillende schaalniveaus toegelicht. Hoofdstuk 3 beschrijft de referentiesituatie, die bestaat uit een beschrijving van de huidige situatie aangevuld met een overzicht van de autonome ontwikkelingen.

Hoofdstuk 4 licht de methodiek toe die de basis vormt voor de effectbeschrijving (hoofdstuk 5) en effectbeoordeling (hoofdstuk 6). Op basis hiervan behandelt hoofdstuk 7 de optimalisaties voor de alternatieven. Hieruit volgt een voorkeursalternatief. Dit alternatief wordt in MER fase 2 onderzocht.

Wat leest u in de samenvatting?

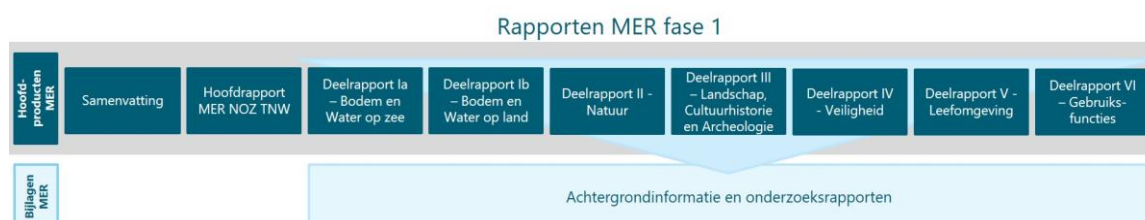
De samenvatting is een zelfstandig leesbaar document met daarin een publieksvriendelijke weergave van de informatie uit MER fase 1.

Wat leest u in het hoofdrapport?

Het hoofdrapport beschrijft op hoofdlijnen de aanleiding voor, aanpak van en uitkomsten van de milieuonderzoeken. Meer gedetailleerde informatie en onderbouwingen zijn onderdeel van de deelrapporten.

Relatie hoofd- en deelrapporten

De in het hoofdrapport gepresenteerde informatie beperkt zich tot de hoofdzaken die relevant zijn voor de keuze van een voorkeursalternatief. Dit betekent dat het hoofdrapport de milieueffecten presenteert die (1) als sterk negatief (--) zijn beoordeeld en daarmee een risico vormen voor de uitvoerbaarheid van een alternatief, en (2) negatieve effecten die onderscheidend zijn tussen de alternatieven.



De deelrapporten geven gezamenlijk een volledig overzicht van de milieueffecten van het project. Hier zijn ook de effecten beschreven die niet sterk negatief onderscheidend zijn. Het hoofdrapport en de deelrapporten vormen samen één geheel. Dit betekent dat het hoofdrapport niet moet worden gelezen als een samenvatting van de deelrapporten en dat de deelrapporten niet moeten worden beschouwd als 'bijlagen', zie onderstaande schematisering.

MER in twee fasen

Het onderzoeksproces voor dit MER wordt uitgevoerd in twee fasen. In de eerste fase (hierna MER fase 1) zijn de onderscheidende en sterk negatieve effecten van de tracéalternatieven onderzocht (planMER). Deze informatie is input voor de integrale effecten en analyse (IEA) op basis waarvan de minister van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) samen met het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (hierna: BZK) een voorkeursalternatief kiest¹. Naast milieu-informatie weegt de minister ook technische aspecten, kosten, omgeving en toekomstvastheid mee in het besluit.

In de tweede fase van dit MER (hierna: MER fase 2) wordt het voorkeursalternatief in meer detail onderzocht en worden mitigerende maatregelen uitgewerkt. De informatie uit MER fase 2 dient ter onderbouwing van het inpassingsplan² en de vergunningaanvragen.

Voor u liggen de onderzoeksresultaten van MER fase 1 voor bodem en water op zee.

¹ Het voorkeursalternatief wordt gekozen in oktober 2020.

² Op 1 juli 2021 of 1 januari 2022 treedt de nieuwe Omgevingswet (Ow) in werking. Vanaf dat moment kan de minister van EZK geen gebruik meer maken van het inpassingsplan, wordt een projectbesluit opgesteld conform de Omgevingswet. Voor NOZ TNW worden de vergunningaanvragen ingediend voor 1 juli 2021, daarom is in dit MER de term 'inpassingsplan' gehanteerd. Vooruitlopend op de Ow, wordt in het project wel gewerkt in de geest van de nieuwe Omgevingswet.

1

INLEIDING

De aanleg van het Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden (hierna: NOZ TNW) kan effecten hebben op het aspect Bodem en Water op zee. In de aanlegfase kunnen graaf- en heiwerkzaamheden bijvoorbeeld leiden tot verstoring. Dit deelrapport beschrijft de effecten van de voorgenomen activiteit op bodem en water op zee.

Dit inleidende hoofdstuk geeft een korte introductie op het voornemen (1.1), het plangebied (1.2), de methodiek (1.3) en de onderzochte alternatieven (1.4). De paragraaf 1.5 licht op hoofdlijnen de gehanteerde onderzoeks aanpak van MER fase 1 toe.

1.1 Het voornemen

1.1.1 Aanleiding

Nederland zet in op de opwek van grootschalige windenergie op zee. Om klimaatverandering tegen te gaan en minder afhankelijk te zijn van buitenlandse energie-import, moet Nederland haar aandeel van duurzame energie-opwek vergroten. Met het ondertekenen van het VN-Klimaatakkoord van Parijs (2016) heeft de Nederlandse regering zich gecommitted aan een vergaande vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (49 % vermindering in 2030 ten opzichte van 1990). Om dit doel te halen, heeft de Nederlandse regering een omvangrijk samenhangend pakket met maatregelen gepresenteerd: het Klimaatakkoord (d.d. 29 juni 2019). In het Klimaatakkoord wordt de potentie van de Nederlandse Noordzee voor opwek van grootschalige windenergie op zee onderstreept. Het Klimaatakkoord stelt:

‘Voor de realisatie van de klimaatdoelen van 2030 en 2050 zien we een groot potentieel voor windenergie op zee (WOZ). Daarom willen we voortvarend werken aan de verdere uitrol in de komende decennia. Zeker in combinatie met elektrificatie van de industrie, met name in de kustzone, is WOZ in potentie de grootste toekomstige groene krachtbron voor de Nederlandse economie en samenleving. Voor de periode tot en met 2030 wordt ten minste de staande routekaart WOZ 2030 gerealiseerd.

Op 28 maart 2018 zijn in een Kamerbrief de hoofdlijnen voor een nieuwe routekaart windenergie op zee (vanaf nu routekaart 2030)³ uiteengezet. Het kabinet wil een volgende stap zetten in de verdere realisatie van windenergie op zee voor de periode 2024 tot en met 2030. De routekaart 2030 gaat uit van het realiseren van windparken in de onderstaande achtereenvolgende gebieden: 1.400 MW in het gebied Hollandse Kust (west), 700 MW in het gebied Ten noorden van de Waddeneilanden, circa 4 GW in het gebied IJmuiden Ver⁴.

In navolging van de routekaart 2030 is eind 2018 de afwegingsnotitie ‘Verkenning aanlanding netten op zee 2030’ gepresenteerd. Hierin is onderzocht waar de bovengenoemde windenergiegebieden aangesloten kunnen worden. Op 5 april 2019 is een Kamerbrief verschenen over de voortgang van de routekaart 2030⁵,

³ Ministerie Economische Zaken en Klimaat, routekaart windenergie op zee 2030, brief d.d. 27 maart 2018, Kamerstuk 33561, nummer 42.

⁴ Over de resterende 0,9 GW zal het kabinet op een later tijdstip een besluit nemen.

⁵ Kamerbrief voortgang uitvoering routekaart windenergie op zee, 5 april 2019, kamerstuk 33561, nummer 48.

waarin de keuzes voor te onderzoeken aansluitpunten op basis van deze verkenning en het bestuurlijk overleg daarover zijn opgenomen⁶. Hierin is aangegeven dat voor de aansluiting van de 700 MW van Ten noorden van de Waddeneilanden op het Nederlandse hoogspanningsnet, de hoogspanningsstations Burgum, Vierverlaten of Eemshaven worden opgenomen in de procedures onder de Rijkscoördinatieregeling (RCR).

De op zee opgewekte elektriciteit moet worden getransporteerd naar het landelijk hoogspanningsnet. TenneT is onder de Elektriciteitswet aangewezen als netbeheerder op zee. Hiermee heeft TenneT de wettelijke taak het net op zee te beheren en de verbinding tussen onder andere het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden en een van de drie bovengenoemde hoogspanningsstations te realiseren.

1.1.2 Doelstelling

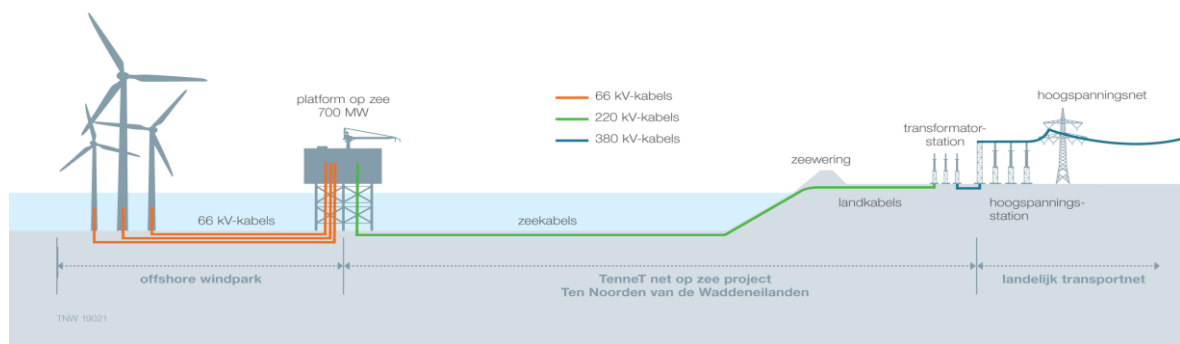
Het NOZ TNW zorgt ervoor dat de opgewekte elektriciteit van de windturbines naar het hoogspanningsnet op land kan worden getransporteerd. Om aan de duurzame energiedoelstellingen⁷ te voldoen en een tijdige realisatie van de windparken te kunnen faciliteren, dient het NOZ TNW uiterlijk 2026 in bedrijf te zijn.

1.1.3 Projectonderdelen

Op hoofdlijnen bestaat het NOZ TNW uit de volgende hoofdonderdelen (zie afbeelding 1.1):

- een offshore platform voor de aansluiting van de windturbines en het transformeren van 66 kV naar 220 kV⁸;
- twee ondergrondse 220 kV-kabelcircuits op zee (offshore) voor het transport naar land (circa 80 km);
- twee ondergrondse 220 kV-kabelcircuits op land (onshore) voor het verdere transport naar een nieuw te bouwen 220/380 kV-transformatorstation (circa 25 km);
- een transformatorstation op land;
- een ondergrondse kabelverbinding tussen het transformatorstation en het bestaande 220 of 380 kV hoogspanningsstation om de opgewekte stroom aan te sluiten op het landelijke hoogspanningsnet.

Afbeelding 1.1 Overzicht onderdelen van het project



⁶ Zie bijlage IV voor de samenvatting Verkenning aanlanding netten op zee 2030 voor Hollandse Kust (west Beta).

⁷ Uit onder andere het Energieakkoord voor duurzame groei, routekaart windenergie op zee 2030, Klimaatakkoord en Ontwikkelkader windenergie op zee.

⁸ Dit is onderdeel van het MER dat voor het windenergiegebied wordt opgesteld. De 66 kV kabelverbindingen zijn geen onderdeel van dit MER.

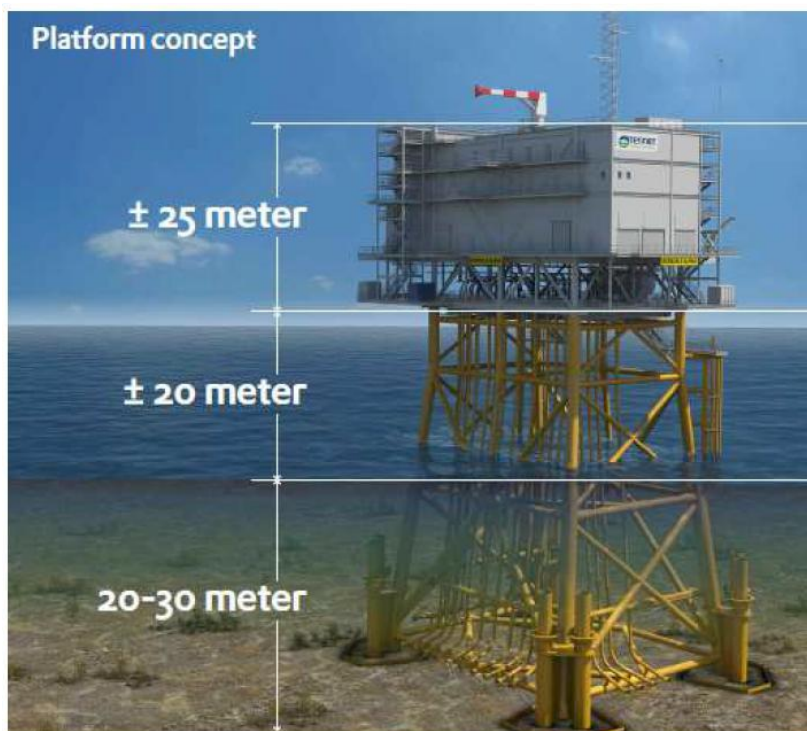
Platform op zee

Bij het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden wordt een platform gerealiseerd. Op dit platform wordt de elektriciteit verzameld die door de windturbines is opgewekt.

De stalen draagconstructie heeft een lengte van circa 28 meter, een breedte van circa 20 meter en een hoogte van ongeveer 50 meter (afhankelijk van de waterdiepte). Het gewicht van de stalen draagconstructie bedraagt ongeveer 2.500-3.000 ton (afhankelijk van de waterdiepte). De topside die op de draagconstructie wordt geplaatst heeft een lengte van circa 45 meter, een breedte van circa 20 meter, een hoogte van circa 25 meter en een gewicht van circa 3.400 ton (zie afbeelding 1.2).

Voor het platform op zee is één locatie in beeld. Dit betekent dat voor dit onderdeel van het project geen onderscheidende effecten bestaan. MER fase 1 brengt voor het platform op zee daarom alleen zwaarwegende effecten en risico's in beeld.

Afbeelding 1.2 Visualisatie van een platform op zee



1.2 Beschrijving plangebied

Het plangebied van Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden (hierna: NOZ TNW) ligt tussen het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden aan de noordkant en loopt tot de aansluitlocaties Burgum, Vierverlaten en Eemshaven Oudeschip (hierna: Eemshaven) aan de zuidkant (zie afbeelding 1.2). Naast een verdeling per aansluitlocatie, kent het plangebied een verdeling naar drie deelgebieden:

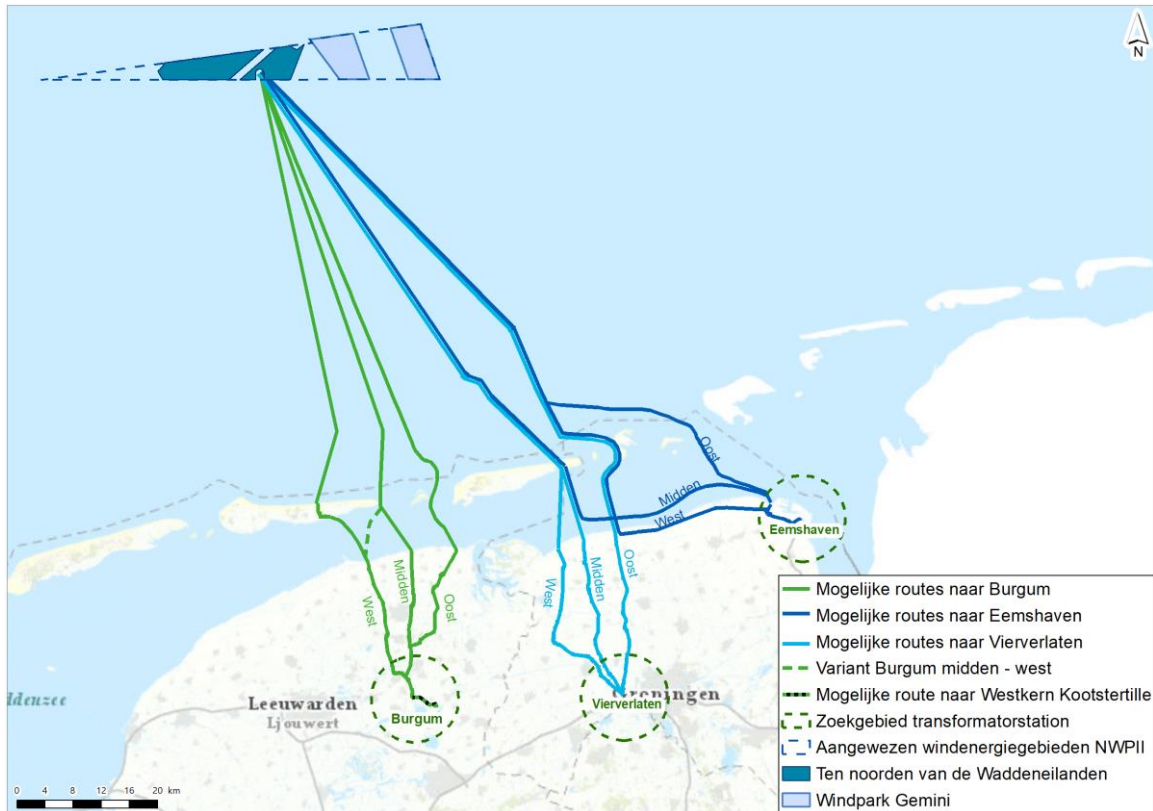
- Noordzee;
- Waddengebied⁹;
- land.

Voor de scheidingslijn tussen de Noordzee en het Waddengebied is de zeewaartse grens van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone aangehouden (zie afbeelding 1.3). De effectbeschrijving

⁹ Het Waddengebied omvat het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, het Natura 2000-gebied en UNESCO werelderfgoedgebied Waddenzee en de Waddeneilanden.

(hoofdstuk 5) is gebaseerd op de deelgebieden, omdat de effecten per deelgebied onderscheidend kunnen zijn. De effectbeoordeling geldt voor het tracéalternatief als geheel (dus de effecten op de Noordzee, in het Waddengebied en op land samen).

Afbeelding 1.3 Overzicht plangebied, deelgebieden (stippellijn) en tracéalternatieven MER fase 1



1.3 MER in twee fases

Het onderzoeksproces dat is vastgelegd in dit MER is uitgevoerd in twee fases. In de eerste fase (hierna MER fase 1) zijn de onderscheidende en sterk negatieve effecten van de tracéalternatieven onderzocht, zie hoofdstuk 5 t/m 7 (planMER). Deze informatie is input voor de integrale effectenanalyse (IEA) op basis waarvan de minister van Economische Zaken en Klimaat (hierna: MinEZK) samen met de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (hierna: MinBZK) een voorkeursalternatief heeft gekozen. Naast milieu-informatie hebben de ministers ook technische aspecten, kosten, omgeving en toekomstbestendigheid meegewogen in het besluit.

In de tweede fase van dit MER (hierna MER fase 2) wordt het voorkeursalternatief in meer detail onderzocht en zijn mitigerende maatregelen uitgewerkt. De informatie uit MER fase 2 dient ter onderbouwing van het inpassingsplan en de vergunningaanvragen.

1.4 Alternatieven MER fase 1

MER fase 1 brengt effecten in beeld voor de volgende alternatieven:

- 9 tracéalternatieven, drie per aansluitlocatie;
- 6 stationslocatiealternatieven.

Onderstaande paragrafen lichten de alternatieven en hun uitgangspunten toe.

1.4.1 Tracéalternatieven

Per aansluitlocatie onderzoekt MER fase 1 drie tracéalternatieven, zie afbeelding 1.2. De tracéalternatieven zijn genoemd naar hun geografische ligging ten opzichte van elkaar, te weten de aansluitlocatie gevolgd door 'west', 'midden' of 'oost' (bijvoorbeeld Burgum west).

De tracéalternatieven zijn in een alternatievenontwikkelingsproces tot stand gekomen. Het Achtergronddocument Alternatievenontwikkeling (bijlage I bij het hoofdrapport) beschrijft dit proces. Deze 9 alternatieven brengen samen de volledige bandbreedte aan mogelijke milieueffecten in beeld. Andere denkbare alternatieven leiden naar verwachting niet tot wezenlijk andere milieugevolgen.

Uit onderzoek kan blijken dat effecten te voorkomen of beperken zijn door aanpassing van de oorspronkelijke tracés. De tracéalternatieven kunnen dus nog wijzigen als onderzoeksresultaten hier aanleiding toe geven of op basis van omgevingsbelangen. Onderscheidende omgevingsbelangen worden beschreven in hoofdstuk 4 van de IEA. Dit kan enerzijds betekenen dat een deel van het tracéalternatief wordt verplaatst. Anderzijds is het mogelijk een tracéalternatief te wijzigen door een tracé op land te verbinden met een ander tracé op zee. Hoofdstuk 7 van dit deelrapport beschrijft of milieueffecten voor het aspect Bodem en Water op zee beperkt of voorkomen kunnen worden door het treffen van maatregelen of een wijziging van een tracé.

Variant Burgum midden-west

In het Waddengebied onderzoekt het MER aanvullend een variant, die het tracéalternatief Burgum midden op zee verbindt met het tracéalternatief Burgum west op land. Aanleiding hiervoor is de hoge stikstofdepositie van tracéalternatief Burgum west op zee, op het Natura 2000-gebied Duinen Ameland. Op basis van deze hoge stikstofdepositie is dit tracéalternatief op zee mogelijk niet vergunbaar. Een combinatie van tracéalternatief Burgum midden op zee, met tracéalternatief Burgum west op land kan wel kansrijk zijn. Daarom is de variant Burgum midden-west toegevoegd, met in het Waddengebied een koppeling tussen de twee tracéalternatieven. Variant Burgum midden-west volgt de geul richting de Friese kust.

Voor de effectbeschrijvingen geldt dat voor deze variant grotendeels de effecten van toepassing zijn zoals beschreven voor tracéalternatief Burgum midden op zee en voor tracéalternatief Burgum west op land. Deze variant wordt daarom niet steeds apart beschreven. Daar waar sprake is van aanvullende of andere effecten door het verbindende deel in deze variant, worden deze effecten beschreven.

Waarom geen andere varianten in MER?

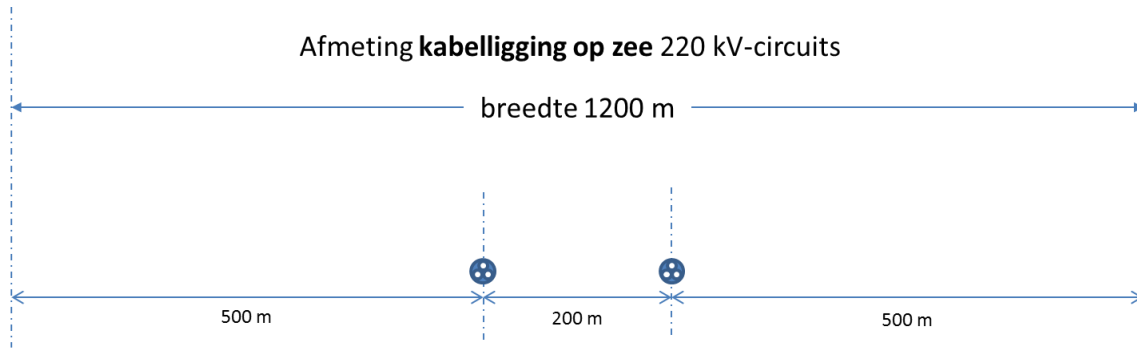
Ten opzichte van de onderzochte tracéalternatieven, zijn verschillende varianten mogelijk. Zoals in de NRD is aangegeven¹⁰, kan het ene tracé op land verbonden worden met een ander tracé op zee. De meeste varianten bieden echter geen wezenlijke voordelen ten opzichte van de onderzochte tracéalternatieven. Uitzondering hierop zijn bovengenoemde variant en een variant die een koppeling maakt tussen tracéalternatief Eemshaven west op zee (tracé over de punt van Schiermonnikoog) en Vierverlaten oost op land. In tegenstelling tot variant Burgum midden-west is de variant Eemshaven west-Vierverlaten oost niet apart beschreven in het MER, omdat deze tracévariant volledig binnen de bestaande tracéalternatieven valt en daarmee niet leidt tot andere effecten dan in het MER beschreven.

Uitgangspunten tracéalternatieven

Op zee worden twee wisselstroom 220 kV-zeekabels aangelegd. Voor de aanleg op zee is een tracébreedte nodig van circa 1.200 meter, zie afbeelding 1.4. Op zee is in MER fase 1 een tracébreedte van 2.400 meter onderzocht. Hierdoor bestaat binnen de tracéalternatieven schuifruimte om milieueffecten te beperken of voorkomen (zie paragraaf 1.5.2 voor een nadere toelichting). Op de Waddenzee wordt tussen de twee kabels een minimale afstand van 50 meter aangehouden.

¹⁰ Kader in paragraaf 1.1 van de NRD.

Afbeelding 1.4 Tracébreedte kabelsysteem op de Noordzee

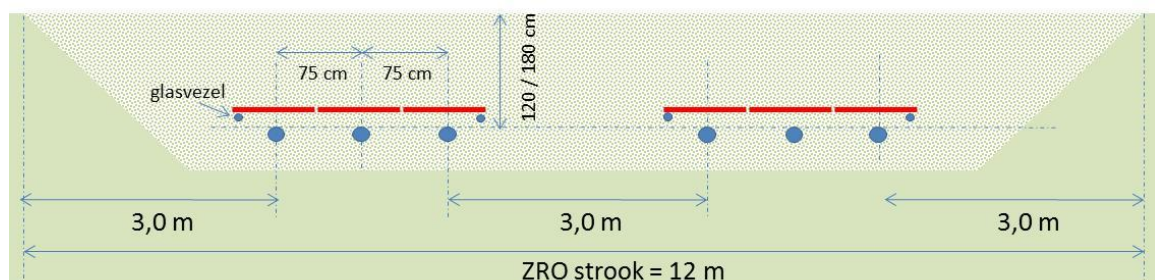


Om de land- en zeekabels op elkaar aan te sluiten is op land (meestal aan de landzijde van de waterkering) per kabelcircuit een overgangsmof nodig. Hiervoor is een oppervlakte nodig van circa 12 x 4,5 meter per mof. De overgangsmof wordt in een ondergrondse mofput gelegd. Na de aanleg is hiervan aan de oppervlakte niets meer zichtbaar. Dit geldt ook voor de overige moffen (verbindingsstukken op land). Uitzondering hierop zijn de 'cross-bonding boxes' die op een aantal plaatsen op land worden aangelegd: een soort (bovengrondse) kastjes om de transportcapaciteit van de kabels te bevorderen en verliezen te beperken.

Op land worden twee kabelcircuits aangelegd, waarbij elk kabelcircuit bestaat uit drie kabels (zie afbeelding 1.5). Voor de aanleg van de kabels op land is een strookbreedte van circa 50 meter nodig. Dit is inclusief de werkstrook. De kabelsleuf zelf heeft een breedte van circa 12 meter. Op land wordt een breedte van 150 meter onderzocht. Net als op zee zijn de tracéalternatieven op land breder om effecten te kunnen beperken of voorkomen.

De gehanteerde aanlegtechnieken zijn nader toegelicht in bijlage III bij het hoofdrapport. De kabels worden aangelegd volgens het principe 'bury-and-forget'. Dit betekent dat tijdens de gebruiksfase in principe geen onderhoudswerkzaamheden nodig zijn.

Afbeelding 1.5 Kabelverbindingen aangelegd in een open ontgraving¹¹



1.4.2 Stationslocatiealternatieven

Voor aansluiting van het windpark op het landelijk hoogspanningsnet is een nieuw transformatorstation nodig. De hiervoor benodigde oppervlakte is circa 3,5 hectare (+ 2,0 hectare tijdelijk werkterrein). Voor het transformatorstation is binnen een straal van 6 kilometer rondom de drie aansluitlocaties (Burgum, Vierverlaten en Eemshaven) gezocht naar een geschikte locatie. Aan de hand van een aantal zoekcriteria en locatievoorkeuren is binnen dit zoekgebied van 6 kilometer getrechterd tot één of meerdere

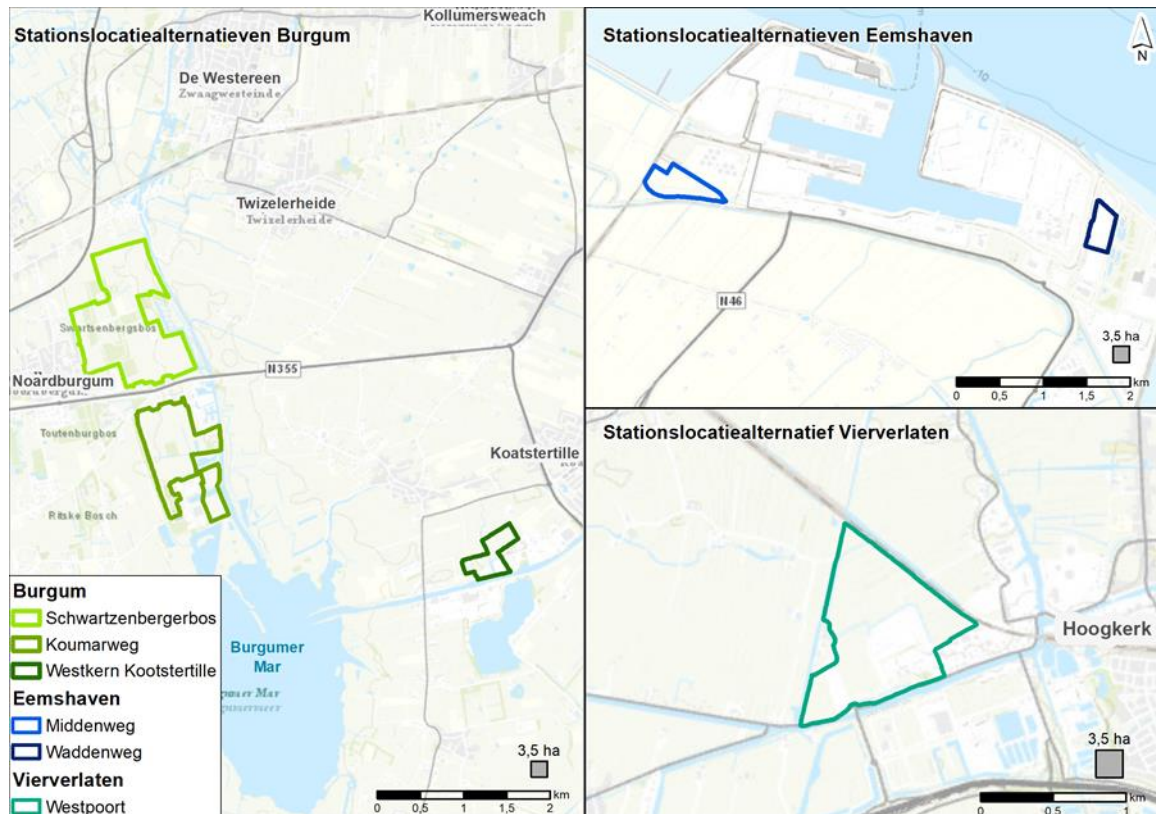
¹¹ ZRO staat voor 'zakelijk recht overeenkomst'; een zakelijk recht om in, op of boven een onroerende zaak van een ander gebouwen, werken op beplantingen in eigendom te hebben of verkrijgen (art. 5:101 van het Burgerlijk Wetboek).

stationslocatiealternatieven per aansluitlocatie, zie het MER hoofdrapport en het Achtergronddocument Alternatievenontwikkeling (bijlage I bij het hoofdrapport) voor een nadere toelichting. Tabel 1.1 presenteert een overzicht van de stationslocatiealternatieven en de onderstaande afbeeldingen laten de stationslocatiealternatieven zien.

Tabel 1.1 Overzicht stationslocatiealternatieven

Aansluitlocatie	Naam stationslocatiealternatief	Oppervlakte stationslocatiealternatief ¹²
Burgum	Schwarzenbergerbos	circa 130 ha
Burgum	Koumarweg	circa 75 ha
Burgum	Westkern Kootstertille	circa 19 ha
Vierverlaten	Westpoort	circa 81 ha
Eemshaven	Waddenweg	circa 13 ha
Eemshaven	Middenweg	circa 22 ha

Afbeelding 1.6 Stationslocatiealternatieven



¹² De benodigde oppervlakte is 3,5 ha + tijdelijk 2 ha werkterrein tijdens de aanlegfase. De oppervlaktes die zijn weergegeven in de tabel betreffen het zoekgebied voor een nieuw transformatorstation.

1.5 Aanpak effectbeoordeling MER fase 1

De onderzoeken die in MER fase 1 zijn uitgevoerd, zijn gericht op het in beeld brengen van de onderscheidende en sterk negatieve (--) effecten. Dit zijn de effecten die van invloed kunnen zijn op de afweging van de tracé- en stationslocatiealternatieven in de integrale effectenanalyse (IEA). Daarbij vormen sterk negatieve effecten een risico voor de haalbaarheid of uitvoerbaarheid van een alternatief.

De onderzoeken in MER fase 1 zijn uitgevoerd in twee stappen:

- 1 een beschrijving en beoordeling van de worst-case milieueffecten (hoofdstuk 5 en 6);
- 2 een inventarisatie van mogelijke optimalisaties of maatregelen om sterk negatieve (--) effecten te voorkomen of beperken (hoofdstuk 7).

Ad 1: beschrijving en beoordeling worst-case milieueffecten

Voor elk milieuaspect zijn in MER fase 1 de (realistische) worst-case effecten in beeld gebracht voor zowel de tracéalternatieven als de stationslocatiealternatieven. Dit betekent dat in eerste instantie de milieueffecten zijn beschreven en beoordeeld voor de situatie waarin een effect niet kan worden vermeden of beperkt. Daarbij is dus nog geen rekening gehouden met de schuifruimte die de tracéalternatieven bieden of met andere mogelijke maatregelen om effecten te beperken. Deze methodiek, die gebruikelijk is bij een m.e.r.-procedure, voorkomt het schetsen van een onterecht positief beeld van de milieueffecten bij aanleg van het tracéalternatief. Deze methodiek is gehanteerd voor de tracéalternatieven en stationslocatiealternatieven.

Waarom beoordeling van een realistische worst-case situatie?

Het in beeld brengen van de worst-case situatie binnen de tracéalternatieven is van belang omdat de optimale route binnen een tracéalternatief kan verschillen per milieuaspect. Vanuit zeebodemkwaliteit kan het bijvoorbeeld wenselijk zijn om ergens de oostkant van het tracéalternatief aan te houden. Dit kan echter betekenen dat het tracé dicht bij een geul komt te liggen, waardoor mogelijk meer vertroebeling (bodemdynamiek) optreedt. De route die voor het ene criterium leidt tot een kleiner effect heeft voor een ander criterium dan direct een groter effect tot gevolg. Daarom is het onvoldoende om in MER fase 1 alleen de meest gunstige situatie binnen de tracéalternatieven in beeld te brengen. Door de twee stappen te doorlopen (worst-case en optimalisaties binnen tracéalternatieven) wordt de bandbreedte van effecten binnen de tracéalternatieven en stationslocatiealternatieven in beeld gebracht die nodig is voor de afweging van alternatieven.

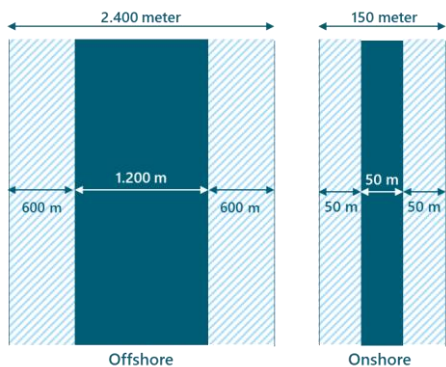
Ad 2: optimalisaties

Na de worst-case effectbeoordeling zijn mogelijkheden geïnventariseerd om sterk negatieve (--) milieueffecten¹³ te voorkomen. Dit kan bijvoorbeeld door het benutten van de schuifruimte binnen de tracéalternatieven en stationslocatiealternatieven, of door het treffen van maatregelen. Als een optimalisatie of maatregel een sterk negatief (--) effect voorkomt, wordt deze opgenomen als uitgangspunt bij de verdere uitwerking van het voorkeursalternatief in MER fase 2.

¹³ Het gaat hierbij om dusdanig grote/ernstige milieueffecten, dat deze een risico vormen voor de uitvoerbaarheid van een alternatief. Maatregelen om negatieve (-) effecten te beperken of voorkomen, worden uitgewerkt in MER fase 2.

Wat is schuifruimte?

De tracéalternatieven en stationslocatiealternatieven bevatten schuifruimte om milieueffecten te beperken of te voorkomen. Dit betekent dat de ligging van de kabels geoptimaliseerd kan worden binnen het alternatief. Voor stationslocatiealternatieven verschilt de hoeveelheid schuifruimte per alternatief. Voor tracéalternatieven verschilt dit per deeltraject: op zee zijn de tracéalternatieven 2.400 meter breed, terwijl de daadwerkelijk benodigde breedte 1.200 meter bedraagt. Op land zijn de tracéalternatieven 150 meter breed, terwijl de daadwerkelijk benodigde breedte 50 meter bedraagt.



Benutten van schuifruimte om sterk negatieve effecten te voorkomen

Op basis van de concept onderzoeksresultaten van MER fase 1 is de schuifruimte van de tracéalternatieven op negen locaties benut om sterk negatieve effecten (--) te beperken of voorkomen. Dit betekent dat de tracéalternatieven in dit MER op een aantal plaatsen afwijken van de reguliere onderzoeksbreedte van 2.400 meter op zee en 150 meter op land. In hoofdstuk 5 van het Achtergronddocument Alternatievenontwikkeling (bijlage I) zijn de negen tracéoptimalisaties toegelicht. Met het benutten van schuifruimte kunnen ook een aantal negatieve effecten (-) van tracéalternatieven worden beperkt of voorkomen. Dit wordt uitgewerkt voor het VKA in MER fase 2.

Voor een aantal sterk negatieve effecten van de tracéalternatieven en stationslocatiealternatieven zijn tracéoptimalisaties nog niet doorgevoerd. Het gaat over het algemeen om sterk negatieve effecten met een relatief kleine omvang, hierdoor is met zekerheid te stellen dat de alternatieven voldoende schuifruimte bieden om voor deze criteria een sterk negatief effect te voorkomen. In hoofdstuk 7 is beschreven of het benutten van schuifruimte sterk negatieve effecten kan voorkomen. Als dit het geval is, wordt dit als uitgangspunt meegenomen bij de uitwerking van het VKA in MER fase 2.

2

WETTELIJK KADER EN BELEIDSKADER

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van het vigerend beleid en de regelgeving, relevant voor het aspect Bodem en Water op zee. Het overzicht behandelt verschillende schaalniveaus, voor zover deze van invloed zijn op het voornemen. Alle deelrapporten beschrijven het beleid en de regelgeving die relevant zijn voor de milieueffecten die aansluiten bij het desbetreffende aspect.

Tussen het aspect Bodem en Water op zee en het aspect Natuur bestaan raakvlakken (vertroebeling heeft bijvoorbeeld een mogelijk effect op beschermde natuurgebieden of soorten). In dit hoofdstuk zijn alleen de wetgeving en het beleid beschreven die direct betrekking hebben op het aspect Bodem en Water op zee. Wetgeving en beleid omtrent natuur zijn beschreven in hoofdstuk 2 van het deelrapport Natuur.

2.1 Wettelijk kader

Tabel 2.1 Wettelijk kader aspect Bodem en Water op zee

Wet- en regelgeving	Uitleg en relevantie
Europees	
Kaderrichtlijn Water (KRW), 22 december 2000	In deze richtlijn zijn regels opgesteld om de verslechtering van de toestand van waterlichamen in de Europese Unie te stoppen en een 'goede toestand' te bereiken voor Europese rivieren, meren en grondwater. De richtlijn bestaat uit de onderdelen: <ul style="list-style-type: none">- bescherming van alle soorten water;- herstel van ecosystemen in en rond waterlichamen;- vermindering van vervuiling in waterlichamen;- garantie voor duurzaam watergebruik door particulieren en bedrijven. Het Waddengebied behoort in de richtlijn tot internationale stroomgebieden: de Rijn en de Eems. Voor het MER is de beïnvloeding van waterkwaliteit door ingrepen in de zeebodem relevant. De richtlijn stelt in artikel 16 milieukwaliteitsnormen vast voor waterlichamen.
Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM), 17 juni 2008	Deze richtlijn stelt een juridisch kader vast voor bescherming en instandhouding van het mariene milieu, de voorkoming van verslechtering ervan en het herstel van dat milieu in de gebieden waar het schade heeft geleden. De richtlijn voorziet in doelstellingen om een 'goede milieutoestand' te bereiken door bescherming van het mariene ecosysteem tegen menselijke activiteiten. De richtlijn benadrukt het belang van samenwerking tussen EU-landen. Voor het MER is de beïnvloeding van goede milieutoestand door ingrepen in de zeebodem relevant. De richtlijn noemt in bijlage III belastende en beïnvloedende factoren voor zeebodem en het mariene ecosysteem als geheel.
Suppletieprogramma 2020-2023	Door klimaatverandering stijgt de zeespiegel. Door natuurlijke oorzaken en menselijk ingrijpen daalt tegelijkertijd de bodem. Structurele kustachteruitgang langs vrijwel de gehele Nederlandse kust wordt voorkomen, doordat de 'Basiskustlijn' wordt gehandhaafd. In Nederland wordt sinds 1990 actief zand toegevoegd aan de kust. Dat heet zandsuppletie en is onderdeel van het suppletieprogramma. Dit is relevant voor het MER, doordat in de planning van werkzaamheden rekening gehouden moet met worden met het

Wet- en regelgeving	Uitleg en relevantie
	suppletieprogramma. Binnen het zoekgebied gaat het alleen om Schiermonnikoog, locatie Westkop.
UNESCO Werelderfgoedverdrag: Waddenzee, 1972	Sinds 2009 is de Waddenzee aangemerkt als natuurlijk Werelderfgoed in het Werelderfgoedverdrag. Dit brengt de verplichting met zich mee om het gebied in goede staat te houden. Hieronder valt ook het bodem- en watersysteem van de Waddenzee.
Verdrag tussen het Koninkrijk der Nederlanden en de Bondsrepubliek Duitsland betreffende [...] en beheer van de territoriale zee van 3 tot 12 zeemijlen, Op de Eems, 24-10-2014 (Westereems Verdrag)	Het Westereems Verdrag is een verdrag tussen het Koninkrijk der Nederlanden en de Bondsrepubliek Duitsland over het gebruik en beheer van de territoriale zee van 3 tot 12 zeemijlen. Hierin zijn afspraken gemaakt over baggeren, verbreden, verdiepen en onderhouden van het profiel van de bodem van het vaarwater ten behoeve van de scheepvaart.
Nationaal	
Waterwet, (Wtw), 29 januari 2009	De Waterwet bevat de regels over het beheer en gebruik van het watersysteem. Onderdeel is ook de waterbodempkwaliteit. Een verontreinigde waterbodem die belemmerend werkt voor het watersysteem dient te worden aangepakt.
Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro), 22 augustus 2011)	Het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) stelt regels ter bescherming van de ruimtelijke ordening. Voor de Waddenzee zijn aangepaste en/of andere regels opgesteld in dit document. Hierin zijn landschappelijke en cultuurhistorische kwaliteiten gedefinieerd en is de begrenzing van de Waddenzee vastgelegd. Dit is specifiek geborgd in de Kaderrichtlijn Water en UNESCO.
Wet voorkoming verontreiniging door schepen (Wvvs)	De Wet voorkoming verontreiniging door schepen is een kaderwet die algemene regels bevat voor het voorkomen en beperken van operationele lozingen van schadelijke stoffen in zee vanaf schepen. Het gaat daarbij om stoffen die gegenereerd worden door de normale bedrijfsvoering van schepen, zoals ladingresten, resten van brandstoffen en smeerolie, afvalwater en vuilnis. De Wet is van toepassing op schepen die de Nederlandse vlag voeren waar dan ook ter wereld en op buitenlandse schepen die een Nederlandse haven aandoen of zich bevinden in de Nederlandse territoriale zee of de EEZ.

2.2 Beleidskaders

Nationaal, provinciaal, gemeentelijk beleid en het beleid van de waterschappen stellen kaders aan het project. In de onderstaande tabellen zijn deze kaders beschreven.

Tabel 2.2 Beleidskader aspect Bodem en Water op zee

Beleidsstuk	Uitleg en relevantie
Nationaal Waterplan 2016-2021, december 2015	Het 2e Nationaal Waterplan (NWP2) beschrijft de hoofdlijnen, principes en richting van het nationale waterbeleid in de periode 2016-2021, met een vooruitblik richting 2050. Het Nationaal Waterplan beschrijft de maatregelen die genomen moeten worden om Nederland ook voor toekomstige generaties veilig en leefbaar te houden en de kansen die water biedt te benutten. Het Nationaal Waterplan is de opvolger van de Nota's Waterhuishouding. Het Nationaal Waterplan is opgesteld op basis van de Waterwet. Op basis van de Wet ruimtelijke ordening heeft het Nationaal Waterplan voor de ruimtelijke aspecten de status van structuurvisie.
Beleidsnota Noordzee 2016-2021, december 2015	De Beleidsnota Noordzee 2016-2021 beschrijft het huidige gebruik en de ontwikkelingen op de Noordzee en de samenhang met het mariene ecosysteem. Ook bevat deze nota de visie, de opgaven en het beleid van het Rijk voor de Noordzee. De beleidsnota biedt integrerende kaders voor het ruimtegebruik op de Noordzee. Het bevat ook de samenvatting van het Programma van maatregelen voor de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee

Beleidsstuk	Uitleg en relevantie
	2012-2020, deel 3). Deze twee nota's maken deel uit van het Nationaal Waterplan 2016-2021 (NWP2).
Integraal Beheerplan Noordzee 2015	Het Integraal Beheerplan Noordzee 2015 (IBN 2015) heeft de status van een beleidsregel. Het verplicht de rijksoverheid om in overeenstemming met het plan te handelen bij de regulering van het gebruik van de Noordzee. Het IBN 2015 is een directe uitwerking van het hoofdstuk Noordzee uit het Nationaal Waterplan en de daarbij behorende Beleidsnota Noordzee, die beiden in 2010 van kracht zijn geworden. Het IBN 2015 dat in 2005 werd vastgesteld, is in 2011 tussentijds herzien, omdat het qua inhoud en bruikbaarheid achter raakte op actuele ontwikkelingen.
Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR), maart 2012	Dit document beschrijft een visie op hoe infrastructuur en ruimte kunnen bijdragen aan een concurrerend, bereikbaar, leefbaar en veilig Nederland. Het Rijk zet in op een transitie naar een duurzame, hernieuwbare energievoorziening en het geschikt maken van de elektriciteitsinfrastructuur op de langere termijn voor meer decentrale opwekking van elektriciteit. Als onderdeel daarvan wil het Rijk voldoende ruimte bieden voor windenergie op zee - op termijn voor 6000 MW. Tegelijkertijd wil het Rijk (inter)nationale unieke cultuurhistorische en natuurlijke kwaliteiten in of op de zeebodem behouden of versterken Dit is specifiek geborgd in de Kaderrichtlijn Water en UNESCO.
Wet windenergie op zee	De Wet windenergie op zee voorziet in een integraal wettelijk kader voor het op grote schaal realiseren van windenergie op zee. De wet is beoogd om te leiden tot kostenreductie bij de planning en aanleg van windparken en kortere doorlooptijden. Hierbij is een aantal uitgangspunten gehanteerd. De wet gaat uit van een planmatige aanpak om de samenhang tussen optimaal ruimtegebruik op zee en land, de ontwikkeling van het elektriciteitsnetwerk en de ontwikkeling van windparken te borgen. De Wet windenergie op zee is van toepassing in de territoriale zee en de exclusieve economische zone.
Structuurvisie Waddenzee	De structuurvisie Waddenzee bevat de hoofdlijnen van het Rijksbeleid voor de Waddenzee. De hoofddoelstelling voor de Waddenzee is de duurzame ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap. Het beleid is gericht op duurzame bescherming en een zo natuurlijk mogelijk ontwikkeling van bodemkundige processen en moet een hoge waterkwaliteit waarborgen. In de bodem aanwezige archeologische waarden worden beschermd. De verstoring van de bodem is zodanig beperkt dat ongestoorde natuurlijke mosselbanken en zeegrasvelden voorkomen.
Beleidslijn Kust 2015	De beleidslijn kust 2015 formuleert op hoofdlijnen randvoorwaarden voor initiatieven met een ruimtebeslag in het kustfundament. Deze worden beredeneerd vanuit de beleidsdoelen voor waterveiligheid zoals deze zijn omschreven in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) en het Nationaal Waterplan 2009-2015 (NWP). De beleidslijn heeft tot doel veiligheid van primaire keringen te waarborgen en het op orde houden van het zandig systeem. Zeebodem komt niet nadrukkelijk aan de orde in deze richtlijn.
Kustgenese 2.0	Door klimaatverandering stijgt de zeespiegel. Door natuurlijke oorzaken en menselijk ingrijpen daalt tegelijkertijd de bodem. Het programma Kustgenese 2.0 onderzoekt tussen 2015 en 2028 hoeveel zand op lange termijn nodig is, waar en wanneer het zand nodig is en hoe het zand toegevoegd kan worden aan de kust. In 2020 wordt een beleidsadvies opgeleverd als tussenresultaat. De relevantie daarvoor voor het MER moet worden bekeken wanneer het is uitgebracht.

3

REFERENTIESITUATIE

Dit hoofdstuk beschrijft de referentiesituatie in het plan- en studiegebied. Paragraaf 3.1 geeft een toelichting op het gebied. De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie (paragraaf 3.2), aangevuld met de autonome ontwikkelingen (paragraaf 3.3). Autonome ontwikkelingen zijn die plannen in het plangebied die met grote zekerheid plaatsvinden tot het referentiejaar 2030. Het gaat daarbij om ontwikkelingen waarover reeds besluitvorming heeft plaatsgevonden of waarover besluitvorming in voorbereiding is, die zonder de voorgenomen activiteit ook zou plaatsvinden.

De beschrijving van de referentiesituatie dient als basis voor de uitwerking van de voorgenomen activiteit en als referentiekader voor de beschrijving van de effecten van de voorgenomen activiteit.

Voor het aspect Bodem en Water op zee beschrijft dit hoofdstuk de referentiesituatie van de volgende onderdelen:

- bodemdynamiek;
- bodemsamenstelling;
- hydrodynamica;
- zeebodemkwaliteit.

3.1 Plan- en studiegebied

Het MER hanteert de termen plangebied en studiegebied. Deze paragraaf licht de betekenis van beide begrippen toe.

Plangebied

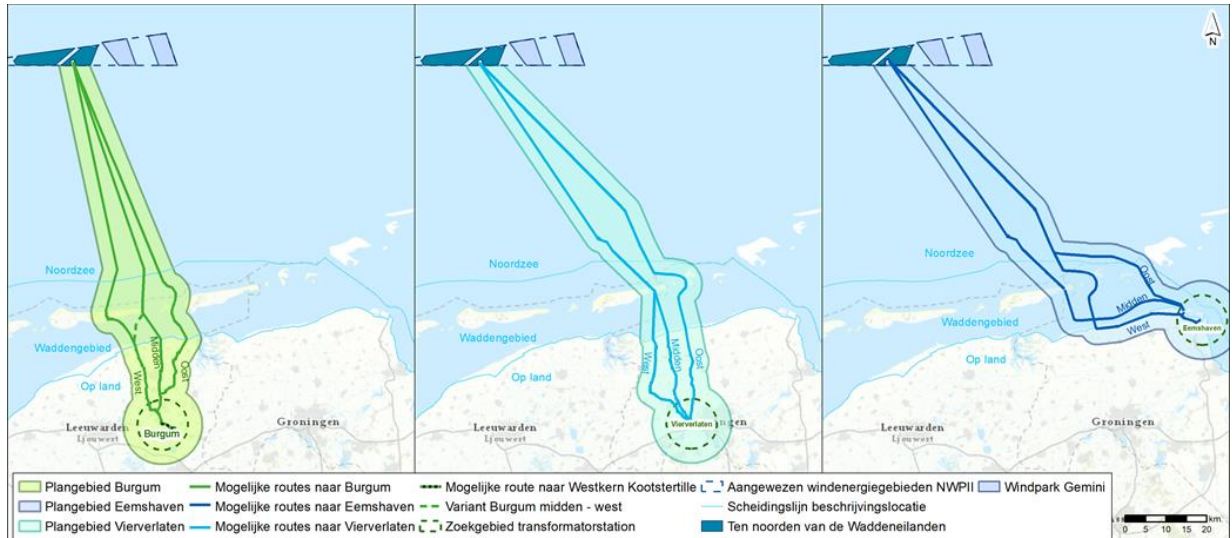
Het plangebied is het gebied waarbinnen gezocht wordt naar een geschikte invulling van de voorgenomen activiteit. Het is dus het gebied waarbinnen wordt gezocht naar:

- de locatie van het platform op zee;
- het tracé van de 220 kV-zeekabels naar land;
- het tracé van de 220 kV-landkabels naar het transformatorstation;
- een locatie voor het transformatorstation;
- het tracé van de landkabels¹⁴ tussen het transformatorstation en een bestaand hoogspanningsstation bij Burgum, Vierverlaten of Eemshaven.

Het plangebied is te verdelen in drie delen: één plangebied per aansluitlocatie. De drie plangebieden zijn aangeduid met de term 'plangebied', gevolgd door de naam van één van de aansluitlocaties (bijvoorbeeld plangebied Burgum). Afbeelding 3.1 toont deze drie plangebieden.

¹⁴ Afhankelijk van aansluiting op het hoogspanningsstation betreft dit 220kV-kabels (Burgum) of 380 kV-kabels (Vierverlaten en Eemshaven).

Afbeelding 3.1 Indicatieve weergave plangebieden



Studiegebied

Naast de term 'plangebied', wordt in het MER ook de term 'studiegebied' gebruikt. Het studiegebied is het gebied waarbinnen de milieugevolgen dienen te worden onderzocht. De omvang van het studiegebied verschilt per milieuaspect en is afhankelijk van de verwachte reikwijdte van de effecten. Paragraaf 4.3 beschrijft per criterium het bijbehorende studiegebied.

3.2 Huidige situatie

Deze paragraaf beschrijft per aspect de huidige situatie in het plangebied.

3.2.1 Bodemdynamiek

Noordzee

In het Noordzee-gedeelte van het plangebied komen verschillende bodemvormen voor die voortdurend verplaatsen en van vorm veranderen. Het diepere deel is relatief het meest stabiel. Dit gebied kenmerkt zich door een relatief vlakke zeebodem met een waterdiepte van tussen de NAP -20 meter en NAP -35 meter waarop onder meer zandgolven, zandbanken en kust-aangehechte banken voorkomen. Deze bodemvormen hebben een hoogte tot enkele meters en lengtes van honderden meters tot tientallen kilometers.

Waddengebied

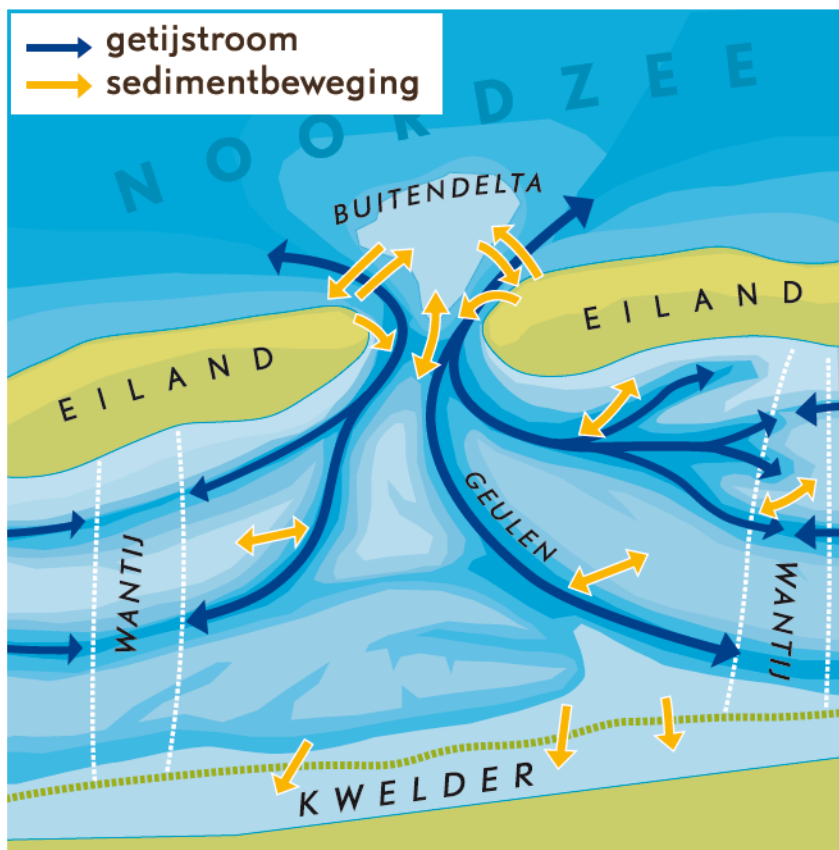
Het gebied dat tussen de noordkust van de Waddeneilanden ligt en de NAP- 20 meter contour wordt de vooroever genoemd, hier loopt de zeebodem op richting de kust met een toenemende helling. Voor de Noordzeekust (in het centrale deel) van de Waddeneilanden komen in de actieve zone (tussen NAP -8 meter en NAP +3 m) brekerbanken voor. De dynamiek van deze bodemvormen wordt gedreven door golven. Een enkele storm kan tot grote veranderingen van de bodem van de vooroever leiden. Waar de kust structureel achteruit gaat worden zandsuppleties uitgevoerd waardoor het kustprofiel lokaal met enkele meters omhoog kan gaan. Bij de zeegaten tussen de eilanden wordt de morfologie gedomineerd door de buitendelta's met kenmerkende geulen en platen die in dit gebied cyclisch verplaatsen¹⁵; nieuwe geulen en platen ontstaan in het westelijk deel van de buitendelta en migreren richting het oosten.

¹⁵ Ridderinkhof, W. & Hoekstra, P. & van der Vegt, Maarten & de Swart, Huib. (2016). Cyclic behavior of sandy shoals on the ebb-tidal deltas of the Wadden Sea. *Continental Shelf Research*. 115. 10.1016/j.csr.2015.12.014.

De kust van de Waddenzee eilanden is van nature erosief en wordt onderhouden middels suppleties met als doel om de basiskustlijn en het zandvolume in het kustfundament vast te houden. Het zand dat nodig is om de suppleties uit te voeren wordt gewonnen zeewaarts van de NAP -20 meter contour en binnen de 12-mijlszone.

De Waddenzee strekt zich uit over een kustzone die ligt in Nederland, Duitsland en Denemarken en is het grootste onafgebroken gebied ter wereld met getijde geulen, droogvallende platen afgeschermd door eilanden. Sinds 2009 is de Waddenzee opgenomen als natuurlijk Werelderfgoed op de Werelderfgoedlijst van UNESCO vanwege zijn wereldwijd unieke geologische en ecologische waarden. Het Waddengebied heeft zich in de afgelopen 7.000 jaar gevormd¹⁶. De morfologie van de Waddenzee is voornamelijk gedreven door het getij. De grote volumes water en sediment die iedere getijcyclus de Waddenzee in- en uitstromen vormen een dynamisch patroon van geulen en platen. Sediment wordt voortdurend uitgewisseld tussen geulen, platen en buitendelta (zie afbeelding 3.2). De kwelders die aan de randen van de Waddenzee liggen vangen sediment in. Daarbij wordt slib en fijn zand verplaatst als zwevend sediment en vindt transport van grof zand dichterbij de bodem plaats.

Afbeelding 3.2 Transportpaden van water en sediment in het Waddengebied. Bron: Hoe werkt het Wad? Deltaprogramma, Waddengebied (2012)



Zeegatsysteem met bewegingen van water en sediment. Overal een wisselwerking tussen opbouw en afbraak, behalve bij de kwelders, die vangen vooral sediment in.

¹⁶ Elias, E. P. L., Van der Spek, A. J. F., Wang, Z. B., & De Ronde, J. (2012). Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. *Netherlands Journal of Geosciences*, 91(03), 293-310.

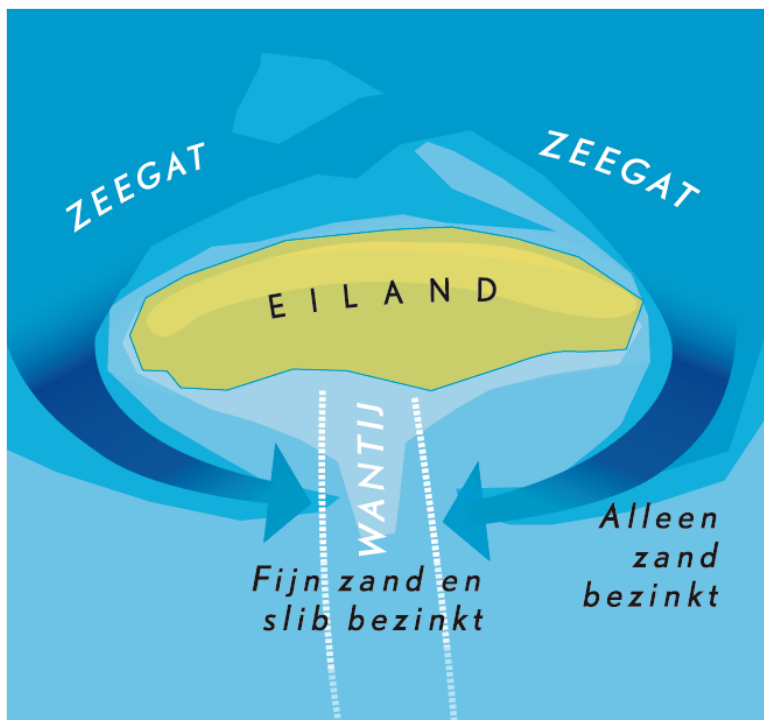
Afsluitingen en daaruit volgende afnames van het oppervlak van de Waddenzee hebben geleid tot veranderingen van de hydrodynamica en morfologie van de Waddenzee. In de oostelijke Waddenzee heeft de afsluiting van de Lauwerszee in 1969 de grootste impact gehad. Ten gevolge van deze ingreep is het watervolume dat per getijcyclus door de Zoutkamperlaag stroomt afgenomen met 30 %¹⁷. Nog altijd vormen de geulen en platen in de buitendelta en in het Waddengebied achter dit zeegat zich naar deze veranderingen. De doorsnede van geulen neemt af door sedimentatie en er vormen zich nieuwe wadplaten.

Er liggen kwelders langs de zuidoostelijke randen van Ameland en Schiermonnikoog. Deze gebieden zijn ontstaan na de aanleg van stuifdijken op deze eilanden. Momenteel worden deze stuifdijken niet langer onderhouden. Langs de vastelandskust liggen eveneens kwelders. Deze zijn een resultaat van kwelderwerken: het plaatsen van een stelsel van dammen om de sedimentatie te bevorderen.

De Waddenzee bestaat uit meerdere gekoppelde kombergingsgebieden (ook wel zeegatsystemen) die allen voornamelijk ontwateren door hetzelfde zeegat. De geulen in dergelijke gebieden zijn verbonden met dit zeegat. In het grensgebied tussen deze kombergingsgebieden liggen zogenaamde wantijen, dit zijn ondiepe gebieden die tijdens laagwater (grotendeels) droogvallen. Op het wantij is de hydrodynamica relatief laag-energetisch waardoor in dit gebied fijn zand en slib kan bezinken. Afbeelding 3.3 laat een schematische weergave zien van het ontstaan van een wantij.

Afbeelding 3.3 Schematische weergaven van de manier waarop wantijen ontstaan op de grens van een zeegatsysteem. Bron: Hoe werkt het Wad? Deltaprogramma, Waddengebied (2012)

Wantij. De platen en slibvelden liggen hier het hoogst. Twee zeegatsystemen ontmoeten elkaar in dit grensgebied.



¹⁷ Biegel, E., Hoekstra, P., 1995. Morphological response characteristics of the Zoutkamperlaag, Frisian Inlet (The Netherlands) to a sudden reduction in basin area, Tidal Signatures in Modern and Ancient Sediments. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.

In de afgelopen eeuw heeft de Waddenzee netto zand geïmporteerd¹⁸. Dit heeft de effecten van zeespiegelstijging en bodemdaling in het gebied tot nog toe gecompenseerd. De verwachting is dat deze balans ook de komende decennia stand houdt. De evolutie op de langere termijn is afhankelijk van het klimaatscenario en daaraan gekoppelde snelheid van zeespiegelstijging¹⁹.

In de Waddenzee wordt gebaggerd om vaargeulen en havens op de juiste diepte te houden. Een van de meest intensief onderhouden delen is de veerbootroute Holwerd-Ameland waar gemiddeld 1,5 miljoen kubieke meter (Mm³) sediment per jaar wordt verwijderd. Het gebaggerde sediment wordt grotendeels op andere locaties binnen de Waddenzee gestort op hiervoor aangewezen stortlocaties.

Referentiegebied Rottum

Het gebied Rottum (met daarin Rottumerplaat, Rottumeroog en Zuiderduin) inclusief de tussenliggende geulen en platen is aangewezen als referentiegebied in de Waddenzee. Binnen dit gebied mogen geen exploitaties en verstoringen plaatsvinden om onderzoek naar de ontwikkelingen van het Waddengebied zonder menselijke ingrepen mogelijk te maken²⁰.

3.2.2 Bodemsamenstelling

Noordzee

De bodem van de Noordzee in het plangebied bestaat uit zand, klei en grind die daar in een periode van miljoenen jaren door rivieren zijn afgezet. De bovenste laag is het meest recent (tijdens het Holocene) afgezet en bestaat in het grootste deel van het plangebied uit een laag met fijn tot middelgrof zand met een dikte van 2 meter tot 10 meter²¹. Op enkele plaatsen komt grindhoudend zand in de bovenste meter van de zeebodem voor (zie afbeelding 3.4).

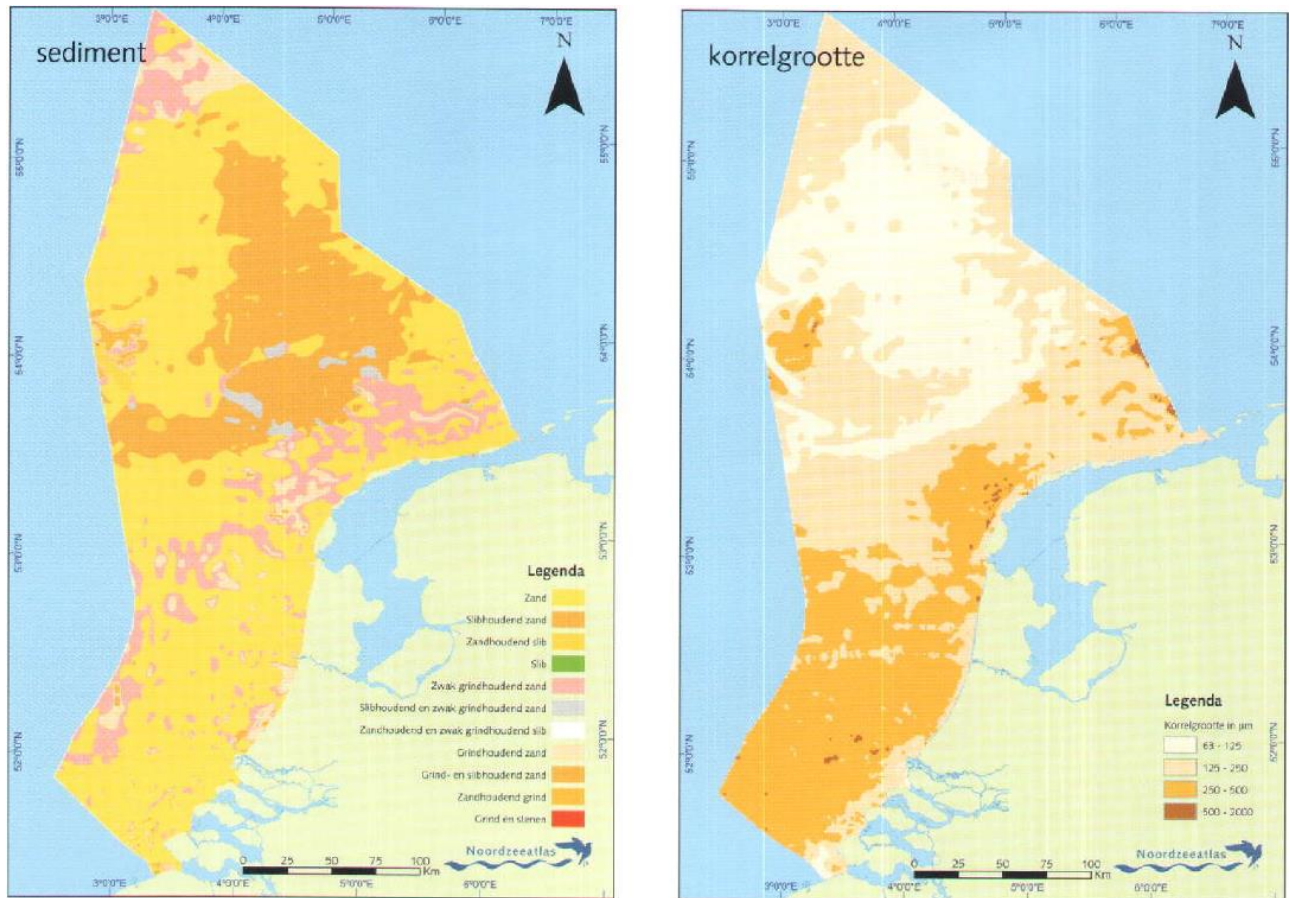
¹⁸ Elias, E. P. L., Van der Spek, A. J. F., Wang, Z. B., & De Ronde, J. (2012). Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. *Netherlands Journal of Geosciences*, 91(03), 293-310.

¹⁹ Wang, Z., Elias, E., Van der Spek, A., & Lodder, Q. (2018). Sediment budget and morphological development of the Dutch Wadden Sea: Impact of accelerated sea-level rise and subsidence until 2100. *Netherlands Journal of Geosciences*, 97(3), 183-214. Doi:10.1017/njg.2018.8.

²⁰ Ministerie van I&M en Rijkswaterstaat Noord-Nederland (2016). Natura 2000-beheerplan Waddenzee Periode 2016-2022.

²¹ Rijkswaterstaat Noordzee (2017). MER Winning suppletiezand Noordzee 2018 tot en met 2027.

Afbeelding 3.4 Samenstelling (links) en korrelgrootte (rechts) van het sediment dat zich aan het oppervlak (bovenste meter) van de zeebodem bevindt. Bron: Noordzee-atlas (2004)

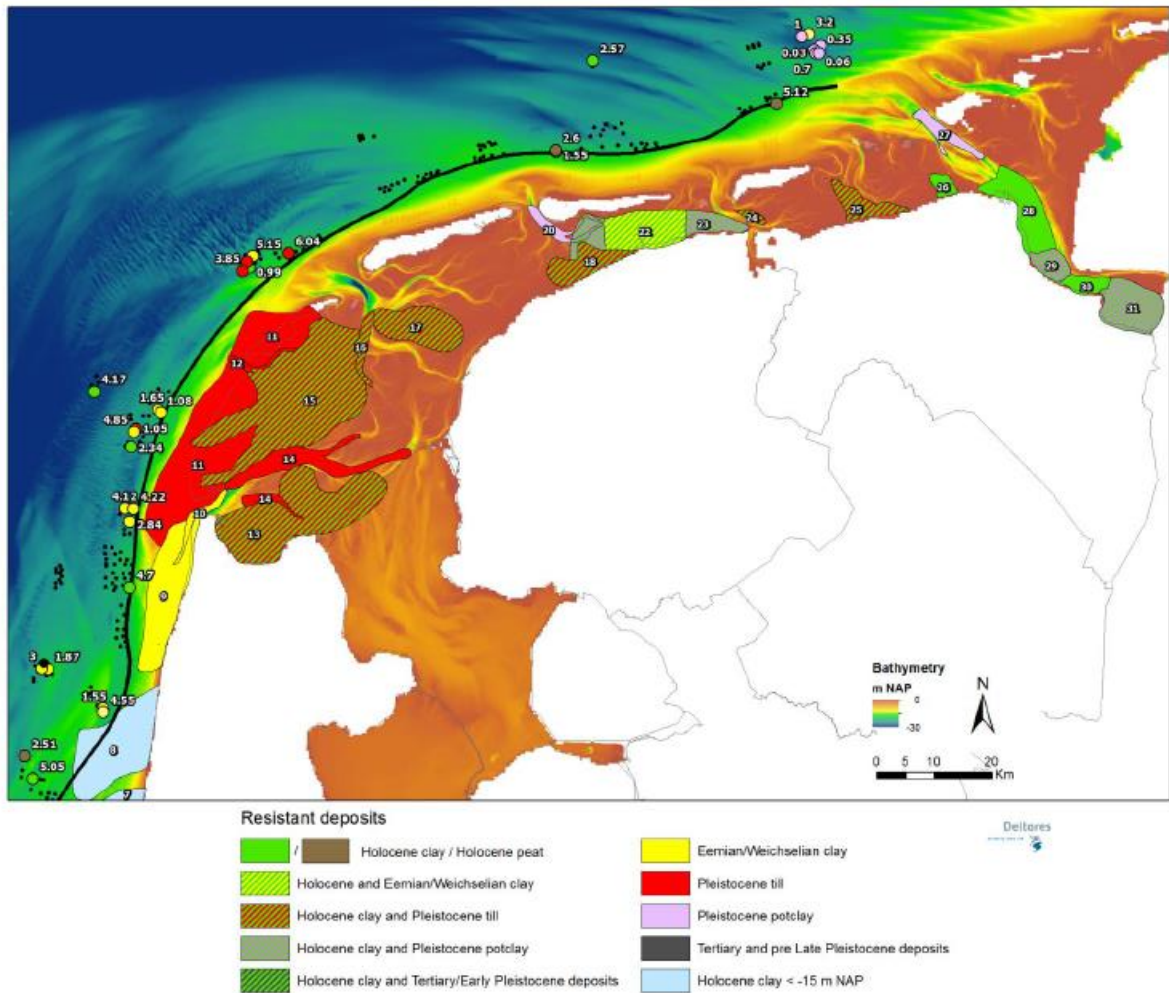


Voorkomen van Potklei

Op sommige plaatsen in het Noordzeegebied komen hardere, erosiebestendige lagen voor. Zo is ongeveer 20 km ten noorden van Schiermonnikoog op enkele meters onder zeebodem potklei aangetroffen in een boring (zie afbeelding 3.5). Aangezien in de zeewaartse uitlopers van de Eems eveneens potklei voorkomt is het niet onwaarschijnlijk dat dit op meer plekken in het oostelijk deel van het plangebied voorkomt²². Door de samenstelling is potklei erosiebestendig en vereist specifiek materieel om de kabels in te graven.

