

Aanpassing buitengaatse T0-kaart Begraven Landschappen

Voor de kust van Bergen en de Tweede Maasvlakte



Aanpassing buitengaatse T0-kaart Begraven Landschappen
Voor de kust van Bergen en de Tweede Maasvlakte

Auteur(s)
Marc Hijma

Aanpassing buitengaatse T0-kaart Begraven Landschappen

Voor de kust van Bergen en de Tweede Maasvlakte

Opdrachtgever	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Contactpersoon	de heer dr. B.I. Smit
Referenties	RCE Contractnummer 115260
Trefwoorden	Geo-archeologie, geologie, seismiek, offshore, verwachtingskaart

Documentgegevens

Versie	0.2
Datum	14-08-2024
Projectnummer	11209919-002
Document ID	11209919-002-BGS-0001
Pagina's	25
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Marc Hijma	

Samenvatting

In de periode 2017-2021 zijn voor de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed *Begraven Landschappen* gekarteerd in een samenwerking tussen de Universiteit Utrecht, Deltares en TNO-GDN (zie Cohen et al., 2021 voor de meest recente beschrijving). Voor vier periodes tonen kaarten de toen aanwezige landschappen en de huidige diepteligging en preservatiestatus. Uit de zogenaamde T0-periode (jagers/verzamelaars en eerste boeren) liggen, onder jongere zee-afzettingen, verschillende landschappen bewaard op de Noordzee. In 2021 zijn deze landschappen voor het eerst gekarteerd en opgenomen in de *Begraven Landschappen* kaartserie, maar vrijwel volledig op basis van bestaande karteringen, eenvoudig beschikbare data en literatuur. In 2023 is een overzicht gemaakt van alle beschikbare data voor de Noordzee en zijn gebieden aangewezen waar én veel data aanwezig is die nog niet voldoende benut is, én waarvoor de verwachting bestaat dat geo-archeologisch relevante landschappen bewaard zijn gebleven (Hijma & Bakx, 2023).

Deltares is aansluitend gevraagd om voor twee gebieden, één voor de kust van Bergen en één voor de kust van de Tweede Maasvlakte, de beschikbare data verder te analyseren en de T0-kaarten te actualiseren. Voor Bergen is hierbij gebruik gemaakt van het werk van een student (Kooij, 2024) en werkzaamheden binnen het Deltstoffen Informatie Systeem-project van Deltares en TNO-GDN in opdracht van Rijkswaterstaat. Voor de Tweede Maasvlakte is specifiek voor het huidige project de beschikbare seismische data geanalyseerd.

Voor Bergen heeft dit geleid tot een aanpassing van de loop van verschillende beekdalen en een flinke uitbreiding van het gebied waar door erosie het T0-landschap niet meer aanwezig is. Voor de Tweede Maasvlakte is waarschijnlijk de ligging van het paleo-Scheldedal vastgesteld en zijn verschillende geulsystemen van een zoetwaterdelta opgenomen. De erosiestatus is ook aangepast, waarbij het gebied met deels bewaarde landschappen is toegenomen. De seismische dataset voor de Tweede Maasvlakte is echter nog niet uitputtend geanalyseerd. Aanbevolen wordt om, net als voor Bergen, een student dit gebied in detail uit te laten werken.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Introductie	6
2	Gebruikte data	8
2.1	Bergen	8
2.1.1	Seismiek en boringen	8
2.1.2	Dateringen	8
2.1.3	Literatuur	8
2.2	Tweede Maasvlakte	9
2.2.1	Seismiek en boringen	9
2.2.2	Dateringen	10
2.2.3	Literatuur	10
3	Kartering	11
3.1	Bergen	11
3.1.1	Data-interpretatie	11
3.1.2	T0-kaart aanpassing	12
3.2	Tweede Maasvlakte	15
3.2.1	Data-interpretatie	15
3.2.2	T0-kaart aanpassing	18
4	Aanbevelingen	20
4.1	Tweede Maasvlakte	20
4.2	Overige gebieden	20
5	Conclusie	22
	Literatuurlijst	23

1 Introductie

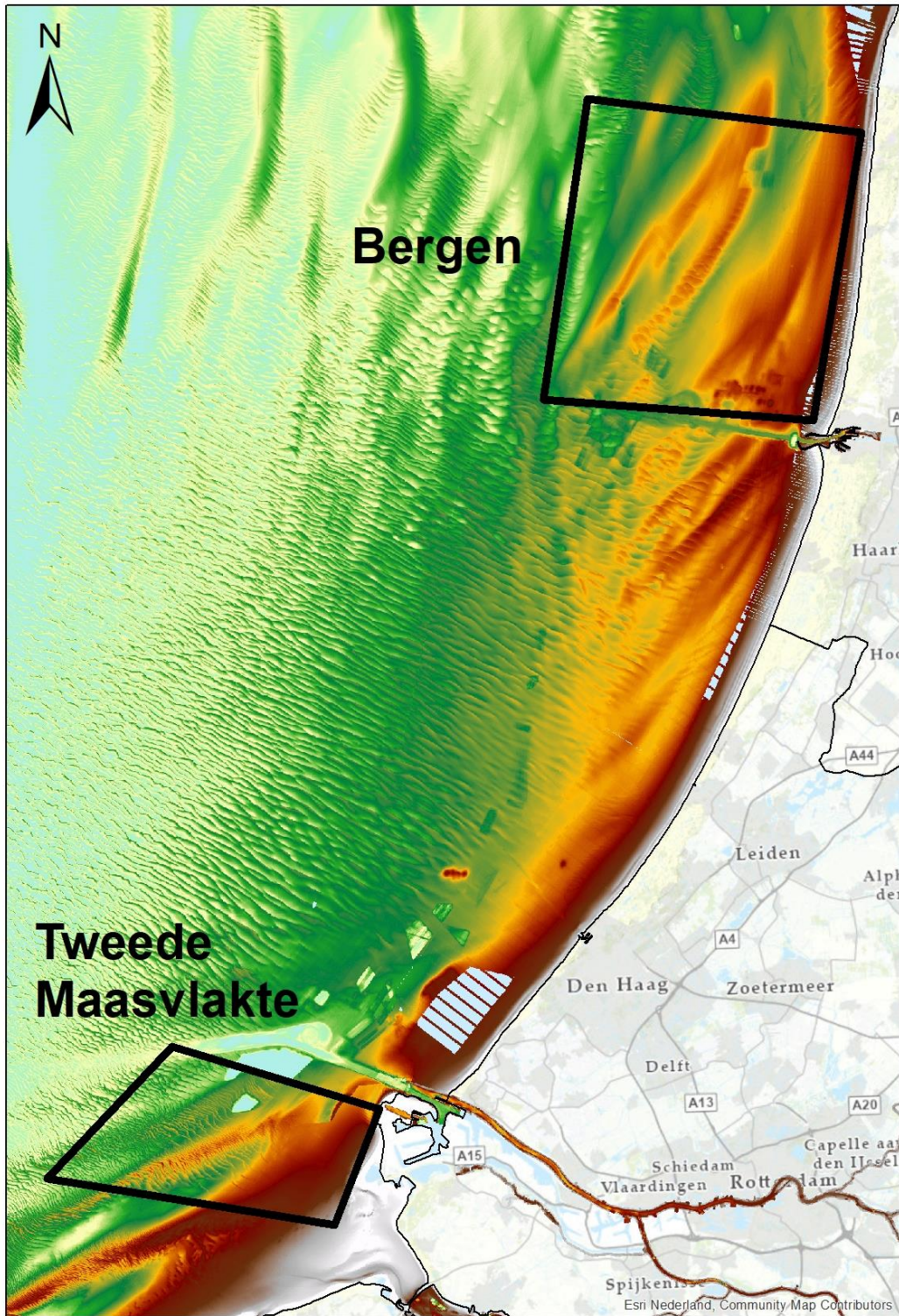
De Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE) biedt op haar website verschillende kaartproducten aan. Eén daarvan omvat de [Begraven Landschappenkaarten](#)¹. Deze beschrijven voor vier archeologische tijdsperioden de destijds aanwezig landschapszones, inclusief de huidige diepteligging van deze begraven landschappen. Hierbij wordt ook aangegeven of deze landschappen goeddeels bewaard, lokaal aangetast of regionaal geërodeerd zijn. De kaarten vormen een relevante bron voor archeologische verwachtingskaarten en bureaustudies, maar kunnen ook gebruikt worden om in te schatten of relevante archeologische niveaus worden bedreigd door ruimtelijke ingrepen.

Een eerste versie van dit kaartproduct verscheen in 2017 en omvatte nog niet de 12-mijlszone op de Noordzee (Cohen et al., 2017). Deze zone is in 2021 alsnog toegevoegd (Hijma & Van Onselen, 2021), in een project waarbij tevens een actualisatie van het product uit 2017 is uitgevoerd (Cohen et al., 2021). In deze zone worden voor slechts één tijdsperiode verschillende landschapszones onderscheiden, namelijk de periode vóór de verdrinking van dit gebied als gevolg van zeespiegelstijging. Deze periode is gelabeld als *T0 – Het landschap aan het begin van het Holoceen*.

Voor het karteren van begraven landschappen zijn er enkele belangrijke verschillen tussen de 12-mijlszone en het vaste land te benoemen. Ten eerste omvat de 12-mijlszone veel minder boor- en sondeergegevens per vierkante kilometer dan het vaste land. Hierdoor bestaat er minder inzicht in de lithologische opbouw van de ondergrond. Daarnaast zijn er veel minder beschikbare dateringen aanwezig, waardoor de tijdscontrole over de vorming van de verschillende afzettingen beperkt is. Een derde verschil is dat in de 12-mijlszone veel meer (voor dit doel geschikte) geofysische metingen (met name seismiek) beschikbaar zijn. In tegenstelling tot puntdata, zoals boringen en sonderingen, geven deze lijnmetingen continue informatie over de opbouw van de ondergrond. Waar een boring laat zien op welk punt een veenlaag aanwezig is, kan een seismische lijn ook de verbreiding van deze veenlaag in 2D goed in beeld brengen. Als de dichtheid aan seismische lijnen groot is en er zijn boringen beschikbaar om een goede vertaling naar lithologie te maken, dan is het in sommige gevallen mogelijk om op zee begraven landschappen in meer detail te karteren dan op het vaste land.

