

# **Update Delfstoffen Informatie Systeem**

DIS 2.1

11202051-002



**Titel**  
Update Delfstoffen Informatie Systeem

<b>Project</b> 11202051-002	<b>Kenmerk</b> 11202051-002-BGS-0008	<b>Pagina's</b> 36
--------------------------------	---	-----------------------



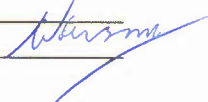
**Trefwoorden**

Zandwinning, delfstoffen, zandkwaliteit, volumeberekeningen, storende lagen, update DIS.

**Samenvatting**

Voor het beheren van de zandvoorraad op zee is kennis van de locaties en de kwaliteit (o.a. de korrelgrootte) van het zand van belang. Daarom is in opdracht van de Dienst Zee en Delta van Rijkswaterstaat bij Deltares/TNO de afgelopen jaren een delfstoffeninformatiesysteem (DIS) ontwikkeld waarmee op een snelle en gerichte manier hoeveelheden winbaar zand voor verschillende winddiepten kunnen worden opgevraagd met verschillende eisen aan zandkwaliteit op regionale schaal.

Dit rapport beschrijft de update van DIS 2.0 naar DIS 2.1 waarbij beschikbaar gekomen informatie, vanaf 2014, is opgenomen in het model, onder andere boringen uit het Geologisch Noordzee onderzoek (2016).

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	jul. 2018	Maike Blauw		Laura Vonhögen			
2	aug 2018	Maike Blauw		Laura Vonhögen		Renée Talens	
3	Dec 2018	Maike Blauw		Laura Vonhögen		Ane Wiersma	

**Status**  
definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1 Kader	3
1.2 Doel van het onderzoek	3
1.3 Leeswijzer	3
<b>2 Werkwijze</b>	<b>5</b>
2.1 Fase 1: Beschikbare informatie	5
2.1.1 Studiegebied	5
2.1.2 Bathymetrische opname	5
2.1.3 Boringen	5
2.2 Fase 2: Datavoorbereiding	8
2.3 Fase 3: Bouwen model zandvoorkomens	10
2.4 Fase 4 : Produceren kaartbeelden	11
2.5 Fase 5: Berekenen volumina	15
2.6 Kwaliteitsprocedure	18
<b>3 Resultaten</b>	<b>23</b>
3.1 Kaarten	23
3.2 Volumes	24
3.2.1 Verschillende scenario's	24
3.2.2 Korte en lange termijn	25
3.2.3 Zandvraag versus zandaanbod: gehele studiegebied	25
3.2.4 Zandvraag versus zandaanbod: Deelgebieden	27
3.2.5 Onzekerheid – strafpuntensysteem	29
3.3 Vergelijk oude en nieuwe volumina	31
<b>4 Synthese</b>	<b>33</b>
<b>5 Referenties</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Kaarten 1a t/m 1e</b>	<b>A-1</b>
<b>B Kaarten 2a t/m 2i</b>	<b>B-1</b>
<b>C Kaarten 3a t/m 3c</b>	<b>C-1</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Kader

Voor een effectief en duurzaam beheer van de zandvoorraad op zee is kennis van de verbreiding en kwaliteit (korrelgrootteverdeling, slibgehalte, kalkgehalte e.d.) van zandlagen in de ondergrond diepte van de Noordzee van belang. Daarom is in opdracht van de Dienst Zee en Delta van Rijkswaterstaat bij Deltares/TNO de afgelopen jaren een delfstoffeninformatiesysteem (DIS) ontwikkeld, waarmee op een snelle en gerichte manier hoeveelheden winbaar zand voor verschillende windiepten (tot 12 m) kunnen worden opgevraagd met verschillende eisen aan zandkwaliteit. Het systeem is een geschikt instrumentarium voor strategische afwegingen over zandwinning op regionale schaal. Een detailanalyse naar de lithologische verdeling van het sediment binnen een potentieel wingebied is met dit model niet mogelijk.

De Noordzee wordt steeds drukker. Om te garanderen dat ook in de toekomst genoeg zand beschikbaar is voor kustlijn­zorg en commercieel doeleinden, is het noodzakelijk om inzicht te hebben op het voorkomen c.q. locaties van essentiële zandvoorkomens. RWS en Stichting LaMER zien hiervoor een belangrijke rol weggelegd voor het DIS. Daarom is het essentieel dat het achterliggende model actueel gehouden wordt met nieuw beschikbare informatie; onder andere de informatie uit het grootschalige onderzoek naar nieuwe zandwinzoekgebieden in 2016 (Blauw et al., 2017).

## 1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het actueel houden van DIS (dit resulteert in DIS 2.1) om Rijkswaterstaat en anderen inhoudelijke argumenten te geven voor strategische discussies met stakeholder te houden met betrekking tot de beschikbaarheid van (voldoende) zand. In de praktijk zijn er beperkingen voor het winnen van zand door bijvoorbeeld de mogelijke aanwezigheid van explosieven (UXO's) en beschermde gebieden met natuurwaarden.

## 1.3 Leeswijzer

De voorliggende rapportage gaat over het DIS 2.1. Wegens minimale wijzigingen in de werkwijze waarmee het achterliggende model berekend wordt ten opzichte van DIS 2.0 is geen nieuw nummer gebruikt (bijvoorbeeld DIS 3.0). Het DIS 2.0 is in 2014 ontwikkeld en het DIS 2.1 in 2018.

In hoofdstuk twee worden de vijf fasen waaruit de werkwijze bestaat beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de winbare hoeveelheden zand worden in kaarten (Paragraaf 3.1) en berekende volumes (Paragraaf 3.2) gepresenteerd.





## 2 Werkwijze

De volledige werkwijze bestaat uit vijf fasen: 1) beschikbare informatie, 2) datavoorbereiding, 3) bouwen model zandvoorkomens, 4) produceren kaartbeelden, 5) berekenen van volumina. Hieronder worden de vijf fasen beschreven die gevolgd is bij de update van DIS (DIS 2.1). Met betrekking tot de update van het DIS model (van DIS 2.0 naar DIS 2.1) zijn voornamelijk aanpassingen geweest voor fase 1 en 5: beschikbare informatie (paragraaf 2.1) en het berekenen van de zandvolumes (paragraaf 2.5).

### 2.1 Fase 1: Beschikbare informatie

#### 2.1.1 Studiegebied

Het studiegebied in DIS 2.0 is het gebied tussen de 12 mijls grens (versie december 2012) inclusief een buffer van 2km aan zeewaartse zijde en de vereenvoudigde NAP -15m dieptelijn.

Voor het huidige studiegebied (DIS 2.1) is de zeewaartse begrenzing gelijk gebleven. De nieuwe 12 mijls grens (versie juli 2017 afkomstig van Rijkswaterstaat) ligt namelijk nog binnen de eerder vastgestelde zeewaartse begrenzing gebaseerd op de 12 mijlsgrens (versie december 2012) plus een buffer van twee kilometer zeewaarts. De nieuwe 12 mijls grens verschilt met de oude 12 mijls grens alleen voor deelgebied 'Wadden' en 'Delta'. Het verschil is niet groot tussen de twee 12 mijls grenzen. Ter hoogte van Schiermonnikoog is de nieuwe grens zeewaarts opgeschoven en ter hoogte van Texel-Vlieland kustwaarts verschoven. Verder is het vrijwel gelijk gebleven.

Ten behoeve van het project "Aanpassen delfstoffeninformatiesysteem DIS naar DIS 3.0", module 1b 'Pilot aansluiting aan de kus't (Maljers et al., 2018) is het studiegebied aan landwaartse zijde uitgebreid tussen IJmuiden en Bergen aan Zee en ter hoogte van Ameland. Deze uitbreiding is niet meegenomen in de berekeningen van zandvolumes en zal verder niet aan de orde komen in dit rapport.

#### 2.1.2 Bathymetrische opname

Het bathymetrische grid wat in deze studie gebruikt is, is gemaakt van de meest recente echolodingen die begin 2017 voor het NCP beschikbaar waren. Deze bathymetrische data zijn beschikbaar gesteld door de Dienst der Hydrografie van de Koninklijke Marine en Dienst Zee en Delta van Rijkswaterstaat en omvatten: single-beam en multi-beam opnamen en oude gedigitaliseerde kaarten. De verschillende opnamen zijn geïnterpoleerd naar grids met 25x25m resolutie en samengevoegd tot één bathymetrisch grid waarin de meest recente meting per gridcell is gebruikt (methode zoals in Van Dijk et al., 2011). Om dit bathymetrische grid van 25m \* 25m bruikbaar te maken voor deze onderliggende studie zijn de gaten, waar geen digitale informatie beschikbaar is, door een "moving average" techniek opgevuld en daarnaast is de resolutie van het gehele bathymetrische grid aangepast naar 250m \* 250m (voxelgrootte van DIS op basis van datadichtheid).

#### 2.1.3 Boringen

Voor DIS 2.1 zijn de volgende aantallen boringen en korrelverdelingen gebruikt, incl. de gegevens in het pilot uitbreidingsgebied kustwaarts (Figuur 2.2):

- 7493 boringen
- 3134 korrelverdelingslocaties waar analyses beschikbaar zijn.

In totaal 8143 unieke locaties voor beiden. Dit zijn boringen die in DINO staan. Er is samen met de opdrachtgever besloten, wegens tijdsplanning, om geen andere (mogelijke) bronnen na te gaan.

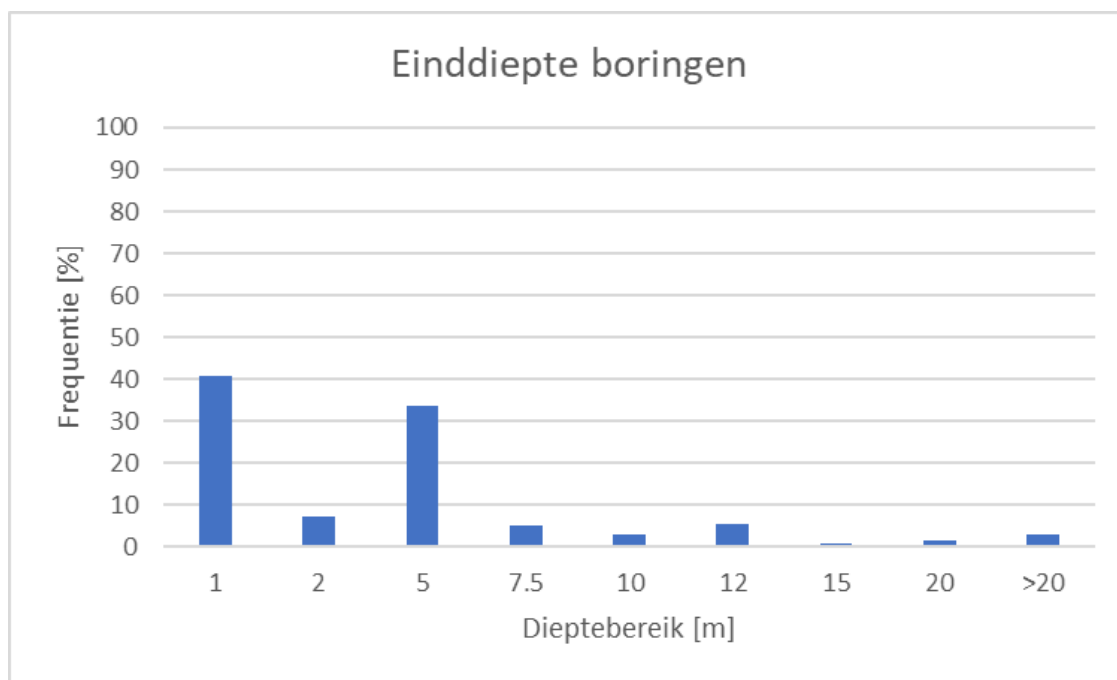
Ten opzichte van DIS 2.0 zijn 922 extra boringen gebruikt, waarvan 701 binnen het studiegebied van 2014 (DIS 2.0) liggen. Deze extra boringen zijn onder andere afkomstig van het Geologisch Onderzoek Noordzee (MER), digitalisering van het papieren DINO NCP archief en van het Deltadienst archief.

Er zijn geen extra korrelverdelingen opgenomen in deze update, ondanks het beschikbaar komen van nieuwe korrelverdelingen (bijvoorbeeld uit het Geologisch onderzoek Noordzee 2017). De reden hiervan is de keuze die gemaakt is, door de opdrachtgever, om voor de berekening van DIS 2.1 de werkwijze voor het verwerken van korrelgrootte analyses niet aan te passen. Hierdoor was het niet mogelijk om nieuw beschikbare korrelverdelingen mee te nemen in DIS 2.1. Uit de extra beschikbaar gekomen boringen, zijn wel de visuele lithologische beschrijvingen meegenomen in deze studie.

Door verschil in tijdsplanning, zijn in DIS 2.1 de verticaal gecorrigeerde boringen uit module 2 (Nederhoff, 2018) niet meegenomen.

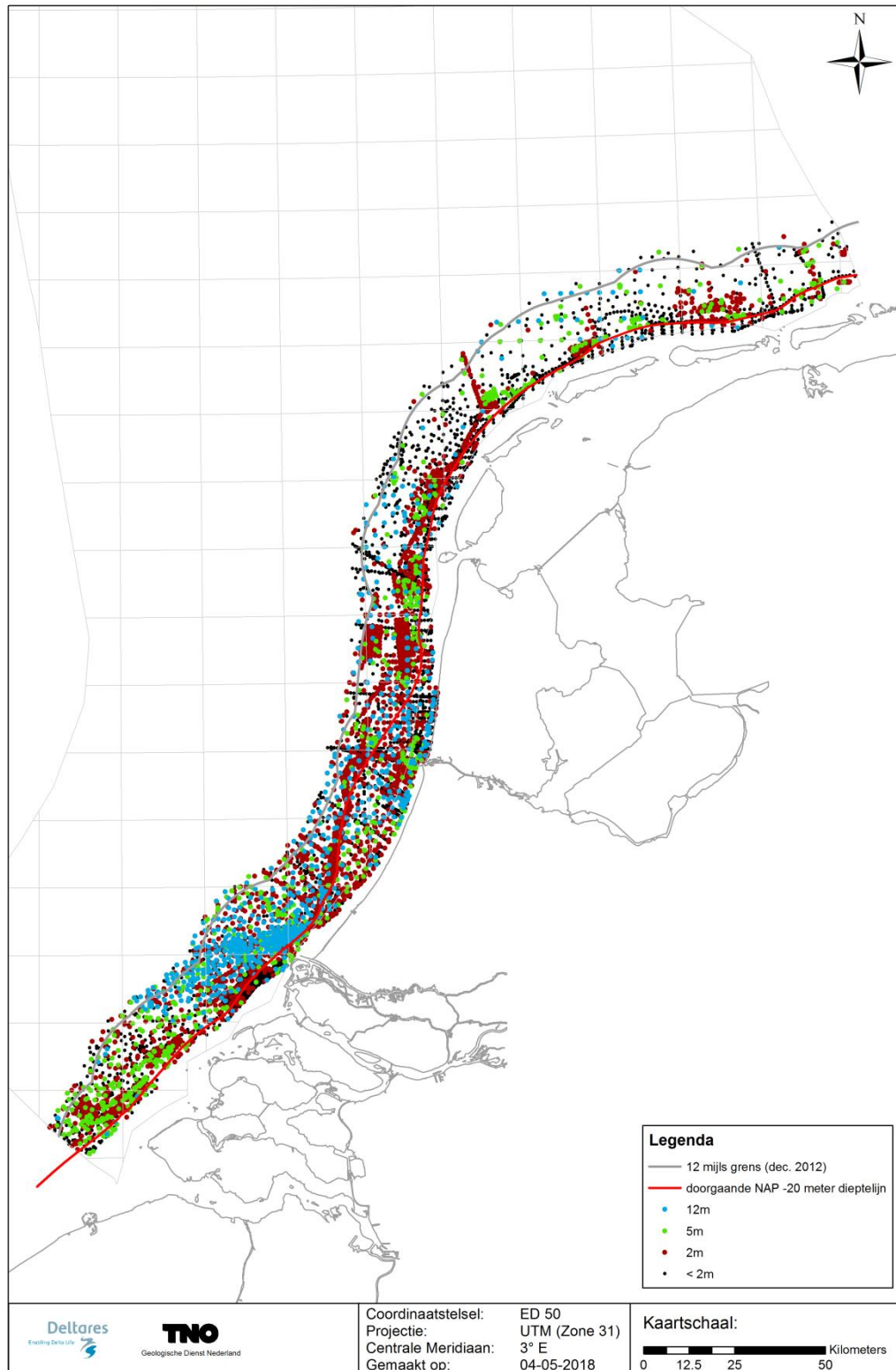
Figuur 2.1 en Figuur 2.2 geven het dieptebereik van de boringen weer. Hierbij is het dieptebereik van de boringen en korrelverdelingen als één variabele weergegeven. Hierbij geldt dat per boornummer het diepste interval wordt genomen. Dat houdt in dat korrelverdelingen afkomstig uit boringen niet apart geteld worden, maar daar wordt gekeken welke het diepste komt en per boornummer, dus 1 einddiepte.

De ondergrens van het model is vastgesteld op 12 m onder de zeebodem. Daaronder is nog een rekenbuffer gezet van 1 meter.



Figuur 2.1 Einddieptebereik (in m) van de boringen (in %)

### Dieptebereik boringen in het studiegebied



Figuur 2.2 Verspreiding en dieptebereik van de boringen in het studiegebied inclusief rekenbuffer (zie ook bijlage A1a).

## 2.2 Fase 2: Datavoorbereiding

De informatie uit de boringen en korrelverdelingen is vertaald naar 8 lithoklassen (Tabel 2.1), 5 schelpenklassen (Tabel 2.2) en 4 slibklassen (Tabel 2.3).

Tabel 2.1 Overzicht van de lithoklasse indeling

Lithoklasse	Indeling
1	Zand fijn (63-105 mu)
2	Zand matig fijn (105-210 mu)
3	Zand matig grof (210-420 mu)
4	Zand grof (420-2000 mu) en grind (>2000 mu)
5	Zandmediaan onbekend
6	Klei/Leem
7	Veen
8	Schelpen

Tabel 2.2 Overzicht van de schelpenklasse indeling

Schelpenklasse	Indeling
1	Geen schelpen (0%)
2	Spoor schelpen (0 tot 1 %)
3	Weinig schelpen (1 tot 10%)
4	Veel schelpen (10 tot 30 %)
5	Schelpen % onbekend

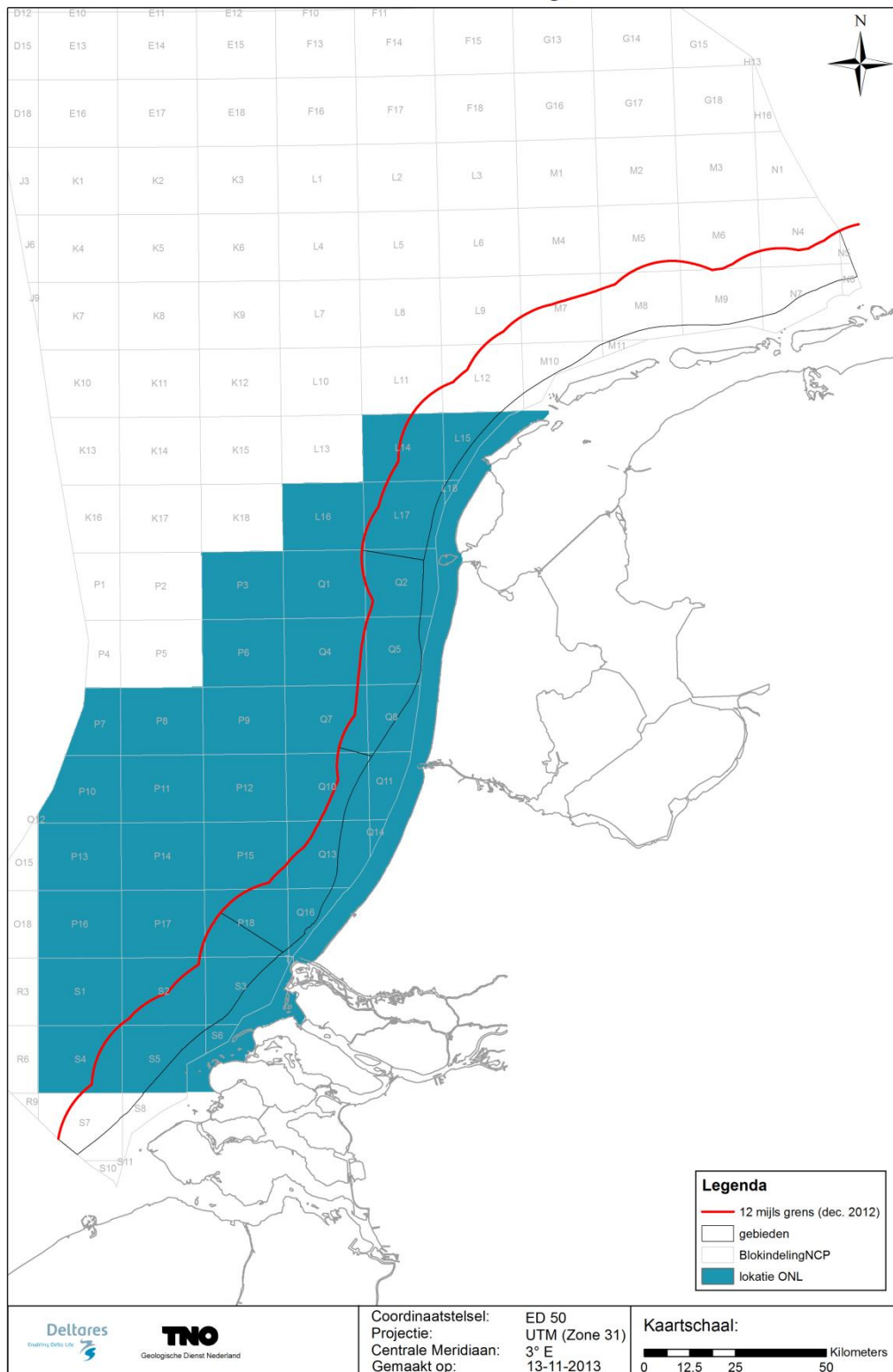
Tabel 2.3 Overzicht van de slibklasse indeling

Slibklasse	Indeling
1	Zwak slibhoudend (0 tot 2%)
2	Matig zwak slibhoudend (2 tot 4%)
3	Matig sterk slibhoudend (4 tot 10%)
4	Sterk slibhoudend (>=10%)

Deze klasse indelingen, en daarmee de gekozen grenzen per klasse, vormen de basis voor de modellering. Deze indelingen kunnen aangepast worden, bijvoorbeeld als blijkt dat er behoefte is aan een verfijning binnen de klassen, er zal dan echter opnieuw gemodelleerd moeten worden.

De beschikbare geologische grids (uitbreiding van ONL, zie Figuur 2.3) zijn conform hun stratigrafische positie onder het bathymetrische grid (ten opzichte van het verticale referentie niveau 'Lowest Astronomical Tide' (LAT)) gehangen en vormen zo top en basis grids (ten opzichte van LAT) van de desbetreffende geologische eenheden. Er wordt geen andere geologische kartering meegenomen dan de hierboven genoemde ONL grids. Er is wel meer geologische informatie beschikbaar, maar deze mist essentiële informatie om te gebruiken in de modellering. De diepteligging van de geologische lagen kan bijvoorbeeld missen of de geologische lagen missen het detail om onderscheid te maken tussen wel of geen stoorlaag.

### ONL kartering



Figuur 2.3 Verbreiding van de geologische grids die gemaakt zijn in het kader van de uitbreiding op de ONL studie.