²² Deltares (2017). Quicksan resultaten Noordzee Zandwinproject op huidige inzichten lange termijn kustontwikkeling.

Afbeelding 3.5 Kaart van de kustzone van Noord-Nederland met daarin de gebieden binnen het kustfundament en de Waddenzee waar erosie-resistente lagen verwacht kunnen worden (uit Hijma, 2017). De zwarte stippen geven boringen weer. Sommigen boringen zijn gekleurd en laten zien welke erosie-resistente laag aangetroffen is door de kleuren overeen te laten komen met de legenda van de gebieden uit Hijma, 2017. Het getal naast de boring geeft aan hoe diep onder de zeebodem de laag aangetroffen is. De zwarte doorgaande lijn geeft de zeewaartse grens van het kustfundament weer. Overgenomen uit Quickscan resultaten Noordzee Zandwinproject op huidige inzichten lange termijn kustontwikkeling (Deltares, 2017)



Waddengebied

De bodem van de Waddenzee bestaat grotendeels uit zand, waarbij geldt dat de korrelgrootte van het sediment kleiner is op de wadplaten dan in de geulen. Ongeveer 10 % van het bodemmateriaal bestaat uit slib²³ dat van origine hoofdzakelijk afkomstig is uit rivieren. Het slib slaat voornamelijk neer aan de landwaartse zijde van de wadplaten en in de kwelders waar dan ook de hoogste concentraties van dit materiaal voorkomen²⁴. In de Waddenzee kunnen in de ondergrond ook kleilagen worden aangetroffen (Afbeelding 3.5).

²³ Oost, et al. (2017). Geomorphology. In: Wadden Sea Quality Status Report 2017.

²⁴ Postma, H., 1961. Transport and accumulation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res., 1, 148-190.

3.2.3 Hydrodynamica

Noordzee

De waterbeweging op de Noordzee wordt gedreven door wind en getij. De gemiddelde getijslag is 2,2 meter ter hoogte van Ameland en neemt toe richting het oosten. De dominante getijdestroming op de tracédelen in de Noordzee is kustlangs gericht, tijdens vloed stroomt het naar het oosten en tijdens eb naar het westen. De stroomsnelheden tijdens vloed zijn over het algemeen hoger dan tijdens eb en zijn maximaal 0,5 m/s tot 1,0 m/s (dieptegemiddelde stroomsnelheden onder invloed van wind en getij). De dominante golfrichting in het Noordzee deel van het plangebied is west tot noordwest en tijdens stormen kunnen golven hoger dan 10 meter voorkomen.

Waddengebied

Het water in de Noordzeekustzone wordt beïnvloed door rivierafvoer van de Rijn, Maas, Schelde en Eems en kent sterke schommelingen in temperatuur en saliniteit gedurende het jaar. Het water in dit gebied wordt voortdurend uitgewisseld met de Waddenzee, maar mengt slechts beperkt met diepere delen van de Noordzee²⁵. De getijgolf loopt via de zeegaten de Waddenzee binnen en zorgt voor een doorlopende uitwisseling van water (en zwevende stoffen) tussen de Waddenzee en de Noordzee. Zo stroomt er tussen de Waddeneilanden Ameland en Schiermonnikoog (de zeegaten Pinkegat en Zoutkamperlaag) iedere getijcyclus ongeveer 300 miljoen kubieke meter (Mm³) water de Waddenzee in en uit. De waterstandsverschillen tussen hoog en laag water leiden tot het droogvallen van 60 % tot 80 % van de Waddenzee bij laagwater²⁶. Stroomsnelheden zijn het grootst in de permanent onderwater staande geulen en nemen toe richting het zeegat en buitendelta. Op de wadplaten en dichtbij de kust is de stroomsnelheid laag. Golven in de Waddenzee worden grotendeels lokaal opgewekt en zijn lager dan op de Noordzee door de beschutting die geboden wordt door de Waddeneilanden en buitendelta's. Het verkleinde natte wateroppervlak tijdens laagwater en de te allen tijde beperkte waterdiepte boven de platen zorgt ervoor dat de golven in dit gebied beperkt blijven in hoogte.

Vanuit het IJsselmeer, de Eems, Lauwersoog en enkele kleinere gemalen wordt zoet water naar de Waddenzee geleid. Het zoutgehalte van het Waddenzeewater is zeer variabel in ruimte en tijd. Zowel zoet water (rivierafvoer, spuisluisen) als zout water met een partical salinity unit (psu) van 30 tot 35 komt voor (Noordzeekustzone). Het gemiddelde zoutgehalte in de Waddenzee is 20 tot 30 psu.

Van nature is het water in de Waddenzee relatief troebel door een continue aanvoer van slib dat langs de Hollandse kust naar het noorden verplaatst en bezinkt in laag-energetische delen van de Waddenzee (met lage stroomsnelheden en golven). Typische sedimentconcentraties in de oostelijke Waddenzee zijn 20-100 mg/l, maar kunnen oplopen tot een veelvoud hiervan tijdens stormen wanneer door golven veel bodemmateriaal wordt omgewoeld. Ook algenbloei zorgt voor perioden met bovengemiddeld troebel water.

3.2.4 Zeebodemkwaliteit

In de Noordzee en Waddenzee zijn in de huidige situatie geen verontreinigingen van de zeebodem bekend.

3.3 Autonome ontwikkelingen

Autonome ontwikkelingen zijn de activiteiten die plaatsvinden of zullen plaatsvinden, ook al gaat de voorgenomen activiteit niet door. Dit zijn alleen overheidsplannen en gebiedsactiviteiten waarover al een formeel besluit is genomen (bestemmingsplan, projectbesluit) en die binnen een afzienbare tijd tot uitvoering kunnen worden gebracht. In en rondom het plangebied zijn diverse ontwikkelingen waar bij de aanleg van de tracéalternatieven en het transformatorstation rekening mee moet worden gehouden. Een volledig overzicht

²⁵ Ministeria van I&W (2016). Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone periode 2016-2022.

²⁶ Stive, M.J.F & Eysink, W.D. (1989). Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090, fase 3. Deelrapport 3.1: Dynamisch model van het Nederlandse kuststelsel. Hydraulic Engineering Reports, Deltares.

van autonome ontwikkelingen is opgenomen in bijlage II bij het hoofdrapport. Onderstaande paragrafen beschrijven de autonome ontwikkelingen die relevant zijn voor het aspect Bodem en Water op zee.

3.3.1 Autonome ontwikkelingen Noordzee

Zandwinning Noordzee

Het gebied zeewaarts van de doorgaande NAP - 20m lijn en landwaarts van de 12-nautische mijlgrens is aangewezen als reserveringsgebied voor zandwinning. Binnen dit reserveringsgebied zijn nieuwe zoekgebieden voor zandwinning aangewezen. In 2018 is het MER Winning suppletiezand Noordzee 2018 tot en met 2027' en het MER 'Winning ophoogzand Noordzee 2018 tot en met 2027' gepubliceerd. Inmiddels is de MER procedure afgerond en de ontgrondingsvergunning voor de periode 2018-2027 afgegeven.

Basiskustlijn

Nederland heeft van nature een eroderende kust; er verdwijnt meer zand dan dat er wordt aangevoerd. In 1990 is gekozen voor het dynamisch handhaven van de kustlijn en is de basiskustlijn vastgesteld. Wanneer de kust op een locatie structureel achter de basiskustlijn ligt wordt de kust lokaal aangevuld met zandsuppleties. Dit geldt niet voor de oostelijke uiteinden van de Waddeneilanden Ameland en Schiermonnikoog²⁷ waar structurele erosie wel wordt geaccepteerd. Dit heeft implicaties voor de vereiste begraafdiepte van de kabels indien deze over dit deel van de eilanden loopt. De basiskustlijn is sinds vaststelling in 1990 enkele malen aangepast. Behalve voor het handhaven van de basiskustlijn worden ook suppleties uitgevoerd om het kustfundament (tot NAP -20 m) mee te laten stijgen met de stijgende zeespiegel.

3.3.2 Autonome ontwikkelingen Waddengebied

Herstel van kwaliteit van permanent overstromde zandbanken (sublitoraal) en van slik- en zandplaten (litoraal)

In de Waddenzee geldt een verbeteropgave voor de 'instandhouding van permanent overstromde zandbanken'. Om dit te bereiken wordt het geleidelijk afbouwen van de bodem beroerende mosselzaadvisserij voortgezet zodat meerjarige mosselbanken beter kunnen ontwikkelen. Ook geldt een verbeteropgave voor de kwaliteit van het habitatype slik- en zandplaten (litoraal). Om dit te realiseren is een herstel van droogvallende mosselbanken en zeegrasvelden noodzakelijk.

Verbetering kweldervegetatie

De kwelders langs de vastelandskust van de Waddenzee vertonen te weinig dynamiek, de vegetatie op de hogere delen van de kwelder hebben een lage biodiversiteit en vertonen verruiging. Momenteel worden maatregelen getroffen om de verruiging tegen te gaan zoals het aanpassen van de begrazing en het beperken van de ontwatering. Overwogen wordt om lokaal delen van het hoge en verruigde kwelderlandschap af te graven en zo pionierskwelders te creëren. Daarbij wordt ook gekeken naar mogelijkheden om middels pilot projecten de randen van het wad te 'verzachten' door meer geleidelijke zoetzoutovergangen te creëren. Hierover is echter nog geen besluit genomen, wordt dit in het project niet meegenomen als autonome ontwikkeling.

Baggeronderhoud

In de Waddenzee worden baggerwerkzaamheden uitgevoerd om de geulen en havens op voldoende diepte voor de scheepvaart te houden. Daarbij geldt dat een deel van het zand dat vrijkomt bij het vaarwegonderhoud aan de Waddenzee en Noordzeekustzone mag worden onttrokken voor de zandhandel. Rijkswaterstaat heeft in 2016 een besluitvormingstraject in gang gezet om deze vorm van onttrekking van zand aan de Waddenzee vanaf 2018 geleidelijk af te bouwen. De achterliggende filosofie is dat het wenselijk is om zoveel mogelijk sediment in het systeem te houden.

²⁷ Bron: <https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/geoweb51/index.html?viewer=Kustlijnkaart.Webviewer>.

4

METHODIEK

Dit hoofdstuk licht toe hoe de effectbeoordeling in dit MER plaatsvindt voor het aspect Bodem en Water op zee. Paragraaf 4.1 beschrijft de relevante ingrepen en de effecten die daaruit voortvloeien, dit zijn de ingreep-effectrelaties. Op basis van de belangrijkste effecten is het beoordelingskader opgesteld en concreet gemaakt (paragraaf 4.2). Paragraaf 4.3 licht per criterium de onderzoeks aanpak en beoordelingsmethodiek voor MER fase 1 nader toe.

4.1 Relevante ingreep-effectrelaties

Deze paragraaf beschrijft de belangrijkste ingreep-effectrelaties uitgesplitst naar de gebieden Noordzee, Waddenzee en het land. Een ingreep-effectrelatie beschrijft welke effecten op hoofdlijnen te verwachten zijn op de bodemdynamiek door aanleg van het NOZ TNW.

Ingrepen die tijdens de aanlegfase de zeebodem beïnvloeden hebben in potentie negatieve afgeleide effecten (bijvoorbeeld door vertroebeling) voor natuur. In dit rapport worden de ingrepen en gevolgen beschreven. Daarnaast worden in dit deelrapport enkel de effecten beoordeeld die direct van invloed zijn op de bodemdynamiek. Afgeleide effecten van ingrepen die in dit rapport beschreven worden (zoals vertroebeling), zijn beoordeeld in het deelrapport Natuur.

In het plangebied geldt dat er een koppeling is tussen de hydrodynamica, de bodemsamenstelling en de bodemvormen in het plangebied. De omvang van de werkzaamheden is niet dusdanig dat deze leiden tot een verandering van de hydrodynamica, dat daarom als een extern gegeven beschouwd is.

4.1.1 Noordzee

Tabel 4.1 toont een overzicht van de te verwachten ingreep-effectrelaties voor het aspect Bodem en Water op de Noordzee.

Tabel 4.1 Overzicht van ingreep-effectrelaties op de Noordzee voor het aspect Bodem en Water op zee

Ingreep	Projectfase		Gevolg	Effect	Criterium
	Aanleg	Gebruik			
zeebodem-voorbereiden voorafgaand aan kabelleggen	X		opwoeling sediment en vertroebeling	effect van vertroebeling op beschermde dier en plantensoorten	zie deelrapport natuur
kabels ingraven	X		opwoeling sediment en vertroebeling	effect van vertroebeling op beschermde dier en plantensoorten	zie deelrapport natuur
			verplaatsing van bodemmateriaal	verandering/beschadiging van bodemvormen en effect op	invloed op bodemdynamiek

	Projectfase				
Ingrep	Aanleg	Gebruik	Gevolg	Effect	Criterium
				bodemontwikkeling en bodemsamenstelling	

4.1.2 Waddengebied

De activiteiten in de Waddenzee verschillen sterk van die op de Noordzee en verschillen ook sterk per tracé naar de Waddeneilanden en door de Waddenzee. Doordat de bodem van de Waddenzee in de tijd verandert is de bodemhoogte ter plaatse van de kabels in de Waddenzee variabel. Om voldoende begraafdiepte te waarborgen voor de gehele levensduur van de kabels moet op verscheidene plaatsen langs de tracés gebaggerd worden. Daarnaast moeten er extra maatregelen genomen worden. Dit geldt voor de plaatsen waar de kabels de kust kruisen (zowel op de Waddeneilanden als bij de kust van de vaste wal), grote verschillen in waterdiepte en begraafdiepte moeten worden overwonnen en waar bestaande kabels en leidingen gekruist worden. Bijvoorbeeld door het toepassen van damwand-geulen (kofferdam) of een Horizontaal Gestuurde Boring (HDD). Tabel 4.2 toont een overzicht van de te verwachten ingreep-effectrelaties voor het aspect Bodem en Water in het Waddengebied.

Tabel 4.2 Overzicht van ingreep-effectrelaties in het Waddengebied voor het aspect Bodem en Water op zee

	Projectfase				
Ingrep	Aanleg	Gebruik	Gevolg	Effect	Criterium
zeebodem-voorbereiden voorafgaand aan kabelleggen (bijv. baggeren van tijdelijke geul ten behoeve van kabelinstallatie)	X		opwoeling sediment en vertroebeling	effect van vertroebeling op beschermde dier en plantensoorten	zie deelrapport natuur
			verplaatsing van bodemmateriaal	natuurlijke sedimentatie van tijdelijke geul	invloed op bodemdynamiek
				mogelijk beïnvloeding verloop van geulen	
			mogelijke beïnvloeding van kustdynamiek	invloed op bodemdynamiek	
kabels ingraven	X		opwoeling sediment en vertroebeling	effect van vertroebeling op beschermde dier en plantensoorten	zie deelrapport natuur
			sporen op wadbodem	verandering/beschadiging van bodemvormen en effect op bodemontwikkeling en bodemsamenstelling	invloed op bodemdynamiek
kruisen met bestaande kabels en leidingen	X		opwoeling sediment en vertroebeling	effect van vertroebeling op beschermde dier en plantensoorten	zie deelrapport natuur
			X	aanleg van beschermende steen bestorting	invloed op bodemdynamiek
				uitvoeren van HDD	

4.2 Beoordelingskader en -criteria

Tabel 4.3 toont het beoordelingskader voor het beoordelen van de tracéalternatieven op de Noordzee en in het Waddengebied.

Tabel 4.3 Beoordelingskader tracéalternatieven op zee

Aspect	Criterium	Methode
bodemdynamiek	invloed op bodemdynamiek	om de invloed van het project op vertroebeling te bepalen is een berekening met stromingsmodellen (en golfmodellen) en kwalitatieve analyse uitgevoerd.
		de invloed op bodemvormen, bodemsamenstelling en bodemontwikkeling en de invloed op kustdynamiek en zandsuppleties zijn kwalitatief beschreven.
bodemkwaliteit	invloed op de zeebodemkwaliteit	bureaustudie op basis van historische data

4.3 Onderzoeksaanpak

Deze paragraaf beschrijft per criterium de aanpak van het onderzoek, het bijbehorende studiegebied en de maatlat voor de beoordeling.

4.3.1 Bodemdynamiek

Voor de beoordeling van de invloed op de bodemdynamiek zijn drie typen effecten relevant:

- effect op vertroebeling en sedimenttransport;
- effect op bodemsamenstelling, bodemvormen en bodemontwikkeling;
- effect op kustdynamiek en zandsuppleties.

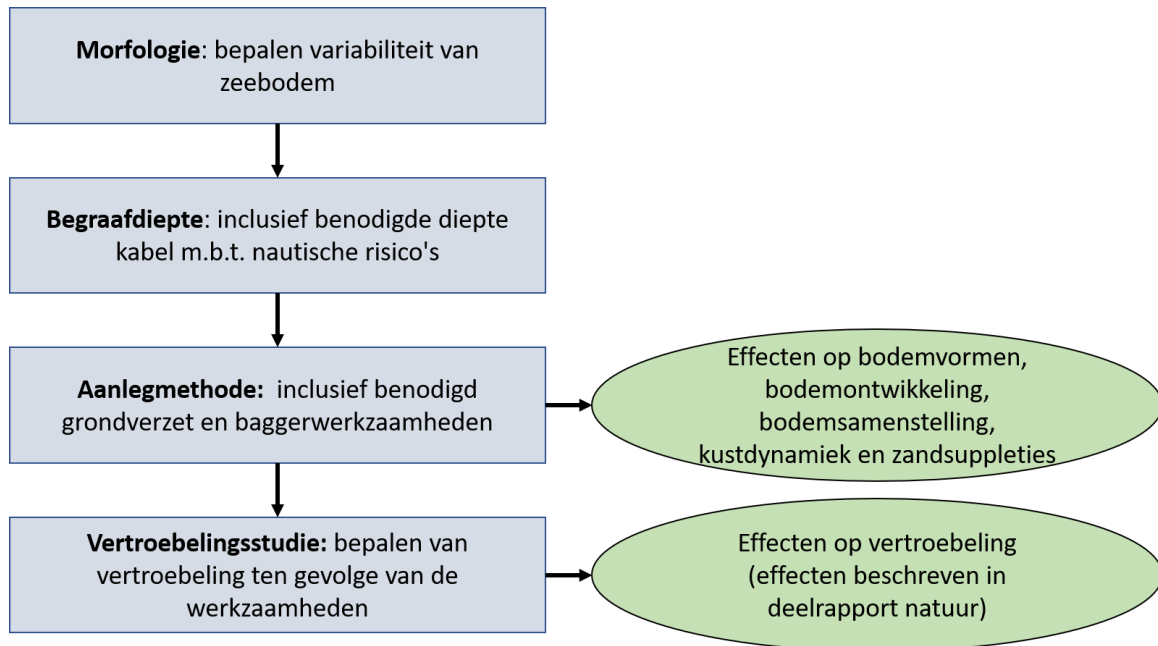
De effecten worden beoordeeld op basis van de resultaten van een omvattende studie. De onderstaande sectie beschrijft de wijze waarop deze studie is uitgevoerd.

Methode

Voor het bepalen van onderscheidende effecten van de verschillende tracés op de bodemdynamiek moet de benodigde begraafdiepte voor verschillende tracés worden bepaald. De begraafdiepte is immers bepalend voor de benodigde werkzaamheden (inclusief eventuele voorbereidende baggerwerkzaamheden) om de kabels aan te leggen. Doordat de morfologische dynamiek van het plangebied ruimtelijk sterk verschilt is de benodigde begraafdiepte en aanlegmethode langs de tracés ook verschillend. Er moet bijvoorbeeld op enkele locaties ter voorbereiding een geul gebaggerd worden voordat de kabels geïnstalleerd worden. Op andere locaties kan de kabels zonder voorbereidende graafwerkzaamheden aangebracht worden. De benodigde werkzaamheden zijn bepalend voor de effecten op de bodemdynamiek.

Afbeelding 4.1 presenteert het stappenplan dat is doorlopen om de effecten van de aanleg van de kabels te bepalen. In de gebruiksfase zijn de kabels begraven en om die reden hebben ze dan geen effect op de bodemdynamiek.

Afbeelding 4.1 Stappenplan voor het bepalen van de effecten op de bodemdynamiek.



Morfologie

De morfologische dynamiek van het plangebied is in kaart gebracht op basis van historische bathymetrische survey data, tussen 1979 en 2017, beschikbaar via de zogenaamde vaklodingen dataset. De vaklodingen bestaan uit bodemhoogtemetingen van onder andere de Waddenzee en een deel van de Noordzee. Deze worden in een cyclus van zes jaar ingemeten tot een diepte van ongeveer -20 meter NAP. De buitendelta's worden iedere drie jaar ingemeten. De vaklodingen zijn geïnterpoleerd naar een rooster met een resolutie van 20 meter bij 20 meter en beschikbaar via Rijkswaterstaat.

Met behulp van de vaklodingen data is een 'morfologisch ontwerpprofiel' vastgesteld. Dit is het bodemniveau waarvoor geldt dat de kans klein is dat de bodem tijdens de levensduur van de kabels onder dit niveau komt te liggen. Hiervoor zijn de bodemhoogtemetingen op verschillende manieren geanalyseerd. Daarbij is onder meer gekeken naar de historische bodemhoogtes in dwarsprofielen loodrecht op het tracéalternatief en in de langsrichting van de tracés. Bij het bepalen van het morfologisch ontwerpprofiel is ook rekening gehouden met historische trends, zoals de morfologische ontwikkeling van de Zoutkamperlaag (tracé Burgum oost). In dit gebied heeft de afsluiting van de Lauwerszee in 1969 grote invloed gehad op de morfologische ontwikkelingen in de voorbije decennia. De morfologische analyse waarmee het morfologisch ontwerpprofiel is bepaald wordt in detail beschreven in bijlage III.

Begraafdiepte

De benodigde begraafdiepte onder het morfologisch ontwerpprofiel is bepaald op basis van een risicogestuurde begraafdiepte analyse. Hierbij zijn de externe bedreigingen als gevolg van scheepvaart, visserij en zeebodemdynamiek in kaart gebracht en gekwantificeerd. Vervolgens is de begraafdiepte waarvoor geldt dat de risico's voor de bedrijfsvoering en de omgeving voldoen aan de gestelde criteria en wettelijke eisen overal langs de route bepaald.

Aanlegmethode

Op basis van de studies naar de benodigde begraafdiepte en de morfologische dynamiek is bepaald op welke diepte ten opzichte van de huidige bodemligging (dat wil zeggen de meest recente inmeting in de vaklodingen dataset) de kabels begraven moeten worden. Dit is bepalend voor de aanlegmethodiek. In een separate studie is bepaald werk materieel gebruikt kan worden om de kabels te leggen (zie bijlage III Aanlegtechnieken bij het hoofdrapport). Ook is bepaald met welke voorbereidende baggerwerkzaamheden rekening gehouden moet worden. Voor het bepalen van de baggervolumes is een marge opgenomen om te compenseren voor sedimentatie tussen het moment van de baggerwerkzaamheden en de plaatsing van de kabels. Voor de effectbeoordeling zijn de geulen die op enkele locaties langs de tracés gegraven moeten worden bestudeerd. De aanlegmethode is beschreven in bijlage III Aanlegtechnieken bij het hoofdrapport.

Vertroebelingstudie

De aanlegmethode is gebruikt als basis voor een vertroebelingsstudie. In deze studie is met behulp van hydrodynamische modellen van stroming en golven de vertroebeling van het sediment in de waterkolom en de sedimenttransport ten gevolge van de aanleg van de kabels in beeld gebracht.

In de vertroebelingsstudie is gebruik gemaakt van twee DELWAQ modelschematisaties:

- DELWAQ-SPM_Eems-Dollard_j12_v01²⁸;
- DELWAQ-SPM_Waddenzee-PACE_j09_v01²⁹.

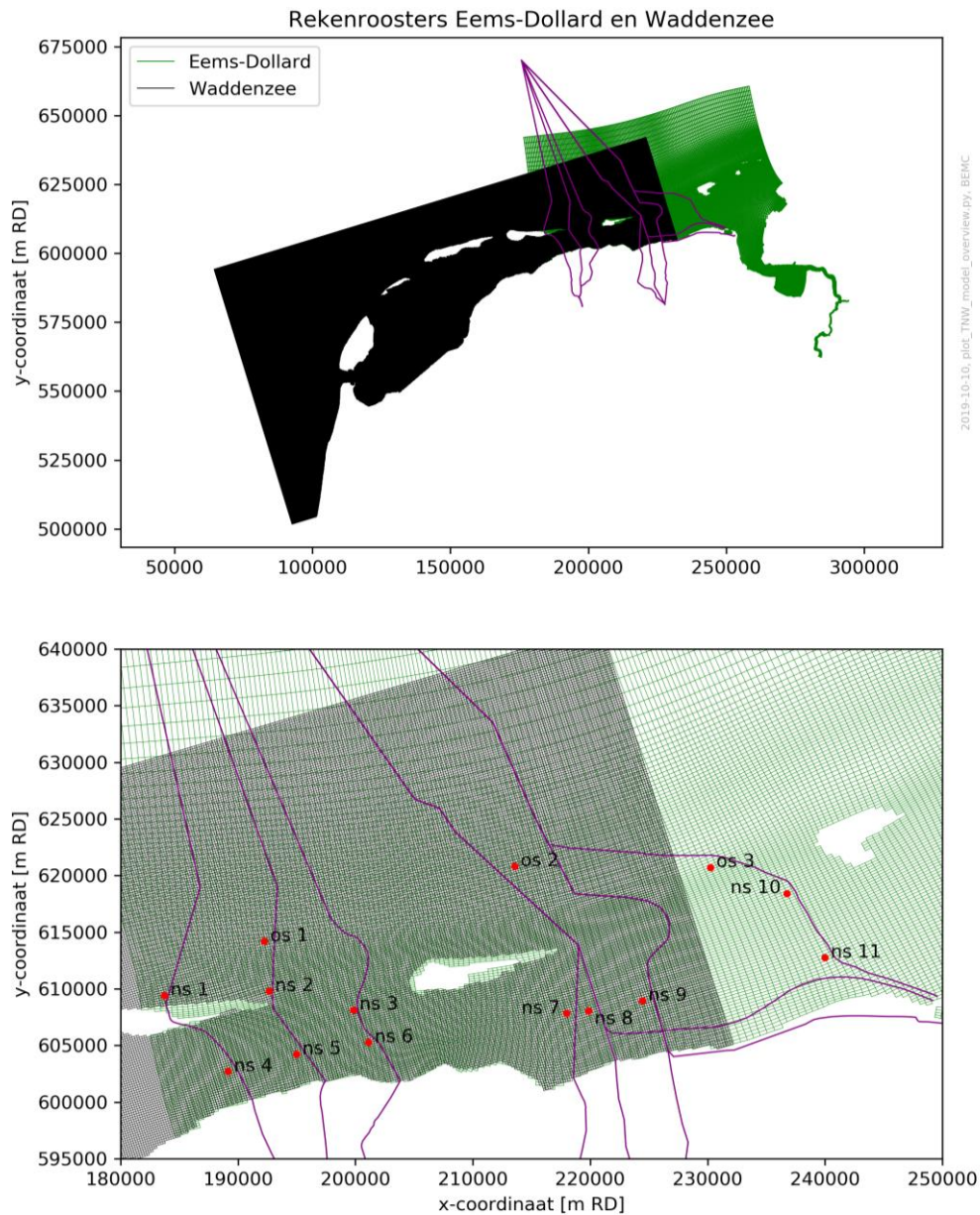
De modelschematisaties en de ligging ten opzichte van de tracéalternatieven is weergegeven in Afbeelding 4.2. In verband met de ligging van de randen van deze modelschematisaties is voor het bepalen van de vertroebeling en sedimentatie voor de tracéalternatieven Vierverlaten en Eemshaven de modelschematisatie van het Eems-Dollard estuarium gebruikt. Voor de Burgum tracés is het Waddenzeemodel toegepast.

De DELWAQ modellen maken gebruik van uitvoer van hydrodynamische modellen waarmee de stroming in het plangebied is afgeleid, zie bijlage I. De invloed van golfcondities is meegenomen in de bodemschuifspanning van de DELWAQ modellen.

²⁸ Bron: Van Maren, D. S., Van Kessel, T., Cronin, K., & Sittoni, L. (2015). The impact of channel deepening and dredging on estuarine sediment concentration. *Continental Shelf Research*, 95, 1-14.

²⁹ Bron: Van Kessel, T. 2015. DELWAQ-SPM_Waddenzee-PACE_j09_v01. Deltares, Delft, The Netherlands.

Afbeelding 4.2 Rekenroosters van het Eems-Dollard model (groen) en Waddenzee model (zwart), in het paars zijn de 9 tracé-alternatieven aangegeven (bovenste paneel). De rekenroosters van de modelschematisaties, ingezoomd op het interessegebied (onderste paneel)³⁰



In de simulaties wordt enkel de vertroebeling ten gevolge van ontgravingen beschouwd, waarbij de baggerwerkzaamheden als een continue sedimentbron in het model zijn geïmplementeerd. Voor het bepalen van de bronterm is onderscheid gemaakt tussen verschillende voorziene ontgravingstechnieken (hopper, cutter of backhoe/grijper). Bovendien is er rekening mee gehouden dat het slibpercentage in de ondergrond varieert binnen het plangebied. Zo ligt er op de buitendelta's voornamelijk zand en nauwelijks fijn sediment. In de Waddenzee is het slibpercentage hoger. De consequentie daarvan is dat er bij een gelijke bodemberoering meer slib in suspensie komt in de Waddenzee. Hier is in het onderzoek rekening mee gehouden door de lokale slibconcentratie in de ondergrond mee te nemen bij het bepalen van de bronterm.

³⁰ Tracévariant Burgum midden-west is niet doorgerekend, omdat de uitgangspunten en daarmee de onderzoeksresultaten overeenkomen met die van tracéalternatief Burgum midden. Daarom is tracévariant Burgum midden-west niet weergegeven in deze afbeeldingen.

De lokale slibconcentratie is daarbij afgeleid uit de Sedimentatlas van de Waddenzee³¹. Hieruit is de ruimtelijke variatie van sedimentkarakteristieken aan het oppervlak afgeleid. Aanbevolen wordt om in MER fase 2 ook de verticale bodemopbouw en eventuele gelaagdheid in het te ontgraven bodemmateriaal mee te nemen.

Effect op bodemvormen en bodemontwikkeling & effect op kustdynamiek en zandsuppleties

Op basis van de hoeveelheid grondverzet is een inschatting gemaakt van het effect op bodemvormen en bodemontwikkeling en het effect op kustdynamiek en zandsuppleties. Waar mogelijk is deze inschatting ondersteund met modelberekeningen.

Beoordelingsmethodiek

Tabel 4.4 presenteert de beoordelingsmethodiek voor het criterium invloed op bodemdynamiek.

Tabel 4.4 Beoordelingsmethodiek invloed op bodemdynamiek

Score	Betekenis	Wanneer toegekend
-	sterk negatief effect	de bodemvormen en bodemontwikkeling worden sterk beïnvloed door de voorgenomen activiteit en/of de kustdynamiek en daaraan gelieerde zandsuppleties worden sterk beïnvloed door de voorgenomen activiteit. Mitigerende maatregelen zijn niet beschikbaar of onvoldoende betrouwbaar
-	negatief effect	mitigatie is nodig om de effecten op bodemvormen en bodemontwikkeling of effecten op kustdynamiek en zandsuppleties tegen te gaan
0	geen effect	de effecten op de bodemdynamiek door de voorgenomen activiteit zijn beperkt en tijdelijk; er is geen mitigatie nodig en de effecten verdwijnen door natuurlijke dynamiek

4.3.2 Zeebodemkwaliteit

In de huidige situatie zijn geen verontreinigingen bekend. Indien toch sprake is van een bodemverontreiniging op zee, gaat het om een diffuse verontreiniging, die door de dynamiek op zee verspreid raakt. Daarom worden geen onderscheidende of sterk negatieve milieueffecten verwacht voor het criterium zeebodemkwaliteit. Dit criterium heeft daarom geen invloed op de keuze van een voorkeursalternatief en is niet nader onderzocht in MER fase 1. Op de locaties op het tracé van het VKA waar (pre-lay) baggerwerkzaamheden gepland staan, dient de bodemkwaliteit wel te worden onderzocht (MER fase 2).

³¹ Bron: Deltares (2015). Dataset documentation Sediment atlas wadden sea. Bezocht op 01-11-2019, via: <https://publicwiki.deltares.nl/display/OET/Dataset+documentation+Sediment+atlas+wadden+sea>

5

EFFECTBESCHRIJVING PER CRITERIUM (MER FASE 1)

Dit hoofdstuk beschrijft de effecten van de tracéalternatieven voor het aspect Bodem en Water op zee. De milieueffecten zijn beschreven per criterium, waarbij de effecten zijn verdeeld per deelgebied (Noordzee en Waddengebied). De effectbeoordeling van de tracéalternatieven is opgenomen in hoofdstuk 6.

5.1 Invloed op bodemdynamiek

5.1.1 Noordzee

Bodemvormen en bodemontwikkeling

Zoals reeds beschreven in Hoofdstuk 3 is er een groot verschil in bodemdynamiek binnen het plangebied. De bodemvormen op de Noordzee liggen op relatief grote waterdiepte en de variatie in bodemhoogte gedurende de levensduur van de kabels is in dit gebied beperkt. Daardoor kunnen de kabels in het Noordzee deel van het plangebied direct worden aangelegd zonder voorbereidende baggerwerkzaamheden. Voor alle tracéalternatieven geldt dat de oorspronkelijke bodemvormen die worden aangetast door de aanleg van de kabels binnen enige tijd herstellen. Dit komt doordat de autonome sedimentbeweging hier voldoende groot voor is, en door de koppeling tussen hydrodynamica, sediment transport en bodemvormen. De aanleg van de kabels gaat daarom de bodemontwikkeling op de Noordzee op de langere termijn niet beïnvloeden.

Ook geldt dat er geen onderscheid is in de bodemvormen die door de verschillende tracéalternatieven in het Noordzee deel van het plangebied doorkruist wordt. De bodemsamenstelling in de bovenste meters van de Noordzee is tamelijk uniform in het plangebied en bestaat voornamelijk uit zand dat daar tijdens het Holoceen neergeslagen is. Dieper onder de grond komt ook klei en grind voor. De verwachting is dat de kabel op de Noordzee niet onder de holocene deklaag wordt aangebracht. Hierdoor is geen effect op de bodemsamenstelling te verwachten.

De tracéalternatieven naar Vierverlaten en Eemshaven gaan wel door het gebied dat bekend staat onder de naam Borkumse Stenen. In dit gebied op de grens van Nederland en Duitsland ten noorden van Schiermonnikoog en Borkum liggen op delen van de zeebodem grote stenen en grind dat daar achtergebleven is in de Saalien ijstijd. Het gebied met een relatief grote dichtheid aan stenen en grind is echter beperkt en wordt door de tracéalternatieven vermeden. In een groot deel van het gebied bestaat de bodem uit zand, schelpenresten en kokerwormen³². Na aanleg van de kabels zal deze bodemsamenstelling zich na verloop van tijd herstellen.

Vertroebeling

De vertroebeling op de Noordzee ten gevolge van de aanleg van de kabels langs de tracéalternatieven is lokaal en tijdelijk. Daardoor is de verstoring na korte tijd niet meer te onderscheiden van de achtergrondconcentraties. Bovendien geldt dat de bodemsamenstelling in het Noordzeedeel van het plangebied tamelijk uniform is, waardoor geldt dat voor de tracéalternatieven geen onderscheidende aspecten te verwachten zijn. Er is veel ervaring met de aanleg van kabels op de Noordzee in vergelijkbare omstandigheden (bijvoorbeeld de BritNed kabels, en de kabels naar de offshore windparken Gemini en

³² Bron: <https://www.waddenvereniging.nl/wadweten/8787-de-onbekende-natuur-van-de-borkumse-stenen.html>.

Borssele) en de vertroebeling is daarbij beperkt gebleken. In dit kader is het ook relevant om te verwijzen naar de vergunning die verleend is voor de winning van suppletiezand in de Noordzee voor de periode 2018 tot 2027. Bij deze werkzaamheden wordt een veel groter volume aan bodemmateriaal beroerd dan voor de aanleg van de zeekabels nodig is en komt er meer fijn sediment in suspensie. De vertroebeling ten gevolge van deze werkzaamheden is op voorhand uitvoerig bestudeerd³³ en vergunbaar geacht.

5.1.2 Waddengebied

In het Waddengebied is een grote verscheidenheid aan bodemvormen en verwachte bodemhoogtevariatie tijdens de levensduur van de kabels. Rond de zeegaten treden de grootste variaties op, maar ook migrerende geulen elders in het Waddengebied zorgen potentieel voor grote veranderingen in de toekomstige bodemligging. Op het wad en in het gebied in de omgeving van de zeedijk van de Friese en Groningse kust is de bodem het minst variabel. Om de kabels op voldoende diepte aan te leggen worden de volgende werkzaamheden voorzien:

- 1 op de ondiepe delen van de Waddenzee (onder andere de eerste kilometers vanaf de dijk) worden de kabels ingegraven met een apparaat dat over het wad rijdt. Aangezien dit een zwaar apparaat betreft, laat deze sporen achter in het wad die (bij rustig weer) enkele weken zichtbaar kunnen blijven, ook op de droogvallende wadplaten. Na verloop van tijd verdwijnen deze sporen door natuurlijk sediment transport;
- 2 waar de geulen in de Waddenzee te diep zijn voor een rijdend apparaat wordt gebruik gemaakt van een ponton;
- 3 op enkele overgangen tussen geul en wad in de Waddenzee worden voor aanleg van de kabels transitiezones uitgegraven met een backhoe. Deze transitiezones zijn putten die nodig zijn voor het wisselen van installatietechniek tussen geul en wad.
- 4 op verschillende locaties wordt voor de aanleg van de kabels een geul gegraven of verdiept zodat er voldoende waterdiepte ontstaat voor het ponton vanaf waar de kabels worden ingegraven. De volumes die hierbij worden ontgraven en de methodes die hiervoor wordt gehanteerd verschillen. Bij het bepalen van de volumes aan voorbereidende baggerwerkzaamheden is rekening gehouden met sedimentatie van de geulen tijdens de aanlegfase.

De voorziene werkzaamheden voor de tracéalternatieven zijn weergegeven in Afbeelding 5.1 en Afbeelding 5.2. In bijlage III bij het hoofdrapport is de aanlegmethodiek voor elk tracéalternatief verder uitgewerkt. De baggervolumes die voortkomen uit deze aanlegmethodes verschillen sterk tussen de verschillende tracés, zie tabel.

Tabel 5.1 Benodigde baggervolumes voor de aanleg van de kabels per tracéalternatief

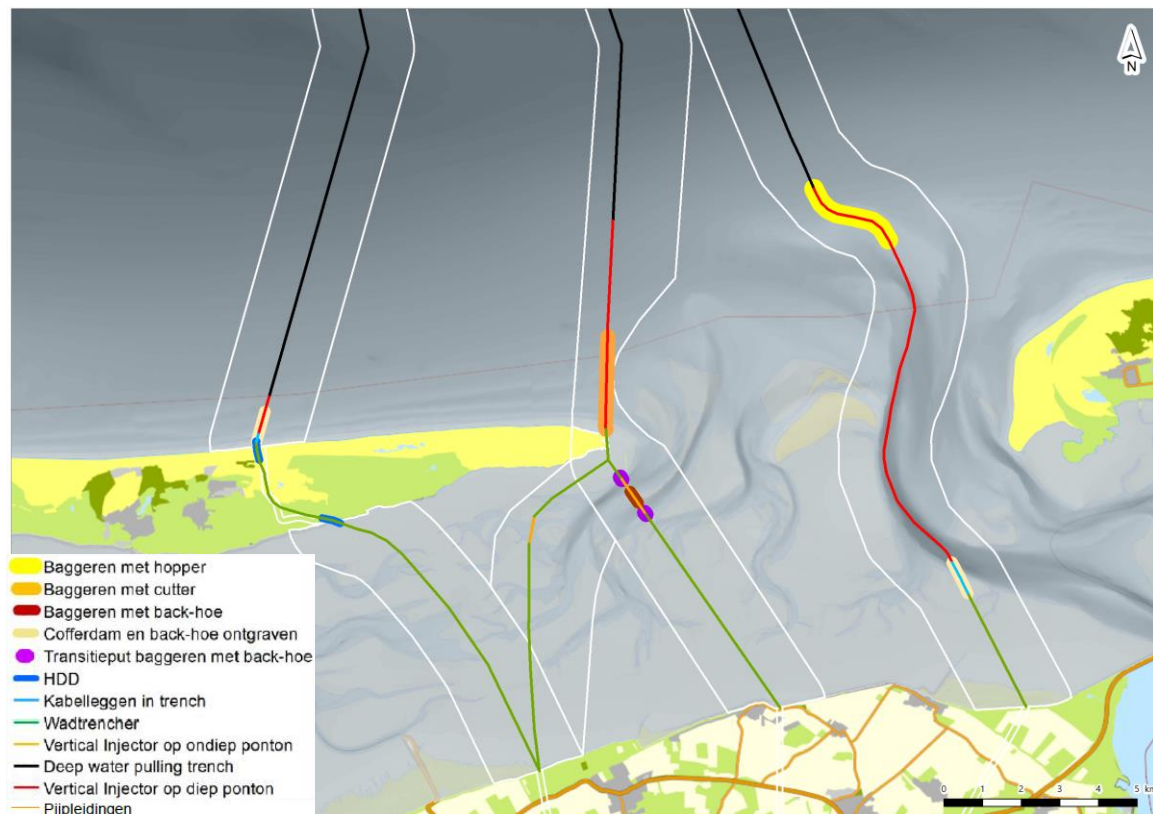
Tracéalternatief	Geschat volume voorbereidende baggerwerkzaamheden (m ³)
Burgum west	350.000
Burgum midden west ³⁴	2.000.000
Burgum midden	2.000.000
Burgum oost	2.750.000
Vierverlaten west	900.000
Vierverlaten midden	900.000
Vierverlaten oost	3.500.000
Eemshaven west	900.000

³³ Bron: MER winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027, via: <https://www.commissiener.nl/projectdocumenten/00003198.pdf>

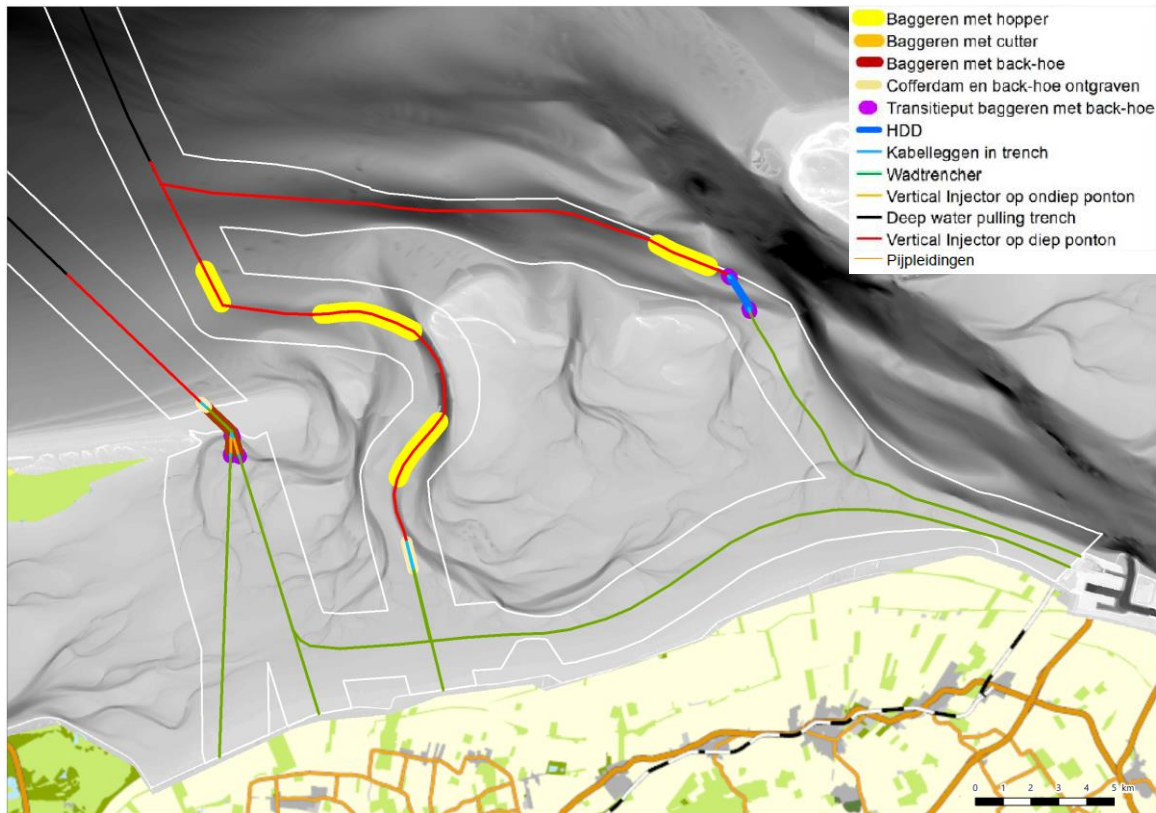
³⁴ Het baggervolume van variant Burgum midden-west is gebaseerd op de analyse voor het tracéalternatief Burgum midden.

Tracéalternatief	Geschat volume voorbereidende baggerwerkzaamheden (m ³)
Eemshaven midden	3.500.000
Eemshaven oost	200.000

Afbeelding 5.1 Aanlegmethodiek tracéalternatieven Burgum



Afbeelding 5.2 Aanlegmethodiek tracéalternatieven Viervelaten en Eemshaven



Tracéalternatieven Burgum

Bodemvormen en bodemontwikkeling

Voor het tracéalternatief Burgum west zijn de benodigde ontgravingen minimaal en wordt geen langetermijneffect op de bodemvormen en bodemontwikkeling voorzien. Een eventuele trench (verdieping voor aanleg van de kabels) die gegraven moet worden voor de overgang tussen de Noordzee en Ameland verzandt na verloop van tijd ten gevolge van het grote natuurlijke sedimenttransport in dit gebied. Het materiaal dat in deze geulen neerslaat zal voornamelijk bestaan uit zand, hetgeen overeenkomt met het bodemmateriaal dat natuurlijk aanwezig is in dit gebied. Daardoor zal de bodemsamenstelling in het gebied niet veranderen ten gevolge van de werkzaamheden. Hetzelfde geldt voor de (in omvang grotere) graafwerkzaamheden die voorzien worden op de buitendelta voor het tracéalternatief Burgum midden en de variant Burgum midden-west. De geul die voor deze tracéalternatieven gegraven wordt, kan langere tijd (meerdere maanden) zichtbaar blijven in het bodemprofiel van de buitendelta. Het verdiepen van de geul in de buitendelta voor het tracéalternatief Burgum oost heeft ook geen negatieve impact op de natuurlijke dynamiek (merk op dat deze geul momenteel ook op diepte wordt gehouden door Rijkswaterstaat om scheepvaartverkeer naar onder meer de haven van Lauwersoog te faciliteren).

Het is niet waarschijnlijk dat de transitieputten die op het wad gegraven worden door natuurlijke processen voldoende sedimenteren. In het geval deze na aanleg van de kabels weer dichtgemaakt worden met hetzelfde bodemmateriaal, hebben deze geen negatieve impact op de bodemvormen en bodemsamenstelling in het gebied.

Het valt niet uit te sluiten dat de grote ontgraving die nodig is om de overgang tussen geul en wad voor het tracéalternatief Burgum oost te realiseren, invloed heeft op de lokale bodemontwikkeling en bodemsamenstelling. Om deze reden moet ook deze ontgraving na aanleg van de kabels dichtgemaakt worden. Mogelijk is het herplaatsen van het sediment van invloed op de erosiebestendigheid van de geulwand.

Vertroebeling en sediment transport

De vertroebeling die ontstaat ten gevolge van de aanleg van de kabels langs de tracéalternatieven naar Burgum is beperkt. Dit komt doordat het slibgehalte van het merendeel van het sediment dat ontgraven wordt voor deze alternatieven laag is. Sedimentpluimen (toename van concentratie groter dan 5 mg/l) die ontstaan tijdens de werkzaamheden hebben een oppervlak van maximaal enkele vierkante kilometers. Na het beëindigen van de werkzaamheden verdwijnen de sedimentpluimen binnen enkele dagen. De effecten van de vertroebeling worden verder beschouwd en beoordeeld in het deelrapport Natuur.

Kustdynamiek en zandsuppleties

De tracéalternatieven Burgum hebben geen effect op de kustdynamiek en de zandsuppleties, mits er netto geen sediment uit het kustfundament (tot NAP -20m) verwijderd wordt. Ook mag er netto geen sediment van het ondiepere gebied waar zich de brekerbanken bevinden naar dieper water verplaatst worden. De geulen en trenches die gegraven worden in het kustgebied sedimenteren op natuurlijke wijze ten gevolge van het grote sediment transport in het gebied. Het te ontgraven sediment dient ten westen van de werkzaamheden gestort te worden zodat er voldoende sediment beschikbaar is voor dit natuurlijke proces.

Tracéalternatieven Vierverlaten en Eemshaven

Bodemvormen en bodemontwikkeling

De benodigde ontgravingen voor de tracéalternatieven Vierverlaten west, Vierverlaten midden en Eemshaven west zijn beperkt. De grootste volumes worden ontgraven op de oostpunt van het eiland Schiermonnikoog. In het verleden heeft op deze locatie het zeegat gelegen. Om die reden is hier rekening gehouden met een potentieel grote verandering in bodemhoogte, waardoor de kabels niet zonder voorbereidende werkzaamheden op de juiste diepte gebracht kunnen worden. De aanleg van de kabels heeft geen grote invloed op de lokale bodemvormen, bodemsamenstelling en bodemontwikkeling mits het ontgraven materiaal teruggeplaatst wordt en voorkomen wordt dat op enig moment tijdens de werkzaamheden een geul ontstaat die de Noordzee met de Waddenzee verbindt.

Voor de tracéalternatieven Vierverlaten oost en Eemshaven midden moet de geul op verschillende plaatsen verdiept en verruimd worden. Na aanleg van de kabels neemt deze geul zijn oorspronkelijke vorm weer aan. Dit komt doordat de doorsneden van een geul bepaald wordt door de balans tussen getijdestroming en sedimenttransport en er voldoende natuurlijk sedimenttransport plaatsvindt in dit gebied. Het valt in dit gebied niet uit te sluiten dat het materiaal dat neerslaat in de verruimde geul een andere samenstelling heeft dan het ontgraven materiaal. Daarmee kan de geulverruiming dus tot een verandering in bodemsamenstelling leiden. De ontgraving om de overgang tussen geul en wad te realiseren is beperkt in omvang en heeft geen lange termijn effect.

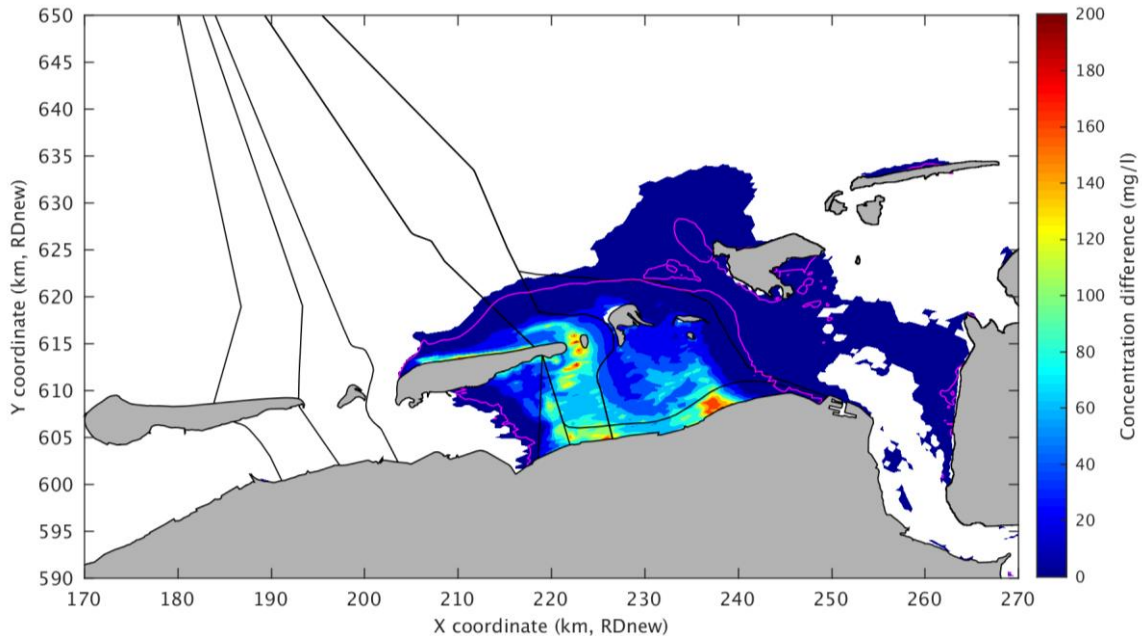
Vertroebeling en sediment transport

Alleen de voorbereidende baggerwerkzaamheden voor de tracéalternatieven Vierverlaten oost en Eemshaven midden leiden tot forse vertroebeling (betreft dezelfde werkzaamheden) ten opzichte van de achtergrond vertroebeling (typisch 20-100 mg/l). Voor deze alternatieven wordt een geul in de Waddenzee verdiept en ruimer gemaakt voor het materieel waarmee de kabels geplaatst kunnen worden. Hiervoor moeten grote volumes sediment worden ontgraven in een gebied waar het slibpercentage in de bodem relatief groot is. De twee sedimentpluimen (toename van concentratie >5 mg/l) die hierbij ontstaan hebben een omvang van ongeveer 30 km bij 20 km en respectievelijk 15km bij 15 km. Afbeelding 5.3 presenteert de maximale dagelijks gemiddelde toename van de concentratie voor de werkzaamheden met de grootste impact. De maximale toename van de dagelijkse gemiddelde waarde is op verschillende locaties groter dan 150 mg/l. De verhoogde concentraties ten gevolge van deze werkzaamheden zijn enkele weken tot maanden na de werkzaamheden nog waar te nemen.

De vertroebeling ten gevolge van de overige werkzaamheden voor de tracéalternatieven Vierverlaten en Eemshaven is beperkt. Dit komt doordat het merendeel van deze werkzaamheden wordt uitgevoerd met een backhoe. Deze heeft een lage productie en bij deze werkzaamheden wordt geen overflow toegepast waardoor de hoeveelheid slib die per tijdseenheid in de waterkolom belandt klein is. Daarnaast zijn de volumes die ontgraven worden klein. Sedimentpluimen (toename van concentratie groter dan 5 mg/l) die ontstaan tijdens de werkzaamheden hebben een oppervlak van maximaal enkele vierkante kilometers. Na

het beëindigen van de werkzaamheden verdwijnen de sedimentpluimen binnen enkele dagen. De effecten van de vertroebeling worden verder beschouwd en beoordeeld in het deelrapport natuur.

Afbeelding 5.3 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 40. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer³⁵



Kustdynamiek en zandsuppleties

De tracéalternatieven Vierverlaten en Eemshaven hebben geen effect op de kustdynamiek en de zandsuppleties, mits er netto geen sediment uit het kustfundament (tot NAP -20 m) verwijderd wordt. Ook mag er netto geen sediment van het ondiepere gebied waar zich de brekerbanken bevinden naar dieper water verplaatst worden. Aangezien het netto sediment transport langs de Waddeneilanden oostwaarts is hebben de tracéalternatieven Vierverlaten oost, Eemshaven midden en Eemshaven oost geen interactie met de basiskustlijn (dat loopt tot ongeveer halverwege Schiermonnikoog). Voor alle alternatieven geldt dat de geulen en trenches die gegraven worden in het kustgebied op natuurlijke wijze sedimenteren ten gevolge van het grote sediment transport in het gebied. Het te ontgraven sediment dient ten westen van de werkzaamheden gestort te worden zodat er voldoende sediment beschikbaar is voor dit natuurlijke proces.

³⁵ Tracévariant Burgum midden-west is niet doorgerekend, omdat de uitgangspunten en daarmee de onderzoeksresultaten overeenkomen met die van tracéalternatief Burgum midden. Daarom is tracévariant Burgum midden-west niet weergegeven in deze afbeeldingen.

6

EFFECTBEOORDELING BODEM EN WATER OP ZEE

Dit hoofdstuk presenteert per tracéalternatief de effectbeoordeling voor de criteria van het aspect Bodem en Water op zee. Deze effectbeoordeling brengt de worst-case milieueffecten in beeld. Het project heeft geen sterk negatieve effecten op het aspect Bodem en Water op zee. Wel verschillen de effecten op dit aspect tussen de alternatieven. De effecten die onderscheidend zijn beoordeeld, zijn ook opgenomen in het MER hoofdrapport. Vanuit het deelrapport Bodem en Water op zee is voor de tracéalternatieven het criterium 'invloed op bodemdynamiek' daarom opgenomen in het hoofdrapport.

6.1 Concluderende beoordelingstabel tracéalternatieven

Onderstaande tabel bevat de effectbeoordeling voor alle tracéalternatieven op het aspect Bodem en Water op zee. De tekst onder de tabel geeft een toelichting op deze effectbeoordeling.

Tabel 6.1 Effectbeoordelingstabel tracéalternatieven voor optimalisaties

	BGM west	variant BGM midden-west	BGM midden	BGM oost	VVL west	VVL midden	VVL oost	EEM west	EEM midden	EEM oost
Bodemdynamiek										
invloed op bodemdynamiek	0	-	-	-	-	-	0	-	0	0

Voor de tracéalternatieven Burgum west, Vierverlaten oost, Eemshaven midden en Eemshaven oost zijn de effecten marginaal. Voor de tracéalternatieven Burgum west en Eemshaven oost is het volume aan ontgravingen beperkt en door natuurlijke processen herstellen de bodemvormen zich snel. De werkzaamheden leiden slechts tot zeer beperkte (in duur en omvang) verhogingen van de achtergrondconcentraties. Daarom zijn tracéalternatieven Burgum west en Eemshaven oost als neutraal (0) beoordeeld.

Voor tracéalternatieven Vierverlaten oost en Eemshaven midden moeten grote volumes sediment worden ontgraven met een hoog slibgehalte. Hierdoor ontstaan grote sedimentpluimen. De effecten van deze sedimentpluimen op natuur worden beoordeeld in het deelrapport Natuur. De effecten op de bodemvormen zijn beperkt, al kan lokaal een verandering van bodemsamenstelling optreden. De overgang van het wad naar de geul vergt slechts een beperkte ontgraving en heeft geen effect op de bodemvormen. Daarom zijn tracéalternatieven Vierverlaten oost en Eemshaven midden als neutraal (0) beoordeeld.

Voor de tracéalternatieven Burgum midden, Burgum oost, variant Burgum midden-west, Vierverlaten west, Vierverlaten midden en Eemshaven west zijn de effecten op de bodemdynamiek beperkt. Voor tracéalternatief Burgum midden en variant Burgum midden-west wordt een groot sedimentvolume ontgraven ten noorden van Ameland. Deze ontgraving kan maanden zichtbaar blijven in de bodem van de

buitendelta. De transitieputten op het wad moeten na aanleg van de kabels dichtgemaakt worden. Tracéalternatief Burgum midden en variant Burgum midden-west zijn daarom als negatief (-) beoordeeld. Bij de aanleg van tracéalternatief Burgum oost wordt een groot sedimentvolume ontgraven in het Westgat, maar dit heeft geen effect op de lokale morfodynamiek en bodemsamenstelling. Op voorhand valt echter niet uit te sluiten dat de grote ontgraving om de overgang tussen de geul en de wadplaten te realiseren geen negatief effect zal hebben zonder mitigatie. Dit tracéalternatief is daarom als negatief (-) beoordeeld.

Voor de tracéalternatieven Vierverlaten west en midden en voor Eemshaven west wordt een groot sedimentvolume ontgraven om de kabels over de oostpunt van Schiermonnikoog aan te leggen. Voorzorgsmaatregelen zijn nodig om te voorkomen dat hierdoor een geul tussen Noordzee en Waddenzee ontstaat. De transitieputten op het wad moeten na aanleg van de kabels dichtgemaakt worden. Deze tracéalternatieven zijn daarom als negatief (-) beoordeeld.

7

OPTIMALISATIES TRACÉALTERNATIEVEN

Dit hoofdstuk presenteert de mogelijkheden om sterk negatieve effecten (--) te voorkomen. Deze sterk negatieve effecten vormen een risico voor de uitvoerbaarheid van het tracé- of stationslocatiealternatief. De noodzakelijke optimalisaties en maatregelen die in dit hoofdstuk zijn beschreven, worden als uitgangspunt meegenomen bij de uitwerking van het VKA. Maatregelen om negatieve effecten te beperken of voorkomen, worden uitgewerkt voor het voorkeursalternatief in MER fase 2.

7.1 Door te voeren optimalisaties

Voor het milieuaspect Bodem en Water op zee zijn effecten beperkt, mits netto geen sediment uit het kustfundament (tot NAP -20 m) verwijderd wordt. De effecten zijn daarom niet als sterk negatief (--) beoordeeld en vormen daarmee geen risico voor de uitvoerbaarheid van de tracéalternatieven. Daarom is er geen aanleiding om in deze fase van het project optimalisaties door te voeren.

Bijlage(n)



BIJLAGE: MORFOLOGISCHE STUDIE

NOTITIE

Onderwerp Hydrodynamica en golfcondities rondom de tracés
Project Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden
Opdrachtgever TenneT TSO B.V. en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectcode 114227-3.33
Status Concept 02 - 95%-versie
Datum 13 maart 2020
Referentie 114227-3.33/20-004.118
Auteur(s) ir. Cas van Bemmelen

Gecontroleerd door dr. Wim Ridderinkhof
Goedgekeurd door drs.ing. P.T.W. Mulder
Paraaf

Bijlage(n) Stromingsrozen
Golfrozen, scatter diagrammen en overschrijdingskansen golfhoogte
Golfcondities per seizoen (rozen en kans van overschrijding)

Aan TenneT TSO B.V.
Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

Kopie -

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Deze studie is uitgevoerd in het kader van de milieu effect rapportage (MER) Fase 1 Ten noorden van de Waddeneilanden. In deze studie wordt met behulp van modelberekeningen de hydrodynamica en golfcondities langs 9 tracé-alternatieven inzichtelijk gemaakt. De uitkomsten van deze studie worden onder andere gebruikt als invoer voor het bepalen van de vertroebelingsstudie binnen de MER.

1.2 Doel

Het doel van deze hydrodynamische studie is het geven van een kwantitatief inzicht in hydrodynamica en golfcondities langs de tracé-alternatieven. Verder dienen de resultaten van deze studie als invoer voor het bepalen van:

- de installatiemethode;
- de trenchdynamica;

- vertroebeling en verstikking.

2 AANPAK

De hydrodynamische berekeningen in deze studie zijn uitgevoerd met het modelleerprogramma Delft3D. Met de FLOW-module van dit programma is het mogelijk om de relevante hydrodynamische processen in 3D te simuleren. Met de WAVE (SWAN) module van dit programma kunnen de golfcondities bepaald worden. Binnen Delft3D is het mogelijk om een koppeling tussen de FLOW en WAVE-module te activeren, waarbij hydrodynamische informatie tussen beide modules uitgewisseld wordt. De toegepaste Delft3D software is de meeste recente beschikbare versie (Version 6.03.00.62434, Oct 24 2018) toegepast.

Voor de modelopzet is gebruik gemaakt van modelschematisaties voor het Eems-Dollard estuarium en de Waddenzee, verkregen van Deltares via Helpdesk Water. In de volgende paragraaf worden deze modelschematisaties beknopt toegelicht. Voor beide modellen zijn simulatieperiodes geselecteerd waarmee de hydrodynamica in het projectgebied berekend is (paragraaf 2.2). De toegepaste uitvoerlocaties worden toegelicht in paragraaf 2.3.

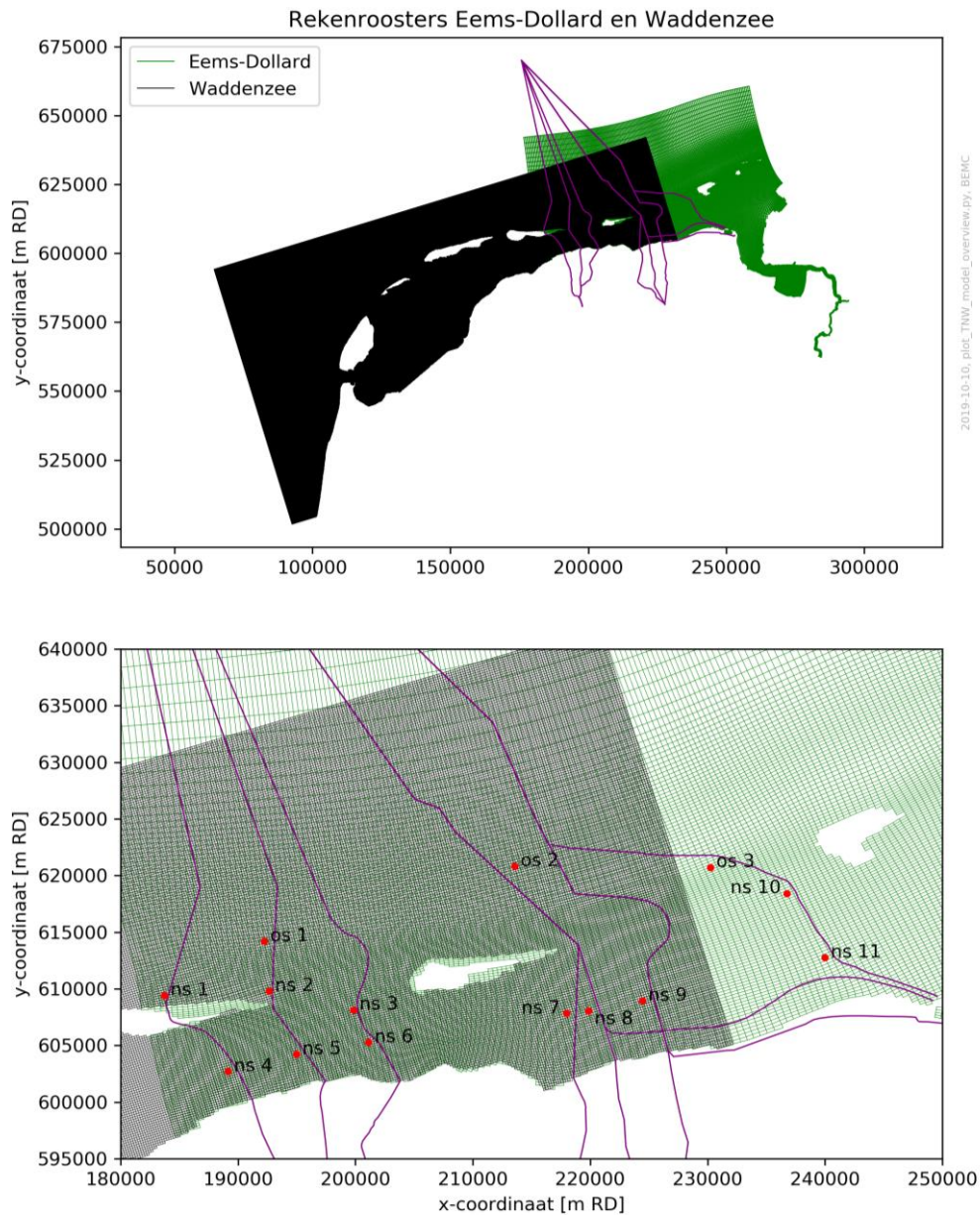
2.1 Modelschematisaties

Voor deze studie is gebruik gemaakt van drie modelschematisaties:

- Delft3D-FLOW_Eems-Dollard_j12_v01 [ref. 1];
- SWAN_Eems-Dollard_j12_v01 [ref. 2];
- Delft3D-FLOW_Waddenzee-PACE-v6 [ref. 3].

De modelschematisaties en de ligging ten opzichte van de tracé-alternatieven is weergegeven in Afbeelding 2.1. De modelschematisaties van het Eems-Dollard estuarium worden gebruikt voor het bepalen van golfcondities [ref. 2] en de hydrodynamica [ref. 1]. De tracé-alternatieven liggen op voldoende afstand van de randen van het Eems-Dollard domein, met uitzondering van de drie meest westelijke tracés (BGM). Daarom wordt de modelschematisatie van de Waddenzee [ref. 3] gebruikt om de hydrodynamische condities voor de westelijke tracés te bepalen.

Afbeelding 2.1 Rekenroosters van het Eems-Dollard model (groen) en Waddenzee model (zwart), in het paars zijn de 9 tracé-alternatieven aangegeven (bovenste paneel). De rekenroosters van de modelschematisaties, ingezoomd op het interessegebied (onderste paneel)



2.1.1 Eems-Dollard modelschematisatie en randvoorwaarden

De twee modelschematisaties voor het Eems-Dollard estuarium maken gebruik van hetzelfde horizontale rekenrooster, dat bestaat uit 187 x 319 gridcellen. De gridcel grootte neemt af van 500 x 2000 m (Noordzee) tot 100 x 250 m (Dollard en Eems Rivier). Het rooster is gepresenteerd in Afbeelding 2.1. Voor de modelschematisaties van de Eems-Dollard is het volledige jaar 2012 beschikbaar als simulatieperiode.

Stromingsmodel

Het 3D stromingsmodel bevat 8 (logaritmisch verdeelde sigma) lagen in de verticaal. Het 3D stromingsmodel is genest in Kuststrook Fijn doormiddel van waterstanden op de randen van het domein. Bij de landwaartse zijde van het modeldomein zijn de relevante rivierafvoeren opgelegd op basis van data van waterschappen

Hunze en Aa's en van NLWKN (Duitsland). Wind condities worden ruimtelijk en temporeel variërend op het stromingsmodel opgelegd en zijn afkomstig uit het meteorologische HIRLAM-model.

Golfmodel

In het 2D golfmodel worden uniforme golfcondities op de zeewaartse rand opgelegd via een golfhoogte, periode en richting gemeten door meetstation Schiermonnikoog Noord (SON). Voor het golfmodel worden windcondities ruimtelijk en temporeel variërend opgelegd, afkomstig uit het meteorologische HIRLAM-model. Het golfmodel is online gekoppeld aan een dieptegemiddeld stromingsmodel (2DH) en is dus opgebouwd uit een enkele laag in de verticaal. De hydrodynamische forcering is gelijk aan het 3D stromingsmodel.

De randvoorwaarden van het Eems-Dollard model worden in paragraaf 2.2.1 visueel weergegeven voor de geselecteerde simulatieperiodes.

2.1.2 Waddenzee modelschematisatie en randvoorwaarden

De modelschematisatie voor de Waddenzee maakt gebruik van een rooster dat bestaat uit 820 x 486 gridcellen. De gridcel grootte is uniform over het domein en is 200 x 200 m. Het rooster is gepresenteerd in Afbeelding 2.1. Het 3D stromingsmodel bevat 10 (equidistant verdeelde sigma) lagen in de verticaal. Voor de Waddenzee modelschematisatie zijn de maanden januari tot en met april van 2009 beschikbaar.

De opgelegde randen van het Waddenzee model zijn verkregen door het 3D stromingsmodel te nesten in Kuststrook Fijn. Bij de landwaartse zijde van het modeldomein zijn de tijdsafhankelijke debieten bij de spuiemiddelen langs de Afsluitdijk, Harlingen en het Lauwersmeer als debieten opgelegd. Wind condities worden ruimtelijk uniform en temporeel variërend opgelegd, afkomstig uit het meteorologische HIRLAM-model.

2.2 Simulatieperiode

2.2.1 Eems-Dollard model

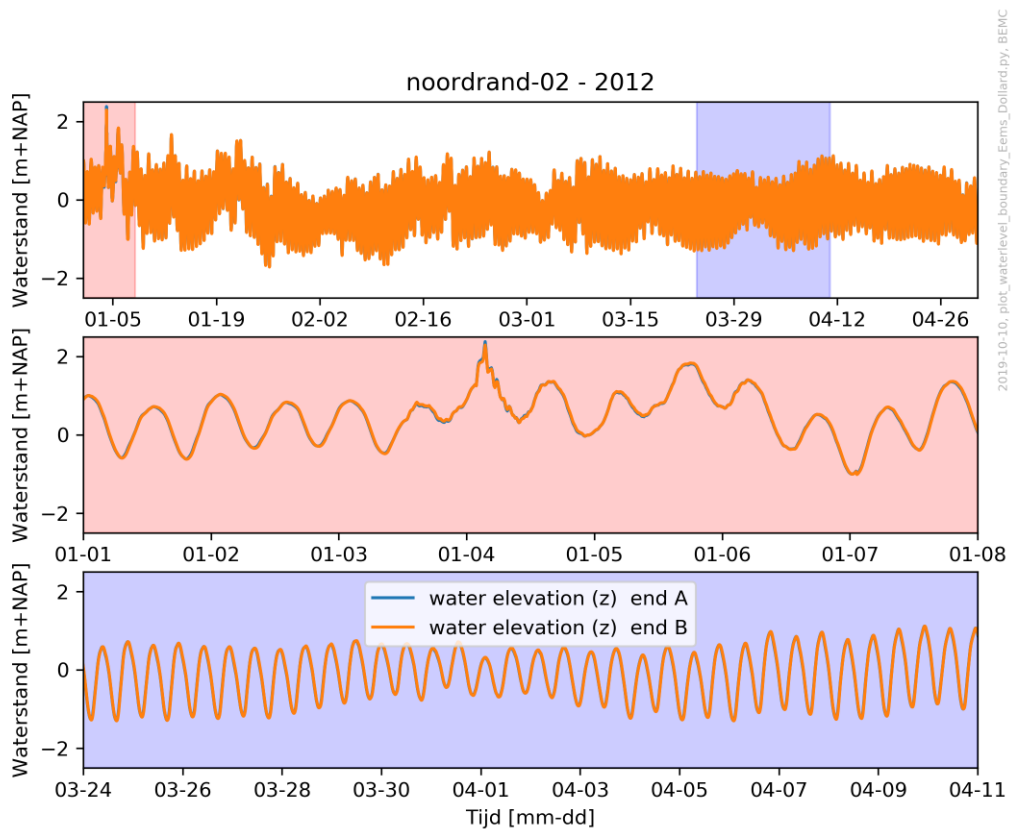
De twee modelschematisaties die gebruikt worden voor het Eems-Dollard estuarium worden met verschillende simulatieperiodes gedraaid;

- het 3D stromingsmodel wordt gedraaid tussen 2012-01-01 en 2012-05-01;
- het golfmodel (gekoppeld aan een 2D stromingsmodel) wordt voor heel 2012 gedraaid.