De laatste jaren zijn er steeds meer activiteiten op de Noordzee uitgevoerd waarbij gegevens over de ondergrond verzameld zijn. Een goed voorbeeld zijn de (geplande) windmolenparken waar heel veel seismische metingen, boringen en sonderingen voor uitgevoerd worden. Ook werd en wordt veel onderzoek gedaan naar de voorkomens van winbaar zand. Een deel van deze informatie was al beschikbaar in 2021, maar een gedetailleerde analyse van deze data paste destijds niet in de scope van het project. De potentie van deze data werd echter al wel onderkend. Dit leidde tot een project voor de RCE waarbij alle relevante en beschikbare datasets in de 12-mijlszone op een rij zijn gezet (Hijma & Bakx, 2023), met als doel om gebieden aan te kunnen wijzen waar én veel onbenutte data is, én waar aangenomen kan worden dat geo-archeologisch interessante begraven landschappen aanwezig zijn. Een viertal gebieden wordt specifiek benoemd in het rapport, namelijk voor de kust van Bergen aan Zee, voor de kust van Voorne en Goeree (met name ten westen van de Tweede Maasvlakte), de omgeving van de Bruine Bank en de (voorzien) windmolenparken en zandwingebieden. Dit heeft geleid tot het huidige project, waarbij voor de eerste twee genoemde gebieden een detailkartering van de begraven landschappen is uitgevoerd (Figuur 1-1).

¹ <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bronnen-en-kaarten/overzicht/begraven-landschappen>



Figuur 1-1 Ligging van de twee gebieden waarvoor een detailkartering in deze studie is uitgevoerd.

2 Gebruikte data

In beide gebieden is gebruik gemaakt van een combinatie van seismische data, boringen en bestaande literatuur en karteringen. Hieronder worden deze gegevens per gebied beschreven.

2.1 Bergen

2.1.1 Seismiek en boringen

In gebied Bergen zijn met name twee seismische datasets gebruikt (Figuur 2-1). De eerste dataset is verzameld in 2001 door het Nederlands Instituut Toegepaste Geowetenschappen (NITG) van TNO en staat bekend als de Bergen-dataset. Dit instituut bestaat thans niet meer, maar is opgegaan in Deltares en TNO-GDN. De data is ingewonnen in een grid van 2x2 km. Het geeft daarmee veel informatie, maar de dichtheid is niet groot genoeg om bijvoorbeeld het precieze verloop van oude geulsystemen te karteren. De tweede gebruikte dataset is verzameld en geïnterpreteerd tijdens het vooronderzoek voor windmolenpark Hollandse Kust Noord (Fugro, 2018; 2019). Deze dataset heeft met een grid van 0.1x2 km een veel grotere dichtheid. Voor het huidige project zijn enkele lijnen opnieuw bekeken. Ander gebruikte datasets zijn gelabeld als 'Fransche Bank' en 'IJmuiden Gronden' en thans in beheer bij zowel Deltares als TNO-GDN. Om de seismische facies te koppelen aan afzettingmilieus van het sediment zijn boringen uit DINOloket gebruikt.

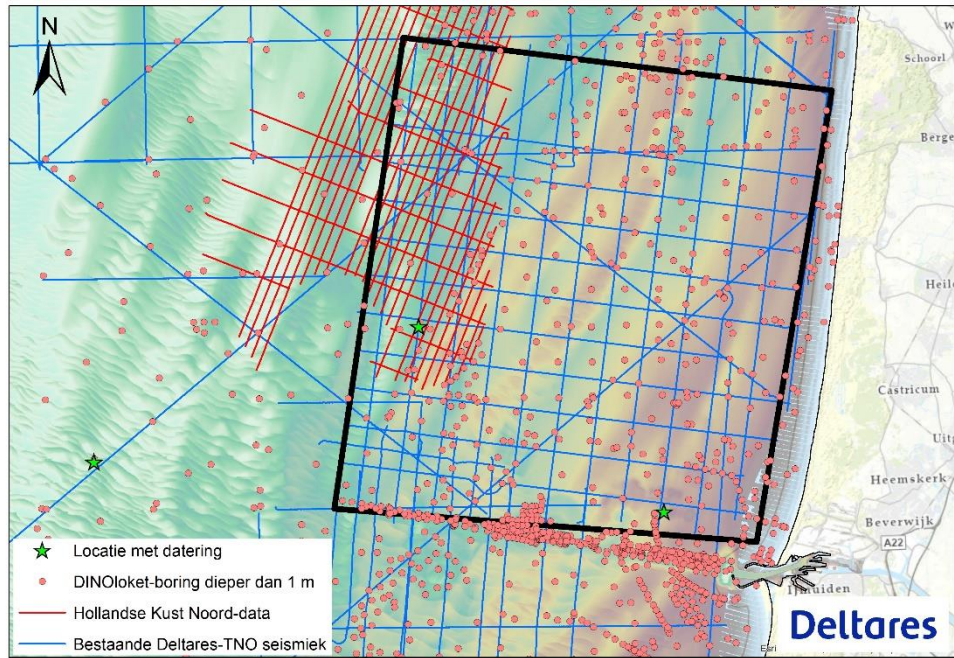
Voor het detailleren van de *Begraven Landschappenkaart* is voor het huidige project veel gebruik gemaakt van het gelijktijdig lopende project om het *Delfstoffen Informatiesysteem* (DIS) te verbeteren. Het DIS geeft inzicht in hoeveel zand uit de Noordzee gewonnen kan worden. Voor DIS 3.1 is de Bergen-dataset in detail bekeken. Het DIS wordt gemaakt in een samenwerking tussen Deltares en TNO-GDN, in opdracht van Rijkswaterstaat. Daarnaast is het werk van Kooij (2024) gebruikt, die voor haar stage-project de Bergen-dataset geanalyseerd heeft. Verder is er ook veel gebruik gemaakt van eerdere interpretaties door zowel Fugro (2018; 2019) als Hijma et al. (2020).

2.1.2 Dateringen

Voor het gebied zijn weinig dateringen beschikbaar. Figuur 2-1 laat twee locaties met dateringen zien, deze zullen dit of volgend jaar gepubliceerd worden (Hijma et al., Subm.), maar zijn al wel gebruikt bij de interpretatie van de data.

2.1.3 Literatuur

Voor windmolenpark Hollandse Kust Noord zijn veel rapporten verschenen (Fugro, 2018; Van Lil & Van den Brenk, 2018; Fugro, 2019) en relevante informatie daaruit is gebruikt voor de interpretatie van de gegevens. Ter aanvulling hierop is wetenschappelijke literatuur geraadpleegd die eerder ook voor een landschappelijke heranalyse van Hollandse Kust Noord is gebruikt en in dat rapport opgezocht kan worden (Hijma et al., 2020; een later verschenen relevante publicatie is Cartelle et al., 2021).

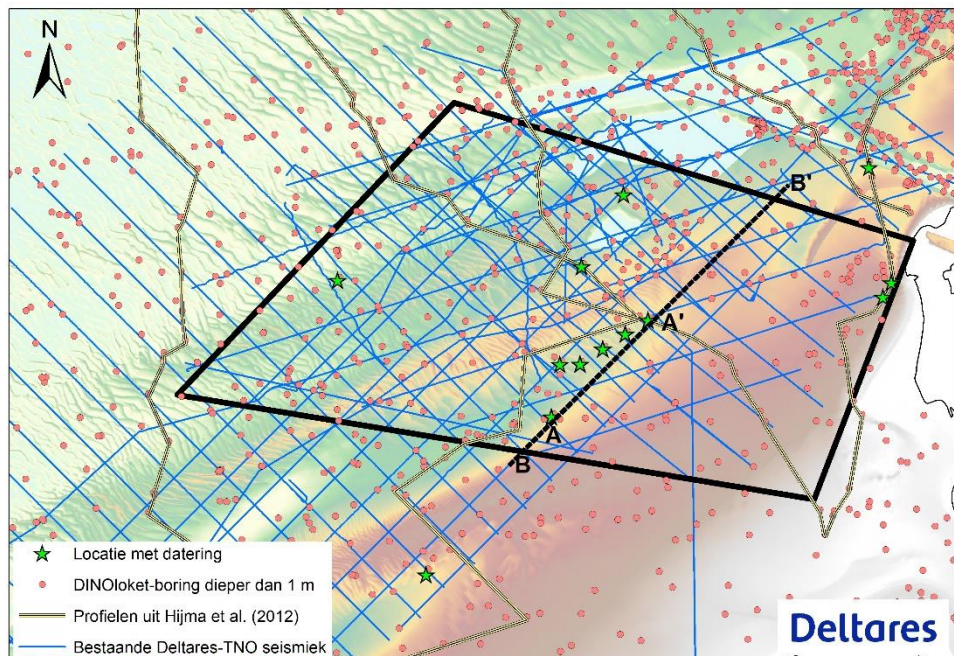


Figuur 2-1 Overzicht van de gebruikte data voor het gebied Bergen.

2.2 Tweede Maasvlakte

2.2.1 Seismiek en boringen

In de westelijke helft van het gebied zijn relatief veel seismische lijnen aanwezig, met name in een grid van 1.5x1.5 km (Figuur 2-2). Het betreft de overlappende datasets Maasvlakte (1997) en Beton (2001), thans in beheer bij Deltares en TNO-GDN. De andere lijnen zijn afkomstig uit verschillende projecten en in beheer bij dezelfde instituten (zie Hijma & Bakx, 2023 voor meer details over de datasets).



Figuur 2-2 Overzicht van de gebruikte data voor het gebied Tweede Maasvlakte. De ligging van het profiel in Figuur 3-5 wordt weergegeven met A-A', de ligging van de lijn in Figuur 3-7 met B-B'.

Niet zichtbaar in bovenstaande figuur, maar wel gebruikt voor de detaillering van *Begraven Landschappenkaart* is seismiek die geschoten is voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte (MV2). Deze seismiek is momenteel alleen beschikbaar op papier (in beheer bij Sytze van Heteren, TNO-GDN), maar is in 2002 reeds geïnterpreteerd (Van Heteren et al., 2002) en deze interpretaties zijn ook voor dit rapport gebruikt.