Zoals eerder genoemd zijn in DIS 2.1 zijn niet de verticaal gecorrigeerde boringen uit module 2 gebruikt, omdat deze pas later beschikbaar waren dan de uitvoering van fase 2. Daarom geldt voor de boorgegevens en de korrelverdelingen dat de waterbodempligging gelijk is gesteld aan de ligging van het bathymetrische grid op de locatie van de puntgegevens. De boringen die gebruikt worden zijn uitgevoerd in de afgelopen decennia en van een groot deel van de boringen is geen informatie beschikbaar over het referentievlak; dit is voor vervolg DIS update wel beschikbaar (Nederhoff 2018). Vooral in gebieden met veel dynamiek kan de ligging van de zeebodem tijdens de uitvoering van de boring anders zijn geweest dan tijdens de bathymetrische opname. Hierdoor zal de gemaakte keuze leiden tot een fout in de verticale plaatsing van de boring en/of korrelverdeling. In het model wordt aangenomen dat deze fout weggemiddeld wordt, omdat de ene boring/korrelverdeling nu wellicht te hoog geplaatst wordt en de andere boring wellicht te laag. Door deze onnauwkeurigheden zijn de resultaten van deze studie wel te gebruiken voor strategische afwegingen maar niet voor detailstudies.

### 2.3 Fase 3: Bouwen model zandvoorkomens

De gebruikte celgrootte voor het 3D grid is visueel afgestemd op de dichtheid van de data (boringen en korrelverdelingen), en is 250 x 250 x 0.5m. Daarnaast wordt er gemodelleerd in "rekenblokken" in verband met beperkingen in rekencapaciteit van de software.

De modellering van de lithoklassen start met het simuleren van zand versus niet-zand, dat houdt in dat lithoklassen 1, 2, 3, 4 en 5 als zand worden beschouwd, en lithoklassen 6, 7 en 8 als niet-zand. Deze interpolatie wordt 10 keer uitgevoerd volgens de Sequential Indicator Simulation methode (SIS, Goovaerts, 1997), en levert 10 even waarschijnlijke voorspellingen ("realisaties"; resultaten van de simulatieprocedure) op van de verdeling zand, niet-zand. Vervolgens worden de zandcellen opgevuld met een schatting van hun zandmediaan door middel van simulatie van lithoklasse 1, 2, 3 en 4 gezamenlijk. Lithoklasse 5 (zandmediaan onbekend) wordt vanaf deze stap in de berekening buiten beschouwing gelaten, omdat deze lithoklasse geen informatie geeft over de zandmediaan. Deze schatting wordt 10 keer uitgevoerd per zand, niet-zand verdeling, in totaal zijn er dus 100 realisaties van de zandmediaanklassen. De niet-zand cellen worden opgevuld door middel van simulatie van lithoklasse 6, 7 en 8. Ook deze simulatie wordt 10 keer uitgevoerd per zand, niet-zand verdeling, resulterend in 100 realisaties van de niet-zandklassen. Vervolgens worden de 100 realisaties van de zandmediaanklassen samengevoegd met de 100 realisaties van de niet-zandklassen. Deze realisaties zijn statistisch gezien even waarschijnlijke voorspellingen.

De modellering van de slibklassen vindt in één stap plaats. De vier slibklassen worden 10 keer gesimuleerd, resulterend in 10 even waarschijnlijke voorspellingen van de slibklassen. Ditzelfde geldt voor de modellering van de schelpenklassen, resulterend in 10 even waarschijnlijke voorspellingen van de schelpenklassen.

De realisaties van lithoklasse, slibklassen en schelpenklassen laten een korte schaal variatie (ruis) zien die er niet geologisch realistisch uit ziet. Dit is een bekend nadeel van de gekozen berekeningstechniek in combinatie met een beperkte datadichtheid. Om de resultaten er geologisch realistischer uit te laten zien, is er voor gekozen om een zogenoemd "cleaning" algoritme toe te passen op alle realisaties van alle drie de modellen (Deutsch, 1998). Dit "cleaning" algoritme is speciaal ontwikkeld om geologisch onrealistische korte afstand variatie te filteren uit SIS realisaties. Tijdens het "cleaning" proces wordt, a-posteriori, op elke locatie (x,y,z) de waarde van een realisatie vervangen door de meest waarschijnlijke waarde gebaseerd op een lokale zoekcirkel, per realisatie. Het cleaning algoritme wordt per deelgebied uitgevoerd. Per deelgebied worden de parameters dusdanig gekozen dat de lithologische eigenschappen van het model overeenstemmen met de lithologische eigenschappen in de

boringen. Voor meer detail over de werking van het algoritme wordt verwezen naar Deutsch (1998). De variogram parameters voor de interpolatie en de parameters die gebruikt worden in het cleaning algoritme zijn met deze data opnieuw bepaald. Deze parameters zijn voor DIS 2.1 per deelgebied bepaald.

Uit de 100 even waarschijnlijke “gecleande” lithoklasse voorspellingen is een “gemiddeld” model berekend waarbij de verdeling van de gemodelleerde klassen in het model past bij de kansverdeling van dezelfde klassen in de inputdata, gebruikmakend van het zogenoemde Soares algoritme (Soares, 1992). Hetzelfde is gedaan voor de 10 even waarschijnlijke slibklasse voorspellingen en de schelpenklasse voorspellingen. Het resultaat van fase 3 zijn dus drie gescheiden “gemiddelde” modellen, deze worden in Fase 4 samen bevroegd.

#### 2.4 Fase 4 : Produceren kaartbeelden

Met behulp van door de gebruiker op te geven winbaarheidscriteria zijn met de “gemiddelde” 3D modellen, 2D kaartbeelden berekend door voor elke stack van cellen (op elkaar liggende cellen met eenzelfde x en y coördinaat) de winbare hoeveelheid zand over de verticaal te sommeren. De hierbij gebruikte winningscriteria hebben betrekking op:

- Soort zand: typering gemodelleerde klassen naar winbaarheid; voor hoeveel procent is een bepaalde lithoklasse winbaar. In deze studie zijn voor drie types zand winbare volumes berekend: 0-1 zand, 0-4 zand en zand zonder kwaliteitsnorm (totaal zand). 0-1 zand en 0-4 zand zijn twee soorten industriezand, beiden hebben een voorgeschreven korrelgrootteopbouw: 0-4 zand is een grof industriezand waarvan de korrelverdeling loopt van 0 tot 4 m, 0-1 zand is een fijner zand (<1mm) (Van der Meulen et al., 2003). Er kunnen echter ook andere kwaliteitsnormen gebruikt worden.
- Type stoorlaag: welke litho- en slibklassen zijn getypeerd als stoorlaag (niet winbare laag). Hiervoor zijn vier scenario's gemaakt, waarbij het scenario aangeeft waar de stoorlaag uit bestaat (zie Tabel 2.4). De vier gebruikte scenario's zijn voorbeelden, de gebruiker kan hier ook andere keuzes maken.
- Dikte-kenmerken:
  - Hoe dik moet een laag in het model zijn om als “stooraag” te gelden. Met andere woorden hoeveel als “stoor” getypeerde cellen moeten boven elkaar liggen om het geheel als stoorlaag te typeren. Sediment beneden een stoorlaag wordt als “niet winbaar” gezien (zie Figuur 2.6). In deze studie is uitgegaan van 3 waarden, namelijk 0.5m, 1m en 2m. De sedimentlagen die de stoorlaag vormen, hoeven geen aaneengesloten laag te vormen, zie het punt hieronder.
  - Wat is de minimale dikte aan zand tussen als “stoor” gedefinieerde cellen (“tussenzandlaag”) om toch als winbaar te gelden. Indien de zanddikte tussen de als “stoor” gedefinieerde cellen groter is dan het opgegeven criterium wordt het sediment als “winbaar” gezien. De geoorloofde tussenzandlaag heeft geen effect op de stoorlaag als deze al zijn maximale toegestane dikte heeft bereikt (zie Figuur 2.7). In deze studie is voor de dikte van de tussenzandlaag een vaste waarde van 0.5m gehanteerd.
- Diepte-kenmerken: Tot welke diepte wordt de winbare hoeveelheid zand gesommeerd.
- Geologische informatie: Het wel of niet meenemen van geologische informatie in de vorm van grids.gebaseerd op seismiek (die gemaakt zijn in het kader van de uitbreiding op de ONL<sup>1</sup> studie).

Uiteindelijk zijn in totaal 384 combinaties van de hierboven genoemde winbaarheidscriteria doorgerekend (zie Figuur 2.5).

Tabel 2.4 Stoorlaagscenario's


<sup>1</sup> ONL: Onderzoek Nationale Luchthaven 2003

Scenario	
1	Klei, leem, veenlagen
2	Slibklasse 2, 3, 4, klei, leem, veenlagen
3	Slibklasse 3, 4, klei, leem, veenlagen
4	Slibklasse 4, klei, leem, veenlagen

Om uiteindelijk te komen aan winbare hoeveelheden zand voor de verschillende zandkwaliteiten zijn aan de verschillende lithoklassen, winbaarheidspercentages toegekend (zie Tabel 2.5). De verschillende winbaarheidspercentages geven aan hoeveel procent van de voxel meetelt voor de winbaarheid van een bepaalde zandkwaliteit. Een winbaarheidspercentage van 50%, betekent dat een voxel voor 50% van zijn dikte (dus 0.25m) meegenomen wordt bij de berekening van de winbare hoeveelheid zand. Een winbaarheidspercentage van 0% winbaar betekent niet dat er geen zand aanwezig is, maar dat dit zand niet voldoet aan de gestelde norm. De werking van Tabel 2.5 wordt in Figuur 2.4 aan de hand van een voorbeeld toegelicht.

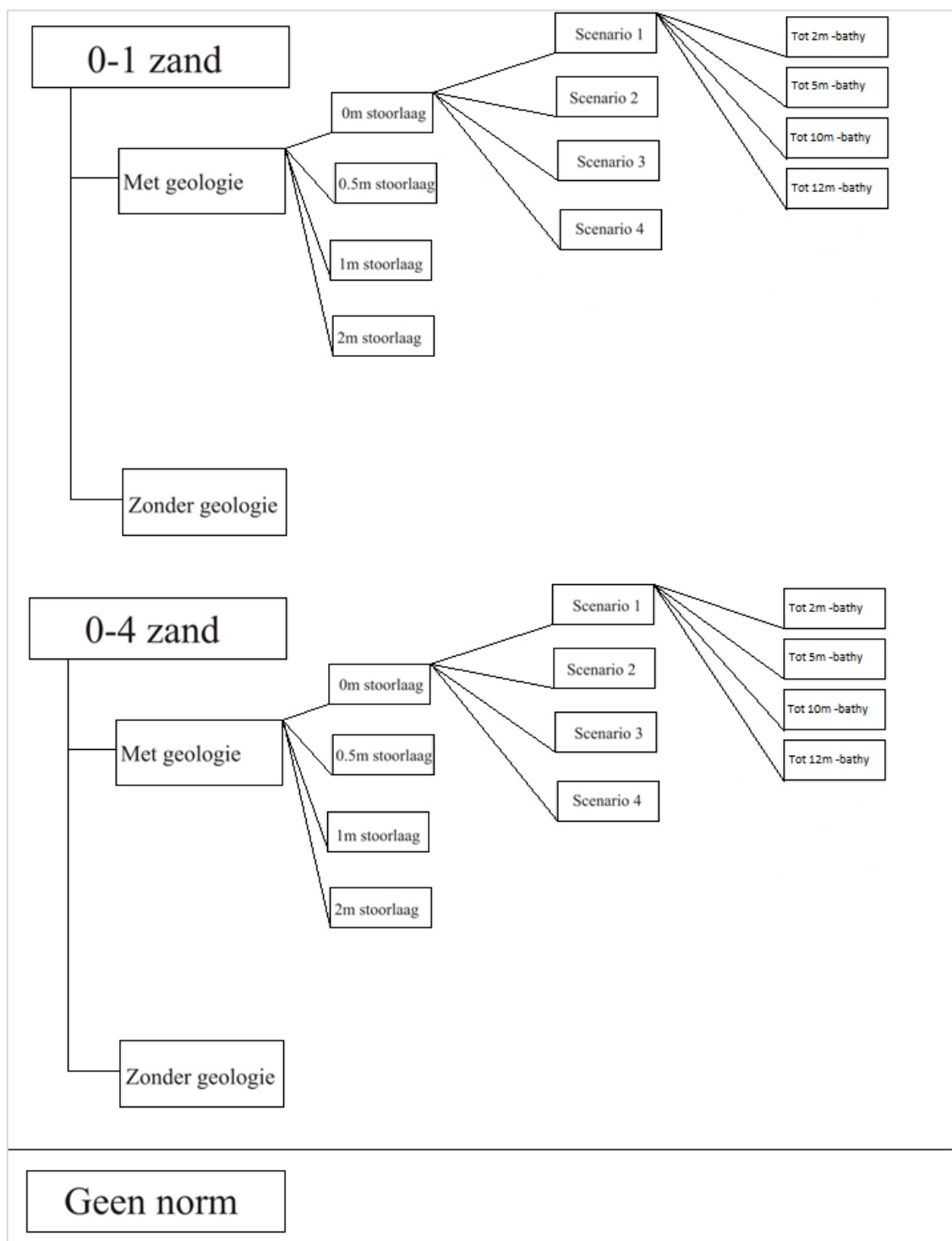
Tabel 2.5 De winbaarheidspercentages van de lithoklassen in het 3D model. Lithoklasse 5 (zand, mediaan onbekend) wordt tijdens de modellering omgezet in lithoklasse 1, 2, 3 of 4. 0% winbaar betekent niet dat er geen zand zit, echter het zand voldoet niet aan de gestelde norm.

Lithologie	Klasse	Zand 0-1	Zand 0-4	Zand, geen norm
Zand (lithoklasse 1, 2, 3,4)	1. zand fijn	0% winbaar	0% winbaar	100% winbaar
	2. zand matig fijn	50% winbaar	0% winbaar	100% winbaar
	3. zand matig grof	100% winbaar	50% winbaar	100% winbaar
	4. zand grof	100% winbaar	100% winbaar	100% winbaar
Niet zand (lithoklasse 6, 7)	Klei, veen	stoor	stoor	stoor
Schelpen (lithoklasse 8)	Schelpen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

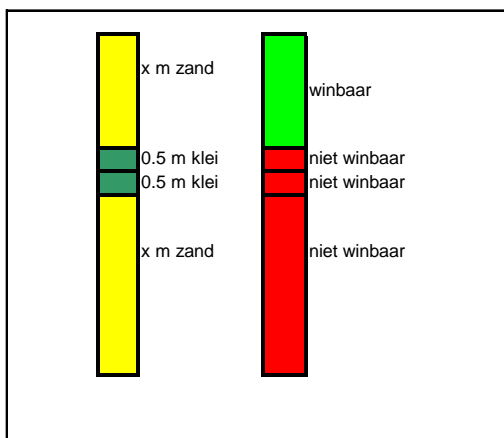
Lithoklasse model	0-1	0-4	Totaal zand
 1 zand fijn	0	0	2
0.5m 3 zand matig grof	0.5	0.25	0.5
0.5m 4 zand grof	0.5	0.5	0.5
3m 2 zand matig fijn	1.5	0	3
Totaal winbaar zand	2.5m	0.75m	6m

Figuur 2.4 Het toepassen van de winbaarheidspercentages op een verticale stack van cellen met lithoklassen om uiteindelijk te komen tot een schatting van de hoeveelheid winbaar zand.





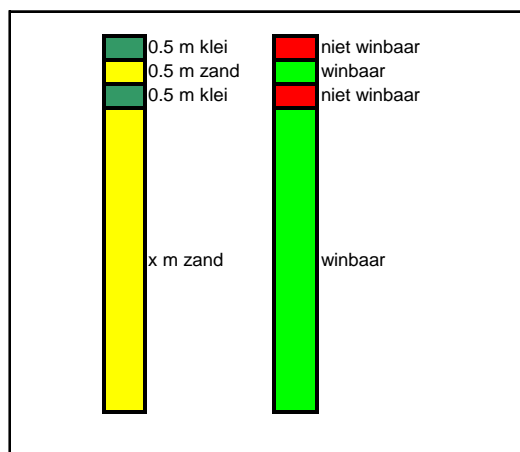
Figuur 2.5 Overzicht van de doorgerekende winbaarkriteriën voor 0-1 en 0-4 zand. De stoorlaag wordt per scenario 1 t/m 4 door een ander soort sediment gevormd. Scenario 1: klei/leem of veenlagen zijn stoorlaag. Scenario 2: Slibklasse 2, 3, 4, klei, leem, veenlagen zijn stoorlaag. Scenario 3: Slibklasse 3, 4, klei, leem, veenlagen zijn stoorlaag. Scenario 4: Slibklasse 4, klei, leem, veenlagen zijn stoorlaag. In de procedure is een belangrijke keuze, het wel of niet gebruiken van de beschikbare geologische grids. Deze keuze zorgt alleen voor een verandering in het gebied waar deze grids beschikbaar zijn (zie Figuur 2.3). Tot slot zijn de winbaarkriteriën ook doorgerekend zonder een kwaliteitsnorm voor het zand, om aan te tonen dat dit tot de mogelijkheden behoort. In totaal zijn 384 winbaarkriteriën doorgerekend.



Figuur 2.6 Illustratie van het toepassen van de winbaarcriteria.

Figuur 2.6 laat zien hoe het toepassen van winbaarcriteria werkt. De kolommen staan voor een verticale stack van gridcellen. In dit voorbeeld wordt klei als stoormateriaal gezien, en de minimale dikte van de stoorlaag die ervoor zorgt dat sediment eronder niet meer winbaar is, is 1.0 m. De linkerkolom laat zien wat voor deze stack cellen het resultaat van de lithoklassenmodellering is. De stoorlaag is in totaal 1.0 m dik en dit houdt in, zoals in de rechterkolom te zien is, dat al het zand vanaf de stoorlaag naar beneden toe als niet winbaar wordt beschouwd. Bij het sommeren van het winbare zand, wordt rekening gehouden met stoorlagen zoals die in de lithoklassen en in het slibmodel zitten (klei/leem/veenlagen en lagen met een slibklasse 2, 3 of 4). De stoorlagen bestaande uit klei/leem/veenlagen worden nooit meegenomen bij het sommeren van de winbare lagen. Ook als ze niet dik genoeg zijn om als stoorlaag bestempeld te worden. Voor sliblagen is dat anders, die worden wel gesommeerd in het winbare zand als de bijbehorende lithoklasse uit het lithoklassemodel 1, 2, 3 of 4 is, totdat de sliblaag voldoet aan de stoorlaagcriteria. In scenario 4 is een laag pas een stoorlaag als er slibklasse 4 gemodelleerd is, lagen met minder slib die in de verticaal boven deze slibklasse 4 laag liggen worden meegeteld met het winbare zand.

In Figuur 2.7 wordt getoond wat het effect is van het meenemen van een criterium voor de maximale dikte van een zandlaag (een zogenaamde tussenzandlaag) die in een stoorlaag mag liggen.



Figuur 2.7 Illustratie van het effect van het meenemen van een minimale dikte van een zandlaag die in een stoorlaag ligt. Zie voor uitleg de tekst.

Er wordt verondersteld dat een stoorlaag bestaat uit minimaal 1 meter niet winbaar sediment ("stoor") en dat een tussenzandlaag 0.5 m dik moet zijn om als winbaar te worden gelabeld. Een stoorlaag kan dus bestaan uit meerdere kleilagen die gescheiden kunnen zijn door tussenzandlagen. De eerste laag klei is 0.5 meter dik en daarmee niet dik genoeg om als stoorlaag te worden gelabeld. Daaronder zit 0.5m zand, die is op zijn beurt dik genoeg om als winbaar (tussenlaag) te worden gelabeld. Daaronder zit weer een laag klei van 0.5 meter. De minimale dikte van de stoorlaag wordt niet bereikt, omdat de tussenzandlaag zich kwalificeert als winbaar en de dikte van de stoorlagen erboven en eronder daarom niet bij elkaar opgeteld mogen worden. De twee kleilagen zijn daarom als niet-winbaar gelabeld, de tussenzandlaag is echter winbaar, evenals het sediment onder de kleilagen.

In de procedure is een belangrijk keuzemoment ingebouwd namelijk het wel of niet gebruiken van de beschikbare geologische grids gebaseerd op seismiek (ONL grids). Met name in gebieden met een lage datadichtheid kan hiermee het model meer op geologie gestuurd worden en daarmee de werkelijkheid beter beschrijven. Op basis van hun lithologische samenstelling worden de Velsen, de Bergen, Borkumriff en de Bruine Bank als niet winbare pakketten gezien, ongeacht hun dikte. De top van de Velsen, de top van de Bergen, de top van het Borkumriff en de top van de Bruine Bank worden daarom als extra criterium gebruikt. Als gekozen wordt voor het 'aanzetten' van de geologische grids zal gesommeerd worden over de verticaal tot aan deze grids.

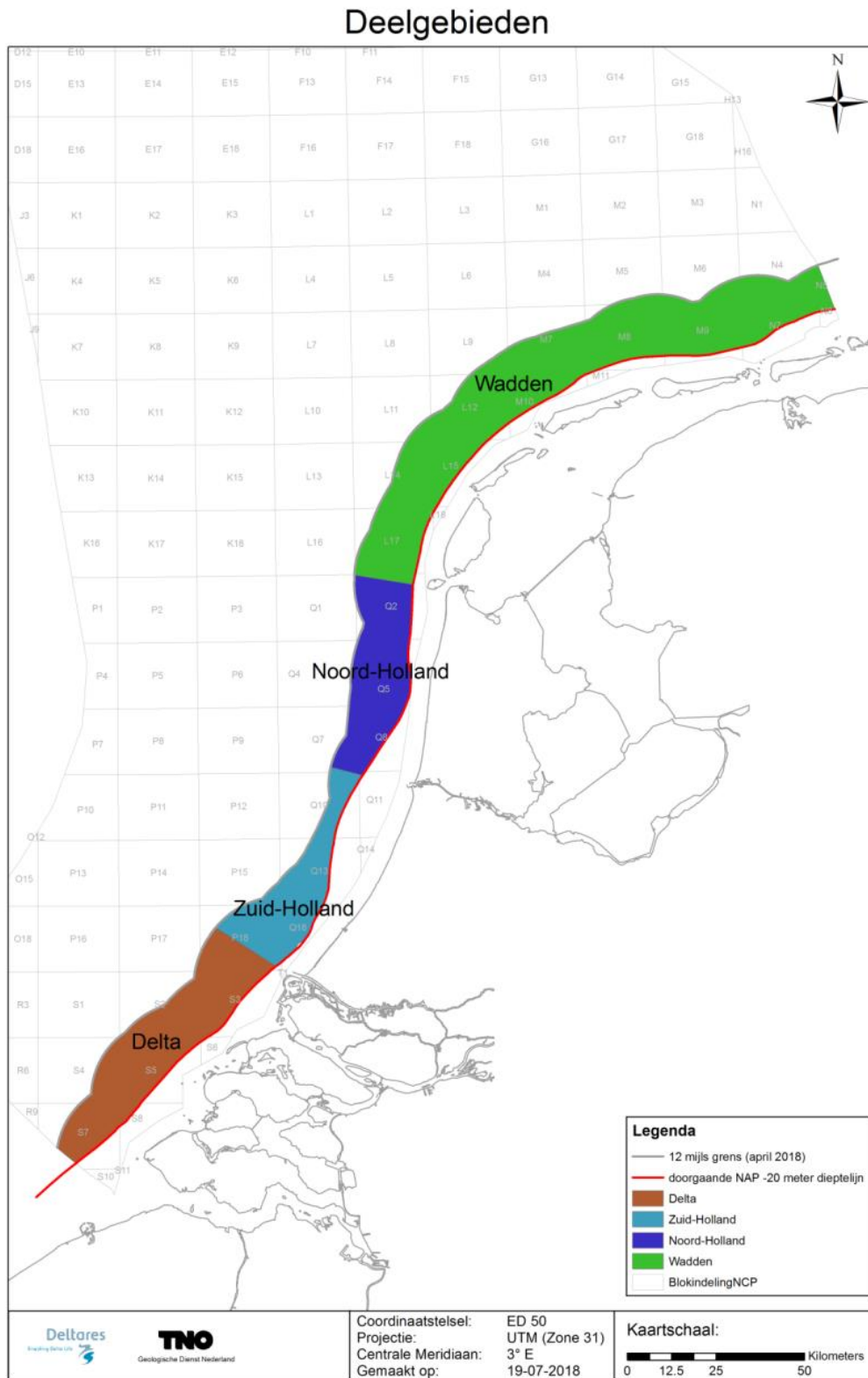
De keuzes die in deze fase gemaakt worden, hebben geen invloed op de onderliggende 3D modellen. Keuzes kunnen daarom relatief eenvoudig aangepast of uitgebreid worden.