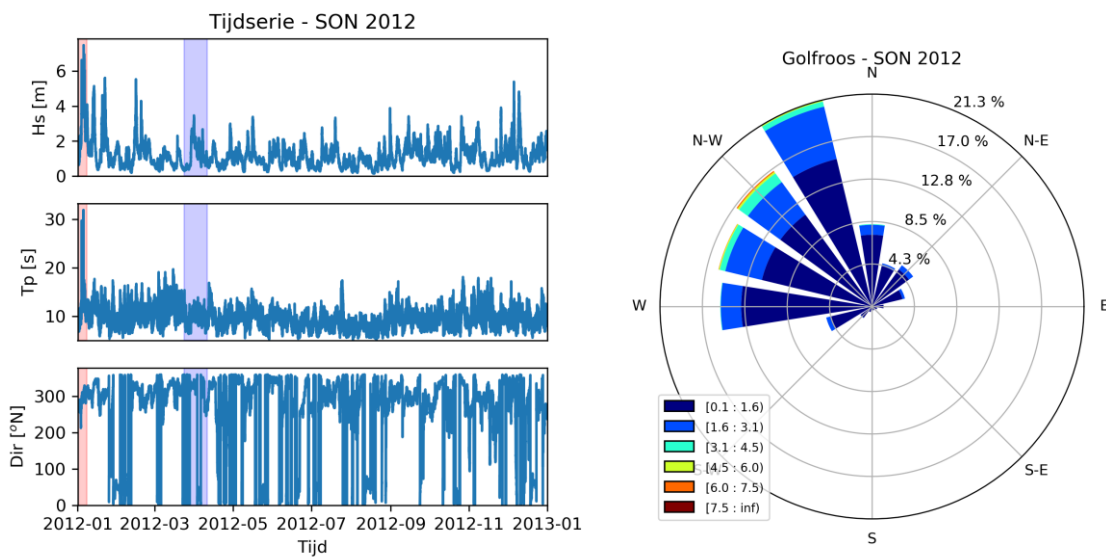
De geselecteerde periode voor het stromingsmodel bevat stormcondities en typische omstandigheden (doodtij-springtij cyclus). Afbeelding 2.2 geeft de tijdserie weer van de opgelegde waterstand op de noordrand van het rekenrooster. In deze afbeelding zijn ook de stormcondities en typische omstandigheden met respectievelijk rode en blauwe panelen aangegeven.

Het golfmodel wordt voor heel 2012 gedraaid, waarin zowel stormcondities als typische golfcondities optreden. Ook kan er aan de hand van deze simulatieperiode inzicht verkregen worden in de operationele golfcondities gedurende het jaar. Afbeelding 2.3 geeft de opgelegde golfcondities op de randen van het model weer. In het linker paneel van dit figuur zijn de tijdseries gegeven van de golfhoogte, periode en richting. Het rechter paneel geeft de bijbehorende golfroos weer, waaruit blijkt dat de dominante golfrichtingen op de rand van het model van west tot noordnoordwest zijn.

Afbeelding 2.2 Opgelegde waterstand stromingsmodel simulatie periode van januari t/m april 2012. Rood en blauwe panelen geven de geselecteerde stormcondities en typische condities weer



Afbeelding 2.3 Tijdserie van de opgelegde golfhoogte, golfperiode en golfrichting (links) en de bijbehorende golfroos (rechts) gebaseerd op metingen van de Schiermonnikoog-Noord boei in 2012. Rood en blauwe panelen geven de geselecteerde stormcondities en typische condities weer



2.2.2 Waddenzee model

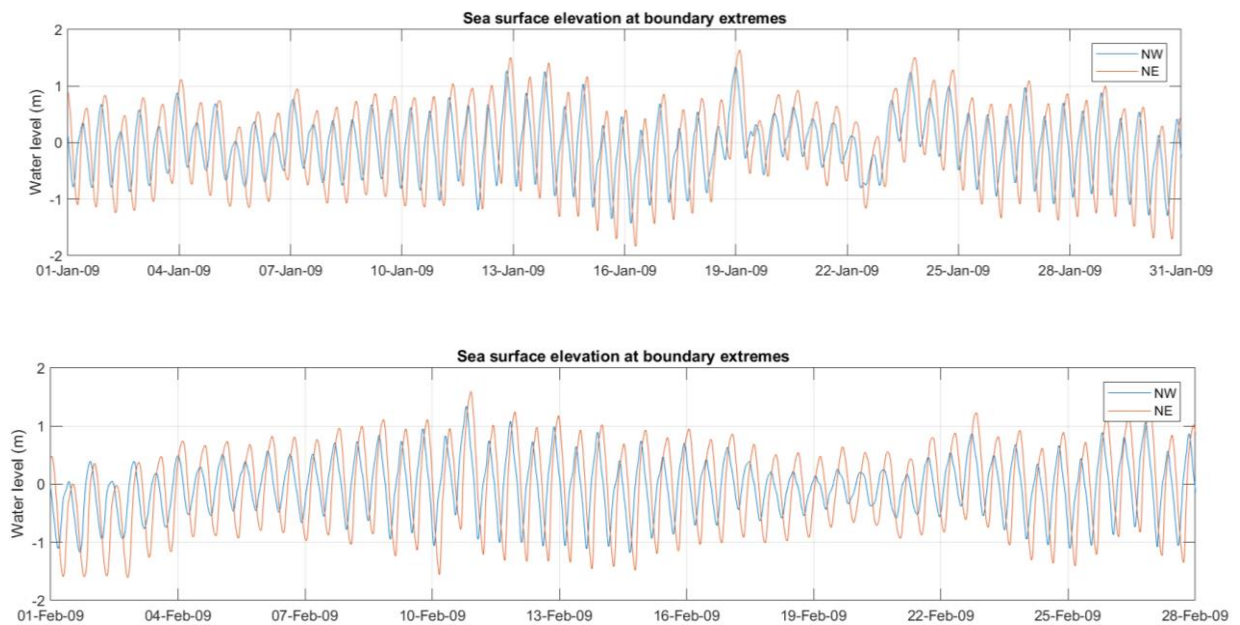
Invoer voor het stromingsmodel van de Waddenzee is beschikbaar voor januari tot en met april 2009.

Daarom wordt dit model met de volgende simulatieperiode gedraaid;

- het stromingsmodel wordt gedraaid tussen 2009-01-01 en 2009-03-01.

De geselecteerde periode voor het stromingsmodel bevat stormcondities (januari) en typische omstandigheden gedurende een doortij-springtij cyclus (februari). Afbeelding 2.4 geeft de tijdserie weer van de opgelegde waterstand op de noordwest en noordostrand van het rekenrooster voor februari 2009.

Afbeelding 2.4 Tijdserie van opgelegde waterstand voor januari (bovenste paneel) en februari (onderste paneel) 2009 voor het stromingsmodel Waddenzee



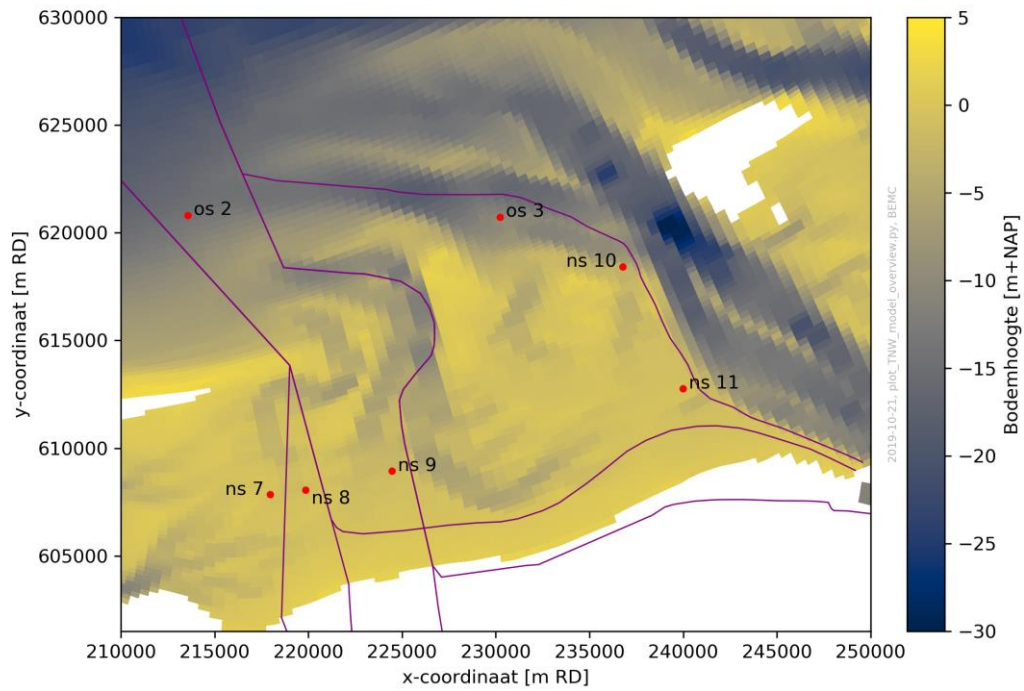
2.3 Uitvoerlocaties en modelbathymetrie

Om inzicht te verkrijgen in de hydrodynamische condities en golfcondities langs de tracé-alternatieven, zijn er 14 uitvoerlocaties gekozen (zie Afbeelding 2.5):

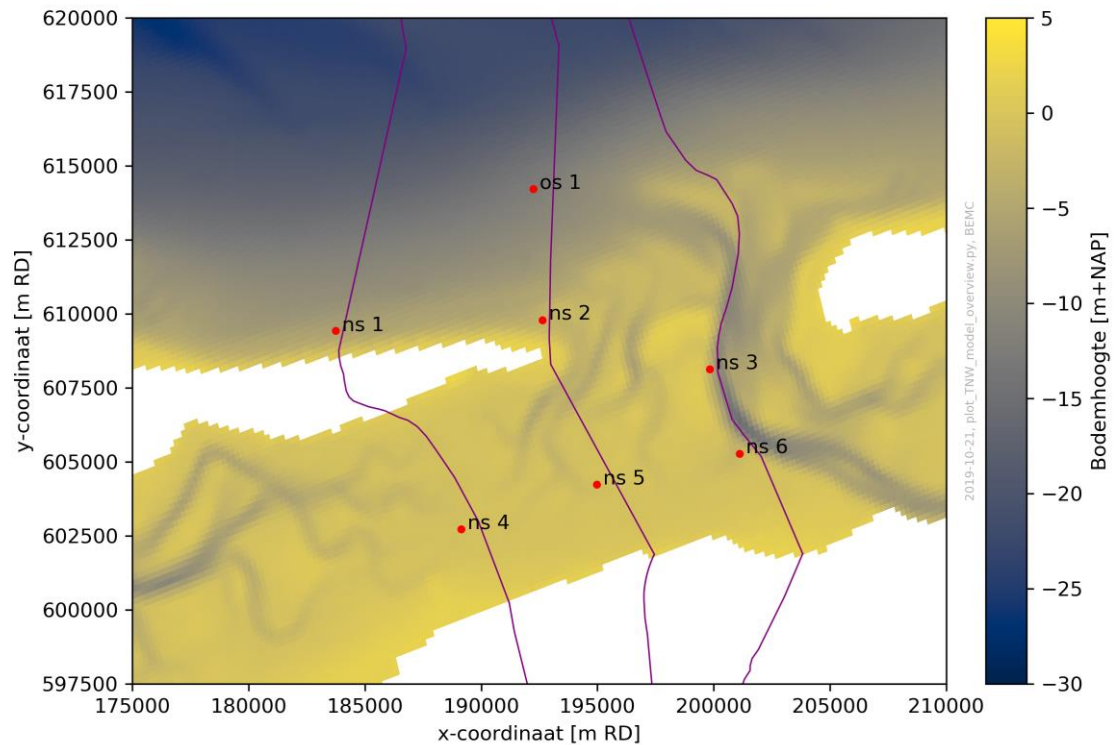
- 3 uitvoerlocaties representatief voor offshore condities (os1, os2, os3);
- 11 uitvoerlocaties representatief voor verschillende locaties langs de tracé-alternatieven.

Tabel 2.1 geeft de bijbehorende coördinaten van de uitvoerlocaties weer en een korte toelichting per uitvoerpunt.

Afbeelding 2.5 Positie van de uitvoerlocaties bovenop de Eems-Dollard modelbathymetrie (tracé-alternatieven in paars aangegeven)



Afbeelding 2.6 Positie van de uitvoerlocaties bovenop de Waddenzee modelbathymetrie (tracé-alternatieven in paars aangegeven)



Tabel 2.1 Coördinaten en toelichting uitvoerlocaties

	Tracé	x-coördinaat [m RD]	y-coördinaat [m RD]	Toelichting
os1	BGM	192776	615057	representatief voor offshore condities BGM-tracés
os2	VVL EEM	214106	621688	representatief voor offshore condities VVL EEM tracés
os3	EEM oost	230724	621595	representatief voor offshore condities EEM oost tracés
ns1	BGM west	184325	610088	uitvoer van Waddenzee en Eems-Dollard model
ns2	BGM midden	193063	610517	uitvoerlocatie bij oostelijke punt Schiermonnikoog
ns3	BGM oost	200396	608668	uitvoerlocatie in geul
ns4	BGM west	189635	603402	uitvoer van Waddenzee en Eems-Dollard model, uitvoerlocatie op wantij
ns5	BGM midden	195522	604746	geen
ns6	BGM oost	201700	605823	uitvoerlocatie buiten geul
ns7	VVL west	218707	608619	uitvoerlocatie op wantij
ns8	VVL midden EEM west	220640	608883	uitvoerlocatie op wantij
ns9	VVL oost EEM midden	225249	609786	geen
ns10	EEM oost	237210	619254	uitvoerlocatie in geul
ns11	EEM oost EEM midden	240400	613724	geen

3 RESULTATEN

3.1 Hydrodynamica

3.1.1 Waterstanden

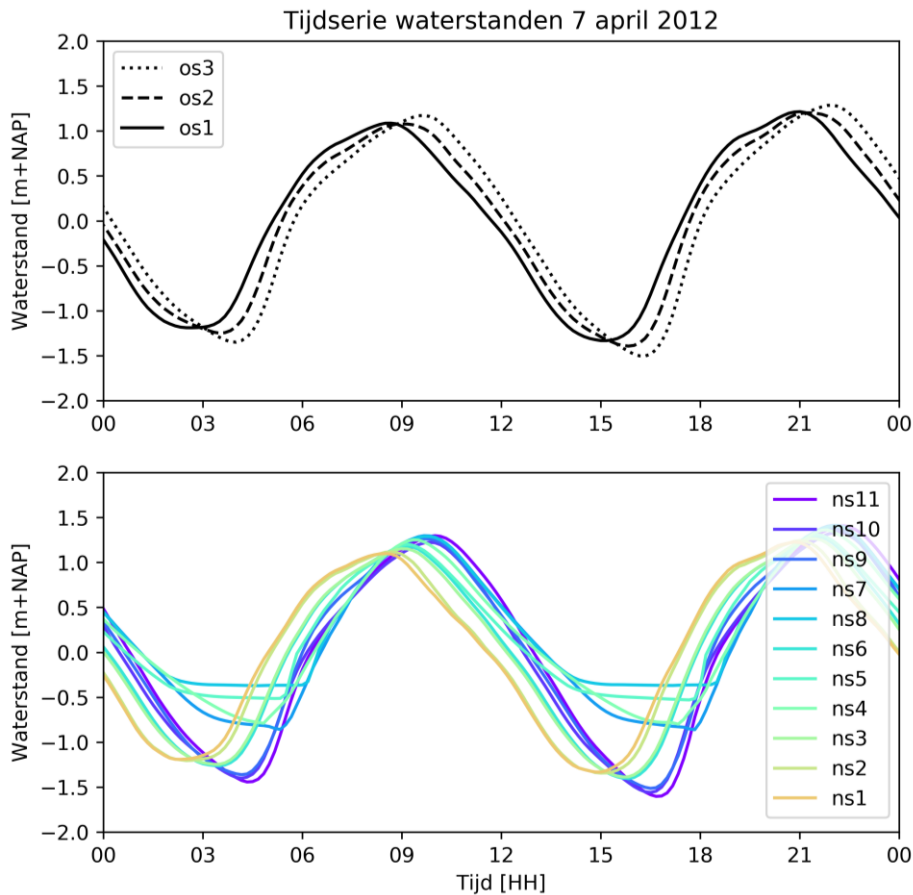
De getijamplitude varieert over het gebied en neemt toe van west naar oost (zie Afbeelding 3.1). De gesimuleerde waterstanden voor uitvoerlocaties os3 en ns11 tijdens typische springtij condities laten een goede overeenkomst zien met eerder onderzoek naar de hydrodynamica in het Eems-Dollard estuarium (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Karakteristieke waterstanden bij springtij op 7 april in het Huibergat (os3) en de Eemshaven (ns11)

	HW [m+NAP]	LW [m+NAP]
Huibergat [ref. 1]	1,08	-1,35
os3	1,17	-1,33
Eemshaven [ref. 1]	1,33	-1,53

	HW [m+NAP]	LW [m+NAP]
ns11	1,30	-1,58

Afbeelding 3.1 Tijdserie waterstanden april 2012 tijdens typische omstandigheden voor offshore uitvoerpunten (bovenste paneel) en nearshore uitvoerpunten (onderste paneel)



3.1.2 Stroming

De ruimtelijke beelden van de stroming en stromingsrozen gepresenteerd in deze paragraaf bevatten dieptegemiddelde stroomsnelheden en richtingen. De stromingsrozen geven weer hoeveel procent van de tijd vanuit een bepaalde richting stroming optreedt. In Afbeelding 3.2 zijn de maximale dieptegemiddelde stromingen voor het Eems-Dollard model tijdens springtij vloed weergegeven. In Afbeelding 3.3 zijn de maximale dieptegemiddelde stromingen voor het Eems-Dollard model tijdens springtij eb weergegeven. Hieruit blijkt dat de stroomsnelheden tijdens eb lager zijn dan de stroomsnelheden tijdens vloed. De stroomsnelheden zullen doorgaans lager zijn tijdens doortij dan springtij. De stroming in het project gebied wordt verder beschreven aan de hand van de volgende geografische onderverdeling:

- de Noordzee;
- de zeegaten en wadgeulen;
- de wadplaten.

De Noordzee

De dominante stromingsrichtingen op de tracédelen in de Noordzee zijn vanuit het westen (vloed) en oosten (eb). De stroomsnelheden tijdens vloed zijn over het algemeen hoger dan tijdens eb. Op deze delen van de tracés zijn de gemiddelde stroomsnelheden rond de 0,5 m/s. De maximale stroomsnelheden treden op tijdens vloed vanuit het westen met snelheden tot 1,0 m/s. De stroomvelden op de Noordzee zijn relatief

uniform, maar de invloed van de zeegaten en geulen is duidelijk zichtbaar (zie Afbeelding 3.2 tot Afbeelding 3.7).

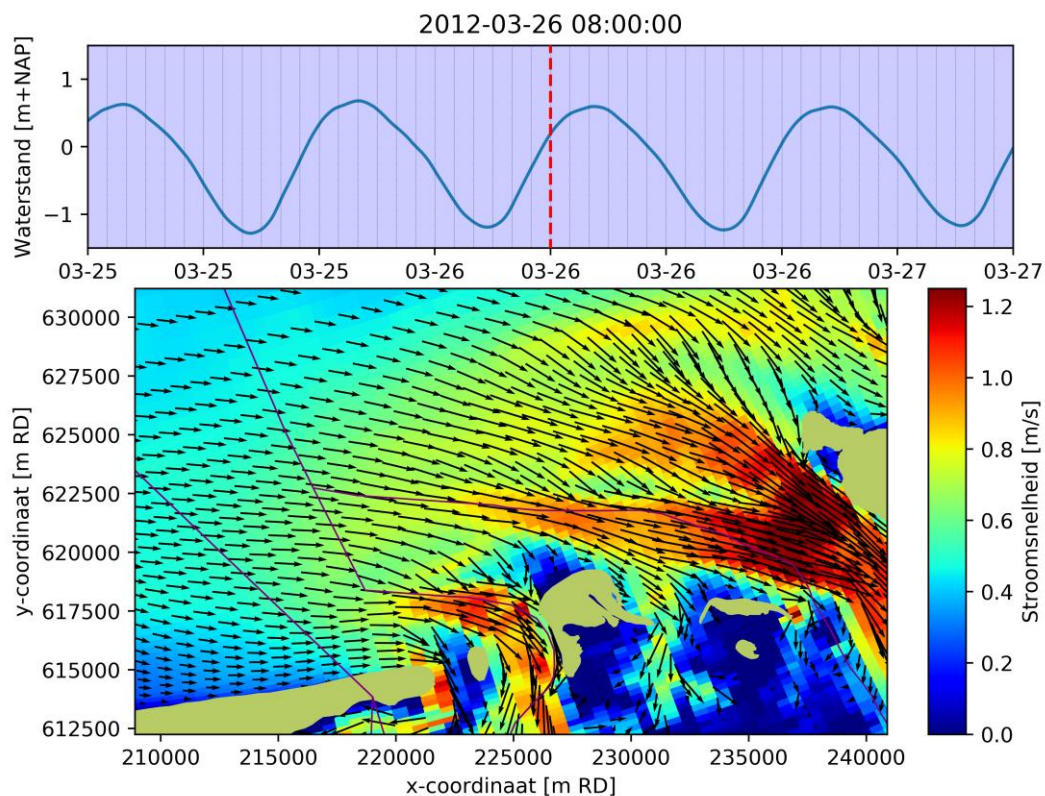
De zeegaten en wadgeulen

De dominante stromingsrichting in de zeegaten en wadgeulen van het projectgebied volgen over het algemeen de oriëntatie van de bathymetrie. Voor uitvoerlocatie ns3 geeft dit dominante stromingsrichtingen vanuit het noorden en het zuiden, terwijl dit voor uitvoerlocatie ns10 nog wel vanuit het westen en oosten is (zie Afbeelding 3.8). Gemiddeld genomen liggen de stroomsnelheden in de zeegaten en geulen hoger dan op de Noordzee en wadplaten van het projectgebied. Afbeelding 3.2 tot Afbeelding 3.7 laten zien dat de hoogste stroomsnelheden tijdens reguliere springtij eb en vloed in de zeegaten en grotere geulen van het projectgebied optreden. Met name langs het tracé EEM oost (os3 en ns10) treden hoge stroomsnelheden op tijdens springvloed (+/- 1,5 m/s).

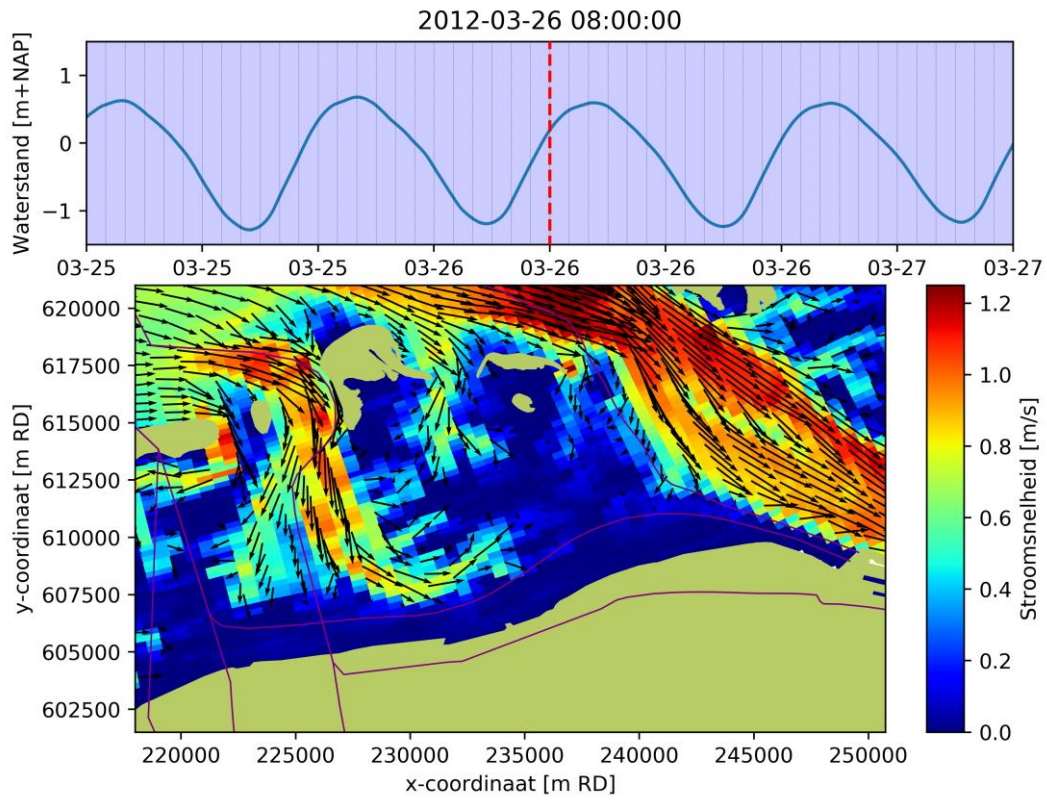
De wadplaten

Op de wadplaten van het projectgebied zijn de stroomsnelheden significant lager dan op de Noordzee en de wadgeulen. De stroomvelden rondom het meest westelijke tracé achter Ameland laten zien dat de stroomsnelheden hier tijdens reguliere springtij eb en vloed maximaal 0,2 m/s zijn (Afbeelding 3.6 en Afbeelding 3.7). Dit is ook het geval voor de beide tracés op het wantij achter Schiermonnikoog.

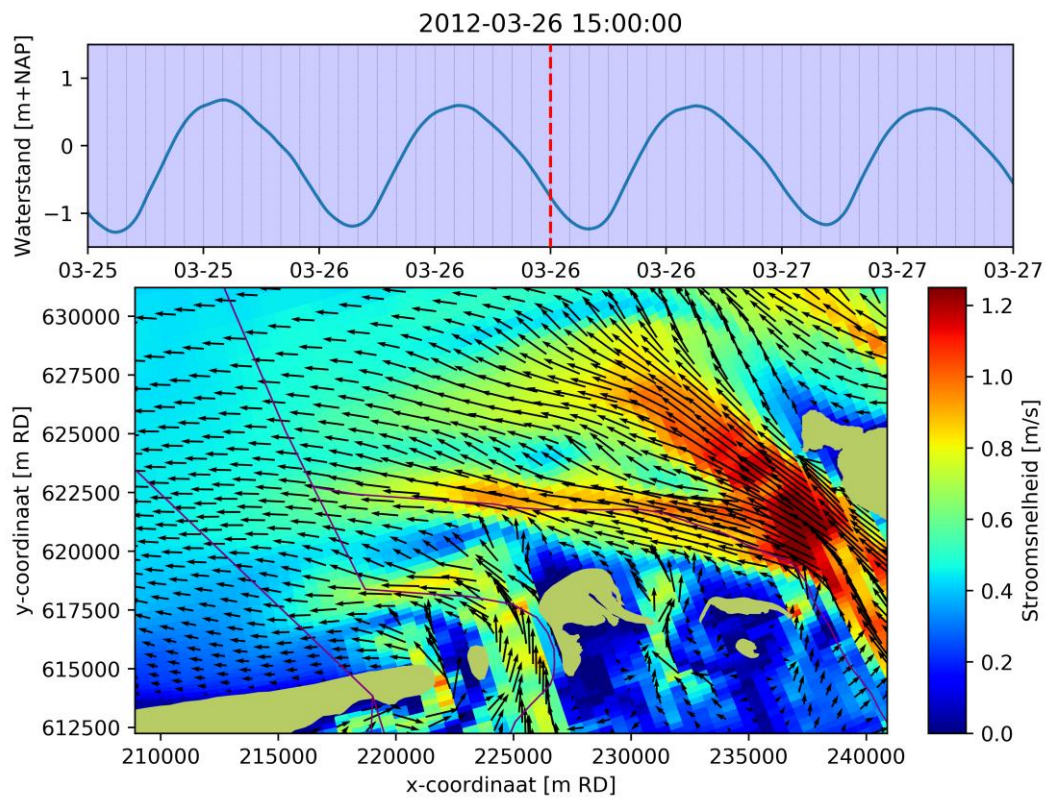
Afbeelding 3.2 Dieptegemiddelde stroomsnelheden tijdens springvloed in het Eems-Dollard stromingsmodel



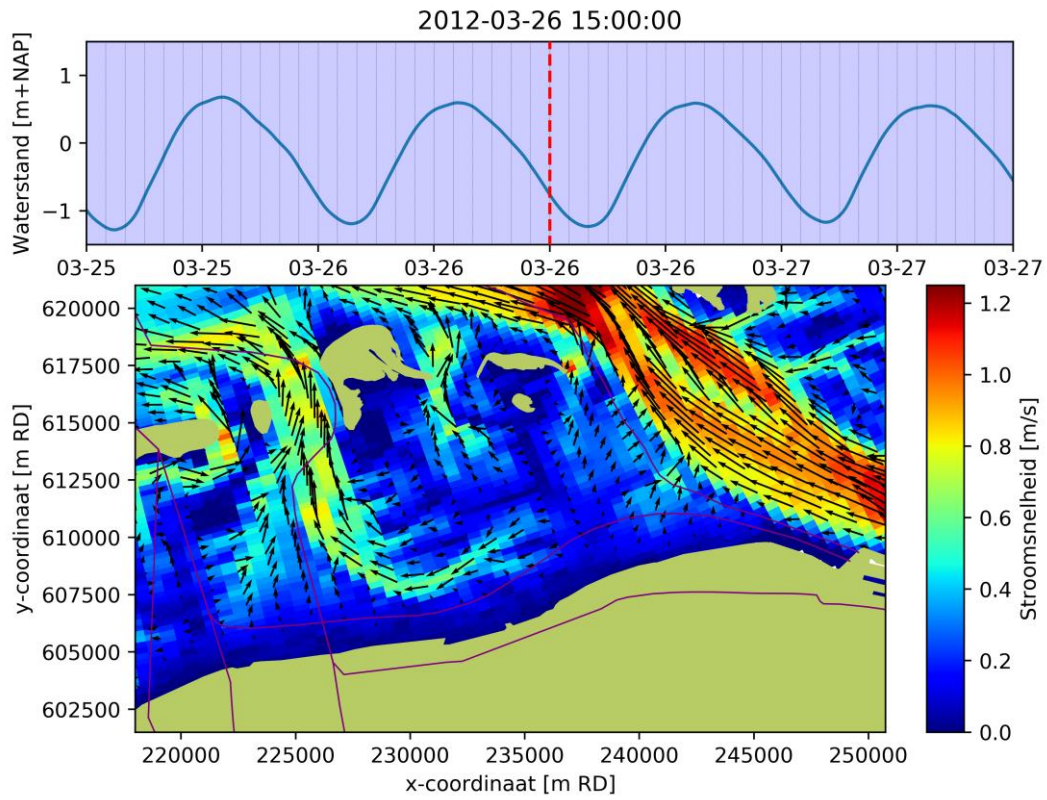
Afbeelding 3.3 Dieptegemiddelde stroomsnelheden tijdens springvloed in het Eems-Dollard stromingsmodel



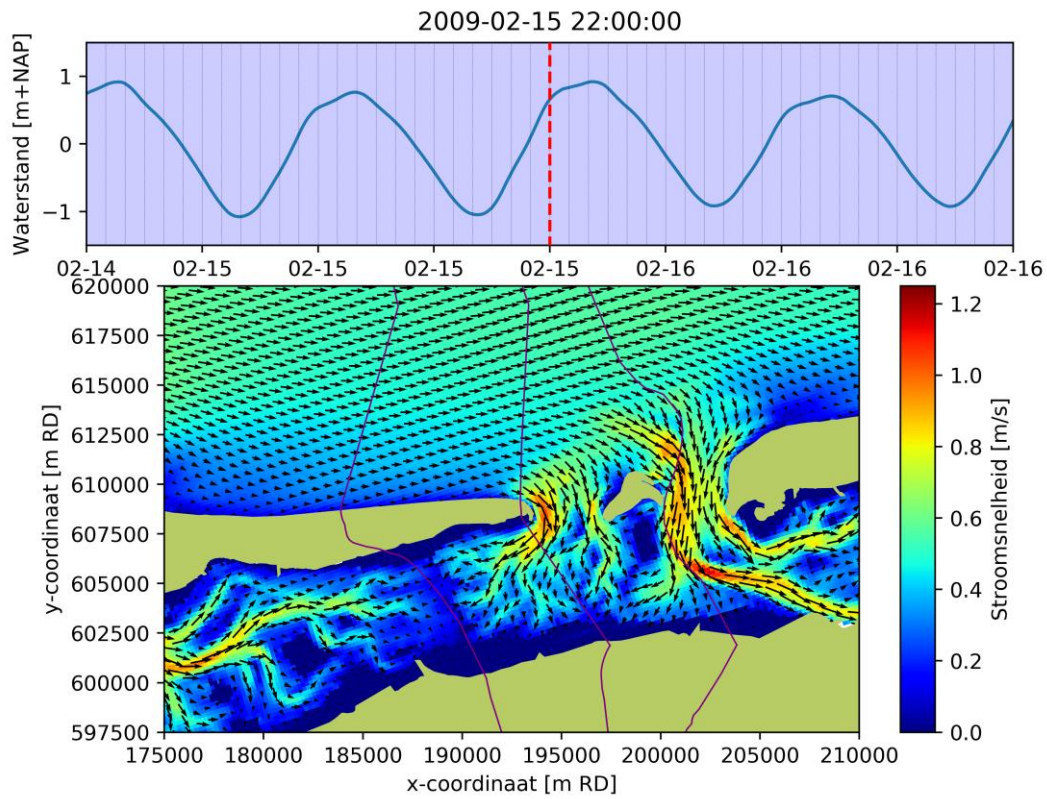
Afbeelding 3.4 Dieptegemiddelde stroomsnelheden tijdens springeb in het Eems-Dollard stromingsmodel



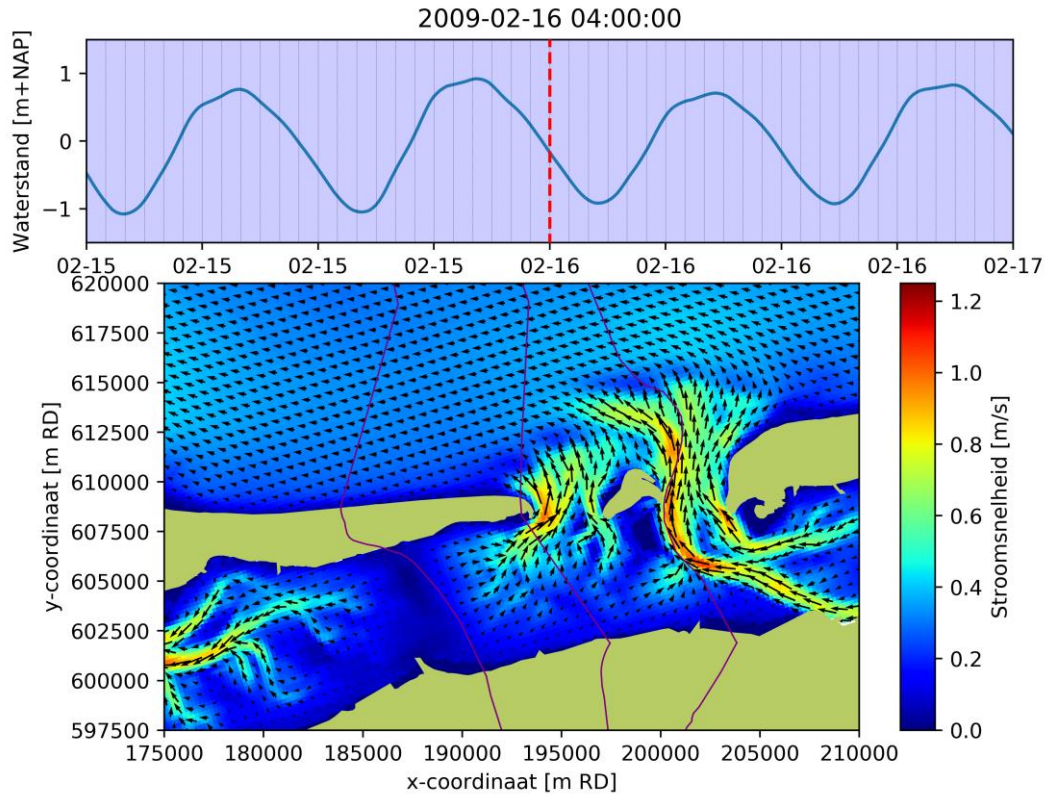
Afbeelding 3.5 Dieptegemiddelde stroomsnelheden tijdens springeb in het Eems-Dollard stromingsmodel



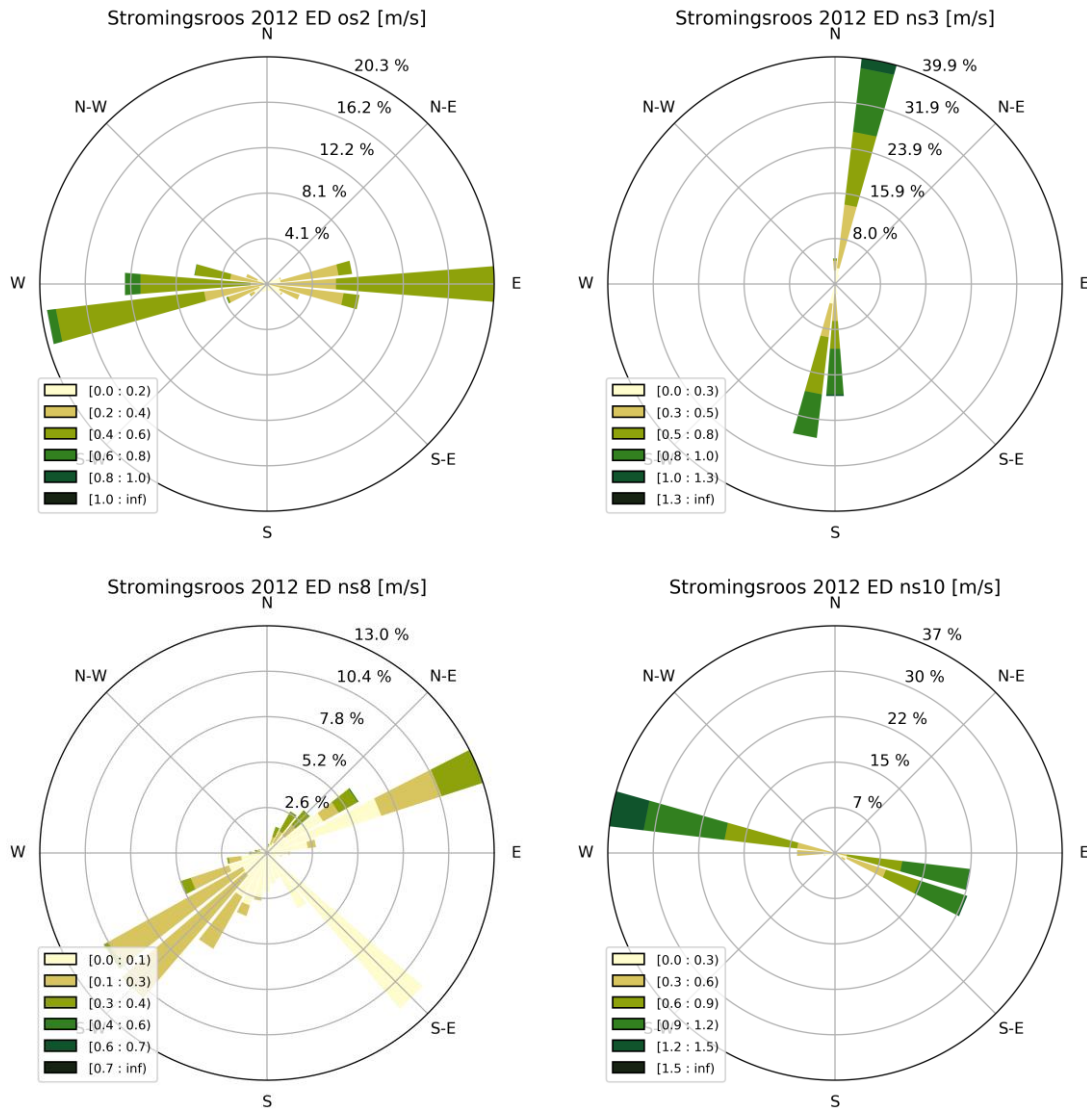
Afbeelding 3.6 Dieptegemiddelde stroomsnelheden tijdens springvloed uit het Waddenzee stromingsmodel



Afbeelding 3.7 Dieptegemiddelde stroomsnelheden tijdens springeb uit het Waddenzee stromingsmodel



Afbeelding 3.8 Stromingsroos voor de periode tussen 2012-01-01 en 2012-05-01

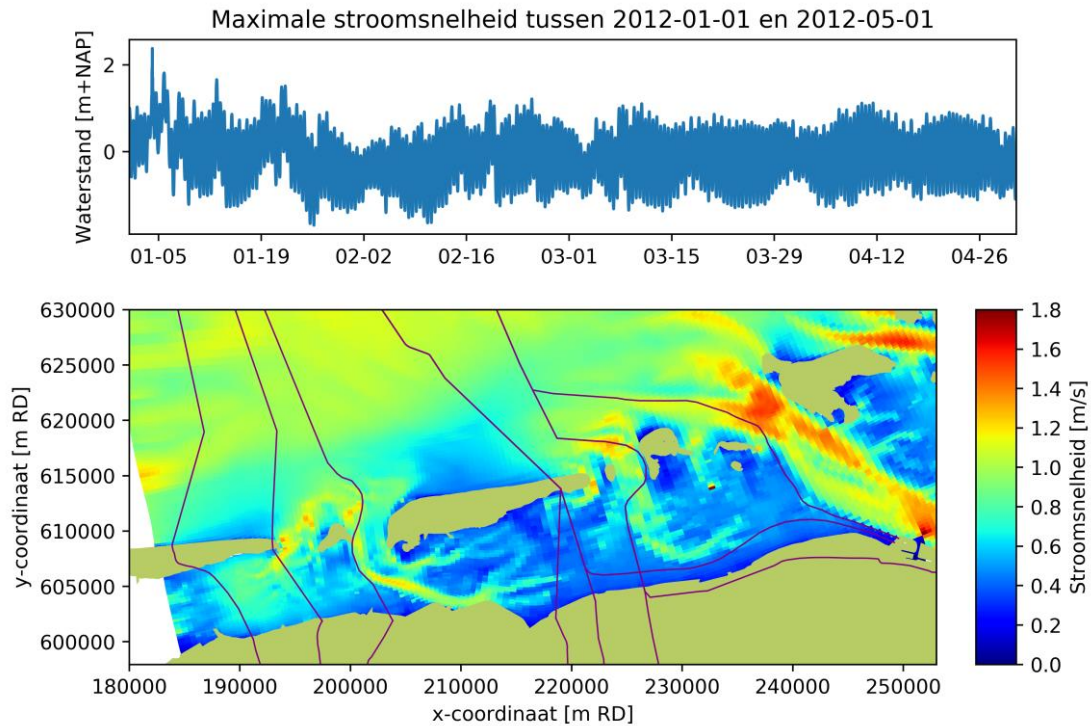


3.1.3 Maximale stroomsnelheden

De dieptegemiddelde maximale stroomsnelheden laten zien dat de hoogste stroomsnelheden in de grotere geulen van het projectgebied optreden. Maximale stroomsnelheden gedurende storm en gemiddelde getijomstandigheden in de grotere geulen zijn orde grootte 1,0 - 1,4 m/s. De hoogste stroomsnelheid treedt op langs tracé EEM oost, met een maximale stroomsnelheid van 1,5 m/s op uitvoerlocatie ns10 (Tabel 3.2). De laagste stroomsnelheid treedt op langs het nearshore deel van tracé VVL west, met een maximale stroomsnelheid van 0,6 m/s op uitvoerlocatie ns7 (Tabel 3.2).

Over het algemeen zijn de stroomsnelheden het hoogst langs het EEM oost tracé, gevolgd door tracé BGM oost. De laagste stroomsnelheden treden op langs de BGM west en VVL west tracés.

Afbeelding 3.9 Ruimtelijke weergave van de maximale stroomsnelheden langs de tracés (Eems-Dollard model)



Tabel 3.2 Maximale stroomsnelheden (dieptegemiddeld, bovenste en onderste laag) voor de uitvoerlocaties offshore en nearshore

	Tracé	Maximale stroomsnelheid dieptegemiddeld [m/s]
os1	BGM	0,98
os2	VVL EEM	1,03
os3	EEM oost	1,10
ns1	BGM west	0,88
ns2	BGM mid	0,91
ns3	BGM oost	1,26
ns4	BGM west	0,92
ns5	BGM mid	0,89
ns6	BGM oost	1,13
ns7	VVL west	0,60
ns8	VVL mid EEM west	0,70
ns9	VVL oost EEM mid	0,61
ns10	EEM oost	1,49
ns11	EEM oost EEM mid	0,64

3.2 Golfcondities

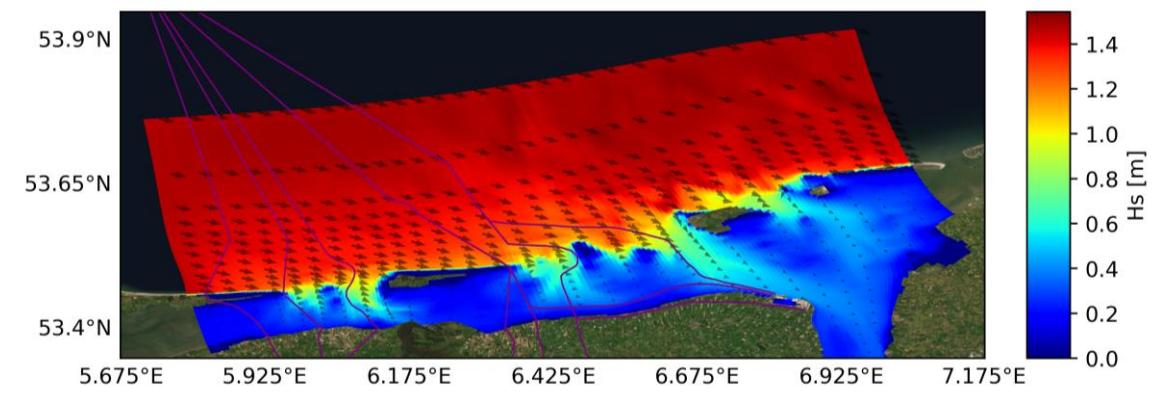
3.2.1 Ruimtelijk beeld

De meest dominante golfrichtingen offshore zijn van west tot noordnoordwest (Afbeelding 2.3). Voor een aantal van deze richtingen zijn er in deze paragraaf afbeeldingen gepresenteerd met golfvelden op het Eems-Dollard model.

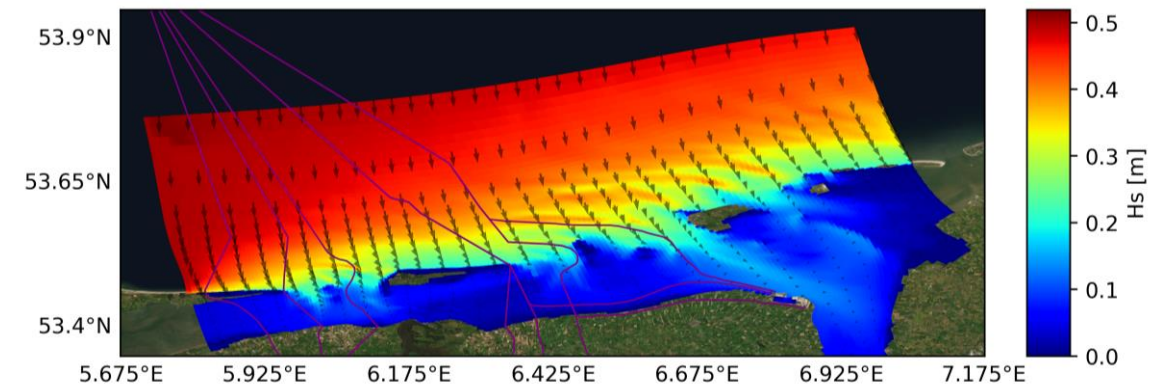
Voor de vier meest voorkomende golfrichtingen en variërende offshore condities zijn in Afbeelding 3.10 tot Afbeelding 3.13 de golfvelden gepresenteerd.

Deze afbeeldingen laten zien dat de golfcondities sterk verschillen tussen de Noordzee, de zeegaten en wadgeulen, en de wadplaten. Op de Noordzee zijn de offshore golven relatief uniform over het domein. Hoe dichter bij de kust, hoe groter de reductie is in de golfhoogte. De reductie in golfhoogte is het sterkst voor de tracés welke nabij de kust in op de wadplaten achter Ameland en Schiermonnikoog liggen. Uit de ruimtelijk beelden is op te maken dat indringing van golven richting de kust plaatsvindt ter plaatse van de zeegaten en wadgeulen. Hierdoor zijn de golfcondities op de tracés die de geulen volgen relatief hoog nabij de kust.

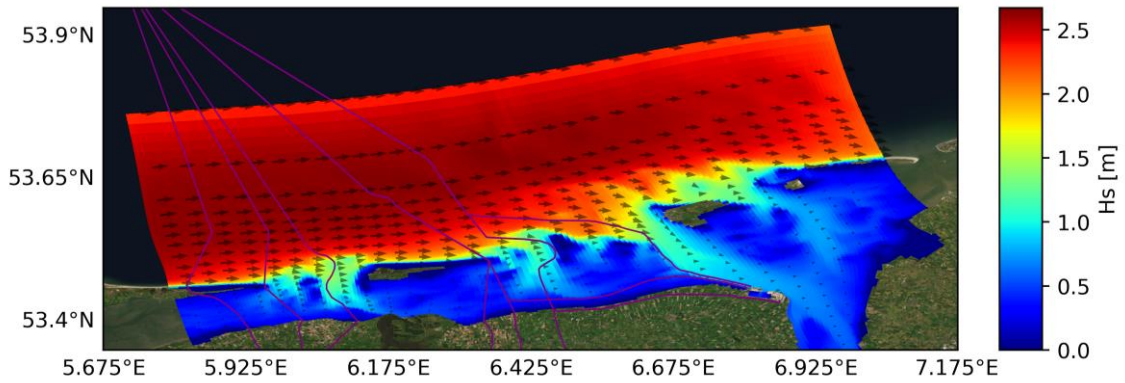
Afbeelding 3.10 Ruimtelijke weergave van de significante golfhoogte en golfrichting op 7 april 2012. Opgelegde golfcondities op de randen: $H_s = 1,48$ m, $T_p = 10,3$ s, $Dir = 345^\circ$ N)



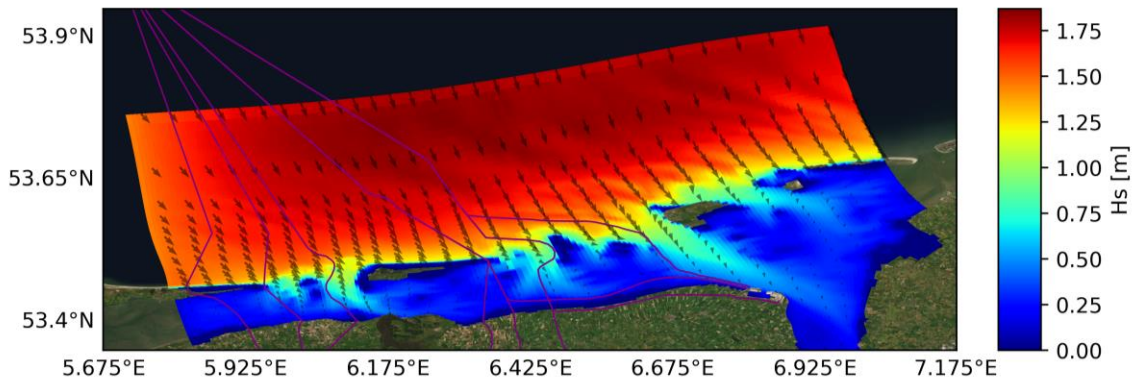
Afbeelding 3.11 Ruimtelijke weergave van de significante golfhoogte en golfrichting op 16 augustus 2012. Opgelegde golfcondities op de randen: $H_s = 0,5$ m, $T_p = 7,2$ s, $Dir = 275^\circ$ N)



Afbeelding 3.12 Ruimtelijke weergave van de significante golfhoogte en golfrichting op 29 november 2012. Opgelegde golfcondities op de randen: $H_s = 2,07$ m, $T_p = 9,5$ s, $Dir = 275^\circ N$)



Afbeelding 3.13 Ruimtelijke weergave van de significante golfhoogte en golfrichting op 9 januari 2012. Opgelegde golfcondities op de randen: $H_s = 1,39$ m, $T_p = 11,2$ s, $Dir = 317^\circ N$)



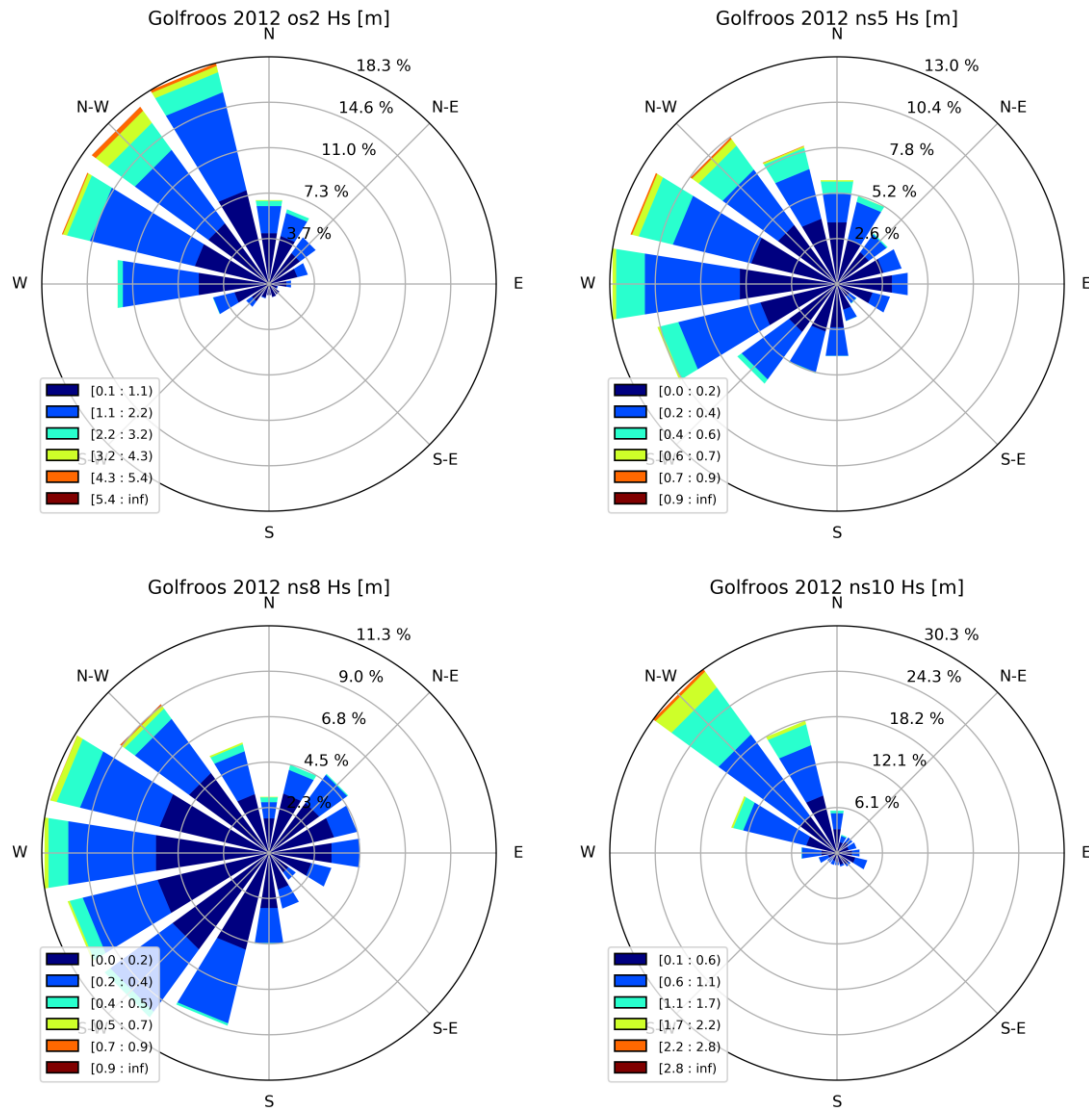
3.2.2 Golfklimaat langs de tracés

Op basis van de ruimtelijke beelden uit vorige paragraaf is op te maken dat er een grote variatie in golfhoogte is voor de nearshore delen van de 9 tracé-alternatieven. De ruimtelijke velden zijn gemaakt voor enkele tijdstappen, om een beeld te krijgen van de golfpatronen in het gebied. Om de operationele condities te bepalen is de uitvoer voor een heel jaar gebruikt op de uitvoerlocaties gepresenteerd in Afbeelding 2.5. Op basis van deze data zijn golfrozen gemaakt. De golfrozen geven weer hoeveel procent van de tijd vanuit een bepaalde richting een golfhoogte optreedt.

De golfrozen gepresenteerd in Afbeelding 3.14 laten zien dat de dominante golfrichtingen offshore tussen west en noordnoordwest liggen. Ook voor uitvoerlocatie ns10, geplaatst op het relatief onbeschutte EEM oost tracé, geeft een dominante noordwest golfrichting weer. Uitvoerlocaties ns5 en ns8 geven een ander beeld weer. Deze locaties liggen namelijk goed afgeschermd van de golfcondities offshore. Hierdoor zijn de golfhoogtes significant lager dan de offshore golfhoogtes.

De golfrozen voor de overige uitvoerlocaties zijn gegeven in de bijlage II (afbeelding II.1). Verder zijn in bijlage II scatter diagrammen gegeven van de golfhoogte per golfrichting. In bijlage III zijn golfrozen voor uitvoerlocaties os2 en ns8 gegeven uitgesplitst per seizoen (herfst, winter, lente en zomer).

Afbeelding 3.14 Golfroos op basis van de 2012 simulatie voor uitvoerlocaties os2, ns5, ns8 en ns10



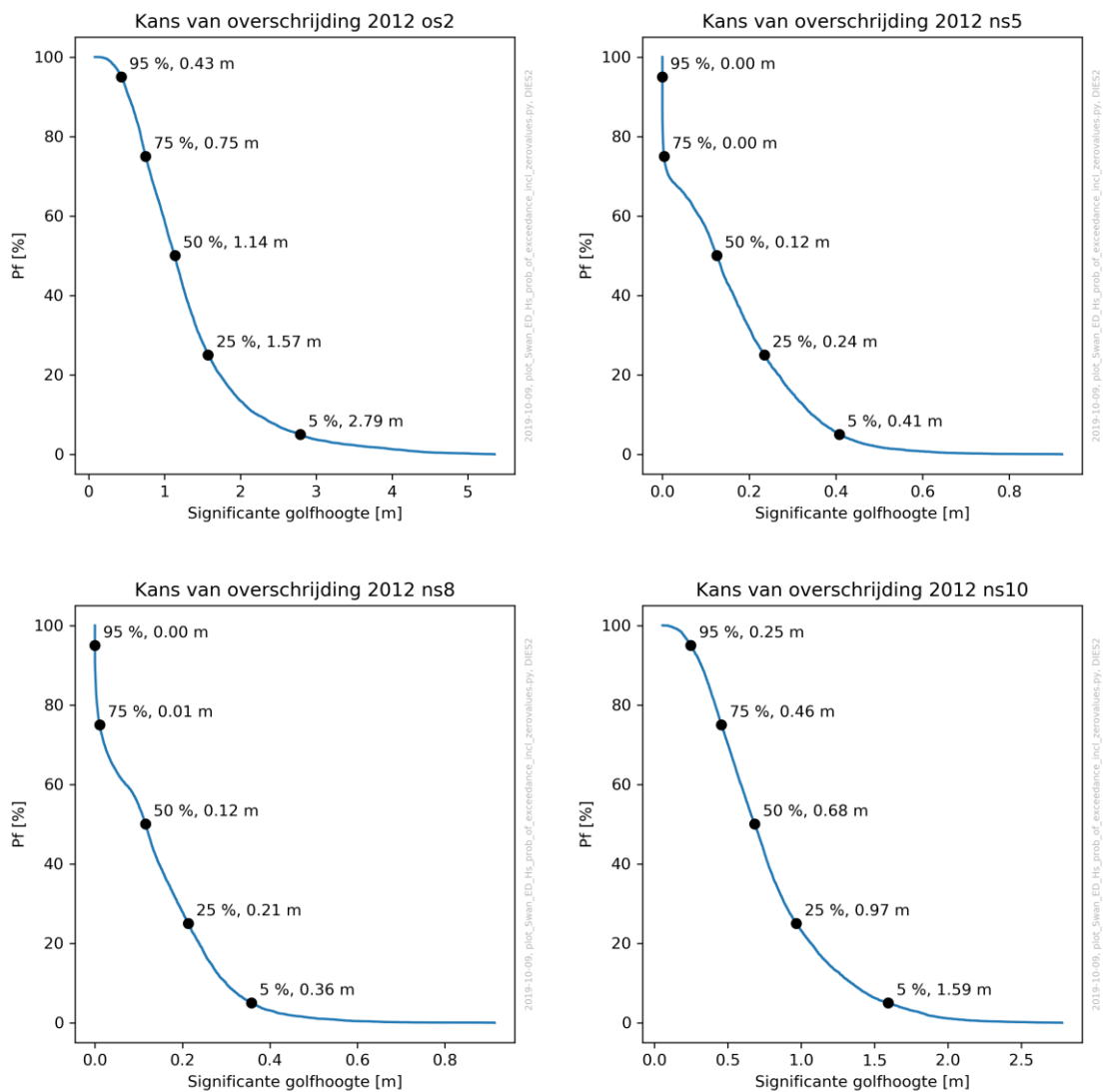
3.2.3 Overschrijdingskansen golfhoogte

In deze paragraaf worden voor de uitvoerlocaties de kans van overschrijding van de golfhoogte gepresenteerd. Deze figuren geven weer hoeveel procent van de golven, onafhankelijk van de golfrichting, een bepaalde waarde overschrijdt. Afbeelding 3.15 laat zien dat de hoogste golven offshore optreden, met een 50 % overschrijdingswaarde van 1,14 m en een 5 % overschrijdingswaarde van 2,79 m.

De resultaten van de nearshore uitvoerpunten laat zien dat voor locatie ns5 en ns8 de 50 % overschrijdingswaarde gelijk is aan 0,12 m en de 5 % overschrijdingswaarde rond de 0,4 m ligt. Voor uitvoerlocatie ns10 zijn de 50 % en 5 % overschrijdingswaardes significant hoger, respectievelijk 0,68 m en 1,59 m. Voor de nearshore uitvoerlocaties staat een overschrijdingswaarde van 0,00 m gelijk aan droogvallen van het wad.

De overschrijdingskansen voor de overige uitvoerlocaties zijn gegeven in bijlage II. In bijlage III zijn de overschrijdingskansen gegeven van de golfhoogte voor uitvoerlocaties os2 en ns8 uitgesplitst per seizoen (herfst, winter, lente en zomer). Hieruit volgt dat de 50 % overschrijdingswaarde niet sterk verschilt tussen de seizoenen, maar de 5 % overschrijdingswaarde hoger ligt in de winter.

Afbeelding 3.15 Kans van overschrijding golfhoogte op basis van de 2012 simulatie voor uitvoerlocaties os2, ns5, ns8 en ns10



4 CONCLUSIES

4.1 Hydrodynamica

De dieptegemiddelde maximale stroomsnelheden laten zien dat de hoogste stroomsnelheden in de grotere geulen van het projectgebied optreden. Maximale stroomsnelheden gedurende storm en gemiddelde springtij in de grotere geulen zijn orde grootte 1,0 - 1,4 m/s. De hoogste stroomsnelheid treedt op langs tracé EEM oost, met een maximale stroomsnelheid van 1,5 m/s op uitvoerlocatie ns10. In het Huibertgat en de Westereems langs dit tracé treden tijdens stormcondities stroomsnelheden tot 1,7 m/s op. Tijdens gemiddelde springtij condities zijn de stroomsnelheden in het Huibertgat en de Westereems rond de 1,3 m/s.

De laagste stroomsnelheden (maximaal 0,5 - 0,6 m/s) treden op langs de nearshore delen van tracés BGM west en VVL west, welke gelegen zijn op respectievelijk het wantij achter Ameland en Schiermonnikoog. Tijdens gemiddelde springtij condities zijn de stroomsnelheden op de wadplaten orde grootte 0,2 - 0,3 m/s.

4.2 Golfcondities

De meest dominante golfrichtingen langs de offshore delen van de tracé-alternatieven zijn van west tot noordnoordwest. De bijbehorende overschrijdingswaarde van de golfhoogte voor 50 % en 5 % zijn respectievelijk 1.1 m en 2.8 m. De golfcondities offshore zijn relatief uniform over het domein.

De reductie in golfhoogte richting de kust is het sterkst voor de tracés welke nabij de kust in de lijzijde van de eilanden en platen van de Eems-Dollard liggen. Verder is uit de ruimtelijk beelden op te maken dat de indringing van golven richting de kust plaatsvindt achter de geulen tussen de eilanden en platen. Hierdoor zijn de golfhoogtes op de tracés die de geulen volgen ongeveer twee keer zo hoog dan op de beschutte tracés achter de Waddeneilanden.

De hoogtes golfcondities nearshore treden op langs het relatief onbeschutte tracé EEM oost. Op het nearshore deel van dit tracé wordt een golfhoogte van 0,7 m voor 50 % van de tijd overschreden. Een golfhoogte van 1,6 m wordt 5 % van de tijd overschreden. Op de beschutte nearshore tracés (voornamelijk BGM west en VVL west) treden significant lagere golven op. Voor deze locaties wordt een golfhoogtes van 0,1 m en 0,4 m respectievelijk 50 % en 5 % van de tijd overschreden.

4.3 Simulatieperiode vertroebelingsstudie

Binnen de simulatieperiodes van het Eems-Dollard en Waddenzee model zijn typische omstandigheden (regulier springtij cyclus) en stormcondities aanwezig in de modelinvoer. De beschikbare simulatieperiodes voor de modelschematisaties zijn:

- Eems-Dollard: volledige jaar 2012;
- Waddenzee: januari tot en met april 2009.

De baggerwerkzaamheden voor het aanleggen van de kabels zal waarschijnlijk plaatsvinden tijdens milde condities. Het compleet doorrekenen van de baggerwerkzaamheden zal tot onacceptabele rekenduur zorgen. Daarom zal de vertroebelingsstudie (DELWAQ) uitgevoerd worden binnen de periodes:

- Eems-Dollard: februari tot en met april 2012;
- Waddenzee: februari tot en met april 2009.

De Eems-Dollard modelschematisatie zal gebruik worden voor de vertroebelingsstudie voor de VVL en EEM-tracé-alternatieven. De Waddenzee modelschematisatie zal gebruik worden voor de vertroebelingsstudie voor de BGM-tracé-alternatieven.

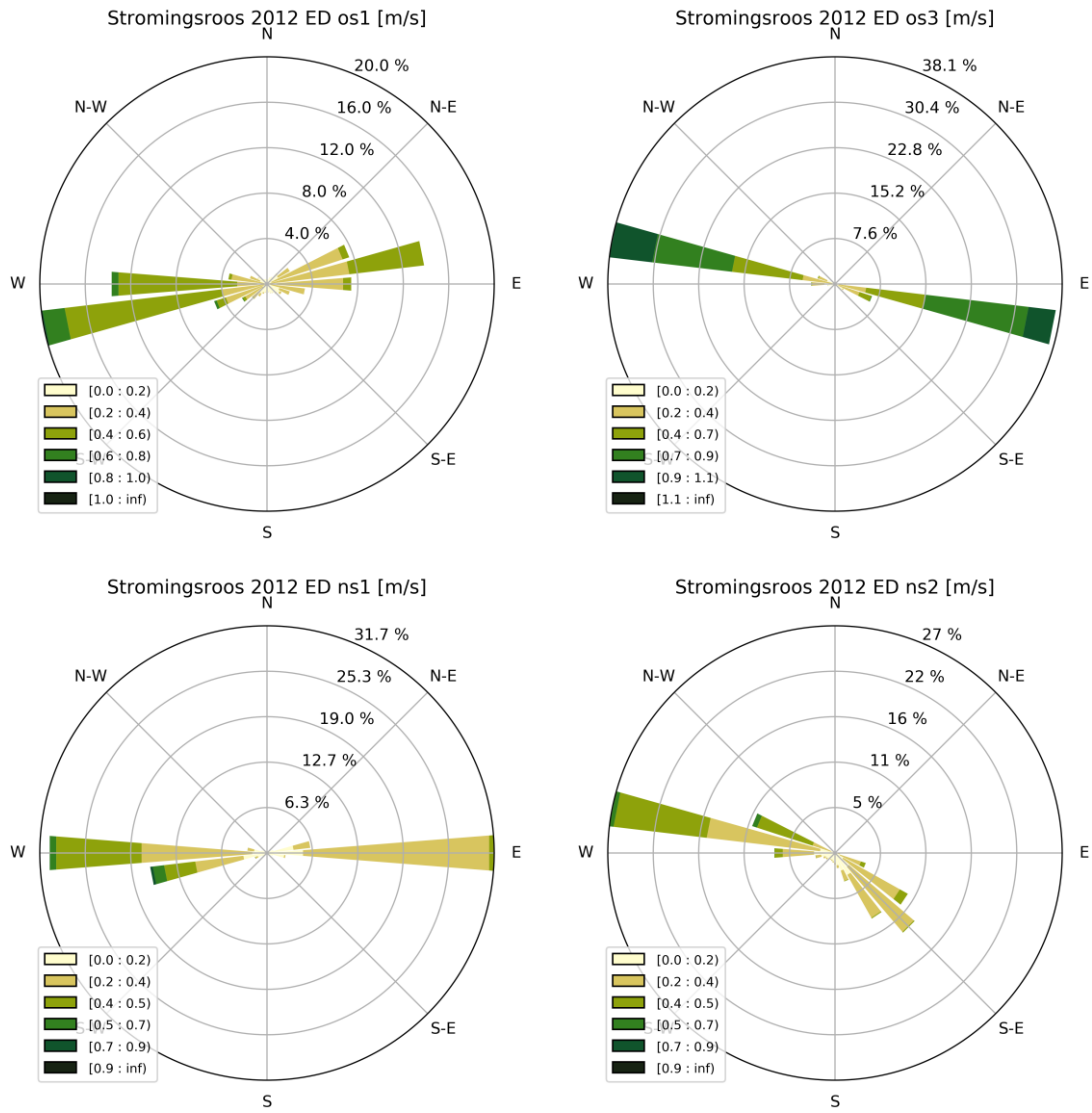
5 REFERENTIES

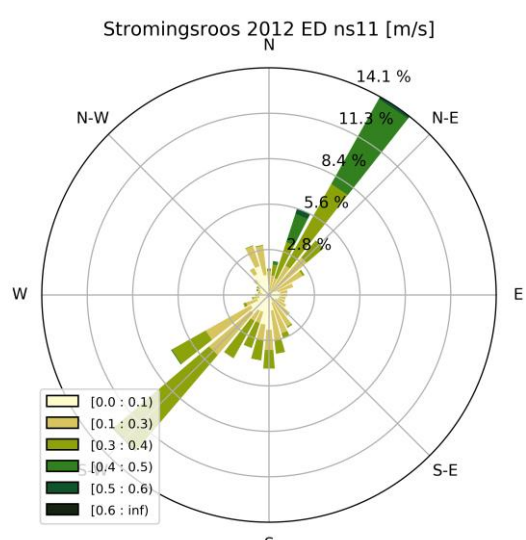
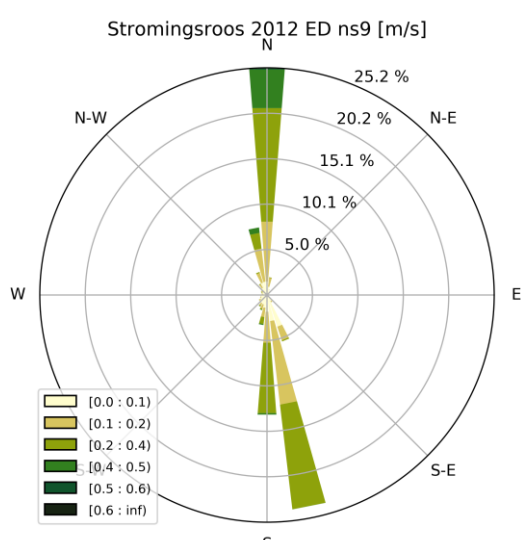
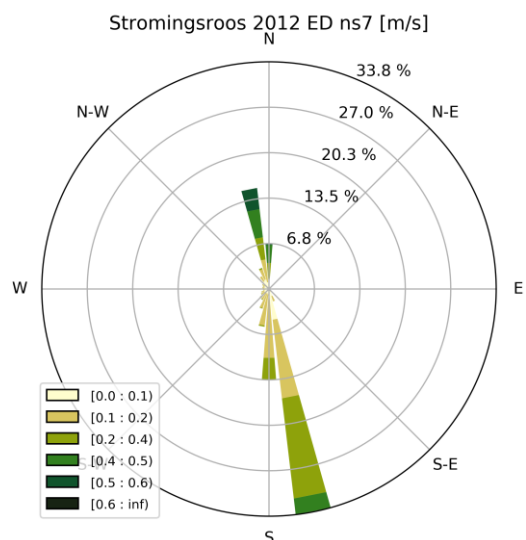
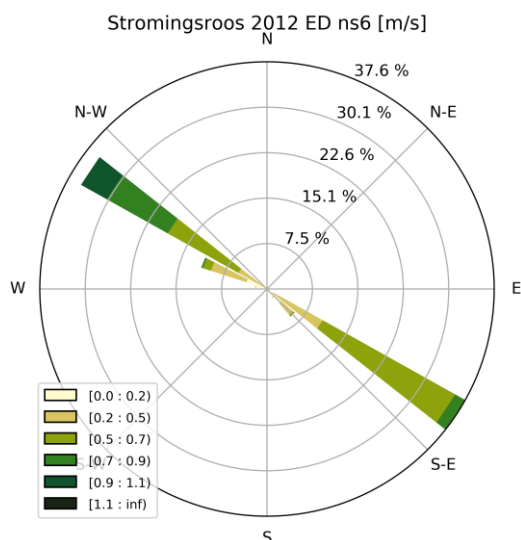
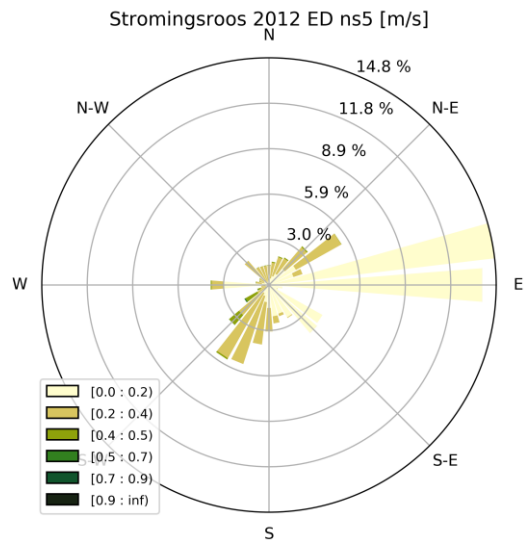
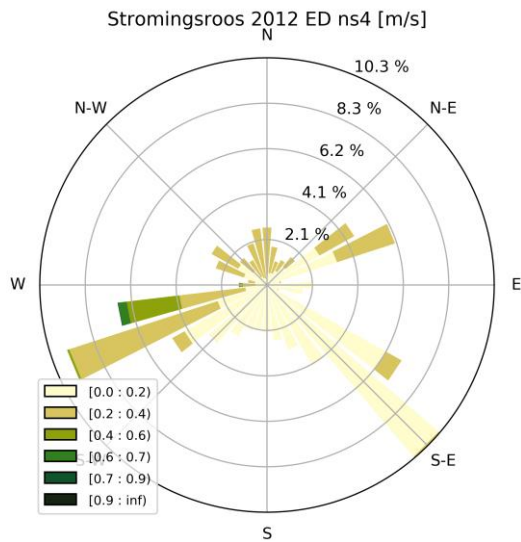
- 1 Nolte, A., 2013. Delft3D-FLOW_Eems-Dollard_j12_v01 metadata Waterkwaliteitsmodelschematisatie. Deltares, Delft, The Netherlands.
- 2 Van Maren, B. 2013. SWAN_Eems-Dollard_j12_v01 metadata Waterkwaliteitsmodelschematisatie. Deltares, Delft, The Netherlands.
- 3 De Boer, G. 2014. Delft3D-FLOW_Waddenzee-PACE_j09_v06 metadata Waterkwaliteitsmodelschematisatie. Deltares, Delft, The Netherlands.
- 4 Hartsuiker, G., Grasmeijer, B.T., Perk, L., 2007. Hydromorphological study for EIA of Eemshaven and EIA of fairway to Eemshaven (No. A1836R1r5). Alkyon Hydraulic Consultancy & Research, Marknesse, The Netherlands.