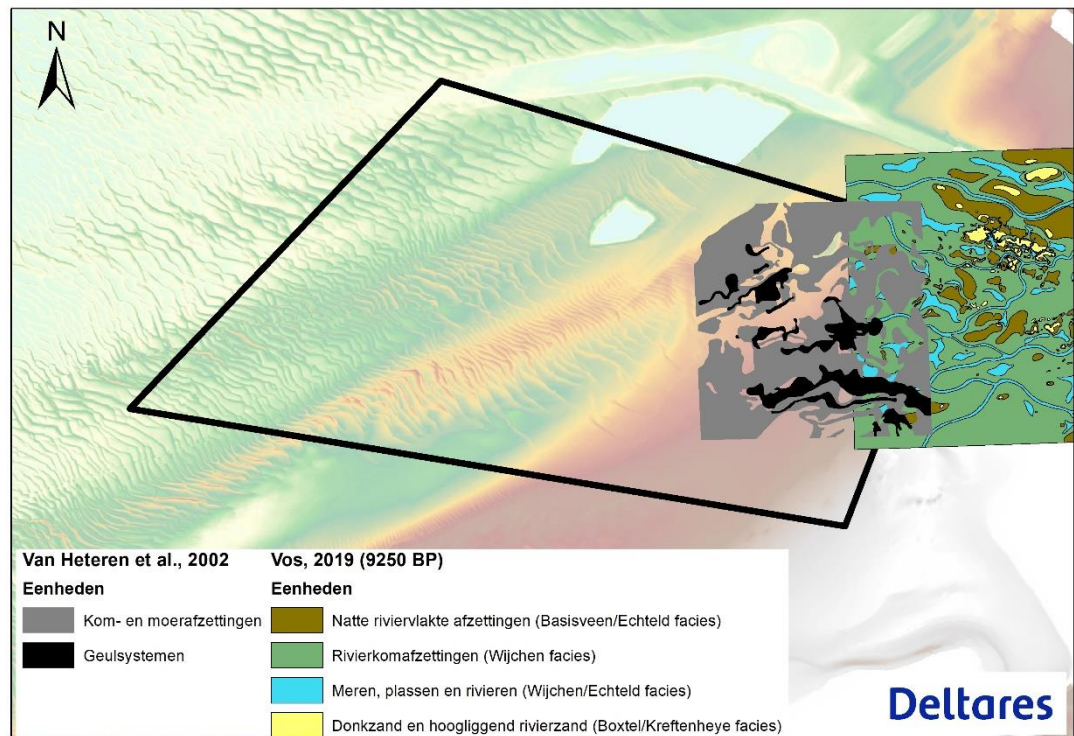
Net als voor Bergen zijn ook hier boringen uit DINOloket gebruikt om de seismische facies te koppelen aan afzettingmilieus van het sediment en de stratigrafische indeling.

2.2.2 Dateringen

Voor het gebied zijn in vergelijking met Bergen veel dateringen beschikbaar (Figuur 2-2). De meeste zijn gepubliceerd in Van Heteren et al. (2002), het overige deel in Vos et al. (2015) en Hijma & Cohen (2019).

2.2.3 Literatuur

Ter ondersteuning bij de interpretatie van de seismiek is veel informatie verkregen uit Van Heteren et al. (2002) voor de Holocene afzettingen, terwijl Hijma et al. (2012) gebruikt is voor de Pleistocene afzettingen. Voor inbedding in de bredere geologische ontstaansgeschiedenis van het gebied zijn zowel rapporten (Vos et al., 2010; Busschers et al., 2013; Vos, 2013; Wiersma & Mesdag, 2013; Moree & Sier, 2015; Vos, 2019) als wetenschappelijke artikelen geraadpleegd (Busschers et al., 2007; Hijma et al., 2009; Hijma et al., 2010; Hijma & Cohen, 2011; Busschers et al., 2013; Vos et al., 2015). Door Van Heteren et al. (2002) en Vos (2019) zijn ook kaartbeeld-interpretaties gemaakt voor de omgeving van de Tweede Maasvlakte. De kaart van Van Heteren et al. is voor het huidige project gedigitaliseerd, voor de kaart van Vos is het originele GIS-bestand gebruikt (Figuur 2-3).



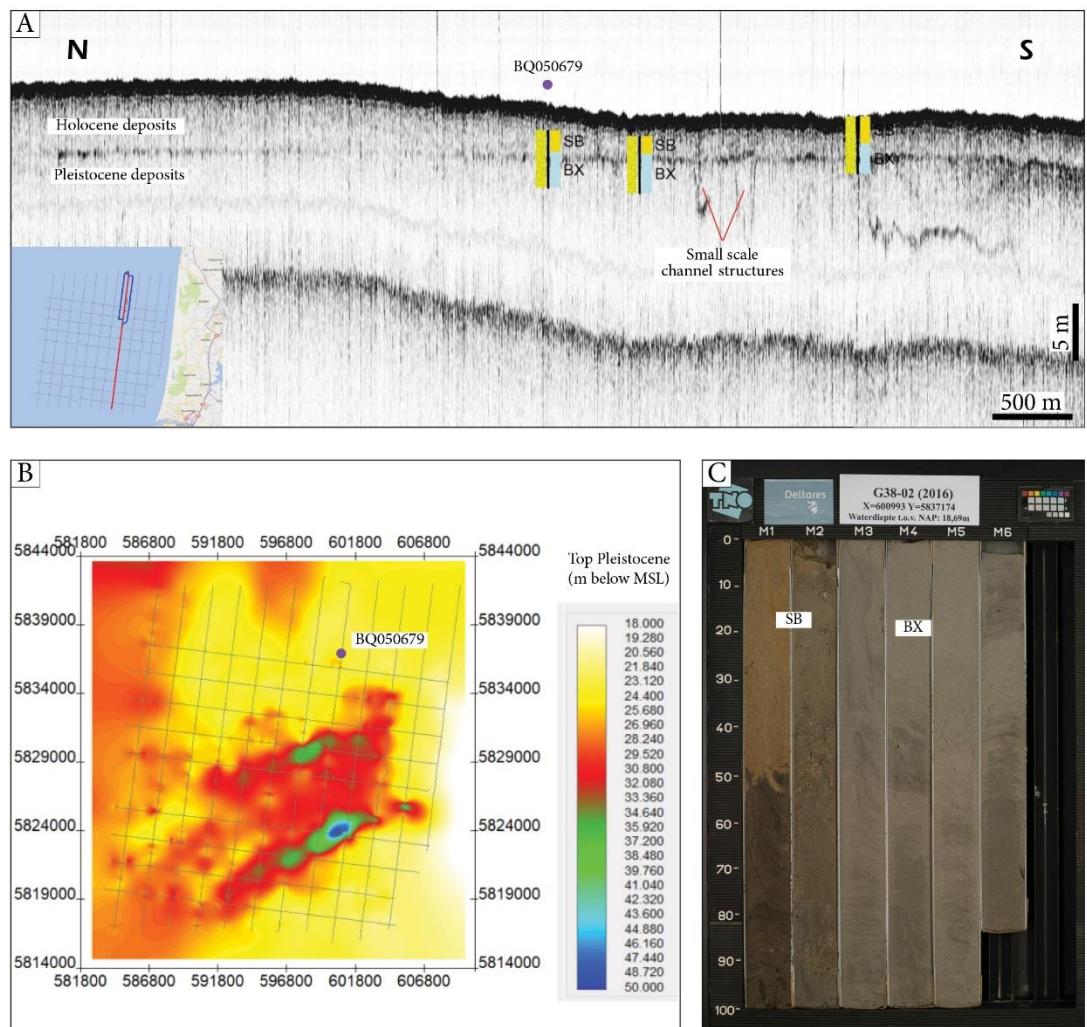
Figuur 2-3 Onderzoeksgebied Tweede Maasvlakte met de interpretaties van Van Heteren et al. (2002) en Vos (2019).

3 Kartering

3.1 Bergen

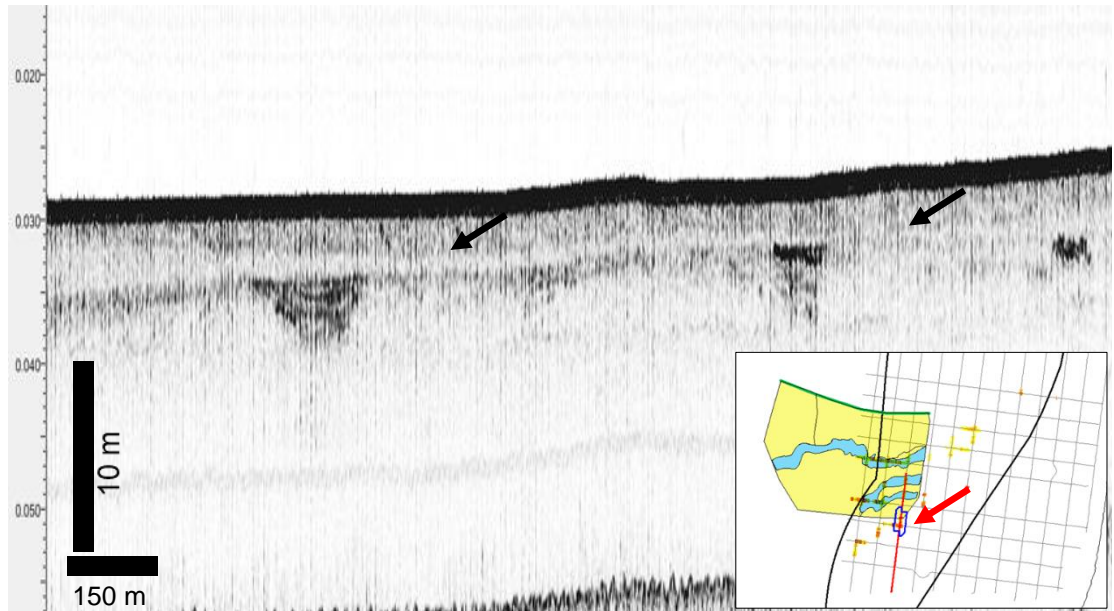
3.1.1 Data-interpretatie

Voor de interpretatie van de seismiek en boringen in dit gebied is gebruik gemaakt van de activiteiten binnen het DIS 3.1-project en een daartoe bijdragend stage-onderzoek (Kooij, 2024). Het werk van Kooij heeft vooral bijgedragen aan een betere begrenzing van het gebied waar getijdengeulen in het Zeegat van Bergen de top van het T0-landschap omgewerkt hebben en archeologische vondsten uit de T0-periode vrijwel zeker niet meer *in situ* aanwezig kunnen zijn (Figuur 3-1).