## 2.5 Fase 5: Berekenen volumina

Om te komen tot een inschatting van de zandvoorraad zijn de winbare zandvolumes berekend uit 2D kaarten (zie bijlagen B2a-B2i).

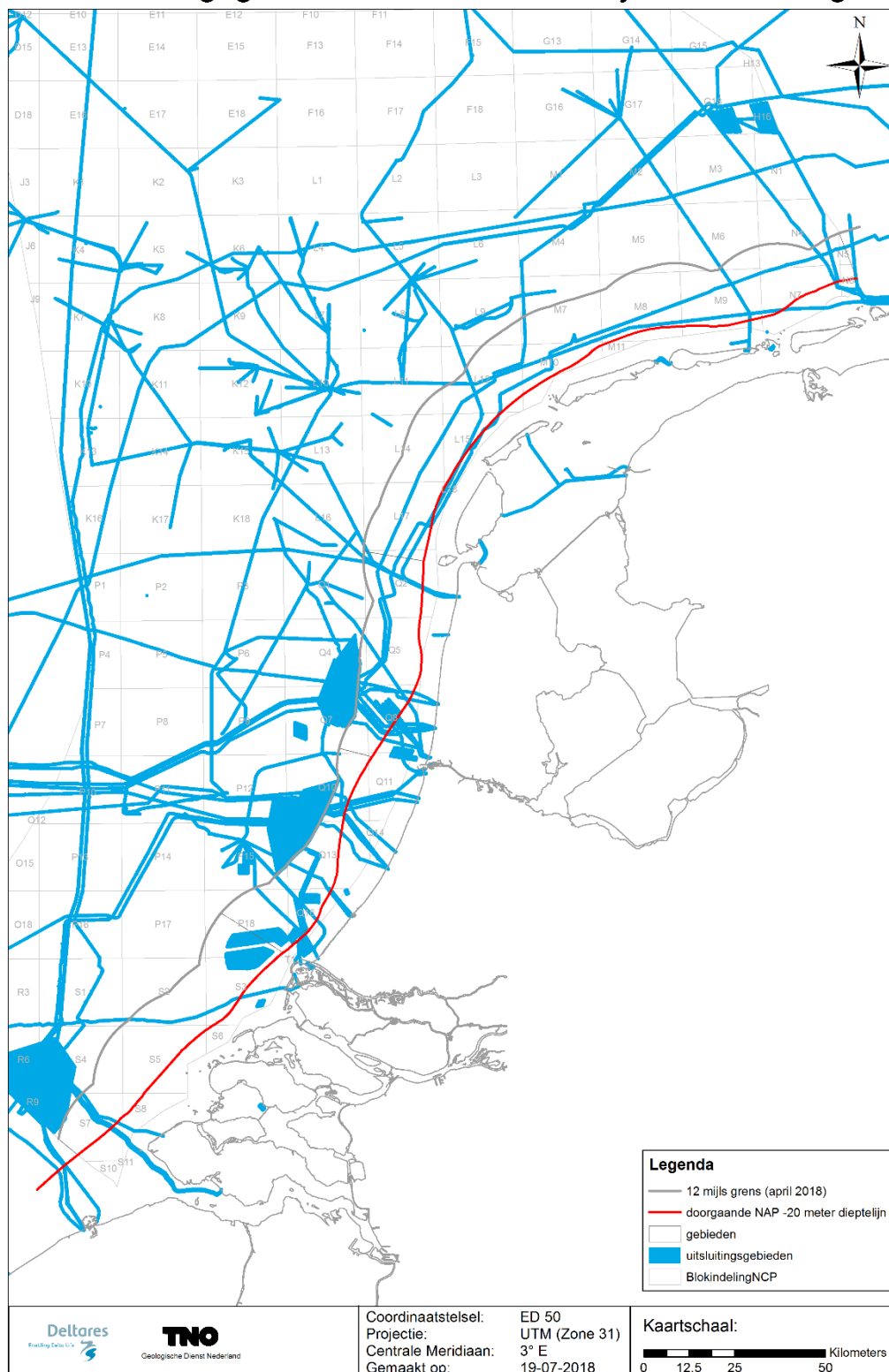
### *Gebied*

Het onderzoeksgebied betreft hierbij de zone tussen de doorgaande NAP -20 meterlijn en de 12 mijls grens langs de Nederlandse kust. In kustlangse richting is het studiegebied onderverdeeld in vier zones: Delta, Zuid-Holland, Noord-Holland en Wadden (Figuur 2.8). Binnen deze gebieden zijn door Rijkswaterstaat uitsluitingsgebieden gedefinieerd, waar het zand op dit moment niet toegankelijk is vanwege ander ruimtelijk gebruik (Figuur 2.9); deze gebieden zijn in de voorraadanalyses voor de korte termijn uitgesloten voor winning. Er zijn enkele uitsluitingsgebieden bijgekomen in 2018 ten opzichte van 2014. Dit heeft met name effect op de volumes winbaar zand op korte termijn voor deelgebieden 'Zuid Holland' en 'Delta'.



Figuur 2.8 Onderverdeling van het studiegebied in de deelgebieden Delta, Zuid-Holland, Noord-Holland en Wadden (zie bijlage A1b).

## Uitsluitingsgebieden voor korte termijn zandwinning



Figuur 2.9 Uitsluitingsgebieden voor korte termijn zandwinning (zie bijlage A1c).

In de huidige studie zijn vier combinaties (resultierend in 4 scenario's) van winbaarheidscriteria gebruikt om de daadwerkelijke winbaarheid te bepalen, dit zijn dezelfde scenario's die gebruikt zijn voor DIS 2.0 (Tabel 2.6). Net als voor DIS 2.0, zijn de meest realistische winbaarheidscriteria die van B2. Daarom zullen de meeste resultaten weergegeven worden voor dit scenario. Maar in het gebouwde systeem kan op basis van voortschrijdend inzicht of noodzakelijke regionale uitzonderingen gemakkelijk een alternatieve combinatie worden doorgerekend.

Tabel 2.6 Vier scenario's met de bijhorende winbaarheidscriteria.

Scenario	Dikte stoorlaag (m)	Lithologie stoorlaag
A	geen stoorlaag	Niet van toepassing
B1	stoorlaag 1,0 m	Klei/leem/veen
B2	stoorlaag 0,5 m	Klei/leem/veen
C	stoorlaag 1,0 m	Slib 3, 4, klei/leem/veen

Aan de hand van deze combinaties van criteria zijn zowel voor het gehele onderzoeksgebied als voor de vier verschillende deelgebieden geautomatiseerd volumes berekend tot een diepte van 2 m, 5 m en 12 m voor het totaal zand (ongeacht korrelgrootte), 0-4 zand, totaal minus 0-4 zand en 0-1 zand (0-4 zand is een grof industriezand waarvan de korrelverdeling loopt van 0 tot 4 mm; 0-1 zand is een fijner zand (<1 mm) dat voor suppletie- en ophoogdoeleinden geschikt is.

#### Korte en lange termijn

In de berekening van winbaar zand is verder onderscheid gemaakt tussen zand dat al op korte termijn (<2050) beschikbaar is en zand dat eventueel op lange termijn beschikbaar zou kunnen zijn. Voor de korte termijn worden bepaalde zandvolumes als niet winbaar beschouwd, omdat er andere gebruiksfuncties dan zandwinning aanwezig zijn (uitsluitingsgebieden) (Figuur 2.9, bijlage A1c). Deze uitsluitingsgebieden betreffen kabels en leidingen, baggerdepots, zandwingebieden voor Maasvlakte 2, platforms en windparken (Hollandse Kust Zuid, Hollandse Kust Noord Borssele), inclusief aangrenzende veiligheidszones. Als veiligheidszone is aangenomen dat binnen 500 m van deze objecten geen zand gewonnen kan worden. Voor kabels en leidingen die niet meer in gebruik zijn, wordt in deze berekening geen veiligheidszone meegenomen.

In dit rapport is het mogelijk voorkomen van explosieven (UXO's) en gebieden met natuurwaarde, waardoor zandwinning ook beperkt kan worden niet meegenomen.

## 2.6 Kwaliteitsprocedure

Gedurende het modelleer- en rekenproces zijn diverse kwaliteitscontroles uitgevoerd om te zorgen dat de uitkomsten correct en reproduceerbaar zijn.

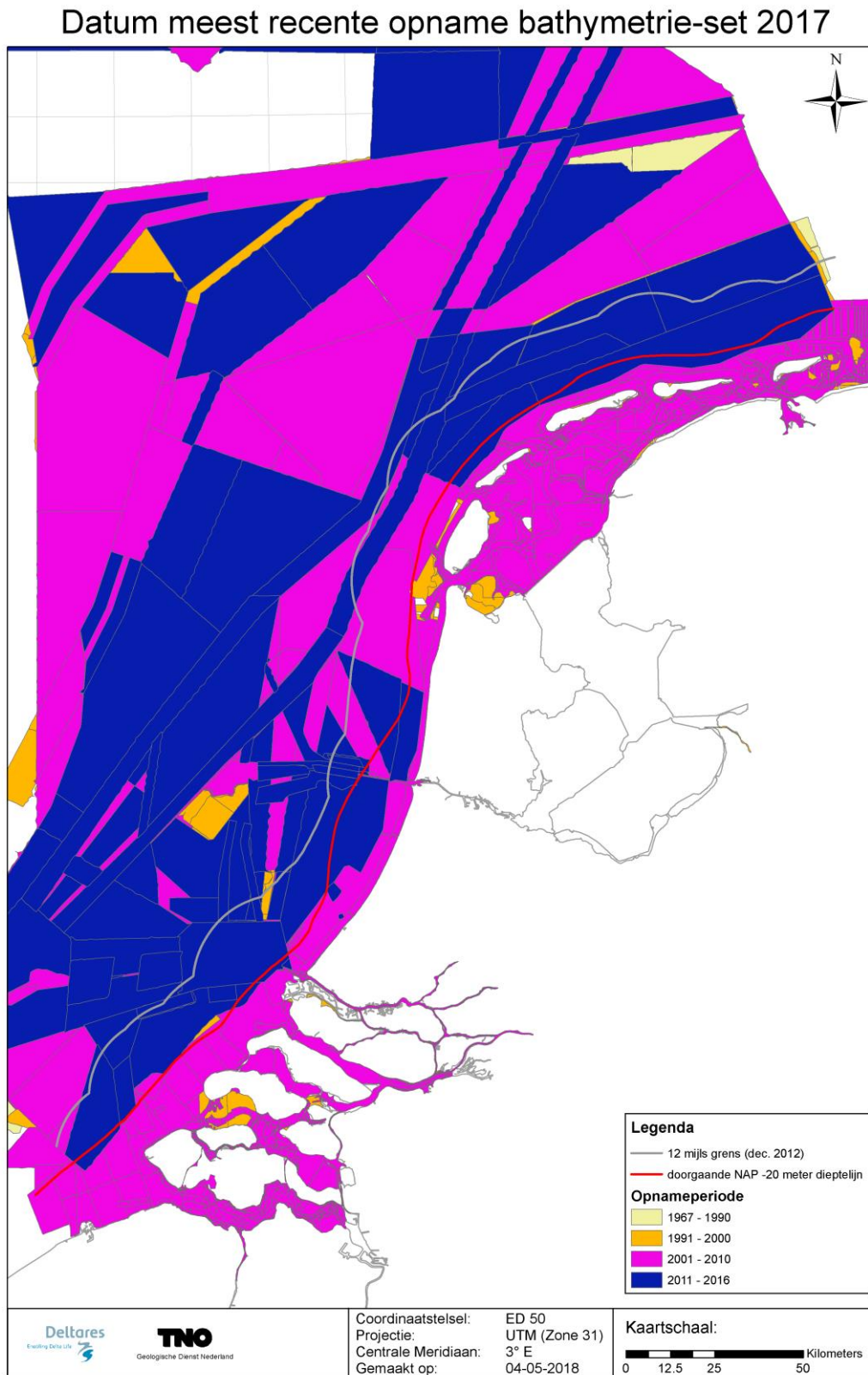
De volgende controles hebben plaatsgevonden:

- Bathymetrie:
  - De opnamefrequentie kan variëren in het studiegebied. Bij een update van de bathymetrische kaart, wordt daarom verschillende opnamedata gebruikt om een gebiedsdekkende kaart te maken. Figuur 2.10 geeft weer de opbouw van de bathymetrische kaart zoals gebruikt in DIS 2.1. Te zien is dat het studiegebied voornamelijk bestaat uit de meest recente opnameset, 2011-2016.
  - Daarnaast is het van belang om inzicht te hebben in de dynamiek van het gebied, om inschatting te kunnen maken over het effect van het plaatsen van de boringen (Figuur 2.11). De dynamiek is een 'gecorrigeerde' lineaire trend – deze correctie zorgt voor een continu beeld ondanks verschillen in de survey. Een nadelig bijeffect

is dat blokken met zandwingebieden niet juist worden gecorrigeerd. Maar over de hele kust genomen geeft het nog steeds een beter beeld dan ongecorrigeerd

- Boringen:
  - Na de extractie van de boringen uit DINO is gecontroleerd of de boringen, welke gebruikt zijn in het voorgaande model, ook in deze boringen set aanwezig waren.
  - Op bestaande boorlocaties is gekeken of er niet een verplaatsing in de ruimte heeft plaatsgevonden, bijvoorbeeld als gevolg van een foutieve coördinaatconversie.
  - Het voorkomen van stoorlagen in de boringen is steekproefsgewijs naast de gemodelleerde stoorlagen gelegd, deze moeten overeen komen.
- Visuele controle van de uitkomsten:
  - Door een geoloog is gekeken of de vorm en voorkomens van zand, klei en veenpakketten geologisch uitlegbaar zijn.
- Stoorlagen:
 

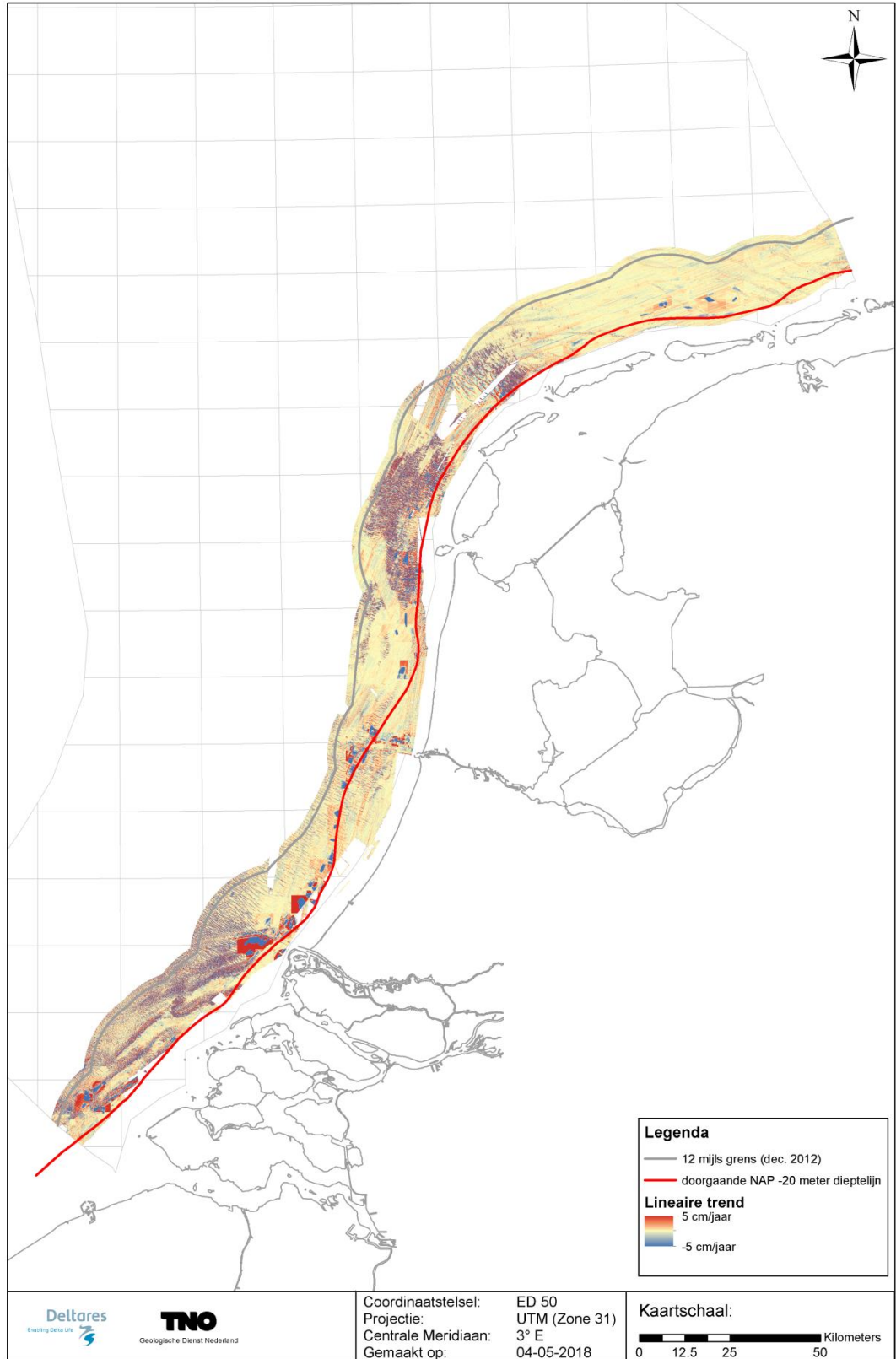
De oude (2014) en nieuwe (2018) stoorlagen zijn naast elkaar gelegd om te kijken of er grote verschillen zijn in de locatie en de diepteligging van de grotere stoorlaag voorkomens (Figuur 2.12, bijlage A1d en A1e). Er zijn kleine verschillen tussen de oude en nieuwe stoorlaag. Het cleaning algoritme wordt per deelgebied uitgevoerd. Per deelgebied worden de parameters dusdanig gekozen dat de lithologische eigenschappen van het model overeenstemmen met de lithologische eigenschappen in de boringen. In de deelgebieden Delta en Zuid-Holland heeft dit geleid tot meer fragmentarische voorkomens van de stoorlaag. De data biedt hier te weinig houvast voor het voorkomen van deze fragmentarische voorkomens. Daarentegen zijn in Noord-Holland veel van de fragmentarische, diepere (12m) stoorlagen uit 2014 verdwenen. Dit komt doordat met name tussen Alkmaar en Den Helder relatief veel nieuwe boringen zijn toegevoegd. Ondanks de kleine verschillen, zijn de belangrijke stoorlagen niet significant van locatie veranderd.
- Winbaarheidsberekening (zie Resultaten)
  - Het vergelijken van de nieuwe totaal zandvolumes (2018) met de oude totaal zandvolumes (2014).
  - De volumes zijn berekend voor: het oude model (2014) met de 12 mijls grens van 2012, het nieuwe model (2018) met de nieuwe 12 mijls grens (2018), nieuwe model (2018) met oude 12 mijls grens (2012). Daarnaast zijn ook de volumes berekend voor het nieuwe model met de oude uitsluitingsgebieden en met de nieuwe uitsluitingsgebieden. Door deze getallen te vergelijken is het mogelijk om het aandeel van de nieuwe 12 mijls grens en de nieuwe uitsluitingsgebieden te bepalen.



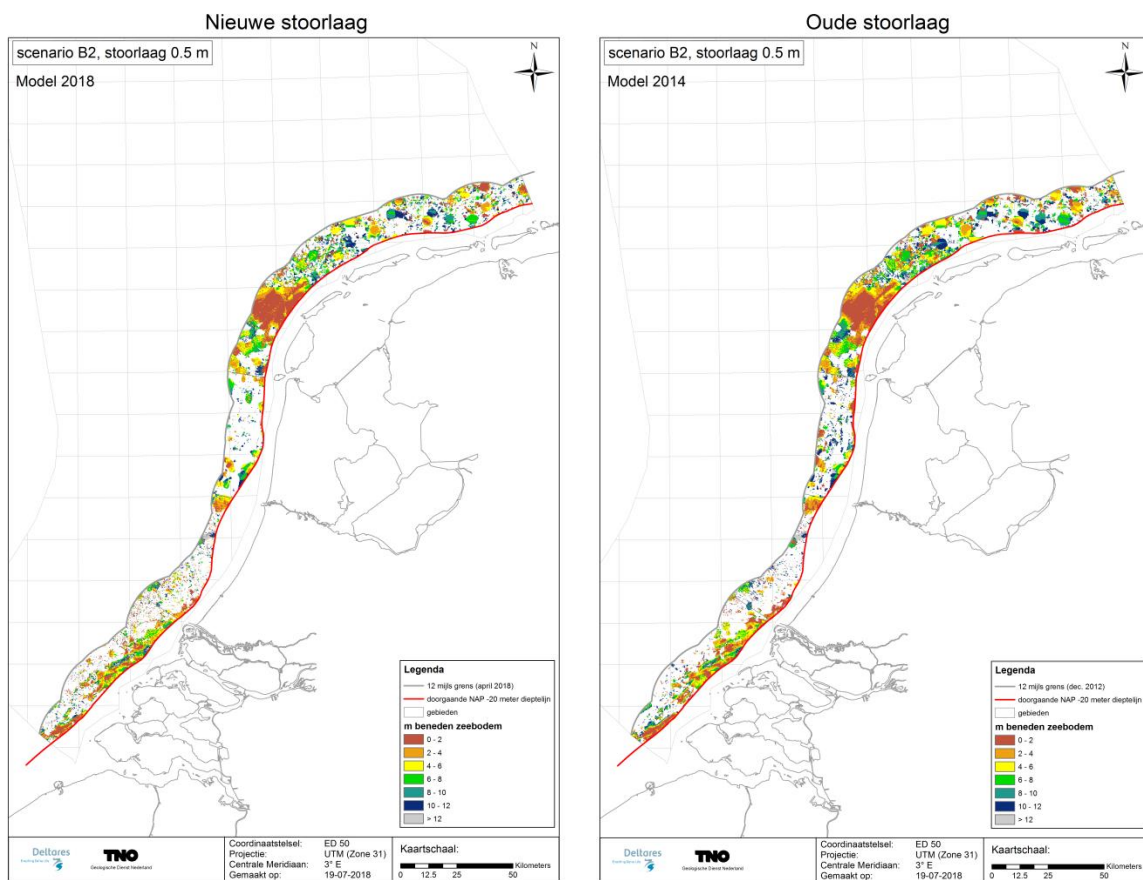
Figuur 2.10. Opbouw van verschillend gebruikte opnameperiode sets voor de gebruikte bathymetrische kaart in DIS 2.1.



### Dynamiek in het onderzoeksgebied



Figuur 2.11 Morfologische dynamiek in het studiegebied.