BIJLAGE: STROMINGSROZEN

Afbeelding I.1 Stromingsroos voor uitvoerlocaties os1, os3, ns1-ns4, ns6, ns7, ns9 en ns11

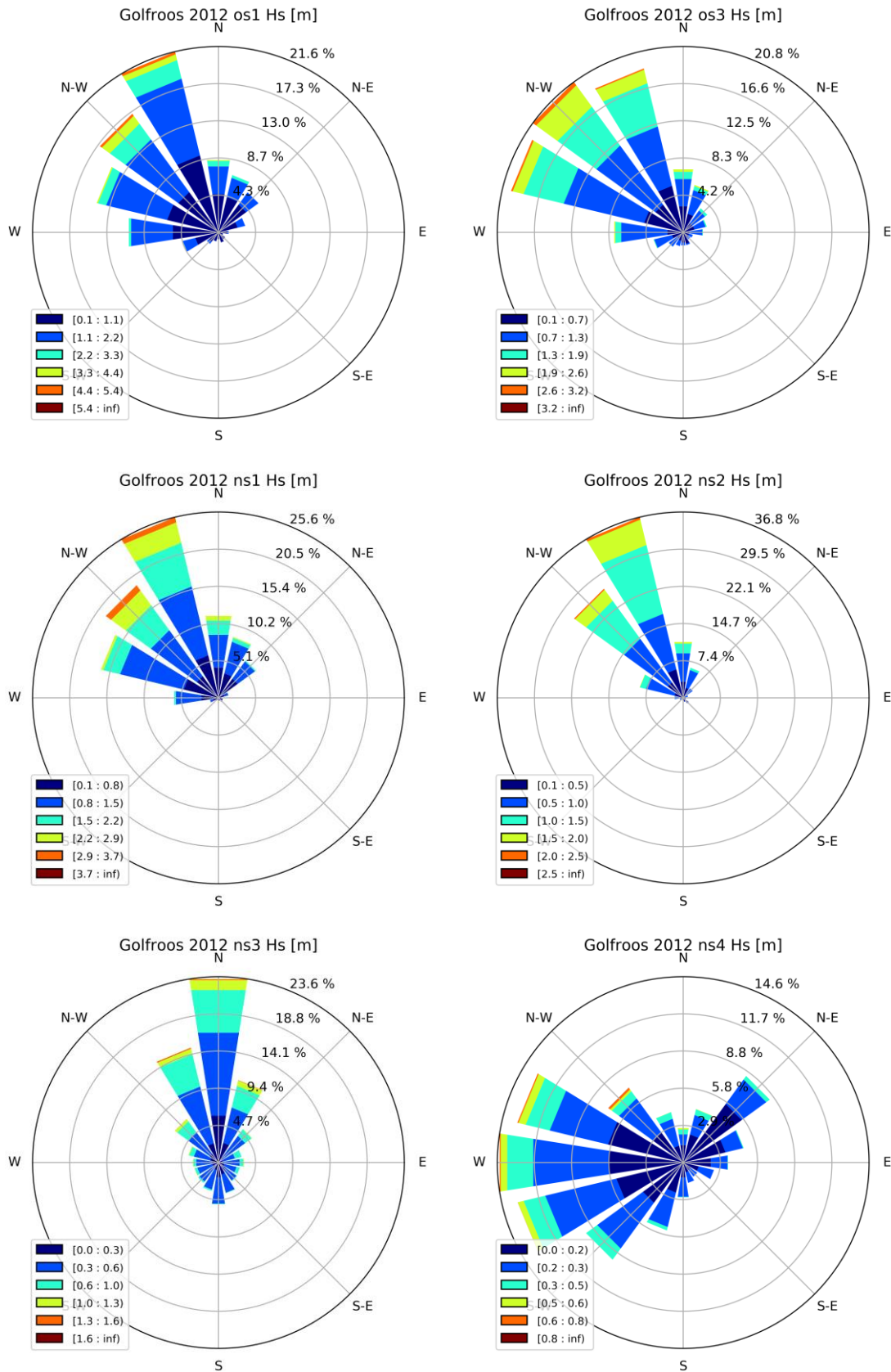


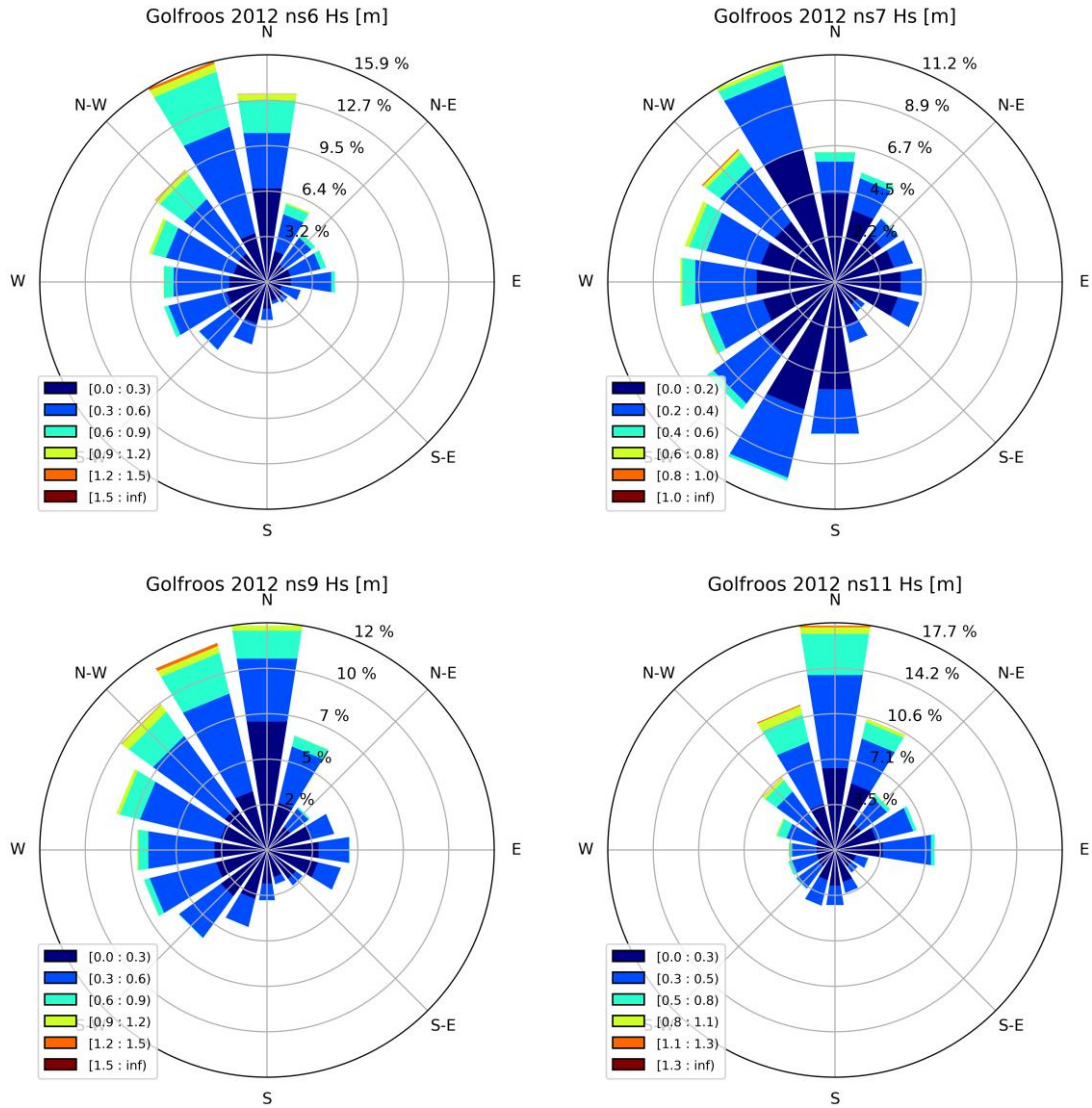




**BIJLAGE: GOLFROZEN, SCATTER DIAGRAMMEN EN OVERSCHRIJDINGSKANSEN
GOLFHOOGTE**

Afbeelding II.1 Golfroos voor uitvoerlocaties os1, os3, ns1-ns4, ns6, ns7, ns9 en ns11





Afbeelding II.2 Scatter diagram golffhoogte en golfrichting van uitvoerlocatie os2

		Direction (°)													
		lower	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
		lower	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	sum
Waveheight [m]	0.00	0.60	0.017	0.008	0.003	0.002	0.006	0.008	0.005	0.006	0.006	0.020	0.027	0.031	0.138
	0.60	1.20	0.044	0.034	0.027	0.010	0.008	0.004	0.011	0.020	0.050	0.073	0.066	0.062	0.408
	1.20	1.80	0.015	0.018	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.031	0.079	0.064	0.051	0.273
	1.80	2.40	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.028	0.033	0.031	0.101
	2.40	3.00	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.020	0.007	0.043
	3.00	3.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.009	0.004	0.016
	3.60	4.20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.002	0.011
	4.20	4.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.002	0.006
	4.80	5.40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.003
5.40	6.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
sum			0.082	0.062	0.038	0.013	0.014	0.012	0.016	0.031	0.091	0.216	0.234	0.192	1

Afbeelding II.3 Scatter diagram golfhoogte en golfrichting van uitvoerlocatie ns5

		Direction (°)													
		lower	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
	lower	upper	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	sum
Waveheight [m]	0.00	0.10	0.017	0.015	0.019	0.009	0.002	0.004	0.005	0.012	0.032	0.030	0.024	0.032	0.202
	0.10	0.20	0.021	0.021	0.023	0.027	0.014	0.022	0.036	0.041	0.044	0.044	0.034	0.027	0.353
	0.20	0.30	0.015	0.013	0.008	0.012	0.003	0.009	0.020	0.028	0.039	0.036	0.029	0.018	0.230
	0.30	0.40	0.013	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001	0.004	0.015	0.027	0.034	0.023	0.014	0.137
	0.40	0.50	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.008	0.014	0.014	0.052
	0.50	0.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.005	0.015
	0.60	0.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.007
	0.70	0.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002
	0.80	0.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.90	1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		sum	0.070	0.053	0.051	0.048	0.020	0.036	0.064	0.099	0.155	0.167	0.134	0.103	1

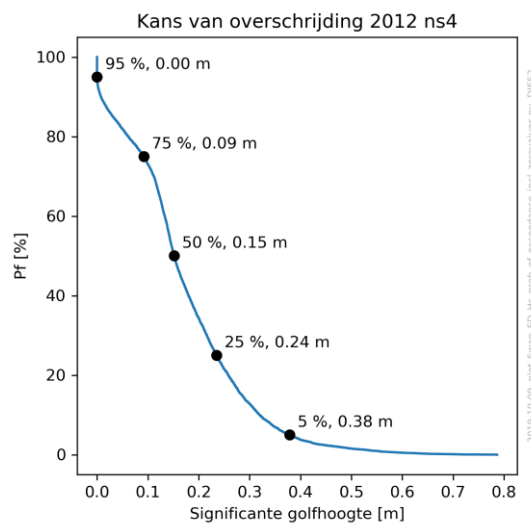
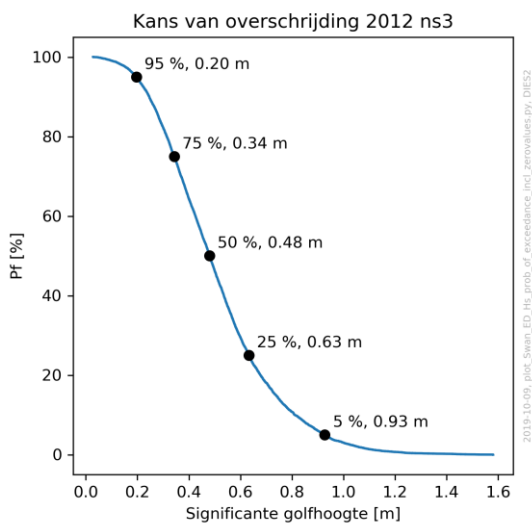
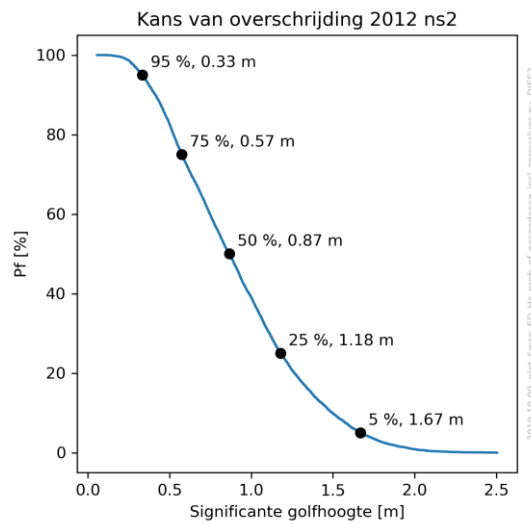
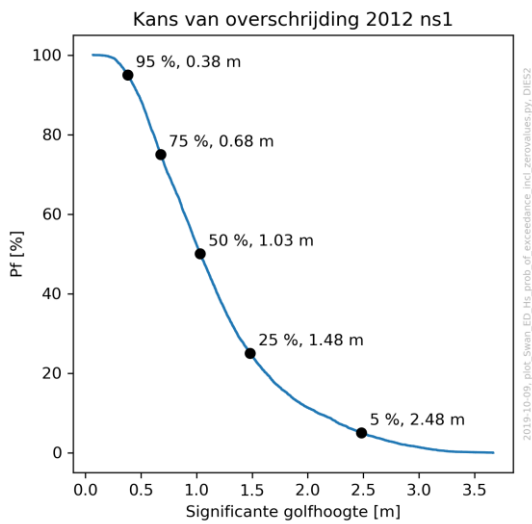
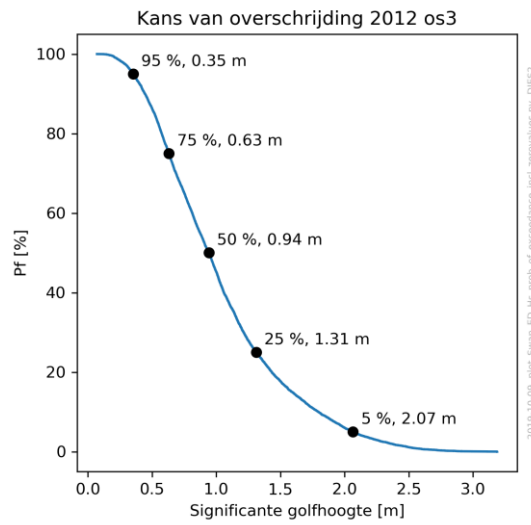
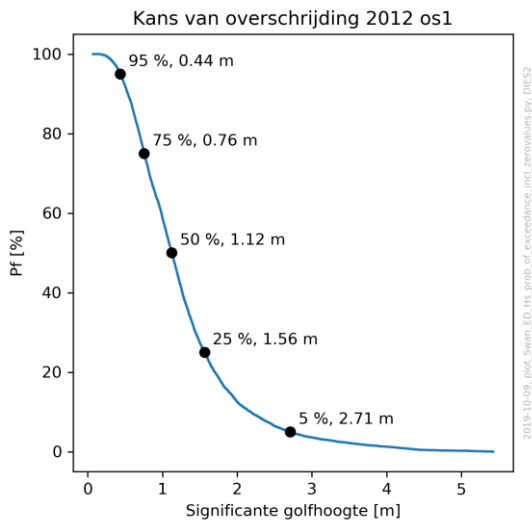
Afbeelding II.4 Scatter diagram golfhoogte en golfrichting van uitvoerlocatie ns8

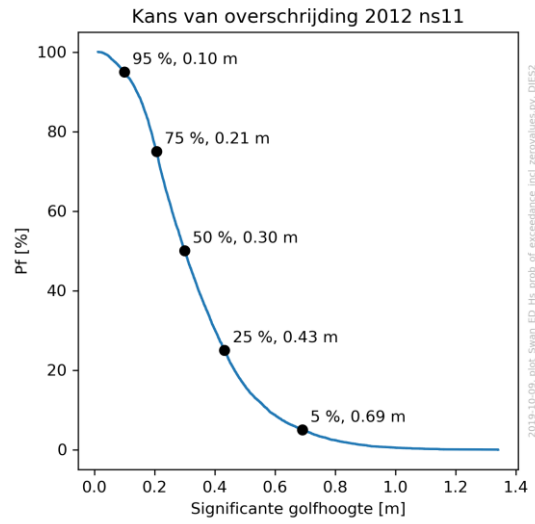
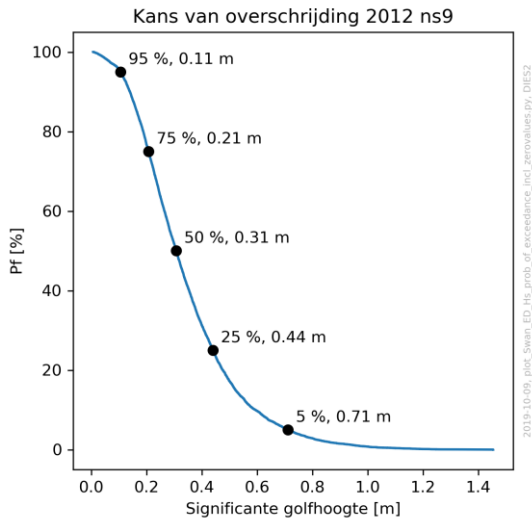
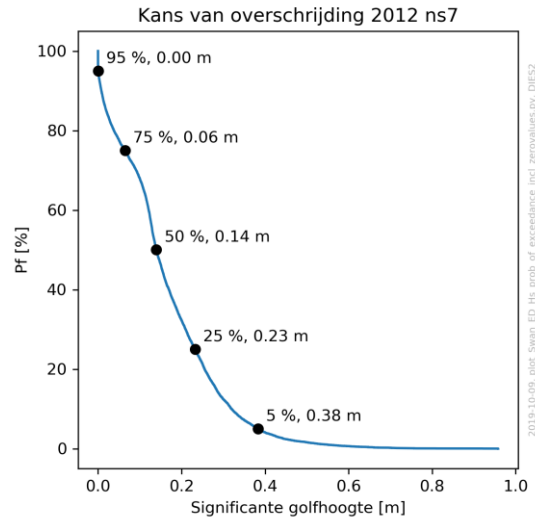
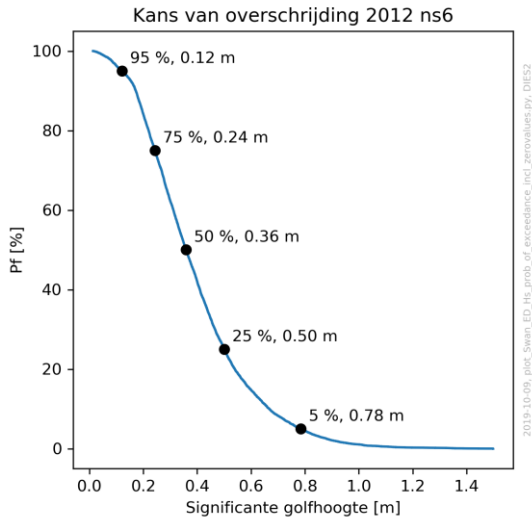
		Direction (°)													
		lower	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
	lower	upper	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	sum
Waveheight [m]	0.00	0.10	0.016	0.022	0.025	0.012	0.006	0.004	0.017	0.036	0.044	0.043	0.034	0.016	0.275
	0.10	0.20	0.020	0.023	0.021	0.025	0.016	0.025	0.047	0.050	0.037	0.040	0.036	0.017	0.356
	0.20	0.30	0.008	0.014	0.011	0.015	0.004	0.010	0.031	0.035	0.033	0.036	0.029	0.011	0.237
	0.30	0.40	0.007	0.004	0.002	0.001	0.001	0.002	0.006	0.013	0.017	0.018	0.015	0.007	0.091
	0.40	0.50	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.008	0.004	0.003	0.025
	0.50	0.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.002	0.000	0.010
	0.60	0.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004
	0.70	0.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
	0.80	0.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.90	1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		sum	0.054	0.063	0.059	0.052	0.026	0.041	0.100	0.136	0.139	0.152	0.123	0.055	1

Afbeelding II.5 Scatter diagram golfhoogte en golfrichting van uitvoerlocatie ns10

		Direction (°)													
		lower	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
	lower	upper	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	sum
Waveheight [m]	0.00	0.30	0.004	0.003	0.002	0.005	0.004	0.003	0.003	0.001	0.003	0.007	0.020	0.029	0.084
	0.30	0.60	0.022	0.021	0.018	0.031	0.020	0.017	0.013	0.010	0.016	0.036	0.066	0.056	0.326
	0.60	0.90	0.012	0.009	0.013	0.017	0.005	0.004	0.006	0.009	0.020	0.058	0.101	0.045	0.298
	0.90	1.20	0.002	0.002	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.024	0.091	0.023	0.149
	1.20	1.50	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.059	0.014	0.080
	1.50	1.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.030	0.004	0.035
	1.80	2.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.018	0.001	0.020
	2.10	2.40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.005
	2.40	2.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
	2.70	3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		sum	0.042	0.034	0.033	0.057	0.029	0.024	0.022	0.021	0.041	0.133	0.392	0.172	1

Afbeelding II.6 Kans van overschrijding golfhoogte voor uitvoerlocaties os1, os3, ns1-ns4, ns6, ns7, ns9 en ns11

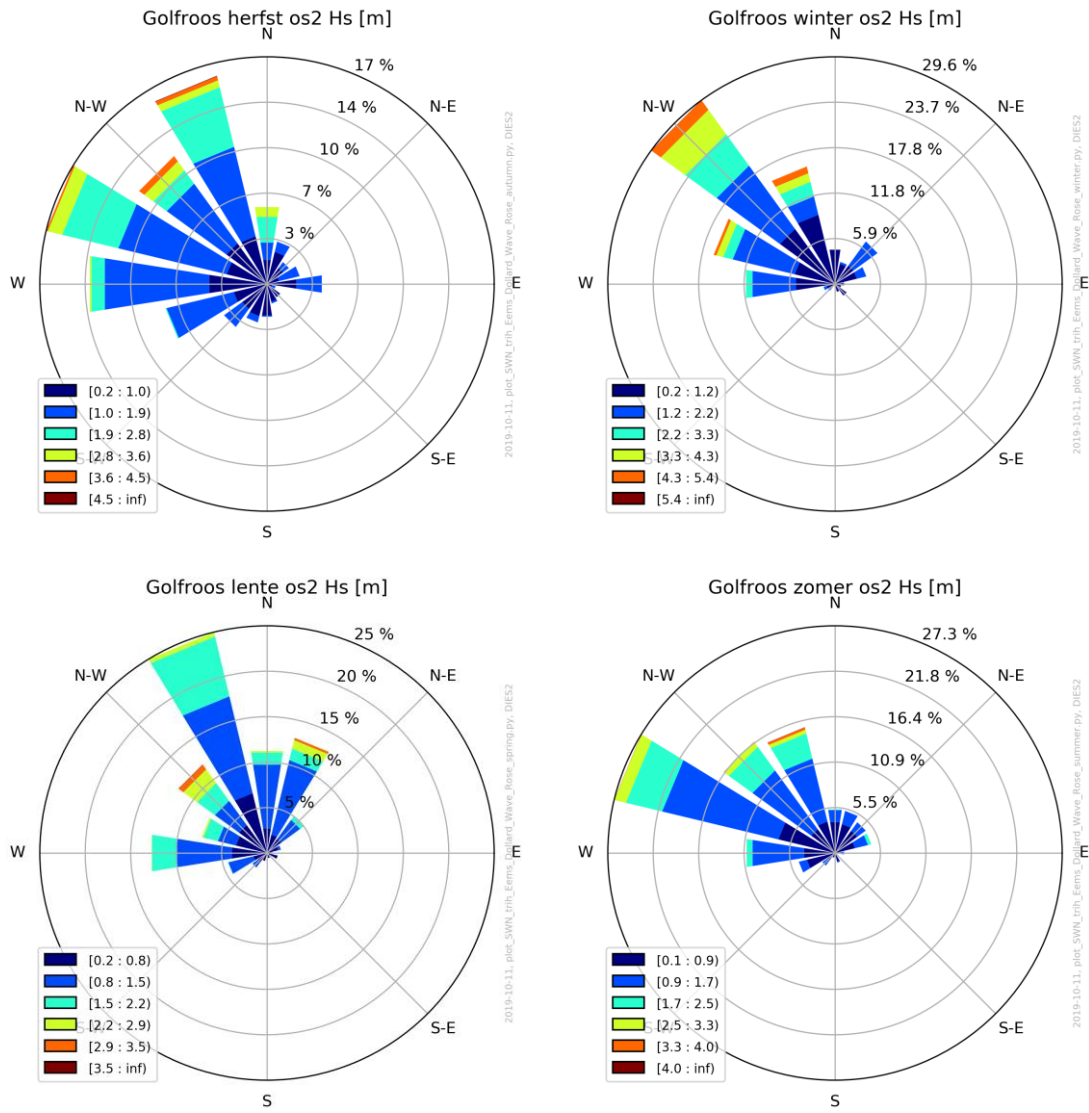




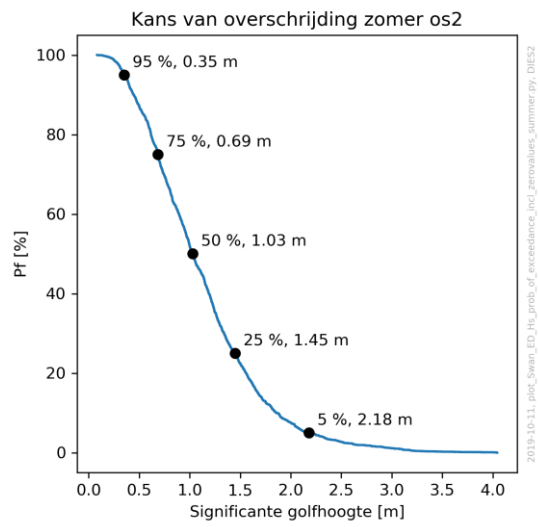
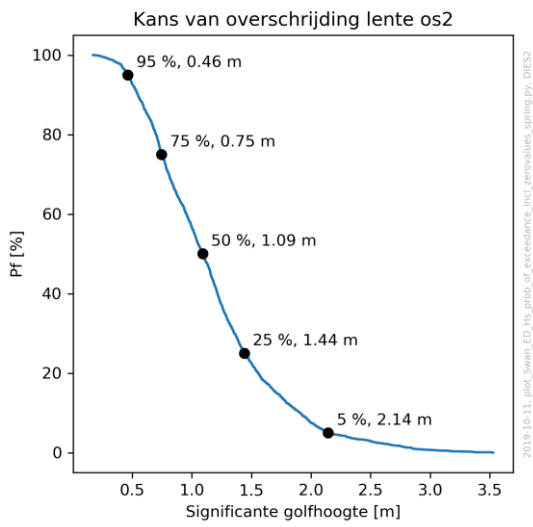
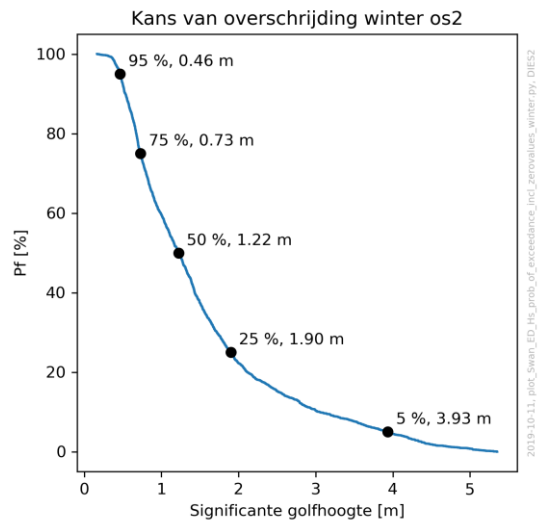
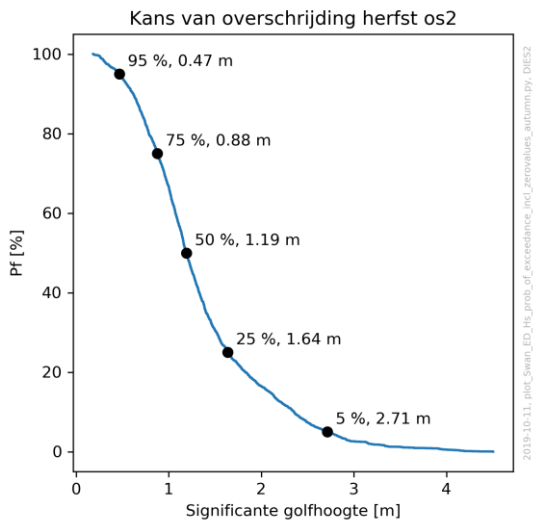


BIJLAGE: GOLFCONDITIONS PER SEIZOEN (ROZEN EN KANS VAN OVERSCHRIJDING)

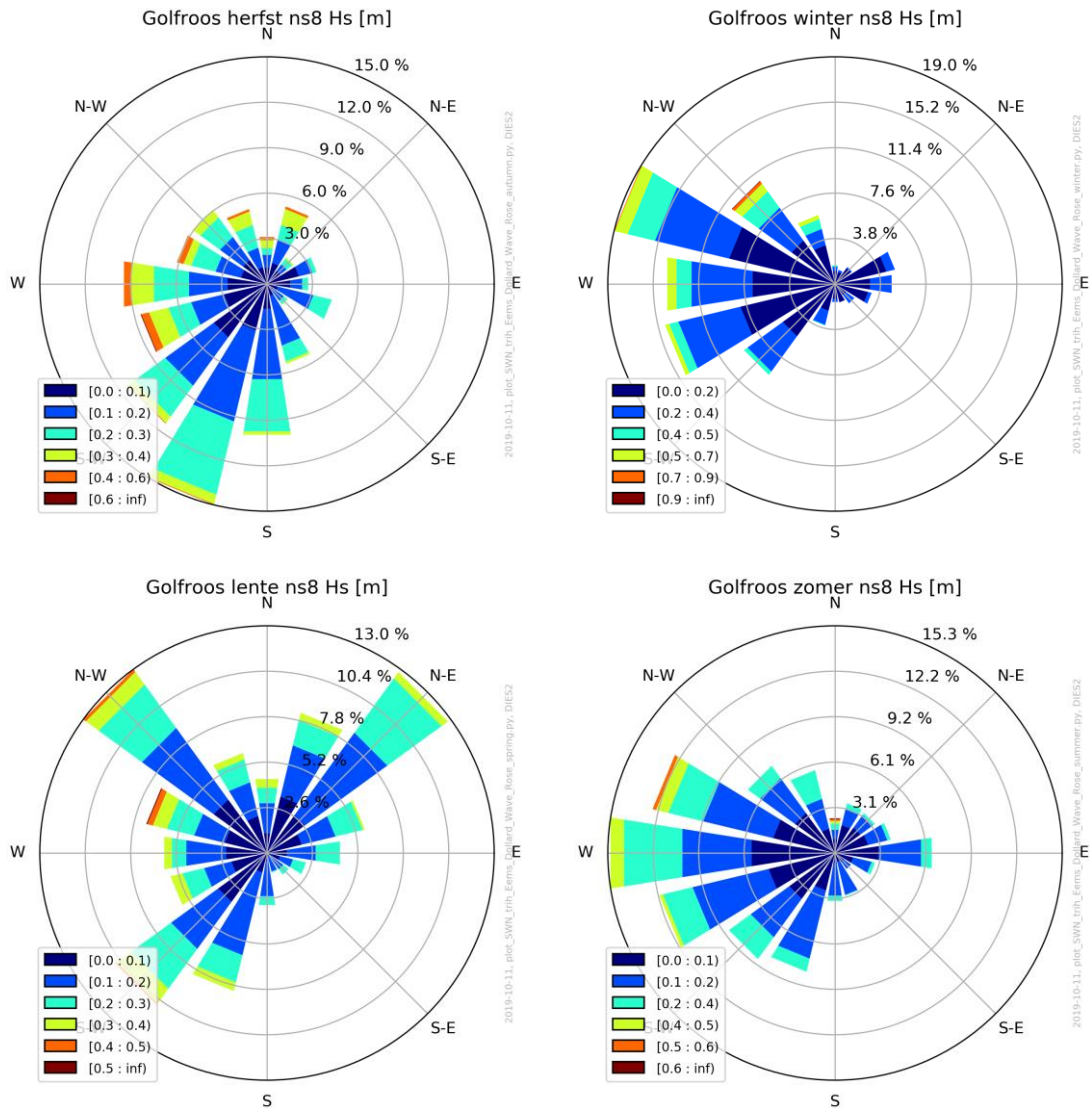
Afbeelding III.1 Golfroos per seizoen (herfst, winter, lente, zomer) voor uitvoerlocatie os2



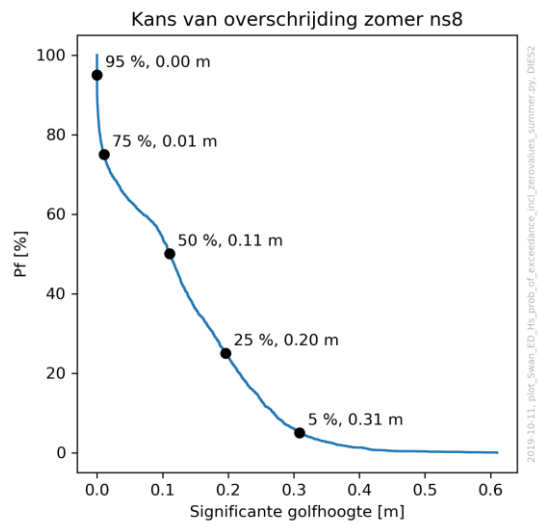
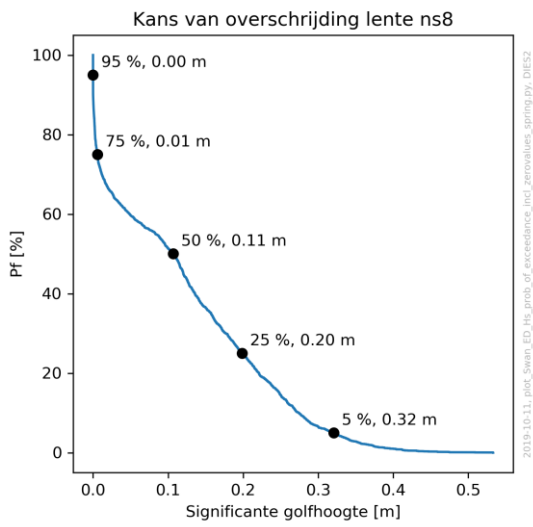
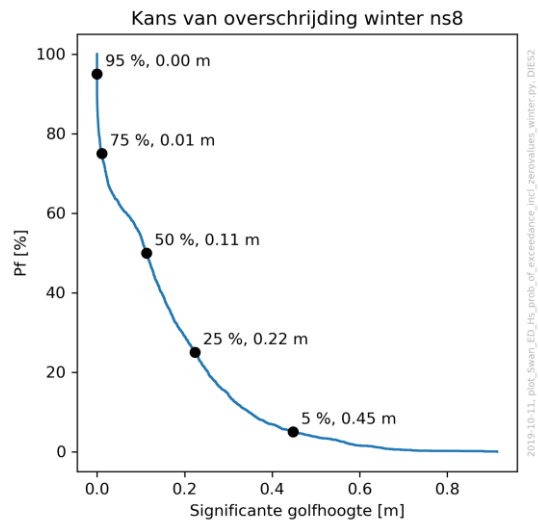
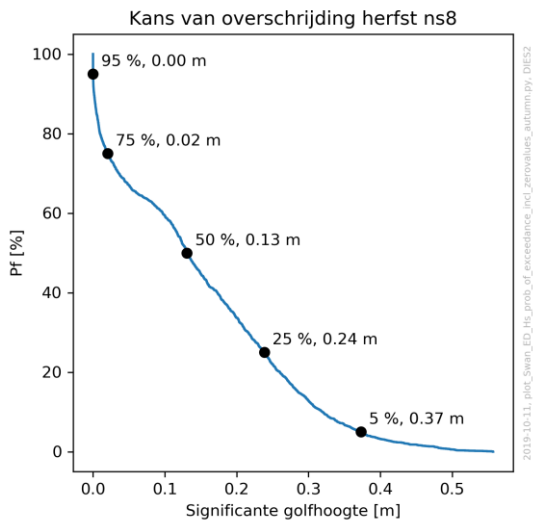
Afbeelding III.2 Kans van overschrijding golfhoogte per seizoen (herfst, winter, lente, zomer) voor uitvoerlocatie os2



Afbeelding III.3 Golfroos per seizoen (herfst, winter, lente, zomer) voor uitvoerlocatie ns8



Afbeelding III.4 Kans van overschrijding golfhoogte per seizoen (herfst, winter, lente, zomer) voor uitvoerlocatie ns8





BIJLAGE: VERTROEBELINGSTUDIE



Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden

Vertroebelingsstudie rondom de tracé-alternatieven

TenneT TSO B.V. en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

13 maart 2020

Project Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden
Opdrachtgever TenneT TSO B.V. en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Document Vertroebelingsstudie rondom de tracé-alternatieven
Status Concept 02
Datum 13 maart 2020
Referentie 114227-3.33/20-004.117

Projectcode 114227-3.33
Projectleider drs.ing. P.T.W. Mulder
Projectdirecteur ing. M. Kraneveld

Auteur(s) ir. C.W.T. van Bemmelen
Gecontroleerd door dr. W. Ridderinkhof, dr. ir. T. van Kessel
Goedgekeurd door drs.ing. P.T.W. Mulder

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Projectgebied	5
1.2.1	Achtergrondconcentraties	6
1.3	Geplande werkzaamheden	7
1.4	Doel	9
1.5	Afkortingen	9
2	METHODIEK	11
2.1	Inleiding	11
2.2	DELWAQ	11
2.3	Afleiden brontermen	11
2.3.1	Materieel	11
2.3.2	Grond	14
2.3.3	Droge massa sediment	15
2.3.4	Overzicht brontermen	15
2.3.5	Representatieve locaties bronterm DELWAQ	15
2.4	Modelschematisaties	16
2.4.1	Eems-Dollard modelschematisatie	17
2.4.2	Waddenzee modelschematisatie	18
2.4.3	Instellingen modelschematisaties	18
2.4.4	Simulatieperiodes	18
2.4.5	Baggerstrategie in DELWAQ	18
2.5	Uitgevoerde simulaties	19
3	RESULTATEN	21
3.1	Baggerpluim hopper	21
3.2	Baggerpluim cutter	24
3.3	Baggerpluim wadtrencher	24
3.4	Baggerpluim backhoe	25
3.5	Oppervlaktes pluim	27
3.6	Sedimentatie	31

3.7	Gevoeligheid cyclische bronterm (baggeren en verspreiden)	32
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	33
4.1	Aanbeveling slibpercentages	34
5	REFERENTIES	36
	Laatste pagina	36
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Baggervolumes per tracé-alternatief	3
II	Additionele figuren	5

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

Deze studie is uitgevoerd in het kader van de milieu effect rapportage (MER) Fase 1 Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden. In deze studie wordt de vertroebeling langs de 9 tracé-alternatieven als gevolg van het ingraven van kabels inzichtelijk gemaakt. Deze vertroebelingsstudie wordt gedaan met behulp van modelberekeningen met invoer vanuit de hydrodynamische studie en het benodigde grondverzet.

1.2 Projectgebied

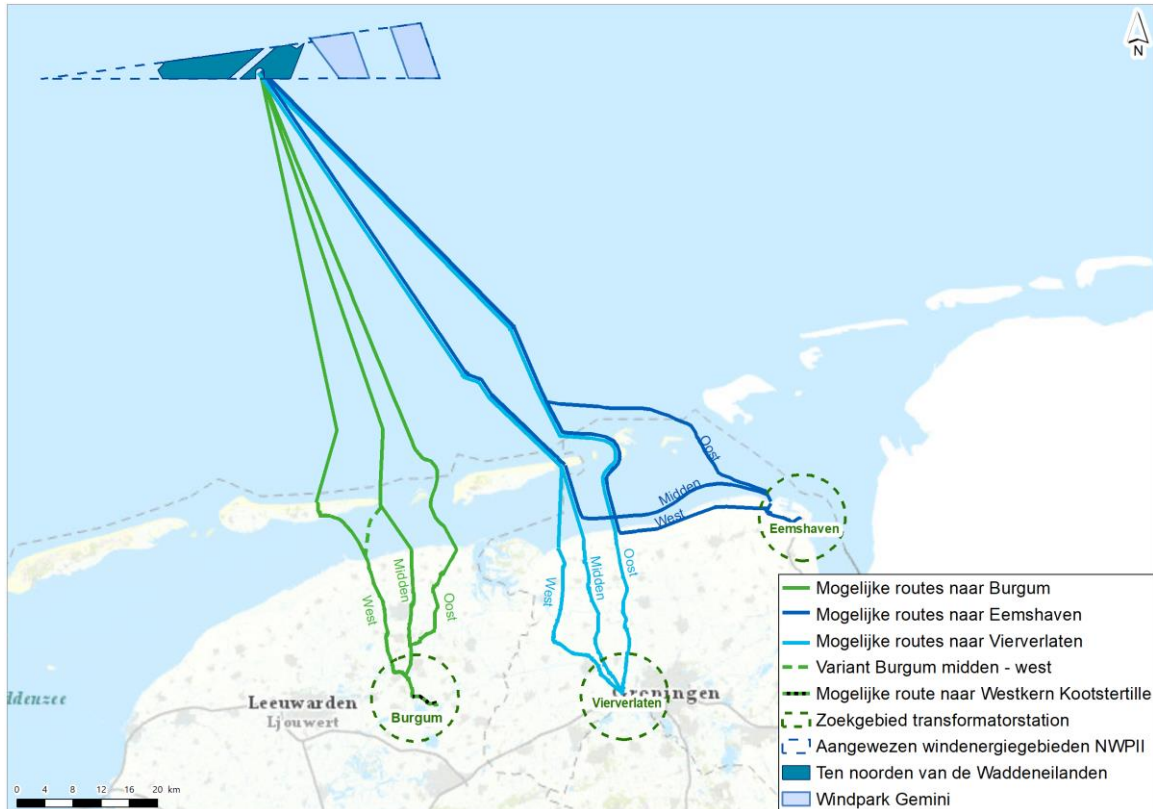
Het plangebied van Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden ligt tussen het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden aan de noordkant en loopt tot de aansluitlocaties Burgum, Vierverlaten en Eemshaven Oudeschip (hierna: Eemshaven) aan de zuidkant (zie afbeelding 1.1). Naast een verdeling per aansluitlocatie, kent het plangebied een verdeling naar drie deelgebieden:

- Noordzee;
- Waddengebied¹;
- land.

Voor de scheidingslijn tussen de Noordzee en het Waddengebied is het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone als grensgebied aangehouden (zie afbeelding 1.1). In deze studie wordt het effect op de vertroebeling van de bijzondere graafwerkzaamheden in het Waddengebied voor elk van de tracé-alternatieven bekeken.

¹ Het Waddengebied omvat het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, het Natura 2000-gebied en UNESCO werelderfgoedgebied Waddenzee en de Waddeneilanden.

Afbeelding 1.1 Deelgebieden (stippellijn) en tracé-alternatieven MER fase 1

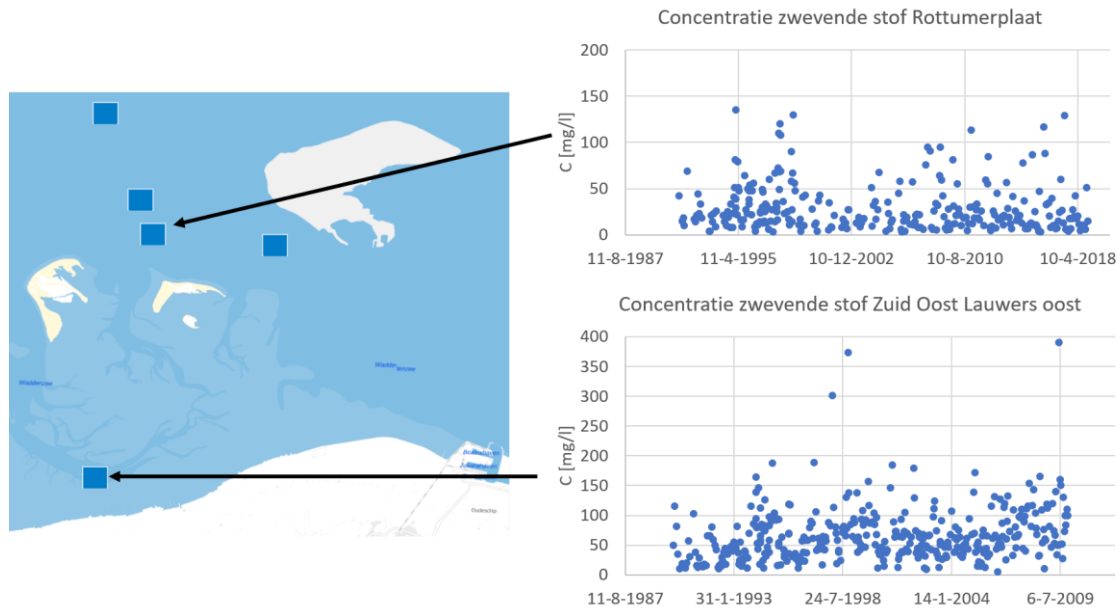


1.2.1 Achtergrondconcentraties

De Waddenzee en met name het Eems-Dollard estuarium zijn zeer slibrijke gebieden. De gemiddelde slibconcentraties in dit gebied variëren zowel ruimtelijk als in de tijd, met waarden van enkele tientallen tot honderden milligrammen per liter [ref. 1]. In afbeelding 1.2 zijn twee tijdseries opgenomen van de slibconcentraties in het projectgebied. Hierin is te zien dat de gemeten achtergrondconcentraties in het noorden van het projectgebied typisch tussen de 0 en 100 mg/l liggen. De achtergrondconcentraties in het zuiden van het projectgebied zijn hoger en liggen typisch tussen de 0 en 200 mg/l. Verder zijn grote toenames in slibconcentratie te zien met pieken van meer dan 300 mg/l voor het zuiden van het projectgebied. Deze sterke toenames treden op tijdens stormcondities door sterke opwoeling van materiaal vanaf de bodem.

In MER studie voor de Vaarweg Eemshaven [ref. 4] zijn vergelijkbare waarden gepresenteerd voor de gemeten achtergrondconcentraties in het Randzelgat (enkele kilometers ten noorden van Eemshaven). Tussen 1 maart 2012 en 1 mei 2012 was daar de gemiddelde concentratie 55 mg/l en had deze een standaard deviatie van 32 mg/l.

Afbeelding 1.2 Tijdsreeksen concentratie zwevende stof voor meetstations in het projectgebied (Rottumerplaat en Zuid Oost Lauwers)



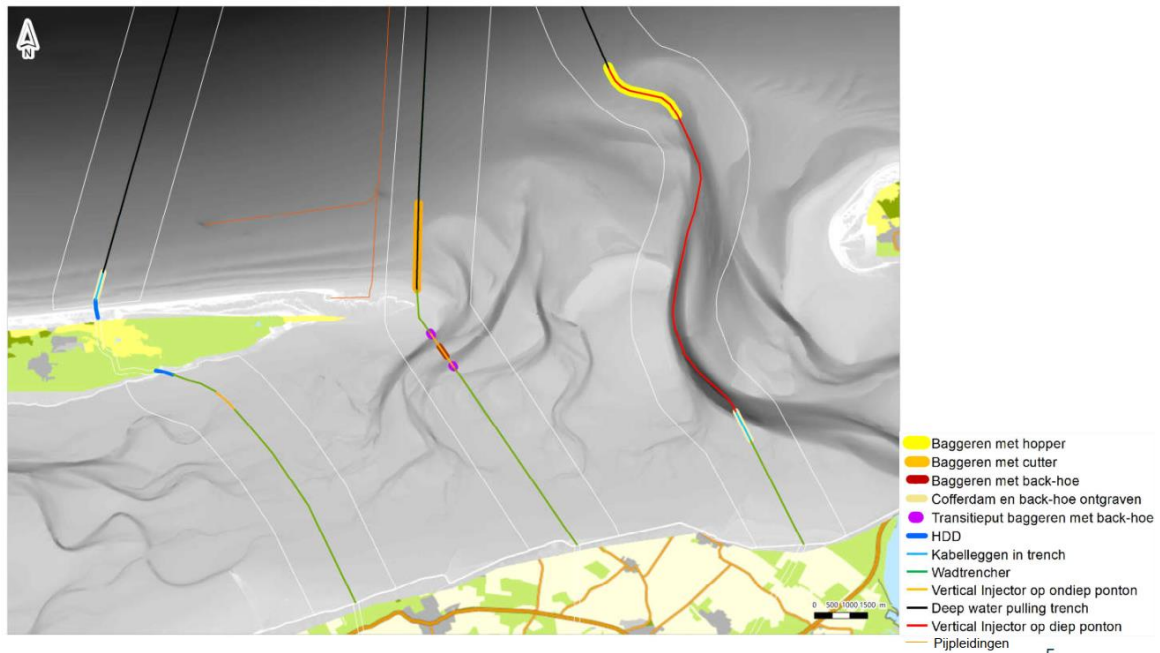
1.3 Geplande werkzaamheden

In het Waddengebied is een grote verscheidenheid aan bodemvormen en verwachte bodemhoogtevariatie tijdens de levensduur van de kabels. Rond de zeegaten treden de grootste variaties op, maar ook migrerende geulen elders in het Waddengebied zorgen potentieel voor grote veranderingen in de toekomstige bodemligging. Op het wad en in het gebied in de omgeving van de zeedijk van de Friese en Groningse kust is de bodem het minst variabel. Om de kabels op voldoende diepte aan te leggen worden de volgende werkzaamheden voorzien (zie ook Afbeelding 1.3 en Afbeelding 1.4.):

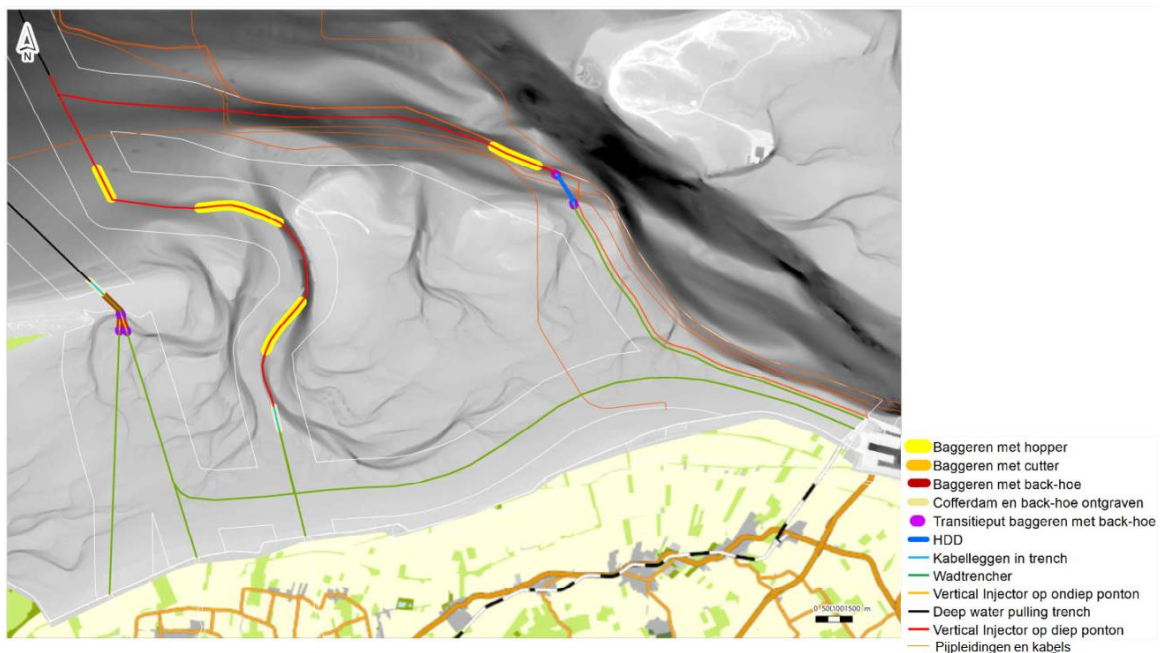
- 1 op de ondiepe delen van de Waddenzee (onder andere de eerste kilometers vanaf de dijk) worden de kabels ingegraven met een apparaat dat over het wad rijdt. In het vervolg van dit rapport zal dit apparaat een 'wadtreacher' genoemd worden;
- 2 waar de geulen in de Waddenzee te diep zijn voor een rijdend apparaat wordt gebruikgemaakt van een ponton;
- 3 op enkele overgangen tussen geul en wad in de Waddenzee worden voor aanleg van de kabels transitiezones uitgegraven met een backhoe;
- 4 op verschillende locaties wordt voor de aanleg van de kabels een geul gegraven of verdiept zodat er voldoende waterdiepte ontstaat voor het ponton vanaf waar de kabels worden ingegraven. De volumes die hierbij worden ontgraven, en de methodes die hiervoor wordt gehanteerd, verschillen (backhoe, hopper, cutter);
- 5 waar de tracés de waterkering of een andere kabel kruisen wordt de kabel met een horizontaal geboorde sturing (HDD) aangelegd. In deze studie wordt de eventuele vertroebeling ten gevolge van een HDD-boring niet beschouwd.

In [ref. 10] is de aanlegmethodiek voor elk tracé-alternatief verder uitgewerkt. In hetzelfde rapport worden ook de verschillende fases en de te verzetten volumes gepresenteerd.

Afbeelding 1.3 Aanlegmethodiek tracé-alternatieven BGM



Afbeelding 1.4 Aanlegmethodiek tracé-alternatieven VVL en EEM



Baggervolumes

De baggervolumes voor elk van de aanlegmethodes van de tracé-alternatieven zijn bepaald in [ref. 10]. In Tabel 1.1 zijn voor de verschillende tracé-alternatieven de baggervolumes opgenomen (tot aan de diepwater installatie met OPT). Voor dit overzicht zijn enkel de baggerwerkzaamheden groter dan 3.000 m³ opgesomd. In bijlage I zijn uitgebreidere overzichten van de baggervolumes voor elk van de tracés opgenomen, uitgesplitst naar de stappen benodigd voor de aanleg.

Tabel 1.1 Overzicht van de te baggeren sediment volumes per tracé-alternatief.

Tracé-alternatief	Volume voorbereidende baggerwerkzaamheden [m ³]	Volume wadtrencher [m ³]
BGM W	338.500	23.400
BGM M	2.022.750	33.020
BGM O	2.678.501	9.900
VVL W	874.000	65.160
VVL M	874.540	60.300
VVL O	3.442.900	13.500
EEM W	874.540	79.550
EEM M	3.442.900	81.300
EEM-O	196.900	74.800

Voor de BGM tracés is een compleet overzicht van de grootste baggervolumes opgenomen in tabel 1.1. Het totaal te baggeren volume voor BGM W is significant lager dan de baggervolumes voor BGM M en BGM O. Dit heeft voornamelijk te maken met het feit dat er voor BGM W geen baggerwerkzaamheden in diepe geulen en buitendelta's (met hoppers) plaats hoeven te vinden.

Voor de VVL tracés zijn de grootste baggervolumes opgenomen in tabel 1.1. Het totaal te baggeren volume voor VVL O is significant hoger dan de baggervolumes voor VVL W en VVL M. Dit heeft voornamelijk te maken met het feit dat er voor VVL O uitgebreide baggerwerkzaamheden nodig zijn in de diepe geul (het Boschgat).

Voor de EEM tracés zijn de grootste baggervolumes opgenomen in tabel 1.1. Het totaal te baggeren volume voor EEM M is significant hoger dan de baggervolumes voor EEM O. Dit heeft voornamelijk te maken met het feit dat er voor EEM M uitgebreide baggerwerkzaamheden nodig zijn in de diepe geul (het Boschgat). Het te baggeren volume voor EEM M is het hoogste van alle tracé-alternatieven.

1.4 Doel

Het doel van deze vertroebelingsstudie is het geven van een kwantitatief inzicht in de vertroebeling en sedimentatie (ten opzichte van de achtergrond) als gevolg van de benodigde werkzaamheden voor het aanleggen van de kabels langs de verschillende tracés. De resultaten van deze studie worden gebruikt om de effecten van de baggerwerkzaamheden op het milieu in kaart te brengen.

1.5 Afkortingen

In dit rapport is veelvuldig gebruik gemaakt van afkortingen om de tracé-alternatieven en installatiemethodes beknopt op te schrijven. De gebruikte acroniemen staan in tabel 1.2.

Tabel 1.2 Overzicht van de gebruikte afkortingen

Afkorting	Betekenis
MER	Milieu Effect Rapportage
BGM	Tracé-alternatief Burgum
VVL	Tracé-alternatief Vierverlaten
EEM	Tracé-alternatief Eemshaven

Afkorting	Betekenis
W	west
M	midden
O	oost
HDD	horizontaal gestuurde boring
OPT	onderwater pulling trencher
VIO	vertical injector
TSHD	trailing Suction hopper Dredger
CSD	cutter Suction Dredger
WAD	modelschematisatie Waddenzee
ED	modelschematisatie Eems-Dollard
TIM	total Inorganic Matter

2

METHODIEK

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de methodiek van de vertroebelingsstudie besproken. Eerst wordt het bepalen van de brontermen toegelicht. Vervolgens worden de gebruikte model-schematisaties en uitgevoerde simulaties gepresenteerd.

2.2 DELWAQ

Voor de vertroebelingsstudie is gebruik gemaakt van het DELWAQ model. Dit model kan aangedreven worden met de resultaten vanuit de hydrodynamische studie van het projectgebied [ref. 11]. Op basis van de hydrodynamica binnen het projectgebied wordt het DELWAQ model gebruikt om het zwevende stoftransport te berekenen. Hierin vervult de bodemschuifspanning ten gevolge van de waterbeweging een sleutelrol. Door de bodemschuifspanning worden sedimentdeeltjes losgewerkt uit de bodem. De deeltjes gaan in suspensie in het water en worden vervolgens met de stroming naar elders meegevoerd. Hogere golven en stroomsnelheden leiden tot hogere bodemschuifspanningen. In zones met een lage bodemschuifspanning blijft meer sediment liggen.

In de volgende paragrafen wordt het afleiden van de brontermen die toegepast zijn in het DELWAQ model toegelicht.

2.3 Afleiden brontermen

De toegepaste brontermen in de vertroebelingsstudie zijn een combinatie van:

- de aanlegmethode en aanlegduur (paragraaf 2.3.1);
- het slibpercentage in de grond (paragraaf 2.3.2);
- het baggervolume (paragraaf 1.3).

In de volgende paragrafen wordt het bepalen van de brontermen aan de hand van deze aspecten behandeld.

2.3.1 Materieel

Voor de aanleg van de kabels in dit project wordt (afhankelijk van de locatie) verschillend materieel ingezet. Voor de volgende materieeltypes zijn brontermen toegevoegd aan het DELWAQ model:

- hopper;
- cutter;
- backhoe dredger;
- wadtrencher.

In de volgende kopjes zal toegelicht worden hoe deze materieeltypes meegenomen worden in de vertroebelingsstudie.

Hopper

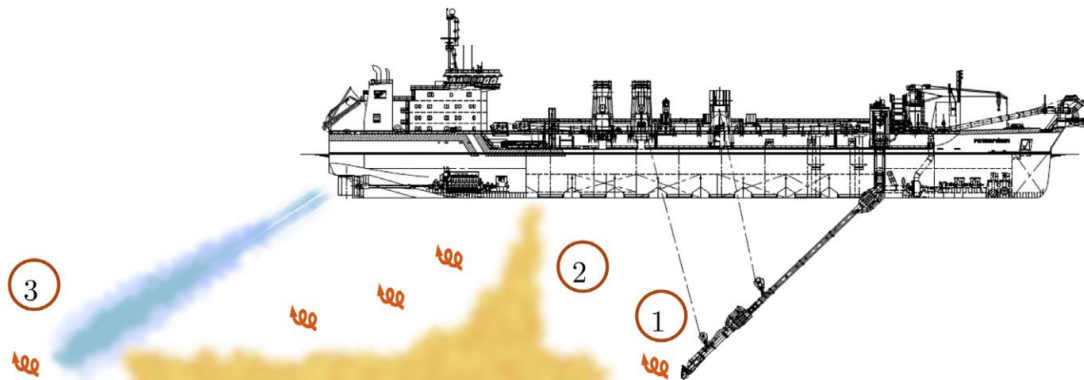
Drie processen spelen een rol in de vertroebeling die ontstaat tijdens baggerwerkzaamheden met een Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD):

- het opwoelen van materiaal door de sleepkop;
- overstorten van slibrijk water;
- opwoelen van materiaal door scheepsbewegingen.

Het opwoelen van het materiaal door de sleepkop en scheepsbewegingen is ten opzichte van de overstort zeer gering (1-5 % van de slibfractie [ref. 9]). In deze fase van het project wordt de opwoeling door deze termen daarom niet meegenomen.

Bij het overstorten komt een deel van het slib dat initieel in de beun ingevangen wordt vrij. In deze studie wordt aangenomen dat dit 50 % van het ontgraven slib betreft. Van het slib dat door overstort in de waterkolom belandt zakt een groot deel direct naar de bodem ten gevolge van dichtheidsstromingen, het overige sediment verspreidt over de waterkolom. In deze studie wordt 15 % van het slib dat vrijkomt door het overstorten uniform verdeeld over de waterkolom 85 % toegekend aan de bovenste bodemlaag in DELWAQ (S1). Sediment in de bovenste bodemlaag is eenvoudig erodeerbaar.

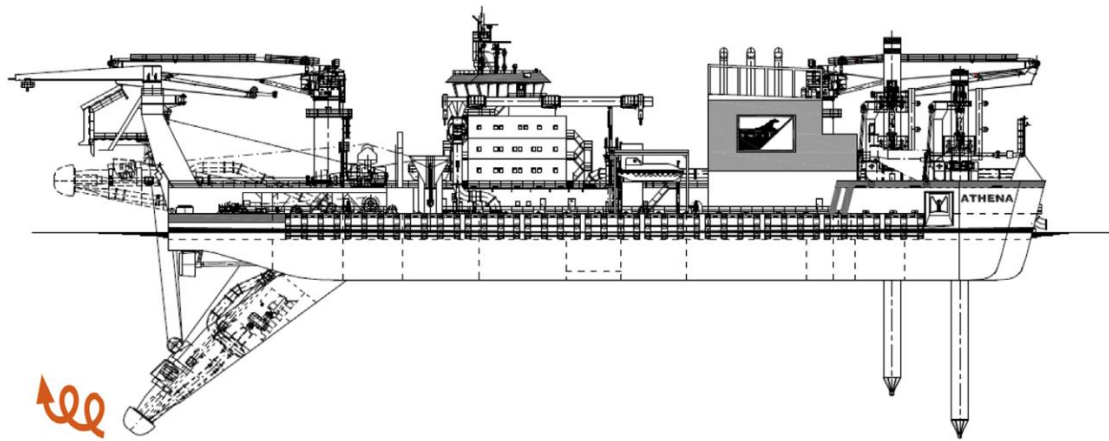
Afbeelding 2.1 Processen leiden tot vertroebeling tijdens baggeren met een TSHD [ref. 9]



Cutter

Het gebaggerde materiaal met een Cutter Suction Dredger (CSD) wordt naar de stortlocatie gepompt en niet opgeslagen in de beun. Om die reden wordt er bij de werkzaamheden met de CSD geen overflow toegepast en woelt er alleen slibrijk materiaal aan de bodem op. Voor de bronterm van de CSD wordt aangenomen dat 5 % van het slib uniform over de waterkolom in suspensie komt tijdens het baggeren [ref. 9].

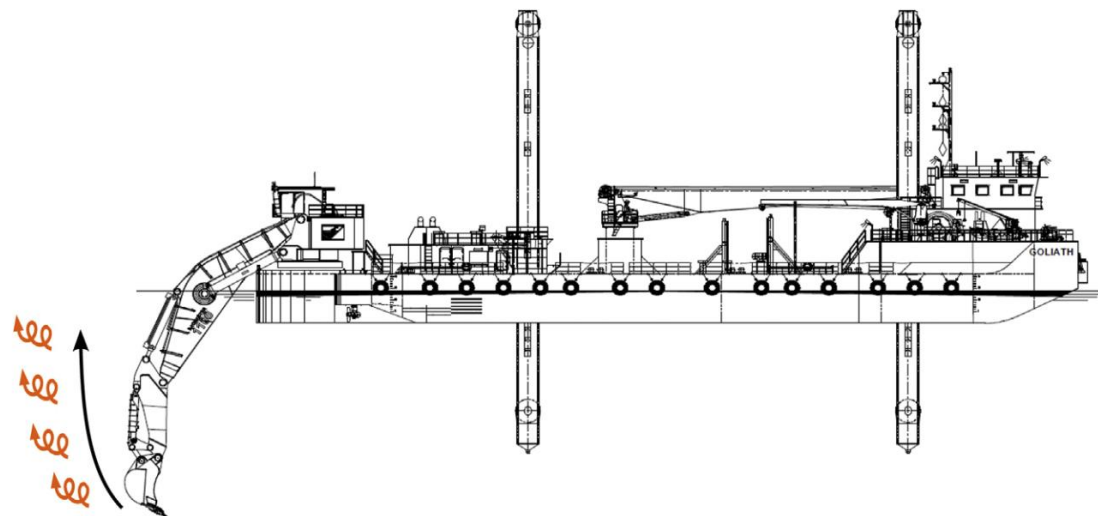
Afbeelding 2.2 Schematische weergave opwoelen van slibrijk materiaal aan de bodem tijdens baggeren met een CSD [ref. 9]



Backhoe dredger

Het gebaggerde materiaal met een Backhoe dredger (BHD) zal door de waterkolom omhoog getrokken worden. Hiervoor wordt aangenomen dat 15 % van het fijne materiaal uitspoelt en uniform over de waterkolom verdeeld wordt.

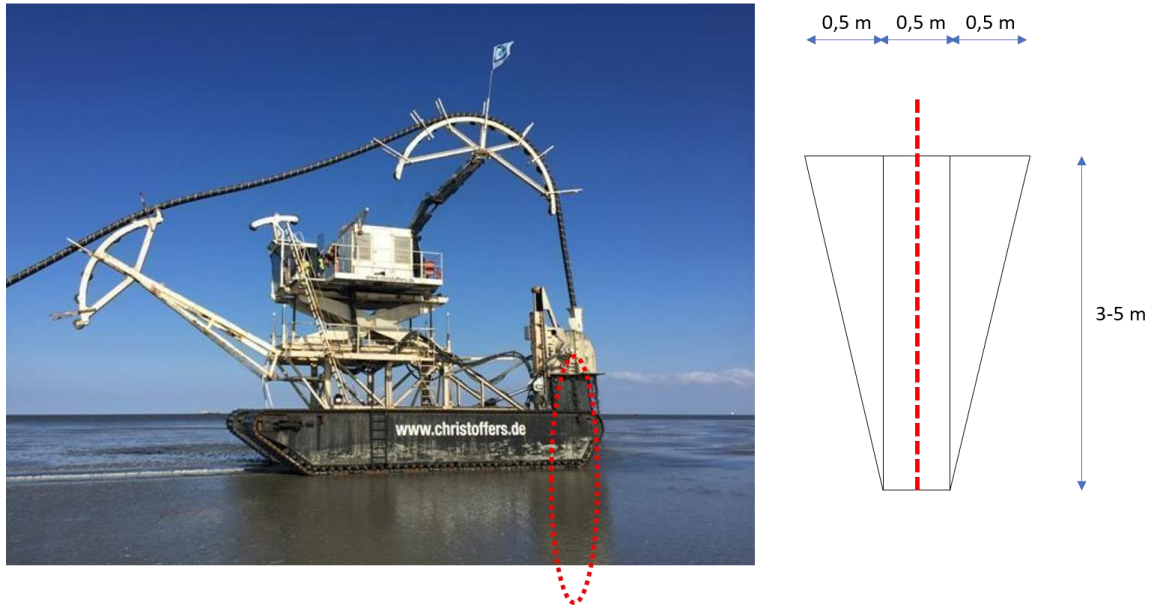
Afbeelding 2.3 Schematische weergave van de vertroebeling over de waterkolom tijdens het baggeren met een BHD [ref. 9]



Wadtrencher

Voor de wadtrencher is geen literatuur beschikbaar waarin de bronterm omschreven wordt. In deze studie wordt de conservatieve aanname gedaan dat de complete geul omgewoeld wordt en over de waterkolom verdeeld wordt. Voor deze bronterm wordt dus de zeer conservatieve aanname gedaan dat 100 % van het omgewoelde materiaal in suspensie wordt gebracht.

Afbeelding 2.4 Foto van een wadtrencher [ref. 13] en schematische weergave van de geul die gegraven wordt

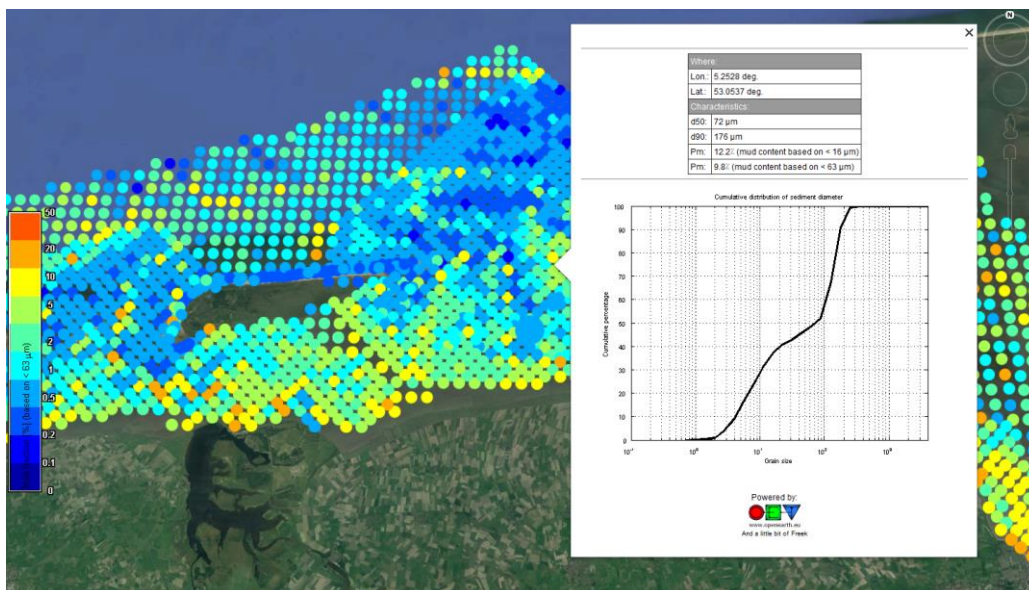


2.3.2 Grond

Om de hoeveelheid gebaggerde slib te bepalen is de Sedimentatlas van de Waddenzee [ref. 12] gebruikt. In dit overzicht zijn voor een groot aantal punten de sedimenteigenschappen van de bodem opgenomen (zie Afbeelding 2.5).

Voor elk van de tracés is het dichtstbijzijnde punt uit de Sedimentatlas bepaald. Om de bronterm in DELWAQ te bepalen is aangenomen dat het slib percentage in de grond op een locatie constant is bij een variërende baggerdiepte. Voor brontermen die zich over het tracé verplaatsen (wadtrencher) is voor elke baggerlocatie een nieuw slibpercentage bepaald.

Afbeelding 2.5 Sedimenteigenschappen uit de Sedimentatlas Waddenzee [ref. 12]



2.3.3 Droge massa sediment

Ter bepaling van de massa droge stof die wordt verspreid ter plaatse van de bronterm is de droge dichtheid van het baggermateriaal nodig. Deze dichtheid wordt bepaald door de percentages zand en fijn materiaal aanwezig in de bodem. De onderstaande formule is gebruikt om de droge dichtheid van het sediment te bepalen [ref. 8].

$$\rho_{droog} = 1550 - 17,5 * p_{fijn} + 0,065 * p_{fijn}^2$$

Waarin p_{fijn} het percentage tussen 0 en 100 fijn materiaal (slib) is. Hiermee is de benodigde slib massa per seconde bepaald die voor elke bronterm in de invoer van DELWAQ is gebruikt.

2.3.4 Overzicht brontermen

Onderstaande tabel geeft het overzicht weer van de brontermen die gebruikt zijn in de DELWAQ modellen. Voor de vier maatgevende baggerwerkzaamheden is het percentage dat vrijkomt tijdens het baggeren gegeven. Verder presenteert de tabel de wijze waarop de bronterm toegevoegd wordt aan de waterkolom en sedimentlaag van de DELWAQ modellen.