Figuur 3-1 A) Seismische lijn met daarop de Pleistocene afzettingen en de erosieve grens tussen deze en de Holocene afzettingen. B) Een grid met de diepteligging van de top van de Pleistocene afzettingen. In het algemeen ligt deze top steeds dieper richting het westen. De diepere ligging in het centrale deel van de kaart wordt veroorzaakt door getijdengeulen die de top van het Pleistoceen omgewerkt hebben. C) Boring BQ050679 laat de overgang zien van de Holocene afzettingen van de Southern Bight Formation (SB) naar de Pleistocene afzettingen van de Formatie van Boxtel. *Figuur afkomstig uit Kooij (2024).*

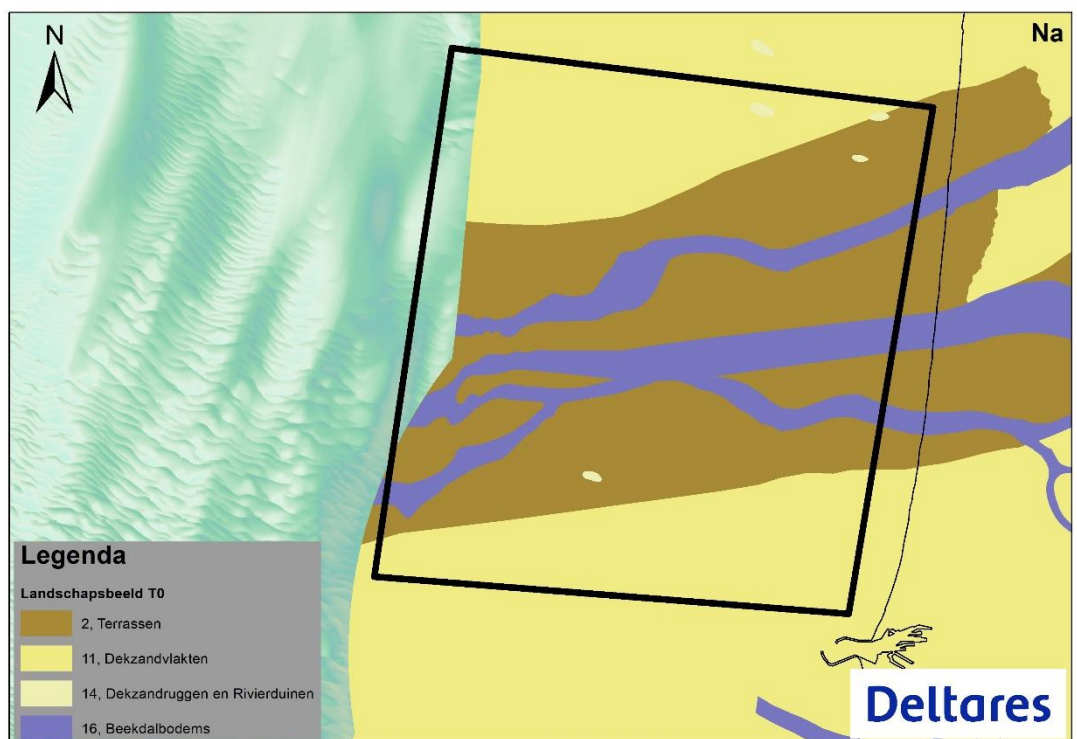
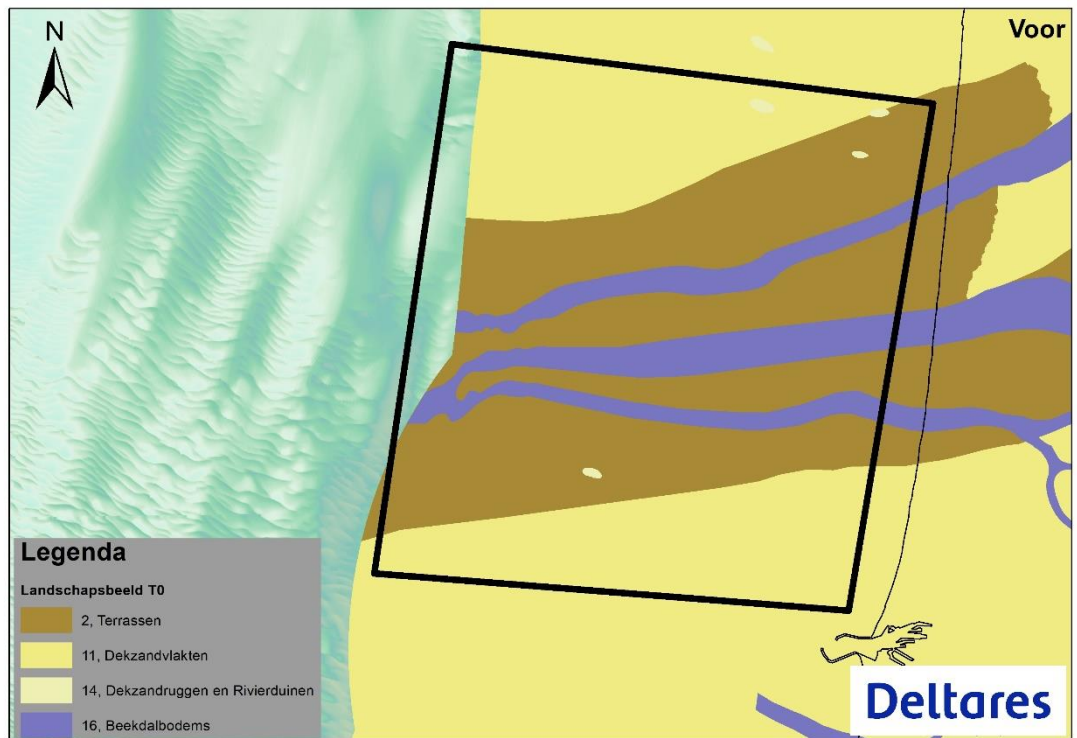
In aanvulling op het werk van Kooij, is binnen het DIS-project ook specifiek gekeken naar het voorkomen van beeksystemen die actief waren voor de verdrinking van het gebied in het Holoceen. Een aantal van deze beeksystemen ligt binnen het HKN-gebied en zijn daar op basis van de vele seismische lijnen reeds in detail gekarteerd {Hijma, 2020 #2087}. Voor het DIS-project zijn de gehele Bergen-dataset en andere seismische lijnen geïnterpreteerd. Hierbij is een nieuwe tak van het beekstelsel herkend en is een aanvullend deel van eerder herkende beeksystemen gekarteerd. De 'nieuwe' tak ligt aan de zuidrand van het grote Vecht-Eem beekdal en alleen de diepere delen van de geulopvulling lijken bewaard (Figuur 3-2).



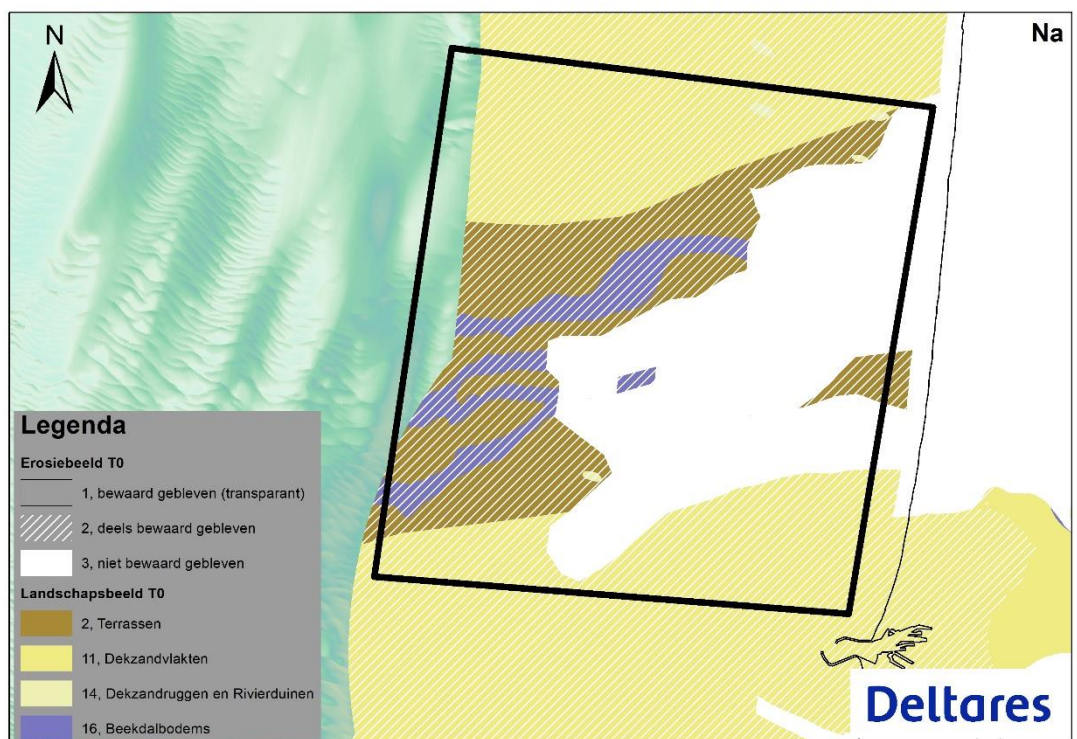
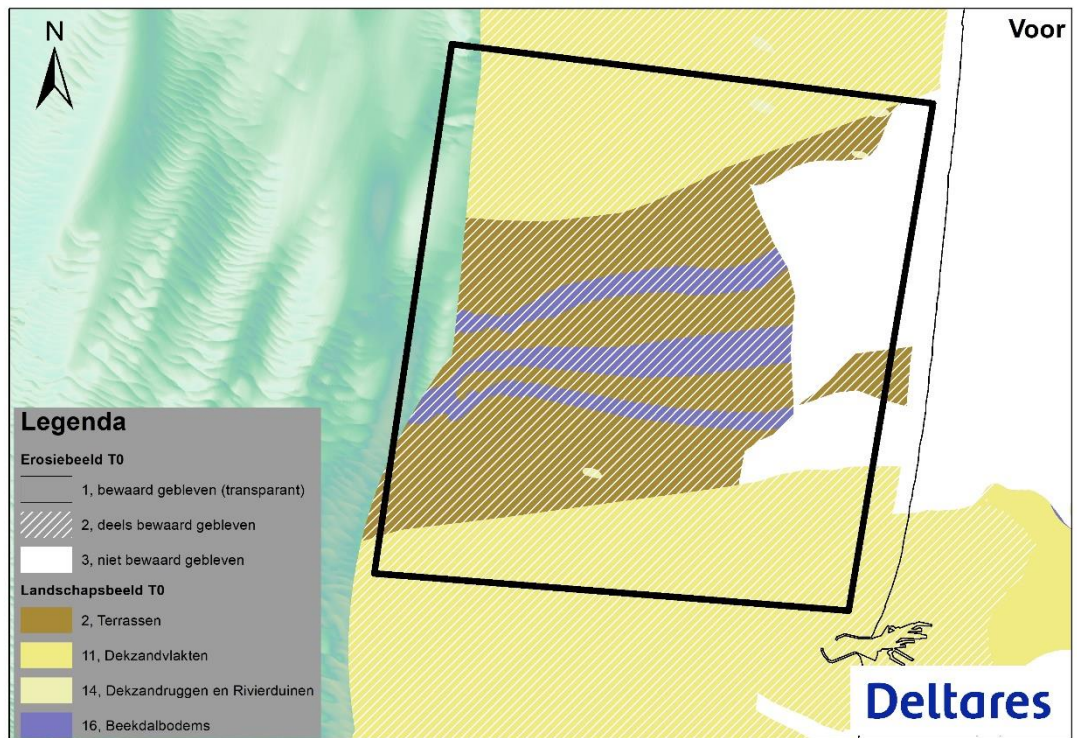
Figuur 3-2 De seismische lijn laat twee voorbeelden zien van bewaarde geulopvullingen (bij de zwarte pijlen) waarvan de bovenkant geërodeerd lijkt. De geulen liggen ten zuiden (rode pijl) van de eerder gekarteerde systemen (blauwe vormen).