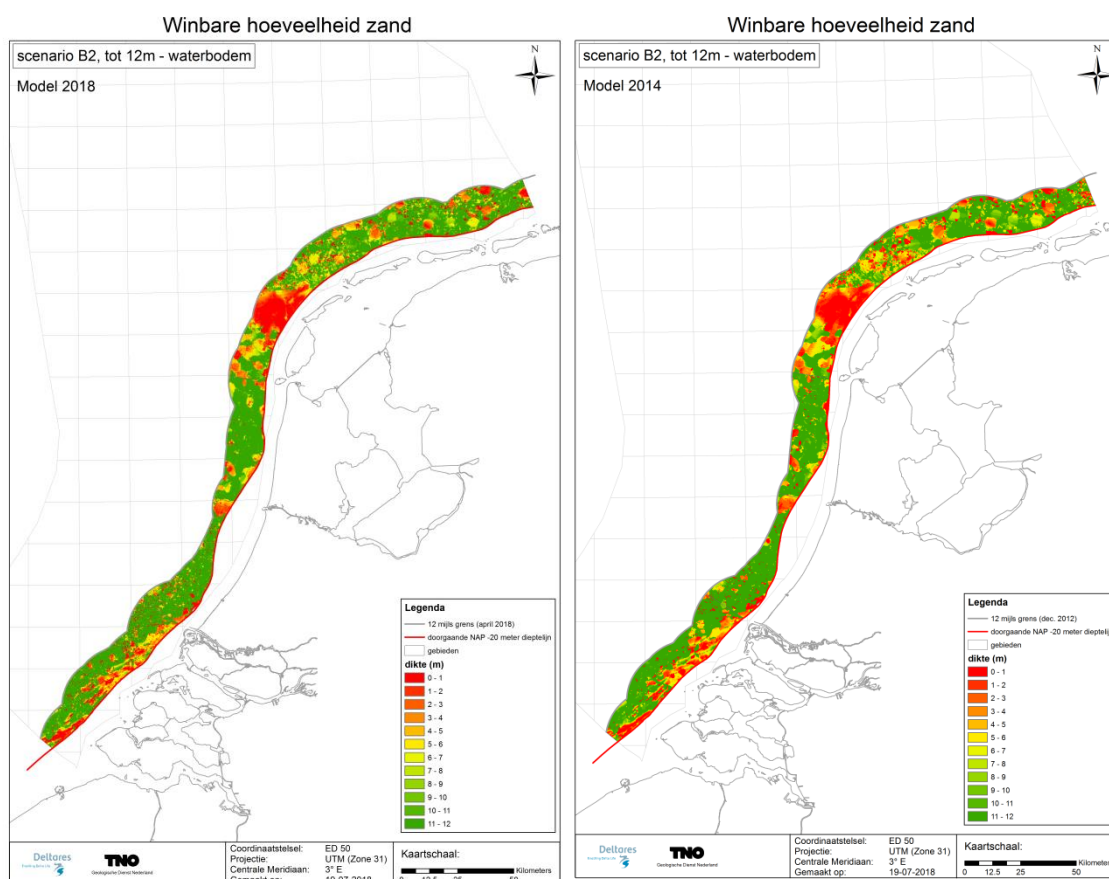


Figuur 2.12 Vergelijking nieuwe (links) en oude (rechts) stoorlaag, scenario B2 (0,5 m klei/leem/veen), bijlage A1d-A1e.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Kaarten

In Figuur 3.1 zijn de, op lange termijn, potentieel winbare zanddiktes weergegeven voor het oude (2014) en het nieuwe (2018) model (voor 12 m windiepte, scenario B2).



Figuur 3.1 Dikte potentieel winbaar zand in de eerste 12 meter sediment beneden de zeebodem; links de resultaten van DIS 2.1, rechts van DIS 2.0 (zie ook Bijlage B2c-I en B2c-II).

De verdeling tussen de grootschalige gebieden met veel winbaar zand (groen) en weinig winbaar zand (rood) is vergelijkbaar tussen beide modellen. In de deelgebieden Delta en Zuid-Holland is het beeld wel meer gefragmenteerd, in navolging van de stoorlaag (Figuur 2.12).

In Bijlage B zijn tien kaarten opgenomen waar de winbare hoeveelheid zand wordt weergegeven:

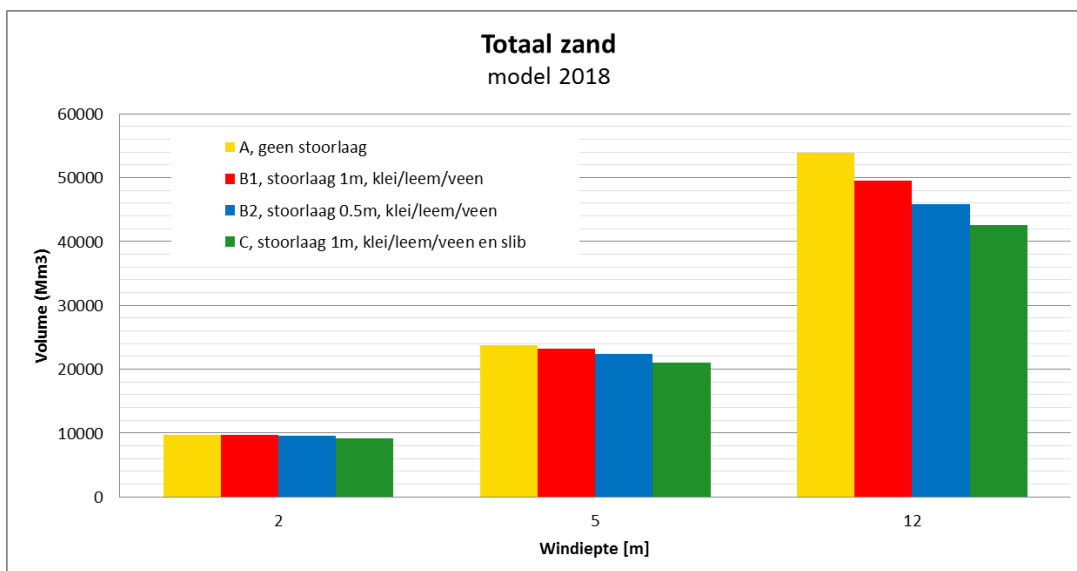
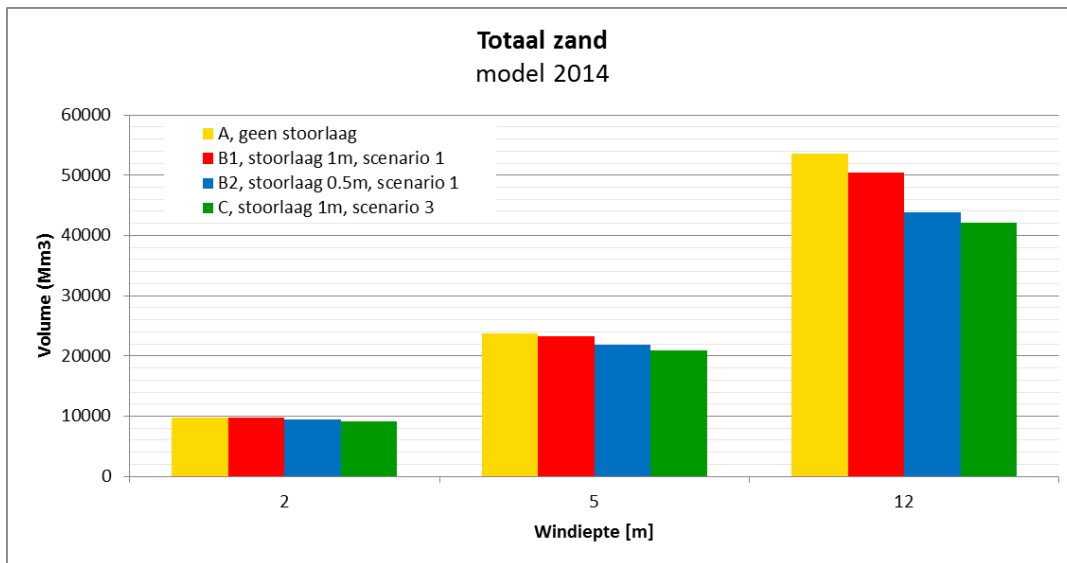
- 1 Winbare hoeveelheid zand, scenario A, tot 12m - zeebodem
- 2 Winbare hoeveelheid zand, scenario B1, tot 12m - zeebodem
- 3 Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 12m - zeebodem, model 2018
- 4 Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 12m - zeebodem, model 2014
- 5 Winbare hoeveelheid zand, scenario C, tot 12m - zeebodem
- 6 Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 12m - zeebodem
- 7 Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 5m - zeebodem
- 8 Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 5m - zeebodem

- 9 Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 2m - zeebodem
- 10 Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 2m - zeebodem

## 3.2 Volumes

### 3.2.1 Verschillende scenario's

Uit Figuur 3.2 en Bijlagen B2a-B2d (voor 0-12 m) blijkt dat, ook met het nieuwe model, met het winbaarheidscriteria C (zoals gedefinieerd in Tabel 2.6) de kleinste winbare volumes overblijven, en met het winbaarheidscriteria A de grootste winbare volumes.



Figuur 3.2 Invloed van de gehanteerde combinatie van winbaarheidscriteria op de berekende volumes winbaar zand; boven de resultaten van het oude model (DIS 2.0) onder van het nieuwe model (DIS 2.1).

Er is een zeer klein verschil tussen de oude en nieuwe berekeningen voor alle vier scenario's. Verschillen in volumes tussen 2014 en 2018 voor scenario A, B1 en C zijn verwaarloosbaar.

Scenario B2 laat een relatieve volumetoename zien van 4%. De absolute volumetoename is het grootst voor diepere winning (12 m) en scenario B2.

### 3.2.2 Korte en lange termijn

Figuur 3.3 geeft de hoeveelheid winbaar zand weer voor scenario B2, op zowel korte als lange termijn voor de verschillende winddieptes en voor drie verschillende zandkwaliteiten ("totaal zand", "0-4 zand", "totaal minus (0-4) zand") voor het gehele gebied.

De som van 0-1 en 0-4 zand is niet gelijk aan totaal zand, omdat zowel 0-1 zand als 0-4 zand deelverzamelingen zijn die deels overlappen (Van der Meulen et al., 2003), terwijl voor totaal zand alle korrelgroottes binnen het bereik van 63 tot 2000  $\mu\text{m}$  worden meegeteld.

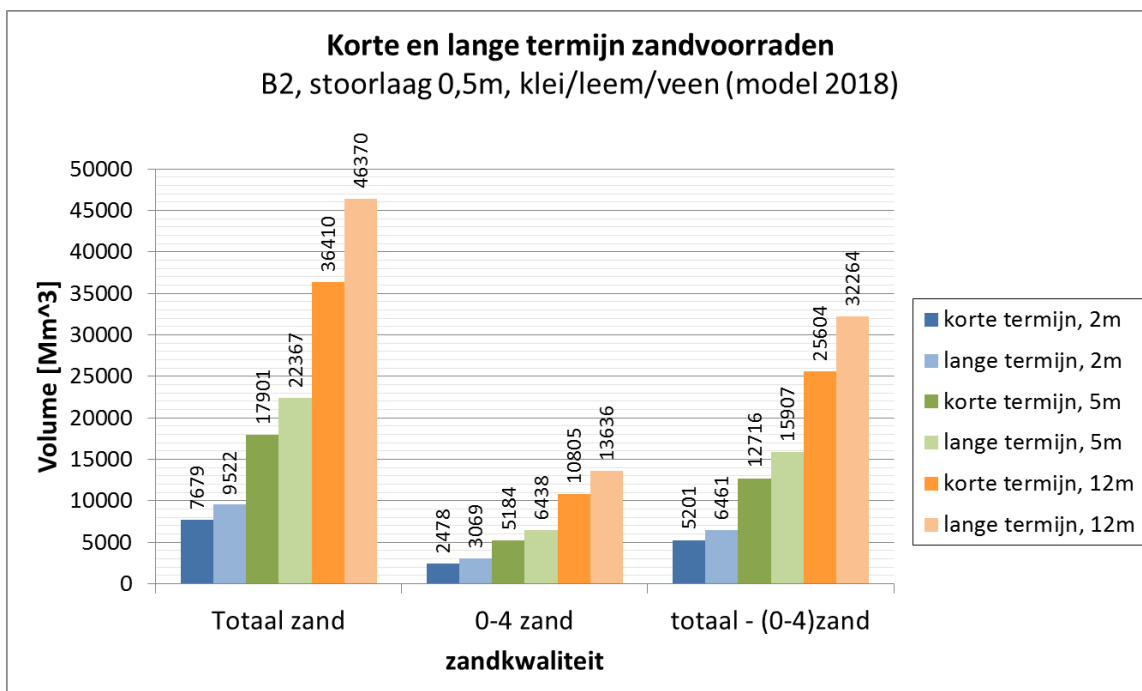
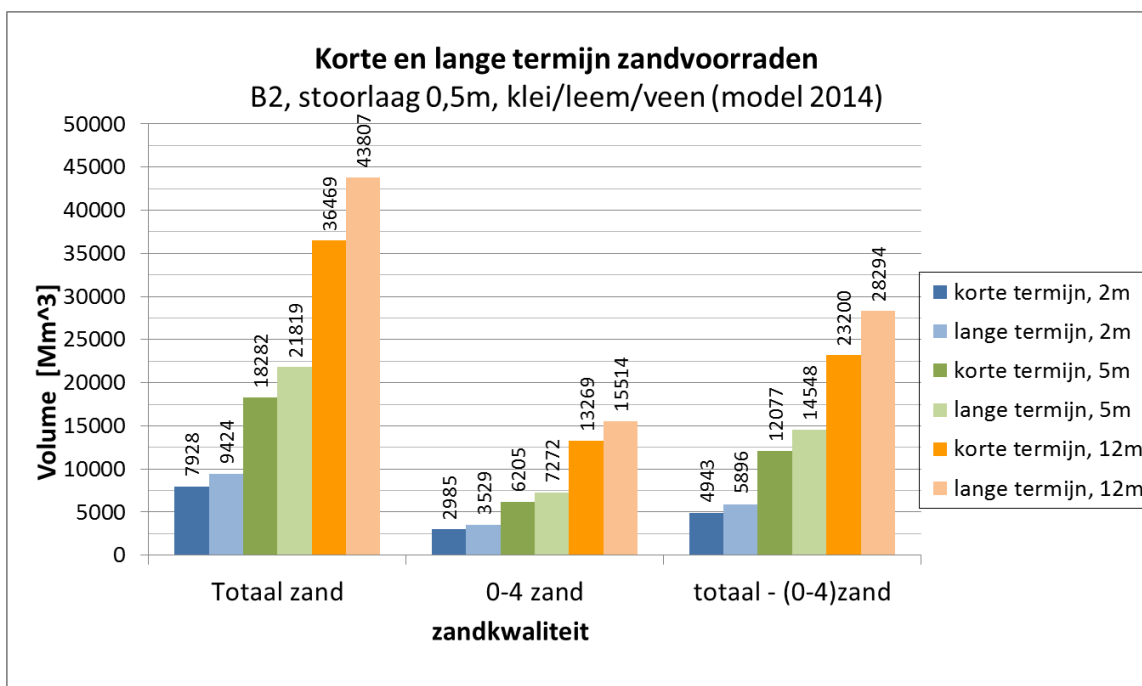
Het volume totaal zand op korte termijn is in 2018 afgenomen ten opzichte van 2014. Reden hiervoor is de toename van uitsluitingsgebieden, 5% ten opzichte van 2014 voor het gehele studiegebied. Met name voor de deelgebieden Delta en Zuid-Holland is door aanpassing van de uitsluitingsgebieden een volumeverlies van respectievelijk 13% en 16%. Daarentegen is het volume totaal zand op lange termijn licht toegenomen in 2018 (gemiddeld 3%). Dit is met toe te wijzen aan aanpassing in de stoorlagen. Het nieuwe studiegebied is ten opzichte van het oude model nauwelijks toegenomen.

0-4 zand is in zijn geheel minder beschikbaar, zowel op lange als op korte termijn. Dit zand komt met name voor in de deelgebieden 'Delta' en 'Zuid Holland' (zie bijlage C3b). De dikte van 0-4 zand is in deze deelgebieden afgenomen; van 9-12 m naar 5-7 m (op de oude kaart (2014) is meer groen zichtbaar ten opzichte van de nieuwe kaart (2018)). Daarnaast zijn juist in deze deelgebieden de uitsluitingsgebieden gepland, wat ook leidt tot een afname in winbaar volume 0-4 zand.

### 3.2.3 Zandvraag versus zandaanbod: gehele studiegebied

Voor de zandvraag op nationaal niveau is zowel op korte als op lange termijn genoeg zeezand aanwezig. Op korte termijn (tot 2050) is deze zandvraag<sup>22</sup> 1.392 (scenario 1) tot 2.192 (scenario 2) miljoen  $\text{m}^3$  (Figuur 3.3). Bij toepassing van de winbaarheidscriteria B2 zijn er meer winbare volumes 0-1 zand tot 2 m diepte (6.088 miljoen  $\text{m}^3$ ) beschikbaar, dan dat er vraag naar zand is (Tabel 3.1). Op lange termijn is de nationale vraag naar zeezand 3042 (scenario 1) tot 7.692 (scenario 3) miljoen  $\text{m}^3$ . Bij toepassing van de winbaarheidscriteria B2 is de zandvraag voor 0-1 zand kleiner dan de winbare zandvolumes tot 2 m diepte (7.558 miljoen  $\text{m}^3$ ). Bij winning tot 5 m is 17.032 miljoen  $\text{m}^3$  0-1 zand beschikbaar en tot 12 m 35.013 miljoen  $\text{m}^3$ .

<sup>22</sup> De zandvraag is afgeleid uit het 'Achtergronddocument zandwinstrategie 2050, versie februari 2011' (Rijkswaterstaat, 2011), zie ook Deltares rapport 1205135-000-BGS-0008

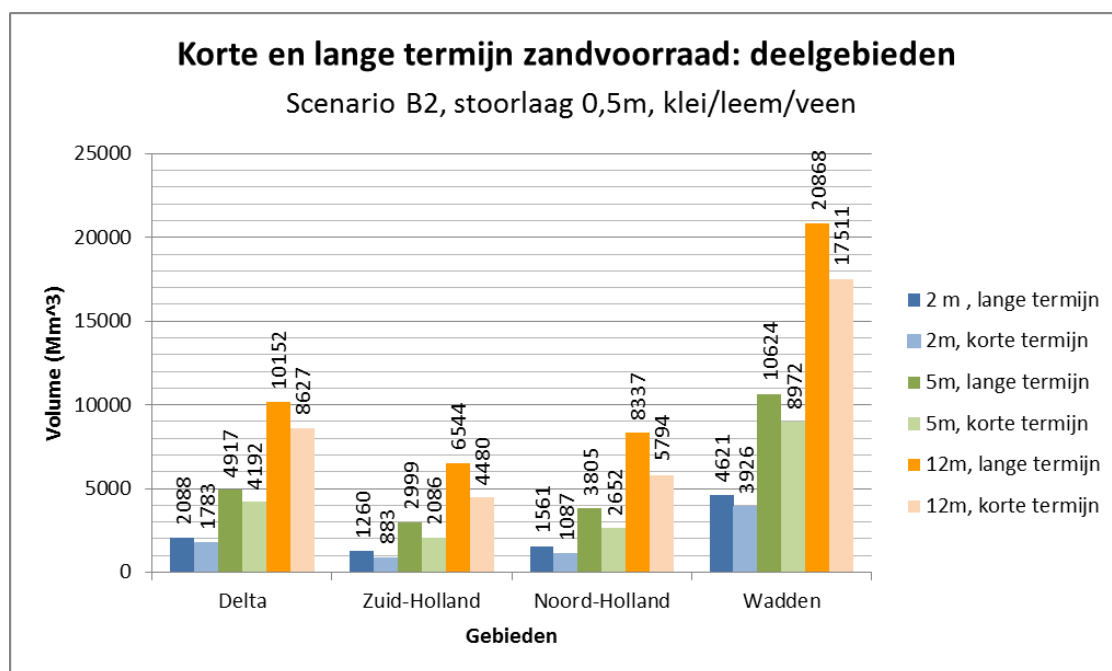


Figuur 3.3 Winbare hoeveelheid zand voor scenario B2 op korte termijn en lange termijn, voor verschillende winddieptes (zie ook Bijlagen B3, B4, B6-10); boven de resultaten van het oude model, onder van het nieuwe model.

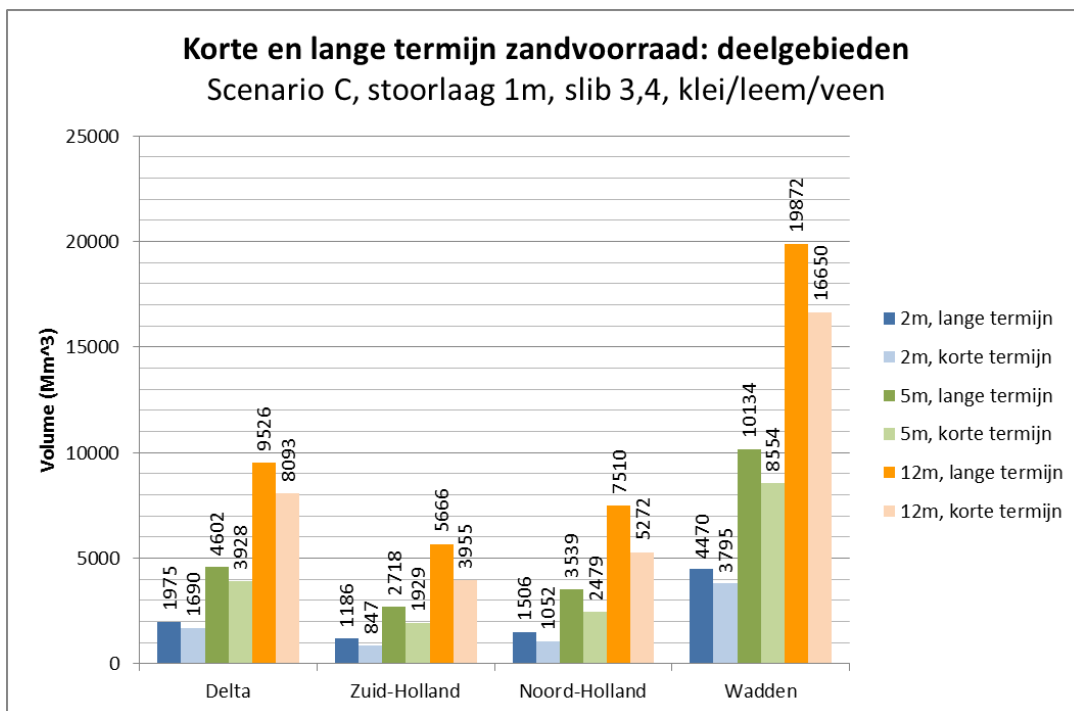
### 3.2.4 Zandvraag versus zandaanbod: Deelgebieden

Figuur 3.4 en Figuur 3.5 geven weer de hoeveelheden totaal zand per deelgebied op korte en lange termijn, respectievelijk voor scenario B2 en C. Er is gekozen voor deze twee scenario's omdat Scenario B2 de meest realistische winbaarheidscriteria heeft en scenario C bevat de strengste set winbaarheidscriteria.