Tabel 2.1 Overzicht van toegepaste brontermen en schematisatie in DELWAQ

	% slib dat vrijkomt tijdens baggerwerkzaamheden (exclusief storten)	% slib in waterkolom	% slib in bovenste sedimentlaag (S1)	verdeling over de waterkolom
hopper	50	15	85	uniform
cutter	5	100	0	uniform
backhoe	8	100	0	uniform
wadtrencher	100	100	0	alleen in onderste rekenlaag

2.3.5 Representatieve locaties bronterm DELWAQ

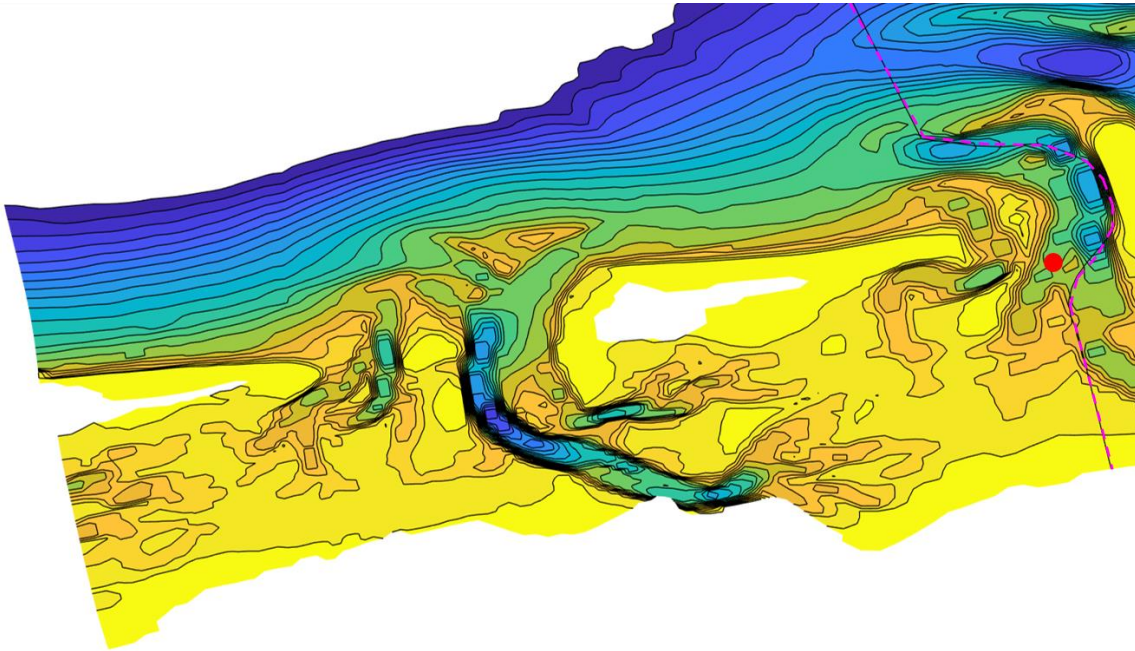
De bodemhoogte zoals toegepast in de DELWAQ modellen is niet gelijk aan de huidige bodem van de Waddenzee en van de Eems-Dollard.

Voor de twee modelschematisaties zijn de volgende bathymetrische gegevens gebruikt:

- Eems-Dollard: WSA bathymetrie voor het jaar 2005;
- Waddenzee: Rijkswaterstaat vaklodingen tussen 2008-2011 in het projectgebied.

Deze bathymetrische gegevens verschillen van de huidige ligging van de bodem (door bijvoorbeeld het migreren van geulen en platen) en daarmee ook van de bathymetrie die gebruikt is om de tracé-alternatieven op te stellen. Om een accurate verspreiding van het gebaggerde slib te modelleren is er voor gekozen om representatieve locaties in de DELWAQ schematisaties te verkiezen boven de daadwerkelijke baggerlocatie. Ter illustratie is de bronterm locatie voor het baggeren met een hopper voor VVL O bovenop de modelbodem weergegeven in Afbeelding 2.6. Hier is gekozen voor een locatie van de bronterm die afwijkt van het daadwerkelijke tracé, maar waarvoor wel geldt dat op deze positie de hydrodynamica in het model representatief is voor de locatie van de baggerwerkzaamheden.

Afbeelding 2.6 Locatie van de bronterm (rode stip) voor de baggerwerkzaamheden met de hopper voor tracé-alternatief Vierverlaten Oost. De roze doorbroken lijn geeft het daadwerkelijke tracé-alternatief weer



2.4 Modelschematisaties

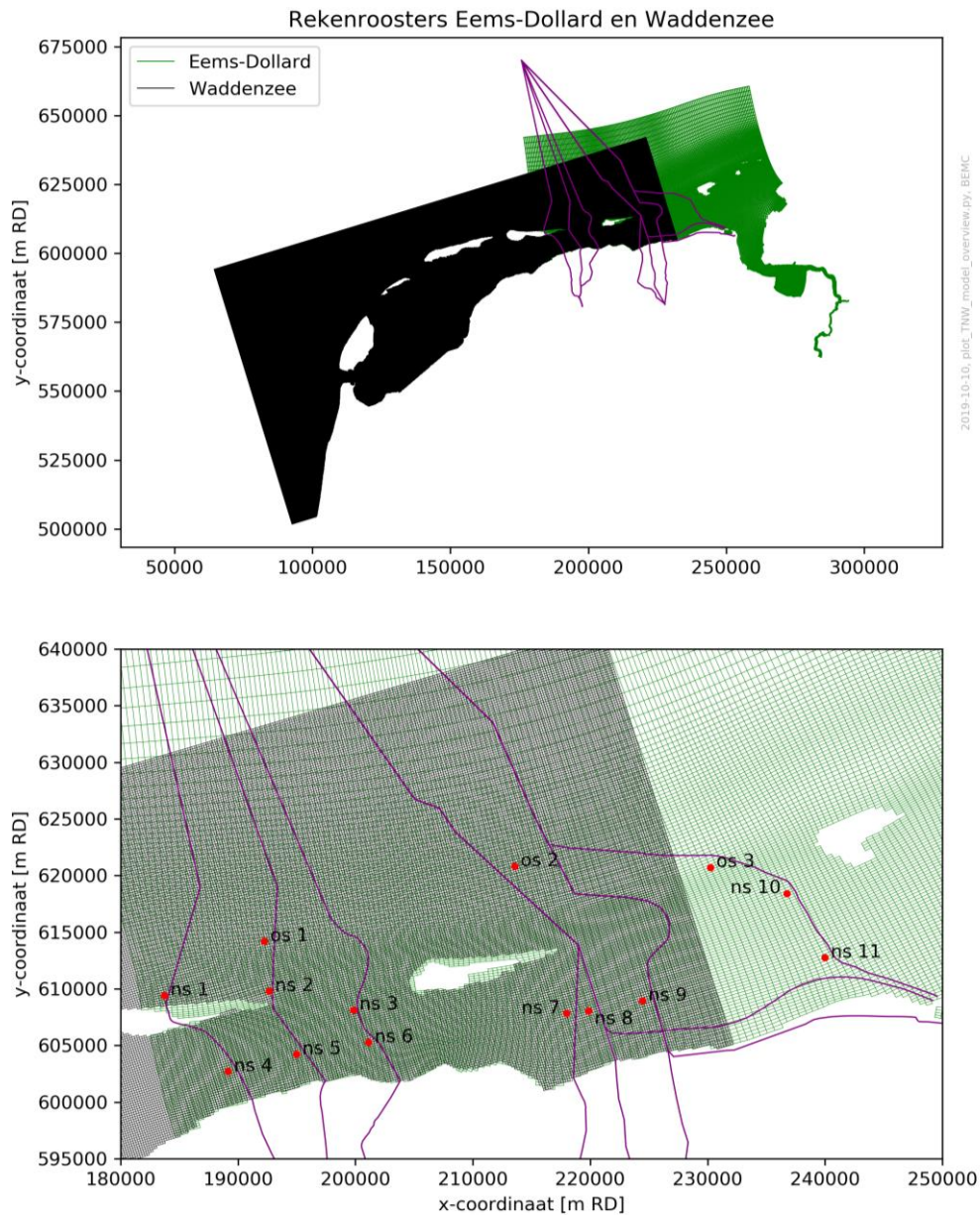
Voor deze studie is gebruik gemaakt van twee DELWAQ modelschematisaties:

- DELWAQ-SPM_Eems-Dollard_j12_v01 [ref. 1.];
- DELWAQ-SPM_Waddenzee-PACE_j09_v01 [ref. 3.].

De modelschematisaties en de ligging ten opzichte van de tracé-alternatieven is weergegeven in Afbeelding 2.7. De modelschematisatie van het Eems-Dollard estuarium wordt gebruikt voor het bepalen van de vertroebeling en sedimentatie voor de tracé-alternatieven Vierverlaten en Eemshaven. Deze tracé-alternatieven liggen op voldoende afstand van de randen van het Eems-Dollard domein. De modelschematisatie van de Waddenzee wordt gebruikt om de vertroebeling en sedimentatie voor de tracé-alternatieven Burgum te bepalen.

Beide modelschematisaties bevatten invoer vanuit de achterliggende hydrodynamische modellen. Vanuit deze modellen wordt informatie overgedragen naar het DELWAQ model over de waterbeweging in het projectgebied. De invloed van golfcondities is meegenomen door aanpassing van de bodemschuifspanning [ref. 2, ref. 3].

Afbeelding 2.7 Rekenroosters van het Eems-Dollard model (groen) en Waddenzee model (zwart), in het paars zijn de 9 tracé-alternatieven aangegeven (bovenste paneel). De rekenroosters van de modelschematisaties, ingezoomd op het interessegebied (onderste paneel)



2.4.1 Eems-Dollard modelschematisatie

De modelschematisatie voor het Eems-Dollard estuarium maakt gebruik van een horizontaal rekenrooster dat bestaat uit 187 x 319 gridcellen (afbeelding 2.7). De gridcel grootte varieert tussen 500 x 2.000 m (Noordzee) en 100 x 250 m (Dollard en Eems Rivier). Het driedimensionale model bevat 8 (logaritmsch verdeelde sigma) lagen in de verticaal. Voor de modelschematisatie van de Eems-Dollard is het volledige jaar 2012 beschikbaar als simulatieperiode.

2.4.2 Waddenzee modelschematisatie

De modelschematisatie voor de Waddenzee maakt gebruik van een rooster dat bestaat uit 820 x 486 gridcellen (afbeelding 2.7). De gridcel grootte is uniform over het domein en is 200 x 200 m. Het driedimensionale model bevat tien (gelijkmatig verdeelde sigma) lagen in de verticaal. Voor de Waddenzee modelschematisatie zijn de maanden januari 2009 tot en met april van 2009 beschikbaar als simulatieperiode.

2.4.3 Instellingen modelschematisaties

De parameter instellingen van de toegepaste modelschematisaties is niet identiek. In tabel 2.2 is een overzicht opgenomen met de belangrijkste verschillen tussen de parameters in beide modellen.

Initiële berekeningen toonden aan dat de modelinstellingen voor het Waddenzee model niet geschikt waren om de onderhavige vertroebelingsstudie uit te voeren. De oorzaak hiervan was de instelling van de maximale laagdikte van het sediment in de bufferlagen (MaxTHS1 en MaxTHS2). In de initiële instellingen waren de waarden van deze lagen respectievelijk 1 cm en 10 cm voor het Waddenzee model. Door deze kleine maximale laagdiktes verdween het toegevoegde slib uit het model. In overleg met Deltares is besloten om de laagdiktes in het Waddenzee model aan te passen ten opzichte van de aangeleverde modelschematisatie [ref. 6].

Tabel 2.2 Verschil in modelinstellingen Waddenzee en Eems-Dollard

Parameter	Toelichting	Eenheid	Waarde Waddenzee model	Waarde Eems-Dollard model
V0sedIM1	valsnelheid sediment fractie 1	m/d	1,296e+002	1,728e+002
V0sedIM2	valsnelheid sediment fractie 2	m/d	1,728e+001	2,160e+001
MaxTHS1	maximale laagdikte S1	m	1,00000e-002 5,00000e-002	5,00000e-002
MaxTHS2	maximale laagdikte S2	m	1,00010e-001 1,00000e+001	1,00000e+001

2.4.4 Simulatieperiodes

De geselecteerde periodes voor de vertroebelings simulaties bevatten typische omstandigheden gedurende doortij-springtij cycli [ref. 11]. De simulatieperiodes die beschouwd worden vallen binnen de volgende periodes:

- het Eems-Dollard DELWAQ model: 2012-03-01 en 2012-05-15;
- het Waddenzee DELWAQ model: 2009-01-01 en 2009-03-01.

Alle simulaties beginnen op de eerste datum zoals hierboven aangegeven. De duur van elke simulatie is afhankelijk van de benodigde tijd voor de baggerwerkzaamheid (zie tabel 2.3). Voor elke simulatie wordt er na de baggerwerkzaamheid nog twee extra weken gesimuleerd.

2.4.5 Baggerstrategie in DELWAQ

In de simulaties wordt enkel de vertroebeling ten gevolge van de ontgraving beschouwd. De vertroebeling die optreedt ten gevolge van de baggerwerkzaamheden is daarbij als een continue bron beschouwd. Indien storten tot ongewenste vertroebeling leidt, is dit te mitigeren (niet storten) dat geldt minder voor vertroebeling ten gevolge van ontgraven. Het additionele effect op de vertroebeling door storten van slib op een stortlocatie in het projectgebied wordt met een gevoeligheidssom geanalyseerd.

De baggerwerkzaamheden zijn op een verschillende manier als bronterm in het DELWAQ model ingevoerd. Het baggeren van brede geulen op diep water is met een statische bronterm geschematiseerd in het model. De wadtrencher voert de werkzaamheden over een lang tracé uit (enkele kilometers) en wordt daarom als een dynamische bronterm toegevoegd aan het model (locatie en grootte van de bronterm verandert in de tijd).

2.5 Uitgevoerde simulaties

Om de veroorzaakte vertroebeling ten gevolge van de baggerwerkzaamheden in kaart te brengen zijn er een aantal representatieve baggerwerkzaamheden gekozen voor de DELWAQ modelstudie (tabel 2.3). Daarbij zijn de baggerwerkzaamheden per tracé-alternatief afzonderlijk gemodelleerd.

De tracé-alternatieven Vierverlaten West en Vierverlaten Midden liggen dicht bij elkaar en voor beide wordt nagenoeg dezelfde aanlegmethodiek toegepast. Daarom is één van de twee alternatieven doorgerekend (VVL M). De vertroebeling voor VVL W zal in grote mate gelijk zijn aan de gesimuleerde vertroebeling voor VVL M.

Het aanleggen van de kabel met de wadtrencher is voor het tracé-alternatief BGM W. Het BGM W tracé is geselecteerd, omdat uit de Sedimentatlas bleek dat het slib percentage hier relatief hoog is. Deze som kan beschouwd worden als de bovengrens voor de vertroebeling door de Wadcrawler aanlegmethodiek.

Bij het aanleggen van de kofferdam met een backhoe (simulaties 24 en 38) zijn er tweemaal de gepresenteerde baggerwerkzaamheden nodig (leeghalen en vullen). Het vullen van de kofferdam is niet gesimuleerd. De periode tussen het leeghalen en vullen van de kofferdam is waarschijnlijk lang genoeg zodat de pluimen elkaar niet beïnvloeden. De totale vertroebeling kan dus bepaald worden door tweemaal achter elkaar dezelfde pluim in beschouwing te nemen.

De typische vertroebeling die ontstaat door het aanleggen van de transitieputten is gemodelleerd in simulaties 20 en 32, met een af te graven volume van 25.000 m³.

Voor de grootste baggerwerkzaamheden van de tracé-alternatieven zal er met een hopper of cutter gebaggerd moeten worden. Simulaties voor de grote baggerwerkzaamheden van de BGM tracé-alternatieven zijn opgenomen in tabel 2.3. De grote baggerwerkzaamheden voor VVL O zijn gelijk aan EEM M en zijn dus eenmalig uitgevoerd. Tevens zijn de hopper werkzaamheden voor EEM O gesimuleerd. Hiermee worden de grootste baggerwerkzaamheden, het baggeren van buitendelta's en geulen met hoppers en cutters, gedekt in de vertroebelingsstudie.

Tabel 2.3 Overzicht uitgevoerde simulaties vertroebelingsstudie. Het slib percentage voor de wadtrencher is gemiddeld over het traject waarop deze aanlegmethodiek toegepast wordt.

Sim Kabel	Model	Aanleg-methodiek	Volume gebaggerd materiaal [m ³]	Slib percentage [%]	Volume gebaggerd slib [m ³]	Volume vrijgekomen slib [m ³]	Duur werkzaamheden [dagen]
19 BGM W	WAD	wadtrencher	26.900	5,84	1.571	1.571	5,7
20 BGM M	WAD	backhoe	25.000	0,41	102,5	8,2	3,5
21 BGM M	WAD	backhoe	165.000	0,48	792	63,4	22,9
22 BGM M	WAD	backhoe	125.000	0,50	625	50	17,4

Sim Kabel	Model	Aanleg-methodiek	Volume gebaggerd materiaal [m ³]	Slib percentage [%]	Volume gebaggerd slib [m ³]	Volume vrijgekomen slib [m ³]	Duur werkzaamheden [dagen]
23 BGM M	WAD	cutter	1.700.000	0,69	11.730	587	35,4
24 BGM O	WAD	backhoe	250.000	0,95	2.375	190	34,7
26 BGM O	WAD	hopper	1.980.000	0,67	13.266	6.633	41,3
32 VVL M	ED	backhoe	25.000	0,26	65	5,2	3,5
33 VVL M	ED	backhoe	220.000	2,05	4.510	360,8	30,6
34 VVL M	ED	backhoe	125.000	0,37	462,5	37	17,4
35 VVL M	ED	backhoe	166.000	0,41	680,6	54,4	23,1
36 VVL M	ED	backhoe	335.000	0,34	1.139	91,1	58,2
38 VVL O	ED	backhoe	160.000	2,47	3.952	316,2	27,8
40 VVL O	ED	hopper	1.800.000	2,69	48.420	24.210	37,5
41 VVL O	ED	hopper	950.000	0,71	6.745	3.373	19,8
42 VVL O	ED	hopper	340.000	0,65	2.210	1.105	7,1
48 EEM O	ED	hopper	60.000	0,51	306	153	1,3
49 EEM O	ED	hopper	30.000	0,48	144	72	0,6

3

RESULTATEN

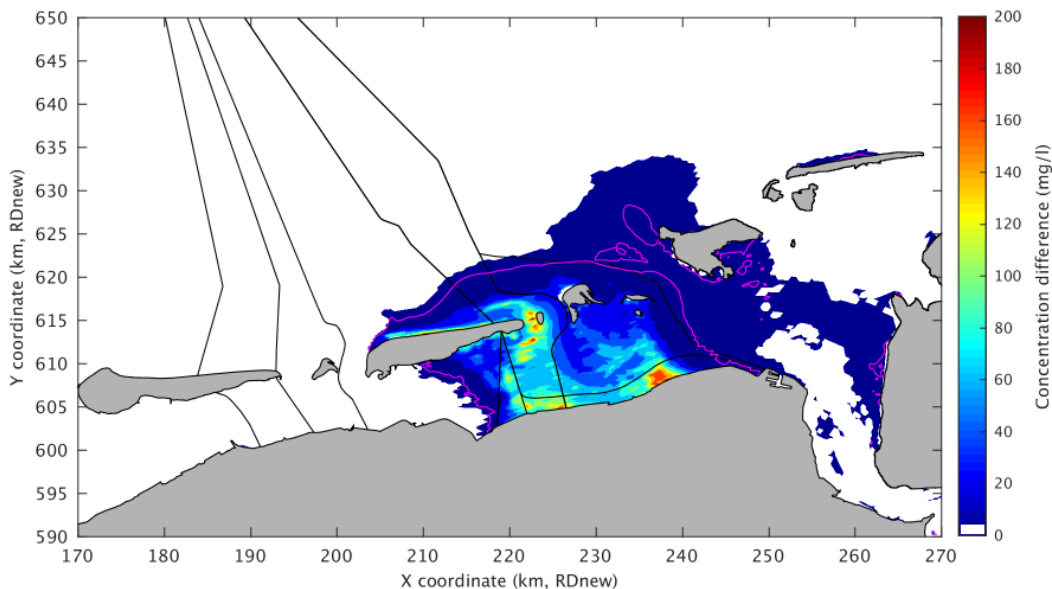
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de vertroebelingsstudie gepresenteerd. In de eerste paragrafen worden de grootste baggerpluimen voor de vier gemodelleerde aanlegmethodes besproken. In paragrafen 3.5 en 3.6 worden de oppervlaktes van de pluimen en de sedimentatie gepresenteerd. Afsluitend wordt er in paragraaf 3.7 de gevoeligheid van de cyclische bronterm behandeld.

3.1 Baggerpluim hopper

Simulaties 40 en 41 (VVL O en EEM M)

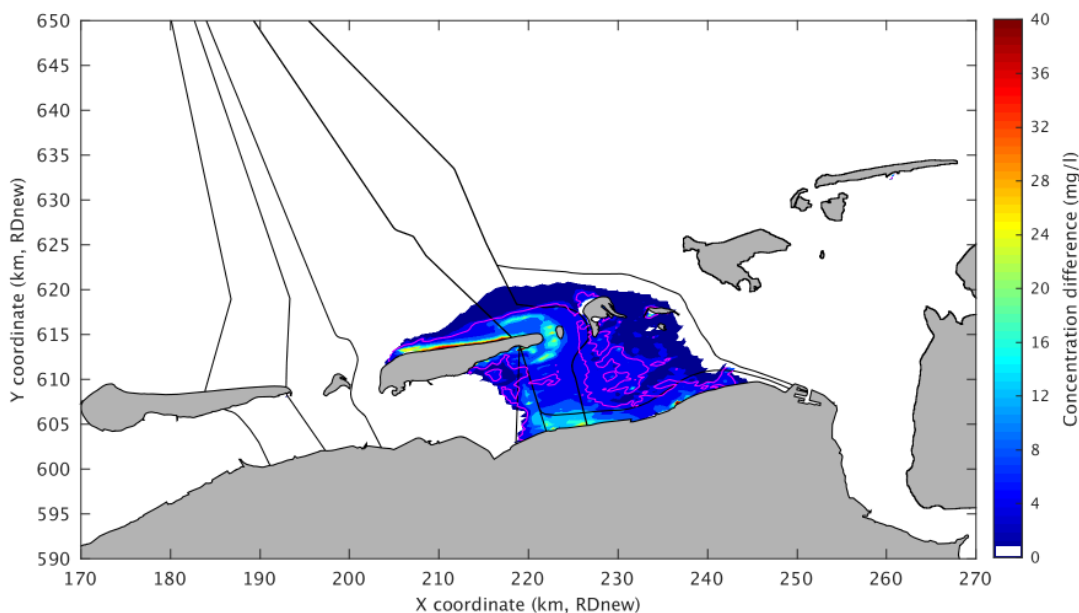
Van alle beschouwde werkzaamheden leidt het baggeren met de hopper op tracé VVL O en EEM M (simulatie 40) tot de grootste pluim. Bij deze werkzaamheden komt 24.210 m³ slib vrij dat in de simulatie in een periode van 37,5 dagen is toegevoegd aan het model (continue bron). Afbeelding 3.1 presenteert de maximale dagelijks gemiddelde toename van de concentratie. Het gebied waarin de gemiddelde concentratie toename gedurende een dag meer dan 5 mg/l is toegenomen strekt zich uit over een gebied van ongeveer 25 km bij 15 km. De maximale toename van de dagelijkse gemiddelde waarde is op verschillende locaties groter dan 150 mg/l.

Afbeelding 3.1 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 40. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



De op één na grootste pluim wordt ook veroorzaakt door een baggerwerkzaamheid op tracé VVL O en EEM M (simulatie 41). Bij deze werkzaamheden komt 3.373 m³ slib vrij op de baggerlocatie (continue bron van 19,7 dagen). Het gebied met een toename van de maximale dagelijks gemiddelde concentratie met meer dan 5 mg/l is ongeveer 15 bij 15 km.

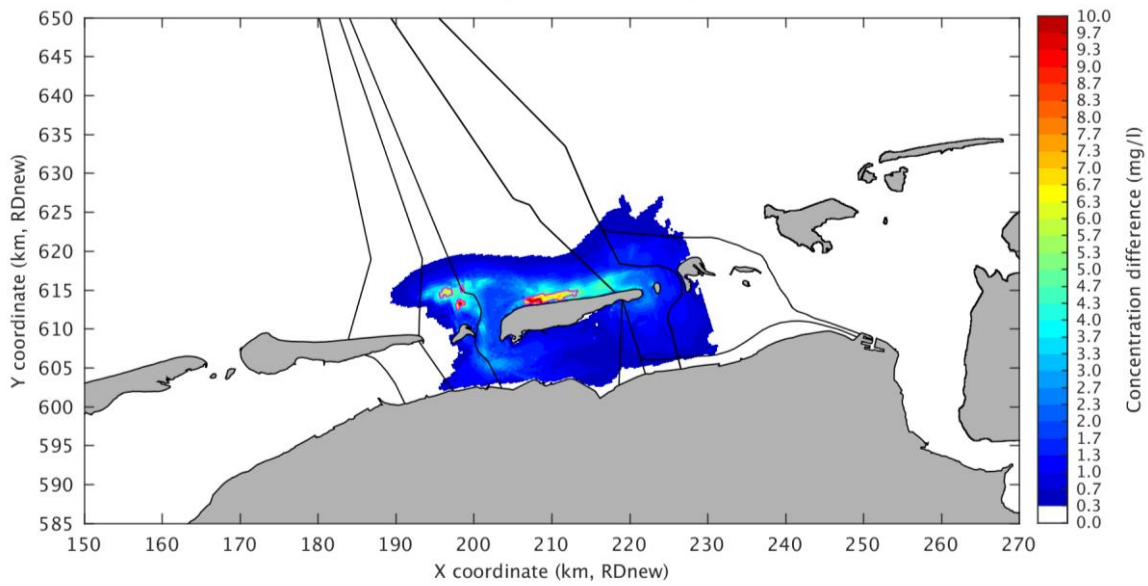
Afbeelding 3.2 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 41. De parse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



Simulatie 26 (BGM O)

In deze simulatie komt 6.633 m³ slib vrij op de baggerlocatie in 41,3 dagen. In Afbeelding 3.3 is het effect op de vertroebeling in termen van maximale dagelijkse gemiddeldes weergegeven. Hierin is te zien dat het gebied met een toegenomen concentratie groter dan 5 mg/l zich uitstrekt over een gebied van ongeveer 10 km bij 2 km. De maximale dagelijkse toename in concentratie komt niet boven de 7 mg/l uit. De maximale dagelijkse toename in sedimentconcentraties laten verder zien dat het sediment zich compleet verspreid rondom Schiermonnikoog, met de hoogste concentraties ten noorden van het eiland.

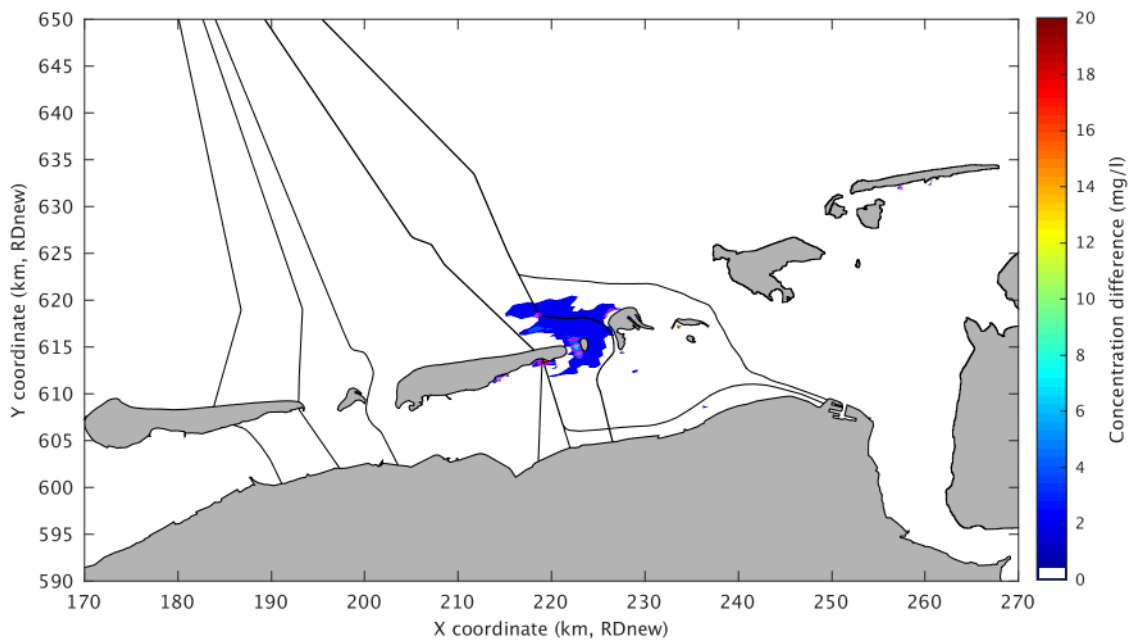
Afbeelding 3.3 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 26. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



Simulaties 42, 48 en 49 (VVL O, EEM M en EEM O)

In simulatie 42, waar 1.105 m³ slib vrijkomt in 7,1 dagen treedt enige vertroebeling op (Afbeelding 3.4). Het volume gebaggerde materiaal is relatief klein, waardoor er maar enkele lokale punten zijn met een concentratie toename van meer dan 5 mg/l. De gemodelleerde pluim blijft voor het grootste deel rondom de bronterm, zo'n 5-10 km rondom de oostpunt van Schiermonnikoog. De vrijgekomen slib hoeveelheden in simulatie 48 en 49 zijn zo gering, dat er in deze simulaties een verwaarloosbare pluim ontstaat (zie Bijlage II).

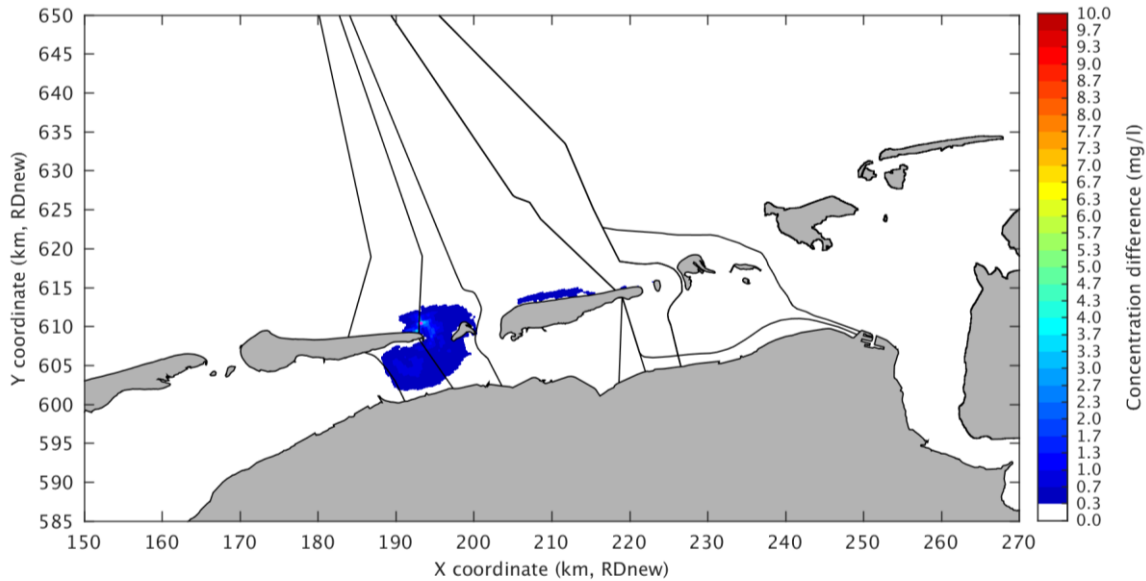
Afbeelding 3.4 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 42. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



3.2 Baggerpluim cutter

Het gemodelleerde baggeren met de cutter op het tracé-alternatief BGM M zorgt voor een kleinere pluim dan vergelijkbare hopper werkzaamheden. Tijdens deze relatief lange cutter werkzaamheden komt slechts 587 m³ slib vrij in 35,4 dagen. Hierdoor ontstaat er een pluim met concentraties onder de 5 mg/l. Enkel op de locatie van de bronterm treedt een concentratie verhoging op van meer dan 5 mg/l (een enkele rekencil). De baggerpluim in Afbeelding 3.5 laat zien dat het sediment zich voornamelijk verspreidt rondom de oostpunt van Ameland en ten noorden van Schiermonnikoog.

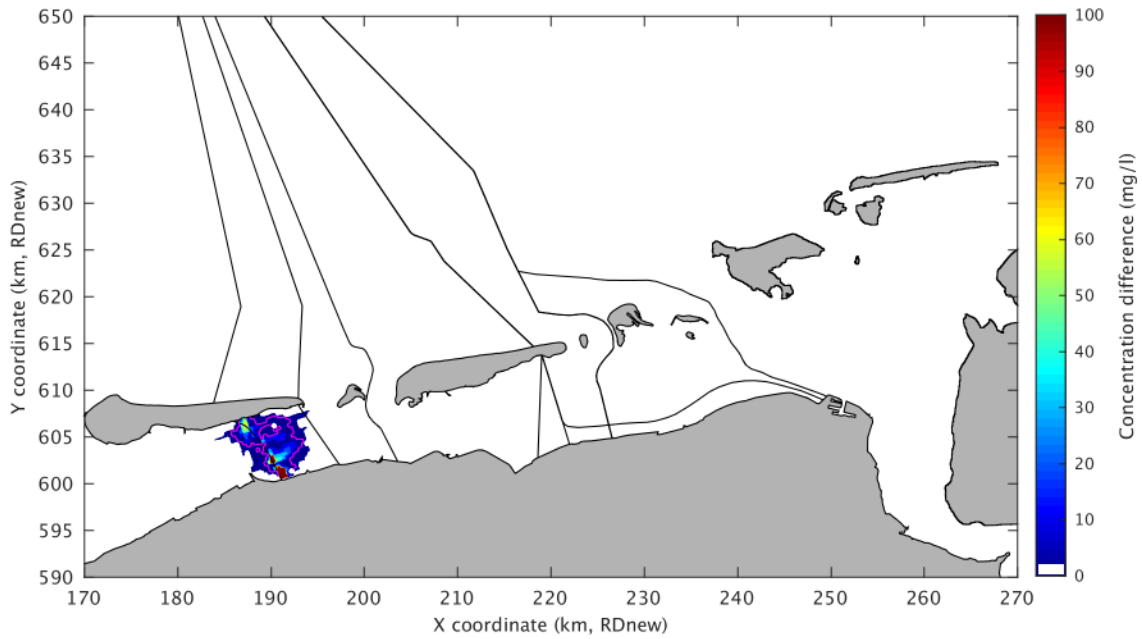
Afbeelding 3.5 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 42. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



3.3 Baggerpluim Wadtrencher

De baggerwerkzaamheden met de wadtrencher voor tracé-alternatief BGM W resulteert in pluim die zich uitstrekt over een oppervlakte van ongeveer 5 bij 5 km (>5 mg/l). De baggerpluim ten gevolge van de werkzaamheden met de wadtrencher op dit tracé beperkt zich tot het Wad achter Ameland, rondom het wantij. De maximale concentraties zijn op een aantal locaties nabij de Friese kust hoger dan 100 mg/l.

Afbeelding 3.6 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 19. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer

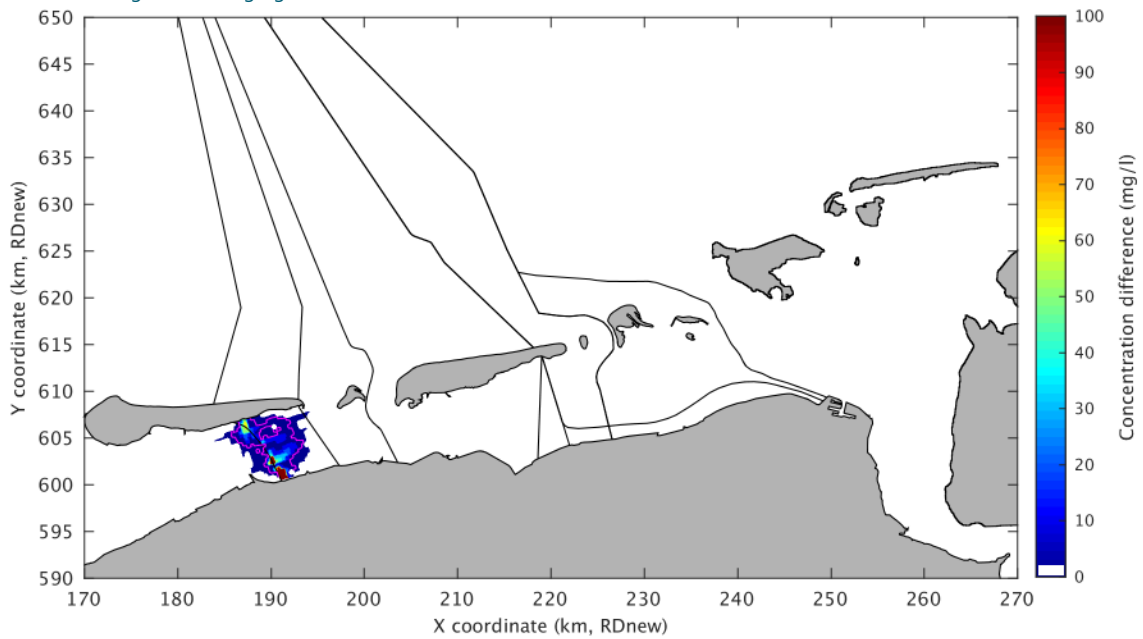


3.4 Baggerpluim backhoe

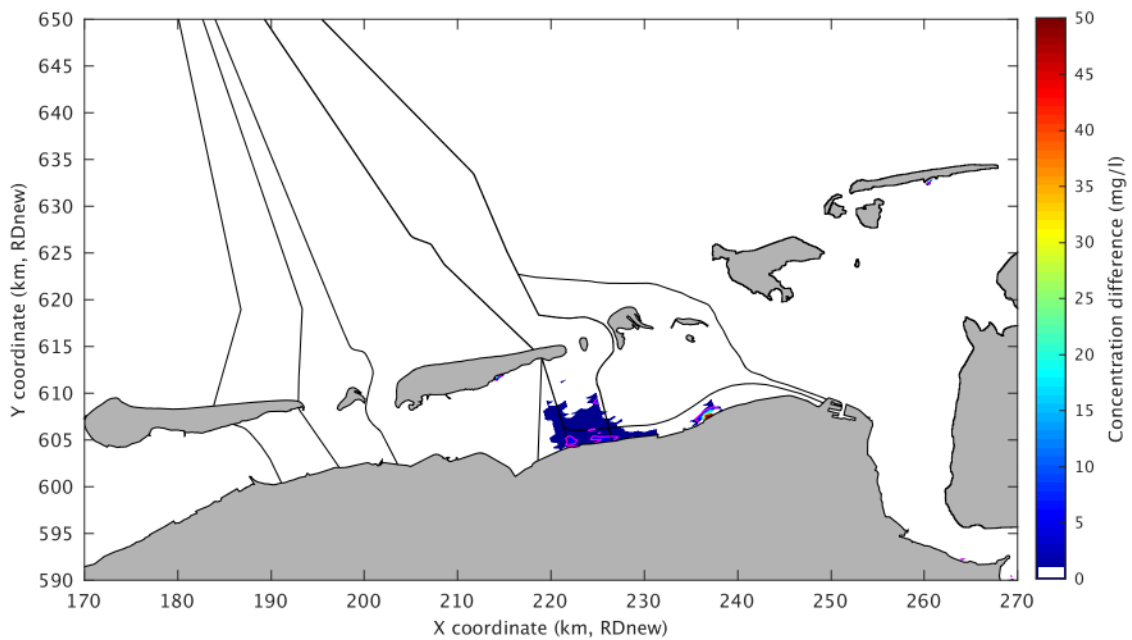
Simulaties 33 en 38 (VVL M en VVL O)

De grootste pluimen voor de simulaties met backhoe baggerwerkzaamheden zijn gevonden voor simulaties 33 en 38, tracé-alternatieven VVL M en VVL O. Tijdens deze werkzaamheden komt 360 en 316 m³ slib vrij in 30,6 en 27,8 dagen. De resulterende pluim is klein ten opzichte van de hopper werkzaamheden, met enkele locaties waarop de 5 mg/l concentratie verhoging overschreden wordt. Voor simulatie 33 zijn enkele hoge concentratie toenames rondom Schiermonnikoog zichtbaar, en een hoge toename van de slibconcentratie ten westen van Eemshaven. De baggerpluim voor simulatie 38 is voornamelijk ten zuidoosten van Schiermonnikoog.

Afbeelding 3.7 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 33. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



Afbeelding 3.8 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 38. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



Simulaties 32, 34, 35 en 36 (VVL M)

Deze relatief kleine baggerwerkzaamheden zorgen voor kleinere pluimen dan gepresenteerd in de vorige paragrafen. De resultaten van deze simulaties zijn opgenomen in bijlage II. Deze afbeeldingen laten zien dat er enkele locaties zijn met een concentratie toename van meer dan 5 mg/l, voornamelijk ten zuiden van Schiermonnikoog.

Simulaties 20, 21, 22 en 24 (BGM M en BGM O)

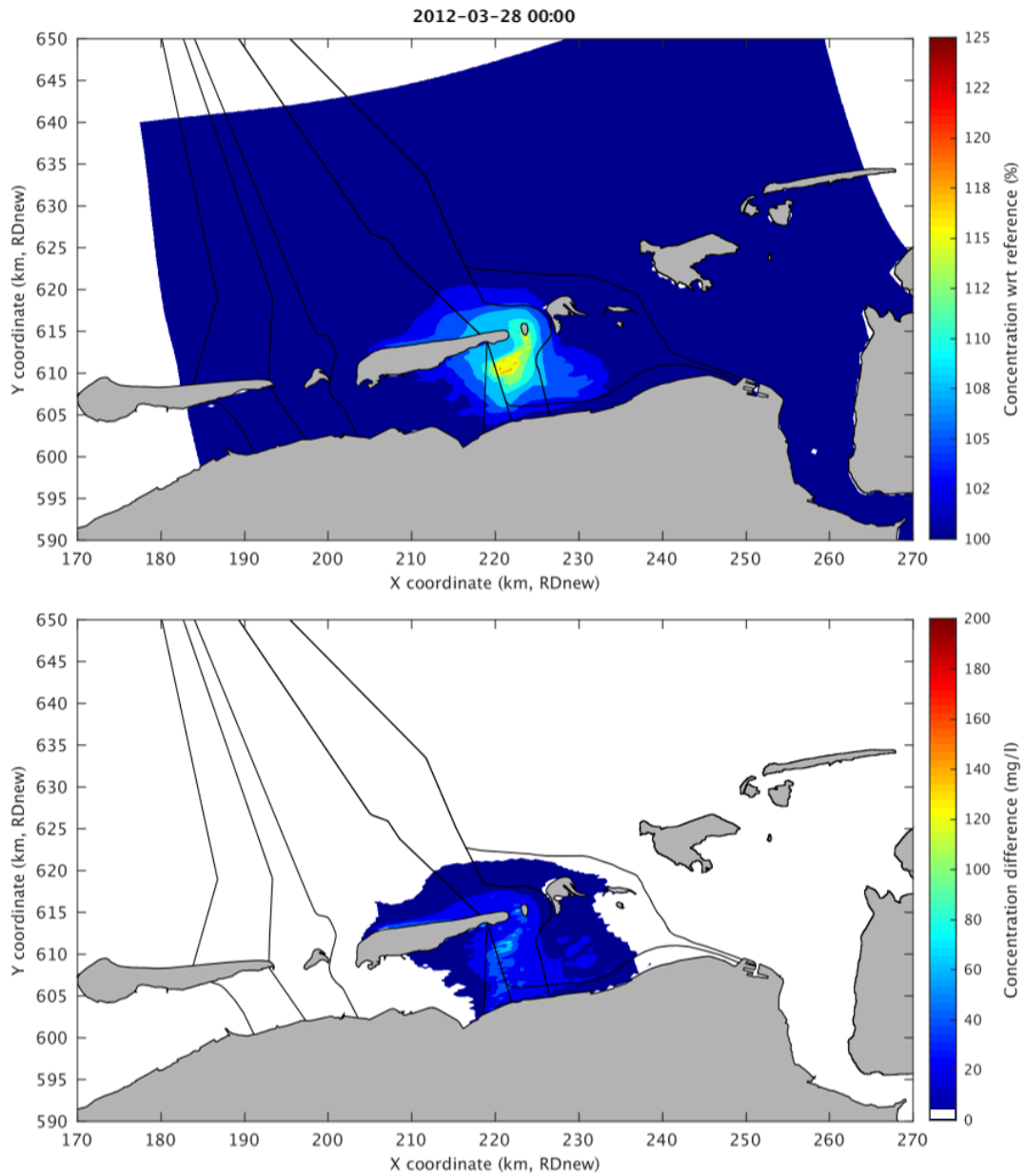
Het volume vrijgekomen slib is voor deze simulaties zeer klein (respectievelijk 8, 63, 50 en 190 m³). De resultaten (zie bijlage II) laten zien dat er een verwaarloosbare pluim ontstaat door deze werkzaamheden.

3.5 Oppervlaktes pluim

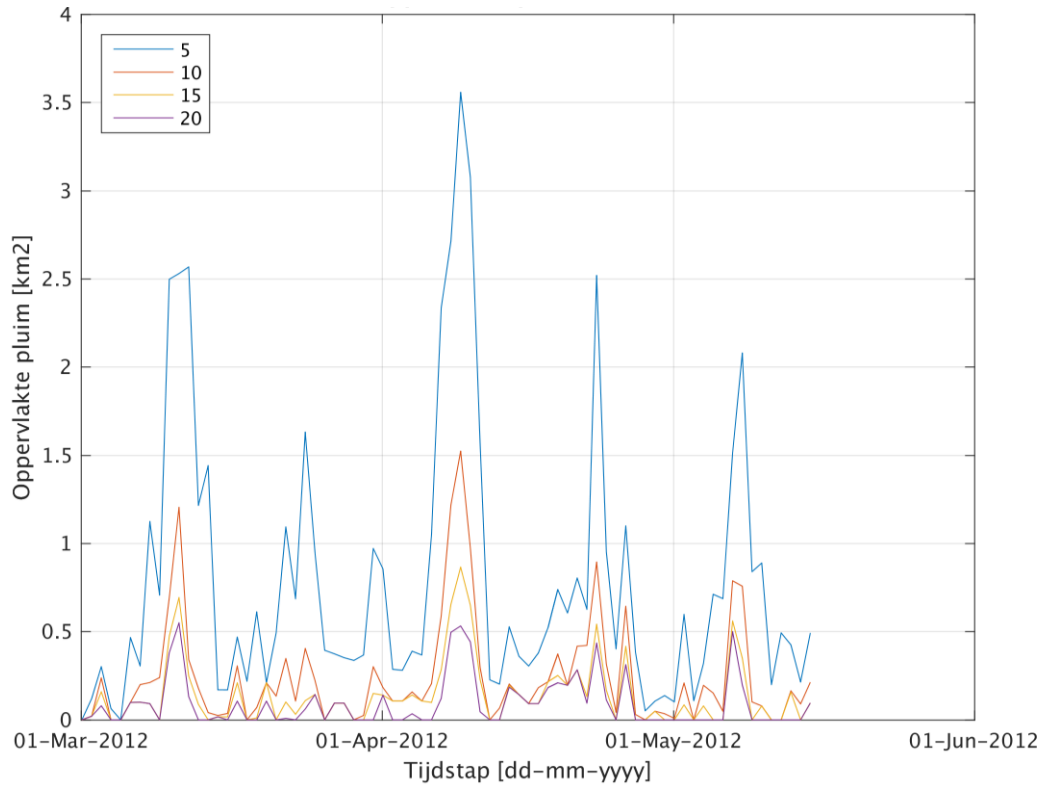
In deze paragraaf worden de maximale oppervlaktes van de pluim voor verschillende concentraties besproken. Tijdens de werkzaamheden wordt fijn sediment verspreid dat grotendeels bezinkt op de bodem van het Wad. Het merendeel van dit sediment blijft tijdens normale condities op de bodem liggen. Tijdens stormen woelt dit echter weer op waardoor de concentratie weer toe neemt. Hierdoor varieert de oppervlakte van de pluim over de tijd (zie Afbeelding 3.10). Belangrijk bij de resuspensie tijdens stormen is dat de achtergrondconcentratie ook hoger zal zijn tijdens de storm condities (zie paragraaf 1.2.1 en afbeelding 3.9).

Typisch leidt een storm tot een concentratie toename die binnen enkele dagen weer afneemt. Tijdens iedere volgende storm zal hetzelfde weer gebeuren, waarbij wel geldt dat het sediment steeds verder verspreidt waardoor het oppervlak met concentratie toename > 5mg/l bij iedere volgende storm kleiner wordt.

Afbeelding 3.9 Vertroebelingspluim simulatie 40 ten opzichte van de achtergrondconcentratie (bovenste paneel) en absolute toename van de sedimentconcentratie in de waterkolom (dagelijks gemiddelde, onderste paneel).



Afbeelding 3.10 Tijdserie van de oppervlakte van de pluim voor concentraties van 5, 10, 15 en 20 mg/l voor simulatie 36



De maximale oppervlaktes (arealen) zijn in tabel 3.1 gegeven voor concentraties van 5, 10 en 20 mg/l. De grootste oppervlaktes met een verhoogde concentratie treden op in simulatie 40 en de op één na grootste in simulatie 41: de baggerwerkzaamheden met de hopper voor VVL O en EEM M. De oppervlaktes van de 5 mg/l grenswaarde zijn voor simulaties 40 en 41 zijn 450 en 190 km², respectievelijk.

De grootste pluim voor het baggeren met de backhoe ontstaat in simulatie 33, voor VVL M en EEM O. De oppervlakte van de 5 mg/l grenswaarde is zeer gering ten opzichte van de hopper werkzaamheden, met 6 km². Hetzelfde geldt voor het oppervlak met een verhoogde concentratie ten gevolge van de wadtrencher (8,6 km² met een concentratie > 5 mg/l). Het oppervlak met verhoogde concentraties ten gevolge van de werkzaamheden met de cutter is zeer klein (0,16 km² met een concentratie > 5 mg/l) dit is een gevolg van de kleine verliezen van de cutter (geen overflow) en de lage slibconcentratie in de bodem op de locatie waar de werkzaamheden met de cutter worden uitgevoerd.

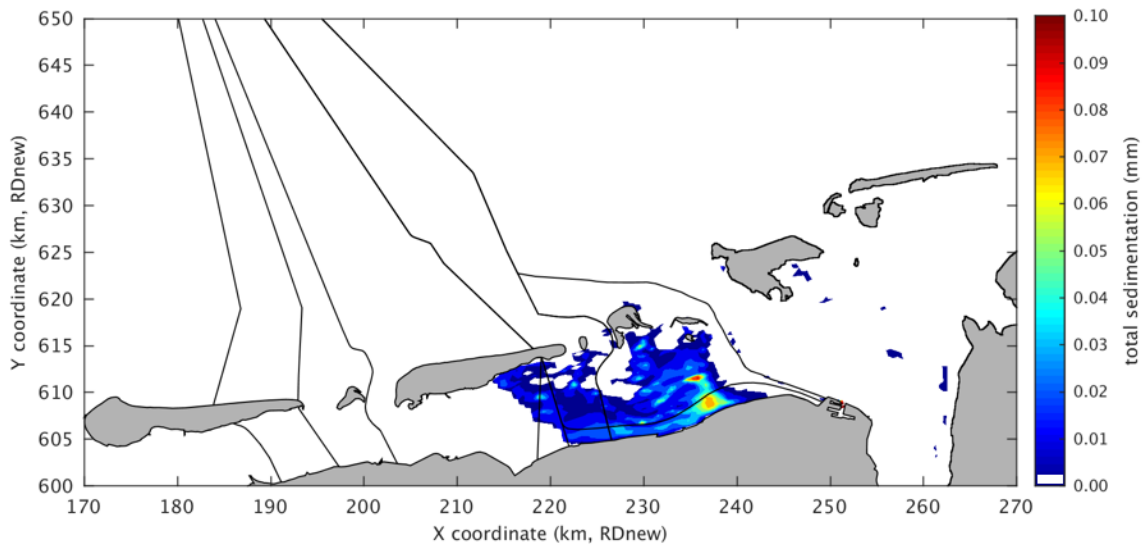
Tabel 3.1 Overzicht baggerpluim oppervlaktes voor de 5, 10 en 20 mg/l grenswaarde voor alle uitgevoerde simulaties inclusief de aanlegmethodiek, het volume vrijgekomen slib en de duur van de werkzaamheden in dagen

Sim Kabel	Methodiek	V slib [m ³]	Duur [dagen]	Maximale oppervlakte 5 mg/l [km ²]	Maximale oppervlakte 10 mg/l [km ²]	Maximale oppervlakte 20 mg/l [km ²]
19 BGM W	wadtrencher	1.571	5,7	8,64	4,64	2,88
20 BGM M	backhoe	8,2	3,5	0	0	0
21 BGM M	backhoe	63,4	22,9	0	0	0
22 BGM M	backhoe	50	17,4	0	0	0
23 BGM M	cutter	587	35,4	0,16	0	0
24 BGM O	backhoe	190	34,7	0	0	0
26 BGM O	hopper	6.633	41,3	5,12	0,16	0
32 VVL M	backhoe	5,2	3,5	3,50	0,74	0,19
33 VVL M	backhoe	360,8	30,6	6,13	1,73	1,08
34 VVL M	backhoe	37	17,4	3,42	1,02	0,40
35 VVL M	backhoe	54,4	23,1	3,96	1,38	0,40
36 VVL M	backhoe	91,1	58,2	3,56	1,52	0,53
38 VVL O	backhoe	316,2	27,8	5,52	1,69	0,92
40 VVL O	hopper	24.210	37,5	540,30	373,54	265,40
41 VVL O	hopper	3.373	19,8	109,45	46,94	16,90
42 VVL O	hopper	1.105	7,1	4,31	1,31	0,30
48 EEM O	hopper	153	1,3	5,61	2,65	0,95
49 EEM O	hopper	72	0,6	3,18	0,92	0,25

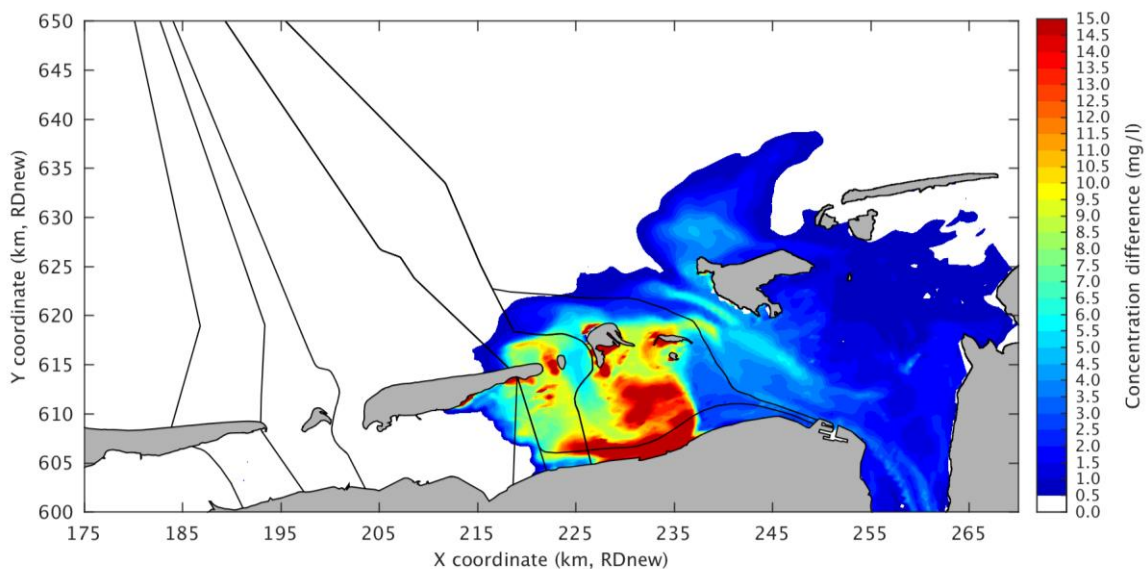
3.6 Sedimentatie

De totale sedimentatie ten gevolge van de beschouwde werkzaamheden is zeer beperkt. De sedimentatie is het grootst voor simulatie 40, de hopper werkzaamheden voor VVL O en EEM M. De maximale totale sedimentatie tijdens deze werkzaamheden bedraagt zo'n 0,10 mm. Het sediment hoopt zich voornamelijk op ten zuiden van Rottumerplaat. Afbeelding 3.12 laat zien dat er nog een grote hoeveelheid sediment in suspensie is op de laatste tijdstap van simulatie 40.

Afbeelding 3.11 Totale sedimentatie in de bovenste twee bufferlagen van DELWAQ voor simulatie 40



Afbeelding 3.12 Sediment concentraties laatste tijdstap DELWAQ voor simulatie 40



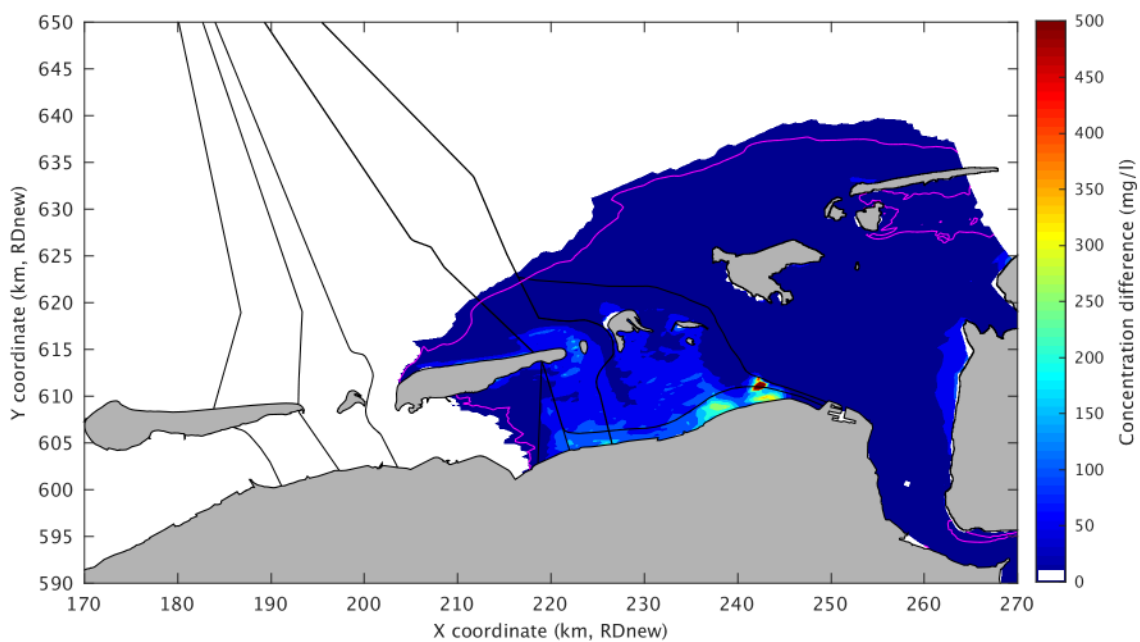
3.7 Gevoeligheid cyclische bronterm (baggeren en verspreiden)

Om de invloed van het baggeren en verspreiden van slib in kaart te brengen is een additionele simulatie uitgevoerd met een cyclische bronterm. Om het grootst mogelijke effect te onderzoeken is hiervoor de rekensom gedaan op basis van simulatie 40.

In deze simulatie is gebruik gemaakt van een stortvak 3 km ten noorden van Rottumerplaat. Op deze locatie wordt de resterende hoeveelheid sediment gestort en komt de slib vrij die in de hopper gevangen was. Een vaartijd van twee uur is aangenomen vanaf de baggerlocatie op tracé VVL O tot aan het stortvak.

Afbeelding 3.13 laat zien dat de resulterende pluim groter is dan de pluim zonder storten van het gebaggerde materiaal. Dit komt doordat er in deze simulatie bijna twee keer zoveel slib in suspensie gebracht wordt dan in simulatie 40. Bij het storten komt immers het slib dat in de beun ingevangen wordt ook in suspensie. Voor de simulatie met een cyclische bronterm strekt de pluim (> 5 mg/l) zich uit over een gebied van ongeveer 60 km bij 35 km ten westen van Schiermonnikoog. Ook is te zien dat voor deze grote hoeveelheid slib in het model, de pluim zich verspreidt in de richting van de Eems (naar het zuiden). Verder is te zien dat de pluim de rand van het model bereikt. In werkelijkheid zal de pluim zich voorbij de modelrand uitstrekken.

Afbeelding 3.13 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor de gevoeligheidsanalyse met een cyclische bronterm (op basis van simulatie 40). De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In deze studie is de vertroebeling langs de negen tracé-alternatieven als gevolg van het ingraven van kabels inzichtelijk gemaakt. Voor deze studie is er gebruik gemaakt van DELWAQ modelschematisaties voor de Waddenzee en het Eems-Dollard estuarium. De resultaten van deze studie zijn samengevat in tabel 4.1.

In de tabel zijn per tracé-alternatief de werkzaamheden met de meest significante impact op de vertroebeling in het projectgebied opgenomen. Naast de concentraties en oppervlaktes van de pluim, is in deze tabel het na-ijl effect opgenomen. Dit effect treedt op doordat neergeslagen slib in resuspensie komt tijdens stormen en is ingeschat op basis van de modelresultaten en expert judgement. Tijdens resuspensie van het slib zal ook de achtergrondconcentratie hoger zijn in het projectgebied (orde 200-400 mg/l). Deze tabel dient als invoer voor de ecologische studie in deze fase van het project.

Tabel 4.1 Maximale toename zwevende stof, areaal en duur van het na-ijl effect per tracé-alternatief in de Waddenzee

Alternatief	Duur werkzaamheden	Max concentratie toename oppervlak > 1 km ²	Max areaal toename > 5 mg/l	Duur van na-ijl effect
	dagen	mg/l	km ²	-
BGM W				
- Sim19. wadtrencher	5,7	20	9	dagen
BGM M				
- Sim 23. cutter	35,4	5	< 1	dagen
BGM O				
- Sim 26. hopper	41,3	5	5	dagen
VVL W/M, EEM W				
- sim 32. backhoe	3,5	5	3,5	dagen
- sim 33. backhoe	30,6	20	6	weken
- sim 34. backhoe	17,4	10	3,5	dagen
- sim 35. backhoe	23,1	10	2,5	dagen
- Sim 36. backhoe	58,2	10	3,5	dagen
VVL O, EEM M				
- Sim 38. backhoe	27,8	10	5,5	dagen
- Sim 40. hopper	37,5	20	540	maanden
- Sim 41. hopper	19,8	20	109	maanden
- Sim 42. hopper	7,1	10	4	dagen
EEM O				
- Sim 48. backhoe	1,3	20	5,5	dagen

- Sim 49. Backhoe	0,6	10	3	dagen
-------------------	-----	----	---	-------

Hopper

Het baggeren met een hopper heeft de grootste invloed op de vertroebeling. Voor de grootste hopper baggeroperatie wordt een pluim (>5 mg/l) van ongeveer 25 km bij 15 km verwacht (VVL W, EEM M). Door ook het storten van slib in een stortvak mee te nemen in de simulatie (cyclische bronterm) wordt een pluim (>5 mg/l) van zo'n 60 km bij 35 km verwacht.

Wadtrencher

Het aanleggen van de kabel op het Wad met de wadtrencher zorgt voor een pluim van dezelfde orde grootte als door de backhoe (graven kofferdams) en cutter werkzaamheden. Op alle tracés moet de kabel worden ingegraven. Op sommige delen van het tracé kan dit met de wadtrencher, op andere delen moet dit vanaf een ponton. In alle gevallen treedt daarbij vertroebeling op. Deze vertroebeling op de overige tracés zal vergelijkbaar zijn als in de door ons uitgevoerde berekeningen. De uitgevoerde simulatie resulteerde in een pluim (>5 mg/l) van ongeveer 5 bij 5 km. Hierbij is wel op te merken dat voor de bronterm van de wadtrencher de zeer conservatieve aanname is gedaan dat 100 % van het gebaggerde slib in suspensie komt. Verder is voor deze simulatie met de wadtrencher een tracé beschouwd waar het slibpercentage relatief hoog is. Op basis van deze aannames, is deze simulatie een conservatieve inschatting van de pluim die gegenereerd wordt door de wadtrencher op de overige tracés. De vertroebeling die optreedt ten gevolge van de wadtrencher werkzaamheden is kleiner dan de vertroebeling die optreedt bij een deel van de voorbereidende graafwerkzaamheden.

Backhoe

Het graven van de transitieputten met backhoes levert een verwaarloosbaar effect op de vertroebeling. Dit is het resultaat van de zeer geringe hoeveelheid sediment die verzet moet worden om deze putten aan te leggen. De graafwerkzaamheden voor de twee kofferdams (BGM O, VVL O en EEM M) en op de oostpunt van Schiermonnikoog (VVL W, VVL M, EEM W) zorgen wel voor een toename in de vertroebeling. De oppervlaktes van de pluimen (>5 mg/l) die ontstaan als gevolg van deze werkzaamheden zijn orde 3-6 km².

Cutter

Alhoewel de cutter een grote hoeveelheid materiaal moet baggeren, zorgt de geringe fractie slib die vrijkomt tijdens het baggeren voor een zeer klein effect op de totale vertroebeling.

Sedimentatie

Naast de concentratie slib in de waterkolom is de totale sedimentatie als gevolg van de baggerwerkzaamheden bekeken. Aangezien het slib zich over vrij grote gebieden verspreidt, is de totale verwachte sedimentatie maximaal gelijk aan 0,10 mm als gevolg van de grootste belasting vanuit het baggeren met de hopper.

4.1 Aanbeveling slibpercentages

Aanbevolen wordt om in MER fase II voor het voorkeursalternatief een gedetailleerde vertroebelingsstudie uit te voeren. In deze studie kunnen aanpassingen van de voorziene werkzaamheden (bijvoorbeeld ten gevolge van verschuivingen binnen het tracé) worden meegenomen. De in MER fase I uitgevoerde vertroebelingsstudie heeft als doel om de gevolgen van onderscheidende werkzaamheden tussen de tracé-alternatieven inzichtelijk te maken. De resultaten van deze studie worden gebruikt bij het afwegen van de verschillende alternatieven.

Bij het uitvoeren van de vertroebelingsstudie in MER fase II dienen de slibpercentages langs het tracé opnieuw afgeleid te worden. In het review proces van de huidige studie kwam aan het licht dat er inconsistenties zijn in de Sedimentatlas, die in deze studie als basis voor de slibpercentages is gebruikt. Mogelijk zijn de slibpercentages voor een aantal werkzaamheden onderschat. Dit geldt met name voor de werkzaamheden die met de backhoe uitgevoerd worden. De resultaten zoals gepresenteerd in deze studie worden voldoende nauwkeurig geacht voor toepassing in MER fase I.

5

REFERENTIES

- 1 Van Maren, D. S., Van Kessel, T., Cronin, K., & Sittoni, L. (2015). The impact of channel deepening and dredging on estuarine sediment concentration. *Continental Shelf Research*, 95, 1-14;
- 2 Van Maren, B. 2013. DELWAQ-Slib_Eems-Dollard_j12_v01 metadata Waterkwaliteitsmodelschematisatie. Deltares, Delft, The Netherlands;
- 3 Van Kessel, T. 2015. DELWAQ-SPM_Waddenzee-PACE_j09_v01. Deltares, Delft, The Netherlands;
- 4 Hartsuiker, G., Grasmeyer, B.T., Perk, L., 2007. Hydromorphological study for EIA of Eemshaven and EIA of fairway to Eemshaven (No. A1836R1r5). Alkyon Hydraulic Consultancy & Research, Marknesse, The Netherlands;
- 5 Jonker, S.I., Kouwenberg, A.M.C., Salomons, M.C., Snoek, R.C., van der Zon, S.P.E. Passende beoordeling windparken en kabeltracé Gemini. Arcadis Nederland BV, Apeldoorn, The Netherlands
- 6 Kessel, T., personal communication, November 14, 2019;
- 7 De Jonge, V.N., 2000. Importance of spatial and temporal scales in applying biological and physical process knowledge in coastal management, an example for the Ems estuary. *Continental Shelf Research*, 20, pp. 1655-1686
- 8 Mulder, H.P.J., 1995. De droge dichtheid als functie van het slibgehalte ten behoeve van een sediment balans. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat RIKZ Werkdocument RIKZ/OS -95.614x;
- 9 Becker, J., van Eekelen, E., van Wiechen, J., de Lange, W., Damsma, T., Smolders, T., & van Koningsveld, M. (2015). Estimating source terms for far field dredge plume modelling. *Journal of environmental management*, 149, 282-293;
- 10 Witteveen+Bos, 2020. Begraafdiepte studie. (in progress);
- 11 Witteveen+Bos, 2020. Hydrodynamica en golfcondities rondom de traces;
- 12 Deltares, 2015. Dataset documentation Sediment atlas wadden sea. Retrieved 01-11-2019; <https://publicwiki.deltares.nl/display/OET/Dataset+documentation+Sediment+atlas+wadden+sea>
- 13 Nessie II Cable Installation. 4c Offshore. <https://www.4coffshore.com/vessels/vessel-nessie-ii-vid2034.html> accessed 13-12-2019.