3.1.2 T0-kaart aanpassing

De figuren hieronder geven een overzicht van de aanpassingen in de T0-kaart. Figuur 3-3 laat de aanpassingen in de landschapszoneskaart zien, met duidelijke wijzigingen in de ligging van de 'beekdalbodems'. Figuur 3-4 laat de wijzigingen zien voor de erosiestatus, met een flinke uitbreiding van het gebied waar de top van T0-landschapszones volledig geërodeerd is.



Figuur 3-3 Boven: uitsnede T0-kaart met landschapszones (versie 2021). Beneden: uitsnede T0-kaart (2024) met de landschapszones na de aanpassing.



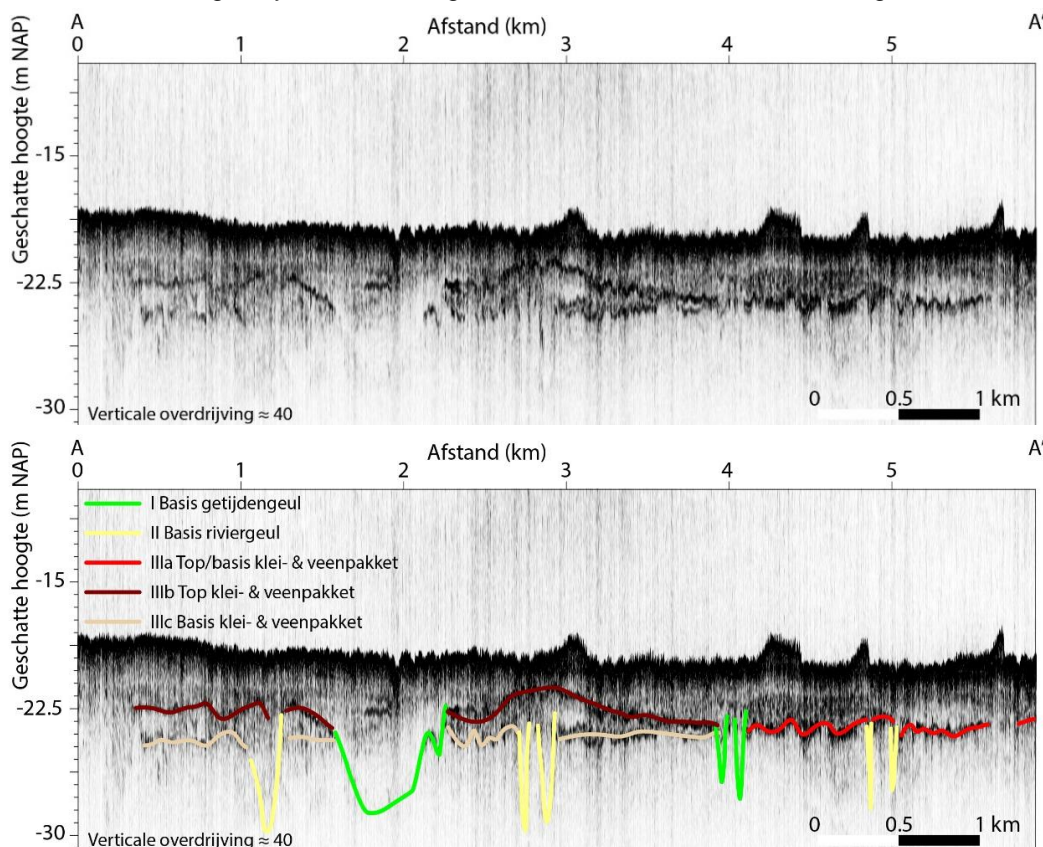
Figuur 3-4 Boven: uitsnede T0-kaart met erosiestatus (versie 2021). Beneden: uitsnede T0-kaart (2024) met erosiestatus na de aanpassing.

3.2 Tweede Maasvlakte

3.2.1 Data-interpretatie

Alle beschikbare digitale seismische lijnen zijn voor dit project bekeken met behulp van S&P Kingdom Software. Lijnen die doorlopen tot buiten het feitelijke onderzoeksgebied zijn ook buiten het gebied bekeken. Elke lijn is beoordeeld op het voorkomen van horizonten die gekoppeld kunnen worden aan de volgende eenheden (Figuur 3-5):

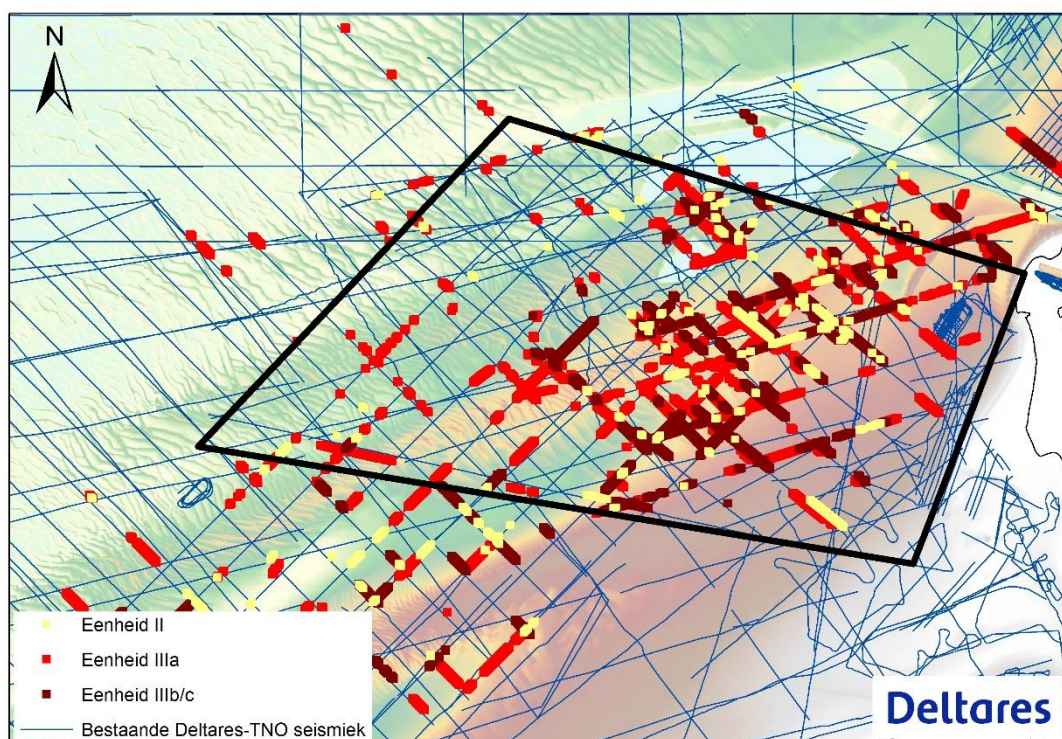
- I. Opgevulde geulsystemen die fluviaatiele komafzettingen en veenlagen doorsnijden en dus stratigrafisch jonger zijn: met name Formatie van Naaldwijk, omvat mogelijk ook (estuariene) zoetwatergetijdensystemen van de Formatie van Echteld. De ligging van deze systemen zal voor een belangrijk deel beïnvloed zijn door de ligging van de systemen van Eenheid II, waarbij de fluviaatiele systemen van Eenheid II langzaam zijn overgegaan in getijdengeulsystemen;
- II. Opgevulde geulsystemen die ingebed liggen in fluviaatiele oever- en komafzettingen en de bron vormen voor deze afzettingen: Formatie van Echteld (Rijn-Maas) en Formatie van Koewacht (Schelde);
- III. Oever-, kom- en moerasafzettingen: gecombineerde eenheid die klei- en veenlagen omvat van het Laagpakket van Wijchen (Formatie van Kreftenheye), Formatie van Koewacht, de Basisveen Laag (Formatie van Nieuwkoop) en de Formatie van Echteld. Het is een complexe eenheid, ontstaan in het mondingsgebied van Rijn, Maas en Schelde. Soms wordt de gecombineerde eenheid gekarakteriseerd door één duidelijke reflector (IIIa), soms kunnen zowel de boven-(IIIb) als onderkant (IIIc) onderscheiden worden door een reflector. Meestal betekent dit laatste dat de eenheid dikker is dan bij één zichtbare reflector. Op sommige locaties loopt IIIb door over een geulstelsel, in die gevallen is eenheid IIIc niet aanwezig.