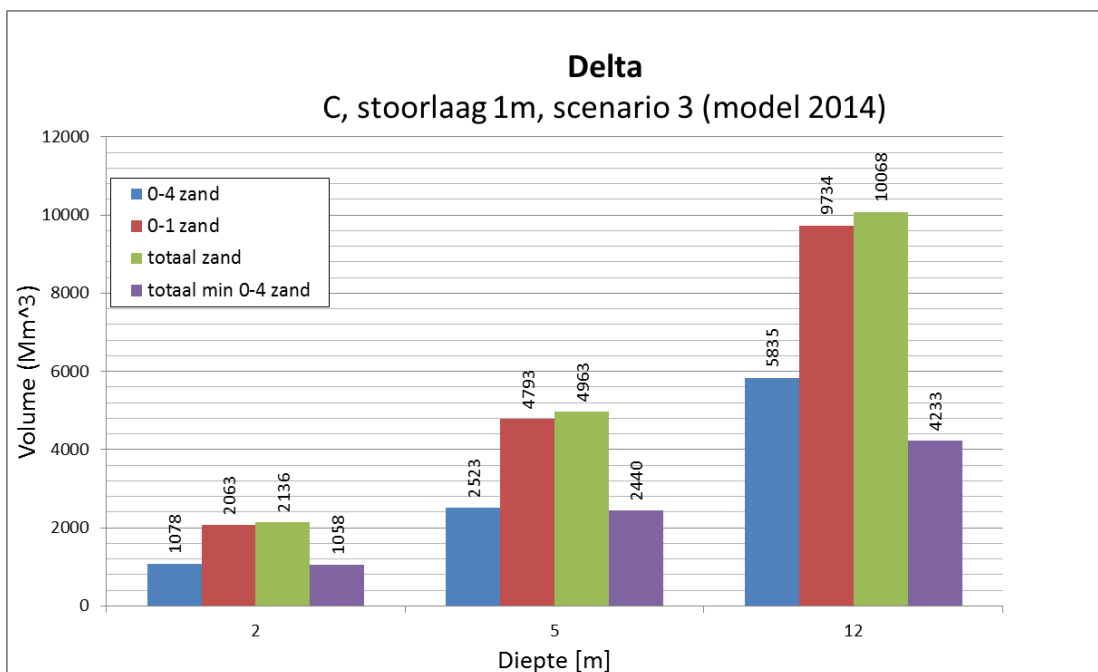
Figuur 3.6 laat zien dat bij de strengste set winbaarheidscriteria (scenario C) bij een winddiepte van 2 m 867 miljoen m<sup>3</sup> 0-4 zand oplevert en 1107 miljoen m<sup>3</sup> "totaal zand minus 0-4 zand" oplevert.



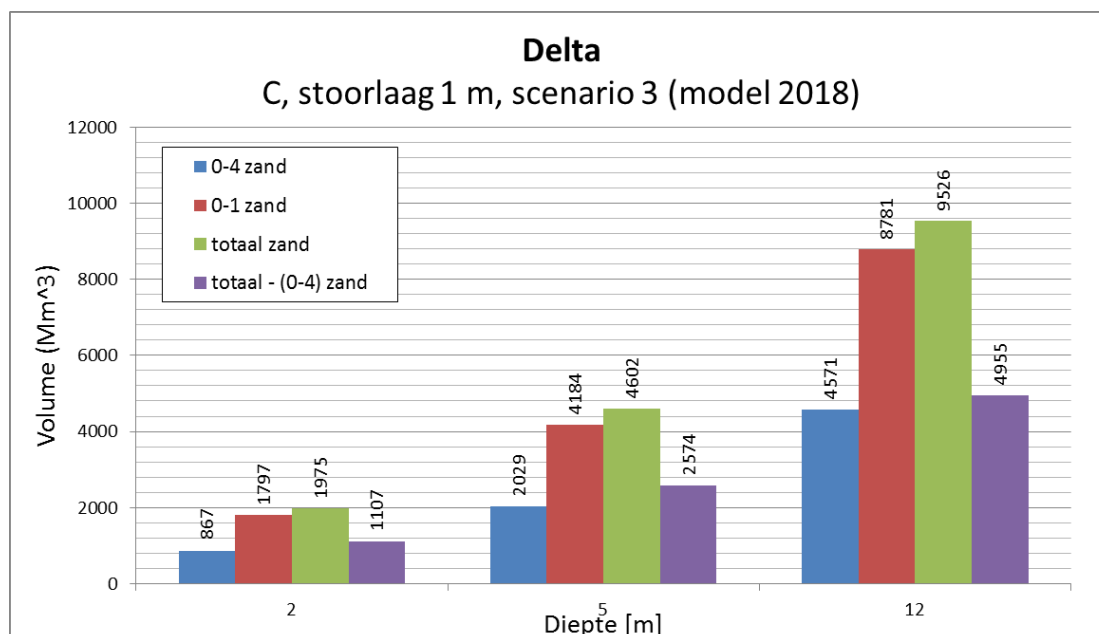
Figuur 3.4 Winbare hoeveelheid zand (totaal zand) voor verschillende deelgebieden voor scenario B2 op korte termijn en lange termijn, voor verschillende winddieptes (zie ook Bijlagen B3, B4, B6-10) voor model 2018.



Figuur 3.5 Winbare hoeveelheid zand (totaal zand) voor verschillende deelgebieden voor scenario C op korte termijn en lange termijn, voor verschillende winddieptes (zie ook Bijlagen B3, B4, B6-10) voor model 2018.







Figuur 3.6 Winbare hoeveelheden zand op lange termijn voor deelgebied 'Delta' Boven de resultaten van DIS 2.0, onder van DIS 2.1.

### 3.2.5 Onzekerheid – strafpuntensysteem

De mate van onzekerheid bij deze volumes is lastig om te kwantificeren, omdat deze bepaald wordt door een nauwe relatie tussen de hoeveelheid beschikbare data, de kwaliteit van data en de complexiteit van de geologie in het gebied. Een tekort aan informatie doet zich voor als de dichtheid van veldgegevens laag is in vergelijking met de geologische complexiteit. De veldgegevens komen met name uit boringen (puntgegevens) en deels uit seismisch onderzoek (lijngegevens) (ONL grids). Hoe meer de samenstelling van de ondergrond binnen een gebied varieert, hoe dichter het netwerk van datapunten en lijnen moet zijn om het gebied betrouwbaar in kaart te brengen, en hoe groter de noodzaak voor toevoeging van systeemkennis door geologische experts. In dit rapport is geen bandbreedte aangegeven met betrekking tot zandwinvolumes.

In het rapport "Zandwinstrategie: naar een beslissingsondersteunend systeem voor mariene zandwinning" (Vanhogen-Peeters et al., 2012) is een strafpuntensysteem ontwikkeld met als doel om gebieden te selecteren met een hoge verwachte winbaarheid en bijbehorende waarde. Het strafpuntensysteem kent voor diverse kwaliteits- en kennisaspecten een waarde toe aan iedere gridcel van 250 x 250 m. Deze waarden kunnen bij elkaar worden opgeteld, waarbij de weging van individuele aspecten kan worden gevarieerd. De ontwikkelde strafpuntenkaart voor de verwachte winbaarheid is geen eindkaart waaruit alle informatie kan worden afgeleid, maar veeleer een signaleringskaart. De verschillende aspecten (kennis en onzekerheid, diepte van stoorlagen, zandkenmerken) zijn als onderdeel van het beslissingsondersteunend systeem in verschillende verhoudingen met elkaar gecombineerd.

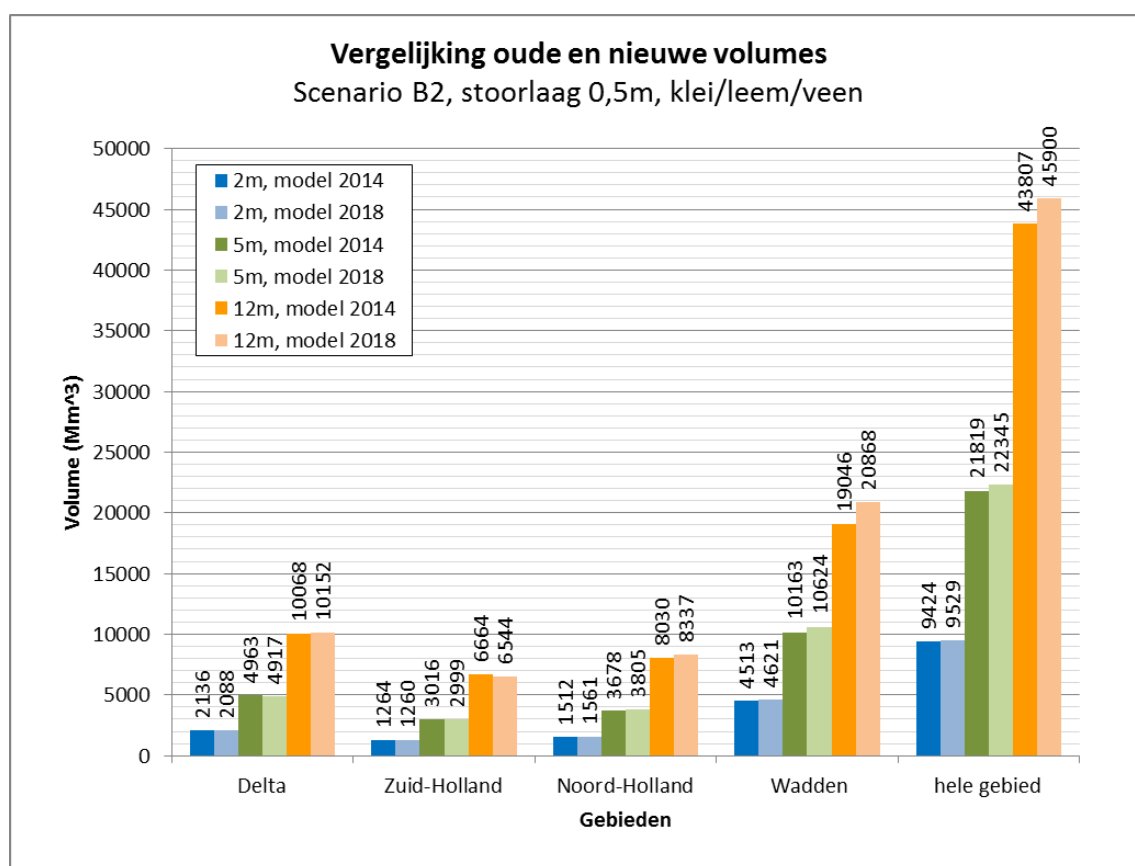
In relatie tot onzekerheid, is toen voor iedere gridcel is binnen een vooraf gedefinieerde zoekstraal gekeken naar: het aantal boringen per dieptebereik, de totale lengte aan seismische lijnen, en het aantal gekarteerde eenheden. Deze drie elementen geven een beeld van waar voldoende of juist onvoldoende kennis aanwezig is voor een zandinventarisatie op subregionale (binnen de deelgebieden) schaal. Te zien is dat met name het deelgebied

Wadden en in het uiterste puntje van deelgebied Delta een lage data dichtheid heeft, en dat de hoogste datadichtheid in Zuid-Holland is.

Door te werken met een strafpuntensysteem is het mogelijk om verschillende winbaarheids-, kwaliteits- en kennisaspecten semi-kwantitatief tegen elkaar af te wegen. De uitkomsten van deze afwegingen worden zodanig gevisualiseerd dat ze ook voor niet-experts informatief zijn.

### 3.3 Vergelijk oude en nieuwe volumina

Bij het vergelijken van volumes winbaar zand tussen DIS 2.0 (2014) en de update, DIS 2.1 (2018) voor lange termijn, is te zien dat voor het totale studiegebied het zandvolume toe neemt (1%, 2% en 5% voor respectievelijk 2m, 5m en 12m winddiepte) (Figuur 3.7). Bij deelgebieden 'Delta' en 'Zuid-Holland' neemt het volume iets af met gemiddeld 1%. Deelgebied 'Noord-Holland' en 'Wadden' laten een toename in volume zien van respectievelijk 3% en 5%. De toename van zandvolume in het nieuwe model is vooral effect van de nieuwe data in het model. Daarnaast is een minimaal effect toe te wijzen aan de aanpassing van de 12 mijls zone (Tabel 3.1).



Figuur 3.7 Vergelijking van berekende volumes totaal zand op lange termijn van het oude model DIS 2.0 en het nieuwe model DIS 2.1.

Het relatieve effect van het nieuwe model verschilt tussen de verschillende deelgebieden en met name voor de verschillende zandkwaliteiten, niet voor de totale hoeveelheid zand (Tabel 3.1). De deelgebieden Delta, Zuid-Holland en Noord-Holland laten een overeenkomstig effect zien; een afname van 14-18% voor zandkwaliteit 0-4 maar nauwelijks verandering in het totaal zandvolume. Deelgebied Wadden laat een afname zien van maar 6 % voor 0-4 zand, en een lichte toename in totaal zandvolume.

Tabel 3.1 Procentuele verandering van het berekende volume voor lange en korte termijn, bij verschillende deelgebieden voor 5 m winddiepte, door de nieuwe modellering, de uitbreiding van de gebiedsgrenzen en uitbreiding van uitsluitingsgebieden.

CODE	GEBIED	TYPE ZAND	Effect lange termijn (- minder, + meer)			Effect korte termijn Uitsluitings- gebieden
			Nieuwe model	Effect 12 mijls grens	Totaal	
Scenario B2	Delta	0-1	-7%	-1%	-8%	-13%
Scenario B2	Delta	0-4	-18%	-1%	-18%	-13%
Scenario B2	Delta	totaal min 0-4	13%	0%	12%	-12%
Scenario B2	Delta	totaal	0%	-1%	-1%	-13%
Scenario B2	Zuid Holland	0-1	-7%	0%	-7%	-15%
Scenario B2	Zuid Holland	0-4	-16%	0%	-16%	-15%
Scenario B2	Zuid Holland	totaal min 0-4	9%	0%	9%	-16%
Scenario B2	Zuid Holland	totaal	-1%	0%	-1%	-16%
Scenario B2	Noord Holland	0-1	-3%	0%	-3%	3%
Scenario B2	Noord Holland	0-4	-14%	0%	-15%	2%
Scenario B2	Noord Holland	totaal min 0-4	9%	0%	9%	3%
Scenario B2	Noord Holland	totaal	3%	0%	3%	3%
Scenario B2	Wadden	0-1	-1%	1%	0%	0%
Scenario B2	Wadden	0-4	-6%	0%	-6%	0%
Scenario B2	Wadden	totaal min 0-4	6%	1%	7%	0%
Scenario B2	Wadden	totaal	3%	1%	4%	0%
Scenario B2	Hele gebied	0-1	-4%	0%	-4%	-5%
Scenario B2	Hele gebied	0-4	-13%	0%	-13%	-7%
Scenario B2	Hele gebied	totaal min 0-4	8%	1%	9%	-3%
Scenario B2	Hele gebied	totaal	2%	0%	2%	-4%

## 4 Synthese

Het nieuwe model DIS 2.1 (2018) is een update van DIS 2.0 (2014). Nagenoeg dezelfde werkwijze is gevolgd als voor DIS 2.0. Naast het meenemen van nieuw beschikbare boringen, zijn ook de variogram parameters voor de interpolatie en de parameters die gebruikt worden in het cleaning algoritme met deze data opnieuw bepaald. Deze parameters zijn voor DIS 2.1 per deelgebied bepaald. Voor het deelgebied Delta en Zuid-Holland heeft dat echter geleid tot een meer fragmentarisch voorkomen van de stoorlagen dan in DIS 2.0. De belangrijke stoorlagen zijn echter niet significant van locatie veranderd. Dit geeft aan dat voor regionale analyses (op hoofdlijnen) de datadichtheid voldoende is, maar voor detailanalyses de datadichtheid in sommige gebieden te laag is.

De update van het model heeft geen significant effect op het totaal volume winbaar zand op lange termijn voor het gehele gebied. Het heeft wel effect op de winbare volumes 0-1 zand en 0-4 zand; deze nemen af. Daarnaast heeft de update wel effect op de zandvolumes per deelgebied. Deelgebieden 'Wadden' en 'Noord-Holland' laten voor scenario B2 een lichte toename zien in winbaar totaal zand, respectievelijk 4% en 3%. Deelgebieden Delta en Zuid-Holland laten juist een lichte afname in totaal zandvolume zand zien, 1%.

Het volume totaal zand op korte termijn is in 2018 afgenomen ten opzichte van 2014. Reden hiervoor is de toename van uitsluitingsgebieden. Met name voor de deelgebieden 'Delta' en 'Zuid-Holland' is door aanpassing van de uitsluitingsgebieden het volumeverlies het grootst (respectievelijk 13% en 16%). Bij deze uitsluitingsgebieden is de mogelijke aanwezigheid van explosieven en gebieden met natuurwaarde, en hierdoor een beperking in zandwinning, niet meegenomen.

Het toevoegen van meer data heeft dus geen significant effect op het totaal volume winbaar zand voor het gehele gebied. De meerwaarde van het toevoegen van data ligt in het feit dat er beter voorspeld kan worden en met meer detail wat waar ligt.

Doorkijk naar een DIS 3.0:

Mede door het toenemende gebruik van het DIS voor verschillende doeleinden in het beheer van de Noordzee wordt er sinds 2018 gewerkt naar een DIS 3.0. Met deze update wordt meer beschikbare data meegenomen in het model: 1) door het aanpassen van de procedure zal het mogelijk zijn om meest actuele data mee te nemen, inclusief de beschikbare korrelverdelingen en 2) meenemen van beschikbare seismische data en te combineren met boringen door het ontwikkelen van een lagenmodel voor het gehele studiegebied. Het gebruik van een lagenmodel binnen de 3D modellering zorgt voor vergaande sturing en "afgrenzing" van geologische eenheden. Daardoor kunnen er met meer zekerheid eigenschappen aan de ondergrond toegekend worden.



## 5 Referenties

Blauw, Maaïke, Marco de Kleine, Laura Vonhögen-Peeters, Sytze van Heteren, Jasperien de Weert, Pauline van Gaans (2017). Rapportage geologisch onderzoek zoekgebieden Noordzee zandwinning. Deltares rapport 1230624-003-BGS-0002 I.o.v. Rijkswaterstaat Kustlijnzorg en Stichting LaMER

Deutsch, C. V., 1998. Cleaning categorical variable (lithofacies) realizations with maximum a-posteriori selection. *Computers and Geosciences*, vol. 24, no. 6, pp. 551-562.

Goovaerts P., 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluatie*. Applied Geostatistics Series.

Maljers, Denise (2018) Memo: Module 1b Advies Kustwaartse uitbreidingsmogelijkheden voor het gehele DIS. Deltares memo 11202501-002-BGS-005

Maljers-Oosterwijk, Denise, Vonhögen-Peeters, Laura, Heteren, van Sytze, Marges, Veronique, Stafleu, Jan, Wiersma, Ane (2014). De update van het delfstoffeninformatiesysteem voor het NCP (DIS 2.0). Deltares-rapport 1205135-002-BGS-0005 I.o.v. Rijkswaterstaat Zee en Delta

Nederhoff, Kees, Blauw, Maaïke (2018). Vastleggen verticale positie boringen. Deltares-memo 11202051-002-BGS-006

Van der Meulen, M.J, De Lang, F.D., Maljers, D., Dubelaar, C.W. en Westerhoff, W.E., 2003. *Grondsoorten en Delfstoffen bij Naam*. ISBN 90-369-5549-1. DWW (Delft) & TNO (Utrecht).

Van Dijk, T. A. G. P., Van der Tak, C., De Boer, W.P., Kleuskens, M.H.P., Doornenbal, P.J., Noorlandt, R.P. and Marges, V.C. (2011). The scientific validation of the hydrographic survey policy of the Netherlands Hydrographic Office, Royal Netherlands Navy. Deltares-rapport 1201907-000-BGS.

Vonhögen-Peeters, Laura, Heteren, van Sytze, Bruens, Ankie, Stafleu, Jan (2012). *Zandwinstrategie: naar een beslissingsondersteunend systeem voor mariene zandwinning*. Deltares-rapport 1205135-000-BGS-0008. I.o.v. Rijkswaterstaat Directie Noordzee.





## **A Kaarten 1a t/m 1e**

1a: Verspreiding en dieptebereik van de boringen in het studiegebied

1b: Indeling van studiegebied in deelgebieden

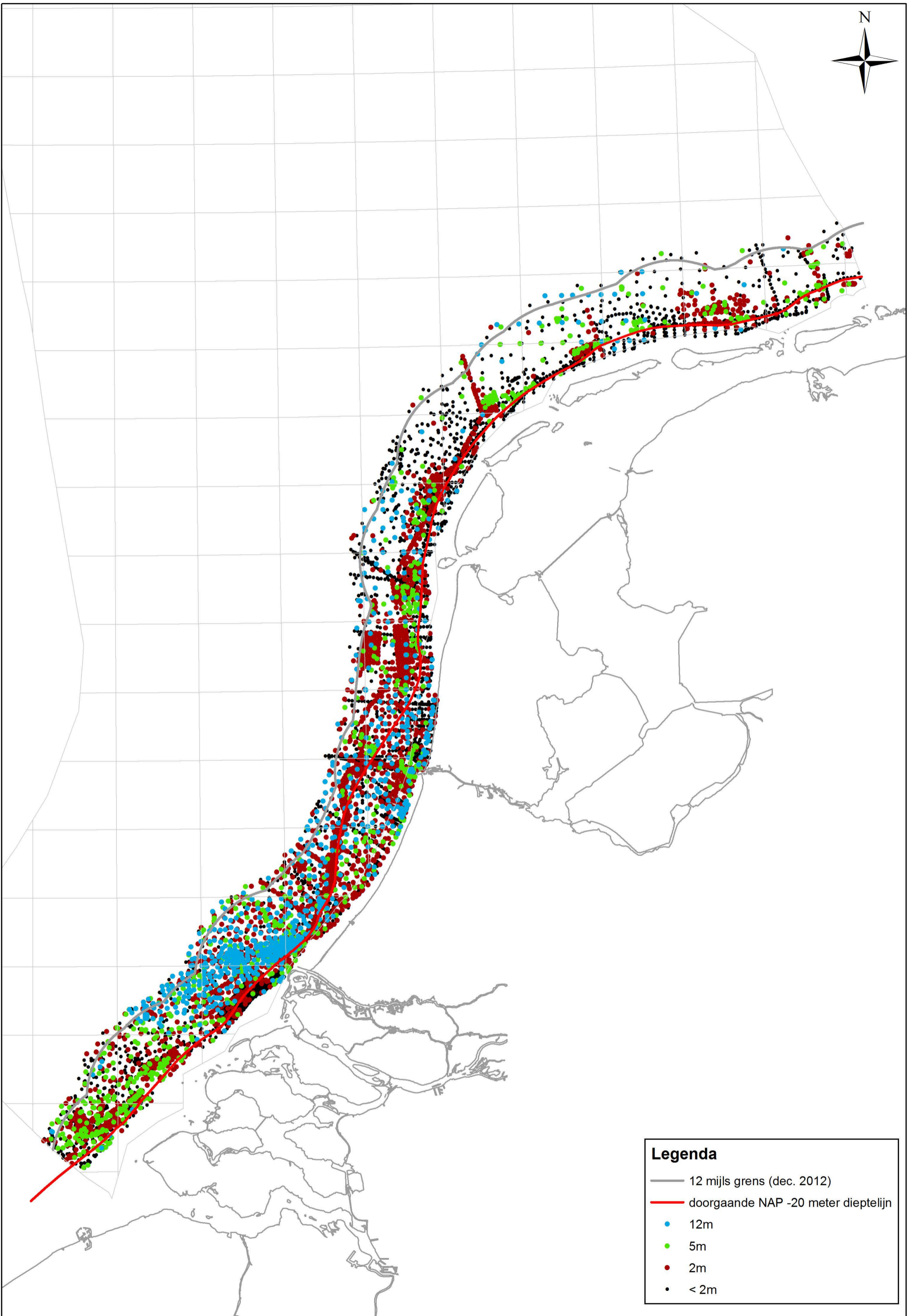
1c: Uitsluitingsgebieden voor korte termijn zandwinning

1d: Top van de stoorlaag (scenario B2) in meters beneden de zeebodem van het nieuwe (2018) model

1e: Top van de stoorlaag (scenario B2) in meters beneden de zeebodem van het oude (2014) model



# Dieptebereik boringen in het studiegebied



**Legenda**

- 12 mijls grens (dec. 2012)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- 12m
- 5m
- 2m
- < 2m