Bijlage(n)



BIJLAGE: BAGGERVOLUMES PER TRACÉ-ALTERNATIEF

Tabel I.1 De grootste baggervolumes (>3.000 m³) per sectie voor de Burgum west, midden en oost tracé-alternatieven

Tracé	KP start [km]	KP eind [km]	Lengte [m]	Aanlegmethode	Baggervolume [m ³]
BGM W	0	6,5	6.500	wadtrencher	19.500
BGM W	6,5	7,2	700	vertical injector	3.500
BGM W	7,2	8,5	1.300	wadtrencher	3.900
BGM W	12	12,8	800	backhoe	335.000
BGM W	12,89	74,7	61.900	onderwater pulling trencher	185.700
BGM M	0	3,2	3.200	wadtrencher	9.600
BGM M	3,2	5,1	1.900	wadtrencher	9.500
BGM M	5,1	6,09	990	wadtrencher	9.900
BGM M	6,09	6,15	60	backhoe	25.000
BGM M	6,45	6,8	350	backhoe	165.000
BGM M	7,18	7,26	80	backhoe	125.000
BGM M	7,26	8,6	1.340	wadtrencher	4.020
BGM M	8,6	11	2.400	cutter	1.700.000
BGM M	11	72,3	61.300	onderwater pulling trencher	183.900
BGM O	0	3,3	3.300	wadtrencher	9.900
BGM O	3,3	4,2	900	backhoe kofferdam	250.000
BGM O	3,3	4,2	900	opvullen kofferdam	250.000
BGM O	4,2	13,4	9.200	vertical injector op diepe bak	46.000
BGM O	13,4	15,9	2.500	hopper	2.120.000
BGM O	15,9	74,9	74.900	onderwater pulling trencher	224.700

Tabel I.2 De grootste baggervolumes (>3000 m³) per sectie voor de Vierverlaten west, midden en oost tracé-alternatieven

Tracé	KP start [km]	KP eind [km]	Lengte [m]	Aanlegmethode	Baggervolume [m ³]
VVL W	0	10	10.000	wadtrencher	50.000
VVL W	10	10,8	840	wadtrencher	5.880
VVL W	10,8	11	60	backhoe	25.000
VVL W	11	11,45	450	backhoe	220.000
VVL W	11,6	12	80	backhoe	125.000
VVL W	11,6	13	1.160	backhoe	166.000
VVL W	12,8	13,5	700	backhoe	335.000
VVL W	13,5	55	41.500	onderwater	124.500

Tracé	KP start [km]	KP eind [km]	Lengte [m]	Aanlegmethode	Baggervolume [m ³]
				pulling trencher	
VVL M	0	8.4	8.400	wadtrencher	42.000
VVL M	8.4	9.7	1.300	wadtrencher	9.100
VVL M	9.7	9.76	60	backhoe	25.000
VVL M	9.95	10.3	350	backhoe	220.000
VVL M	10,47	10,55	80	backhoe	125.000
VVL M	10,55	11,7	1.150	backhoe	166.000
VVL M	11,7	12,4	700	backhoe	335.000
VVL M	12,4	55	42.600	onderwater pulling trencher	165.000
VVL O	0	4,5	4.500	wadtrencher	13.500
VVL O	4,5	5,5	1.000	backhoe opvullen kofferdam	160.000 80.000
VVL O	5,5	7,9	2.400	vertical injector	12.000
VVL O	7,9	10,4	2.500	hopper vertical injector	1.800.000 12.500
VVL O	10,4	14,3	3.900	vertical injector	31.200
VVL O	14,3	17,5	3.200	backhoe vertical injector	950.000 32.000
VVL O	17,5	21,2	3.700	vertical injector	14.800
VVL O	21,2	22,5	1.300	backhoe vertical injector	340.000 10.400
VVL O	22,5	55	32.500	onderwater pulling trencher	97.500

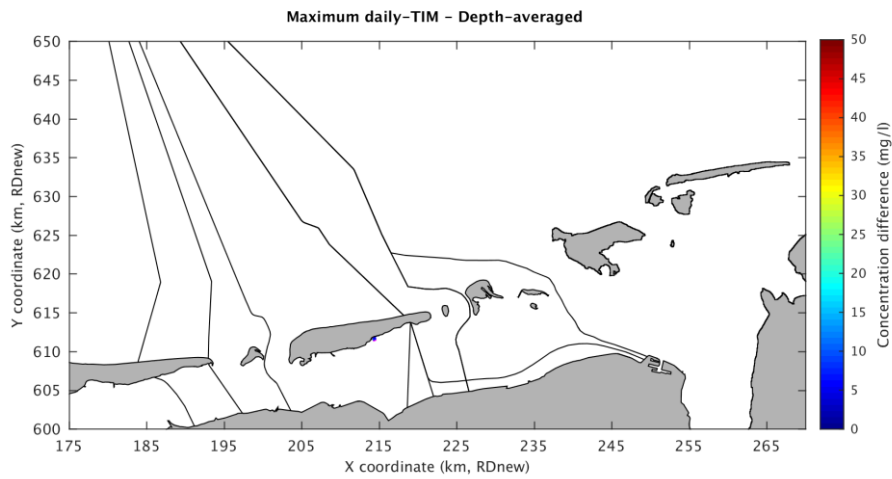
Tabel I.3 De grootste baggervolumes (>3000 m³) per sectie nodig voor de Eemshaven midden en oost tracé-alternatieven

Tracé	KP start [km]	KP eind [km]	Lengte [m]	Aanlegmethode	Baggervolume [m ³]
EEM M	0	27,1	27.100	wadtrencher	81.300
EEM M	27,1	28,1	1.000	backhoe opvullen kofferdam	160.000 80.000
EEM M	28,1	30,5	2.400	vertical injector	12.000
EEM M	30,5	33	2500	hopper vertical injector	1.800.000 12.500
EEM M	33	36,7	3.700	vertical injector	31.200
EEM M	36,7	39,9	3.200	hopper vertical injector	950.000 32.000
EEM M	39,9	43,8	3.900	vertical injector	14.800
EEM M	43,8	45,1	1.300	hopper vertical injector	340.000 10.400
EEM M	45,1	111,4	66.300	onderwater pulling trencher	99.450
EEM O	0	8,6	8.600	wadtrencher	34.400
EEM O	8,9	11,6	2.700	wadtrencher	10.800
EEM O	12	15,7	3.700	wadtrencher	29.600
EEM O	15,7	15,8	100	backhoe	60.000
EEM O	17,1	17,2	100	backhoe	30.000
EEM O	17,2	18,5	1.300	vertical injector hopper	3.900 158.000
EEM O	18,5	20	1.500	vertical injector	4.500
EEM O	20	39	19.000	vertical injector	95.000
EEM O	39	111	72.000	onderwater pulling trencher	216.000

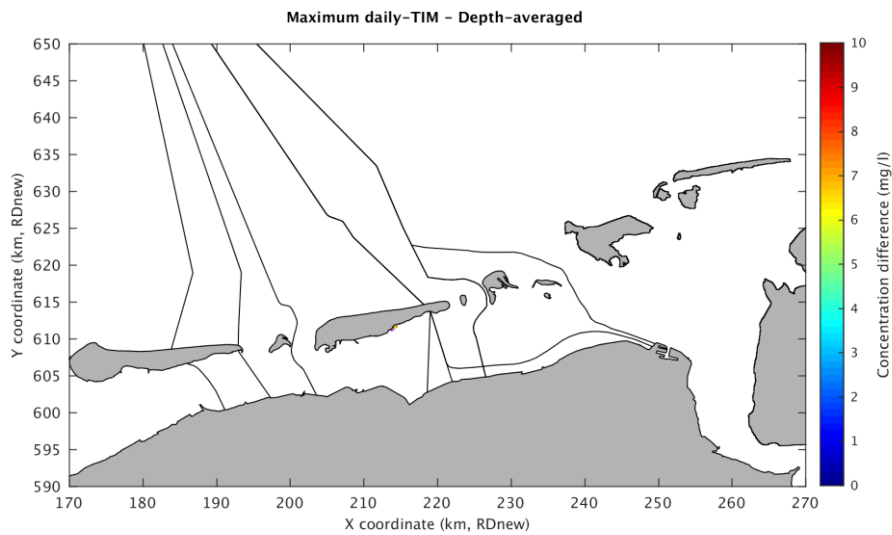


BIJLAGE: ADDITIONELE FIGUREN

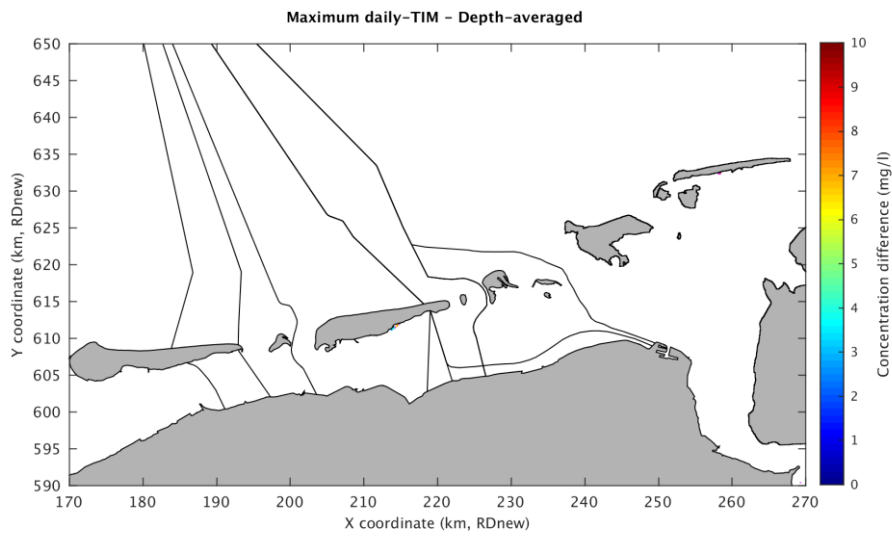
Afbeelding II.1 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 48. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



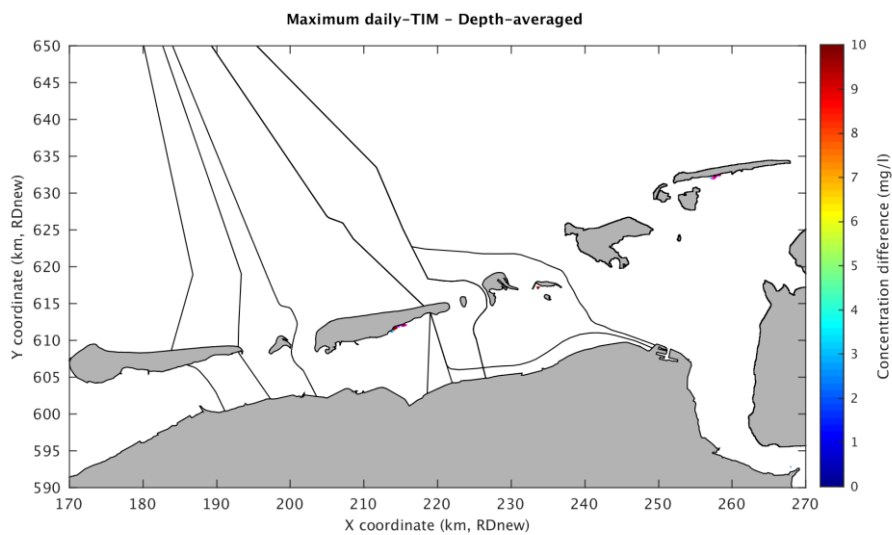
Afbeelding II.2 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 49. De paarse contour lijn geeft de 5 mg/l grens weer



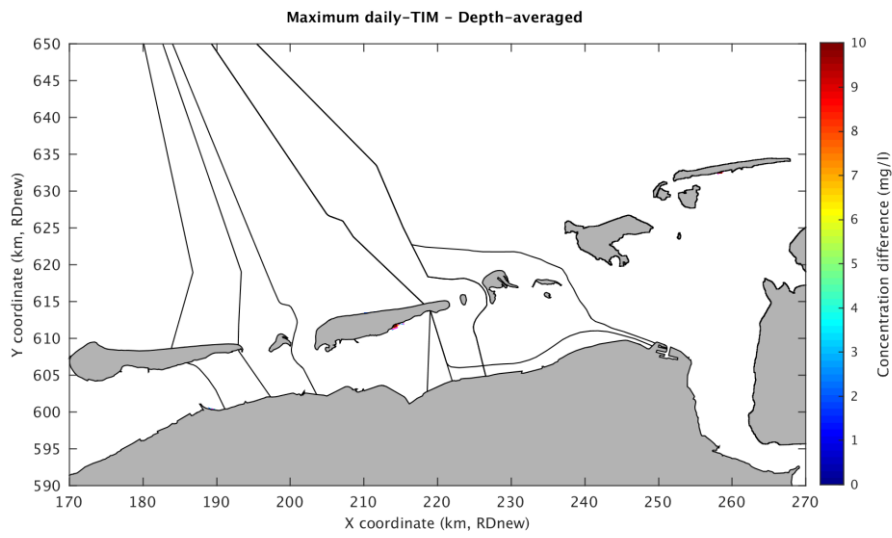
Afbeelding II.3 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 32



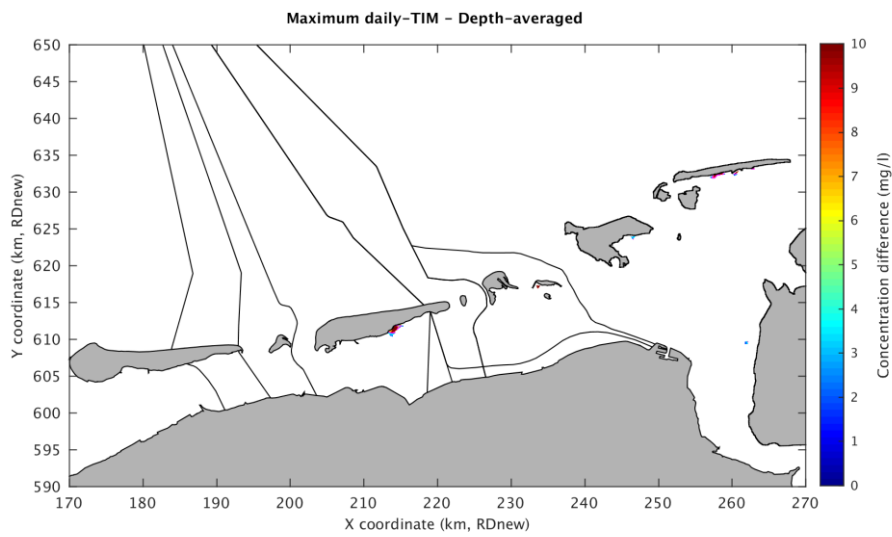
Afbeelding II.4 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 34



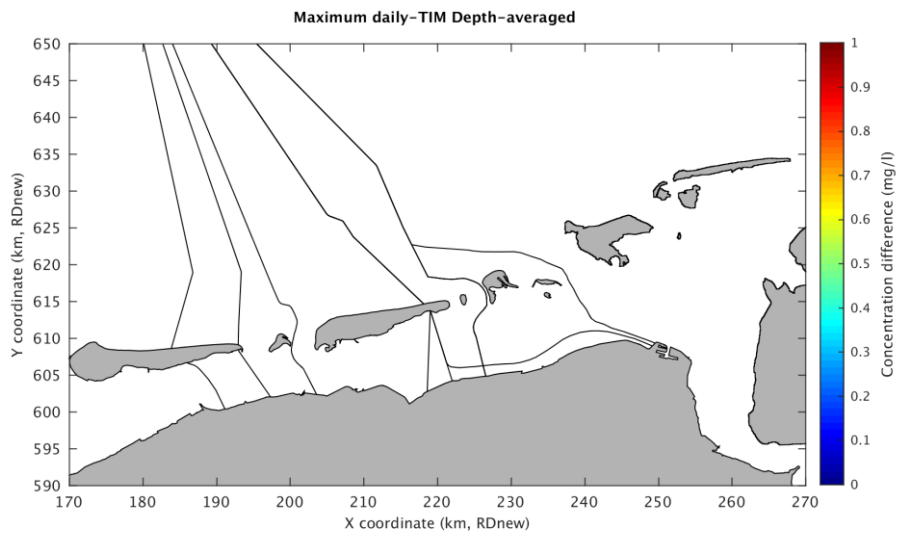
Afbeelding II.5 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 35



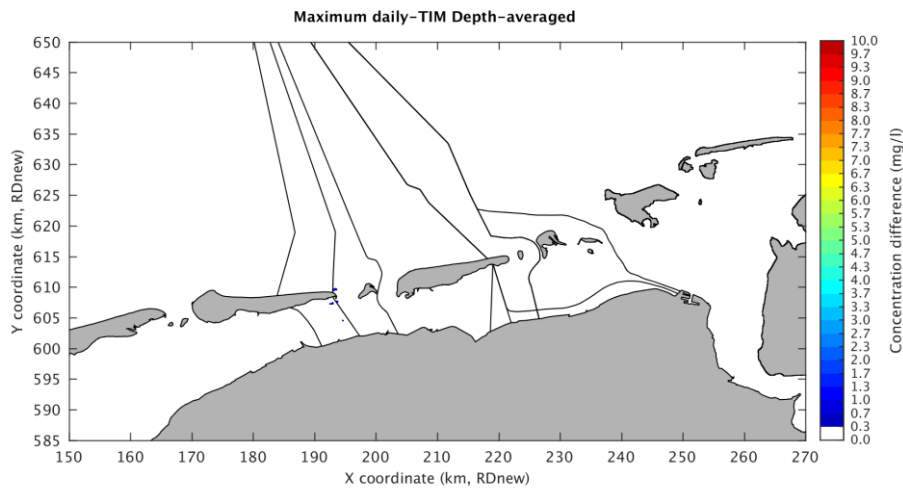
Afbeelding II.6 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 36



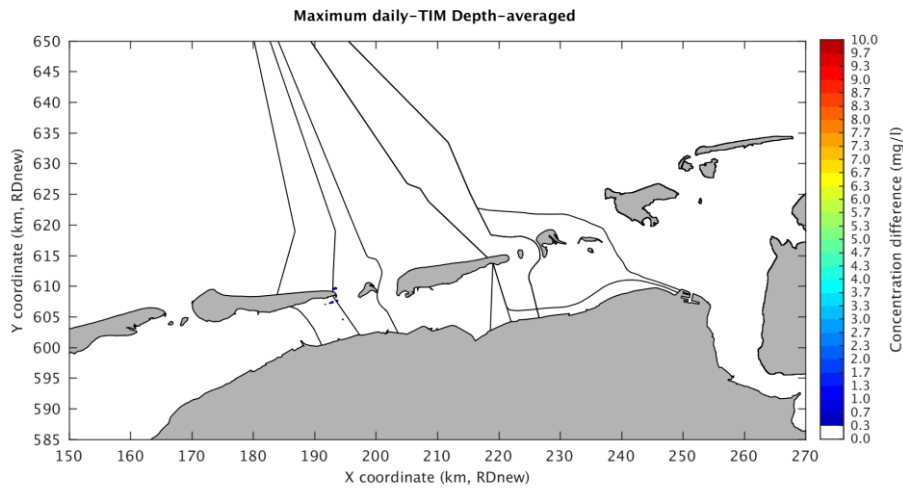
Afbeelding II.7 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 20



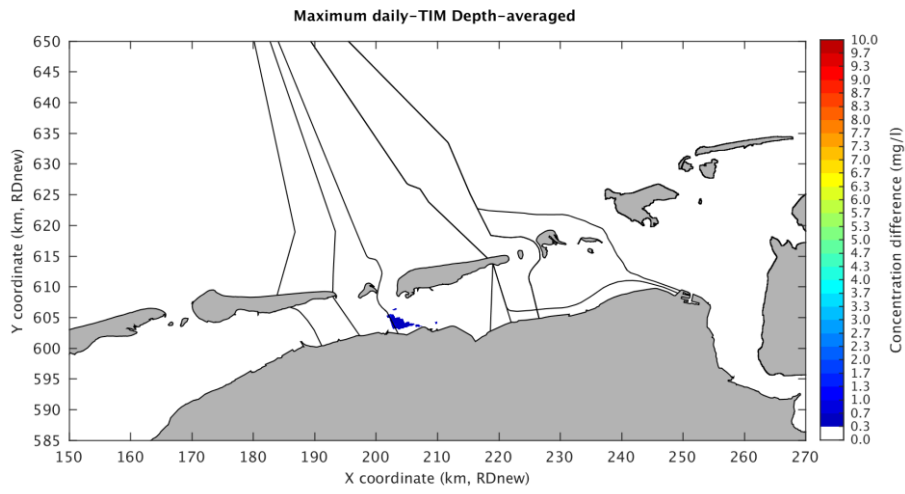
Afbeelding II.8 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 21



Afbeelding II.9 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 22



Afbeelding II.10 Maximale dagelijks gemiddelde sedimentconcentratie in de waterkolom voor simulatie 24





BIJLAGE: BEPALING BEGRAAPDIEPTE



Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden

Bepaling begraafdiepte

TenneT TSO B.V. en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

13 maart 2020

Project Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden
Opdrachtgever TenneT TSO B.V. en Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Document Bepaling begraafdiepte
Status Concept 02 - 95%-versie
Datum 13 maart 2020
Referentie 114227-3.33/20-004.027

Projectcode 114227-3.33
Projectleider drs.ing. P.T.W. Mulder
Projectdirecteur ing. M. Kraneveld

Auteur(s) A. Verheijen MSc, L.M. de Wit MSc (hoofdstuk 1 t/m 3), R. Bijker MSc (hoofdstuk 4)
Gecontroleerd door dr. W. Ridderinkhof (hoofdstuk 1 t/m 4)
R. Bijker MSc (hoofdstuk 1 t/m 3)
L.M. de Wit MSc (hoofdstuk 4)
Goedgekeurd door drs.ing. P.T.W. Mulder

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INTRODUCTIE	5
2	METHODOLOGIE	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Overeenkomsten tracéalternatieven	7
2.3	Beschikbare data	8
2.4	Methodiek bepalen van ontwerpprofiel	9
3	MORFOLOGISCHE ANALYSE	12
3.1	Burgum West	12
3.2	Burgum Midden	17
3.3	Burgum Oost	22
3.4	Vierverlaten West	27
3.5	Vierverlaten Midden	32
3.6	Vierverlaten Oost	35
3.7	Eemshaven West	40
3.8	Eemshaven Midden	42
3.9	Eemshaven Oost	44
4	RISICO GESTUURDE BEGRAAFDIEPTE	49
4.1	Inleiding	49
4.2	Aanpak	49
4.3	Beschikbare data	51
4.3.1	Exportkabel	51
4.3.2	Scheepvaart data	51
4.3.3	Bathymetrie (zeebodem topografie)	51
4.4	Bedreigingen en risico's	51
4.5	Frequentie analyse	52
4.6	Faalkans	53
4.7	Risico analyse	53

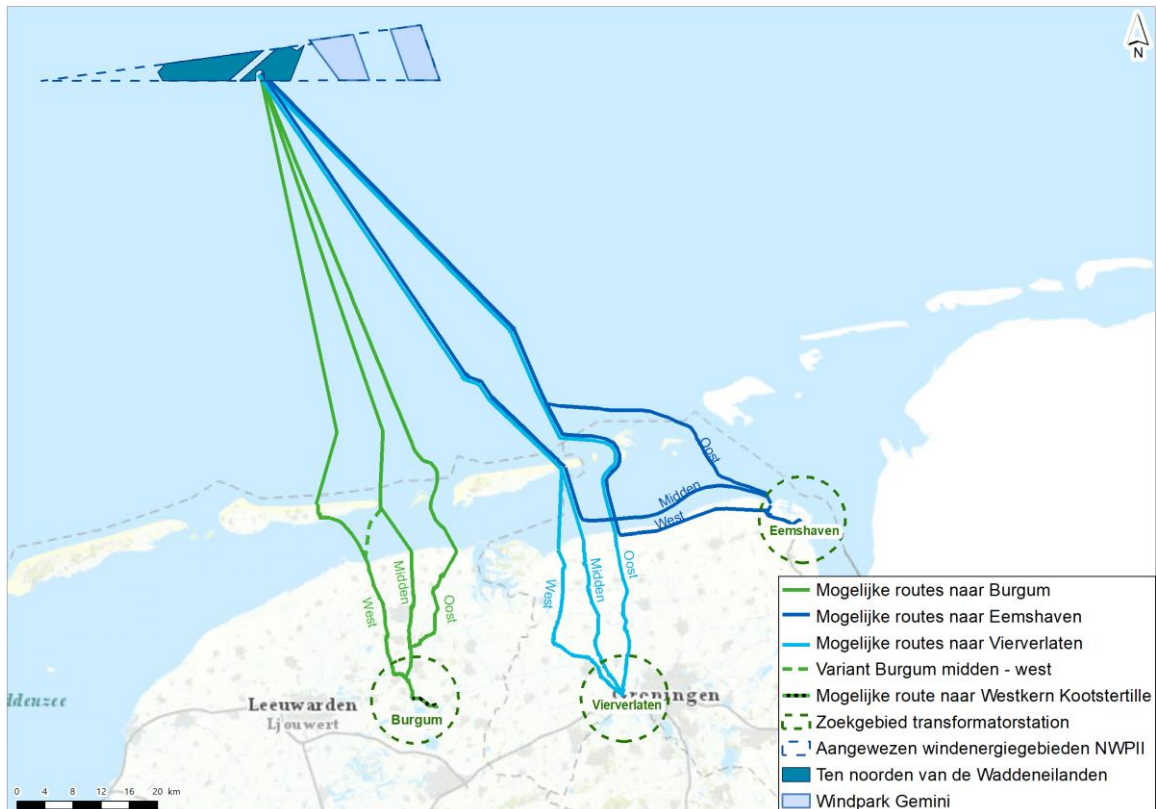
5	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	55
6	REFERENTIES	56
	Laatste pagina	56
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Langsprofielen Burgum	3
II	Langsprofielen Vierverlaten	3
III	Langsprofielen Eemshaven	3

1

INTRODUCTIE

Deze morfologische studie is uitgevoerd in het kader van de milieu effect rapportage (MER) Fase 1 Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden. Het plangebied van Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden (hierna: NOZ TNW) ligt tussen het windenergiegebied Ten noorden van de Waddeneilanden aan de noordkant en loopt tot de aansluitlocaties Burgum, Vierverlaten en Eemshaven Oudeschip (hierna: Eemshaven) aan de zuidkant (zie afbeelding 1.1).

Afbeelding 1.1 Beschouwde corridors voor kabel tracés vanaf het windmolenpark ten noorden van de Waddeneilanden
(Bron: ref 1)



Voor het bepalen van onderscheidende effecten van de verschillende tracéalternatieven op bodem en water (en daaraan gelieerde aspecten zoals natuur) moet voor ieder alternatief de benodigde begraafdiepte bepaald worden. De begraafdiepte is namelijk bepalend voor de benodigde werkzaamheden (inclusief eventuele voorbereidende baggerwerkzaamheden) om de kabels aan te leggen. Aangezien TenneT voor de aanleg van de kabels het uitgangspunt 'bury and would like to forget' hanteert worden de kabels op een diepte aangelegd die tijdens de gehele ontwerplevensduur van de kabel voldoende dekking biedt.

De bodemhoogte langs (delen van) de offshore tracéalternatieven verandert in de tijd, dit wordt morfologische dynamiek genoemd. De morfologische dynamiek van het plangebied kent een grote ruimtelijke variatie, waardoor de benodigde begraafdiepte en aanlegmethode langs de tracés ook verschilt. Met name in het Waddengebied (inclusief het Noordzee kustgebied) is de morfologische dynamiek het grootst. Op sommige plaatsen kan de bodemhoogte met meer dan 10 m veranderen tijdens de levensduur van de kabel. Verschillende aanlegmethoden hebben verschillende effecten op de omgeving. Aangezien er een verschil is in morfologische dynamiek tussen de tracéalternatieven kan er ook een onderscheid zijn tussen de tracéalternatieven wat betreft de effecten op de omgeving.

Dit rapport beschrijft het morfologisch onderzoek dat is uitgevoerd om voor de tracéalternatieven een 'morfologisch ontwerpprofiel' te bepalen. Dit is het bodemniveau dat tijdens de levensduur van de kabels slechts met een kleine kans wordt onderschreden (dieper wordt). Met deze aanpak wordt op pragmatische wijze invulling gegeven aan het bovengenoemde uitgangspunt ('bury and would like to forget').

De in dit rapport beschreven studie is uitgevoerd als onderdeel van de tracéalternatieven vergelijking in MER fase 1: de morfologie is bestudeerd om onderscheidende aspecten in de aanlegmethodiek tussen de tracéalternatieven te kunnen identificeren en om te bepalen of de morfologische dynamiek in het projectgebied van invloed is op de haalbaarheid van de tracéalternatieven.

Hoofdstuk 2 beschrijft de data die is gebruikt om het morfologisch ontwerpprofiel te bepalen en welke methodiek hiervoor is toegepast. In hoofdstuk 3 wordt voor ieder tracéalternatief het morfologisch ontwerpprofiel gepresenteerd. In Hoofdstuk 4 wordt de risico gestuurde begraafdiepte gepresenteerd. Tot slot wordt in Hoofdstuk 5 een beknopte samenvatting en conclusie gegeven. In bijlagen I, II en III worden de morfologisch ontwerp profielen van alle tracéalternatieven als langprofiel gepresenteerd.

2

METHODOLOGIE

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de het morfologische ontwerpprofiel bepaald is. Hiervoor is gebruik gemaakt van de vaklodingen dataset van Rijkswaterstaat, daarbij zijn bodemhoogtegegevens uit de periode tussen 1979 en 2017 gebruikt [ref 2].

Morfologisch ontwerpprofiel (Morphological Design Basis of MDB)

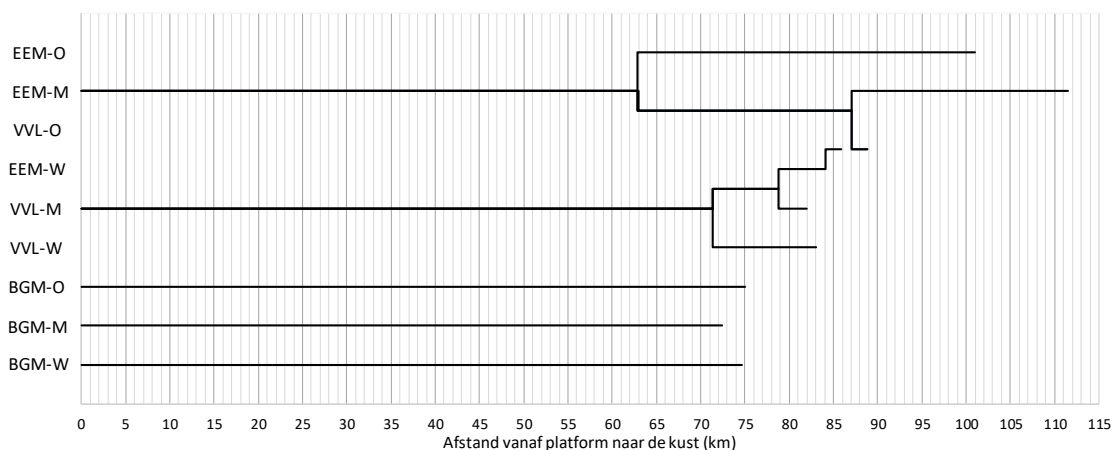
Het morfologisch ontwerpprofiel is de bodemhoogte langs het tracé die tijdens de ontwerp levensduur van de kabel (30-40 jaar) met een kleine kans wordt onderschreden (dieper wordt). Om dit profiel te bepalen is de historische bodemhoogte langs, en in de omgeving van de voorziene kabelroute geanalyseerd, zodat ook geulen die zich in potentie langs de kabelroute hadden kunnen bevinden, of mogelijk gaan bevinden, meegenomen zijn in de analyse. Het morfologisch ontwerpprofiel geeft voor iedere locatie langs de kabelroute een **morfologische ontwerpdiepte**.

Om het morfologisch ontwerpprofiel vast te stellen is de bathymetrische data op verschillende manieren geanalyseerd. De data die gebruikt is voor de analyses wordt beschreven in paragraaf 2.3. De wijze van analyseren en de manier waarop het ontwerpprofiel bepaald is wordt toegelicht in paragraaf 2.4.

2.2 Overeenkomsten tracéalternatieven

Afbeelding 1.1 toont de tracéalternatieven, daarin is zichtbaar dat een aantal van deze alternatieven op zee gedeeltelijk overlappen. In afbeelding 2.1 is gevisualiseerd welke delen van de tracéalternatieven dezelfde route volgen.

Afbeelding 2.1 Grafiek met de overlap tussen de verschillende tracéalternatieven¹



2.3 Beschikbare data

Voor de analyse is gebruik gemaakt van historische bathymetrische survey data tussen 1979 en 2017, die beschikbaar is via de zogenaamde vaklodingen dataset [ref 2]. Deze vaklodingen bestaan uit bodemhoogtemetingen van onder andere de Waddenzee en een deel van de Noordzee. Deze worden in een cyclus van zes jaar ingemeten tot een diepte van ongeveer -20 m NAP aan de zeekant van de eilanden. Sommige delen van het gebied worden vaker ingemeten. De vaklodingen zijn geïnterpoleerd naar een rooster met een resolutie van 20 m bij 20 m en beschikbaar via Rijkswaterstaat.

Het inmeten van de bodemhoogte wordt uitgevoerd door ieder jaar een deel van het totale gebied in te meten. Daardoor verschillen de datums waarop er voor de tracéalternatieven bodemhoogtegegevens beschikbaar zijn. Ook moeten er soms peilgegevens van meerdere jaren gecombineerd worden om voor een tracéalternatief een compleet bodemprofiel te construeren. De data zoals toegepast voor de analyse van de verschillende tracéalternatieven staat in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beschikbare bodemhoogte data per tracéalternatief. Wanneer observaties uit meerdere jaren gecombineerd zijn tot een één bodemprofiel staan beiden in dezelfde cel

Burgum West	Burgum Midden	Burgum Oost	Vier-verlaten West	Vier-verlaten Midden	Vier-verlaten Oost	Eems West	Eems Midden	Eems Oost
1979+1981	1979	1979	1979	1979	1979			
	1982	1982	1982					1983
							1985	1985
1987+1989	1987	1987	1987				1986	1986
			1989	1989	1989	1989	1987	1987
								1988
	1991	1991	1992	1990	1990+1992	1990	1992	1989
				1992		1992	1993	1990
								1991
								1992

¹ Burgum Midden West ontbreekt in dit overzicht. De analyse voor Burgum Midden West op de Waddenzee komt overeen met Burgum Midden op de Waddenzee.

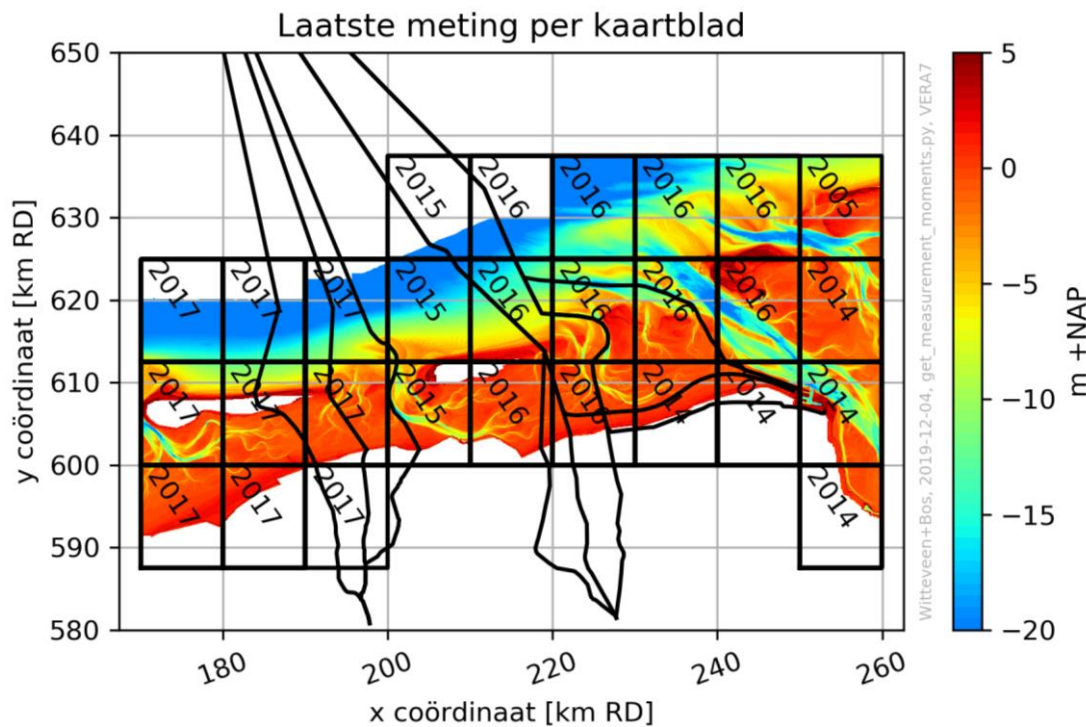
Burgum West	Burgum Midden	Burgum Oost	Vier-verlaten West	Vier-verlaten Midden	Vier-verlaten Oost	Eems West	Eems Midden	Eems Oost
								1993
1993+1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994 +1995	1994
1996								1995
		1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997
								1998
1999+2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1998	2000
							2000+2001	2001
2002	2002	2002	2002	2001+2002	2001+2002	2001 +2002	2002	2002
2005	2005	2005+2006	2006 + 2007	2006+2007	2005+2006	2005+2006	2005+2006	2005
2008	2009	2009	2010	2010	2009+2010	2009+2010	2007	2006+2007 +2008
2011+2012	2012	2012	2012 +2013	2013	2012+2013	2012+2013	2010	2010
2014	2015		2016	2015+2016	2015+2016	2016	2013	
2017							2016	2016

2.4 Methodiek bepalen van ontwerpprofiel

Voor het uitvoeren van de analyse om een ontwerpprofiel vast te stellen is de beschikbare bodemhoogtedata op verschillende manieren gevisualiseerd. In deze visualisaties worden de volgende gegevens getoond:

- 1 bodemhoogte zoals gemeten in één jaar (of enkele jaren). Zie tabel 2.1 voor de gebruikte jaartallen per tracé;
- 2 de laagst gemeten bodemhoogte tussen 1979 en 2017. Dit betreft voor iedere locatie de daar gemeten laagste bodemhoogte. Deze wordt in het vervolg van het rapport de diepste bodem genoemd;
- 3 de hoogst gemeten bodemhoogte tussen 1979 en 2017. Dit betreft voor iedere locatie de daar gemeten laagste bodemhoogte. Deze wordt in het vervolg van het rapport ondiepste bodem genoemd;
- 4 de Laatste gemeten bodemhoogte. Dit betreft voor iedere locatie de meest recent gemeten bodemhoogte. Deze wordt in het vervolg van dit rapport meest actuele bodem genoemd. Zie afbeelding 2.2 voor de meest recente beschikbare meting per kaartblad. Voor deze fase van het project waarbij het gaat om de relatieve vergelijking van de verschillende tracéalternatieven, is het acceptabel om de analyse uit te voeren met de bodemligging van 2014 - 2017 als 'meest recente'.

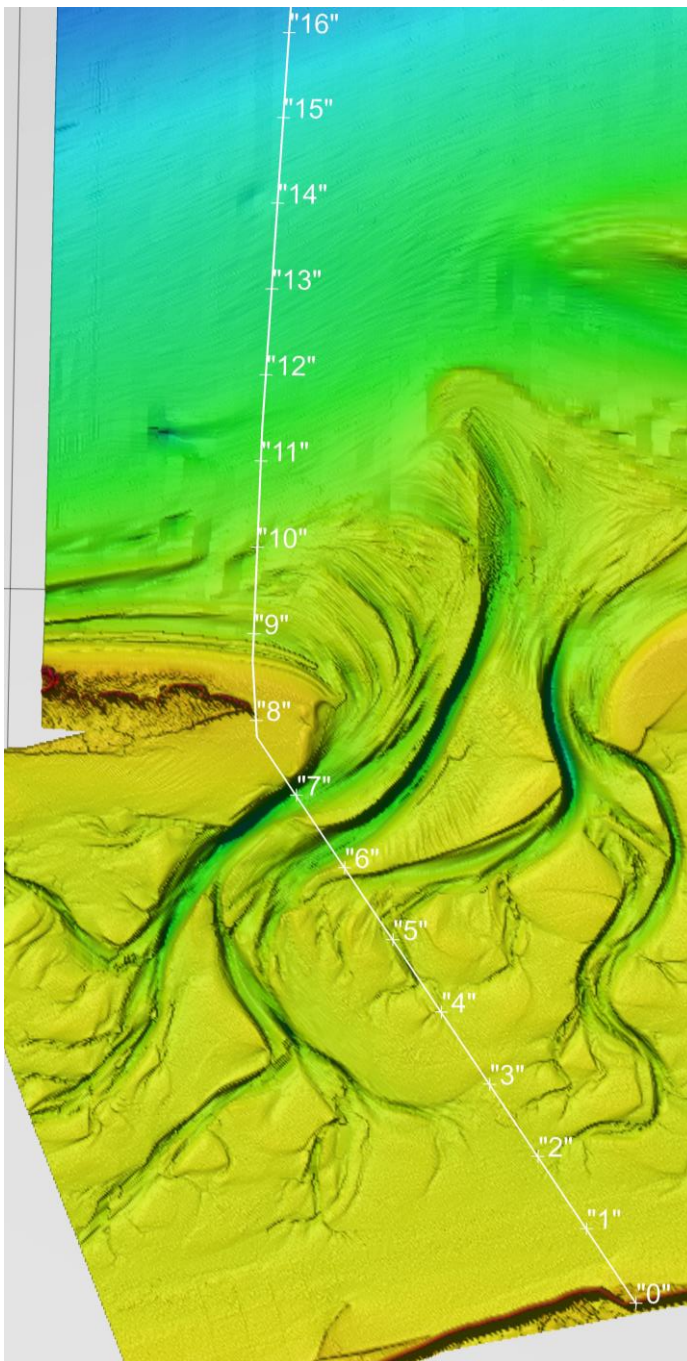
Afbeelding 2.2 Laatste meting per kaartblad. De meest actuele bathymetrie bevat in ieder geval geen metingen na het aangegeven jaar



De volgende visualisaties zijn beschouwd:

- 1 **bodemhoogtekaarten** op basis van de vaklodingen (zie afbeelding 2.3 voor een voorbeeld). De tracés zijn hierin ook weergegeven als een witte lijn met de kilometerpunten. De telling van de kilometerpunten start op de dijk van de vaste wal en loopt op richting het windmolenpark op de Noordzee. Deze visualisatie is gebruikt om de grootschalige morfologie te kunnen interpreteren. De kaarten ondersteunen tevens de detailanalyses (op basis van visualisaties 2 en 3). Bijvoorbeeld door de omvang van geulsystemen inzichtelijk te maken.

Afbeelding 2.3 Bodemhoogtekaart rondom Burgum Midden tracé. De als voorbeeld getoonde bodemligging is in 2012 gemeten. De kilometerpunten op het tracé zijn ook aangegeven



- 2 **dwarsdoorsneden van de tracés.** Dit zijn doorsneden van de bodemhoogtemetingen haaks op een punt in het tracé. De visualisaties laten daarmee de bodemhoogte zien links en rechts van de tracés. Bij het uitvoeren van de morfologische analyse was het mogelijk om langs het tracé te bewegen. Op deze manier kon behalve de (diepste) gemeten bodemhoogte ter plaatse van de tracés ook de bodemhoogte in de omgeving van de tracés beschouwd worden;
- 3 **langsdoorsneden over en parallel aan het tracé.** Deze doorsneden presenteren de bodemhoogte langs de tracés in verschillende jaren. Ook de morfologische ontwerpdiepte en de meest actuele bodem worden in de langsdoorsneden gevisualiseerd. Voor het profiel langs het tracé geeft het verschil tussen deze laatste twee een indicatie van de aanlegdiepte en de daarvoor misschien (afhankelijk van de installatiemethode) benodigde baggerinspanning.

3

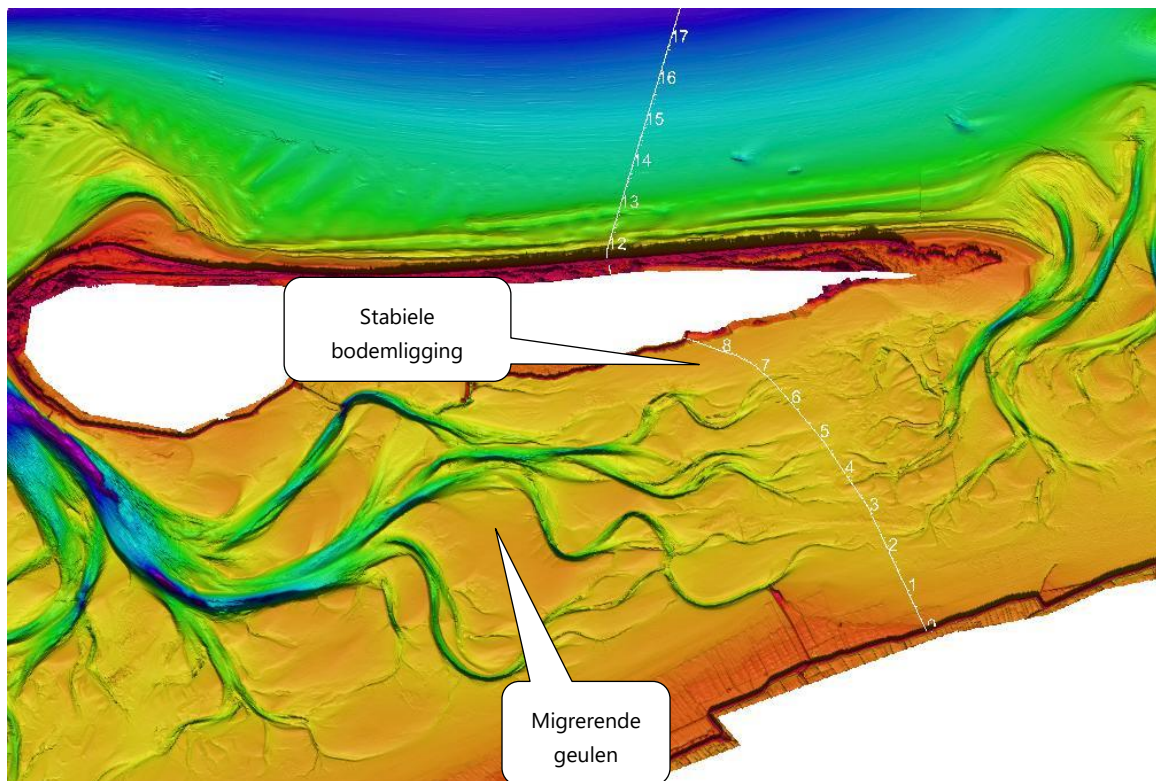
MORFOLOGISCHE ANALYSE

3.1 Burgum West

Algemene beschrijving

Afbeelding 3.1 toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Burgum West, dit tracéalternatief volgt het wantij tussen Ameland en Friesland. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende aspecten langs het tracé aangegeven.

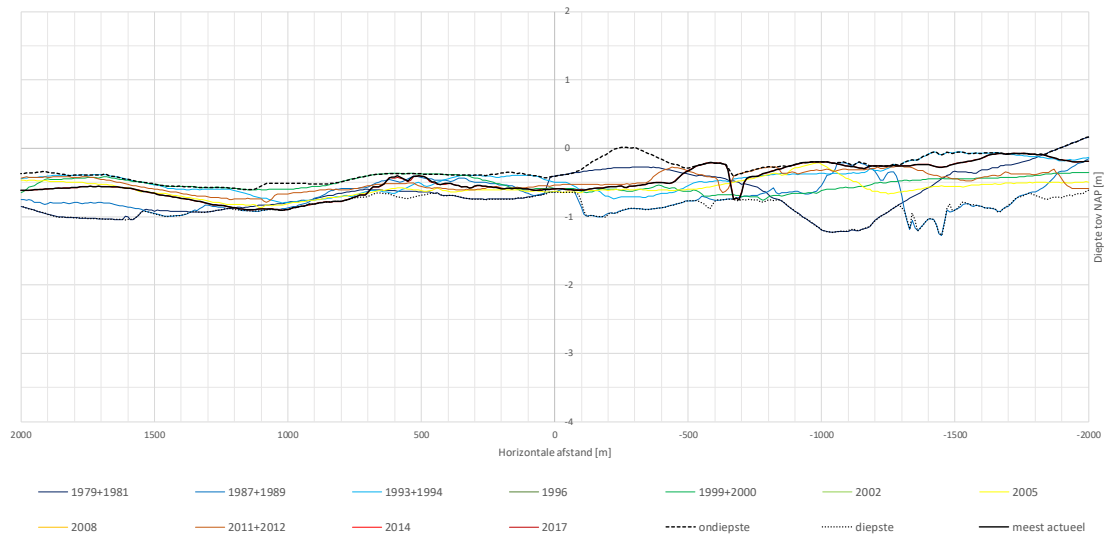
Afbeelding 3.1 Bodemhoogtekaart Waddenzee tracéalternatief Burgum West. Data op basis van meest recent beschikbare vaklodingen



Waarnemingen

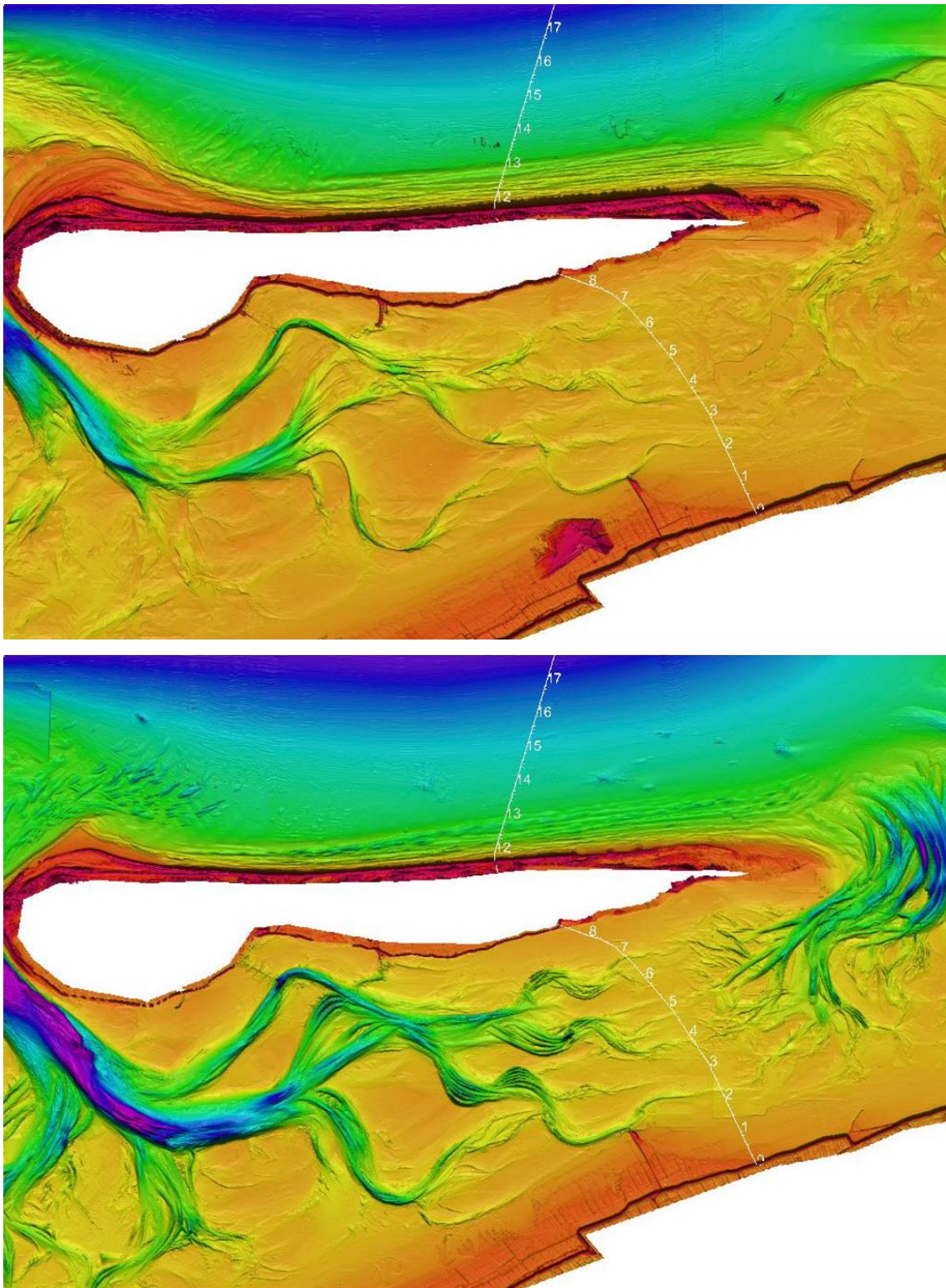
- in het grootste deel van het gebied tussen de Friese kust en Ameland (tot KP 6,5) loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch. Afbeelding 3.2 toont een dwarsprofiel ter hoogte van KP 3,0. De variatie in bodemhoogte in de dwarsrichting van deze locatie tussen 1979 en 2017 is circa 1 m met de minste variatie ongeveer op de kabel locatie op het wantij. De waargenomen variaties zijn het gevolg van de in de loop van de jaren migrerende kleine geulen tegen en over het wantij.

Afbeelding 3.2 Dwarsprofiel op KP 3 van tracéalternatief Burgum West

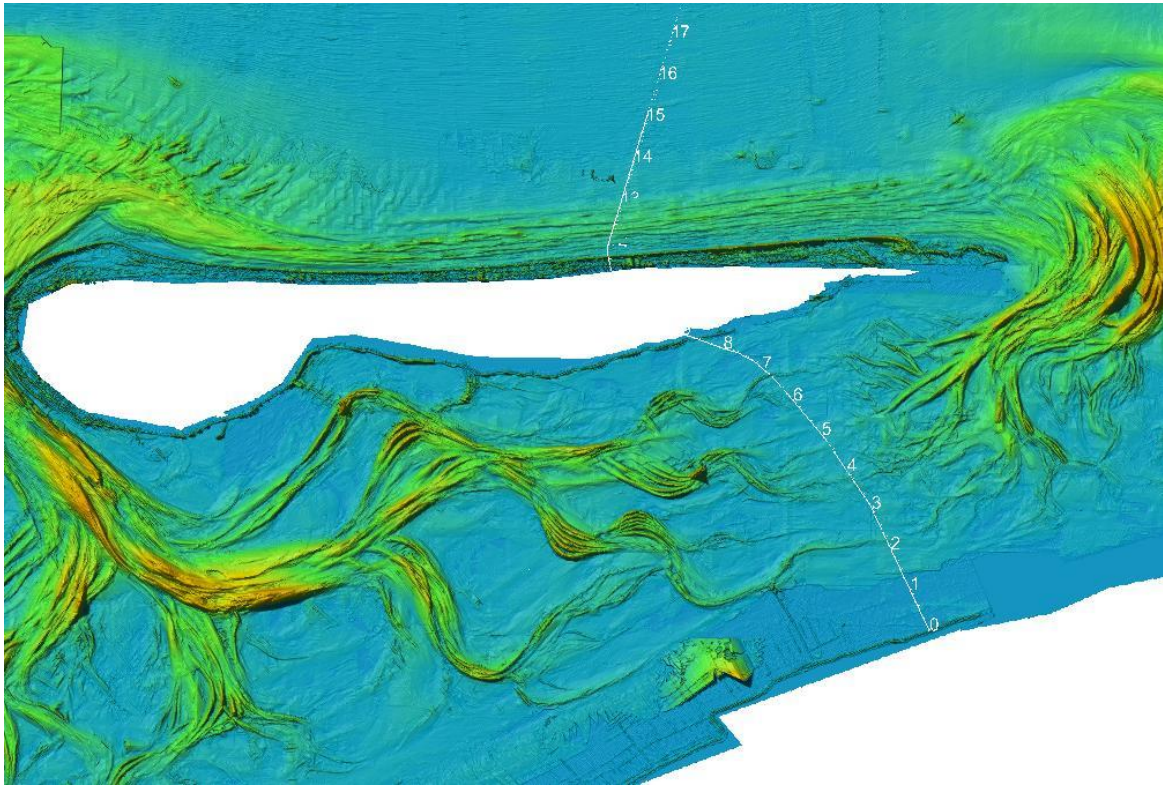


- tussen KP 6,5 en KP 7,0 kruist het tracé een geul van circa NAP -1,5 m diep die beperkt migreert. Dit is te zien in het verschil tussen de gepeilde diepste en ondiepste bodemhoogte in dit gebied (zie afbeelding 3.4). Verder ten westen en ten oosten van het tracé bevinden zich twee migrerende geulensystemen (zie tekstballon in afbeelding 3.1);
- vanaf KP 7,0 tot aan Ameland is de bodemligging ruimtelijk homogeen en laag dynamisch;
- ten noorden van Ameland tussen KP 12,0 en 13,0 doorkruist het tracé brekerbanken (zie afbeelding I.1). Deze banken bewegen zich tussen het strand en circa 1-2 km uit de kust;
- de vooroever, tussen KP 13,0 en KP 16,0 is sinds 2000 redelijk stabiel (zie afbeelding I.1).

Afbeelding 3.3 Bovenste paneel: ondiepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017; Onderste paneel: diepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017



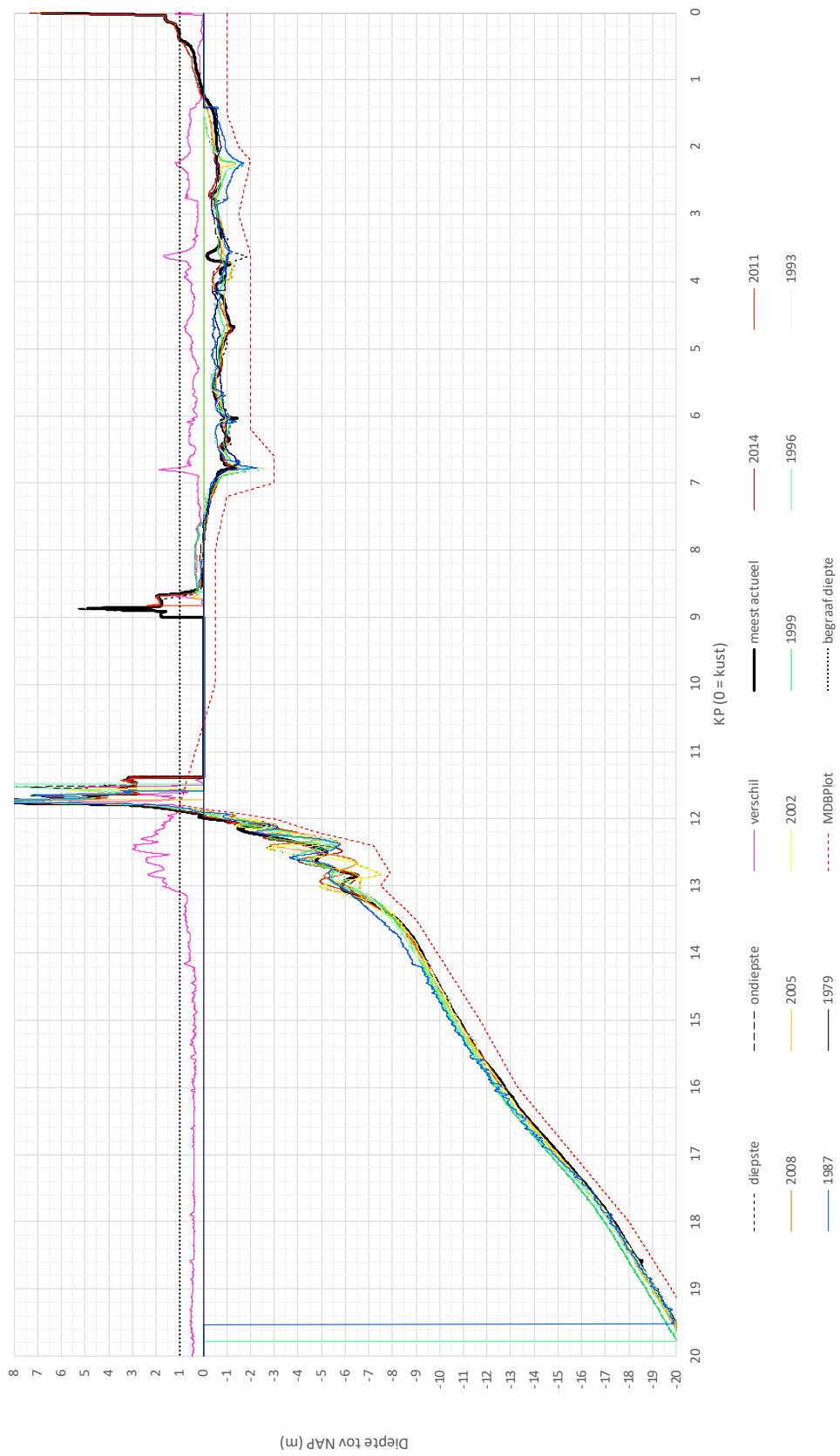
Afbeelding 3.4 Verschil tussen de diepste en ondiepste gepeilde bodemhoogte in dit gebied in de periode tussen 1979 en 2017



Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.5 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Burgum West. In Bijlage I wordt dit profiel als afbeelding I.1 op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.5 Langsprofiel van tracéalternatief Burgum West. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

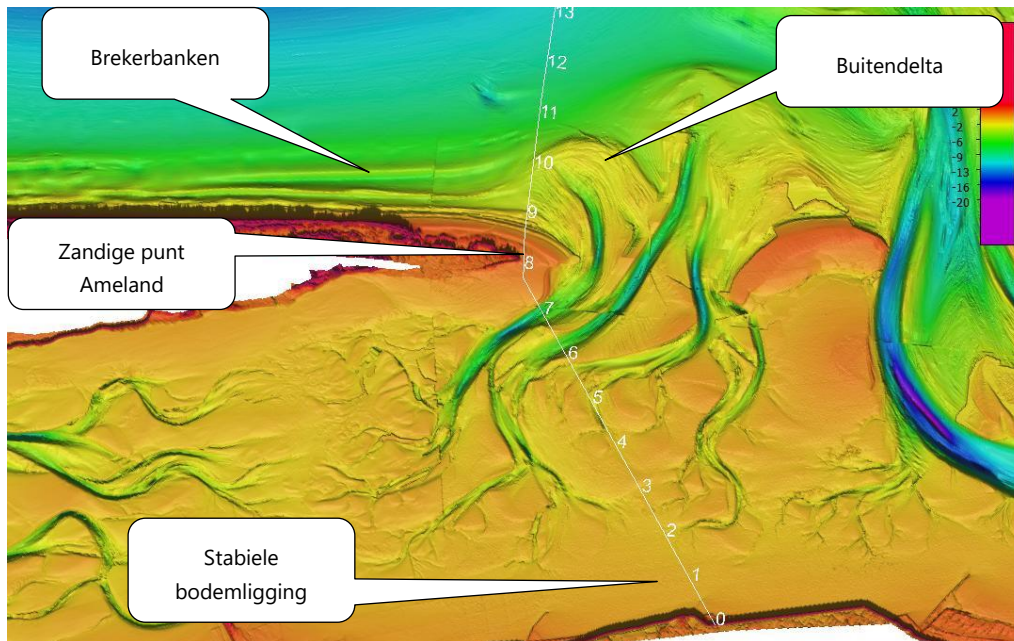


3.2 Burgum Midden

Algemene beschrijving

Afbeelding 3.6 toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Burgum Midden. Dit tracéalternatief loopt vanaf het vasteland over het wad en door een aantal geulen naar de zandige oostpunt van Ameland. Na de kruising met Ameland volgt het tracé de kortste route naar het platform op zee. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal aspecten langs het tracéalternatief aangegeven.

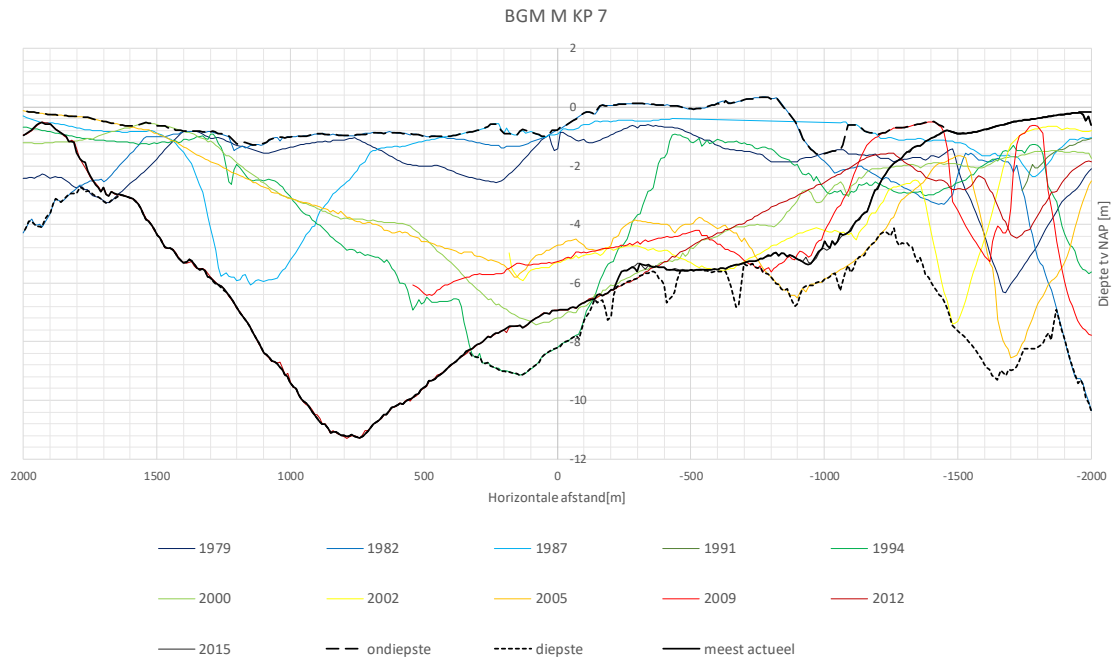
Afbeelding 3.6 Bodemhoogtekaart Waddenzee tracéalternatief Burgum Midden. Data op basis van meest recent beschikbare vaklodingen



Waarnemingen

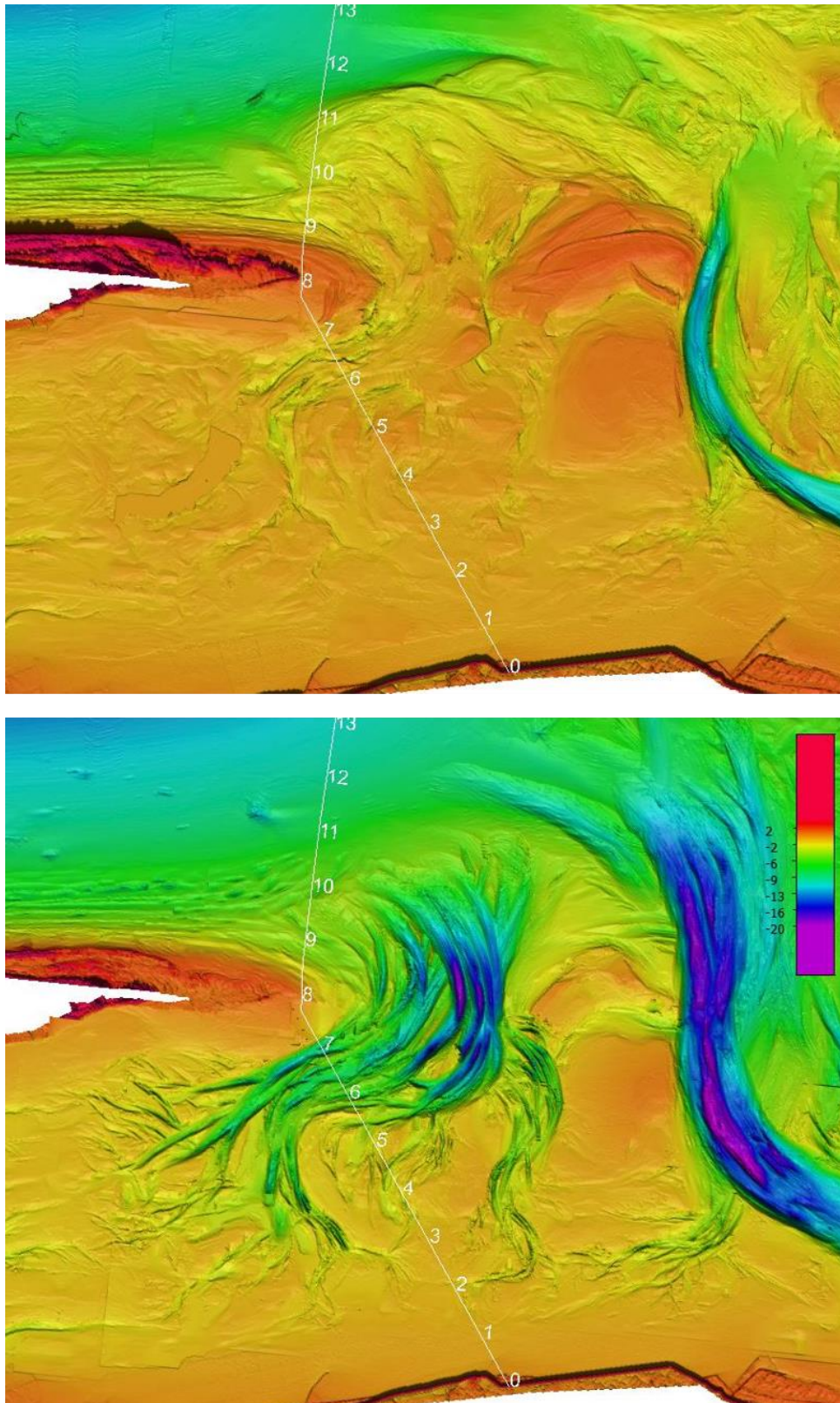
- langs het eerste deel van het tracé (tot KP 3.2) loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch;
- tussen KP 3,2 en KP 7,2 kruist het tracé drie geulen. Zowel de diepte als de locatie van de geulen is zeer veranderlijk, dit is te zien in het verschil tussen de gepeilde diepste en ondiepste bodemhoogte in dit gebied (zie afbeelding 3.9). Ter hoogte van KP 7,1 is de geul het diepst (bodem ligt op NAP -7,5 m), in het verleden heeft de bodem van de geul op deze locatie op NAP -9,0 m gelegen. Op 600 m ten westen van het tracé is de geul nog 4 m dieper dan ter hoogte van het tracé (zie afbeelding 3.7).

Afbeelding 3.7 Dwarsprofiel op KP 7,0 van tracéalternatief Burgum Midden

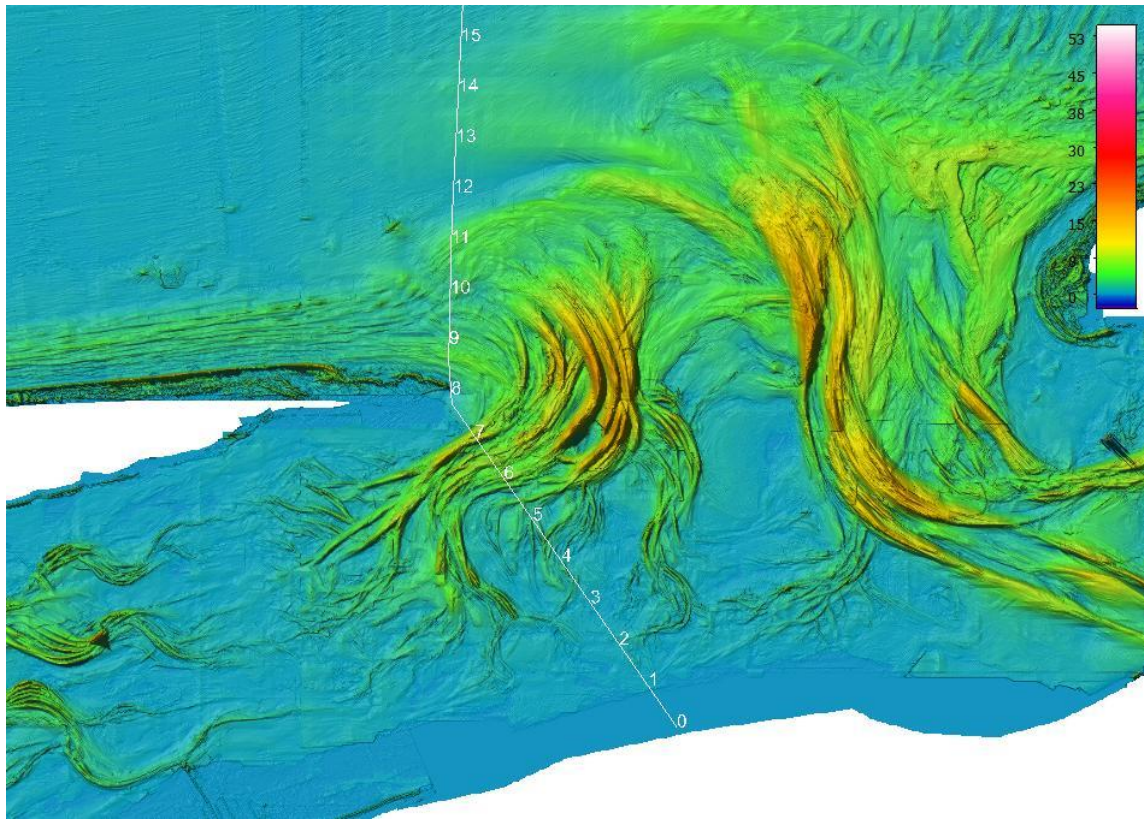


- de zandige oostpunt van Ameland wordt gekruist met het tracé tussen KP 7,2 en KP 8,1. Deze zandige punt is in de afgelopen 30 jaar stabiel gebleven. Dit is ook terug te zien in het langsprofiel van het tracé ter hoogte van KP 8,0 (zie Bijlage I, afbeelding I.2);
- ten noorden van Ameland tussen KP 8,1 en 11,0 doorkruist het tracé eerst verschillende brekerbanken en vervolgens ondieptes die horen bij de buitendelta van het Pinkegat (zie bijlage I, afbeelding I.2). De banken en ondieptes gaan in elkaar over en bewegen zich tussen het strand en ~2 km uit de kust.

Afbeelding 3.8 Bovenste paneel: ondiepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017; Onderste paneel: diepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017



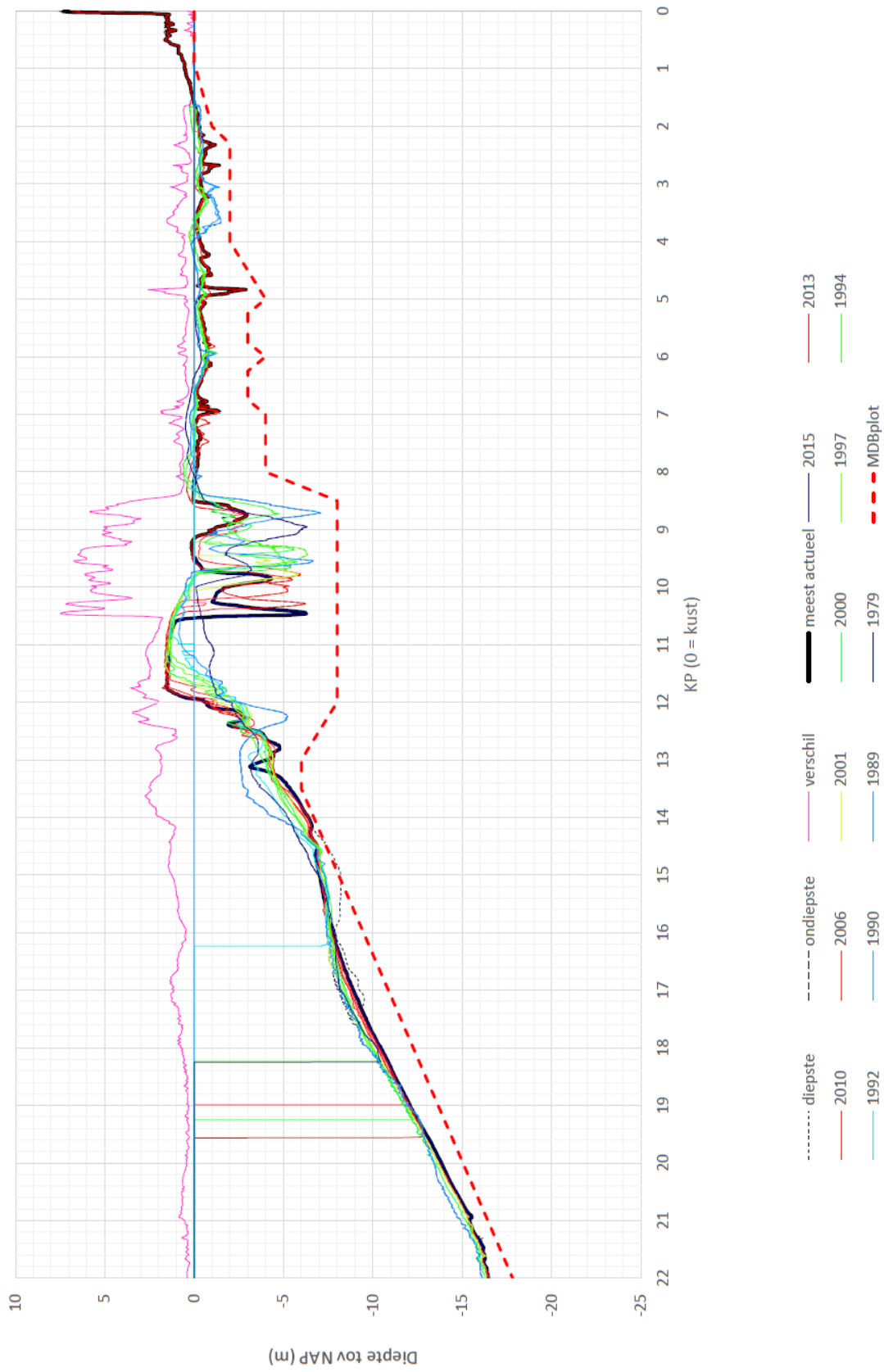
Afbeelding 3.9 Verschil tussen de diepste en ondiepste gepeilde bodemhoogte in dit gebied in de periode tussen 1979 en 2017



Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.10 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Burgum Midden. In bijlage I, afbeelding I.2 worden de profielen op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.10 Langsprofiel van tracéalternatief Burgum Midden. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

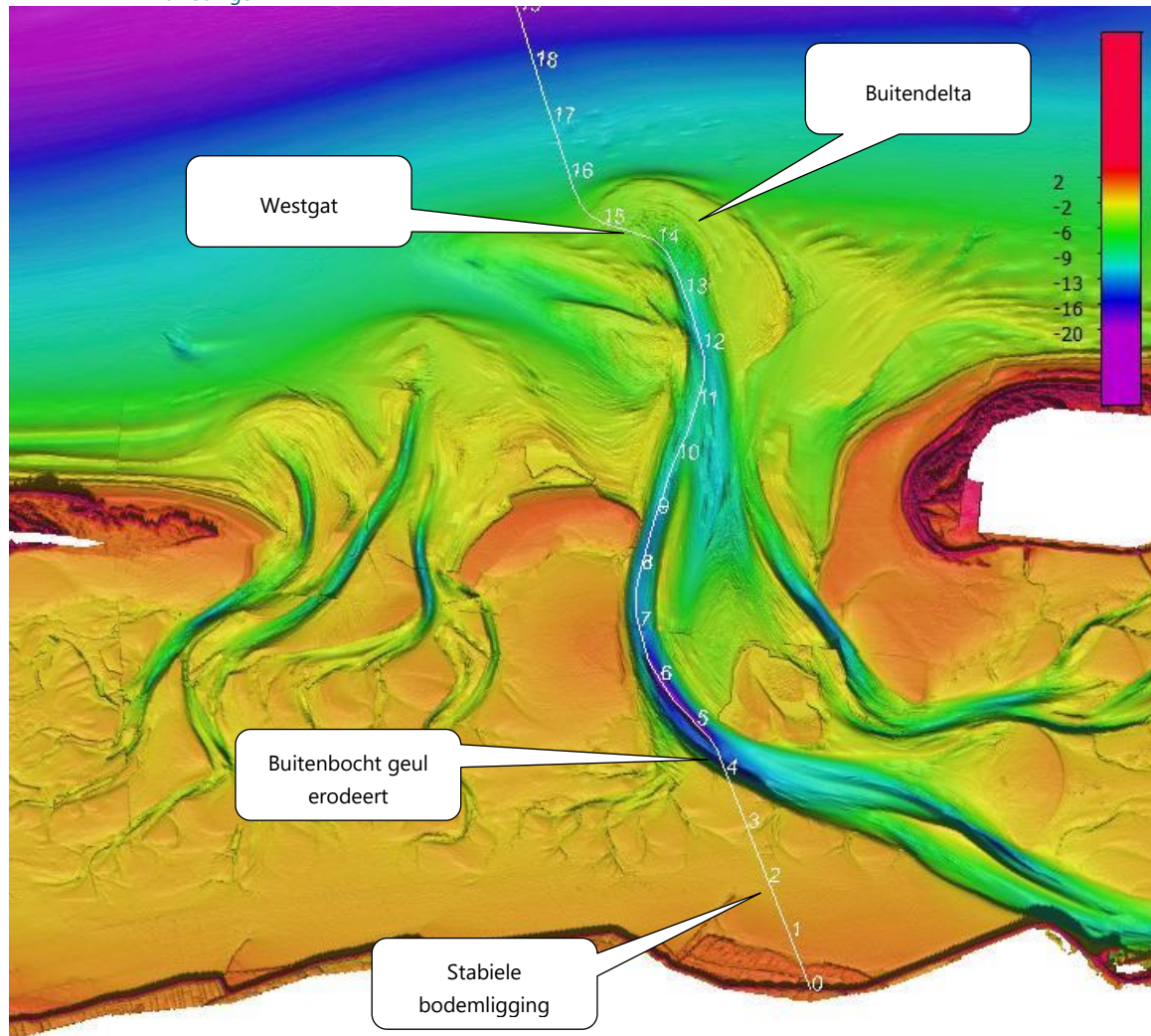


3.3 Burgum Oost

Algemene beschrijving

Afbeelding 3.23 toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Burgum Oost. Dit tracéalternatief loopt vanaf Friesland eerst over morfologisch stabiele wadplaten, daarna volgt het de Zoutkamperlaag. Daarna volgt het tracé de geul door het Westgat in de buitendelta, waarna het tracé naar het Noorden afbuigt richting het platform op zee. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende aspecten langs het tracé aangegeven.