Figuur 3-5 Voorbeeld van de aanwezige structuren in een seismische lijn en de geïnterpreteerde horizonten. Het betreft lijn 'beton_2001_lijn07'. Zie Figuur 2-2 voor de ligging van de het gedeelte van deze lijn.

Voordat dieper ingegaan wordt op de interpretatie, is het goed te beseffen dat het koppelen van een bepaalde horizont/reflector aan een geologische eenheid lang niet altijd eenduidig is, bijvoorbeeld omdat 1) reflectoren soms meer of minder goed zichtbaar zijn, 2) de reflector van karakter verandert doordat de sedimentologie van een bepaalde geologische eenheid ruimtelijk varieert of 3) er complexe versnijdingen plaatsvinden. Bij een vergelijk van de interpretaties in de lijnen, bijvoorbeeld bij elkaar kruisende lijnen, worden dan soms ook tegenstrijdige interpretaties zichtbaar. Er zijn daarom altijd meerdere, iteratieve, interpretatierondes nodig, waarbij ook boringen bekeken worden en er een zekere vertrouwdheid met de data ontstaat. Voor het huidige project is hiermee een goede start gemaakt en zijn de geologische hoofdkenmerken van het gebied zichtbaar geworden. Het was echter binnen het project niet mogelijk om voldoende interpretatierondes uit te voeren voor het in detail karteren van bepaalde geulstructuren of het maken van geïnterpoleerde grids van de verbreiding van de geologische eenheden. Dit neemt niet weg dat er veel vooruitgang is geboekt en dat er een goede basis ligt voor een vervolgproject (denk aan afstudeerder, zie ook hoofdstuk Aanbevelingen) en ook zijn de eerste aanpassingen aan de T0-kaart gemaakt.

Figuur 3-6 laat zien waar eenheden II en III onderscheiden worden. Eenheid III komt in een aanzienlijk deel van het onderzoeksgebied over grote afstanden voor, wat inhoudt dat het T0-oppervlak ook over grote afstanden bewaard is gebleven. De geulsystemen van Eenheid II worden in de meeste gevallen omgeven voor Eenheid III, maar in gebieden met relatief veel erosie zijn soms alleen de onderkanten van deze geulsystemen bewaard gebleven en komt deze eenheid geïsoleerd voor.

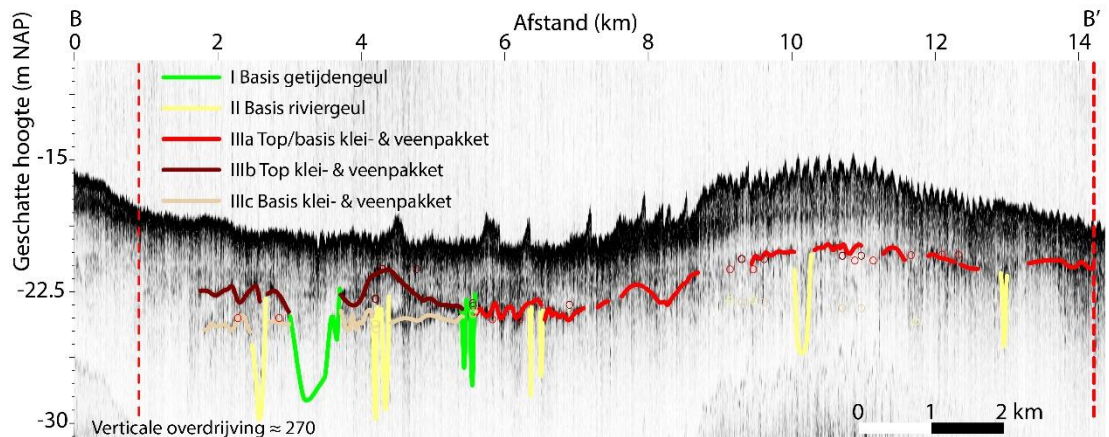


Figuur 3-6 Verbreiding van Eenheden II en III zoals aangetroffen in de beschikbare seismiek.

Van zuidwest naar noordoost laten verschillende seismische lijnen een vergelijkbaar beeld zien, Figuur 3-7 is daar een goed voorbeeld van. Rondom verschillende kleine geulsystemen is in het zuidelijk deel een behoorlijke dikte, gecombineerde Eenheid IIb/c aanwezig. Nabij de geulen is de eenheid het dikst en verder weg van de geulen neemt de dikte af. Vooral nog wordt dit geïnterpreteerd als oever- en komafzettingen van de geulsystemen, waarbij de dikkere oevers direct naast de geulen gevormd zijn. Een andere mogelijkheid is dat

differentiële erosie er voor gezorgd heeft dat de dikte van Eenheid IIIb/c afneemt met toenemende afstand van de geulsystemen. Het feit dat het patroon in meerdere seismische lijnen zichtbaar is maakt het echter waarschijnlijker dat het patroon in dikte tijdens de afzettingsperiode is ontstaan.

Ten noorden van dit patroon, ten westen van MV2, verdwijnen in het algemeen Eenheden IIIb en c en is alleen Eenheid IIIa zichtbaar. De diepteligging van Eenheid IIIa neemt hierbij eerst af en mogelijk verder richting het noorden weer toe. (Dit zou verder uitgezocht moeten worden, zie ook het hoofdstuk Aanbevelingen). De afnemende diepteligging van Eenheid IIIa duidt op een relatief hoge ligging van het gebied rondom MV2 ten tijde van de vorming van IIIa. Dit hoger gelegen gebied wordt geïnterpreteerd als scheidingszone tussen de valleien van de Schelde ten zuiden en die van de Rijn-Maas ten noorden van MV2. Het gedetailleerde geo-archeologische werk bij MV2 laat ook duidelijk zien dat daar geen grote riviersystemen actief waren tijdens de start van het Holoceen (Vos, 2019). Wel is daar een heel netwerk van kleinere geulsystemen aangetroffen die onderdeel zijn van een zoetwaterdelta. Met de stijgende zeespiegel verschoof deze delta steeds verder landwaarts. Zeewaarts is dit systeem aangetroffen in seismiek (Van Heteren et al., 2002), landwaarts is dit systeem uitgebreid onderzocht met behulp van boringen en sonderingen (Van der Woude, 1983; Hijma et al., 2009; Hijma & Cohen, 2011). Toen deze delta zich vormde in het onderzoeksgebied was de zee dusdanig gestegen dat het Schelde en Rijn-Maasmondingsgebied één geheel vormde.



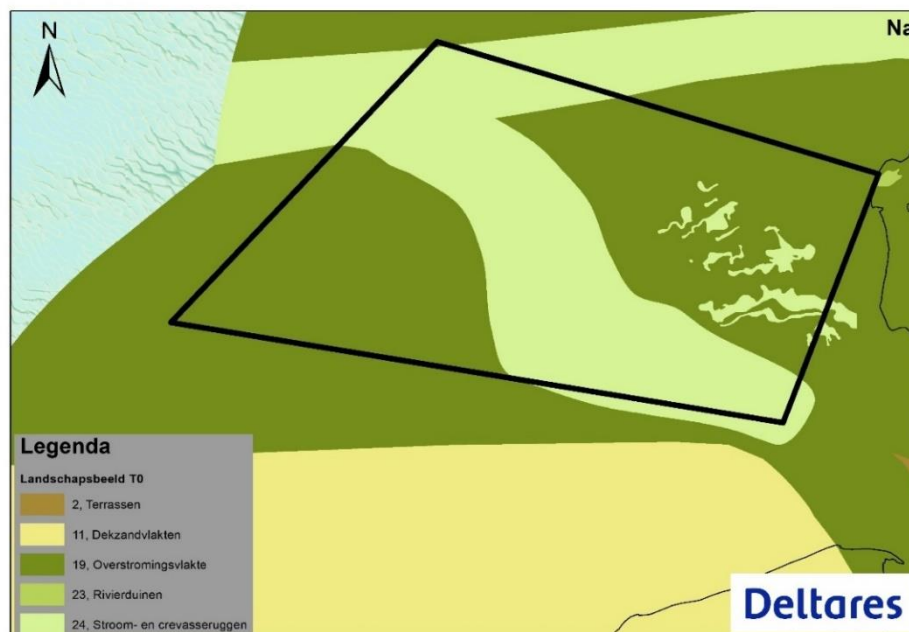
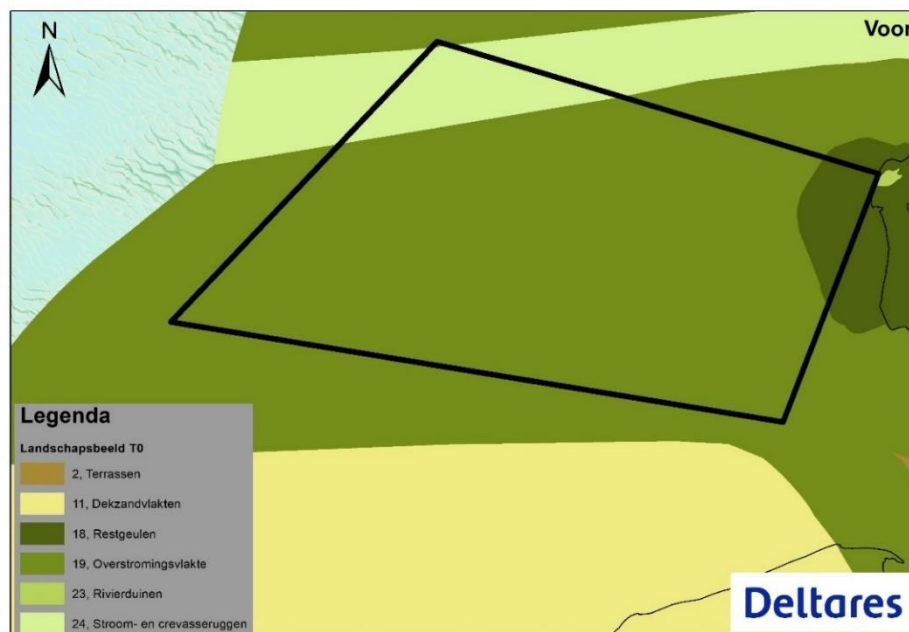
Figuur 3-7 Interpretatie langs lijn 'beton_2001_lijn07'. Zie Figuur 2-2 voor de ligging van de het gedeelte van deze lijn. In het gedeelte tussen 2-7 km liggen Eenheden II en III duidelijk lager dan meer naar het noorden. Dit lagere gedeelte wordt geïnterpreteerd als het paleo-Scheldedal. De rode stippellijnen zijn de grenzen van het onderzoeksgebied.