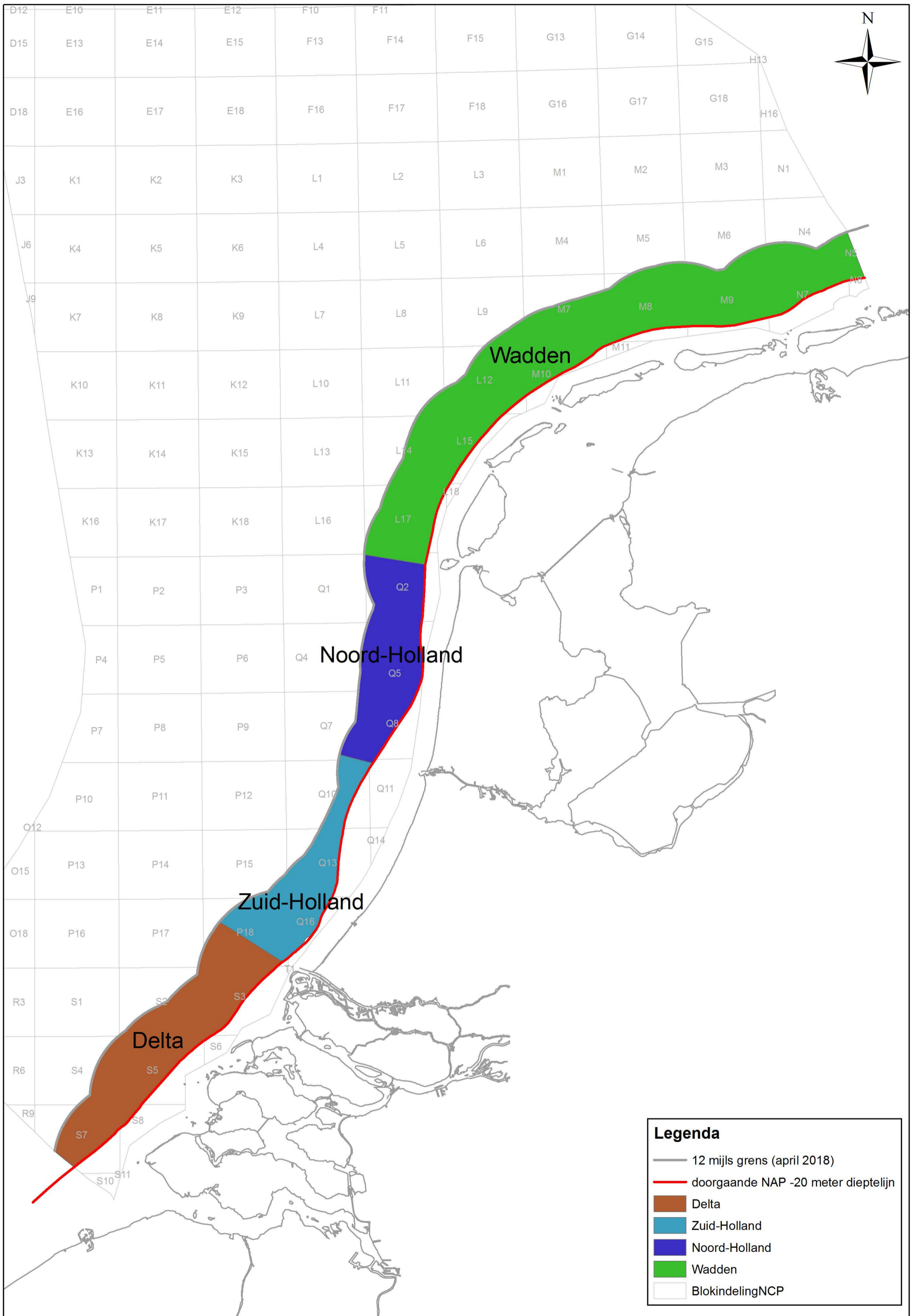


Coördinaatstelsel: ED 50  
Projectie: UTM (Zone 31)  
Centrale Meridiaan: 3° E  
Gemaakt op: 04-05-2018

**Kaartschaal:**

0 12.5 25 50 Kilometers

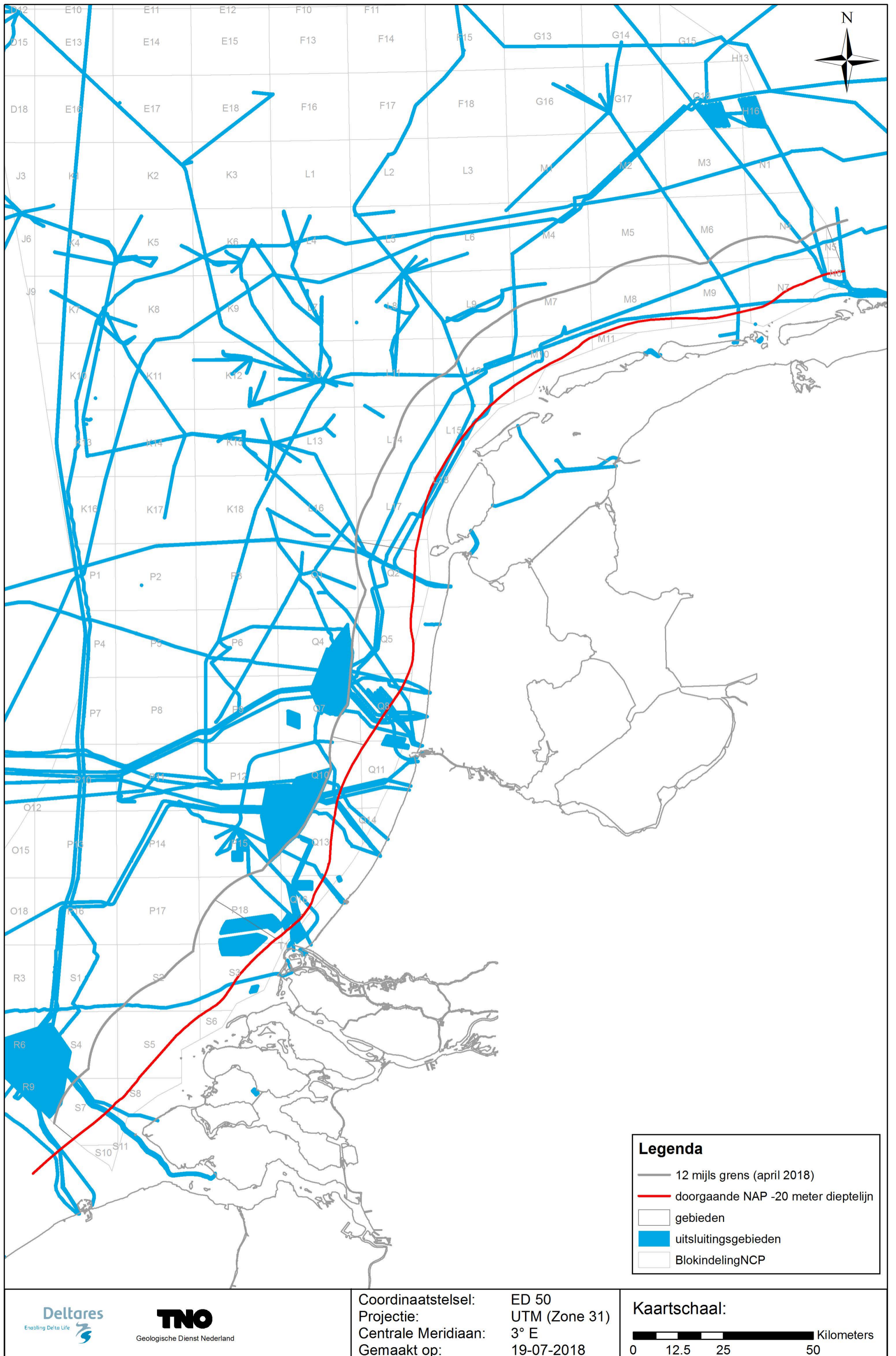
# Deelgebieden



**Legenda**

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- Delta
- Zuid-Holland
- Noord-Holland
- Wadden
- BlokindelingNCP

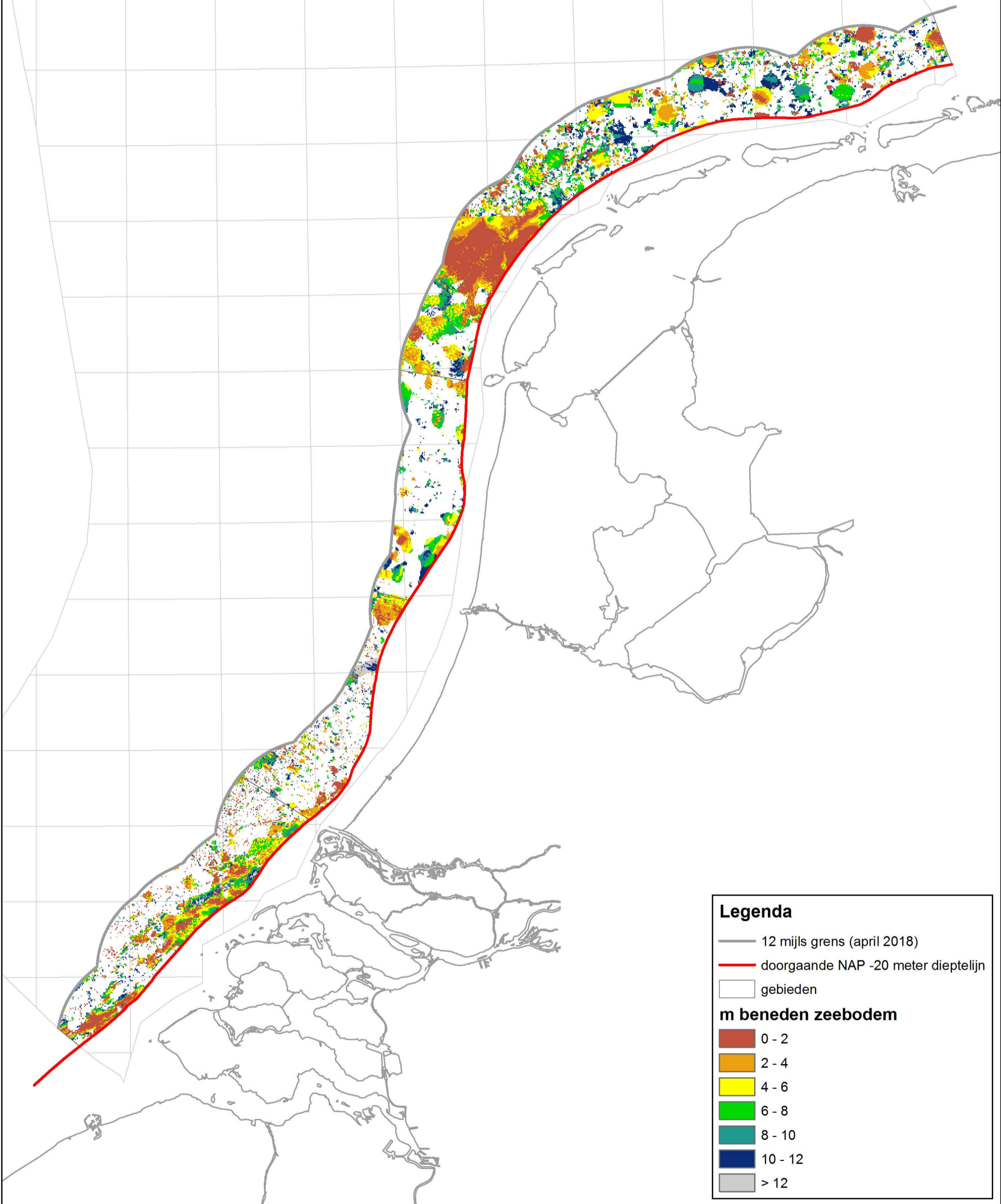
# Uitsluitingsgebieden voor korte termijn zandwinning



# Nieuwe stoorlaag

scenario B2, stoorlaag 0.5 m

Model 2018



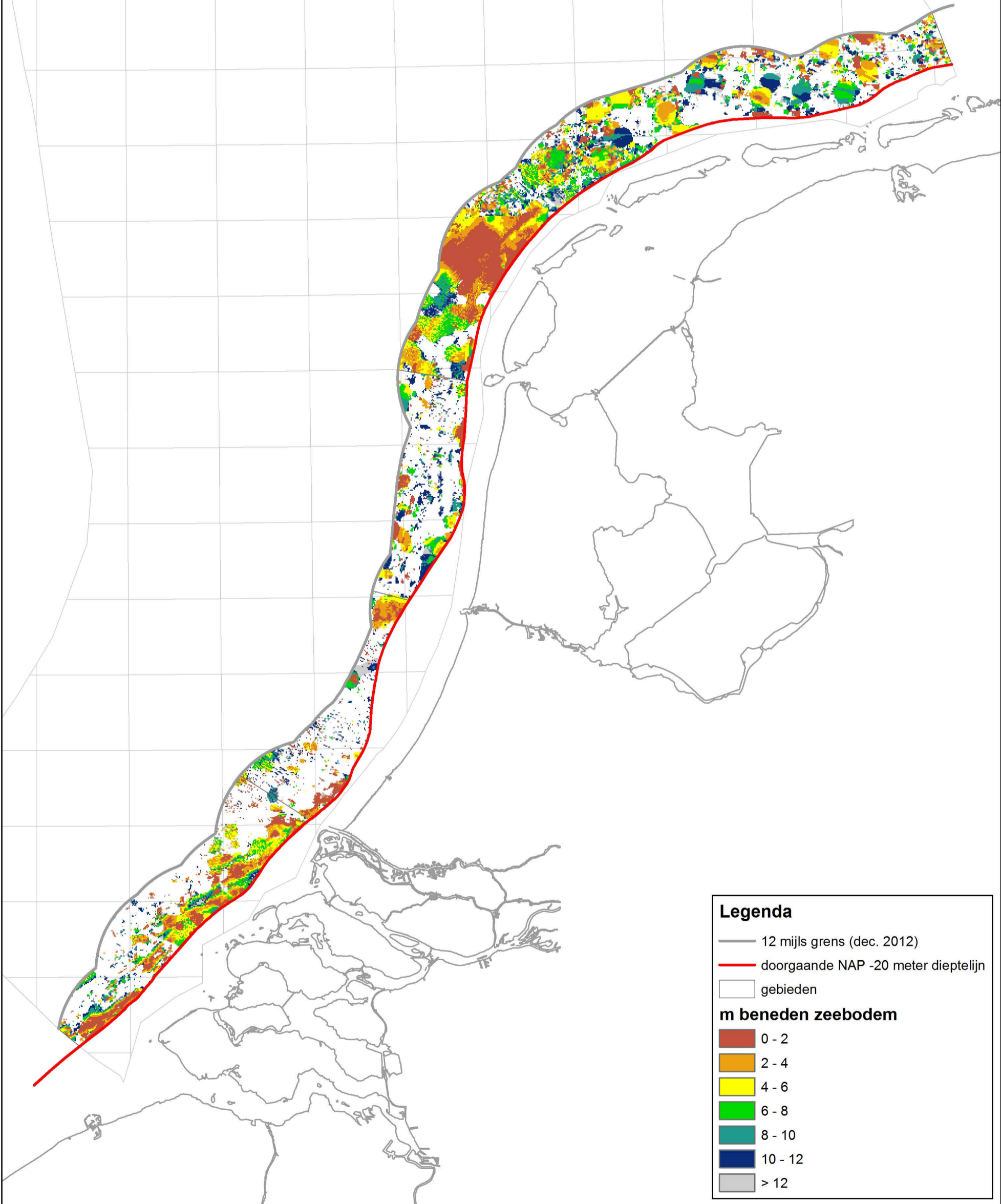
## Legenda

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden
- m beneden zeebodem**
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 8
- 8 - 10
- 10 - 12
- > 12

# Oude stoorlaag

scenario B2, stoorlaag 0.5 m

Model 2014



## Legenda

- 12 mijls grens (dec. 2012)
  - doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
  - gebieden
- m beneden zeebodem**
- 0 - 2
  - 2 - 4
  - 4 - 6
  - 6 - 8
  - 8 - 10
  - 10 - 12
  - > 12

## **B Kaarten 2a t/m 2i**

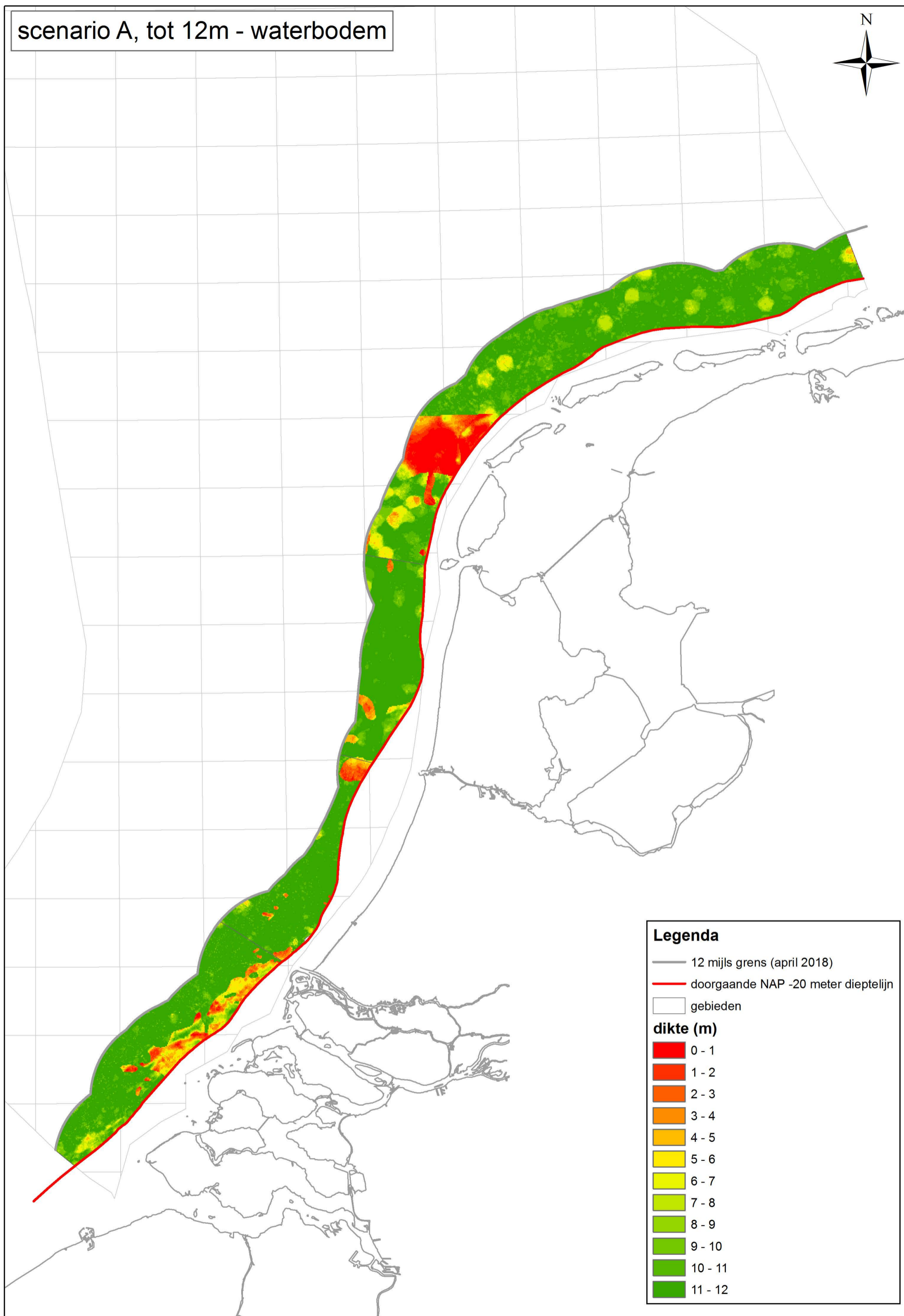
- 2a: Winbare hoeveelheid zand, scenario A, tot 12m - zeebodem
- 2b: Winbare hoeveelheid zand, scenario B1, tot 12m - zeebodem
- 2c-I: Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 12m - zeebodem, model 2018
- 2c-II: Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 12m - zeebodem, model 2014
- 2d: Winbare hoeveelheid zand, scenario C, tot 12m - zeebodem
- 2e: Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 12m - zeebodem
- 2f: Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 5m - zeebodem
- 2g: Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 5m - zeebodem
- 2h: Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 2m - zeebodem
- 2i: Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 2m – zeebodem





# Winbare hoeveelheid zand

scenario A, tot 12m - waterbodembodem



## Legenda

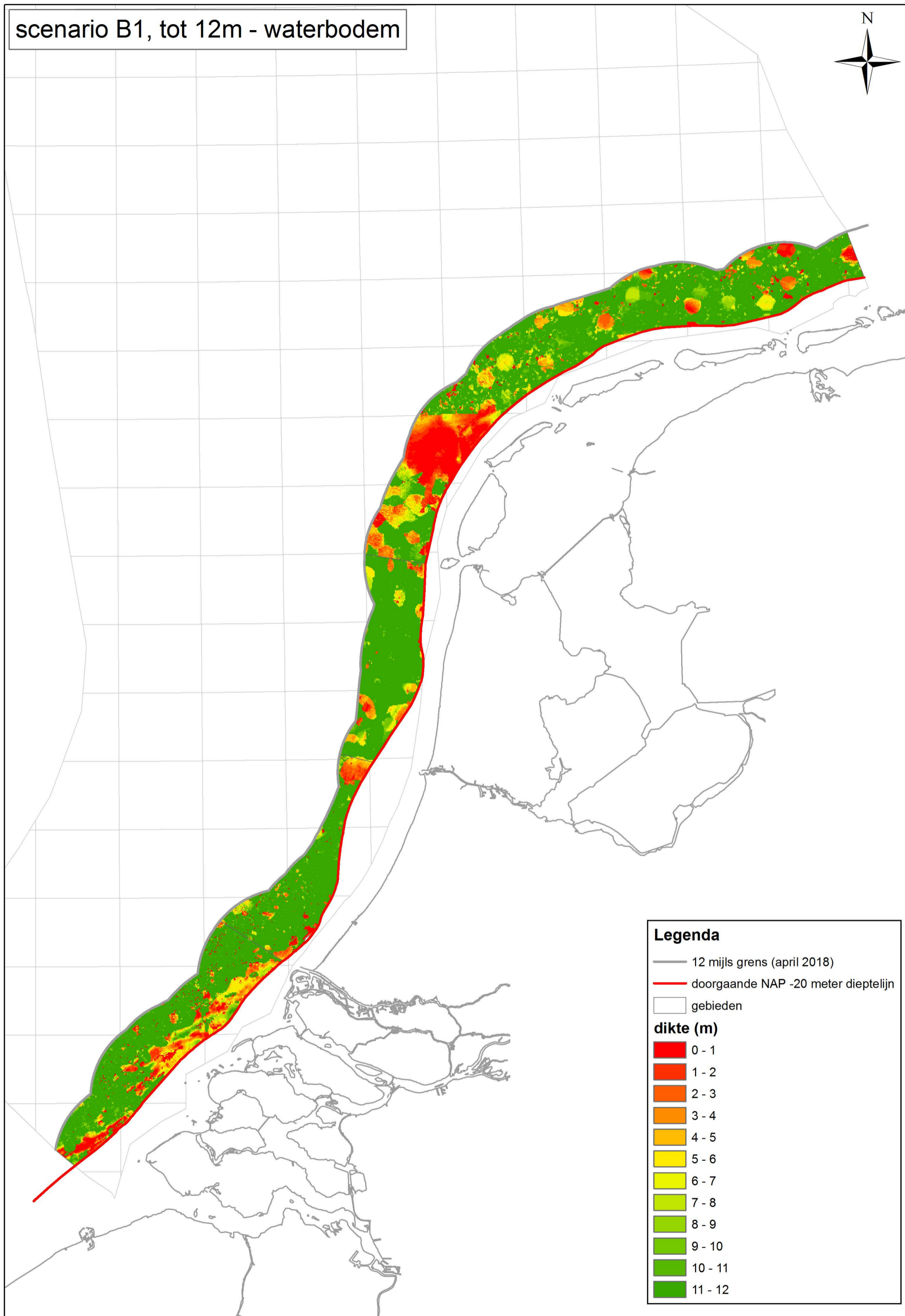
- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