Afbeelding 3.11 Bodemhoogtekaart Waddenzee tracéalternatief Burgum Oost. Data op basis van meest recent beschikbare vaklodingen



Waarnemingen

- de eerste kilometers lang het tracé (tot KP 3,2) loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch;
- de buitenbocht van de Zoutkamperlaag (ter hoogte van het Westtrak) erodeert (zie tekstballon in afbeelding 3.11) waardoor de geul zich richting het zuiden beweegt. Voor het vaststellen van het morfologische ontwerpprofiel is er rekening gehouden met de migratie van deze geul richting het zuiden. De erosie van de zuidzijde van de geul blijkt duidelijk uit de historische langsprofielen tussen KP 4,2 en KP 5,0 (zie afbeelding I.3) en de bodemverschilkaart tussen 1995 en 2017 die wordt getoond in Afbeelding 3.12;

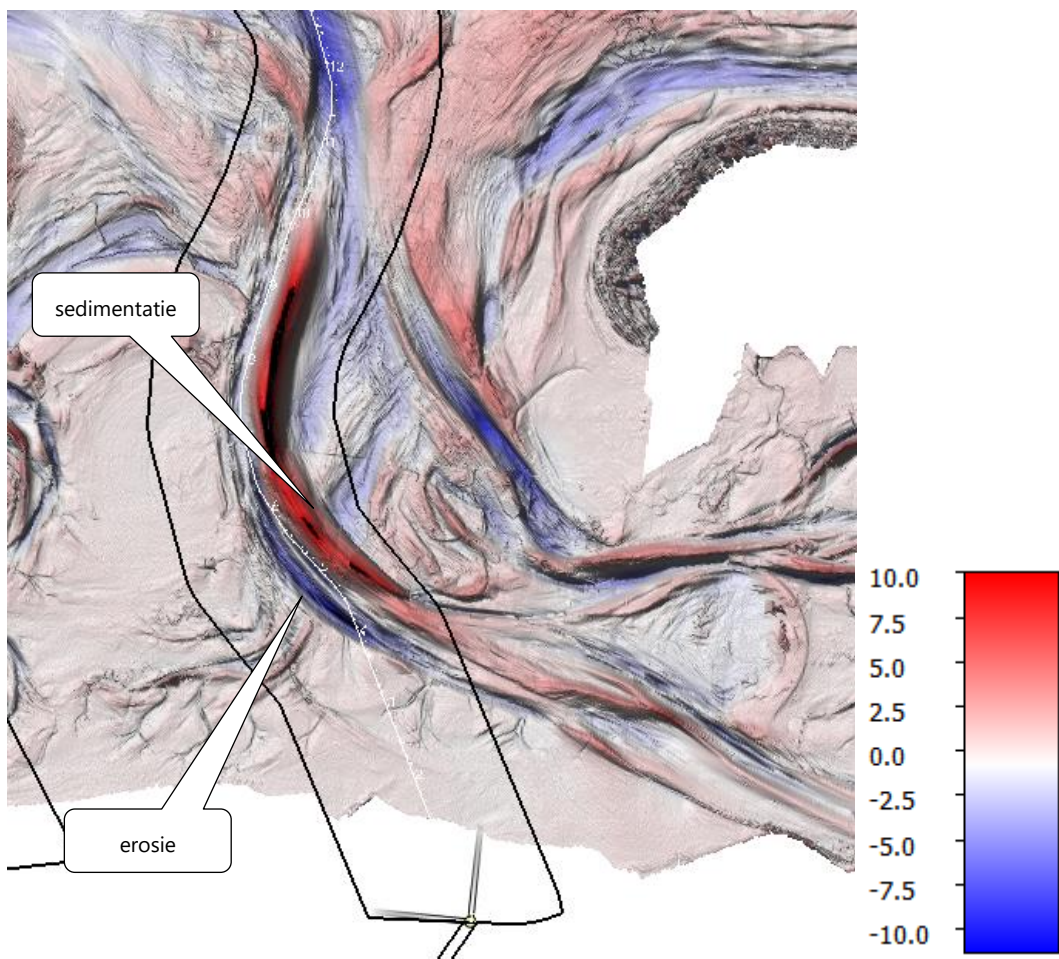
- tussen KP 5,0 en KP 13,0 volgt het tracé het diepste deel van de geul. In het verleden is de geul op deze locatie dieper en breder geweest. De ontwikkeling van deze geulen is verbonden met de afsluiting van Lauwerszee, waardoor de doorsnede van de geulen afneemt. Hier is bij het vaststellen van het morfologische ontwerpprofiel rekening mee gehouden;

Afsluiting Lauwerszee 1969

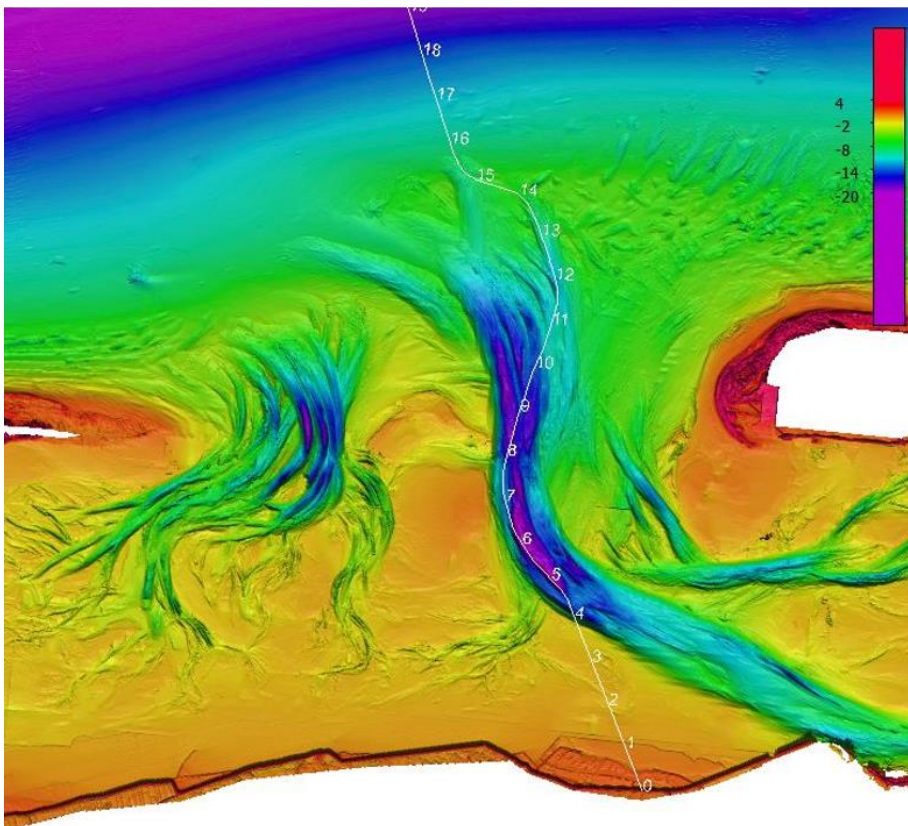
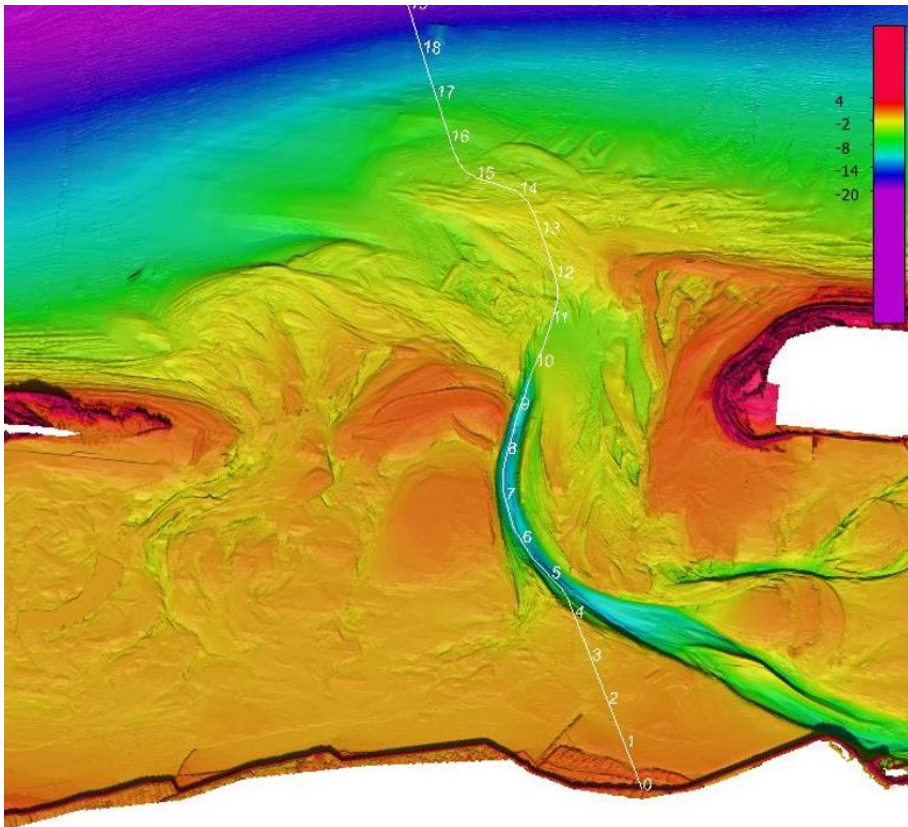
In de oostelijke Waddenzee heeft de afsluiting van de Lauwerszee in 1969 het grootste effect gehad. Ten gevolge van deze ingreep is het watervolume dat per getijcyclus door de Zoutkamperlaag stroomt afgenomen met 30 % [ref 3]. Nog altijd vormen de geulen en platen in de buitendelta en het gebied achter dit zeegat zich naar deze veranderingen. De doorsnede van geulen neemt af door sedimentatie en er vormen zich nieuwe wadplaten. Dit is echter een relatief langzaam proces.

- tussen KP 13,0 en KP 16,0 volgt het tracé de (eb) geul door de buitendelta. Dit type getijde delta's tonen cyclisch gedrag [ref 4] en deze geul kan zich tijdens de levensduur van de kabel zowel ten oosten als ten westen van de huidige locatie bevinden. Hierdoor kan de bodemhoogte in dit gebied sterk variëren;
- vanaf KP 16,0 volgt dit tracé de kortste route richting het platform op zee.

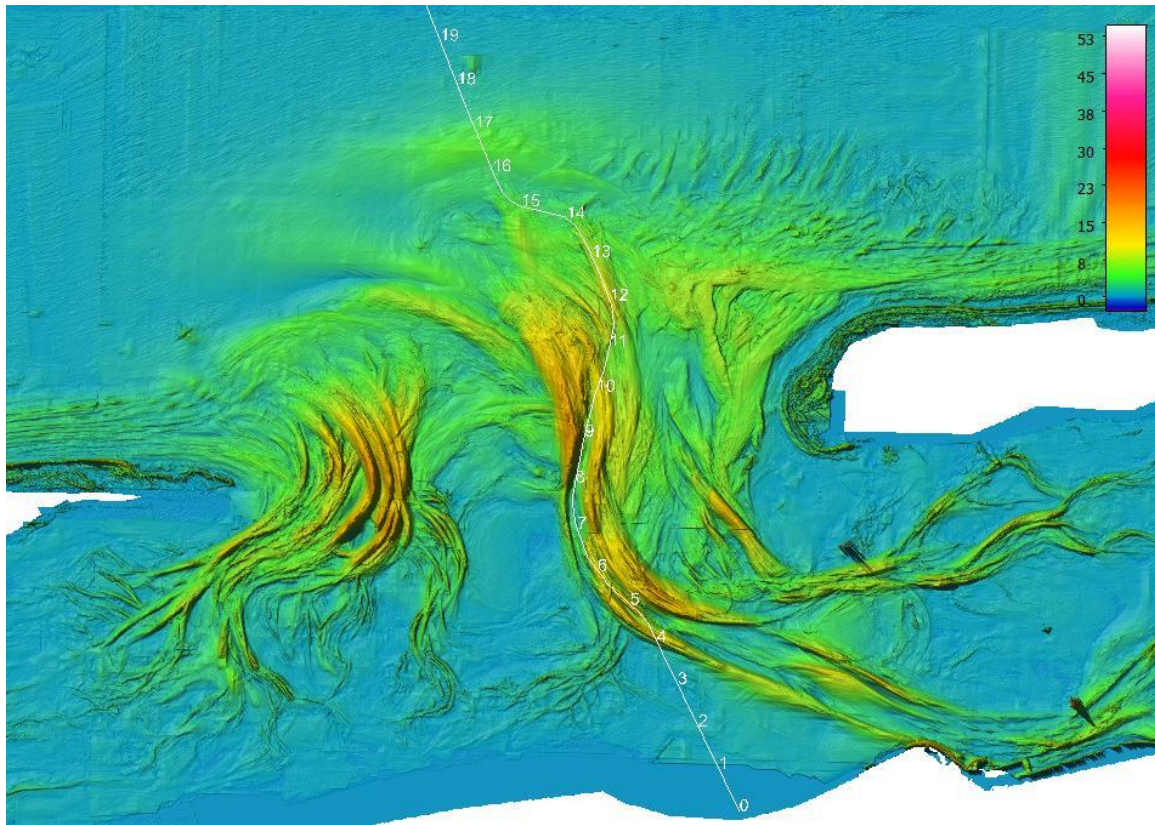
Afbeelding 3.12 Verschil tussen de gepeilde bodemhoogte in 1995 en 2017



Afbeelding 3.13 Bovenste paneel: ondiepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017; Onderste paneel: diepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017



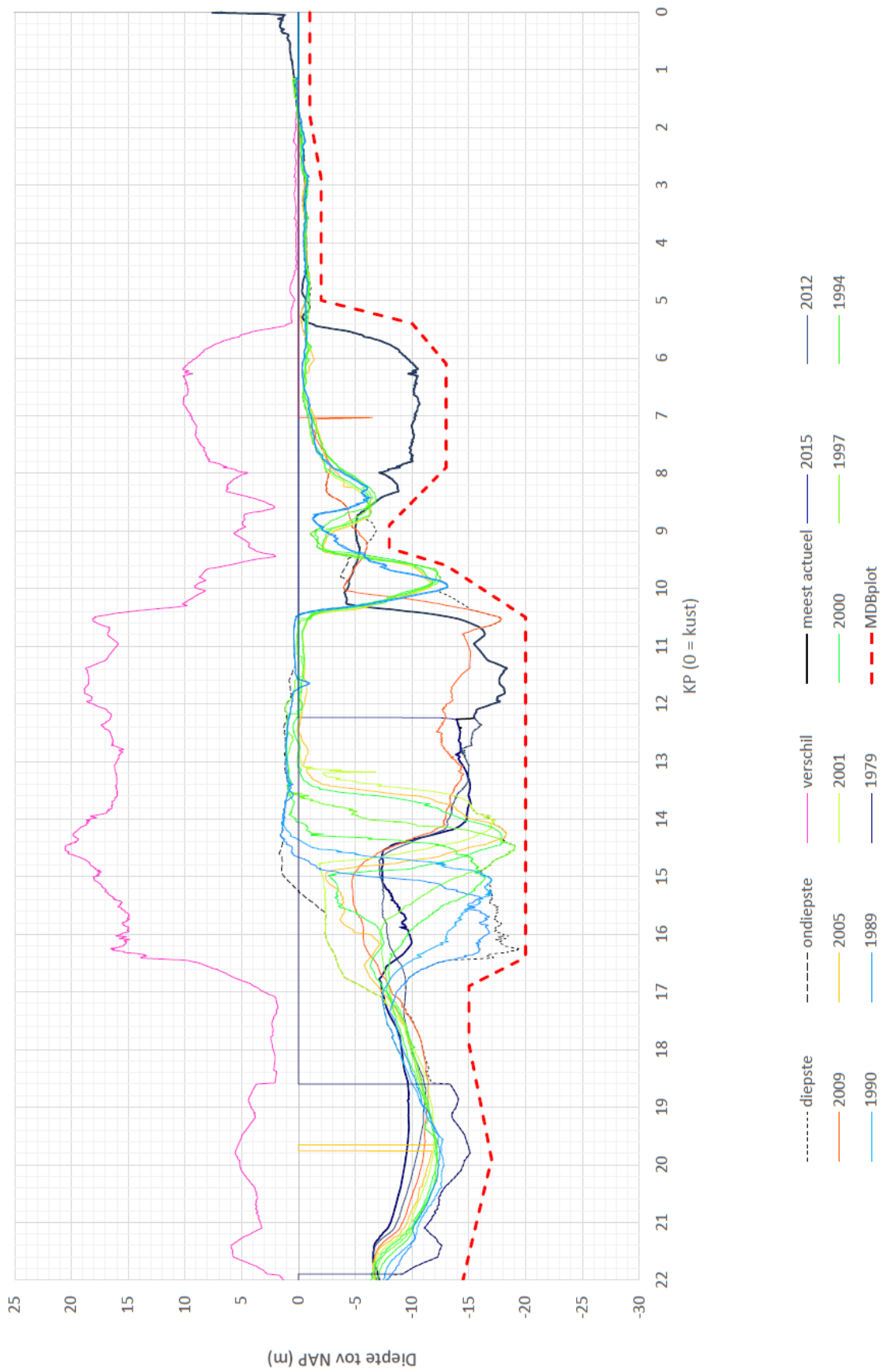
Afbeelding 3.14 Verschil tussen de diepste en ondiepste gepeilde bodemhoogte in dit gebied in de periode tussen 1979 en 2017



Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.14 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Burgum Oost. In Bijlage I, afbeelding I.3 worden de profielen op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.15 Langsprofiel van tracéalternatief Burgum Oost. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

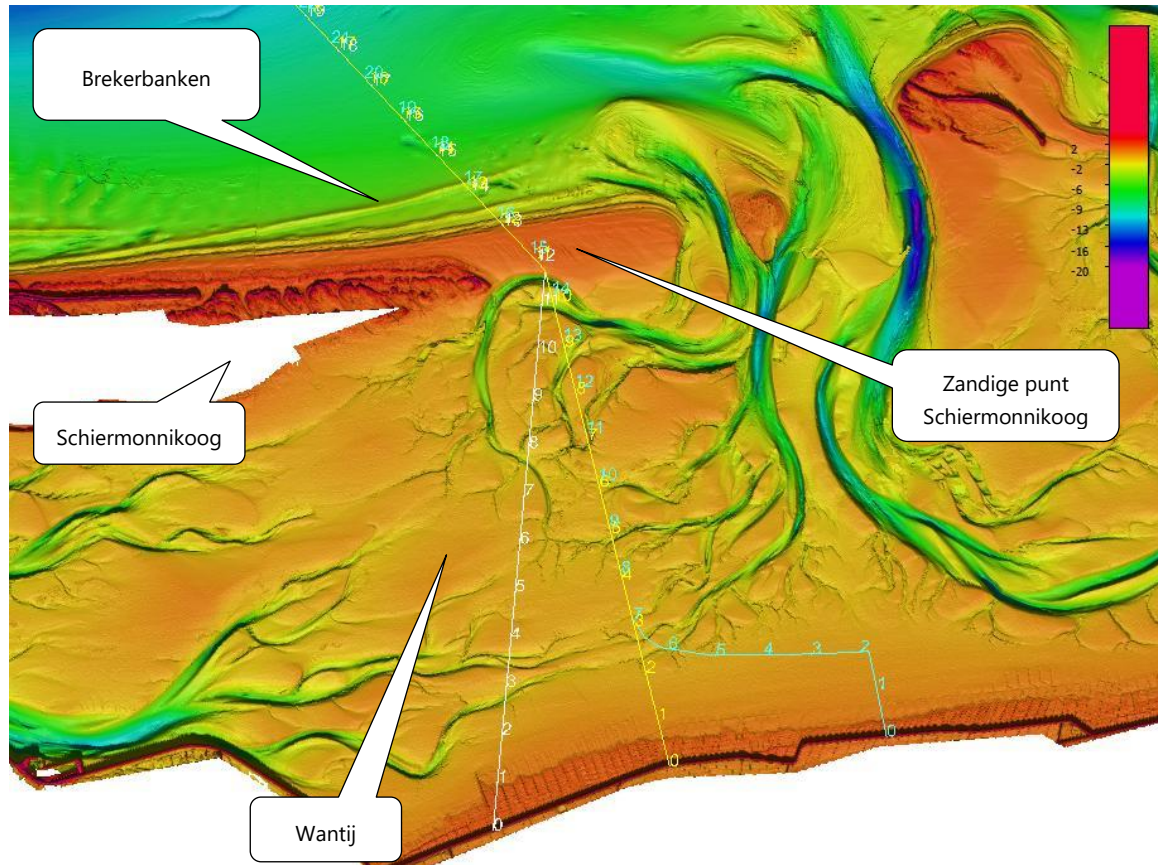


3.4 Vierverlaten West

Algemene beschrijving

Afbeelding 3.15 toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Vierverlaten West. Dit tracéalternatief loopt vanaf het vasteland, deels over het wantij, naar de zandige oostpunt van Schiermonnikoog waarbij een aantal getijde geulen worden gekruist. Vanaf Schiermonnikoog volgt dit tracé de kortste weg richting het platform op zee. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende aspecten langs het tracé aangegeven.

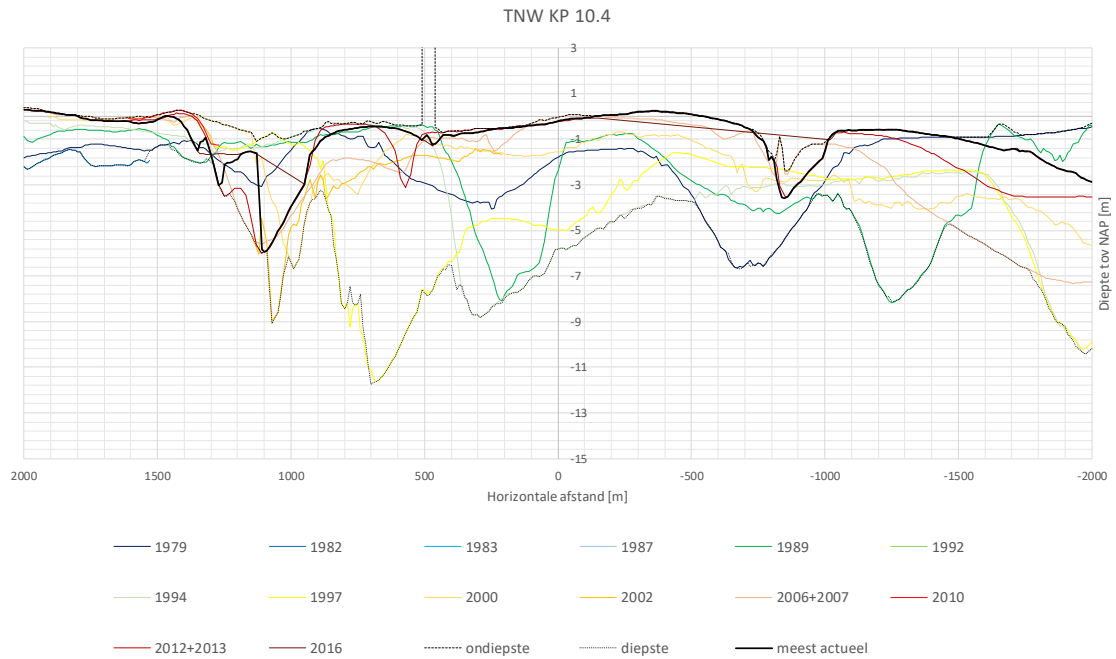
Afbeelding 3.16 Bodemhoogtekaart Waddenzee tracéalternatief Vierverlaten West (wit), Vierverlaten Midden (geel) en Eemshaven West (licht blauw). Data op basis van meest recent beschikbare vaklodingen



Waarnemingen

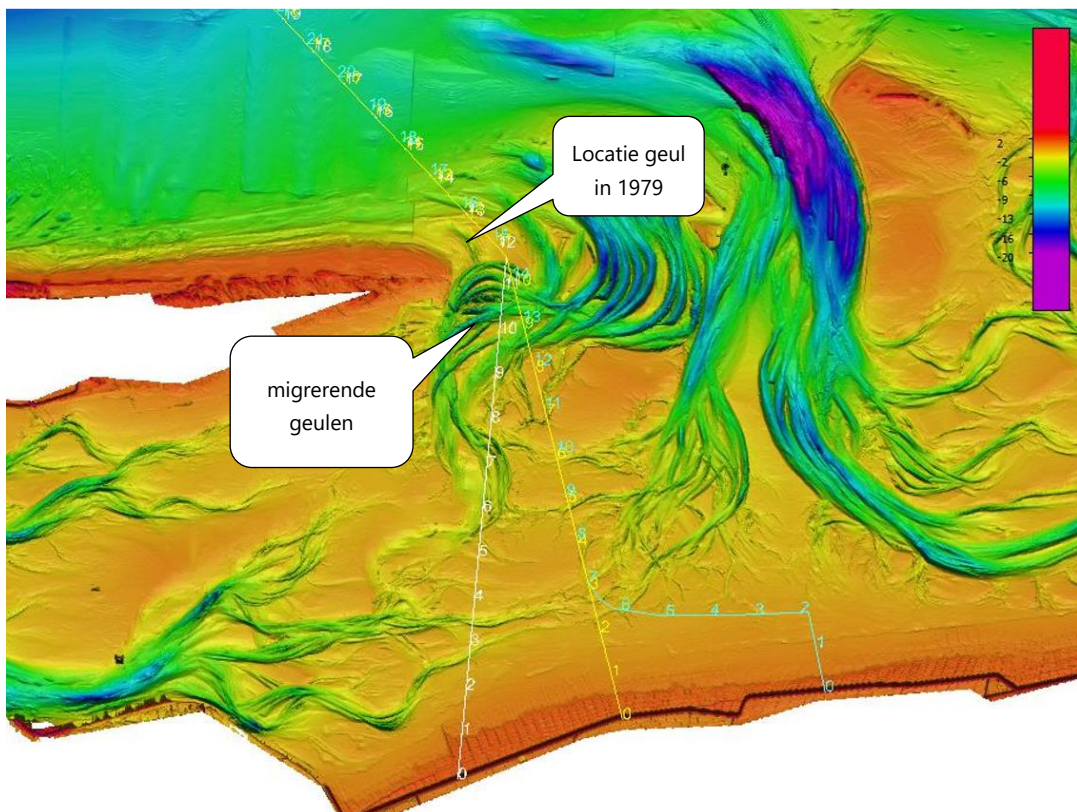
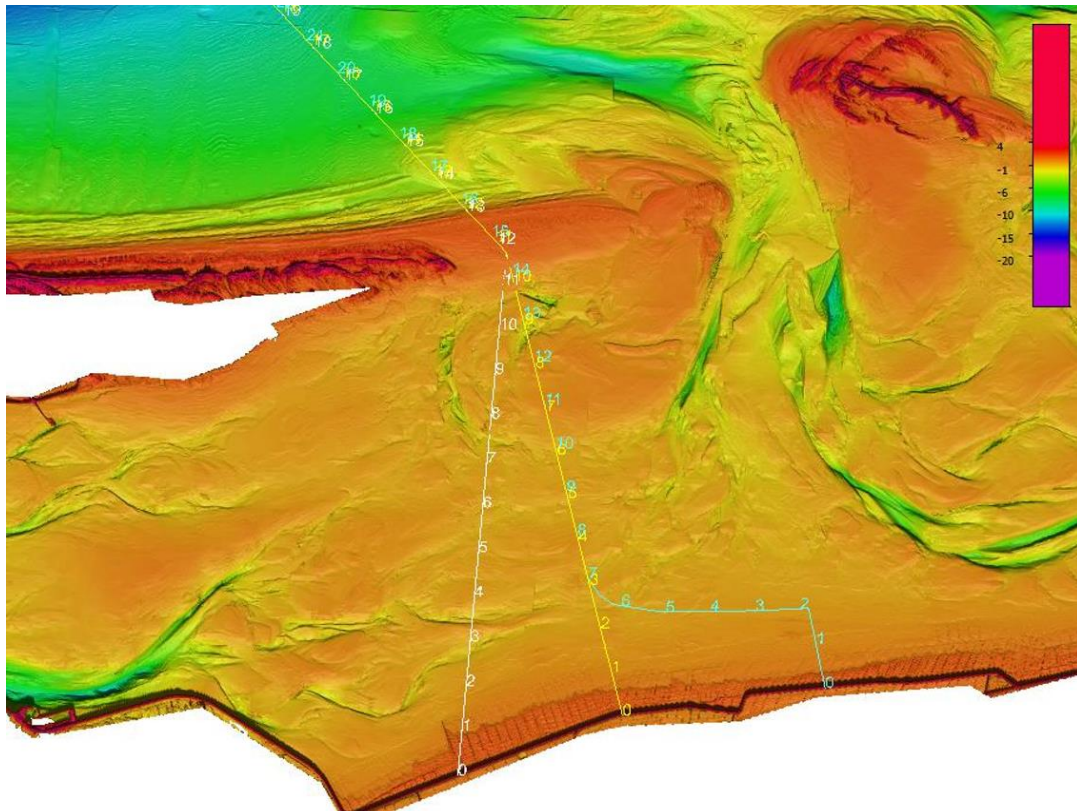
- de eerste kilometers langs het tracé, tot KP 2,5, en ook tussen KP 4,0 en KP 5,5, loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch;
- tussen KP 2,5 en KP 4,0 kruist het tracé twee getijdegeulen waarvan de bodem tussen NAP -1 m en NAP -2 m ligt. In het verleden zijn de geulen dieper geweest, de geulen waren in 2010 ongeveer 1 m dieper dan de huidige diepte. Afbeelding 3.18 toont het verschil tussen de diepste en ondiepste bodemligging, waaruit wordt opgemaakt dat de locaties van de geulen tussen 1979 en 2017 redelijk stabiel zijn geweest;
- het tracé kruist meerdere geulen en uitlopers hiervan tussen KP 5,5 en KP 11,5. Zowel de diepte als de locatie van de geulen is zeer veranderlijk, dit is ook te zien in het verschil tussen de gepeilde diepste en ondiepste bodemhoogte in dit gebied (afbeelding 3.18). De laagste historische bodem van een geul langs dit deel van het tracé lag op NAP -9 m. De dwarsprofielen op KP 10,5 (afbeelding 3.16) tonen echter aan dat 600 m ten westen van het tracé de maximale historische diepte van de geul meer dan 11 m is. Het is niet uitgesloten dat deze diepte in de toekomst ook ter plaatse van het tracé voorkomt.

Afbeelding 3.17 Dwarsprofiel op KP 10,4 van tracéalternatief Vierverlaten West

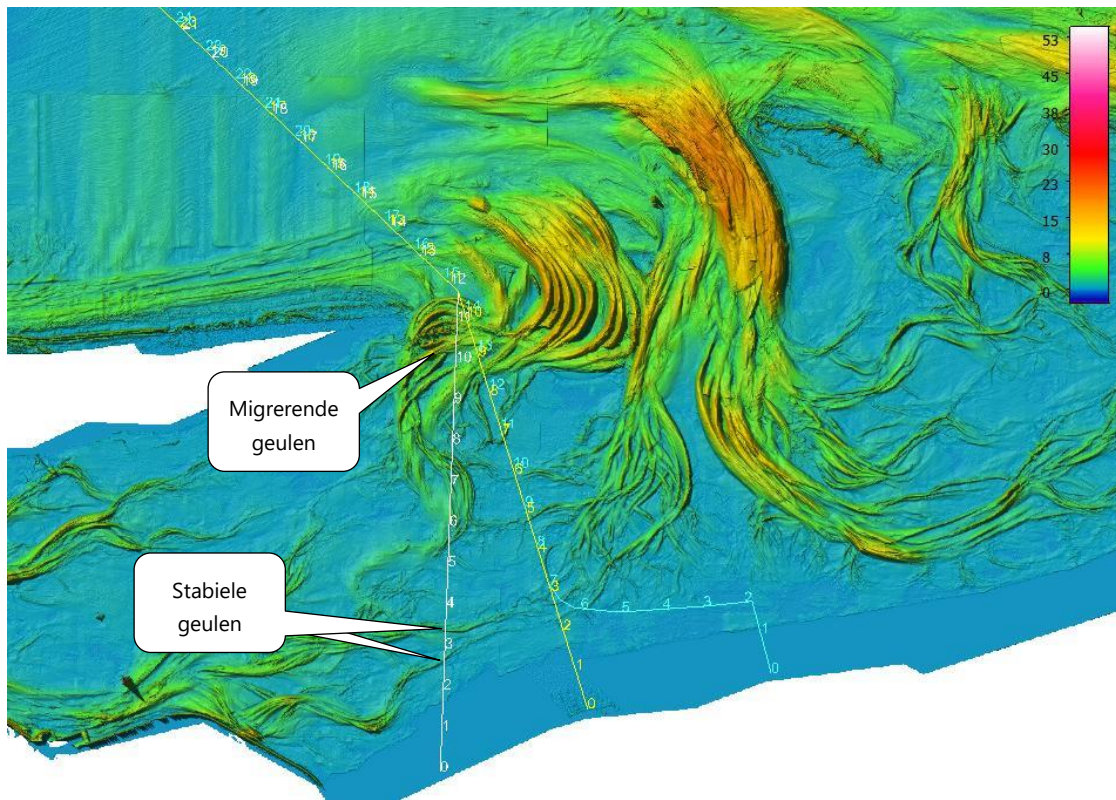


- de diepste geul wordt gekruist ter hoogte van KP 11,3, net ten zuiden van de zandige oostpunt van Schiermonnikoog, de bodem van deze geul ligt op NAP -6,5 m;
- in 1979 lag er een geul tussen de Noordzee en de Waddenzee op de locatie waar nu de zandige oostpunt van Schiermonnikoog ligt (zie rechterpaneel afbeelding 3.17). Het kan niet uitgesloten worden dat een dergelijke geul in de toekomst opnieuw ontstaat, daarom is bij het vaststellen van het morfologisch ontwerpprofiel rekening gehouden met het scenario dat er een nieuwe doorbraak ontstaat door de zandige oostpunt van Schiermonnikoog;
- ten noorden van Schiermonnikoog tussen KP 13,0 en 14,5 doorkruist het tracé brekerbanken (zie Bijlage II, afbeelding II.1). Deze banken bewegen zich tussen het strand en 1-2 km uit de kust.

Afbeelding 3.18 Bovenste paneel: ondiepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017; Onderste paneel: diepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017. Tracéalternatieven Vierverlaten West (wit), Vierverlaten Midden (geel) en Eemshaven West (licht blauw) zijn ingetekend



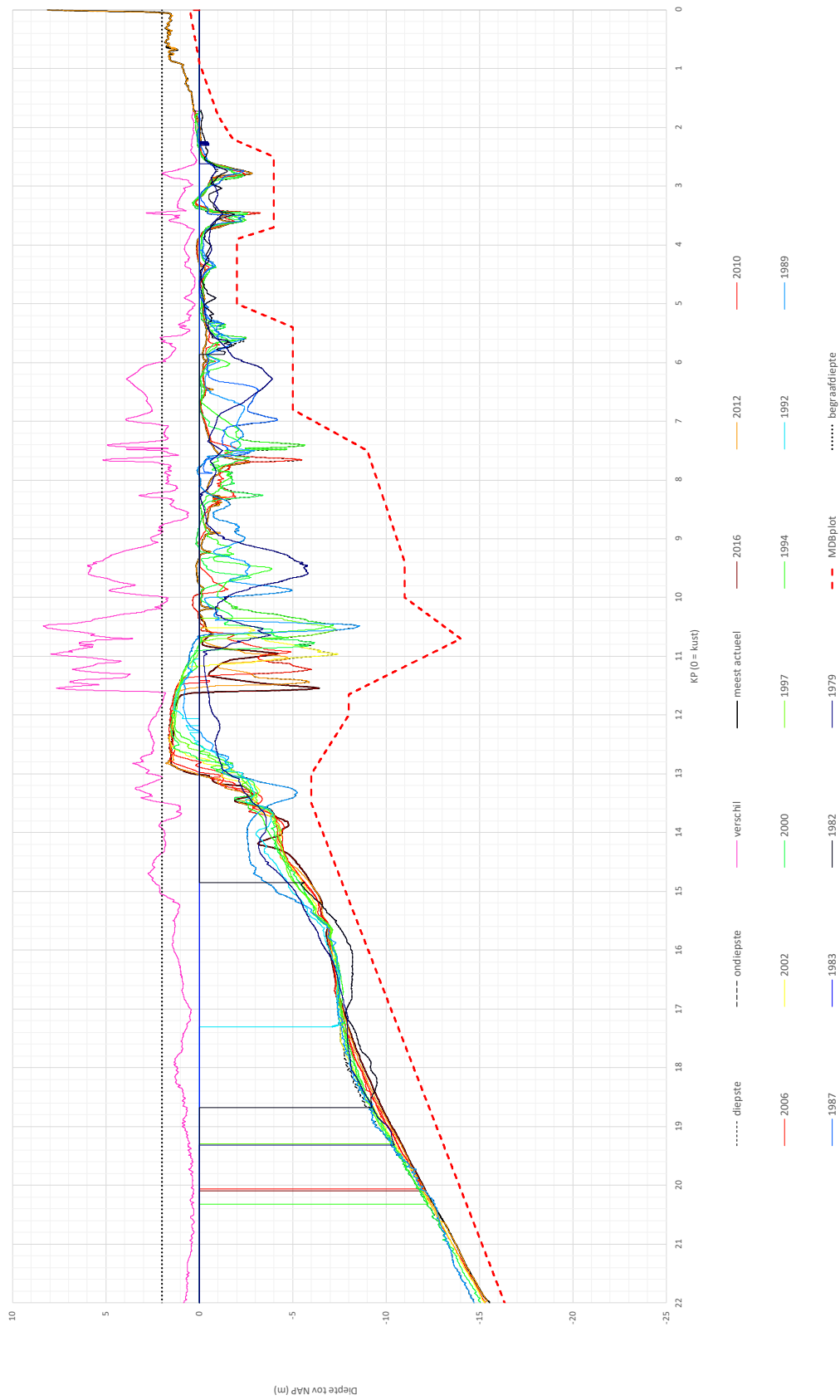
Afbeelding 3.19 Verschil tussen de diepste en ondiepste gepeilde bodemhoogte in dit gebied in de periode tussen 1979 en 2017



Morfologisch ontwerp profiel (MDB)

Afbeelding 3.20 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Vierverlaten West. In Bijlage II, afbeelding II.1 worden de profielen op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.20 Langsprofiel van tracéalternatief Vierverlaten West. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is



3.5 Vierverlaten Midden

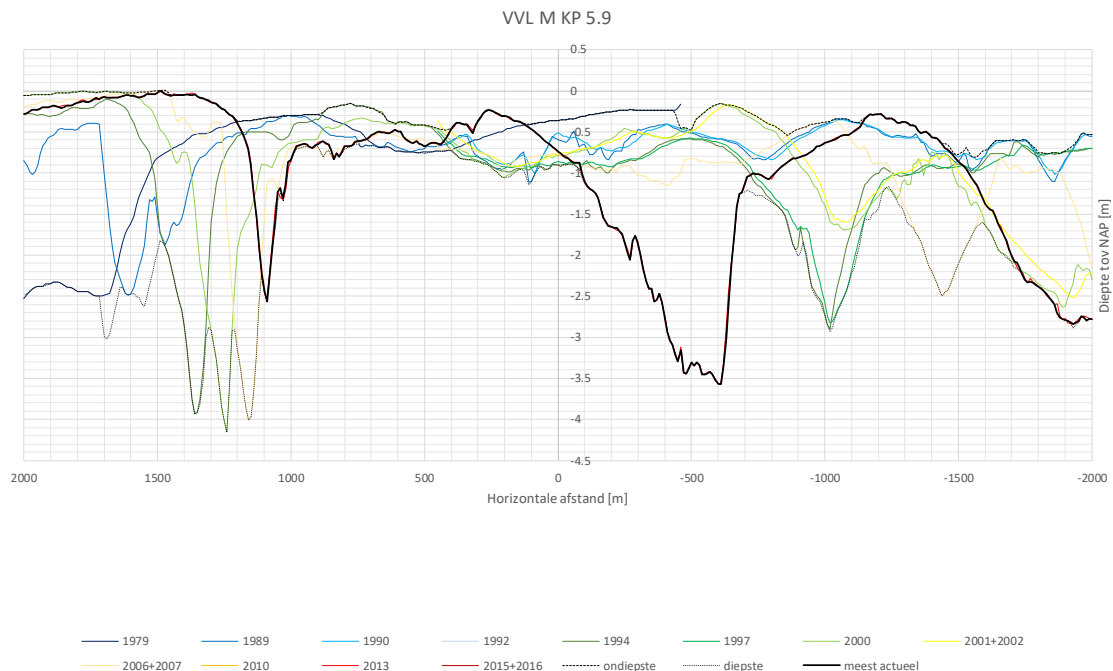
Algemene beschrijving

Tracéalternatief Vierverlaten Midden loopt voor een deel samen met Vierverlaten West en daarom wordt hier verwezen naar Afbeelding 3.15 (in paragraaf 3.4). Deze afbeelding toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Vierverlaten Midden (geel), dit tracéalternatief loopt vanaf het vasteland, deels over het wad, naar de zandige oostpunt van Schiermonnikoog waarbij een aantal getijde geulen worden gekruist. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende aspecten langs het tracéalternatief aangegeven. Afbeelding 2.1 toont waar het tracéalternatief Vierverlaten Midden overeenkomt met Vierverlaten West.

Waarnemingen

- de eerste kilometers langs het tracé, tot KP 2,0, loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch;
- tussen KP 2,0 en KP 5,0 kruist het tracé een aantal wadplaten die worden doorsneden door diepere en ondiepere getijdegeulen. De diepste geul heeft ter hoogte van KP 4,9 in het verleden een bodemniveau gehad van NAP -3,0 m, dit is de diepste ligging van de geul gemeten tussen 1979 en 2017. De huidige diepte van de geul is circa 1 m (zie afbeelding II.2);
- een aantal ondiepere geulen worden gekruist tussen KP 5,0 en KP 8,0. Langs het tracé is de maximale diepte van deze geulen NAP -2 m. Op basis van de historische dwarsprofielen (afbeelding 3.20) blijkt dat deze geulen 500 m ten oosten van het tracé een bodemhoogte van NAP -3,5 m gehad hebben. Het kan niet worden uitgesloten dat eenzelfde diepte ter plaatse van het tracé optreedt, daarom is hier bij het vaststellen van het morfologische ontwerp profiel rekening mee gehouden.

Afbeelding 3.21 Dwarsprofiel op KP 5,9 van tracéalternatief Vierverlaten Midden

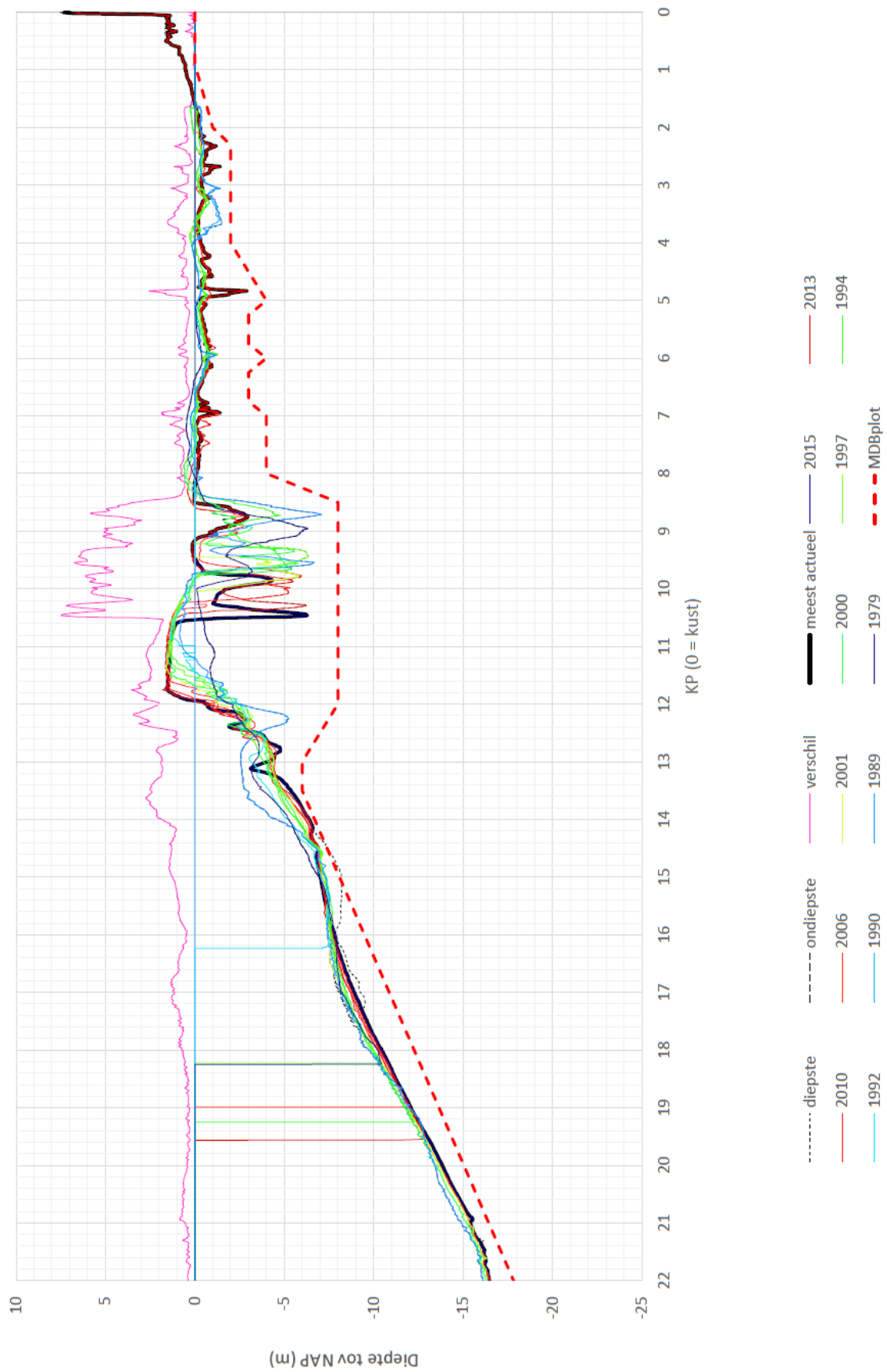


- net als het tracé Vierverlaten West kruist dit tracé de geul net ten zuiden van de zandige punt van Schiermonnikoog, zie sectie 3.4 voor een beschrijving van de morfologie van dit gebied;
- het tracé Vierverlaten Midden is vanaf KP 10,5 gelijk aan het tracé Vierverlaten West. Voor de beschrijving van de morfologie langs de rest van het tracé wordt daarom verwezen naar paragraaf 3.4.

Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.21 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Vierverlaten Midden. In Bijlage II, afbeelding II.2 worden de profielen op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.22 Langsprofiel van tracéalternatief Vierverlaten Midden. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

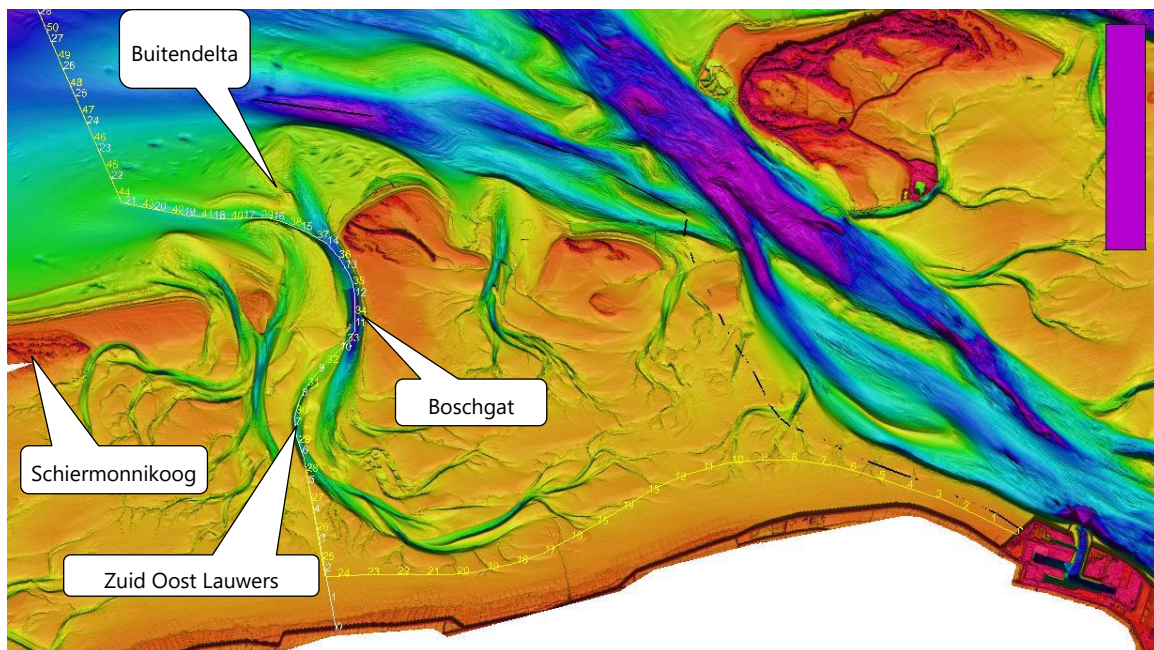


3.6 Vierverlaten Oost

Algemene beschrijving

Afbeelding 3.22 toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Vierverlaten Oost (wit tracé). Dit tracéalternatief loopt vanaf het vasteland van Groningen eerst over morfologisch stabiele wadplaten, daarna volgt het de Zuid Oost Lauwers. Deze geul gaat over in een diepere geul, het Boschgat die langs de westrand van Rottumerplaat loopt). Daarna volgt het tracé de geul Lauwers door de buitendelta, waarna het tracé naar het Noorden afbuigt richting het platform op zee. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende aspecten langs het tracéalternatief aangegeven.

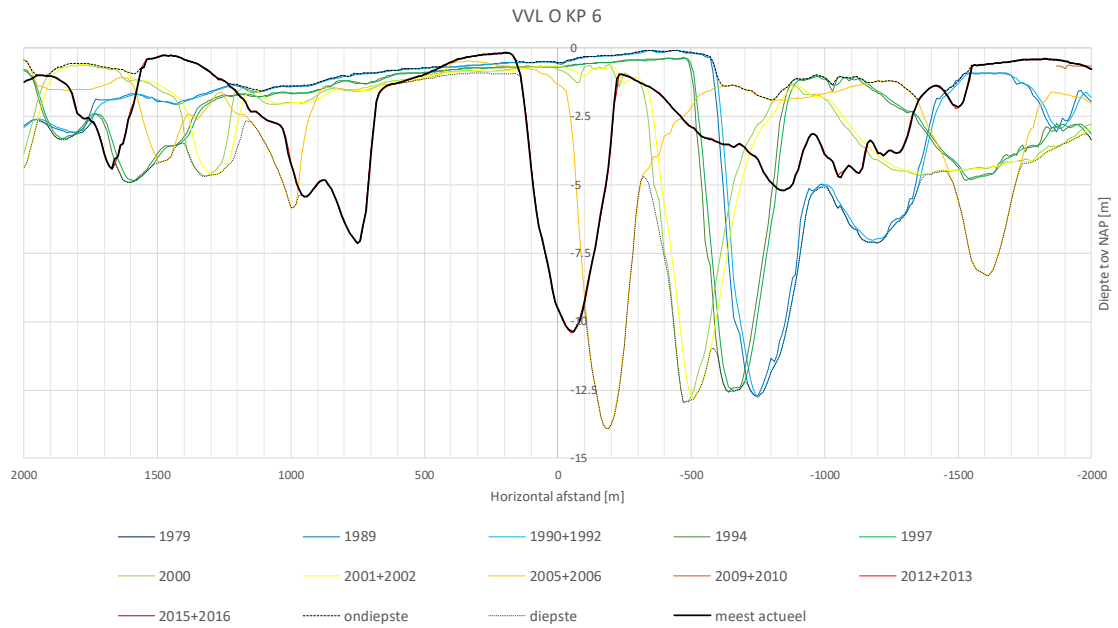
Afbeelding 3.23 Bodemhoogtekaart Waddenzee tracéalternatief Vierverlaten Oost (Wit) en Eemshaven Midden (geel). Data op basis van meest recent beschikbare vaklodingen



Waarnemingen

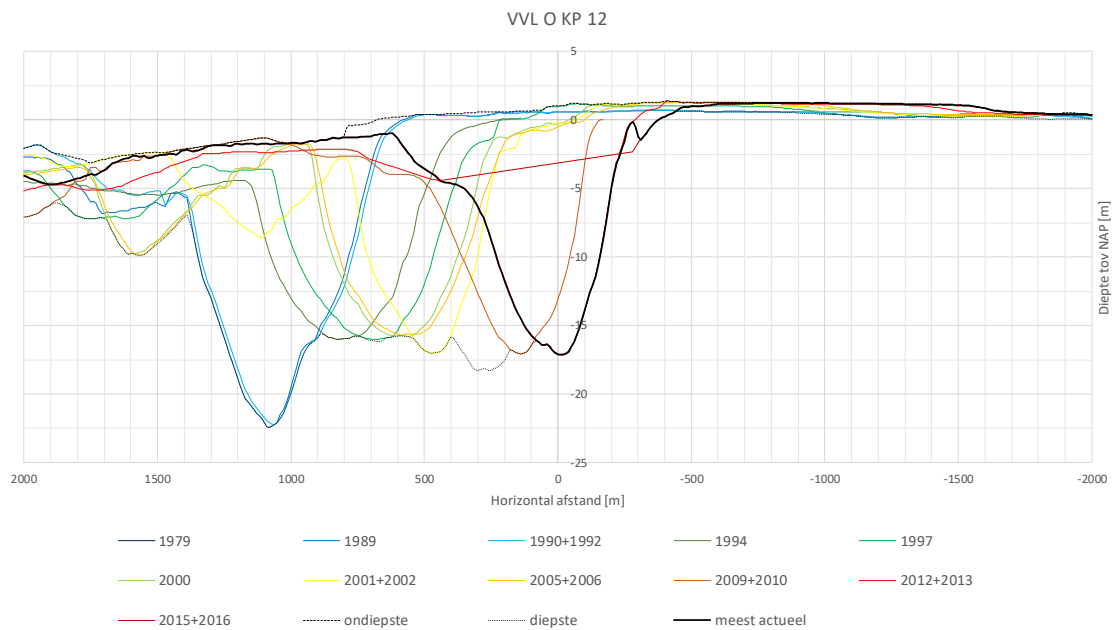
- de eerste kilometers (tot KP 5,5), loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch;
- tussen KP 5,5 en KP 8,5 volgt het tracé de geul de Zuid Oost Lauwers, die zowel in diepte als in locatie varieert. De huidige locatie van de geul is de meest oostelijk gemeten locatie, met een diepte van NAP - 10 m. In de periode 2009-2010 lag de geul 200 m oostelijker met een diepte van NAP -14 m. Het kan niet worden uitgesloten dat eenzelfde diepte ter plaatse van het tracé optreedt, daarom is hier bij het vaststellen van het morfologische ontwerp profiel rekening mee gehouden. Afbeelding 3.23 presenteert een dwarsprofiel op KP 6,0 die de lokale diepte en de ligging van de geul toont.

Afbeelding 3.24 Dwarsprofiel op KP 6 van tracéalternatief Vierverlaten Oost



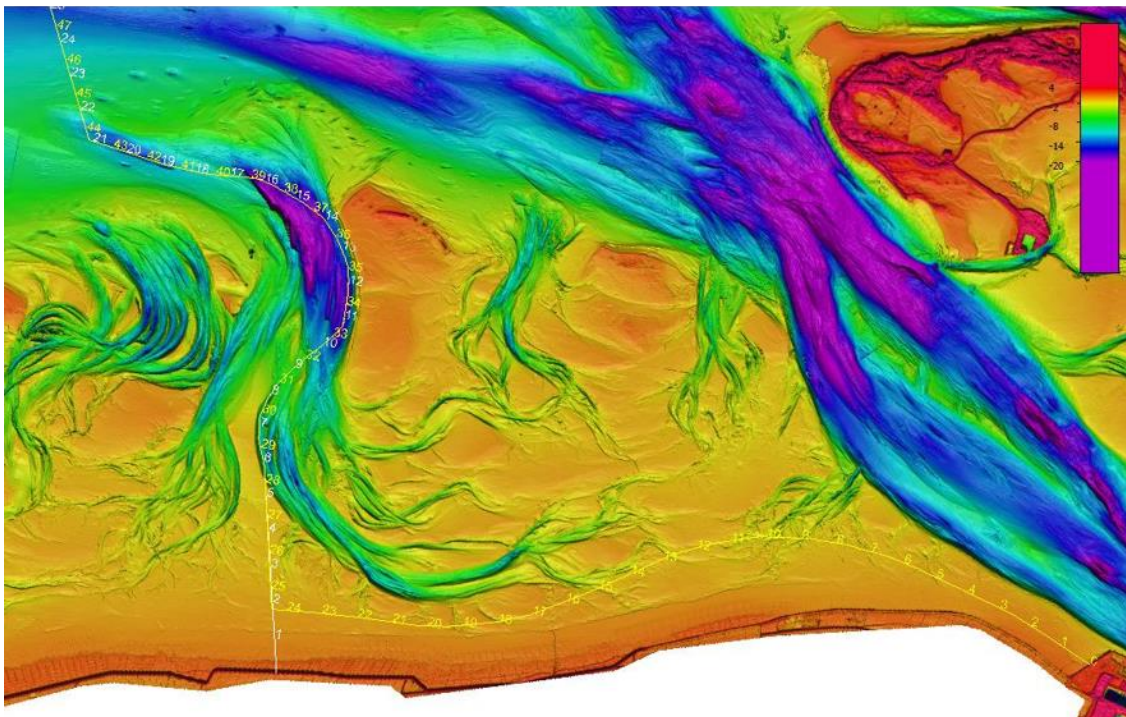
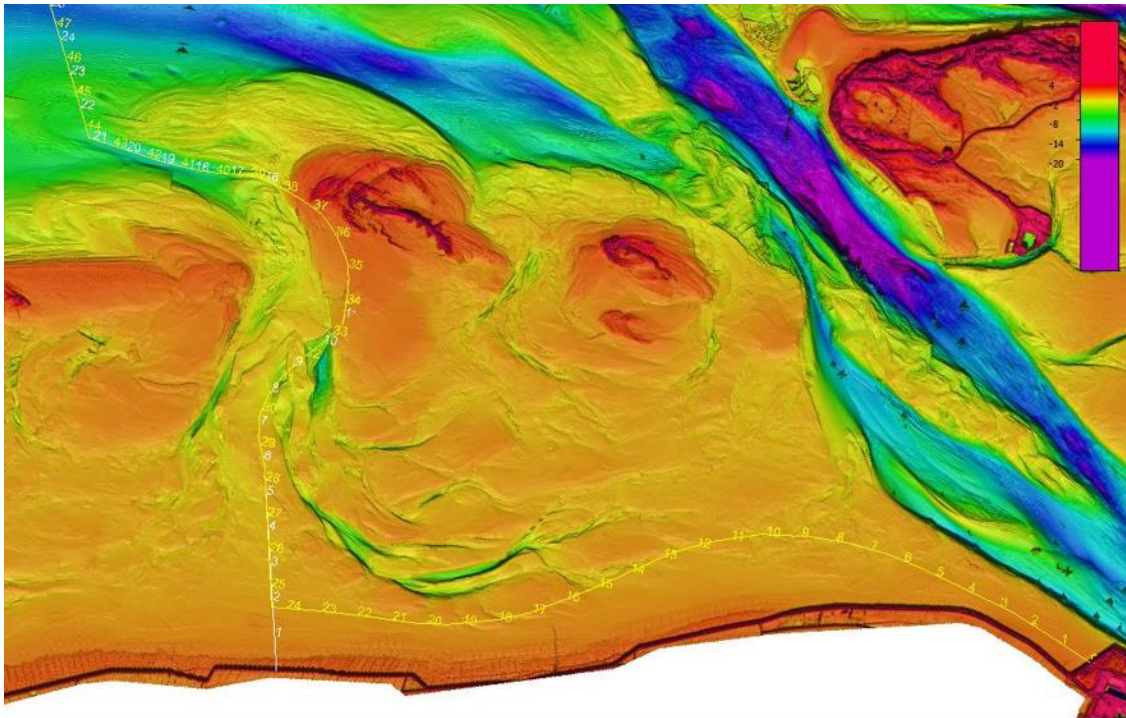
- de overgang van de Zuid Oost Lauwers naar het Boschgat tussen KP 8,5 en KP 10,5 is circa 5 m ondieper dan de Zuid Oost Lauwers;
- het tracé volgt tussen KP 10,5 en KP 14,5 het diepte deel van het Boschgat. Het Boschgat is een geul die tussen 1979 en 2017 langzaam richting het oosten is gemigreerd. De oostelijke migratie van de geul is te zien in afbeelding 3.24. De geul heeft zich in een periode van 40 jaar ongeveer 1 km richting het oosten bewogen, dit komt neer op een migratie snelheid van circa 25 m/jaar.

Afbeelding 3.25 Dwarsprofiel op KP 12 van tracéalternatief Vierverlaten Oost

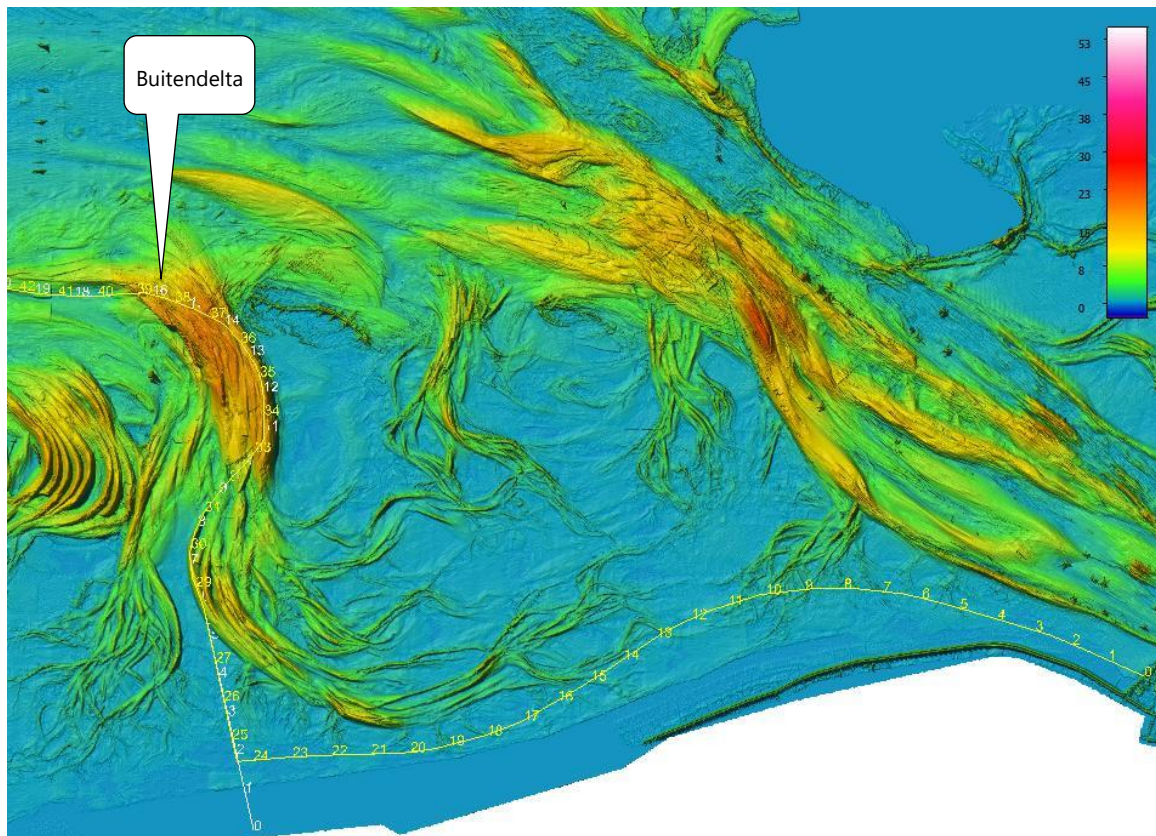


- tussen KP 14,5 en KP 21,0 volgt het tracé de geul door de buiten delta, door de Lauwers. Deze delta's tonen cyclisch gedrag [ref 4] en deze geul zal kan zich daarom tijdens de levensduur van de kabel zowel naar het oosten als het westen bewegen. Dit blijkt ook uit het verschil tussen de gepeilde diepste en ondiepste bodemhoogte in dit gebied (zie afbeelding 3.25);
- vanaf KP 21,0 volgt dit tracé de kortste route richting het platform op zee.

Afbeelding 3.26 Bovenste paneel: ondiepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017; Onderste paneel: diepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017. Tracéalternatieven Vierverlaten Oost (wit) en Eemshaven Midden (geel) zijn ingetekend



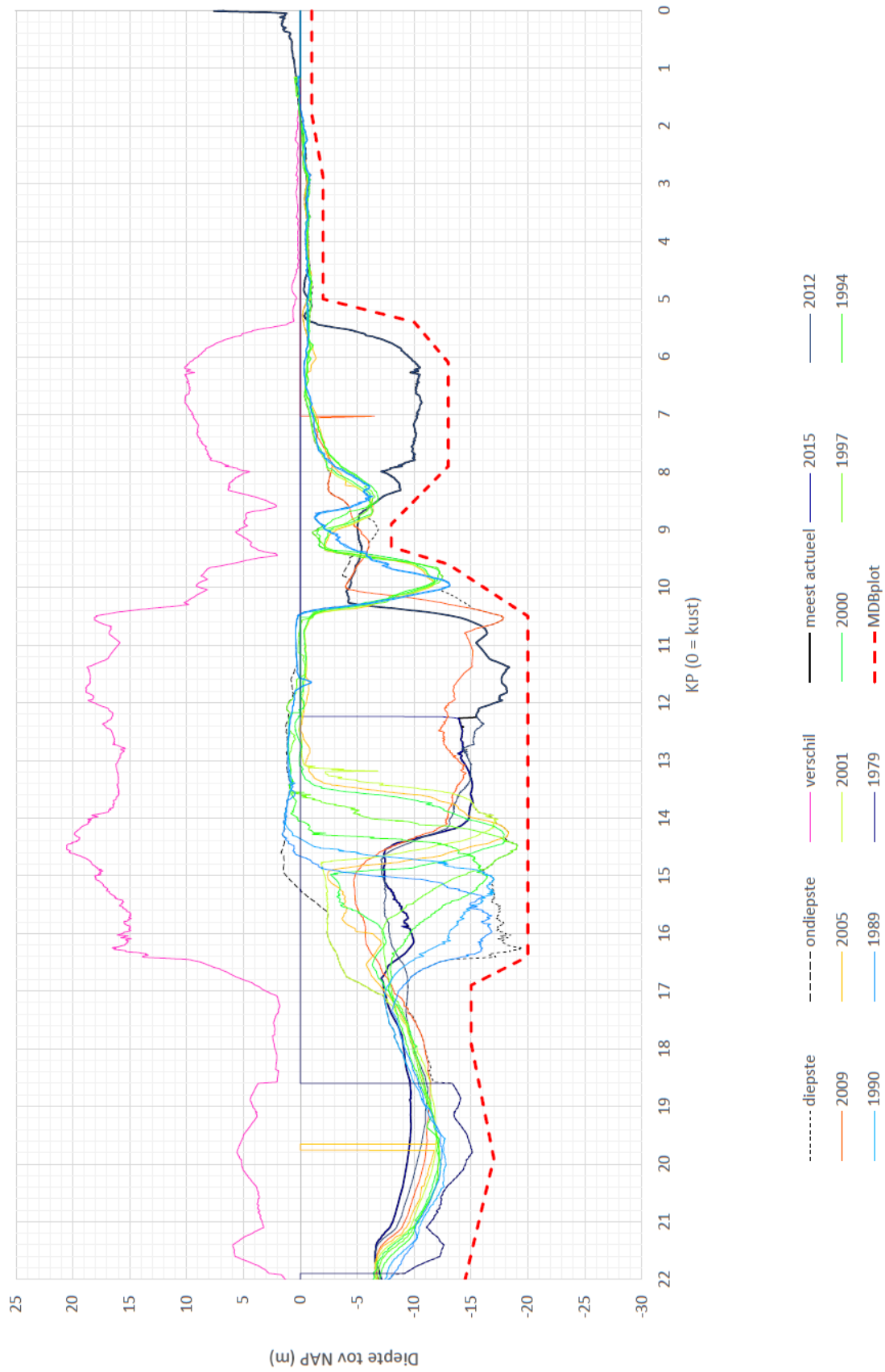
Afbeelding 3.27 Verschil tussen de diepste en ondiepste gepeilde bodemhoogte in dit gebied in de periode tussen 1979 en 2017



Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.27 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Vierverlaten Oost. In Bijlage II, afbeelding II.3 worden de profielen op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.28 Langsprofiel van tracéalternatief Vierverlaten Oost. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is



3.7 Eemshaven West

Algemene beschrijving

Tracéalternatief Eemshaven West loopt voor een deel samen met eerst Vierverlaten Midden en verder ook met Vierverlaten West en daarom wordt hier verwezen naar Afbeelding 3.16 (paragraaf 3.4). Die afbeelding toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Eemshaven West (blauw), dit tracéalternatief loopt vanaf het vasteland, deels over het wad, naar het zandige oostpunt van Schiermonnikoog waarbij een aantal getijde geulen worden gekruist. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende aspecten langs het tracéalternatief aangegeven. Afbeelding 2.1 toont waar Eemshaven West overeenkomt met Vierverlaten West en Vierverlaten Midden.

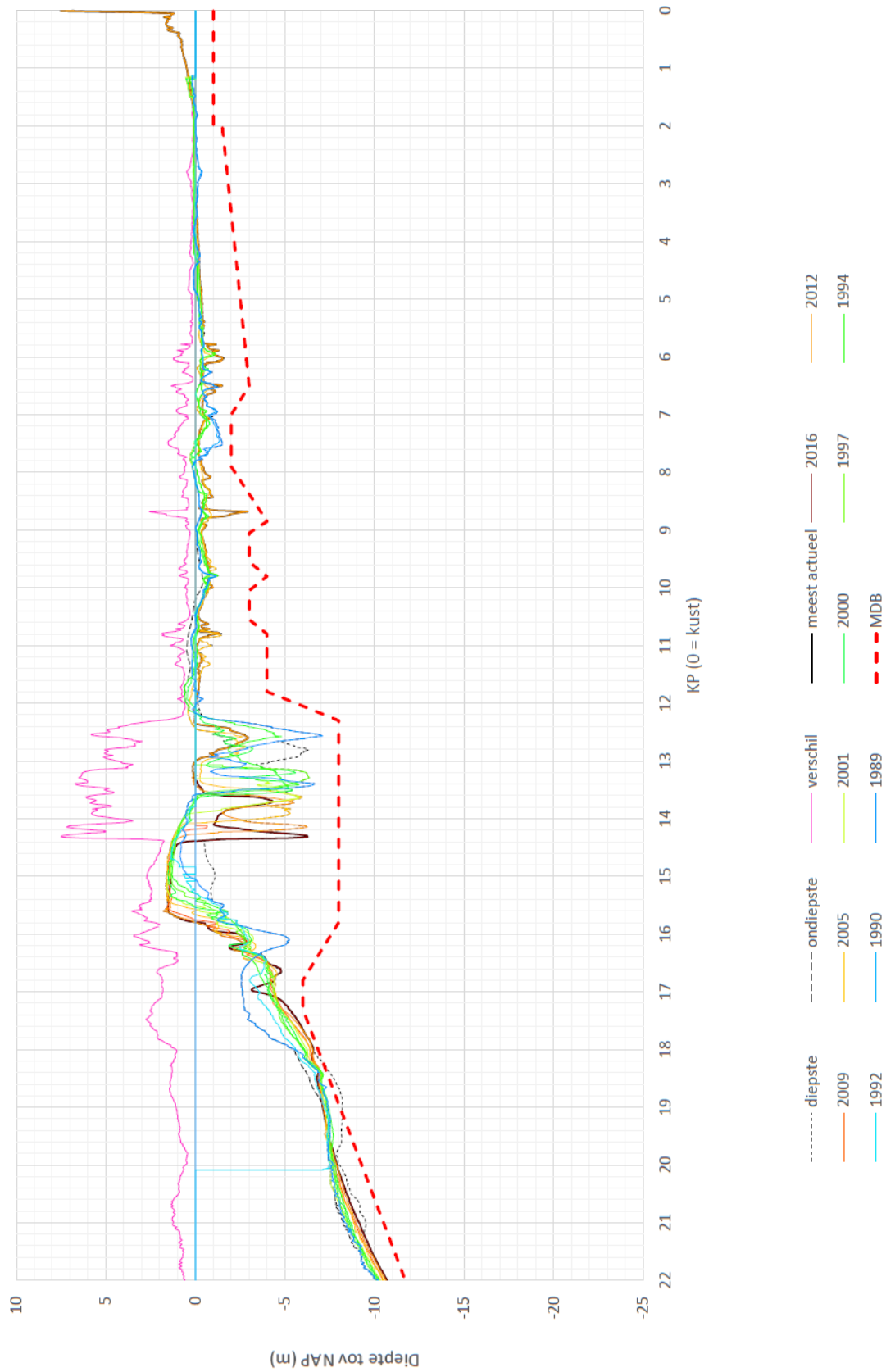
Waarnemingen

- tot KP 7,0 loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch;
- vanaf KP 7,0 overlapt tracé Eemshaven West met tracé Vierverlaten Midden. Voor een verdere beschrijving van dit tracé wordt verwezen naar paragraaf 3.4.

Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.28 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Eemshaven West. In Bijlage III afbeelding III.1 worden de profielen op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.29 Langsprofiel van tracéalternatief Eemshaven West. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is



3.8 Eemshaven Midden

Algemene beschrijving

Tracéalternatief Eemshaven Midden loopt voor een deel samen met Vierverlaten Oost en daarom wordt hier verwezen naar Afbeelding 3.22 (paragraaf 3.6). Deze afbeelding toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Eemshaven Midden (geel). Dit tracéalternatief loopt vanaf de Eemshaven ten noorden van Groningen over het wad en loopt vervolgens net als tracé Vierverlaten Oost naar de Zuid Oost Lauwers en het Boschgat waarnaar het tracé via de geul de Lauwers door de getijde delta naar het Noorden afbuigt richting het platform op zee. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende aspecten langs het tracéalternatief aangegeven. Afbeelding 2.1 toont waar Eemshaven Midden overeenkomt met Vierverlaten Oost.