In het MV2-gebied ontstond de zoetwaterdelta kort na 8450 jaar BP (Vos, 2019), als gevolg van een periode van zeer snelle zeespiegelstijging (Hijma & Cohen, 2019). De door Van Heteren et al. (2002) gekarteerde geulen zijn niet gedateerd, maar gezien de snelheid van zeespiegelstijging en de nabijheid van MV2, zullen deze geulen een vergelijkbare ouderdom hebben.

De klei- en veenafzettingen in het waarschijnlijke dal van de Schelde zijn ouder dan de zoetwaterdelta-afzettingen. Ze zijn gevormd vóór de definitieve verdrinking van het gebied. Dit wordt bevestigd door de beschikbare dateringen (Van Heteren et al., 2002). In BS031138 is de top van de humeuze komkleien bijvoorbeeld gedateerd op 9400 jaar BP. Andere dateringen van de venige en humeuze afzettingen in het paleo-Scheldedal zijn tussen de 9400 en 11000 jaar oud (uit boringen BS031062; BS031134 en BS031135).

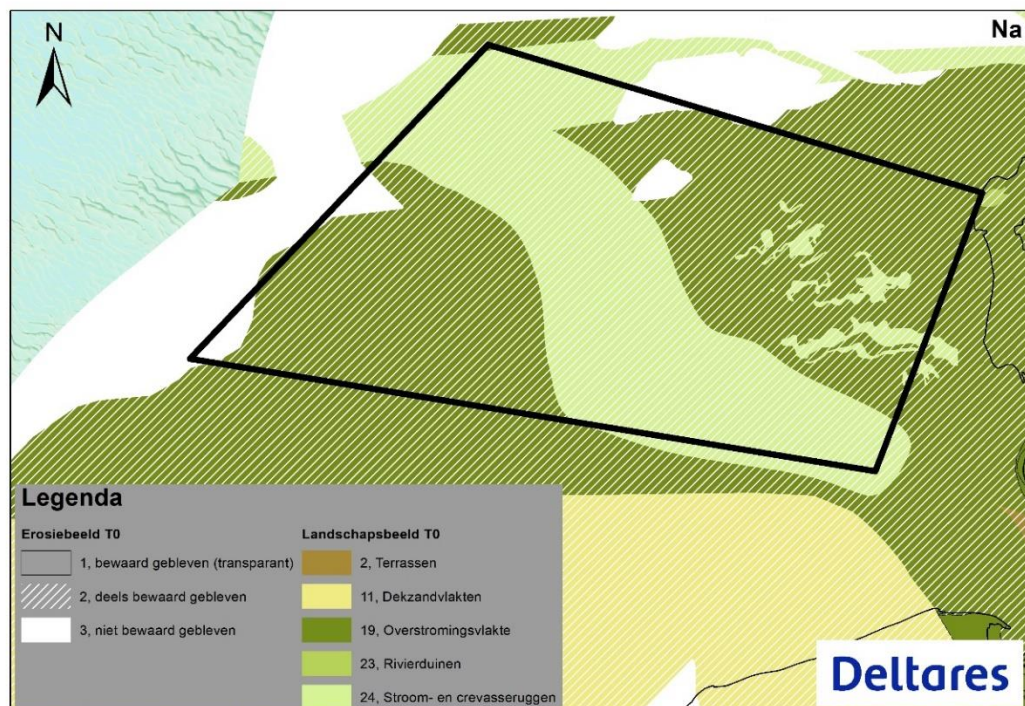
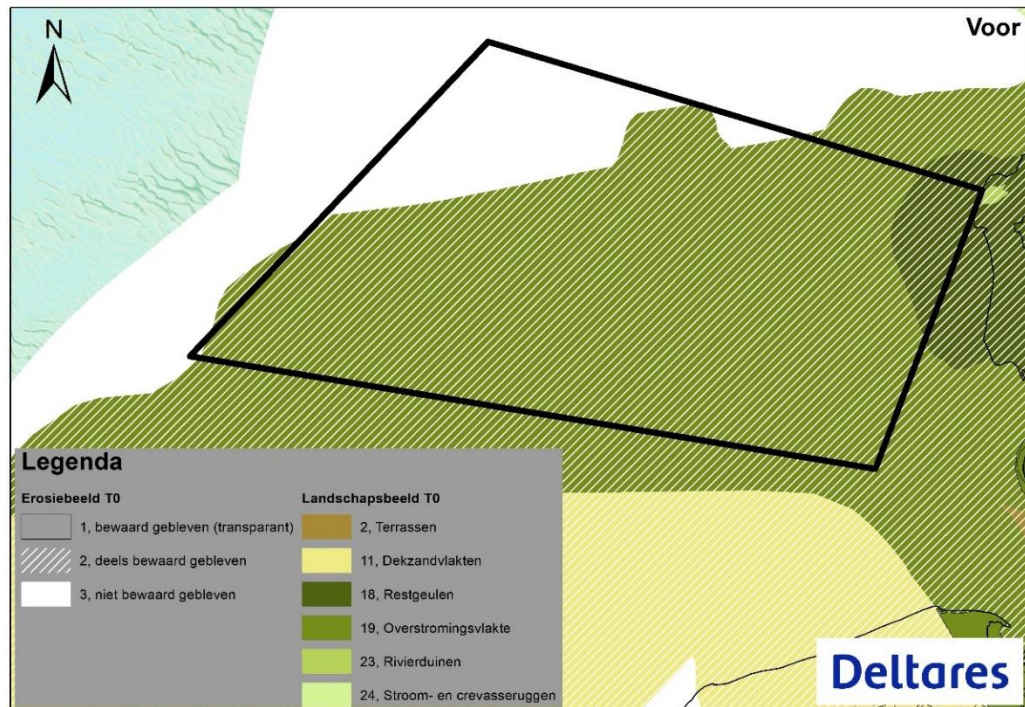
3.2.2 T0-kaart aanpassing

Bovenstaande interpretatie is verwerkt in de T0-kaarten. Figuur 3-8 laat zien dat ten opzichte van de eerste kaart nu de waarschijnlijke ligging van de paleo-vallei van de Schelde is ingetekend. De vallei is relatief breed, breder dan de ingetekende Rijn-Maasvallei. De geulsystemen die door Van Heteren et al. (2002) zijn herkend zijn ook opgenomen. Deze zijn jonger dan de afzettingen in de Schelde-vallei, maar te oud voor T1 en daarom hier opgenomen. In het discussie-hoofdstuk wordt hier nog nader op ingegaan. Een andere aanpassing is gedaan bij MV2, dat eerder foutief als 'Restgeulen' gelabeld was en nu gecorrigeerd is naar 'Overstromingsvlakte'. Omdat enkele lijnen tot buiten het feitelijke onderzoeksgebied zijn geanalyseerd, zijn soms ook aanpassingen buiten dit gebied gedaan.



Figuur 3-8 Boven: uitsnede T0-kaart met landschapszones (versie 2021). Beneden: uitsnede T0-kaart (2024) met de landschapszones na de aanpassing, met als opvallendste wijziging de toevoeging van de paleo-Scheldevallei.

De erosiestatus is aanzienlijk veranderd voor het gebied (Figuur 3-9), met name op basis van de seismiek. Daar waar in de seismiek Eenheden IIIa, b of c zijn onderscheiden is het T0-landschap bijvoorbeeld in ieder geval nog bewaard gebleven. Ter plaatse van diepe zandwinputten is het T0-landschap verdwenen en ook in delen van de Maasgeul, die door baggeren op diepte wordt gehouden. Deze locaties zijn bepaald aan de hand van recente bathymetrie.



Figuur 3-9 Boven: uitsnede T0-kaart met erosiestatus (versie 2021). Beneden: uitsnede T0-kaart (2024) met erosiestatus na de aanpassing.

4 Aanbevelingen

4.1 Tweede Maasvlakte

In overeenstemming met de verwachting (Hijma & Bakx, 2023) heeft een analyse van het dichte netwerk aan seismische lijnen voor de kust van Bergen en MV2 veel bruikbare informatie opgeleverd. Dit heeft geleid tot aanzienlijke veranderingen van de T0-kaarten. Voor het gebied bij Bergen is de data maandenlang geanalyseerd door een student (Kooij, 2024). Voor het MV2-gebied is dit (nog) niet gedaan, dit terwijl de bewaarde T0-landschappen daar over een groter gebied aanwezig zijn en afgezet zijn in het complexe afzettingmilieu van de gezamenlijke Rijn-Maas-Scheldemonding. De hier gepresenteerde analyse voor MV2 moet daarom gezien worden als een eerste slag in de analyse van deze data. Er zijn verschillende vervolgstappen denkbaar die door een student opgepakt zouden kunnen worden, onder begeleiding van in ieder geval Deltares en TNO-GDN:

- De analoog beschikbare seismiek digitaliseren;
- Seismische data optimaliseren (reprocessen) voor visuele inspectie;
- Seismische analyse vervolgen, in detail seismische facies karteren;
- Diepte- en diktegrids van de verschillende eenheden maken;
- Paleogeografische kaarten maken, ook op basis van de beschikbare dateringen;
- Aanpassingen aan de T0-kaart;
- Systeem bedenken voor hoe om te gaan met geulsystemen van verschillende ouderdom die binnen 1 periode vallen;
- Systeem bedenken voor het onderscheid maken tussen 'hard' gekarteerde geulsystemen en geïnterpreteerde verbindingen tussen of verlengingen van deze geulsystemen.