## dikte (m)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12

# Winbare hoeveelheid zand

scenario B1, tot 12m - waterbodem



## Legenda

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

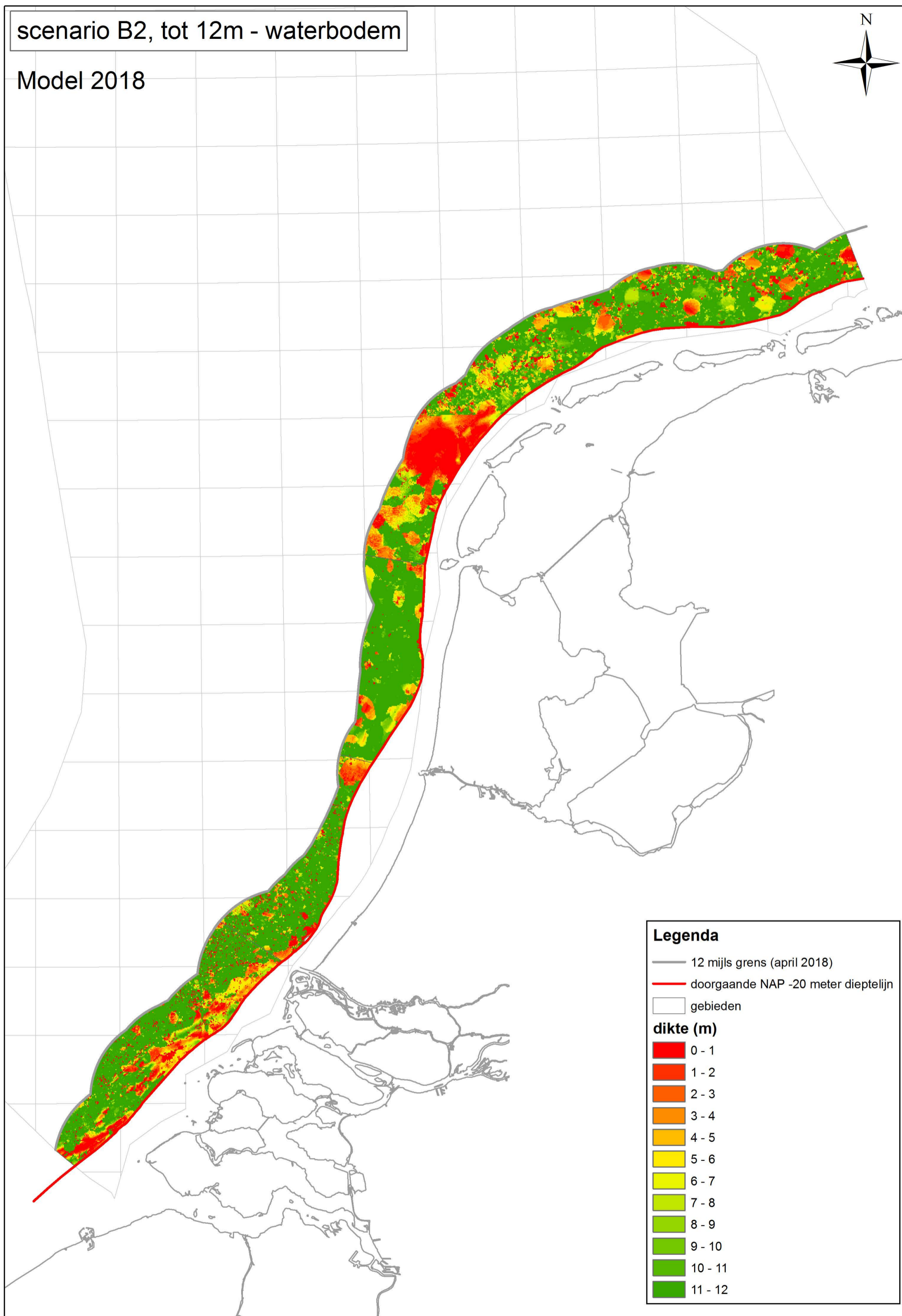
## dikte (m)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12

# Winbare hoeveelheid zand

scenario B2, tot 12m - waterbodem

Model 2018



## Legenda

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

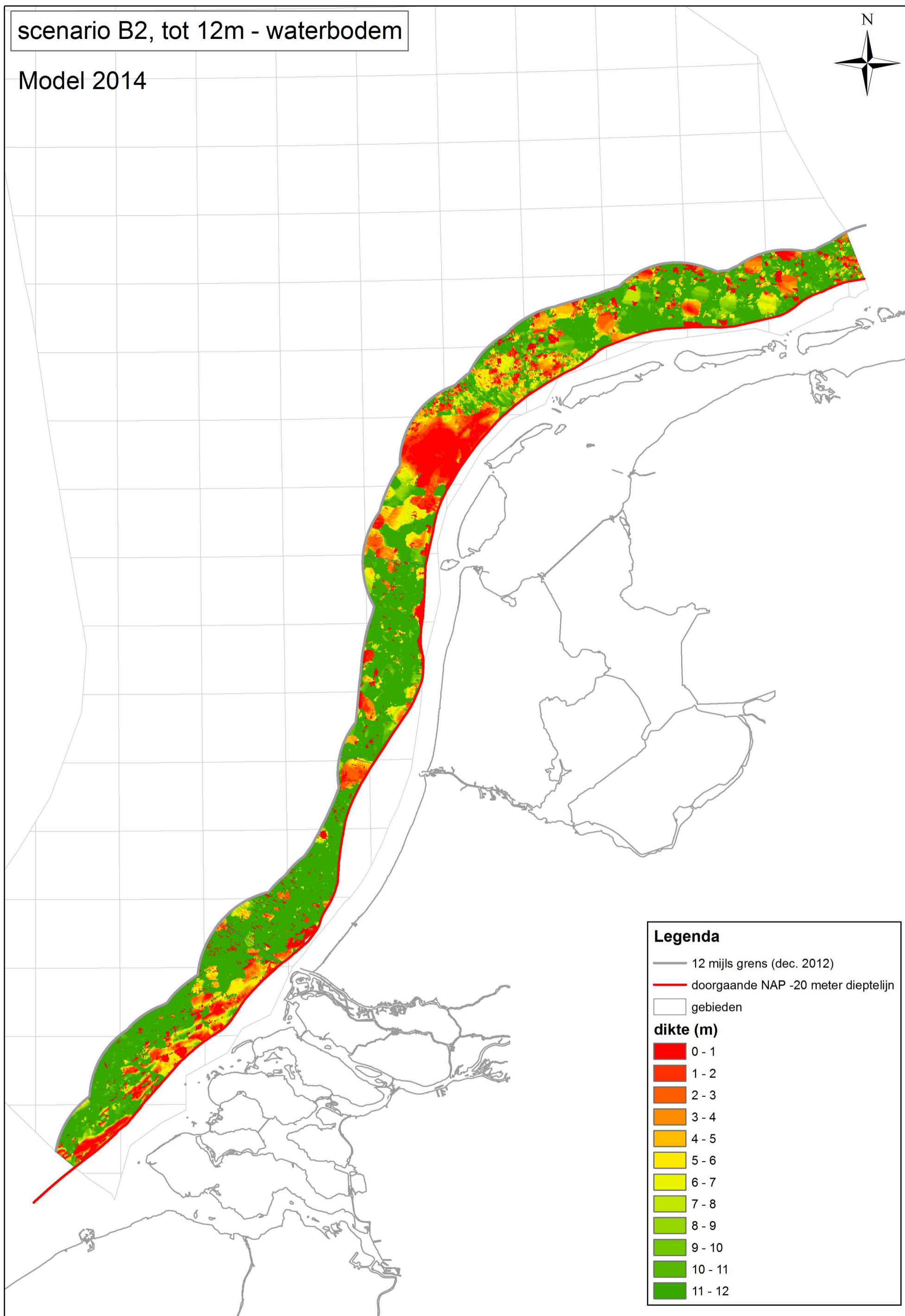
## dikte (m)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12

# Winbare hoeveelheid zand

scenario B2, tot 12m - waterbodem

Model 2014



## Legenda

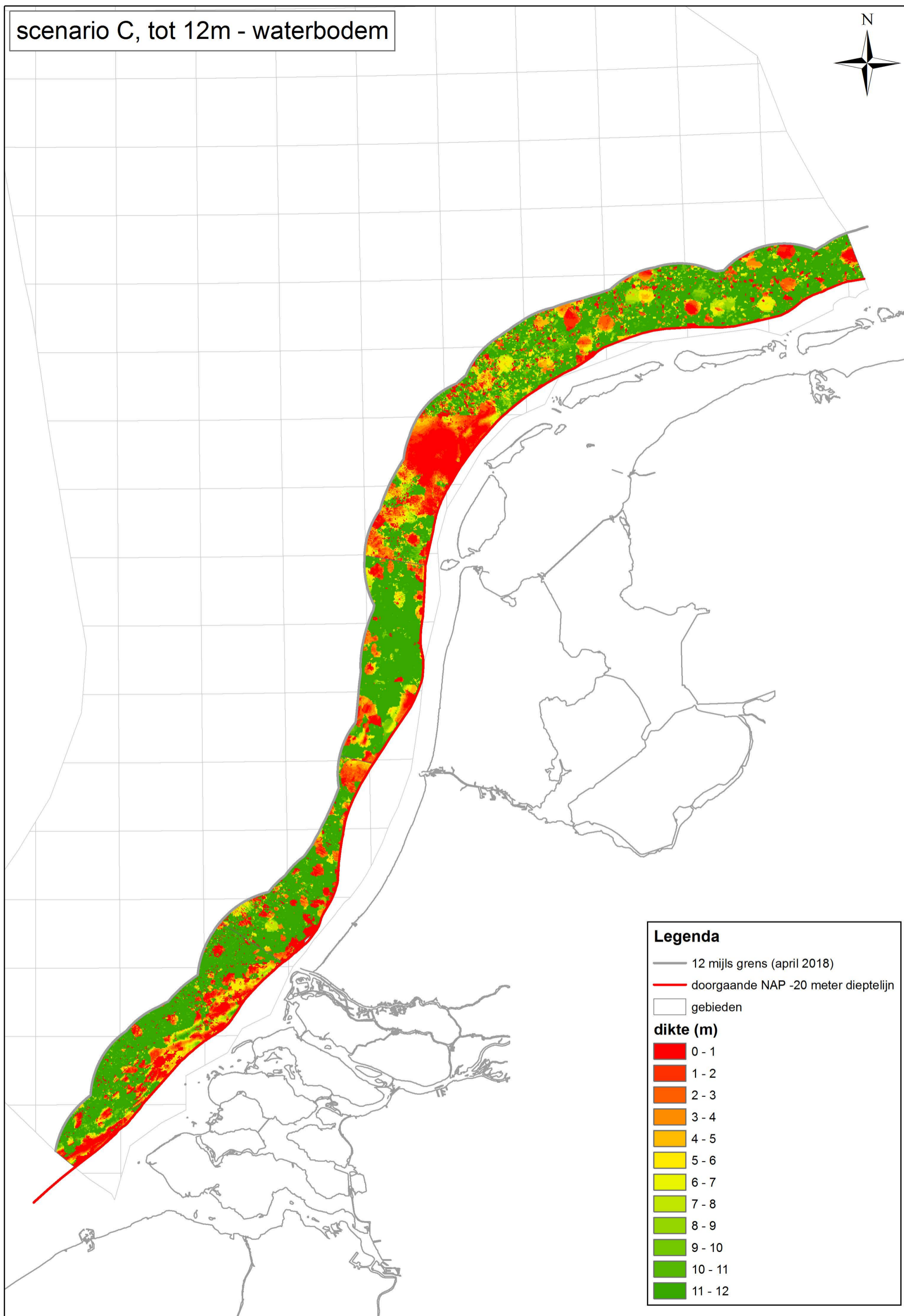
- 12 mijls grens (dec. 2012)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

## dikte (m)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12

# Winbare hoeveelheid zand

scenario C, tot 12m - waterbodem



## Legenda

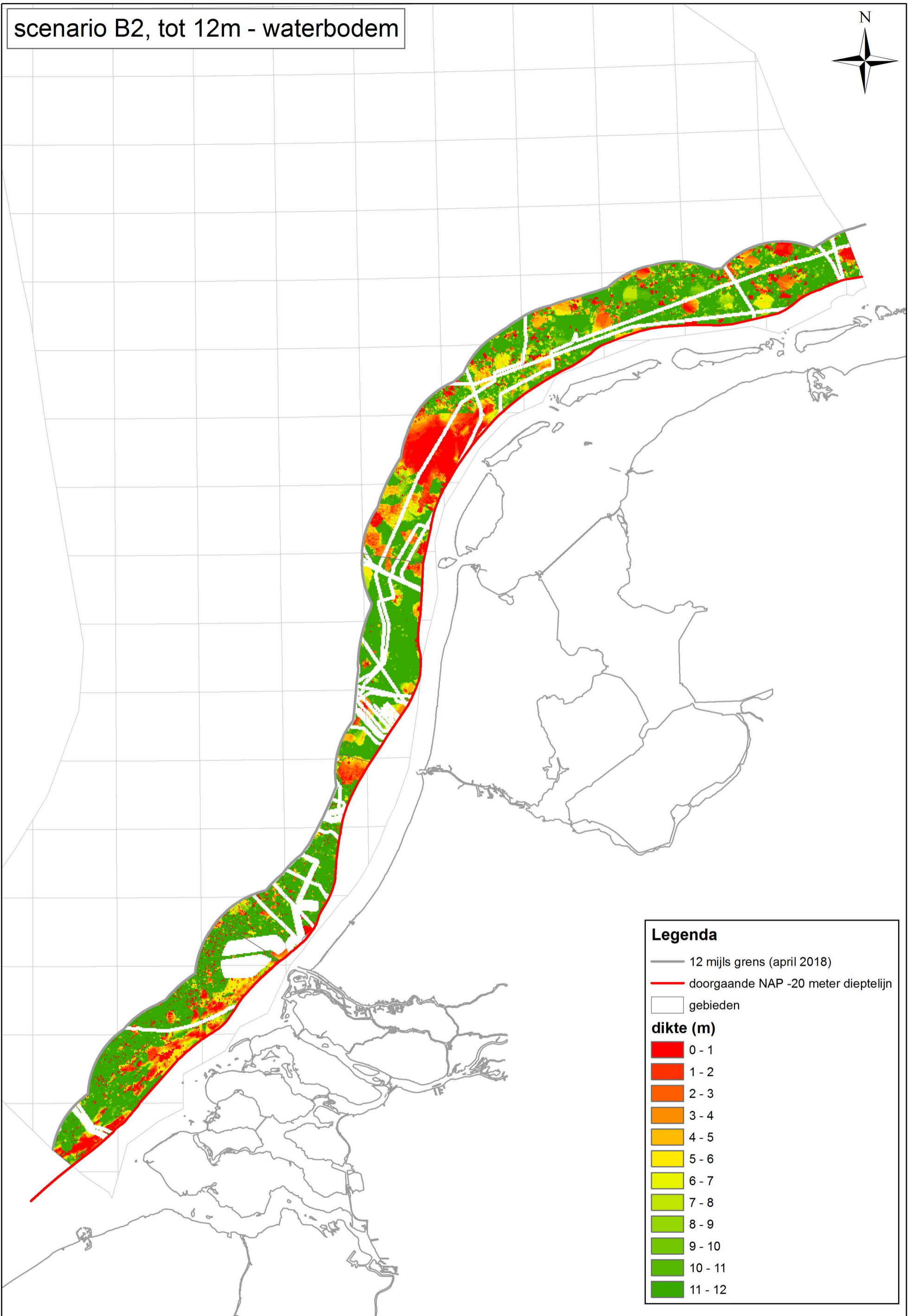
- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

## dikte (m)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12

# Winbare hoeveelheid zand op korte termijn

scenario B2, tot 12m - waterbodem



## Legenda

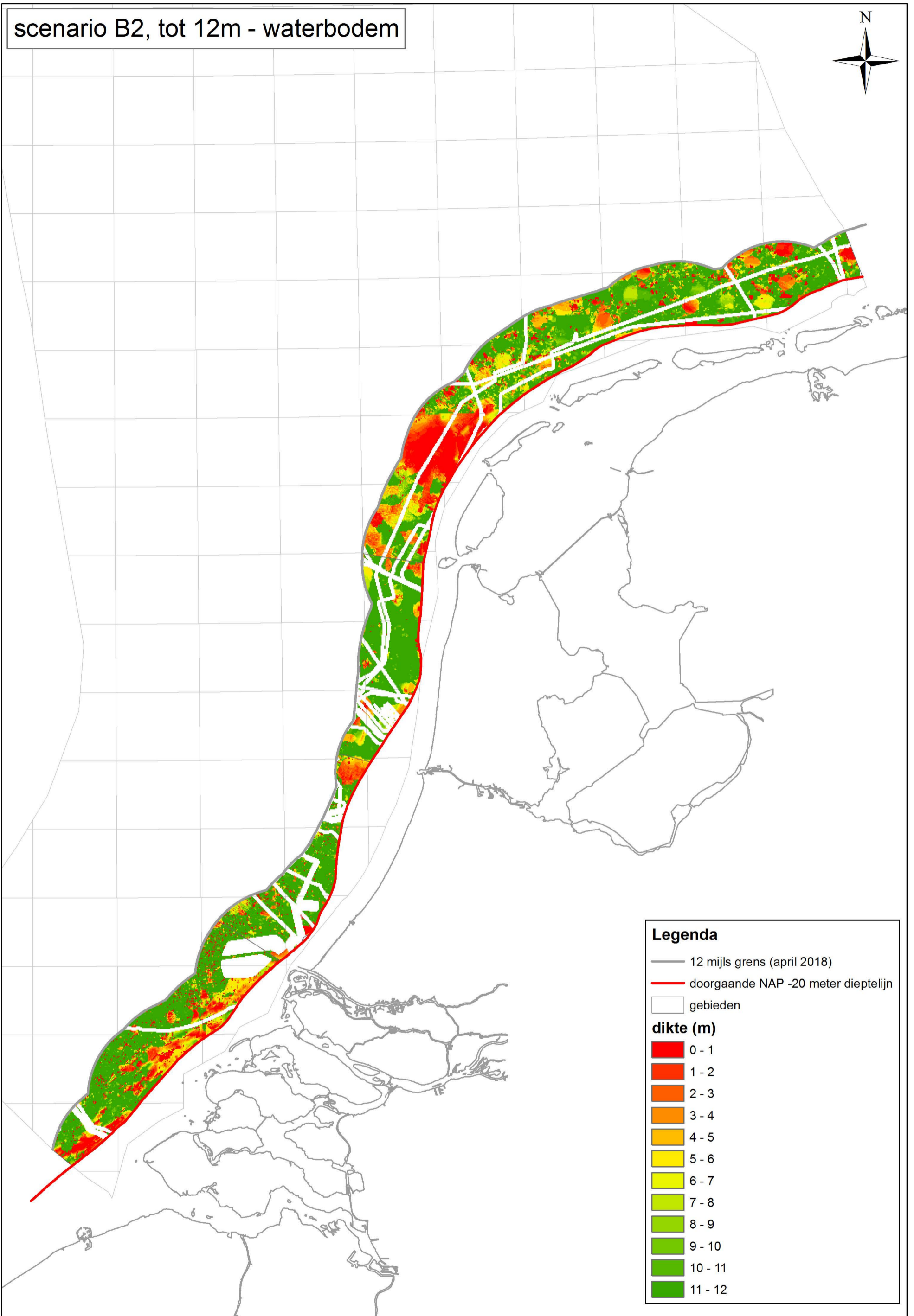
- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

## dikte (m)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12

# Winbare hoeveelheid zand op korte termijn

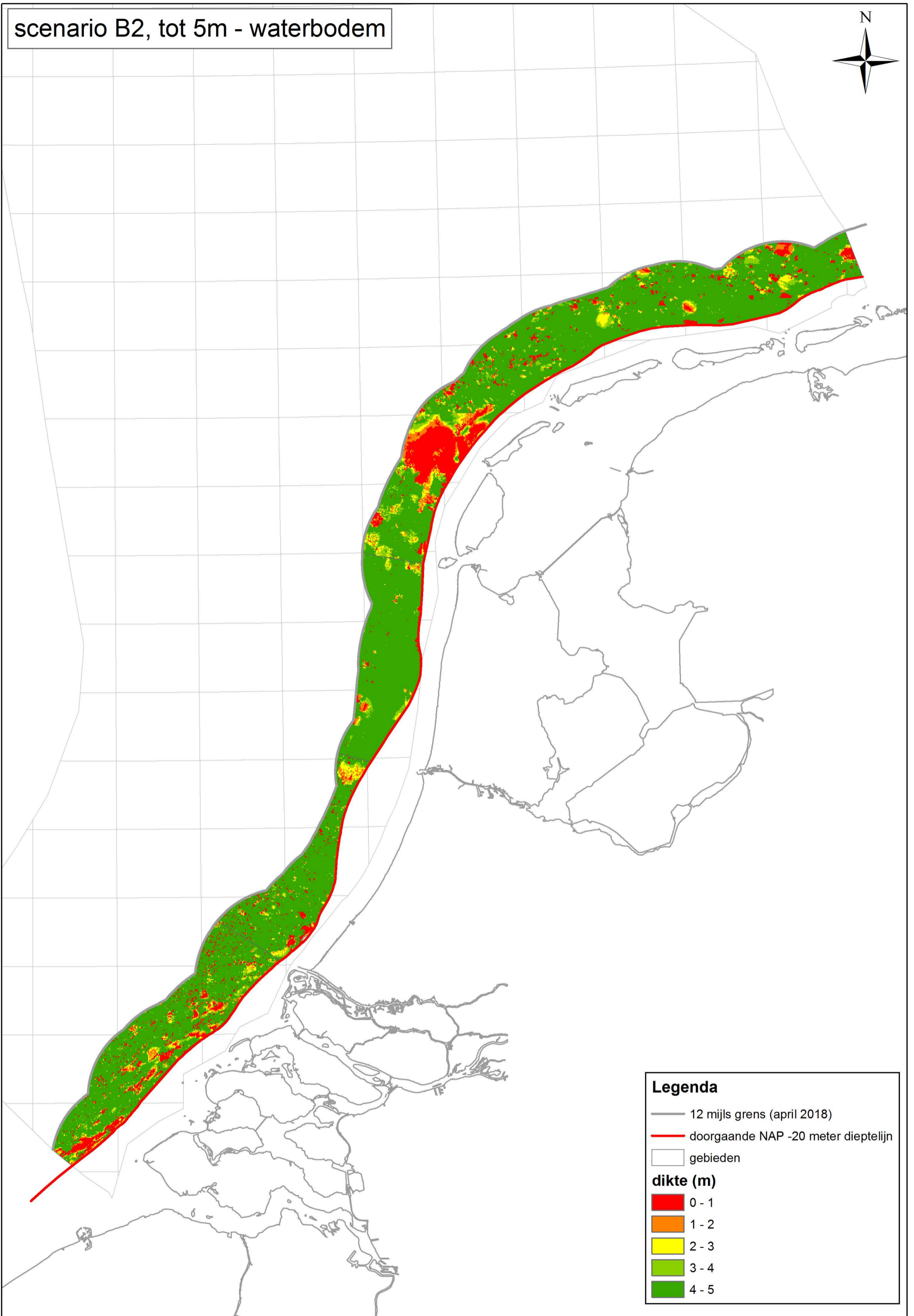
scenario B2, tot 12m - waterbodem





# Winbare hoeveelheid zand

scenario B2, tot 5m - waterbodem

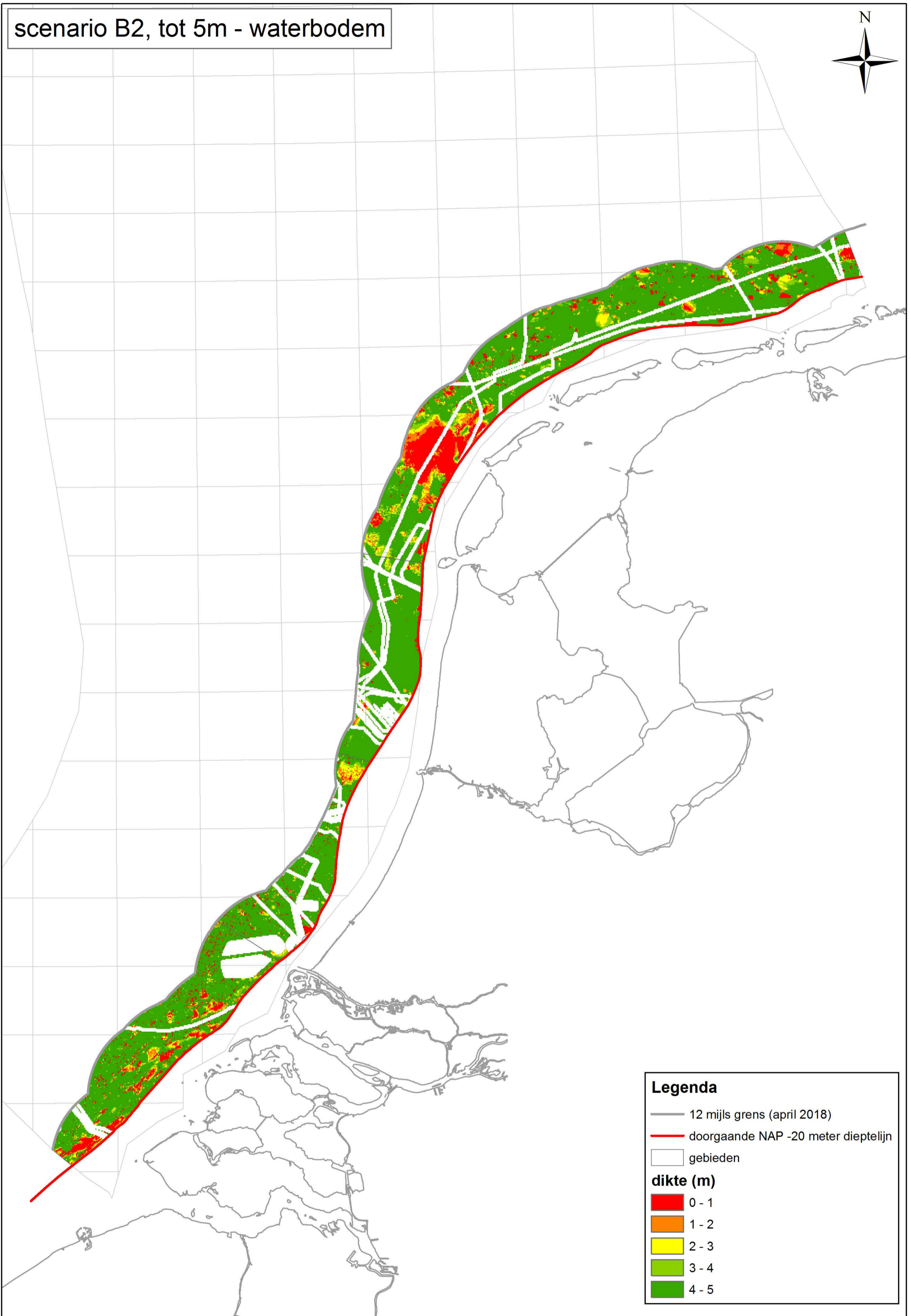


## Legenda

- 12 mijls grens (april 2018)
  - doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
  - gebieden
- dikte (m)**
- 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - 3 - 4
  - 4 - 5

# Winbare hoeveelheid zand op korte termijn

scenario B2, tot 5m - waterbodem

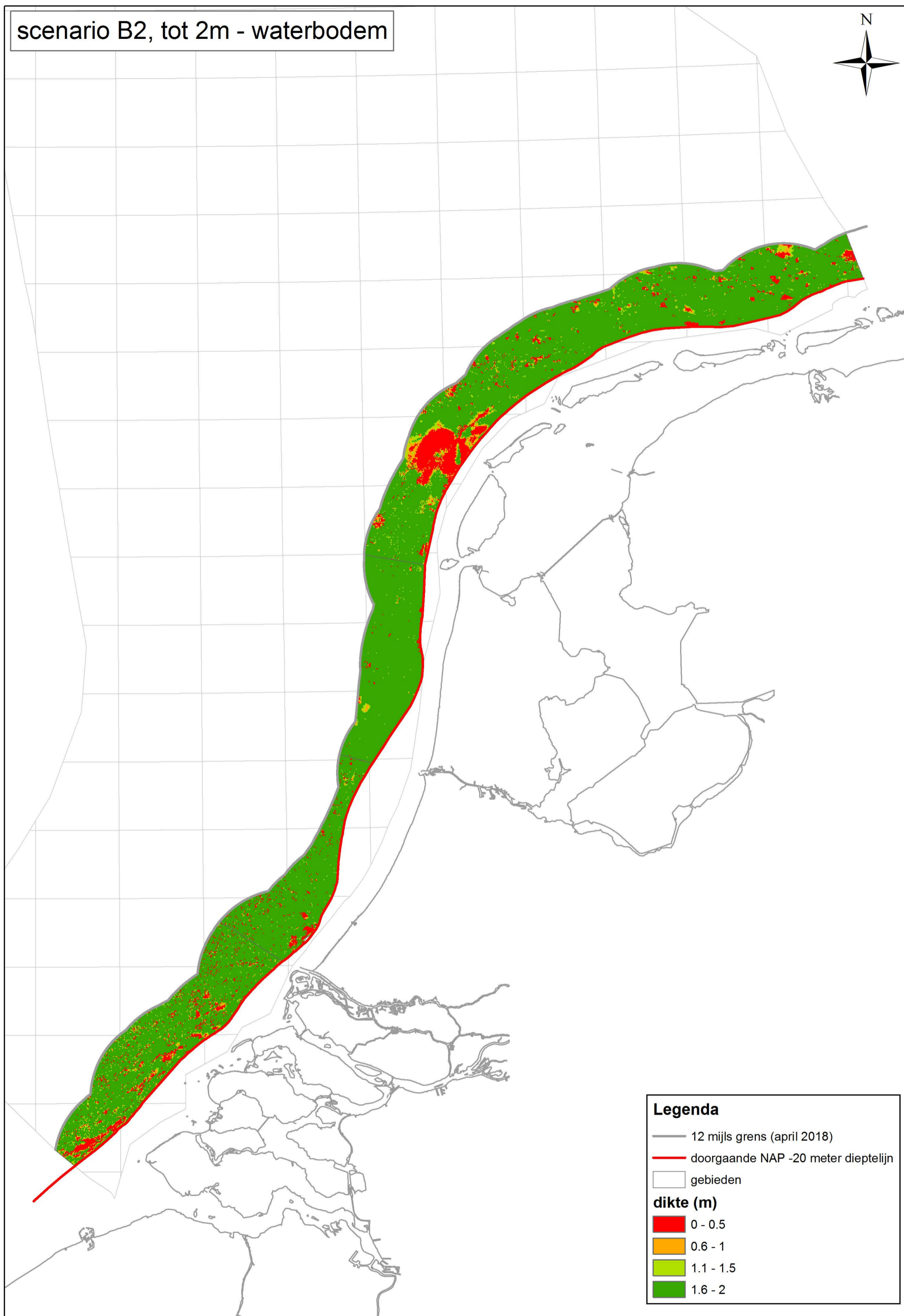


## Legenda

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden
- dikte (m)**
- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5

# Winbare hoeveelheid zand

scenario B2, tot 2m - waterbodembodem



## Legenda

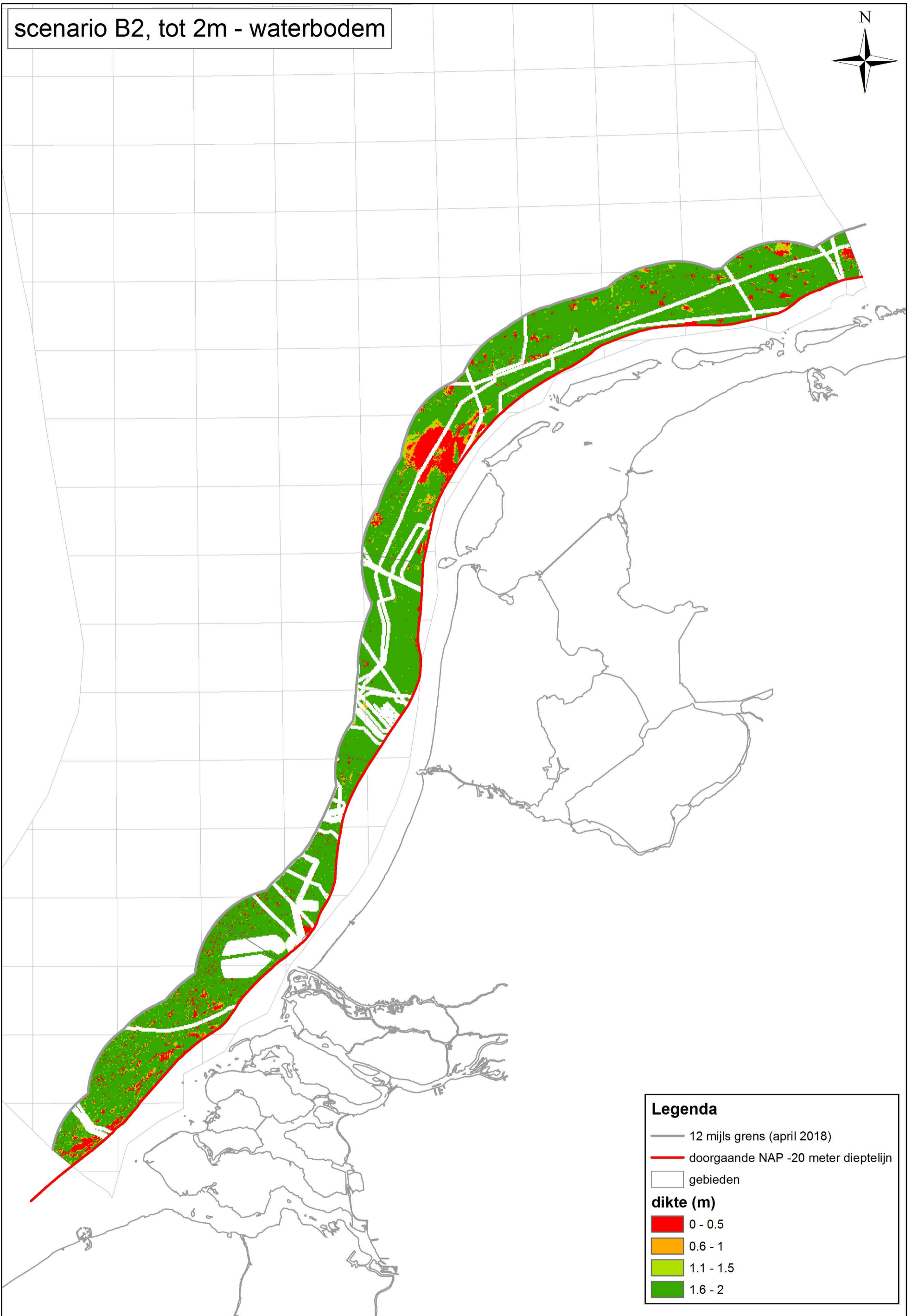
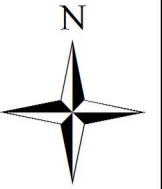
- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

## dikte (m)

- 0 - 0.5
- 0.6 - 1
- 1.1 - 1.5
- 1.6 - 2

# Winbare hoeveelheid zand op korte termijn

scenario B2, tot 2m - waterbodem



## Legenda

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

## dikte (m)

- 0 - 0.5
- 0.6 - 1
- 1.1 - 1.5
- 1.6 - 2

## **C Kaarten 3a t/m 3c**

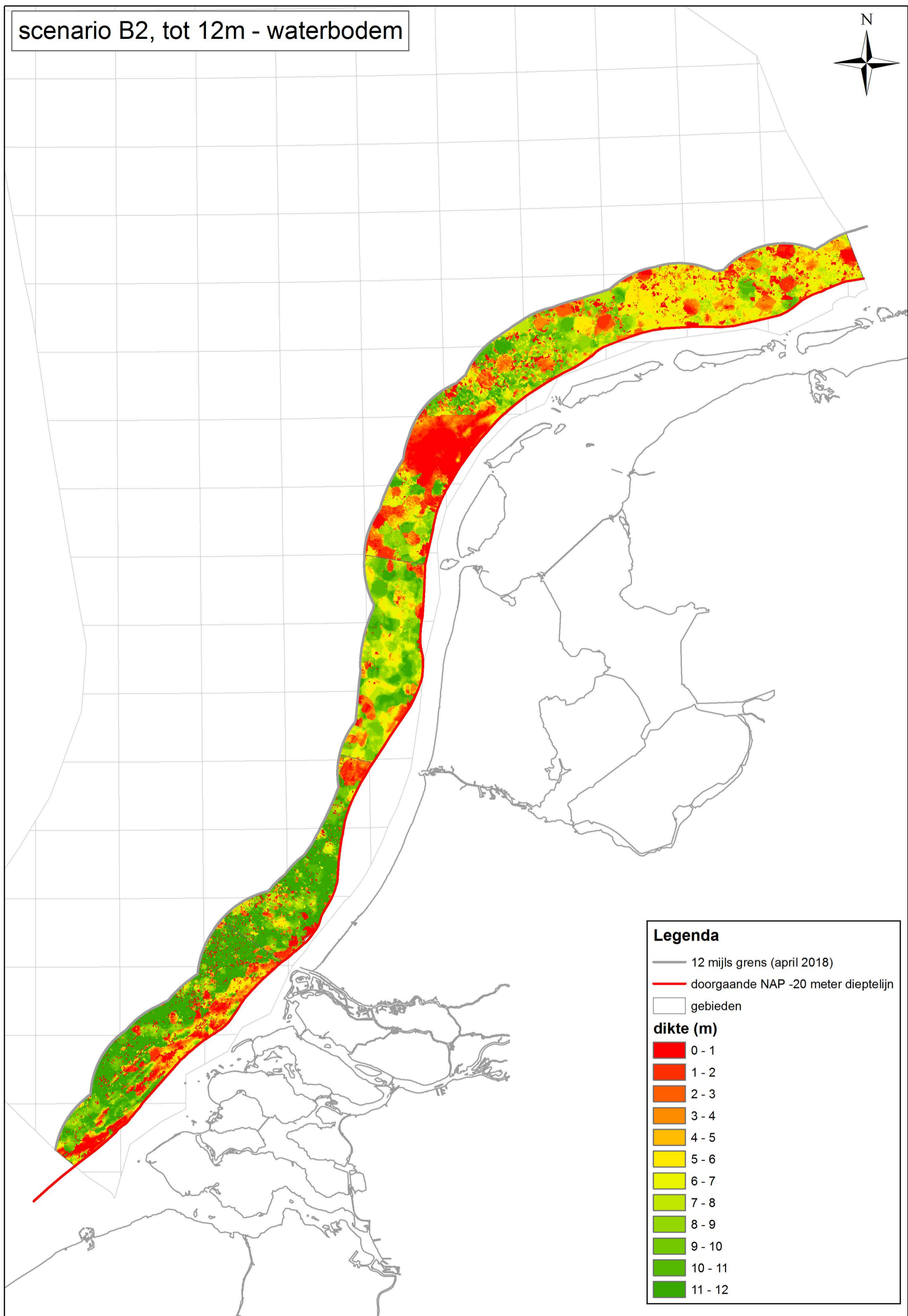
3a: Winbare hoeveelheid zand 0-1 zand, scenario B2, tot 12 m - waterbodem

3b: Winbare hoeveelheid zand 0-4 zand, scenario B2, tot 12 m – waterbodem

3c: Winbare hoeveelheid zand minus winbare hoeveel 0-4 zand, scenario B2,  
tot 12 m - waterbodem

# Winbare hoeveelheid 0 - 1 zand

scenario B2, tot 12m - waterbodembodem



**Legenda**

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelijn
- gebieden

**dikte (m)**

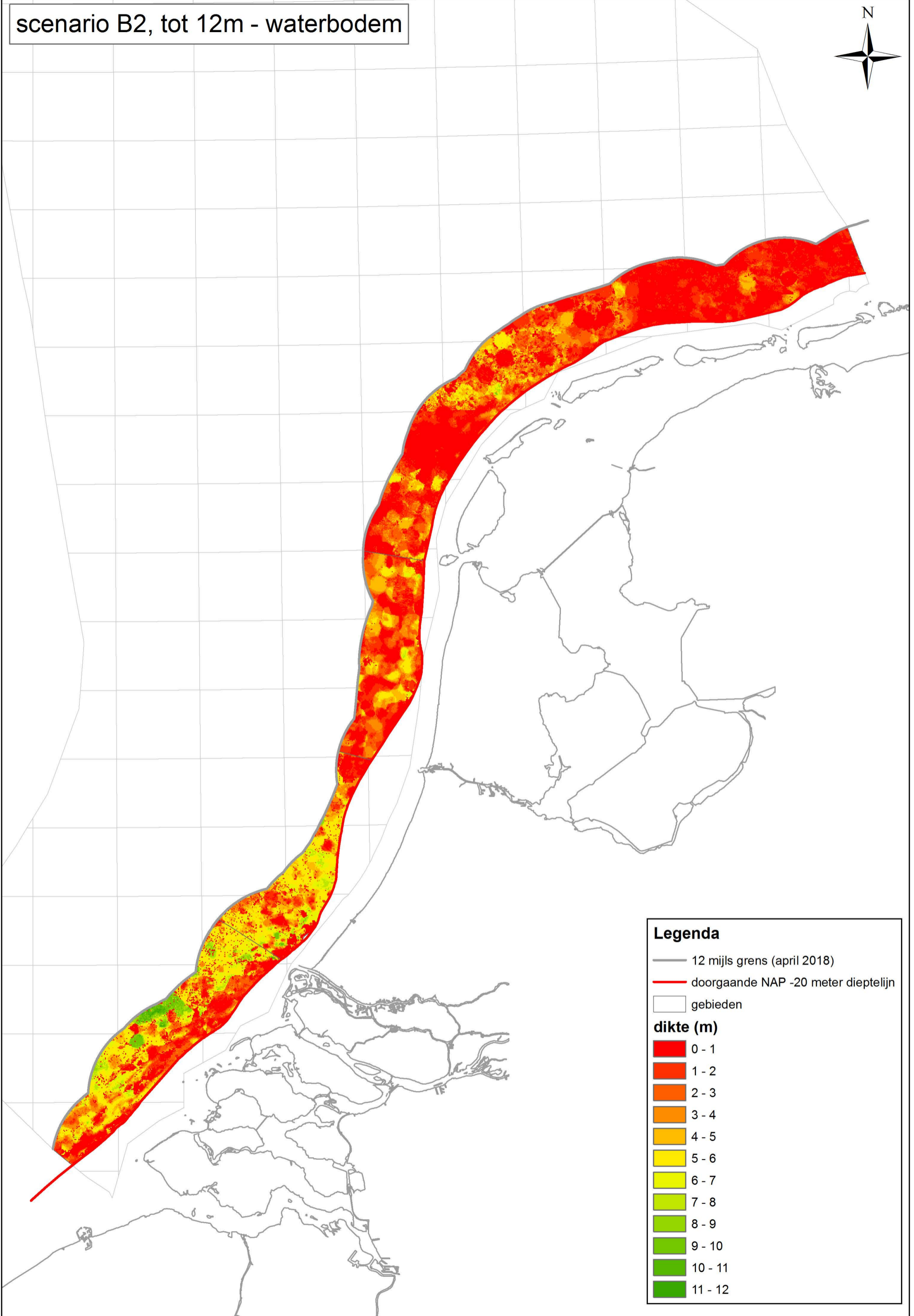
- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12



Coördinaatstelsel: ED 50  
Projectie: UTM (Zone 31)  
Centrale Meridiaan: 3° E  
Gemaakt op: 19-07-2018

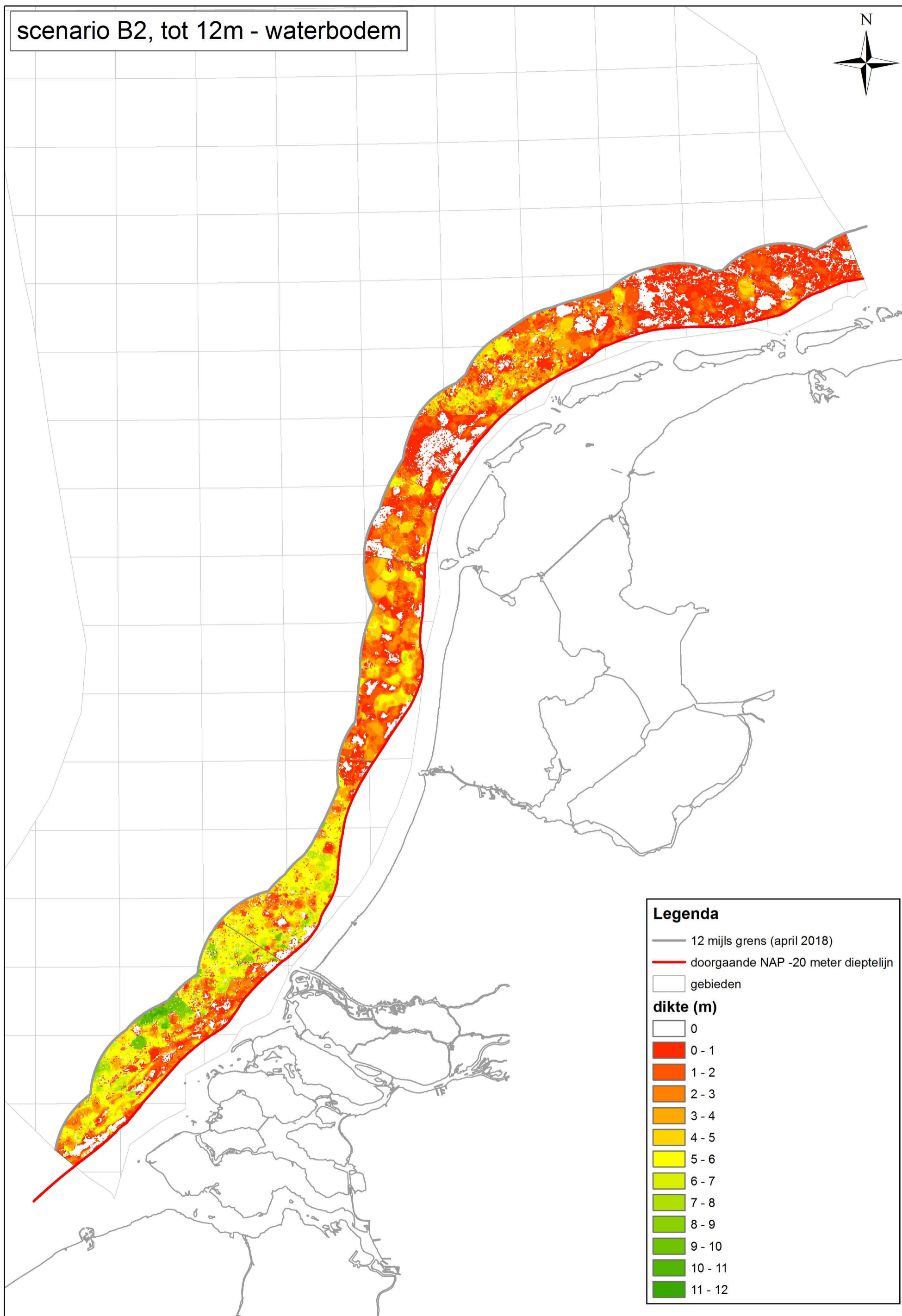
Kaartschaal: 0 12.5 25 50 Kilometers

# Winbare hoeveelheid 0 - 4 zand



# Winbare hoeveelheid totaal min 0 - 4 zand

scenario B2, tot 12m - waterbodembodem



**Legenda**

- 12 mijls grens (april 2018)
- doorgaande NAP -20 meter dieptelij
- gebieden

**dikte (m)**

- 0
- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12