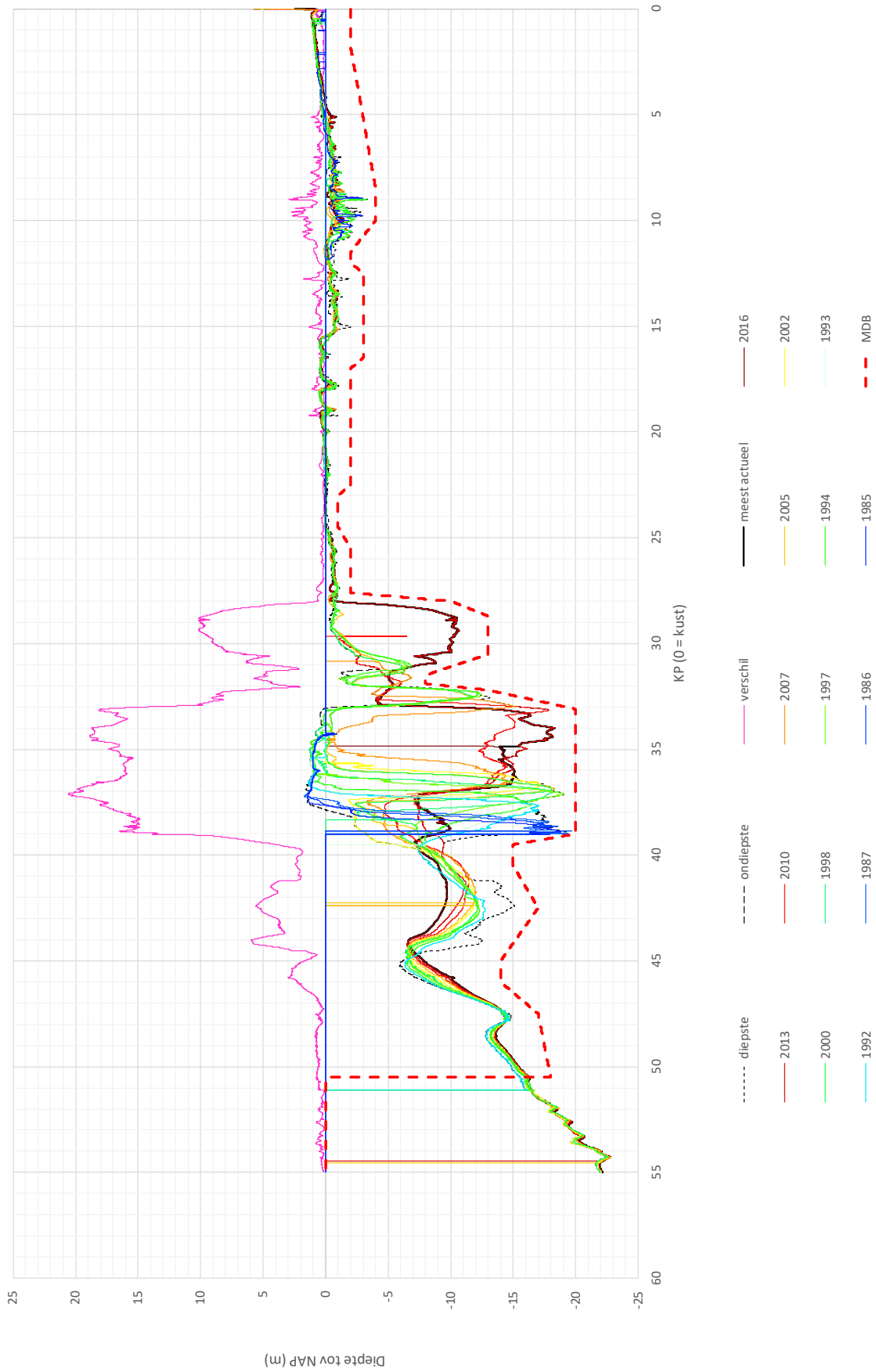
Waarnemingen

- tot KP 5,0 en tussen KP 16,0 en KP 24,5, loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch;
- tussen KP 5,0 en KP 16,0 kruist het tracé meerdere geulen en uitlopers hiervan. Zowel de diepte als de locatie van de geulen is veranderlijk, zoals is te zien in het verschil tussen de gepeilde diepte en ondiepste bodemhoogte in dit gebied (afbeelding 3.32). De laagste historische bodemligging van een geul langs dit deel van het tracé is op NAP -2,0 m;
- vanaf KP 24,5 volgt dit tracé dezelfde route als tracé Vierverlaten Oost. Voor een beschrijving van dit deel van het tracé wordt verwezen naar paragraaf 3.6.

Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.29 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Eemshaven Midden. In Bijlage III afbeelding III.2 worden de profielen op A3 formaat getoond.

Afbeelding 3.30 Langsprofiel van tracéalternatief Eemshaven Midden. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

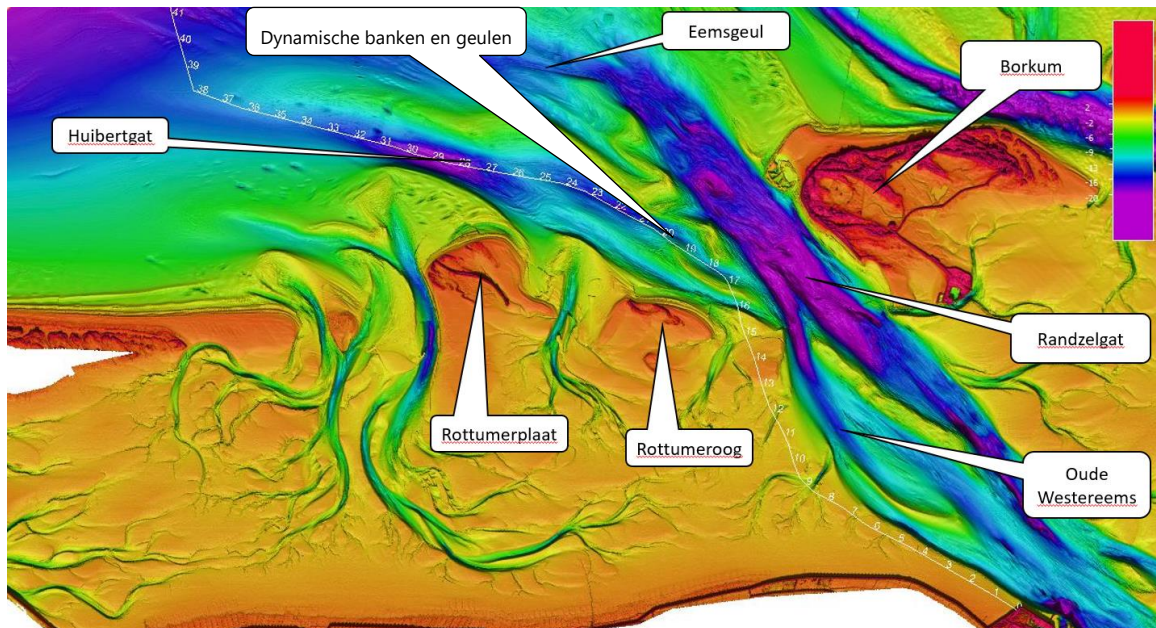


3.9 Eemshaven Oost

Algemene beschrijving

Afbeelding 3.30 toont de bodemhoogte kaart met daarop tracéalternatief Eemshaven Oost, dit tracéalternatief loopt over de wadplaten ten westen van de Oude Westereems en buigt vervolgens naar het westen het Huibertgat in. Met tekstballonnen zijn in de afbeelding een aantal kenmerkende gebieden aangegeven.

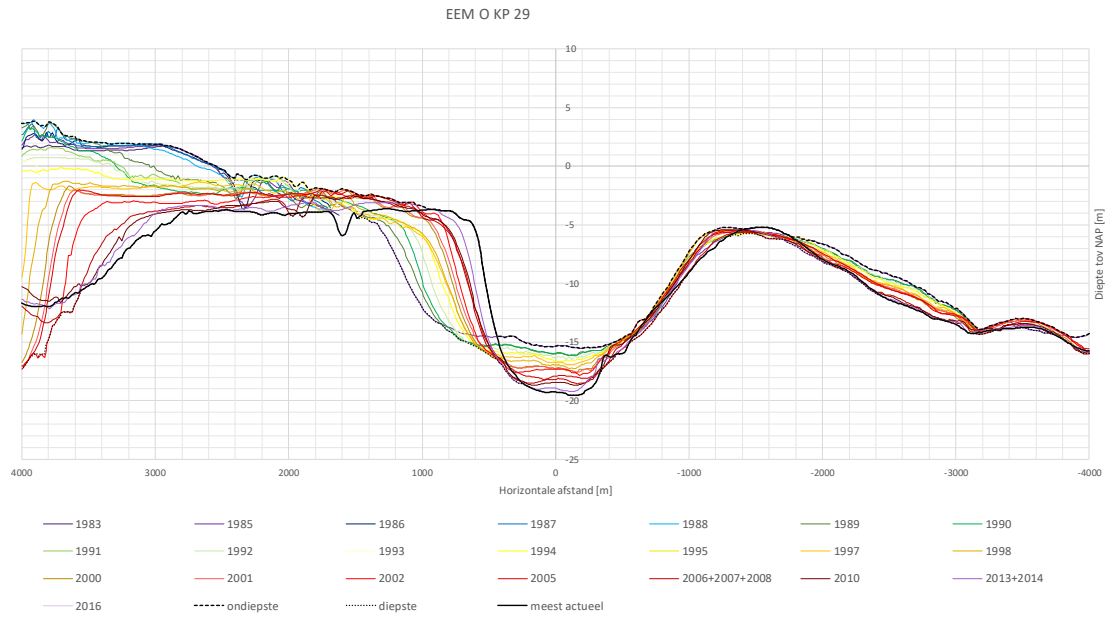
Afbeelding 3.31 Bodemhoogtekaart Waddenzee tracéalternatief Eemshaven Oost. Data op basis van meest recent beschikbare vaklodingen



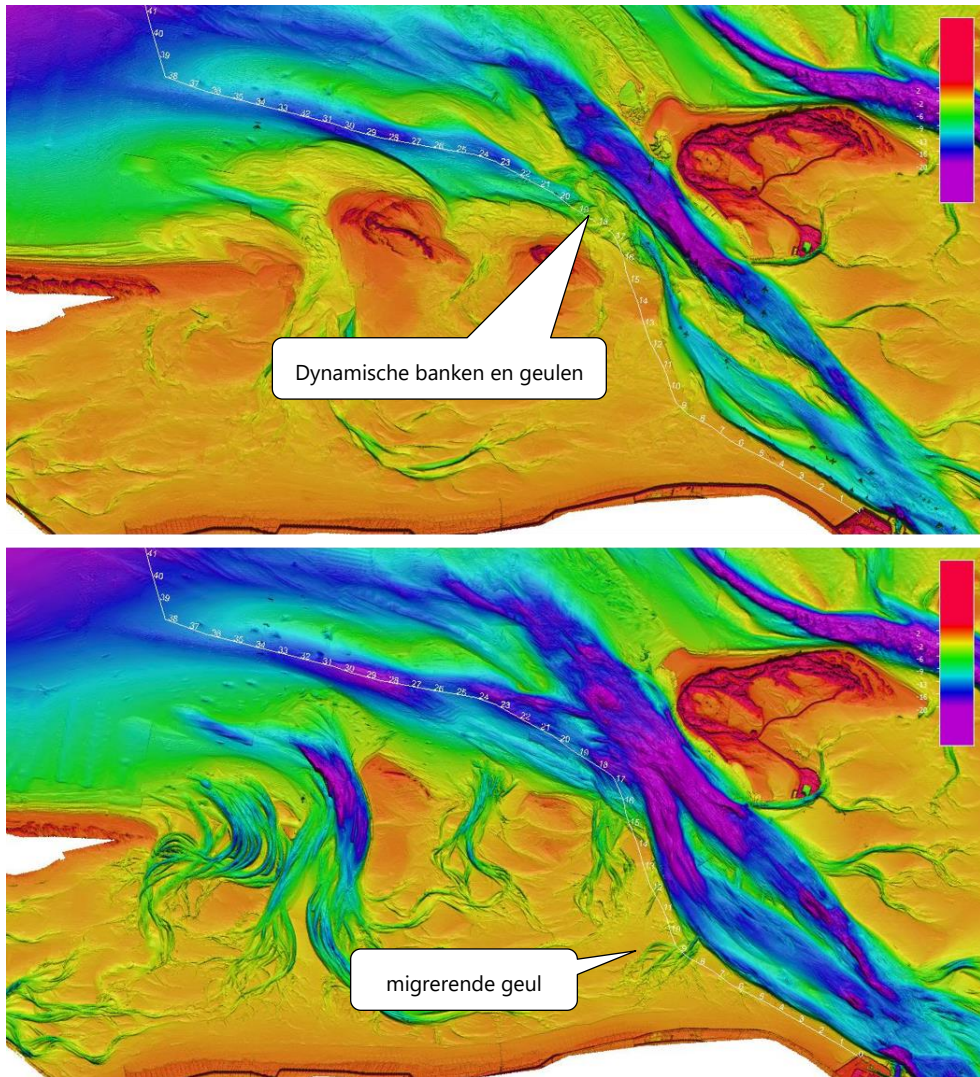
Waarnemingen

- tussen KP 0 (aanlanding Eemshaven) en KP 8,0 en tussen KP 9,5 en KP 14,5 loopt het tracé over wadplaten die bij laagwater droogvallen. In dit gebied is de bodemhoogte ruimtelijk homogeen en beperkt dynamisch. In afbeelding III.3 wordt het langsprofiel getoond;
- tussen KP 8,0 en KP 9,5 kruist het tracé een geul van circa NAP -4 m diep. Deze geul is over de afgelopen jaar sterk in diepte veranderd, in 2013 was het meer dan NAP -9 m diep. Ook de locatie van de geul is niet stabiel, het diepste deel van de geul heeft tussen 1979 en 2017 gelegen tussen KP 8,5 en KP 9,5 (zie onderste paneel afbeelding 3.32);
- tussen KP 14,5 en KP 22,0 loopt het tracé door een sterk veranderend banken systeem, dit gebied is aangegeven met een tekstballon in onderste paneel afbeelding 3.32;
- in afbeelding III.3 worden de langsprofielen de bodemligging langs het tracé tussen 1983 en 2017 gepresenteerd;
- tussen KP 22,0 en KP 34,0 loopt het tracé door het Huibertgat. In een separate studie [ref 5] is een analyse van de grootschalige morfologische ontwikkelingen van de Eemsmonding uitgevoerd. Daaruit is geconcludeerd dat er een kans is dat het Huibertgat op enig moment tijdens de levensduur van de kabels onderdeel van de dominante geul voor de waterbeweging door de Eemsmonding wordt;
- het tracé volgt tussen KP 22,0 en KP 38,0 het diepste deel van het Huibertgat (afbeelding 3.31 toont het dwarsprofiel op KP 29,0). Ter hoogte van KP 29,0 de locatie van het diepste deel van de geul, is de diepte redelijk stabiel sinds 1983. De diepte van de geul is sinds 1983 toegenomen met bijna 5 m;
- vanaf KP 38,0 loopt het tracé via de kortste weg richting het platform op zee.

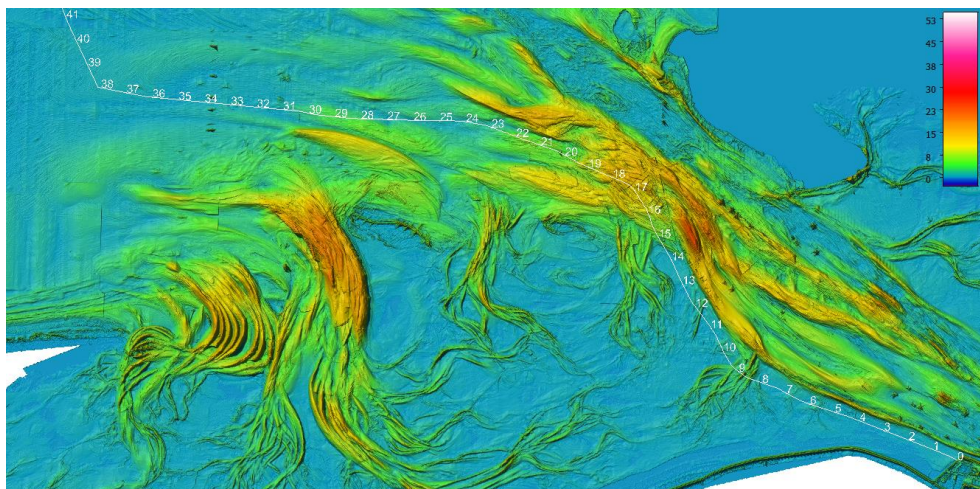
Afbeelding 3.32 Dwarsprofiel op KP 29.0 van tracéalternatief Eemshaven Oost



Afbeelding 3.33 Bovenste paneel: ondiepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017; Onderste paneel: diepste bodemligging in de periode tussen 1979 en 2017



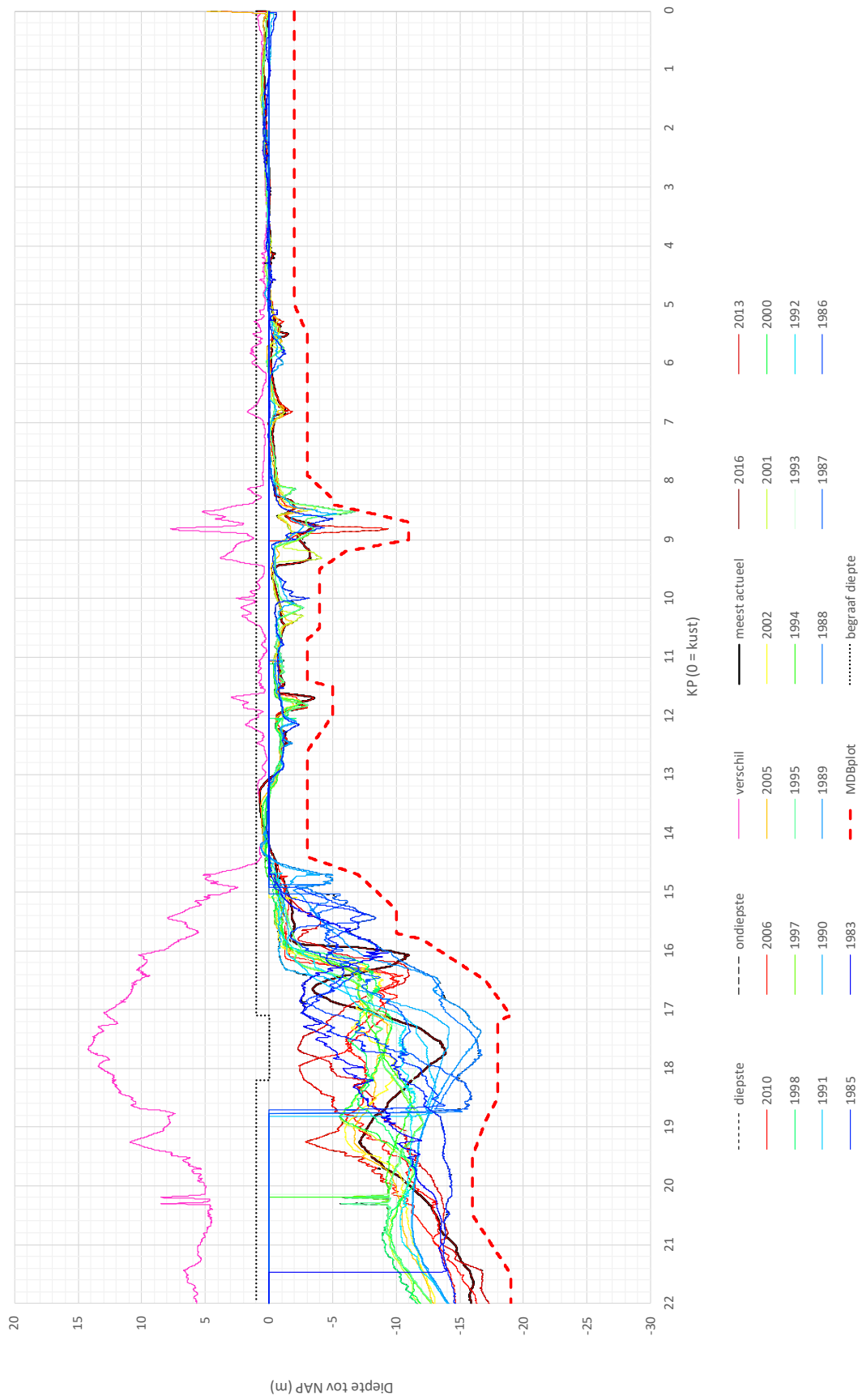
Afbeelding 3.34 Verschil tussen de diepste en ondiepste gepelde bodemhoogte in dit gebied in de periode tussen 1979 en 2017



Morfologisch ontwerpprofiel (MDB)

Afbeelding 3.33 toont de historische langsprofielen samen met het morfologische ontwerpprofiel voor tracéalternatief Eemshaven Oost. In zie afbeelding III.3 worden de profielen op groot formaat getoond.

Afbeelding 3.35 Langsprofiel van tracéalternatief Eemshaven Oost. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is



4

RISICO GESTUURDE BEGRAAFDIEPTE

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de begraafdiepte voor de negen tracéalternatieven bepaald op basis van de risico gestuurde begraafdiepte methode. Dat betekent dat de begraafdiepte wordt bepaald ten opzichte van het eerder bepaalde morfologische ontwerpprofiel (zie hoofdstuk 3). Met andere woorden, er wordt een begraafdiepte bepaald waarvoor geldt dat de faalkans van de kabel als gevolg van externe bedreigingen zodanig klein is dat het risico acceptabel is voor TenneT en het Bevoegd Gezag, indien ergens op een moment tijdens de ontwerp levensduur van de kabelverbinding, de zeebodem verdiept tot het morfologische ontwerpprofiel.

Deze risico gestuurde begraafanalyse is uitgevoerd als onderdeel van de fase waarin de tracéalternatieven met elkaar worden vergeleken en gaat daarbij dus primair om (1) de relatieve verschillen tussen de tracéalternatieven en (2) het vertalen van de resultaten naar kosten als gevolg van de te bereiken begraafdiepte.

4.2 Aanpak

In deze fase van het project worden tracéalternatieven met elkaar vergeleken om te komen tot een voorkeursalternatief (VKA). Voor het bepalen van de begraafdiepte wordt in deze fase gebruik gemaakt van een risico gestuurde begraafdiepte methode die specifiek gericht is op het vergelijken van tracéalternatieven. Deze zogenaamde RBBB-lite betekend een enigszins vereenvoudigde versie van een 'normale' RBBB, die tot nu toe voor de andere export kabels van de Net op Zee projecten is uitgevoerd. De invoer die gebruikt wordt voor de RBBB-lite is AIS data, dit is gelijk aan de invoer die gebruikt wordt voor een normale RBBB. De wijze waarop de risico's worden gekwantificeerd verschilt, in de RBBB-lite is de risico analyse gericht op het identificeren van onderscheidende aspecten voor de tracéalternatieven en worden risico's minder gedetailleerd en kwantitatief beschouwd. De activiteit bepaalt de zogenaamde 'signaaldiepte' langs het tracé: als tijdens een toekomstige peiling wordt vastgesteld dat de begraafdiepte van de kabel kleiner is dan de 'signaaldiepte', moet een herstelpun worden gemaakt. Of dat herstelpun feitelijk wordt uitgevoerd hangt af van de specifieke omstandigheden en het overleg met het Bevoegd Gezag. Voor TenneT betekent het dat er in potentie een herstelmaatregel kan volgen.

De generieke aanpak van de risico gestuurde begraafdiepte bepaling volgens de RBBB methode wordt als volgt uiteengezet.

Het externe risico voor een stroomkabel hangt voornamelijk samen met de positie van de kabel ten opzichte van de zeebodem: hoe dieper de kabel onder de zeebodem ligt hoe kleiner het risico. De op risico gebaseerde begraafdiepte (RBBB) is gericht op het vinden van de balans tussen:

- verkleinen van de faalkans van de kabel ten gevolge van externe bedreigingen, waarbij deze faalkans afneemt met het dieper begraven;
- veiligheid voor andere gebruikers van de zee, waarbij de veiligheid toeneemt met dieper begraven;
- milieu-impact en kosten, die ook toenemen met een dieper begraven.

De RBBD methode streeft naar het optimaliseren van de begraafdiepte door te erkennen dat de omstandigheden, en daarmee ook de vereiste begraafdiepte, variëren langs de kabel:

- waar de zeebodem (relatief) stabiel geldt dat diep ingraven vaak niet nodig is;
- waar de zeebodem (zeer) dynamisch is, kan zelfs diep ingraven niet in alle gevallen voorkomen dat de kabel tijdens de levensduur herbegraven moet worden.

Het risico hangt uiteraard af van de verschillende bedreigingen (of gevaren) langs het tracé van de exportkabel, en als zodanig is het de combinatie van bedreigingen die de begraafdiepte, en de bijbehorende gevolgen die het risico bepalen. De RBBD-benadering maakt het aanvaardbare risico leidend bij het bepalen van de begraafdiepte:

- groot risico: dieper begraven om het risico te verkleinen;
- laag risico: minder begraven of zelfs niet begraven kan acceptabel zijn.

De risico gestuurde begraafdiepte-benadering betekent dat waar nodig bescherming wordt toegepast. Als zodanig is het tot op zekere hoogte vergelijkbaar met het concept 'zwakke schakels' als basis voor de bescherming van de Nederlandse kust: bescherm waar nodig op basis van risicobeoordeling.

Alvorens nader op de methode in te gaan, helpt het volgende bij het in perspectief plaatsten van de RBBD-benadering:

- risico = kans * gevolg;
 - als de gevolgen groot zijn, moet de kans op een gebeurtenis klein zijn om een acceptabel risico te krijgen;
 - als de gevolgen klein zijn, mag de kans op een gebeurtenis groter zijn, terwijl het risico nog steeds acceptabel klein is;
- stroom, gas of olie;
 - de veiligheids- en milieugevolgen van een kabelstoring (uitval) zijn kleiner in vergelijking met een gaslekage, die weer kleiner zijn in vergelijking met olielekage; Daarmee geldt dat bij hetzelfde risico de faalkans van een kabel hoger kan zijn dan de faalkans van een olie- of gasleiding.

Voor de exportkabels zijn de belangrijkste risico's:

1. als te vaak of te lang verminderde transportcapaciteit of capaciteitsverlies optreedt. Verminderde capaciteit en capaciteitsverlies, evenals de reparatiewerkzaamheden hebben aanzienlijke financiële gevolgen, waarbij ook reputatieschade kan worden veroorzaakt;
2. letsel of dodelijke slachtoffers als gevolg van incidenten als gevolg van de aanwezigheid van de exportkabels op zee; de kans op dodelijke slachtoffers moet kleiner zijn dan een criterium vastgesteld door de autoriteiten, vaak in de orde van 10^{-6} per km per jaar.

Hoewel 'risico gestuurd denken' steeds meer geaccepteerd wordt, is het volgende bedoeld als toelichting op het verschil tussen risico gestuurd en deterministisch gestuurd bepalen van de begraafdiepte. Twee voorbeelden, eerst de deterministische benadering:

1. 'als een anker zich 3 meter diep in de zeebodem kan ingraven, moet de kabel minstens 3 meter worden ingegraven
2. 'als een vissersvaartuig kan kapseizen nadat het sleepnet achter een blootliggende kabel wordt gehaakt, mag dat nooit gebeuren....'

De risico gestuurde benadering voor deze voorbeelden is:

1. als de kans dat zo'n groot anker op die specifieke locatie zich zo diep ingraaft voldoende klein is, omdat de locatie bijvoorbeeld buiten een scheepvaartroute ligt, of het aantal grote schepen met grote ankers erg klein is, kunnen we het gevolg van het incident accepteren en als zodanig het risico;
2. als de kans op dodelijke slachtoffers door kapseizen als gevolg van haken extreem klein is, 'accepteren' we het gevolg en als zodanig het risico.

Met andere woorden:

- deterministisch ontwerp is alleen gebaseerd op gevolgen, niet op de kans op de gebeurtenis;
- risico gestuurd ontwerpen is gebaseerd op de kans en de gevolgen van de gebeurtenis.

4.3 Beschikbare data

4.3.1 Exportkabel

De gehele onderzochte tracéalternatieven staan in Afbeelding 1.1. De delen van de tracéalternatieven door de zeegaten en de Waddenzee staan in de respectievelijke paragrafen in Hoofdstuk 3.

De externe kabeldiameter is 0,25 - 0,30 m.

4.3.2 Scheepvaart data

De analyse maakt gebruik van de scheepsverkeerintensiteit en de verdeling van scheepsklassen en -typen op basis van Automatic Identification System (AIS) gegevens. Sinds 2005 zijn alle koopvaardij schepen van meer dan 300 GT uitgerust met AIS. Dit systeem verzendt informatie over het schip, haar reis en haar positie, snelheid en koers. Voor het Nederlandse deel van de Noordzee verzamelt de Kustwacht de gegevens. De dataset bevat alle schepen die een AIS-transponder aan boord hebben. In de dataset worden de laatste jaren ook schepen kleiner dan 300 GT waargenomen. Sommige grotere (meest zeegaande) recreatievaartuigen hebben ook een zogenaamde klasse B-AIS aan boord. AIS wordt ook gebruikt door kleinere vissers- en binnenvaartschepen.

De AIS-gegevens worden verzonden door de VHF, een radiosignaal dat een 'zichtlijn' vereist. Dat betekent dat de dekking van AIS-gegevens door kuststations afneemt met de afstand tot de kust. Bij lange afstanden vanaf de kust kan gebruik worden gemaakt van ontvangers op platforms of van satellieten.

Op basis van de AIS-gegevens zijn de kruisingsfrequenties van relevante schepen over de tracéalternatieven bepaald. De frequenties van de verschillende bedreigingen volgens daarna uit het combineren van de kruisingsfrequenties en incident databases.

4.3.3 Bathymetrie (zeebodem topografie)

De bathymetrie (de zeebodem topografie) is belangrijk voor het bepalen van de strandingskansen en impliciet heeft het natuurlijk invloed op welke schepen waar kunnen varen. In het geval van de TNW tracéalternatieven is het duidelijk dat de waterdiepte een grote rol speelt bij de tracés in de Waddenzee, omdat de schepen alleen varen daar waar de kabels de geulen kruisen. De diepgang van de schepen die in de geulen in de Waddenzee kunnen varen is zeer beperkt en in de meeste gevallen geldt dit ook voor de grootte van de schepen. Daar waar de diepgang niet in die mate beperkend is, namelijk op de tracédelen ten noorden van de eilanden, zijn de tracéalternatieven zodanig vergelijkbaar (ze convergeren allemaal naar het platform) dat de verschillen met betrekking tot externe bedreigingen niet onderscheidend zijn.

4.4 Bedreigingen en risico's

De volgende bedreigingen zijn relevant voor de TNW tracéalternatieven:

- scheepvaart:
 - zinkende schepen, en zinkende schepen na een aanvaring:
 - dit betreft het zinken van een schip op één of beide kabels, en het zinken van een schip na een aanvaring met een ander schip;
 - vallende, krabbende en hakende ankers:
 - dit betreft de bedreiging door ankerende schepen in ankergebieden, die bijvoorbeeld tijdens een storm uit het ankergebied met krabbend anker verdagen. Het betreft ook schepen die in een noodgeval moeten ankeren buiten ankergebieden, en ook die gevallen waarbij geankerd wordt zonder op de zeekaart te kijken;

- gevallen lading:
 - dit betreft vooral containers die van schepen afvallen. Hierbij is rekening gehouden met de recente ervaring met het overboord vallen van een relatief groot aantal containers van schepen die voeren in de scheepvaartroutes ten noorden van wadden eiland en die de TNW tracéalternatieven kruisen;
- strandende schepen;
 - dit betreft het aan de grond lopen van schepen op een ondiepte of aan de kust;
- bodemberoerende visserij:
 - dit betreft de visserij die met boomkorren de bodem bevissen.

Om te voldoen aan de door TenneT gestelde eisen met betrekking tot het acceptabele risico, worden de volgende criteria voor de faalkans van de exportkabels gebruikt:

- de faalkans gekoppeld aan het risico voor de kabeleigenaar (betreft de kabelschade en reparatie, verlies aan inkomsten door onderbreking van de leveringen, reputatieschade en kosten) moet minder zijn dan 0,02/jaar (of gemiddeld eens per 50 jaar);
- de faalkans gekoppeld aan het risico voor veiligheid en milieu is minder dan 10^{-5} /jaar, hetgeen overeenkomt met een faalkans van minder dan 10^{-6} /km/jaar voor een sectie van 10 km. Om consistent te zijn met de NEN 3656, wordt de faalkans gekoppeld aan het risico voor veiligheid en milieu van minder dan 10^{-6} /km/jaar onafhankelijk voor de lengte van de verbinding.

4.5 Frequentie analyse

In de frequentie analyse worden de frequenties bepaald van de verschillende hierboven benoemde bedreigingen.

Bedreiging	Aanpak
Alle	AIS-gegevens om het aantal kruisingen over de exportkabels te berekenen, gespecificeerd voor schepen van verschillende groottes;
	Alle frequenties van de bedreigingen worden bepaald per kabelsegment van ~100 m per jaar. Omdat niet alle segmenten exact even groot zijn, worden de gegevens omgezet naar frequentie per kilometer per jaar (/km/jaar);
	Niet alle maritieme incidenten vormen een reëel gevaar voor de exportkabel. Daarom wordt voor elke bedreiging een factor toegepast op de incidentfrequenties om de kritische incidentkansen te bepalen.
Zinken	Zonder aanvaring: gebaseerd op AIS-gegevens en statistieken die worden gebruikt in SAMSON;
	Na aanvaring/ongeval: bepaald op basis van de relatie met de zinkfrequentie die niet wordt veroorzaakt door een ongeval: 'zinken na ongeval': 'zinken niet na ongeval' = 1:2;
	De zinkfrequentie wordt bepaald voor 8 verschillende scheepsgroottes tussen de kleinste klasse van 300 DWT en de grootste klasse van meer dan 100.000 DWT.
Stranden	De standingsfrequentie is gebaseerd op de AIS-gegevens en specifieke modellering van driften naar de ondiepe delen van de tracés.
Ankers	Van alle schepen die de kabelroutes kruisen <i>en</i> een incident hebben dat resulteert in voortstuwing- of stuurmachine storing, wordt aangenomen dat 5% voor anker gaat zonder naar de kaart te kijken of de kustwacht te bellen (die het schip zal waarschuwen voor de kabels).
	Wanneer schepen varend in een scheepvaartroute een probleem met hun voortstuwing of stuurmachine hebben, kan een schip besluiten voor anker te gaan. Indien mogelijk proberen schepen eerst buiten de scheepvaartroutes te manoeuvreren en daar te ankeren.
	Vallend anker: gebaseerd op een gemiddeld anker en de diameter van de exportkabel, in combinatie met de ankermanoeuvres.
	Hakend anker: er wordt een kritische breedte van een ankercorridor aangenomen die afhangt van scheepslengte en grondsoort.

Containers	De kans op het overboord vallen van containers volgt uit de kruisingsfrequenties van containerschepen en de incident databases.
------------	---

Voor alle tracéalternatieven zijn de frequenties van de verschillende bedreigingen bepaald voor segmenten van 100 m. Dat is gedaan om enerzijds voldoende onderscheid te kunnen maken tussen delen van de tracés met verschillende bedreigingen (bijvoorbeeld kruisingen met geulen of ondiepten of delen waar meer wordt gevist) en anderzijds voldoende kruisingen per segment om relevante statistiek uit te kunnen voeren.

4.6 Faalkans

Als de frequenties van de bedreigingen zijn bepaald, is de volgende stap het bepalen van de kans dat als de bedreiging optreedt, de kabel faalt. De faalkans als er een gebeurtenis plaatsvindt, is het resultaat van de 'bedreiging-specifieke' begraaf-factor vermenigvuldigd met de 'bedreiging-specifieke' 'asset'-factor. De begraaf-factor is afhankelijk van de begraafdiepte, terwijl de asset-factor afhankelijk is van het schade/faalscenario van de 'asset', in dit geval de exportkabel.

De begraaf-factor wordt bepaald door (1) de begraafdiepte (de hoeveelheid grond boven de kabel) en (2) de grondsoort (een slappe grondsoort gedraagt zich anders dan een stijve grondsoort, zoals hard gepakt zand of klei).

De asset-factor bepaald bij welke impact van de bedreiging (zinkend schip, hakend anker enz.) die 'overblijft' als energie die schade aan de kabel kan aanbrengen nadat de bedreiging de kabel heeft 'bereikt' bij de gegeven combinatie van begraafdiepte en grondsoort. In deze studie wordt conservatief aangenomen dat elke aanraking van de kabel door de bedreiging leidt tot falen.

4.7 Risico analyse

De risico analyse volgt de volgende stappen en uitgangspunten:

- 1 voor de risico gestuurde analyse worden de begraafdieptes gehanteerd die voldoen aan eisen van het Bevoegd Gezag (zie alinea hieronder);
- 2 vaststellen of er een onderscheidend verschil in faalkans bestaat tussen de verschillende tracéalternatieven wanneer er rekening wordt gehouden met de hierboven beschreven begraafdieptes;
- 3 vaststellen of de faalkans van de verschillende tracéalternatieven voldoet aan de door TenneT gestelde eisen;
- 4 wanneer er niet wordt voldaan aan de door TenneT gestelde eisen wordt de begraafdiepte van de kabel aangepast.

Voor de risico analyse is uitgegaan van het volgende begraafscenario:

- vanaf de basiskustlijn tot 3 km uit de kust: 3 m onder het huidige zeebodenniveau;
- verder zeewaarts: 1 m onder het huidige zeeniveau;
- in de scheepvaartroutes: 1,5 m onder het zeeniveau;
- in de Waddenzee en in de zeegaten: 1 m onder het morfologische ontwerpprofiel (zie hoofdstuk 3).

Dit scenario weerspiegelt een realistische en pragmatische begraafdiepte die in essentie voldoet aan de huidige eisen van de Bevoegde Gezagen (RWS Zee en Delta en RWS Noord Nederland).

De resultaten tonen aan dat het gekozen begraafdiepte scenario voor alle tracéalternatieven tot faalkansen leidt die kleiner zijn dan de door TenneT gestelde criteria, zowel voor veiligheid en milieu als voor de kabeleigenaar. Volgens verwachting is, in relatieve termen, de faalkans van het tracé BGM-Oost hoger dan de andere tracéalternatieven. Dat is het logische gevolg dat dit tracé parallel loopt aan, en in de vaarweg van zee naar de haven van Lauwersoog, waar, in verhouding, de grootste schepen varen. Alle andere tracés worden alleen 'bedreigt' door relatief kleine schepen en recreatievaart. Desondanks is voor BGM-Oost geen begraafdiepte groter dan 1 m nodig.

In deze studie is nog geen rekening gehouden met de gevolgen op de faalkans indien gekozen wordt voor het EEM-O tracé door het Huibertgat en dat in dat geval het Huibertgat in de toekomst de hoofdvaarweg zou worden. Op basis van ervaring wordt gesteld dat de in dat geval benodigde extra begraafdiepte haalbaar is door een extra begraafdiepte van 1 - 1,5 m aan te brengen.

Voor de volledigheid wordt hier herhaald dat alle tracéalternatieven ten noorden van de Wadden eilanden (het grootste deel van het tracé over de Noordzee tot het platform) allemaal dezelfde scheepvaartroutes kruisen en dus voor dat deel van de tracés niet onderscheidend zijn.

5

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Dit rapport beschrijft het 'morfologisch ontwerpprofiel' voor alle tracéalternatieven naar het Net op Zee Ten Noorden van de Wadden. Dit is het bodemniveau dat tijdens de levensduur van de kabels slechts met een kleine kans wordt onderschreden (dieper wordt). Hiervoor is gebruik gemaakt van de vaklodingen dataset van Rijkswaterstaat, daarbij zijn bodemhoogtegegevens uit de periode tussen 1979 en 2017 gebruikt [ref 2].

De morfologische ontwerpprofielen van de tracéalternatieven worden beschreven in Hoofdstuk 3 en in groot formaat weergegeven in bijlagen I, II, en III.

Om het risico met betrekking tot externe bedreigingen te mitigeren dienen de onder dit profiel begraven te worden. Op basis van de risico gestuurde begraafdiepte analyse worden de volgende conclusies getrokken:

1. de risico gestuurde begraafdiepte voor alle tracéalternatieven is minder dan de door de Bevoegde Gezagen vereiste begraafdiepten;
2. voor wat betreft de faalkans zijn de tracéalternatieven niet onderscheidend in de zin van significante mitigatie door grotere begraafdiepte;
3. in het geval het Huibertgat in de toekomst de hoofdvaarweg zou worden is de benodigde extra begraafdiepte is door een extra begraafdiepte van 1 - 1,5 m aan te brengen;
4. deze studie is gericht op de vergelijking van de tracéalternatieven ten behoeve van het kiezen van het VKA. Het wordt aanbevolen een volledige RBBB uit te voeren op het VKA waarbij rekening wordt gehouden met het effect van de onderlinge afstand tussen de exportkabels op de faalkans van het systeem.

6

REFERENTIES

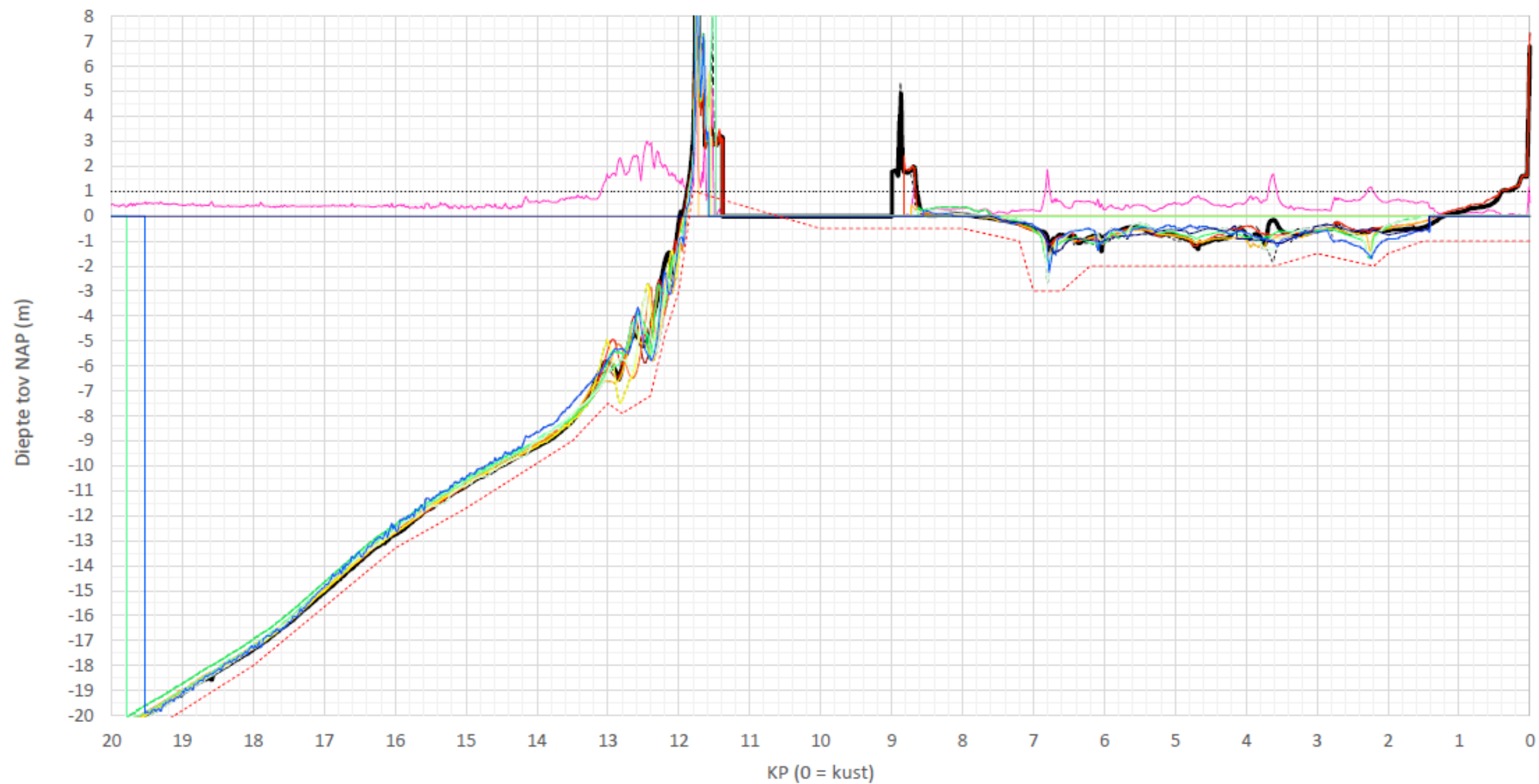
- ref 1. Witteveen+Bos, september 2019, Achtergronddocument alternatievenontwikkeling.
- ref 2. Rijkswaterstaat vaklodingen (geraadpleegd 18-8-2019),
<http://opendap.deltares.nl/thredds/catalog/opendap/rijkswaterstaat/vaklodingen/catalog.html?dataset=varopendap/rijkswaterstaat/vaklodingen>
- ref 3. Biegel, E., Hoekstra, P., 1995. Morphological response characteristics of the Zoutkamperlaag, Frisian Inlet (The Netherlands) to a sudden reduction in basin area, Tidal Signatures in Modern and Ancient Sediments. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- ref 4. Ridderinkhof, W. & Hoekstra, P. & van der Vegt, Maarten & de Swart, Huib. (2016). Cyclic behavior of sandy shoals on the ebb-tidal deltas of the Wadden Sea. Continental Shelf Research. 115. 10.1016/j.csr.2015.12.014.
- ref 5. Witteveen+Bos, Maart 2020, Analyse morfologische ontwikkelingen en baggervolumes.

Bijlage(n)



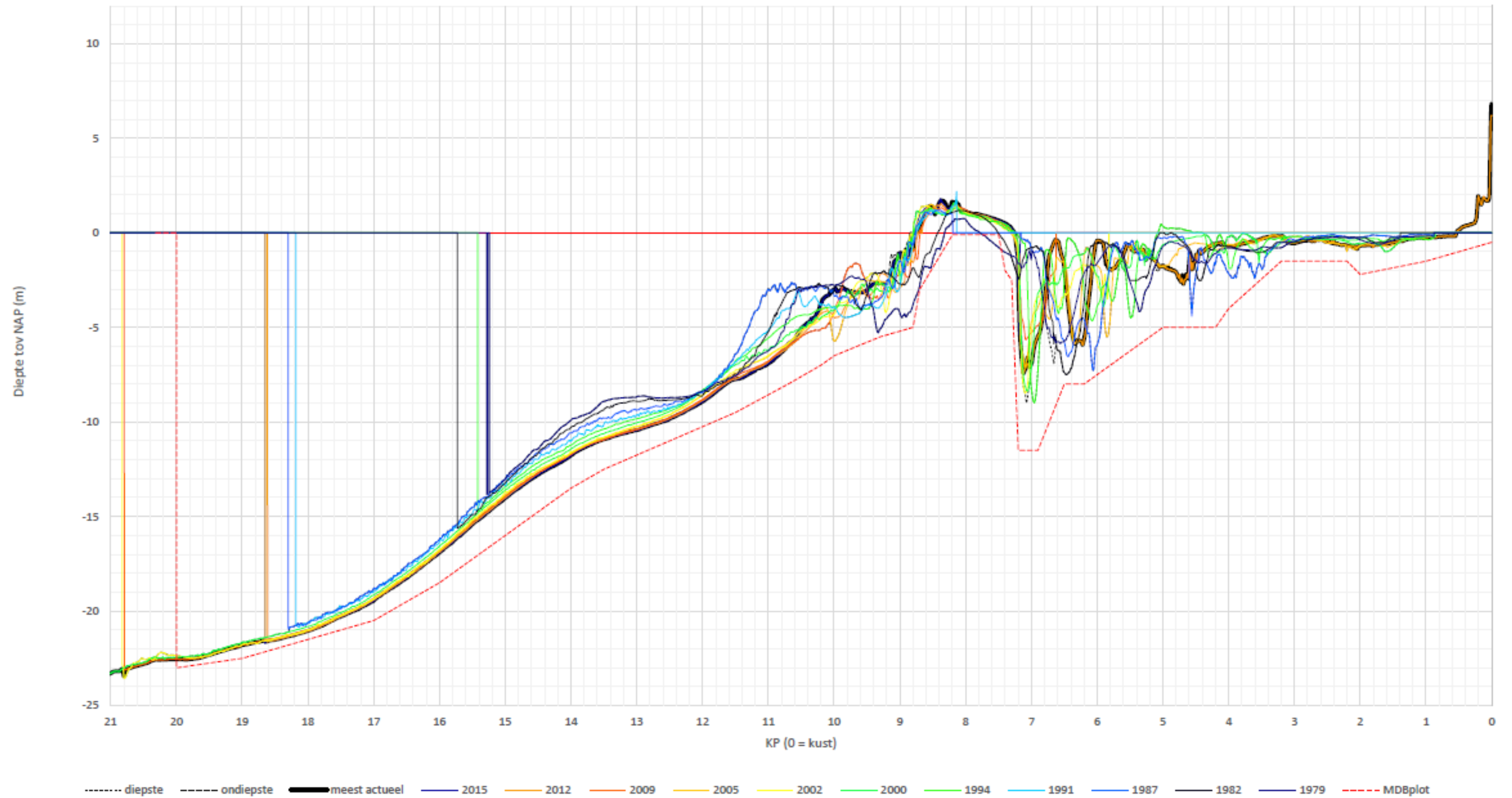
BIJLAGE: LANGSPROFIELEN BURGUM

Afbeelding I.1 Langsprofiel van tracéalternatief Burgum West. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

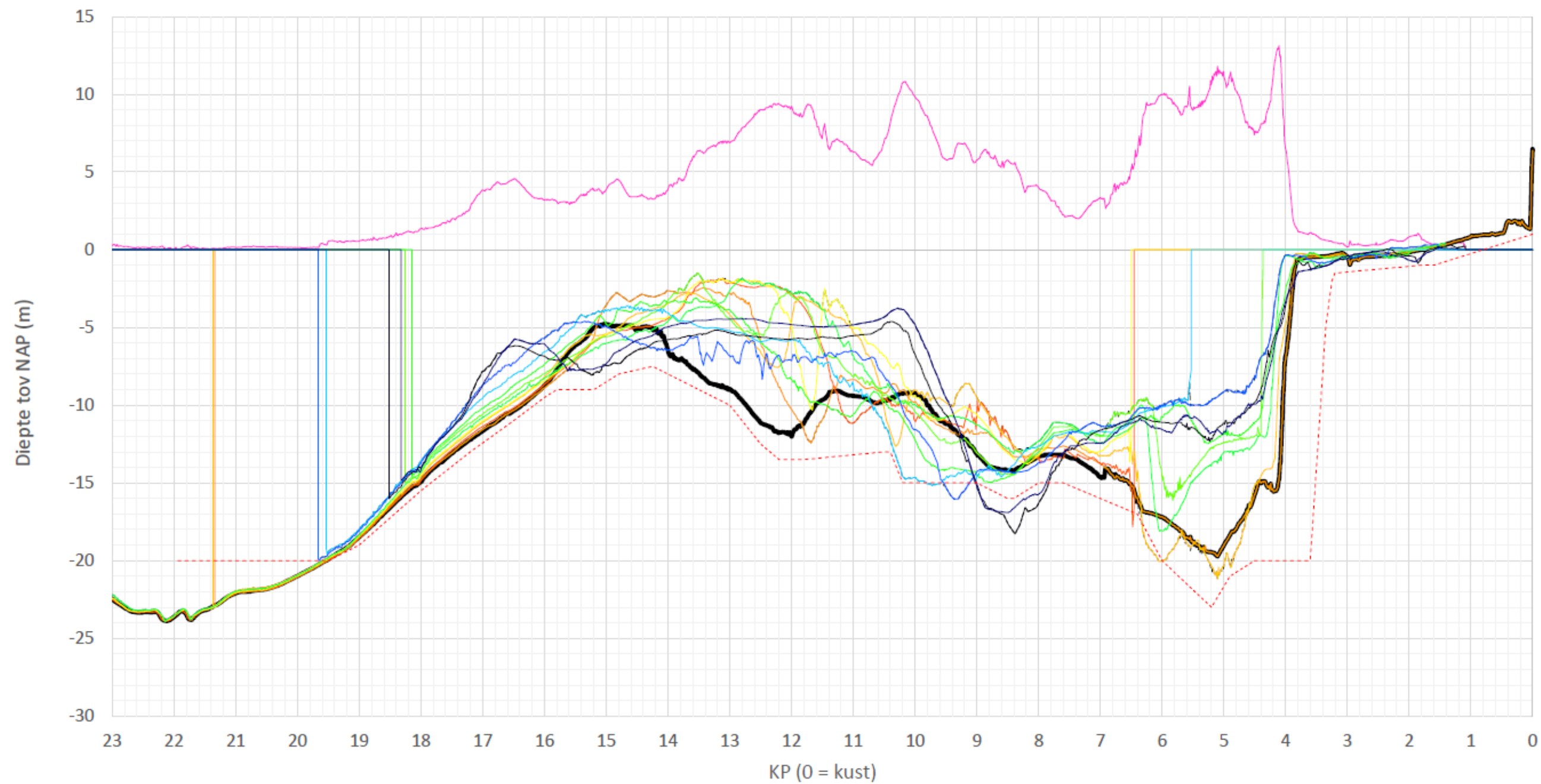


- | | | | | | |
|---------------|-----------------|---------------|----------------------|--------|--------|
| ----- diepste | ----- ondiepste | — verschil | — meest actueel | — 2014 | — 2011 |
| — 2008 | — 2005 | — 2002 | — 1999 | — 1996 | — 1993 |
| — 1987 | — 1979 | ----- MDBPlot | ----- begraaf diepte | | |

Afbeelding I.2 Langsprofiel van tracéalternatief Burgum Midden. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is.



Afbeelding I.3 Langsprofiel van tracéalternatief Burgum Oost. De legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is.

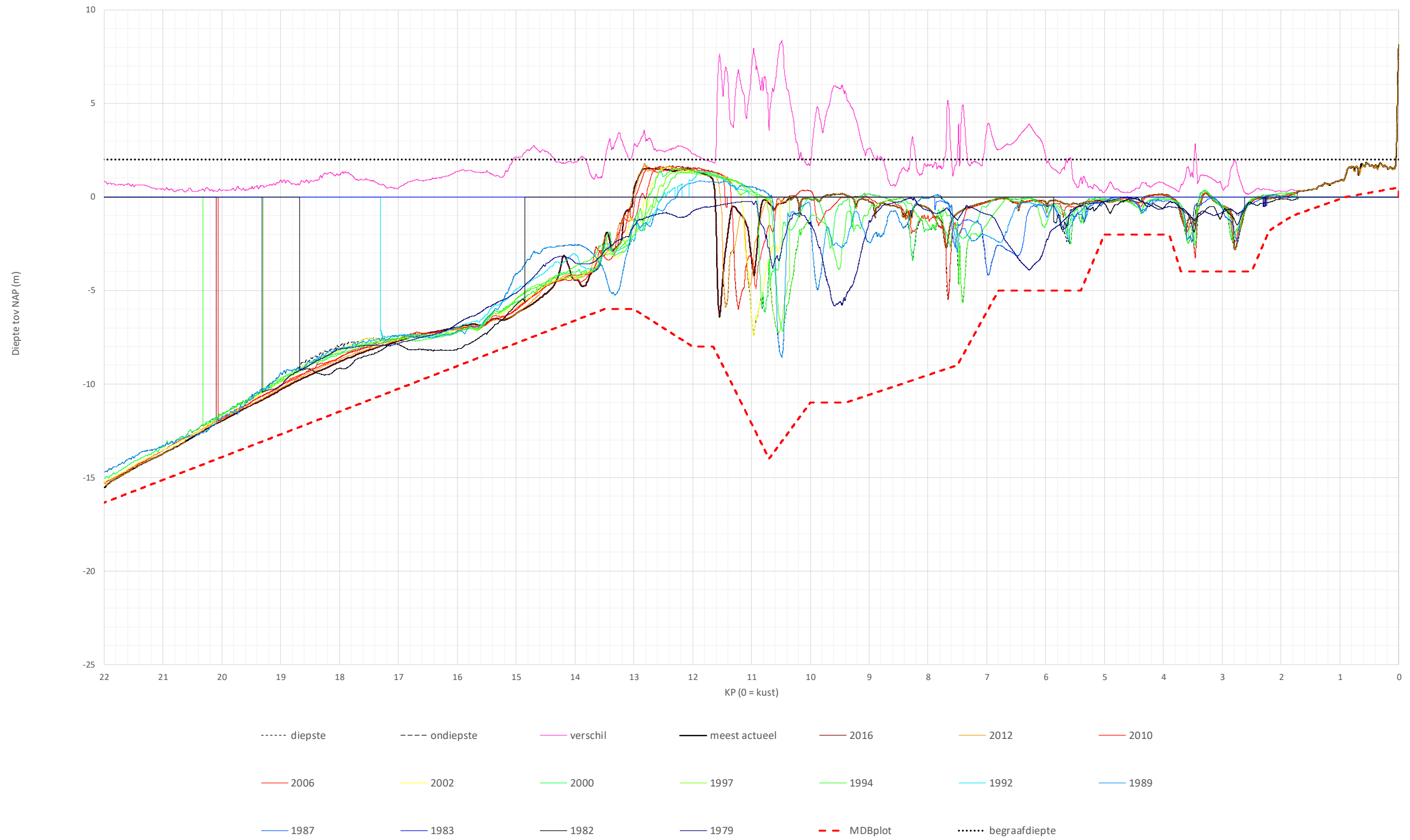


- | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------|-----------------|--------|--------|
| diepste | ----- ondiepste | — verschil | — meest actueel | — 2012 | — 2009 |
| — 2005 | — 2002 | — 2000 | — 1997 | — 1994 | — 1991 |
| — 1987 | — 1982 | — 1979 | ----- MDBplot | | |

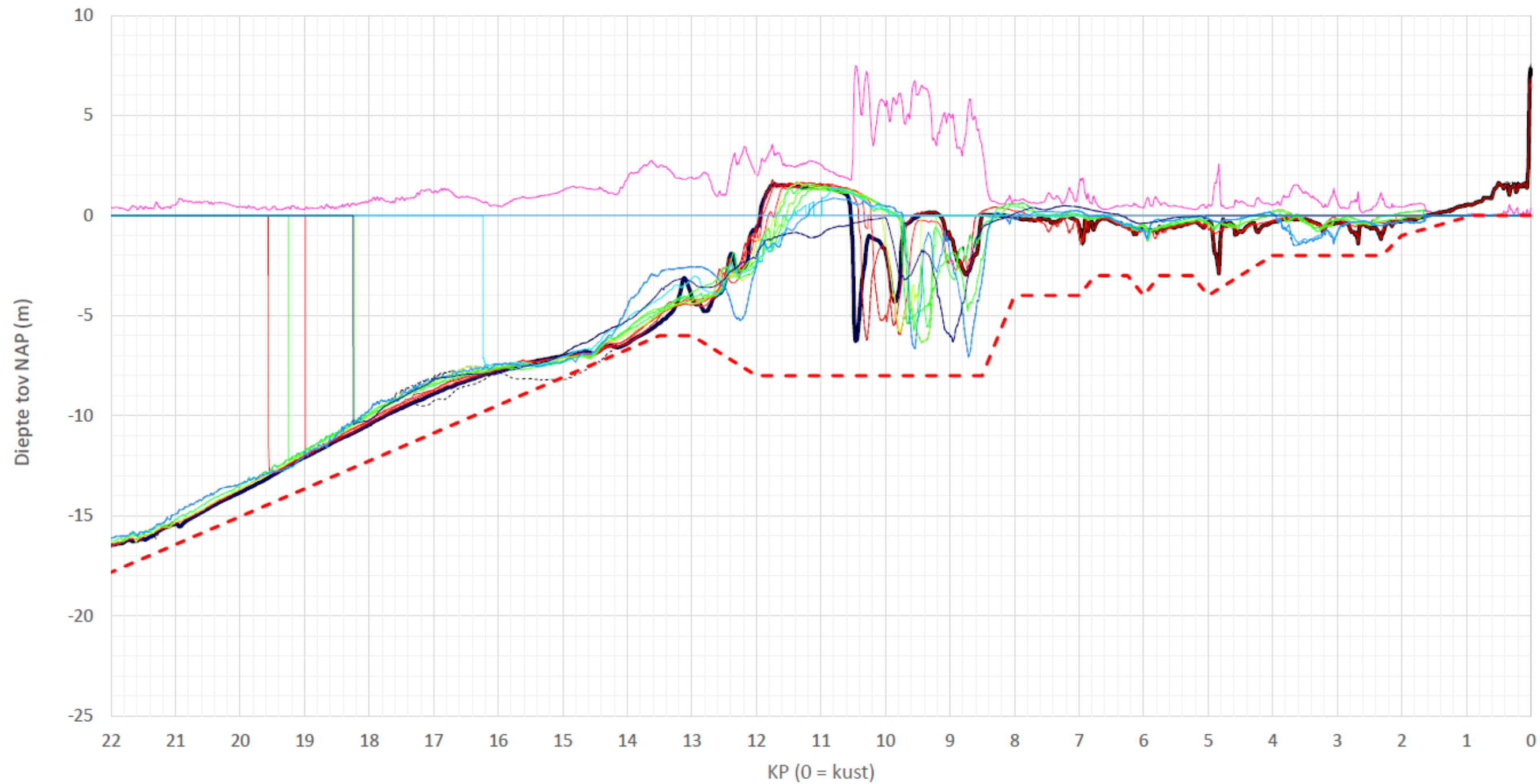


BIJLAGE: LANGSPROFIELEN VIERVERLATEN

Afbeelding II.1 Langsprofiel van tracéalternatief Vierverlaten West. legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

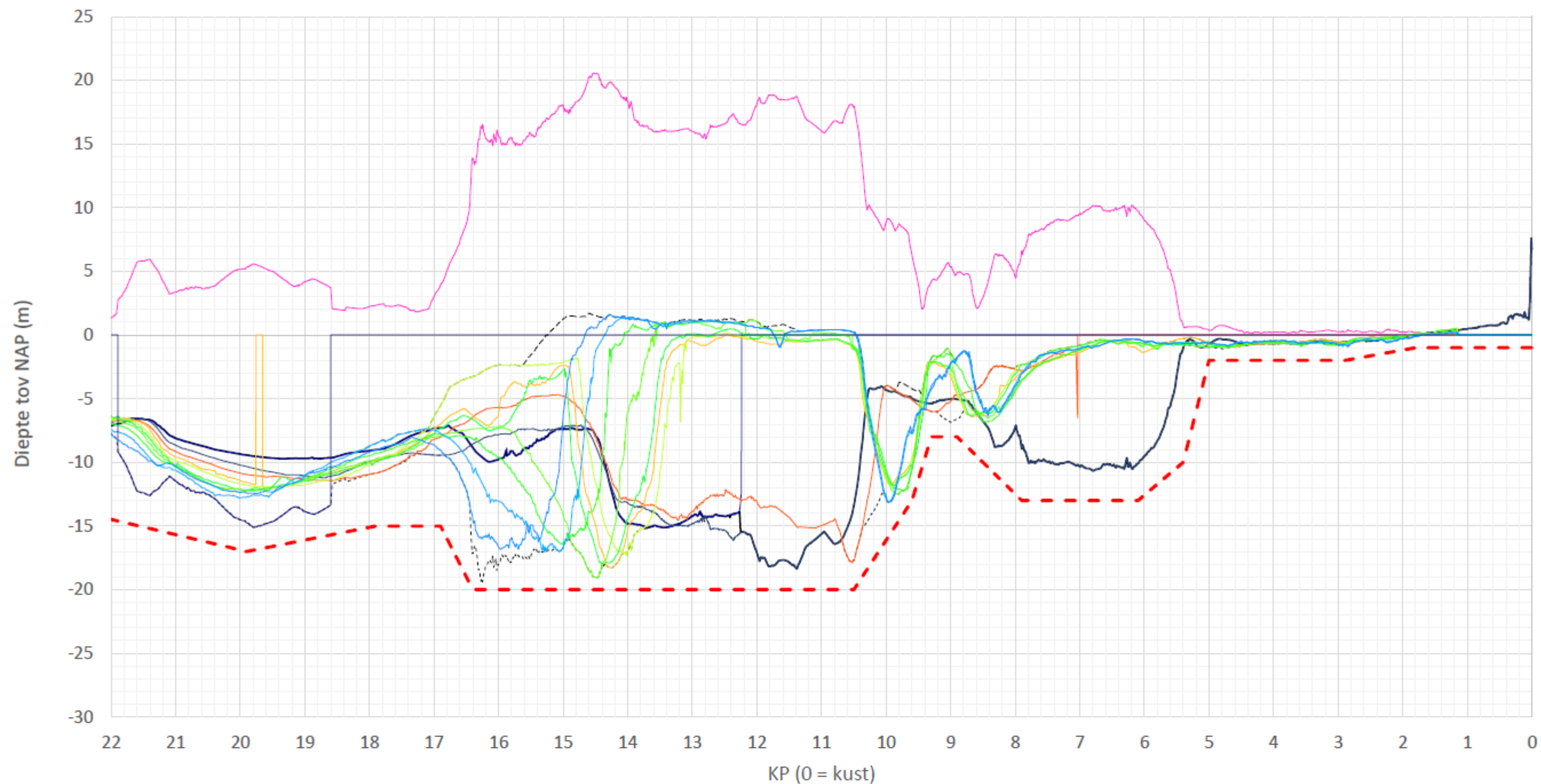


Afbeelding II.2 Langsprofiel van tracéalternatief Vierverlaten Midden. legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is



- | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------|-----------------|-----------|--------|
| diepste | ----- ondiepste | — verschil | — meest actueel | — 2015 | — 2013 |
| — 2010 | — 2006 | — 2001 | — 2000 | — 1997 | — 1994 |
| — 1992 | — 1990 | — 1989 | — 1979 | — MDBplot | |

Afbeelding II.3 Langsprofiel van tracéalternatief Vierverlaten Oost. legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

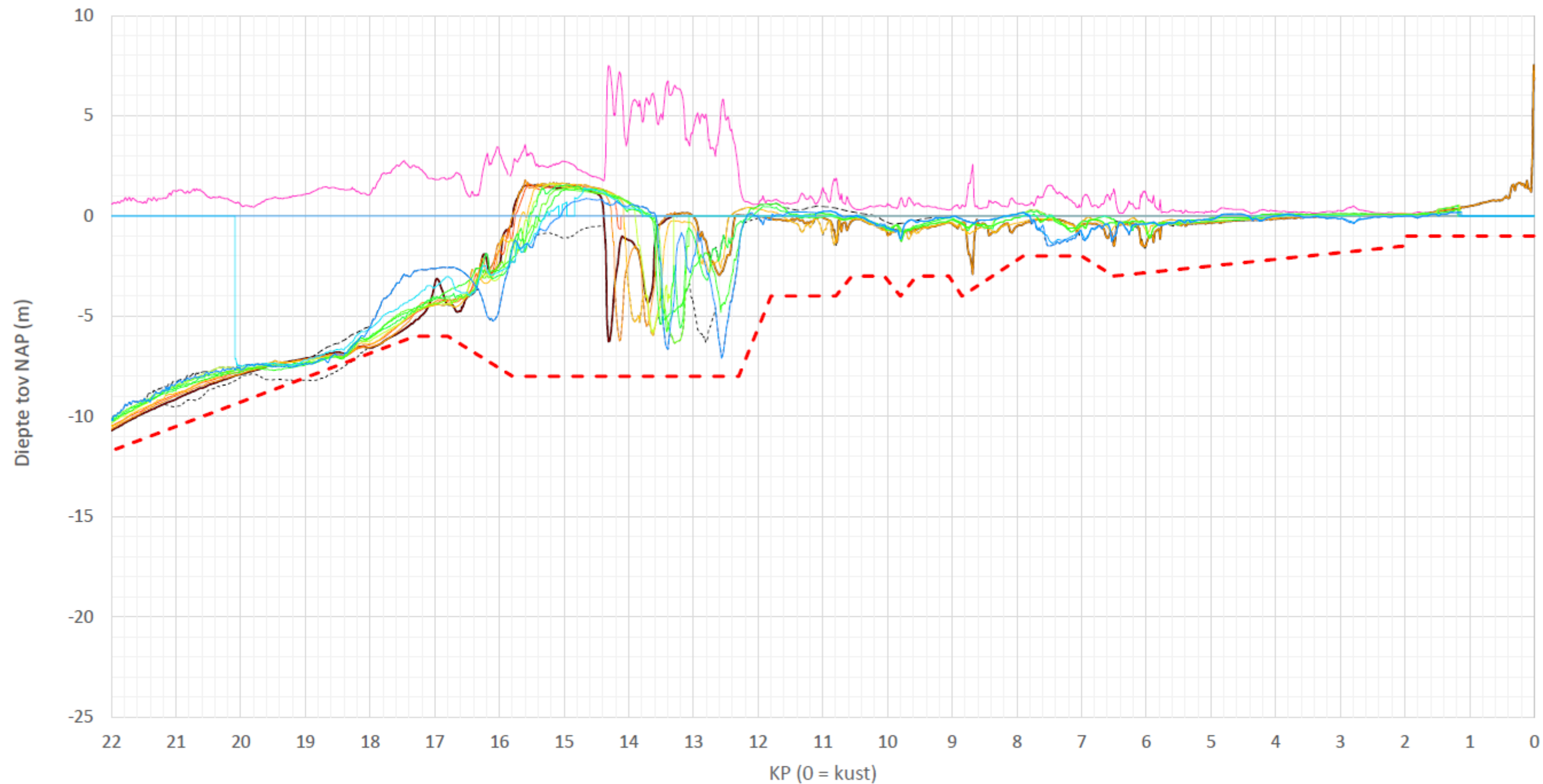


- | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------|-----------------|--------|--------|
| diepste | ----- ondiepste | — verschil | — meest actueel | — 2015 | — 2012 |
| — 2009 | — 2005 | — 2001 | — 2000 | — 1997 | — 1994 |
| — 1990 | — 1989 | — 1979 | --- MDBplot | | |



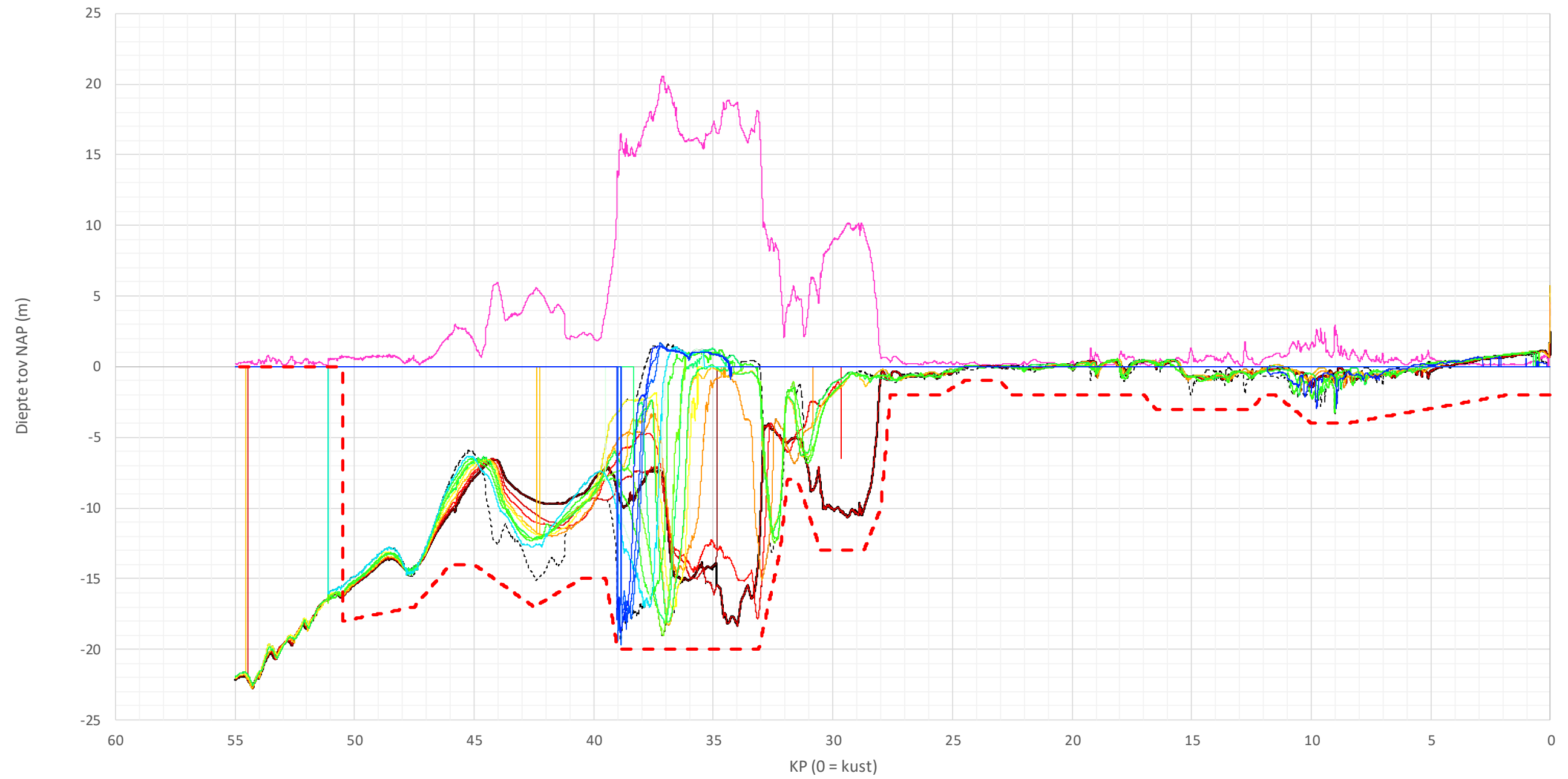
BIJLAGE: LANGSPROFIELEN EEMSHAVEN

Afbeelding III.1 Langsprofiel van tracéalternatief Eemshaven West. legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is



- | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------|-----------------|--------|--------|
| diepste | ----- ondiepste | — verschil | — meest actueel | — 2016 | — 2012 |
| — 2009 | — 2005 | — 2001 | — 2000 | — 1997 | — 1994 |
| — 1992 | — 1990 | — 1989 | — - - - - MDB | | |

Afbeelding III.2 Langsprofiel van tracéalternatief Eemshaven Midden. legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is



- | | | | | |
|---------------|-----------------|------------|-----------------|-----------|
| ----- diepste | ----- ondiepste | — verschil | — meest actueel | — 2016 |
| — 2013 | — 2010 | — 2007 | — 2005 | — 2002 |
| — 2000 | — 1998 | — 1997 | — 1994 | — 1993 |
| — 1992 | — 1987 | — 1986 | — 1985 | - - - MDB |

Afbeelding III.3 Langsprofiel van tracéalternatief Eemshaven Ooat. legenda onder het figuur geeft aan welke jaren de data beschikbaar is