4.2 Overige gebieden

De hier beschreven analyse van de gebieden voor de kust van Bergen en de Tweede Maasvlakte was een aanbeveling uit Hijma & Bakx (2023). Een aantal andere aanbevelingen uit dat rapport zijn nog steeds relevant en worden hieronder kort benoemd, voor meer informatie wordt verwezen naar Hijma & Bakx (2023):

- Zandwingebieden: een synthese
 - Breng alle relevante data uit zandwingebieden bij elkaar, met name seismiek en boringen;
 - Karteer op basis van deze informatie relevante paleolandschappen, inclusief de diepteligging.
- Windmolenparken: een synthese
 - Breng alle relevante data uit windmolenparken bij elkaar, met name seismiek, boringen, sonderingen, beschikbare grids en veenverbredingen, palynologisch onderzoek en dateringen;
 - Karteer op basis van deze informatie relevante paleolandschappen en koppel de gebieden aan elkaar.
- Bruine Bank
 - De Bruine Bank is wellicht dé archeologische hotspot in het Nederlandse deel van de Noordzee waar behoorlijk gericht onderzoek gedaan kan worden;
 - Er wordt momenteel vooral onderzoek gedaan door het VLIZ, in samenwerking met TNO-GDN en Deltares;

- Deze samenwerking zou weer geïntensiveerd moeten worden, met directe betrokkenheid vanuit RCE. Daaruit zouden onderzoeksvragen naar voren moeten komen en plannen gemaakt moeten worden voor archeologische onderzoek.
- Offshore kaarten: Begraven Landschappen en archeologische potentie
 - De Begraven Landschappenkaart strekt zich momenteel uit tot de 12-mijlsgrens. Als bovenstaande onderzoeken uitgevoerd zijn, dan kan deze kaart veel verder de Noordzee opgetrokken worden voor de T0-situatie. Wellicht niet direct voor alle gebieden, maar door deze kaart de komende jaren/decennia regelmatig te actualiseren, wordt langzaam maar zeker een NCP-dekkende kaart verkregen. Het is hierbij ook denkbaar dat voor bijvoorbeeld windmolenparken T0-kaarten gemaakt worden die uiteindelijk, met aanvullend onderzoek, aan elkaar geknoopt kunnen worden.
 - De archeologische potentiekaart van Vonhögen - Peeters et al. (2016) is na meer dan 5 jaar niet meer actueel, omdat er veel aanvullende informatie is vergaard. Deze kaart kan daarom, in samenwerking met het Begraven Landschappenproject, geactualiseerd en gedetailleerd worden. Voor de kust van Zeeland is dit recent reeds gebeurd {Van Heteren, 2022 #2411}.

5 Conclusie

De analyse van de relatief dichte netwerken van seismische lijnen voor de kust van Bergen en de Tweede Maasvlakte heeft veel nieuwe informatie opgeleverd. Dit heeft geresulteerd in aanzienlijke veranderingen van de *Begraven Landschappen* kaart voor periode T0, de periode voor de definitieve verdrinking van deze gebieden. In Bergen zijn de beekdalen in meer detail gekarteerd en is het areaal bewaarde landschappen kleiner geworden. Voor de kust van de Tweede Maasvlakte is mogelijk het paleo-Scheldedal onderscheiden en zijn enkele zoetwaterdeltageulen opgenomen. Het areaal bewaarde landschappen is in meer detail gekarteerd en groter geworden.

De Bergen-data is ook buiten het huidige project recent geanalyseerd (stage-onderzoek en binnen het DIS-project) en door deze gecombineerde inspanningen mag verwacht worden dat aanvullende analyses van deze data niet veel nieuwe informatie zal opleveren. Dit geldt niet voor de MV2-data, waarvoor verwacht wordt dat een intensieve, aanvullende analyse door een student nog veel informatie zal gaan opleveren. Dit wordt mede veroorzaakt door het feit dat er ook nog analoge seismiek beschikbaar is die voor het huidige project niet gebruikt is. Deze aanvullende analyse wordt dan ook sterk aanbevolen.

Literatuurlijst

- Busschers, F.S. et al., 2007. Late Pleistocene evolution of the Rhine-Meuse system in the southern North Sea basin: imprints of climate change, sea-level oscillation and glacio-isostasy. *Quaternary Science Reviews*, 26 (25-28), 3216-3248.
- Busschers, F.S., Van Heteren, S., Westerhoff, W.E., 2013. Het stratigrafische raamwerk voor de geologische opbouw van het zandwingebied Maasvlakte 2: Rapport 1 van het geo-archeologisch en paleontologisch onderzoek zandwingebied en buitencontour Maasvlakte 2, TNO-Geology Survey of The Netherlands, Utrecht, Nederland.
- Cartelle, V. et al., 2021. Sedimentary architecture and landforms of the late Saalian (MIS 6) ice sheet margin offshore of the Netherlands. *Earth Surf. Dynam.*, 9 (6), 1399-1421. 10.5194/esurf-9-1399-2021.
- Cohen, K.M. et al., 2017. Vervaardiging van begraven landschapskaarten voor Holoceen afgedekt Nederland: Kaartlaag T0123 voor RCE's Kenniskaart-portaal, Deltares rapport 1210450-000-BGS-0013.
- Cohen, K.M., Pierik, H.J., Hijma, M.P., Van Onselen, E., Moree, J., 2021. Actualisatie en uitbreiding van begraven landschapskaarten voor Holoceen afgedekt Nederland - 2021 versie kaartlaag T0123 voor RCE's Kenniskaartportaal, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands.
- Fugro, 2018. Geophysical Site Investigation Survey Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone Dutch Sector, North Sea, Fugro report GH216-R3, Nootdorp.
- Fugro, 2019. Geological Ground Model Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone Dutch Sector, North Sea, Fugro report P903749/03. Issues 5., Nootdorp.
- Hijma et al., Subm. Two phases of accelerated sea-level rise in the Early Holocene revealed from North Sea peats. Manuscript submitted at time of release of this dataset.
- Hijma, M.P., Cohen, K.M., Hoffmann, G., Van der Spek, A.J.F., Stouthamer, E., 2009. From river valley to estuary: the evolution of the Rhine mouth in the early to middle Holocene (western Netherlands, Rhine-Meuse delta). *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie en Mijnbouw*, 88 (1), 13-53.
- Hijma, M.P., Van der Spek, A.J.F., Van Heteren, S., 2010. Development of a mid-Holocene estuarine basin, Rhine-Meuse mouth area, offshore the Netherlands. *Marine Geology*, 271 (3-4), 198-211.
- Hijma, M.P., Cohen, K.M., 2011. Holocene transgression of the Rhine river mouth area, The Netherlands/Southern North Sea: palaeogeography and sequence stratigraphy. *Sedimentology*, 58 (6), 1453-1485.
- Hijma, M.P., Cohen, K.M., Roebroeks, W., Westerhoff, W.E., Busschers, F.S., 2012. Pleistocene Rhine-Thames landscapes: geological background for hominin occupation of the southern North Sea region. *Journal of Quaternary Science*, 27 (1), 17-39. 10.1002/jqs.1549.
- Hijma, M.P., Cohen, K.M., 2019. Holocene sea-level database for the Rhine-Meuse Delta, The Netherlands: Implications for the pre-8.2 ka sea-level jump. *Quaternary Science Reviews*, 214, 68-86. doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.05.001.
- Hijma, M.P., Forzoni, A., Mesdag, C., 2020. Heranalyse ondergrondgegevens Hollandse Kust Noord, Deltares report 11204739-0002-BGS-0003.
- Hijma, M.P., Van Onselen, E., 2021. Begraven Landschappen in 12 mijlszone - Werkwijze en onderbouwing, Deltares memo 11205725-002-BGS-000.
- Hijma, M.P., Bakx, E., 2023. Archeologische Monumenten Zorg Noordzee - Aanbevelingen voor onderzoek - Op basis van een overzicht van beschikbare data, Deltares report 11208789-002-BGS-0001.
- Kooij, R., 2024. Offshore mapping of the Holocene Bergen Inlet, North Holland, the Netherlands, Internship report, Deltares.
- Moree, J.M., Sier, M.M. (Eds.), 2015. Interdisciplinary Archaeological Research Programme Maasvlakte 2, Rotterdam BOORrapporten 566.

- Van der Woude, J.D., 1983. Holocene paleoenvironmental evolution of a perimarine fluvial area - Geology and paleobotany of the area surrounding the archeological excavation at the Hazendonk river dune (western Netherlands). *Analecta Praehistorica Leidensia*, XVI (Journal Article), 1-124. Earlier appeared as Ph.D.-thesis (1981), Vrije Universiteit, Amsterdam.; 1-124. Earlier appeared as Ph.D.-thesis (1981), Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Van Heteren, S., Van der Spek, A.J.F., De Groot, T.A.M., 2002. Architecture of a preserved Holocene tidal complex offshore the Rhine-Meuse mouth, the Netherlands, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO - National Geological Survey.
- Van Lil, R., Van den Brenk, S., 2018. Hollandse Kust (Noord): an archaeological assessment of geophysical survey results, *Periplus Archeomare* report 17A007-02, Amsterdam.
- Vos, P.C., Bunnik, F.P.M., Cremer, H., Hennekman, F.M., 2010. Paleolandschappelijk onderzoek Papegaaienkop en Kop van Beer, Deltares report 1201910-000-BGS-0001.
- Vos, P.C., 2013. Geologisch en paleolandschappelijk onderzoek Yangtzehaven (Maasvlakte, Rotterdam), Deltares report 1206788-000-BGS-0001.
- Vos, P.C., Bunnik, F.P.M., Cohen, K.M., Cremer, H., 2015. A staged geogenetic approach to underwater archaeological prospection in the Port of Rotterdam (Yangtzehaven, Maasvlakte, The Netherlands): A geological and palaeoenvironmental case study for local mapping of Mesolithic lowland landscapes. *Quaternary International*, 367, 4-31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.056>.
- Vos, P.C., 2019. Toelichting op de kaart van het oppervlak van de Pleistocene ondergrond en de Vroeg Holocene paleo-landschapskaarten van het Maasvlakte gebied - Port of Rotterdam, Deltares report 11202052-002-BGS-0001.
- Wiersma, A.P., Mesdag, C.S., 2013. Geofysisch onderzoek zandwinput Maasvlakte 2, Deltares rapport 1204969-000-BGS-0002.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl