

# **Zandwinstrategie: naar een beslissingsondersteunend systeem voor mariene zandwinning**

Laura Vonhögen - Peeters  
Sytze van Heteren  
Ankie Bruens  
Jan Stafleu

1205135-000



**Titel**

Zandwinstrategie: naar een beslissingsondersteunend systeem voor mariene zandwinning

<b>Opdrachtgever</b> Rijkswaterstaat	<b>Project</b> 1205135-000	<b>Kenmerk</b> 1205135-000-BGS-0008	<b>Pagina's</b> 164
---	-------------------------------	--	------------------------

**Trefwoorden**

Zandwinning, GIS, volumeberekeningen, kennis, zandkwaliteit, storende lagen.

**Samenvatting**

Op basis van het delfstoffeninformatiesysteem voor het NCP ontwikkeld door Maljers et al. (2010) is een concept beslissingsondersteunend systeem gemaakt waarmee beheerders en beleidsmakers verschillende visies van grootschalige zandwinning tegen elkaar kunnen afwegen. De gegenereerde visualisaties zijn bijzonder informatief voor gebruikers die geen of beperkte inhoudelijke kennis hebben van de onderliggende vakgebieden.

Het in dit rapport beschreven onderzoek heeft zich daarbij specifiek gericht op het vaststellen van de gebieden waar op termijnen van jaren tot decennia meer kennis van de zandvoorraad nodig is dan nu beschikbaar is via het delfstoffeninformatiesysteem.

De kracht van het ontwikkelde beslissingsondersteunend systeem ligt in de flexibiliteit waarmee het kan worden toegepast. Daardoor kan het systeem in de toekomst gemakkelijk worden uitgebreid met niet-geologische elementen uit economische, ingenieurstechnische, hydrodynamische, ecologische en archeologische kennis.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	jun. 2012	Laura Vonhögen Peeters	<i>bc</i>	Marco de Kleine	<i>mba</i>	Bob Hoogendoorn	<i>PH</i>
		Sytze van Heteren					
		Ankie Bruens					
		Jan Stafleu					

**Status**

definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Kader en probleemstelling	1
1.2 Onderzoeksvragen en opgeleverde producten	1
<b>2 Gevolgde werkwijze</b>	<b>5</b>
2.1 Werkzaamheden	5
2.2 Aanpak	5
<b>3 Zandvraag en zandaanbod</b>	<b>9</b>
3.1 Zandvraag door de tijd	9
3.2 Regionale verdeling van de zandvraag	10
3.3 Zandaanbod	12
<b>4 Bepaling van de kennisbehoefte</b>	<b>19</b>
4.1 Strafpuntensysteem	19
4.2 Diepte en dikte van stoorlagen	22
4.3 Kwaliteit van het zand	23
4.4 Combinaties van strafpunten	23
<b>5 Uitwerking van de pilots Noordwijk, Texel en Walcheren</b>	<b>27</b>
5.1 Inleiding	27
5.2 Pilot Noordwijk	30
5.3 Pilot Texel	34
5.4 Pilot Walcheren	37
<b>6 Een flexibel systeem</b>	<b>45</b>
<b>7 Conclusies</b>	<b>47</b>
<b>8 Referenties</b>	<b>49</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Bijlage 1a t/m 1c</b>	<b>A-1</b>
<b>B Bijlage 2</b>	<b>B-1</b>
<b>C Bijlage 3a t/m 3i</b>	<b>C-1</b>
<b>D Bijlage 4a t/m 4d</b>	<b>D-1</b>
<b>E Bijlage 5a en 5b</b>	<b>E-1</b>
<b>F Bijlage 6a en 6b</b>	<b>F-1</b>
<b>G Bijlage 7a en 7b</b>	<b>G-1</b>

<b>H Bijlage 8</b>	<b>H-1</b>
<b>I Bijlage 9a en 9b</b>	<b>I-1</b>
<b>J Bijlage 10a t/m 10e</b>	<b>J-1</b>
<b>K Bijlage 11a t/m bijlage 11h</b>	<b>K-1</b>
<b>L Bijlage 12a en 12b</b>	<b>L-1</b>
<b>M Bijlage 13a en 13b</b>	<b>M-1</b>
<b>N Bijlage 14a t/m 14g</b>	<b>N-1</b>
<b>O Bijlage 15</b>	<b>O-1</b>
<b>P Bijlage 16a t/m 16d</b>	<b>P-1</b>
<b>Q Bijlage 17</b>	<b>Q-1</b>
<b>R Bijlage 18a t/m 18g</b>	<b>R-1</b>
<b>S Bijlage 19</b>	<b>S-1</b>
<b>T Bijlage 20</b>	<b>T-1</b>
<b>U Bijlage 21a t/m 21g</b>	<b>U-1</b>
<b>V Bijlage 22</b>	<b>V-1</b>
<b>W Bijlage 23a t/m 23c</b>	<b>W-1</b>
<b>X Bijlage 24</b>	<b>X-1</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Kader en probleemstelling

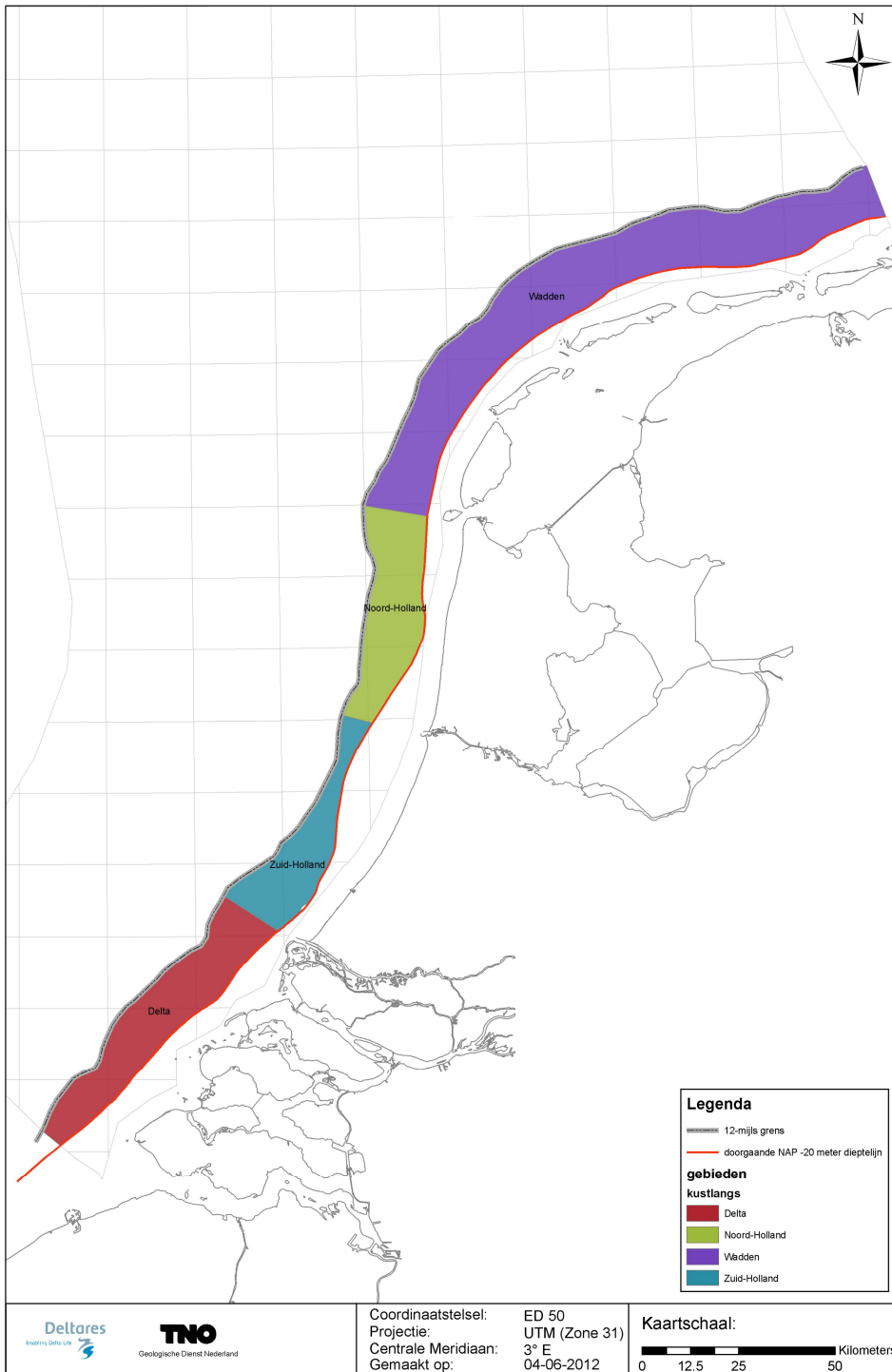
Voor een duurzaam beheer van de zandvoorraad op zee is kennis van de verbreiding en kwaliteit (korrelgrootteverdeling, slibgehalte, kalkgehalte e.d.) van zandlagen in de ondiepe ondergrond van de Noordzee van belang. Daarom is in opdracht van de Dienst Noordzee van Rijkswaterstaat bij Deltares/TNO de afgelopen jaren een delfstoffeninformatiesysteem (DIS) ontwikkeld waarmee op een snelle en gerichte manier de benodigde kennis en informatie uit de bestaande geologische gegevens kan worden afgeleid. Dit model wordt gebruikt om hoeveelheden winbaar zand voor verschillende windiepten en verschillende eisen aan zandkwaliteit op regionale schaal in te schatten.

Informatie uit het DIS is vooral bedoeld voor een eerste semi-kwantitatieve inschatting van de kansen voor zandwinning in regionale deelgebieden en voor een inschatting van de verhouding tussen regionale voorraad en vraag. Het DIS draagt op die manier bij aan het besluitvormingsproces dat is gekoppeld aan een duurzaam beheer van het Nederlandse deel van de Noordzee.

Op lokale schaal en bij specifieke vragen over kwaliteit is de huidige informatiedichtheid zoals vertegenwoordigd in het DIS niet toereikend voor een goed onderbouwde besluitvorming. Voor detailstudies op het niveau van individuele zandwinprojecten is de informatiedichtheid op zee vrijwel overal te laag. In deze gevallen zal aanvullend veldonderzoek nodig zijn om beslissingen te onderbouwen. Het gaat hierbij niet alleen om verfijning van verbreidingsreconstructies, maar ook om kennis over de kwaliteit van het te winnen zand. Dergelijke kennis wordt steeds belangrijker als gevolg van de toenemende eisen die vanuit gebruikersdoeleinden en vanuit natuuraspecten aan het zand gesteld worden. In principe hoeft detailkennis niet direct voor de gehele voorraad beschikbaar te zijn. Het kan in de loop van de komende decennia worden opgebouwd. Ter ondersteuning van dit proces moet bepaald worden welke gebieden op welke termijn en tot op welk detailniveau in kaart gebracht dienen te worden.

## 1.2 Onderzoeksvragen en opgeleverde producten

Het in dit rapport beschreven onderzoek is gericht op het vaststellen van de gebieden waar op termijnen van jaren tot decennia meer kennis van de zandvoorraad nodig is dan nu beschikbaar is via het delfstoffeninformatiesysteem. Het onderzoeksgebied betreft de zone tussen de doorgaande NAP -20 meterlijn en de 12 mijlsgrens langs de Nederlandse kust (Figuur 1; Bijlage 1a). Dit gebied is kleiner dan het gebied vanaf de NAP -15 meterlijn zoals geanalyseerd bij de ontwikkeling van het delfstoffeninformatiesysteem. De keus om niet de NAP -15 meterlijn maar de doorgaande NAP -20 meterlijn te gebruiken als landwaartse grens sluit aan bij het huidige beleid om zand te winnen buiten het zogenaamde Kustfundament. Deze voor kustveiligheid belangrijke zone strekt zich uit tussen de binnenduinrand (landwaartse grens) en de doorgaande NAP -20 meter dieptelijn (zeewaartse grens). In kustlangse richting is het studiegebied onderverdeeld in vier zones: Delta, Zuid-Holland, Noord-Holland en Wadden (Figuur 1; Bijlage 1a). Binnen deze gebieden zijn door Rijkswaterstaat uitsluitingsgebieden gedefinieerd waar het zand op dit moment niet toegankelijk is vanwege ander ruimtelijk gebruik (Bijlage 1b); deze zijn in de voorraadanalyses meegenomen.



Figuur 1. Onderverdeling van het studiegebied in de deelgebieden Delta, Zuid-Holland, Noord-Holland en Wadden.

De uitgevoerde werkzaamheden hebben betrekking op de vragen welke gebieden op welke termijn in kaart gebracht dienen te worden en in welk detail de toekomstige veldinventarisatie en kartering dienen plaats te vinden. Deze vragen worden beantwoord voor de tijdsperiodes 0-5, 5-15, 15-40 en 40-50 jaar, met 2010 als startjaar. Bij de prioritering van nader te karteren gebieden op bovengenoemde termijnen zijn zandkwaliteit, winbaarheid voor drie



dieptebereiken (2, 5 en 12 m beneden de zeebodem), en nabijheid tot de bestemming van het zand bepalende parameters.

Het benodigde detailniveau is een functie van de geologische complexiteit van de ondergrond en varieert daarom per locatie. De kans op aanwezigheid van grootschalige ( $>1 \text{ km}^2$ ) en voor zandwinning relevante stoorlagen in potentiële wingebieden is daarbij de belangrijkste factor. Deze kans is berekend aan de hand van beschikbare lithostratigrafische informatie die is ingezameld als onderdeel van de 1:250.000 Noordzeekartering en het project ONL (Onderzoek Nationale Luchthaven). Kleinschalige fenomenen ( $<1 \text{ km}^2$ ) kunnen niet uit deze data worden afgeleid. De daarvoor benodigde dichtheden van boringen en seismische grids zijn vrijwel nergens beschikbaar. Aangezien dergelijke data zeer relevant zijn voor de definitieve locatiekeuze en winstrategie bij individuele zandwinprojecten, maken ze wel onderdeel uit van deze op het beheer en beleid volgende stappen.

Alle informatie van het project is bijeengebracht in een serie GIS-bestanden die de opmaat vormen van een conceptueel beslissingsondersteunend systeem waarmee zandwinsten scenario's en –projecten interactief kunnen worden gevisualiseerd. De GIS-kaarten geven een regionaal beeld voor het hele onderzoeksgebied, aangevuld met een aantal detailstudies die aansluiten op actuele vragen van Rijkswaterstaat.

De kosten van het inwinnen van nadere informatie over de belangrijkste potentiële zandwingebieden en de bijbehorende verbetering van het door Deltares/TNO ontwikkelde delfstoffeninformatiesysteem zijn als onderdeel in het onderzoek meegenomen en in beeld gebracht. Daarmee wordt het voor Rijkswaterstaat mogelijk om in te schatten wat de financiële implicaties zijn van een eventueel besluit om deelgebieden nader te karteren.



## 2 Gevolgde werkwijze

### 2.1 Werkzaamheden

In het kader van het project zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Globale inventarisatie bij Rijkswaterstaat Noordzee, Rijkswaterstaat Waterdienst en Directoraat Generaal Water van het ministerie van Infrastructuur en Milieu over verwachte ontwikkelingen in kustlijn­zorg, 'coastal-zone management', grootschalige ingrepen, ophoogdoeleinden en industrieel gebruik waarbij zeezand nodig is. Gericht op hoeveelheden, locaties en tijdsperiode.
- Vaststelling welke kennis van de zandvoorraad nodig is (hoeveelheid, kwaliteit) voor de ontwikkeling van een optimale zandwinstrategie.
- Vaststelling welke kennis nodig is van beperkende aspecten die de winbaarheid van de zandvoorraad beïnvloeden (slibgehalte, kleilagen, bestemming als potentieel marien reservaat).
- Opstelling van criteria om te bepalen waar, wanneer en in welk detail meer kennis van de zandvoorraad nodig is. Belangrijke parameters zijn zandkwaliteit, winbaarheid, en afstand tot toekomstige bestemmingsgebieden.
- Prioritering van de aan te wijzen wingebieden die voor het in kaart brengen van de samenstelling in aanmerking komen.

Het resultaat van het onderzoek is uitgewerkt in een rapport dat de volgende elementen bevat:

- Een overzicht van de verwachte ontwikkelingen in kustlijn­zorg en 'coastal-zone management' waarbij zeezand nodig is, voor tijdsperiodes van 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40 en 40-50 jaar, met 2010 als startjaar.
- Een overzicht van de verwachte grootschalige ingrepen waarbij zeezand nodig is, voor tijdsperiodes van 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40 en 40-50 jaar, met 2010 als startjaar.
- Een overzicht van de verwachte ontwikkelingen in de behoefte aan zeezand voor ophoogdoeleinden en industrieel gebruik, voor tijdsperiodes van 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40 en 40-50 jaar, met 2010 als startjaar.
- Een overzicht van benodigde kennis van de zandvoorraad en de beperkende aspecten met betrekking tot de winbaarheid, voor dieptebereiken van 2, 5 en 12 m beneden de zeebodem.
- Criteria voor bepaling van de kennisbehoefte, met nadruk op eisen met betrekking tot kwantificering van zandkwaliteit, winbaarheid, geologische complexiteit, en nabijheid tot de bestemming van het zand, voor dieptebereiken van 2, 5 en 12 m.
- Een GIS-bestand (op DVD) met een bijbehorende toelichting waarmee een prioriteringsvolgorde van gebieden kan worden bepaald en een kostenschatting kan worden gemaakt voor dieptebereiken van 2, 5 en 12 m beneden de zeebodem. De gebruikte celgrootte van dit bestand is 250 x 250 m in het horizontale vlak en 0.5 m in de verticaal.

### 2.2 Aanpak

De informatie betreffende benodigd zeezand voor verschillende toepassingen is aangeleverd door Rijkswaterstaat Noordzee (Achtergronddocument zandwinstrategie 2050, versie februari 2011 (de Bruijn et al., 2011)). De keuze om gebruik te maken van deze bestaande informatie

zorgt ervoor dat de resultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek optimaal aansluiten bij bestaande beheerstukken en andere initiatieven binnen Rijkswaterstaat.

De benodigde geologische kennis komt voor het overgrote deel uit de rapporten geschreven in het kader van de ontwikkeling van een delfstoffeninformatiesysteem voor Rijkswaterstaat Noordzee door Deltares/TNO. Er is gerekend met grids die de basis vormen voor dit informatiesysteem. Daarmee zijn de nieuwe resultaten consistent met dit eerdere werk dat al ingebed is in het beheer van Rijkswaterstaat. Voor de algemene werkwijze met betrekking tot het delfstoffeninformatiesysteem wordt verwezen naar de Deltares rapporten 1003-0138 en 1203426-000-BGS-0003 (Maljers et al., 2010). Daarin zijn de verschillende voor het huidige project relevante parameters gedefinieerd. Ter aanvulling is de gewenste dichtheid van gegevens bepaald aan de hand van een eerste-orde inschatting van de geologische complexiteit, welke lateraal en in de diepte varieert.

De informatie uit de boringen en korrelverdelingen die de basis vormen van het delfstoffeninformatiesysteem is vertaald naar 8 lithoklassen (Tabel 1) en daarnaast naar 4 slibklassen (Tabel 2). Uit de lithoklassen en de slibklassen wordt de winbaarheid berekend op basis van zogenaamde winbaarheidscriteria die aan de basis liggen van de modelontwikkeling:

1. Kwaliteit van het zand (suppletie- / ophoog- of grof industriezand, zie Bijlage 2).
2. Wel of geen geologische systeemkennis meenemen (afgeleid van ONL-studie uit 2003, waarvoor relatief meer systeemkennis is gebruikt dan voor de grootschaligere 1:250.000 kartering).
3. Diktes van stoorlagen (0,5 m, 1 m of 2 m).
4. Type stoorlaag (4 scenario's, Tabel 3).

Onder relatief dikke stoorlagen van klei, leem of veen kan niet gewonnen worden, stoorlagen die dunner of minder geconcentreerd zijn, tellen mee tot een bepaalde cumulatieve dikte is bereikt, maar tussenliggend zand kan wel gewonnen worden.

Tabel 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 en grind (420-2000 mu en >2000 mu)
5	Zandmediaan onbekend
6	Klei/Leem
7	Veen
8	Schelpen en schelpfragmenten (>30%)

Tabel 2. Overzicht van de slibklasse indeling.

Slibklasse	Indeling
1	Zwak slibhoudend ( $\leq 2\%$ )
2	Matig zwak slibhoudend (2 tot 4%)
3	Matig sterk slibhoudend (4 tot 10%)
4	Sterk slibhoudend ( $\geq 10\%$ )

Tabel 3. Vergelijking van de winbaarheidsscenario's.

Scenario	Indeling
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

Bij de bepaling van de criteria om te bepalen waar, wanneer en in welk detail meer kennis van de zandvoorraad nodig is, was het uitgangspunt dat deze criteria verschillend moeten worden gewogen afhankelijk van de beoogde toepassing van het zand. Daarbij zijn zowel geologische als ecologische en economische factoren meegenomen. In een iteratief proces is het relatieve belang van de verschillende criteria bepaald, in de wetenschap dat latere aanpassing mogelijk is doordat digitale deelbestanden met een 'druk op de knop' kunnen worden aangepast. De criteria worden gekoppeld aan een strafpuntenstelsel. Daarbij worden, afhankelijk van de per gridcel voor criteria vastgestelde waarden, punten toegekend die een maat vormen voor geschiktheid voor zandwinning en noodzaak voor aanvullende kennis. Het systeem kent per deelaspect punten toe op basis van zandvoorraad, zandkwaliteit en bestaande kennis in verhouding tot geologische complexiteit. Het aantal punten neemt toe naarmate een locatie weinig winbaar zand herbergt of voor een locatie veel veldgegevens beschikbaar zijn. De strafpunten kunnen op verschillende manieren worden gesommeerd door te variëren in wegingsfactoren, en in een GIS-bestand zowel individueel als in samenhang worden gevisualiseerd. Aan de hand van de GIS-bestanden is een prioritering van de acquisitie van veldgegevens in de tijd mogelijk.



### 3 Zandvraag en zandaanbod

#### 3.1 Zandvraag in de periode 2010-2100

- o De zandbehoefte is per periode van 5 jaar in beeld gebracht (Figuren gaan tot 2060, 10 jaar na de laatste wijziging in jaarlijkse zandbehoefte)

Daarbij zijn de volgende doeleinden onderscheiden:

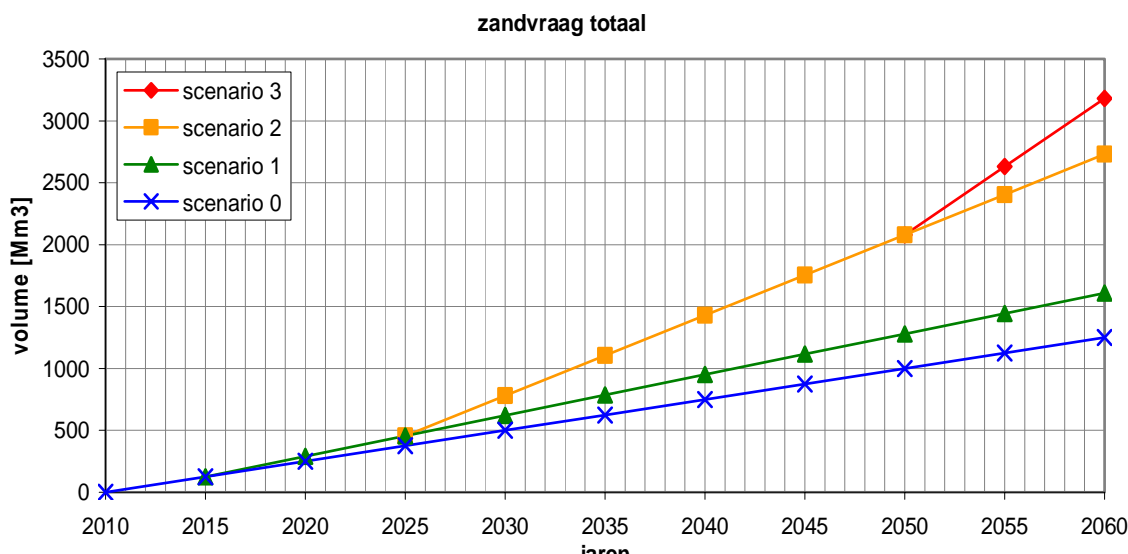
- o Kustlijnzorg
- o Delta-Programma Kust
- o Commerciële zandwinning (voor ophoging en overige industriële doelen)

Voor de inventarisatie is alleen gebruik gemaakt van bestaande inzichten (Achtergronddocument zandwinstrategie 2050, versie februari 2011 (Rijkswaterstaat, 2011)). Vanuit deze inventarisatie zijn vier scenario's gedefinieerd (Tabel 4). Elk van deze scenario's gaat uit van een bepaalde zandvraag vanuit de industrie (commerciële zandwinning) en vanuit het suppletiebeleid (compensatie voor de verwachte, in snelheid toenemende zeespiegelstijging). Daarbij wordt aangenomen dat deze scenario's gefaseerd in de tijd zullen optreden (Figuur 2). Voordat de scenario's op middellange (2) en lange termijn (3) in werking kunnen treden, zal bij Rijkswaterstaat besluitvorming moeten plaatsvinden over nut en noodzaak van de bijbehorende zandwinning, en zal de benodigde scheepscapaciteit beschikbaar moeten zijn.

Tabel 4. Scenario's van zandbehoefte.

<b>Scenario</b>	<b>Start</b>	<b>Totale zandbehoefte (miljoen m<sup>3</sup> per jaar)</b>	<b>Kust-suppleties (incl kust-fundament)</b>	<b>Verwachte zeespiegelstijging</b>	<b>Commerciële zandwinning (miljoen m<sup>3</sup> per jaar)</b>
0 ('basis')	2010	12+13 = 25	Klein	0 mm/j	13
1 ('laag')	2015	20+13 = 33	Groot	2 mm/j	13
2 ('middel')	2025	40+25 = 65	Groot	4 mm/j	25
3 ('hoog')	2050	85+25 = 110	Groot	13 mm/j	25

In scenario 0 ('basis') treden geen veranderingen op ten opzichte van het huidige beleid. In scenario 1 ('laag') wordt uitgegaan van de in het Nationale Waterplan (2009) genoemd suppletiehoeveelheden. In dit plan wordt uitgegaan van een zandvraag van 20 miljoen m<sup>3</sup> per jaar voor kustsuppleties vanaf 2015. Scenario 2 ('middel') is gebaseerd op het KMNI scenario voor zeespiegelstijging van 0,4 meter per eeuw. Daarbij is een scenariostart in ten vroegste 2025 aangehouden, en wordt uitgegaan van 40 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar voor kustsuppleties en 25 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar voor commerciële winning. Scenario 3 ('hoog') is gebaseerd op de door de Deltacommissie (2008) uit diverse nationale en internationale analyses afgeleide meest ongunstige relatieve zeespiegelstijging van 1,3 meter per eeuw. Daarbij is een scenariostart in ten vroegste 2050 aangehouden, en wordt uitgegaan van 85 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar voor kustsuppleties en 25 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar voor commerciële winning.



Figuur 2. Projectie van zandvraag in de tijd, voor scenario's 0, 1, 2 en 3 en tot 2060. Van 2060 tot 2100 is het uitgangspunt dat er geen verandering in de zandvraag meer optreedt ten opzichte van 2060.

### 3.2 Regionale verdeling van de zandvraag

De zandvraag die voortvloeit uit het kustbeheer is per locatie verschillend. Deze lokale verschillen zorgen ervoor dat ook op het regionale niveau van de vier deelgebieden de zandvraag van kustbeheerders varieert. De regionale verschillen worden versterkt door het feit dat de commerciële winning van ophoogzand gerelateerd is aan de nabijheid van havens waar het gewonnen zand kan worden afgeleverd. De in die havens aangevoerde hoeveelheden zand zijn zeer ongelijk verdeeld over de regio's.

De geschatte vraag per scenario, onderverdeeld naar regio's, wordt gegeven in Tabel 5.1 voor de middellange termijn (tot 2050) en in Tabel 5.2 voor de lange termijn (tot 2100). De hogere totalen voor dezelfde scenario's in Tabel 5.2 weerspiegelen de daarbij behorende langere periode (90 jaar) dan voor Tabel 5.1 (40 jaar).

Tabel 5.1. Vraag naar zeezand tot 2050 (in miljoen m<sup>3</sup>) voor de verschillende regio's en scenario's.

Regio	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2
Delta	411	458	703
Zuid-Holland	342	381	530
Noord-Holland	228	254	391
Wadden	268	299	568
TOTAAL	1250	1392	2192

Tabel 5.2. Vraag naar zeezand tot 2100 (in miljoen m<sup>3</sup>) voor de verschillende regio's en scenario's.

Regio	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Delta	823	1012	1747	2310
Zuid-Holland	684	804	1251	1476
Noord-Holland	456	530	941	1310
Wadden	537	697	1504	2606
TOTAAL	2500	3042	5442	7692

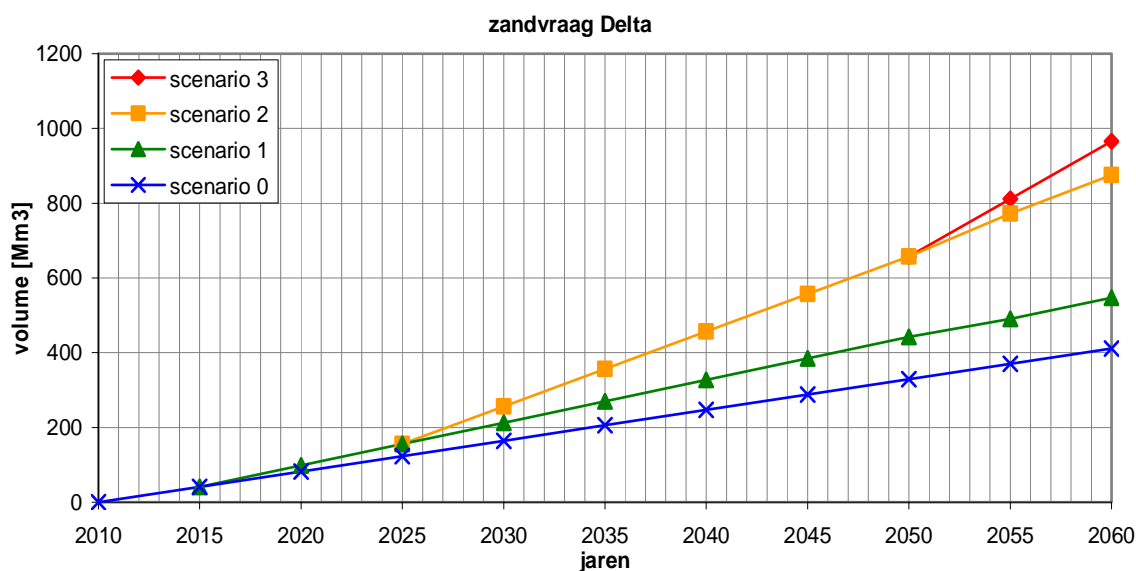


Uit deze cumulatieve volumes is een regionale verdeling in volumes per jaar afgeleid (Tabel 6). Opvallend daarbij is dat het jaarlijkse aantal kubieke meters dat per scenario op lange termijn (tot 2100) nodig is in een aantal gevallen significant minder is dan op korte termijn (tot 2050), en niet meer zoals te verwachten in het licht van de toenemende jaarlijkse vraag naar zand. De reden hiervoor ligt in het feit dat een aantal grote projecten die vóór 2015 worden uitgevoerd of afgerond in de berekeningen zijn meegenomen. Kustversterking en duincompensatie bij de Delflandse kust, de zandmotor voor Delfland, de Westerschelde Container Terminal en de versterking van zwakke schakels langs de kust vergen in totaal 112 miljoen m<sup>3</sup> zand, bovenop de jaarlijkse volumes zoals berekend aan de hand van de verschillende scenario's.

Tabel 6. Jaarlijkse volumes (in miljoen m<sup>3</sup>) voor de verschillende regio's.

Scenario	Start	Delta	ZH	NH	Wadden	
0 ('basis')	2010	8.23	6.84	4.56	5.37	
1 ('laag')	2015	11.45	9.53	6.35	7.48	tot 2050
	2015	11.24	8.93	5.89	7.74	tot 2100
verschil		-0.21	-0.60	-0.46	0.26	
2 ('middel')	2025	20.09	15.14	11.17	16.23	tot 2050
	2025	20.55	14.72	11.07	17.69	tot 2100
verschil		0.46	-0.42	-0.10	1.46	
3 ('hoog')	2050	30.80	19.68	17.47	34.75	tot 2100

De regionale zandvraag voor de regio Delta is zowel op korte als op lange termijn het grootst van de vier deelgebieden. De verwachte zandvraag van deze regio door de tijd is voor de vier scenario's weergegeven in Figuur 3.



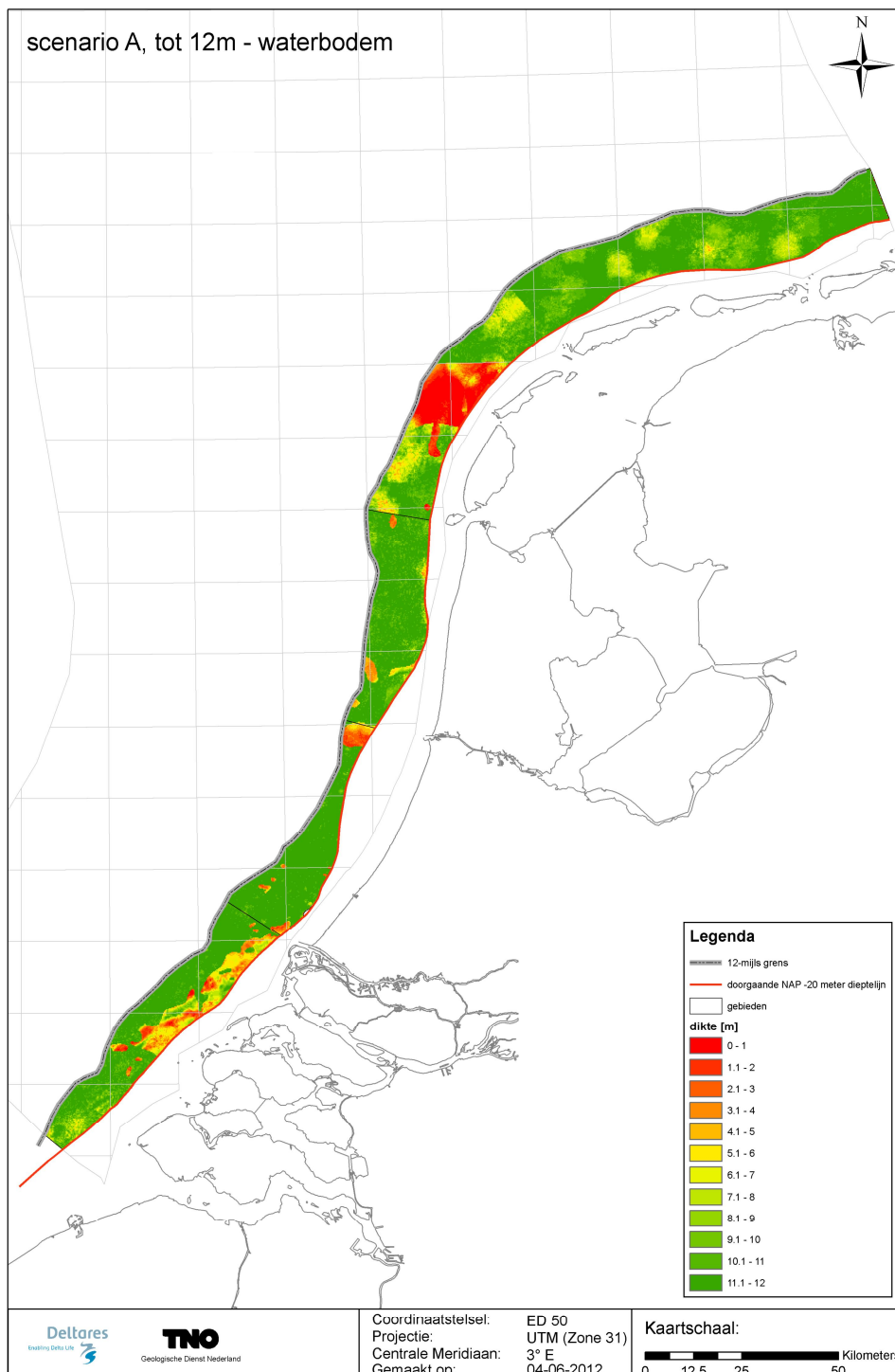
Figuur 3. Zandvraag voor deelgebied Delta door de tijd volgens verschillende scenario's.

### 3.3 Geschatte zandaanbod

Het DIS van Maljers et al. (2010), waarin voor het dieptebereik van 0-2, 0-5 en 0-12 m beneden de zeebodem is geïnventariseerd waar en hoeveel winbaar zand aanwezig is (Figuur 4), vormt de basis voor de bepaling van het zandaanbod. De in het DIS gebruikte criteria zijn dikte van zandlagen, dikte en diepte van stoorlagen, lithologie van stoorlagen, en kennis van de verbreiding van lithostratigrafische eenheden. Het DIS is gekoppeld aan de vier zandvraagscenario's in een proefversie van een beslissingsondersteunend systeem waarin op basis van toegekende strafpunten wordt gevisualiseerd:

- waar op basis van bestaande kennis – en ongeacht niet-geologische factoren – het beste zand gewonnen kan worden bij windieptes van 0-2, 0-5 en 0-12 m beneden de zeebodem,
- waar nadere kennis (m.n. boorgegevens) nodig is om de zandvoorraad betrouwbaar in kaart te brengen zodat een optimale afweging kan mogelijk is.

## Winbare hoeveelheid zand



Figuur 4. Dikte potentieel winbaar zand in de eerste 12 meter sediment beneden het zeebodemoppervlak. Van rood naar groen neemt de winbare dikte toe (zie tekst voor nadere toelichting). De onnatuurlijke overgang tussen rood en groen bij Vlieland komt overeen met de noordgrens van het gedetailleerd in kaart gebrachte ONL gebied.

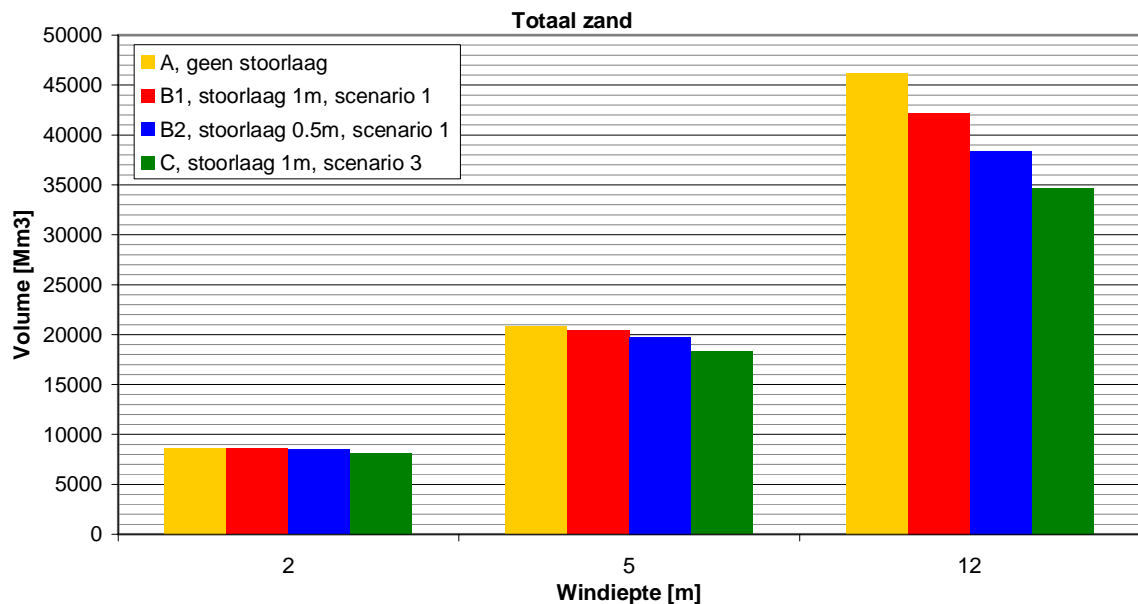
In de huidige studie is een viertal combinaties van winbaarheidscriteria gebruikt om de daadwerkelijke winbaarheid te bepalen (Tabel 7).

Tabel 7. Combinaties van winbaarheidscriteria zoals gebruikt in het beslissingsondersteunend systeem. Zie Tabellen 2 en 3 voor omschrijvingen van de in de rechterkolom genoemde scenario's 1 en 3.

<i>code</i>	<i>geologie gebruikt ja/nee</i>	<i>dikte stoorlaag (m)</i>	<i>lithologie stoorlaag</i>
A	ja	niet meegenomen	niet meegenomen
B1	ja	stoorlaag 1,0	scenario 1 (klei/leem/veen)
B2	ja	stoorlaag 0,5	scenario 1 (klei/leem/veen)
C	ja	stoorlaag 1,0	scenario 3 (slib 3, 4, klei/leem/veen)

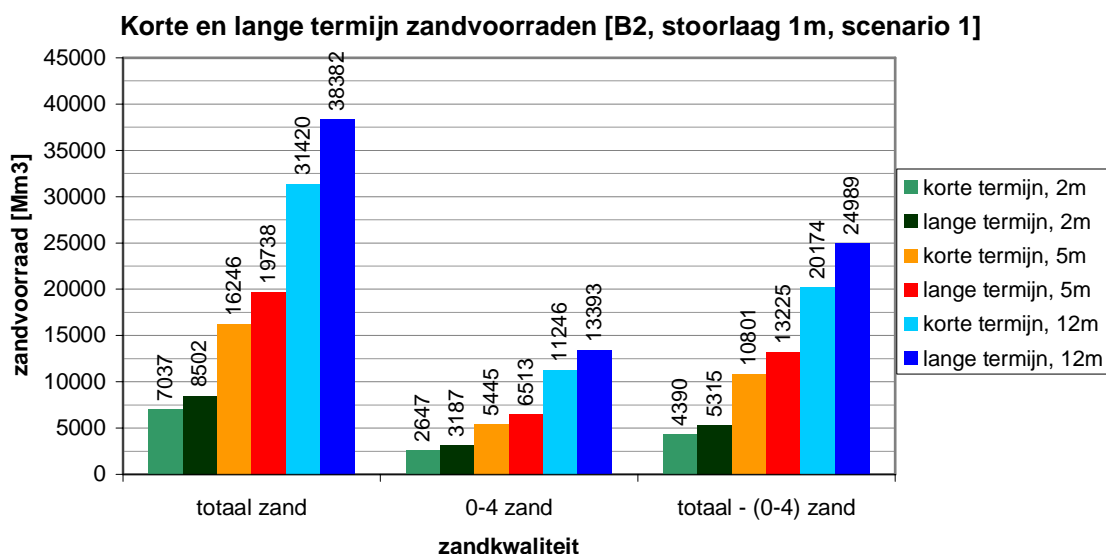
Aan de hand van deze combinaties van criteria zijn zowel voor het gehele onderzoeksgebied als voor de vier verschillende deelgebieden geautomatiseerd volumes berekend tot een diepte van 2 m, 5 m en 12 m beneden de zeebodem voor het totaal zand (ongeacht korrelgrootte), 0-4 zand, totaal minus 0-4 zand 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; zie Van der Meulen et al., 2003*). Omdat de criteria van 0-4 zand en 0-1 zand deels overlappend zijn, is voor elk zoekgebied het volume totaal minus 0-4 zand altijd kleiner dan het volume 0-1 zand.

Uit Figuur 5 en Bijlagen 3a-d (voor 0-12 m beneden de zeebodem) blijkt dat met de winbaarheidscriteria van C de kleinste winbare volumes overblijven, en met de winbaarheidscriteria van A de grootste. Volgens de huidige kennis, opgedaan bij grootschalige zandwinprojecten, zijn de meest realistische winbaarheidscriteria die van B2. Dunne stoorlagen met hoge concentraties van fijne deeltjes die in suspensie in de waterkolom kunnen terechtkomen, worden als norm gehanteerd. Deze worden in Hoofdstukken 4 en 5 van dit rapport gebruikt, maar in het gebouwde systeem kan op basis van voortschrijdend inzicht of noodzakelijke regionale uitzonderingen gemakkelijk een alternatieve combinatie worden doorgerekend.



*Figuur 5. Invloed van de gehanteerde combinatie van winbaarheidscriteria op de berekende volumes winbaar zand. De verschillen per winddiepte zijn over het hele onderzoeksgebied relatief gering, maar kunnen per locatie heel groot zijn.*

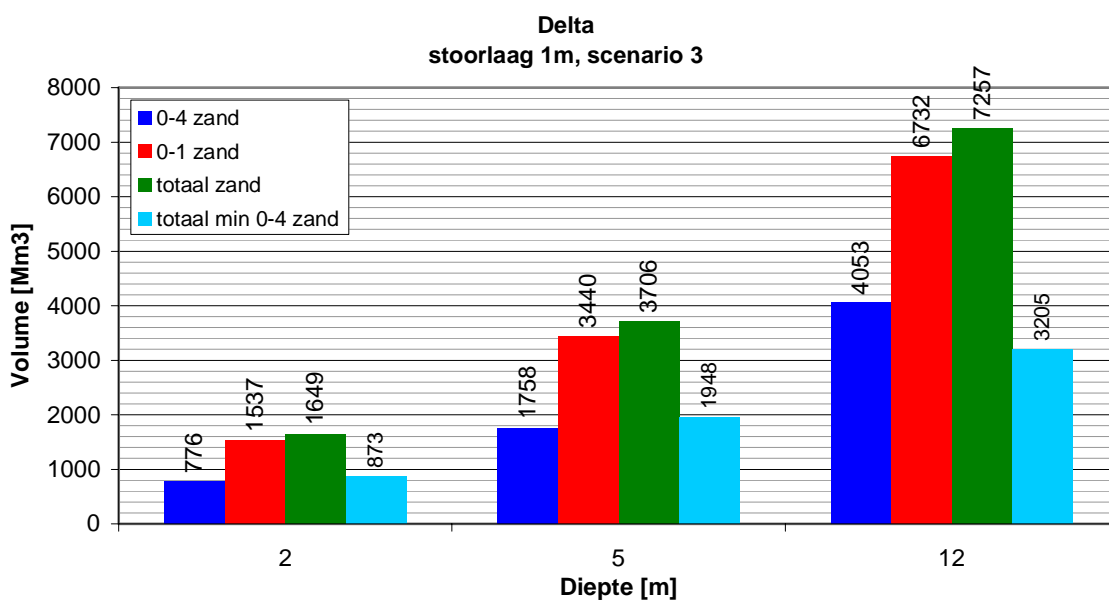
In de berekening van winbaar zand is verder onderscheid gemaakt tussen zand dat al op relatief korte termijn (< 2050) beschikbaar is en zand dat eventueel op lange termijn beschikbaar zou kunnen zijn. Voor de korte termijn worden zandvolumes als niet winbaar aangewezen omdat er gebruiksfuncties anders dan zandwinning aanwezig zijn. Deze uitsluitingsgebieden betreffen met name kabels en leidingen, platforms en windparken, inclusief aangrenzende veiligheidszones. Als veiligheidszone is aangenomen dat binnen 500m 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. Het volumeverlies in verband met uitsluitingsgebieden is voor de winbaarheidscriteria van B2 ongeveer 20% (Figuur 6).



Figuur 6. Beperking van de winbare hoeveelheid zand voor criteria B2 door aanwezigheid van uitsluitingsgebieden op de korte termijn (zie ook Bijlagen 3c en 3e-i).

Uit de analyse blijkt dat voor de verwachte zandvraag op nationaal niveau zowel op korte als op lange termijn genoeg zeezand aanwezig is in de zoekgebieden langs de Nederlandse kust. Op korte termijn (tot 2050) is deze zandvraag 1392 (scenario 1) tot 2192 miljoen m<sup>3</sup>. Bij toepassing van de winbaarheidscriteria B2 verhoudt deze vraag zich positief tot het aanbod. De maximaal winbare volumes totaal minus 0-4 zand tot 2 m beneden de zeebodem bedragen 4390 miljoen m<sup>3</sup>. Bij winning tot 5 of 12 m beneden de zeebodem is de overmaat aan zeezand nog veel groter. Op lange termijn is de nationale vraag naar zeezand 3042 (scenario 1) tot 7692 (scenario 3) miljoen m<sup>3</sup>. Bij toepassing van de winbaarheidscriteria B2 verhouden deze volumes zich niet positief tot de winbare volumes totaal minus 0-4 zand tot 2 m beneden de zeebodem (5315 miljoen m<sup>3</sup>) en moet naar winning tot 5 m beneden de zeebodem (13.225 miljoen m<sup>3</sup> beschikbaar) worden uitgeweken. Bij winning tot 12 m beneden de zeebodem is het aanbod aan zeezand zeer groot in relatie tot de verwachte vraag.

Voor de zandvraag op het niveau van de deelgebieden is eveneens voldoende zand aanwezig, zowel op korte als op lange termijn. Wel zal in bepaalde gevallen een afweging moeten worden gemaakt tussen relatief diepe winning binnen een deelgebied en ondiepere winning die deels buiten het deelgebied plaatsvindt. In deelgebied 'Delta' is de zandvraag op korte termijn voor scenario 1 en 2 respectievelijk 458 en 703 miljoen m<sup>3</sup>. De strengste set winbaarheidscriteria (C) levert bij een windiepte van 2m beneden de zeebodem nog 776 miljoen m<sup>3</sup> 0-4 zand en 873 miljoen m<sup>3</sup> totaalzand minus 0-4 zand op (Figuur 7). Om aan de zandvraag voor de lange termijn (2100) te voldoen, zou in dit deelgebied winning tot een diepte van 5 m moeten worden overwogen. Een vergelijking tussen vraag en aanbod kan ook binnen de deelgebieden worden gemaakt. Daarbij kan diepere winning dichtbij het bestemmingsgebied worden vergeleken met ondiepere winning distaal tot het bestemmingsgebied. Dit is een van de toepassingen van het in het huidige onderzoek ontwikkelde beslissingsondersteunend systeem.



Figuur 7. Winbare hoeveelheden zand op lange termijn voor deelgebied 'Delta'. De som van 0-1 en 0-4 zand is niet gelijk aan totaal zand omdat zowel 0-1 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.





## 4 Bepaling van de kennisbehoefte

### 4.1 Strafpuntensysteem

De kernvragen voor Rijkswaterstaat zijn; *welke gebieden op welke termijn in kaart gebracht dienen te worden en welk detail noodzakelijk is voor de toekomstige veldinventarisaties en karteringen.* Voor beantwoording van deze twee vragen is een systeem met strafpunten ontwikkeld met als doel om gebieden te selecteren met een hoge verwachte winbaarheid en bijbehorende waarde. *De hoogste prioriteit wordt toegekend aan gebieden waar naar verwachting dikke zandlagen en dunne en/of diepe stoorlagen voorkomen, maar waarvoor deze verwachting onzeker is vanwege een tekort aan informatie en/of een hoge geologische complexiteit.*

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. Het systeem is ingebed in ArcGIS, zodat de resultaten van verschillende strafpuntentellingen kunnen worden gevisualiseerd. Daarbij is een kleurenschaal gebruikt die loopt van groen (weinig strafpunten) tot rood (veel strafpunten). De strafpuntenkaart voor de verwachte winbaarheid is geen eindkaart waaruit alle informatie kan worden afgeleid, maar veeleer een signaleringskaart. Deze signaleringskaart kan vervolgens worden geanalyseerd met individuele kwaliteits- en informatiecriteria. Een dergelijke analyse is zinvol voor gebieden met een hoge verwachte winbaarheid.

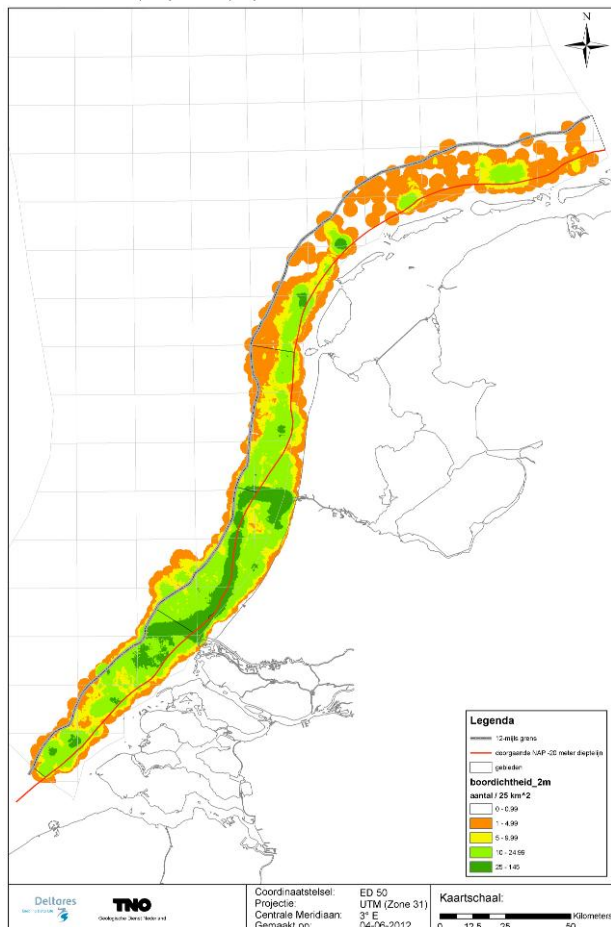
Een tekort aan informatie doet zich voor als de dichtheid van veldgegevens laag is in vergelijking met de geologische complexiteit. De veldgegevens komen met name uit boringen (puntgegevens) en seismisch onderzoek (lijngegevens). Hoe meer de samenstelling van de ondergrond binnen een gebied varieert, 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. De mate waarin geologische informatie en kennis aanwezig is, kan worden ingeschat en gevisualiseerd door de verhouding tussen datadichtheid en geologische complexiteit te koppelen aan strafpunten, of door beide parameters apart van strafpunten te voorzien. In deze studie is voor deze laatste optie gekozen om te komen tot een zo compleet mogelijk overzicht. Voor iedere gridcel is binnen een vooraf gedefinieerde zoekstraal gekeken naar: het aantal boringen per dieptebereik (Figuur 8, Bijlage 4a), de totale lengte aan seismische lijnen (Bijlagen 5a-b), 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.

Bij de bepaling van de beschikbare kennis in relatie tot zeezandvoorraden worden bij een hoge datadichtheid en een lage geologische complexiteit weinig strafpunten toegekend. Deze benadering levert per datatype een beeld op van de mate van zekerheid en daarmee te betrouwbare van het delfstoffeninformatiesysteem dat ten grondslag ligt aan de strafpuntenkaart voor de verwachte winbaarheid (Figuur 8).

Bij de bepaling van potentiële kennisbehoefte in gebieden met grote potentieel verwachte winbaarheid worden voor dezelfde kennisparameters juist veel strafpunten toegekend aan

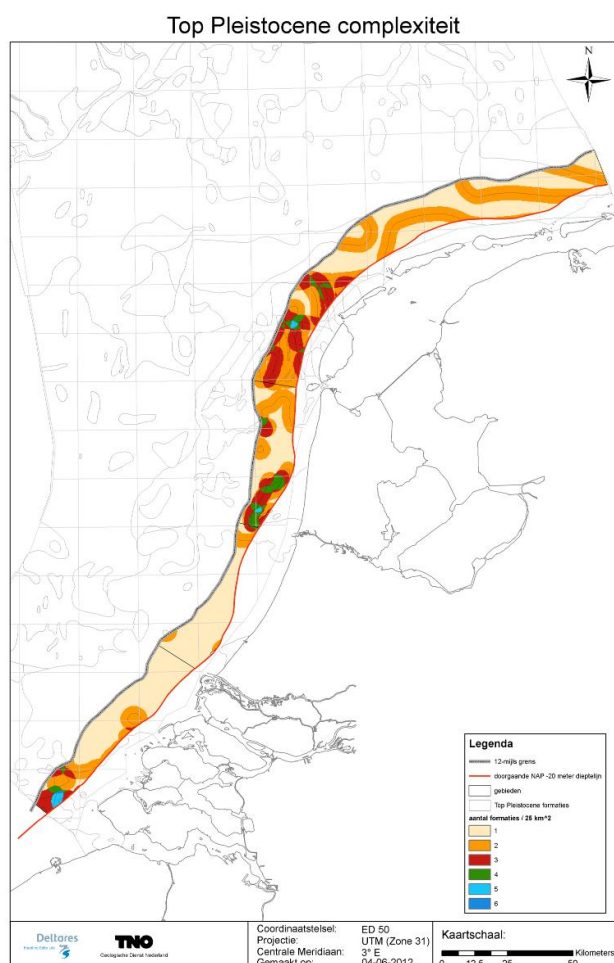
hogere datadichtheden. Hogere datadichtheden geven immers een kleinere noodzaak voor aanvullend veldonderzoek. De strafpunten voor datadichtheid worden opgeteld bij strafpunten voor geologische complexiteit en vormen samen de cumulatieve strafpunten voor kennis, gegroepeerd in vier klassen (Tabel 8) die zorgen voor een duidelijke differentiatie op de GIS-beelden. Deze andere strafpuntentelling voor datadichtheid geeft aan dat een visuele analyse van kennisbehoefte niet kan worden uitgevoerd aan de hand van een enkele strafpuntenkaart. Er zullen altijd minimaal twee strafpuntenkaarten van hetzelfde gebied met elkaar moeten worden vergeleken. Door vergelijking van de signaleringskaart voor de verwachte winbaarheid met één of meer kaarten waarin cumulatieve strafpunten voor kennis zijn meegenomen, kunnen qua winbaarheid interessante gebieden met te weinig bestaande informatie ten opzichte van de verwachte geologische complexiteit worden geselecteerd. In deze gebieden is meer veldonderzoek noodzakelijk alvorens tot toewijzing als potentieel zandwingebied over te kunnen gaan. In het beslissingsondersteunend systeem zijn ze herkenbaar als groene ruimtelijke eenheden (gekoppeld aan weinig strafpunten) in de signaleringskaart die een verschuiving naar rood laten zien in cumulatieve strafpuntenkaarten waarin een tekort aan informatie zwaar weegt.

Boordichtheid (diepte 2m) op het Nederlandse deel van de Noordzee



Figuur 8. Aantal boringen tot minimaal 2 m diepte binnen een zoekgebied van 25 km<sup>2</sup> (zie ook Bijlage 4a-d). De hoogste datadichtheid is aanwezig voor de kust van Zuid-Holland.

In deze eerste versie van een afwegingsmodel is de complexiteit van de digitaal beschikbare Top Holoceen en Top Pleistoceen kaarten (Bijlagen 6a-b) gebruikt als proxy voor de geologische complexiteit. Een proxy is een secundaire parameter (c.q. indicator) die als afgeleide van een primaire parameter (in dit geval 'geologische complexiteit') kan worden gebruikt als deze laatste niet direct kan worden gekwantificeerd. De complexiteit is bepaald aan de hand van het aantal lithostratigrafisch gedefinieerde deelvlakken binnen een zoekgebied van 25 km<sup>2</sup> (figuur 9, Bijlagen 7a-b). Elk deelvlak is in GIS vertegenwoordigd door een aparte polygoon. Hoe groter het aantal deelvlakken (of polygoonen) op de 1:250.000 geologische kaarten, hoe hoger het aantal strafpunten. Als binnen het zoekgebied meerdere deelvlakken voorkomen met dezelfde lithostratigrafie, worden die apart geteld. Een kleinschalige afwisseling van twee lithostratigrafische eenheden kan daarom een grotere complexiteit geven dan een grootschalige afwisseling van drie of meer lithostratigrafische eenheden. Als indicator van geologische systeemkennis is de aan- of afwezigheid van detailkaarten gebruikt, meer specifiek de aan- of afwezigheid van grids gegenereerd voor de ONL studie uit 2003 (Bijlage 8). Deze studie is uitgevoerd op een grotere schaal dan die van de 1:250.000 overzichtskartering. De aanname is dat voor de detailkartering meer systeemkennis nodig was. Locaties binnen de grenzen van deze detailkartering krijgen derhalve minder strafpunten dan gebieden die erbuiten vallen.

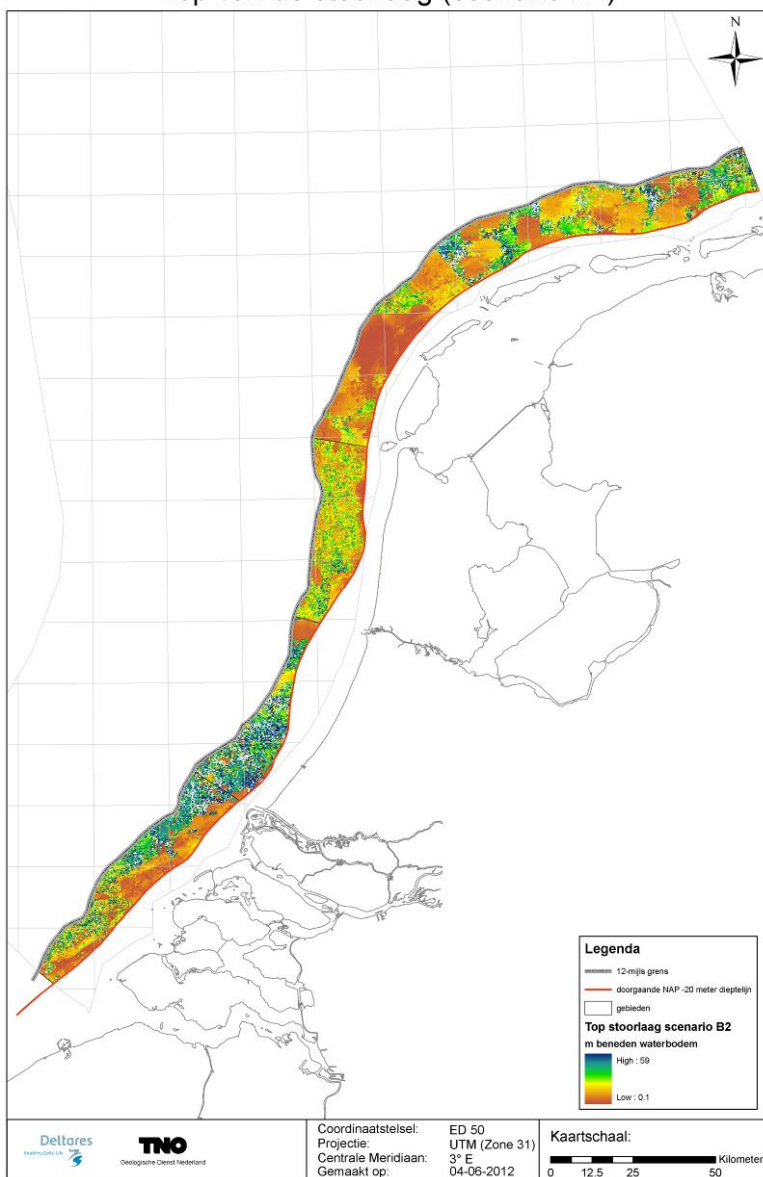


Figuur 9. Aantal polygoonen van Pleistocene formaties aan het zeebodemoppervlak, binnen een zoekgebied van 25 km<sup>2</sup>. De lithologische variabiliteit binnen deze formaties, is niet meegenomen omdat deze nog niet is gemodelleerd voor het Nederlandse deel van de Noordzee.

## 4.2 Diepte en dikte van stoorlagen

De diepte en (cumulatieve) dikte van stoorlagen (Figuur 10, Bijlagen 9a-b) is van invloed op de winbare hoeveelheid zand per locatie en is opgenomen in het delfstoffeninformatiesysteem van Maljers et al. (2010). Dikke stoorlagen verhinderen de winning van het onderliggende zand dat door deze stoorlagen is bedekt. Bij dunnere stoorlagen is extractie van het onderliggende zand technisch wel mogelijk, maar vanuit ecologisch oogpunt mogelijk onwenselijk vanwege vrijkomend slib dat zowel de waterkolom als de bodem ongunstig kan beïnvloeden (en daarmee het zeeleven). Ondiepe stoorlagen krijgen derhalve meer strafpunten dan diepe stoorlagen. Waar stoorlagen afwezig zijn, worden voor deze parameter geen strafpunten toegekend.

Top van de stoorlaag (scenario B2)



Figuur 10. Top van de stoorlaag (meters beneden de waterbodem) in het studiegebied, zoals gedefinieerd volgens scenario B2 (0,5 m klei, leem of veen). De grootste winbare diktes bevinden zich in deelgebied Zuid-Holland.

### 4.3 Kwaliteit van het zand

In het delfstoffeninformatiesysteem van Maljers et al. (2010) zijn twee typen zand onderscheiden. Zogenaamd 0-4 zand (Bijlagen 10a-e) is een grof industriezand, waarvan de korrelverdeling loopt van 0 tot 4 mm. Dit zand wordt bij voorkeur niet gebruikt voor suppletie- en ophoogdoeleinden, de belangrijkste bestemmingen voor het te winnen zeezand. Het 0-4 zand wordt vooral gebruikt in de bouw, waar het dient als ingrediënt van beton en metselspecie. De aanwezigheid van dit zand levert strafpunten op. Het fijnere 0-1 zand, met een korrelgrootteverdeling van 0 tot 1 mm, is voor suppletie- en ophoogdoeleinden geschikt. Aanwezigheid van dit zand levert geen strafpunten op.

### 4.4 Combinaties van strafpunten

Een overzicht van de toegekende strafpunten is weergegeven in Tabel 8. Bij de toekenning van strafpunten is in samenspraak met Rijkswaterstaat op een iteratieve manier gekeken naar waarden die een evenwichtig en informatief beeld geven in de berekeningen en visualisaties.

Bij de datadichtheid is aan boringen meer gewicht toegekend dan aan seismiek omdat boringen directe informatie geven over de zandvoorraad en de seismiek vooral wordt gebruikt om de verbreiding van stoorlagen tussen boringen te bepalen. Hoe groter de boordichtheid, hoe kleiner de noodzaak daartoe is. De spreiding van strafpunten is 0-125. Bij de geologische complexiteit weegt het Holoceen zwaarder dan het Pleistoceen. Holocene Formaties domineren de ondiepere windieptes, en een deel van de Pleistocene Formaties bevindt zich op meer dan 12m beneden de zeebodem. Beschikbaarheid van gedetailleerde geologische kennis (ONL) tellen nog minder zwaar mee omdat deze maat voor geologische systeemkennis slechts een grove benadering is. Ten opzichte van de datadichtheid is de spreiding van aan geologische complexiteit gerelateerde strafpunten (110-460) groot. Het totaal aantal strafpunten voor kennis bedraagt daarmee 110-585. Voor combinatie met strafpunten voor kwaliteits- en kennisaspecten is dit bereik ingedeeld in vier klassen waaraan per klasse een vast aantal strafpunten is toegekend. De bijbehorende spreiding (0-240) is gelijk aan die voor kwaliteit en windiepte. De strafpunten voor deze laatste twee aspecten zijn evenredig met de winbare dikte zand voor ophoog- en suppletiedoeleinden.

Tabel 8. Strafpunten zoals gebruikt in het beslissingsondersteunend systeem. De strafpunten zoals in tabel 8a en tabel 8b worden samengevoegd tot de strafpunten voor kennis links in tabel 8c.

<b>Tabel 8 (deel 1)</b>			
<b>Boordichtheid (kennis)</b>		<b>Seismiek dichtheid (kennis)</b>	
<i>Bijlage 11a</i>		<i>Bijlage 11b</i>	
<u>strafpunten</u>	<u>aantal per 25 km<sup>2</sup></u>	<u>strafpunten</u>	<u>lengte per 25 km<sup>2</sup></u>
100	0	25	< 10 km
75	≥ 1 tot 5	20	≥ 10 tot 25 km
50	≥ 5 tot 10	15	≥ 25 tot 50 km
25	≥ 10 tot 25	10	≥ 50 tot 100 km
0	≥ 25	5	≥ 100 tot 200 km
		0	≥ 200 km

<b>Tabel 8 (deel 2)</b>					
<b>Geologische complexiteit: Top Holoceen (kennis)</b>		<b>Geologische complexiteit: Top Pleistoceen (kennis)</b>		<b>Geologische kartering ONL (kennis)</b>	
<i>Bijlage 11c</i>		<i>Bijlage 11d</i>		<i>Bijlage 11e</i>	
<u>strafpunten</u>	<u>aantal Formaties per 25 km<sup>2</sup></u>	<u>strafpunten</u>	<u>aantal Formaties per 25 km<sup>2</sup></u>	<u>strafpunten</u>	<u>criterium</u>
40	1	20	1	100	afwezig
140	2	40	2	50	aanwezig
240	3	60	3		
		80	4		
		100	5		
		120	6		

<b>Tabel 8 (deel 3)</b>							
<b>Kennis</b>		<b>Zandkenmerken: aanwezigheid 0-4 zand (kwaliteit)</b>			<b>Stoorlaagdiepte (windiepte)</b>		
<i>Bijlage 11f</i>		<i>Bijlage 11g</i>			<i>Bijlage 11h</i>		
<u>strafpunten</u>	<u>som losse strafpunten voor deel- aspecten kennis</u>	<u>strafpunten</u>	<u>dikte [m]</u>	<u>percentage van 12m [%]</u>	<u>strafpunten</u>	<u>diepte [m]</u>	<u>percentage van 12m [%]</u>
0	110 - 228.75	240	12	100	30	9 - 12	100
60	228.75 - 347.5	120	9	75	60	6 - 9	75
120	347.5 - 466.25	60	6	50	120	3 - 6	50
240	466.25 - 585	0	3	0	240	0.1 - 3	0

De verschillende aspecten (kennis en onzekerheid, diepte van stoorlagen, zandkenmerken) zijn als onderdeel van het beslissingsondersteunend systeem in verschillende verhoudingen met elkaar gecombineerd. Deze verhoudingen kunnen door de beheerder van de Noordzee worden bepaald, zowel voor heel het zoekgebied als voor deelgebieden. In een alternatieve aanpak zouden de verhoudingen vast kunnen staan, maar de strafpunten zelf per parameter worden gevarieerd (grote of juist kleine verschillen binnen een bepaalde parameter).

Onafhankelijk van de aanpak, geeft het potentiële aandeel van strafpunten het belang weer van een specifieke parameter voor de beheerder. Doordat de strafpuntenkaarten op verschillende manieren kunnen worden gegenereerd op basis van dezelfde dataset, zijn ze geschikt om effecten van beleidskeuzes te visualiseren en een optimale keuze te faciliteren.

Ter illustratie en als eerste test zijn drie pilots gedefinieerd waarvoor zowel met een reële als met een vrij extreme alternatieve verhouding is gerekend (Tabel 9).

Tabel 9. Combinaties van verhoudingen van strafpunten (in %) zoals gebruikt in het beslissingsondersteunend systeem.

<b>Pilots</b>	<b>Diepte [%]</b>	<b>Zandkenmerken [%]</b>	<b>Kennis [%]</b>	<b>Scenario [%]</b>
Noordwijk	50	10	40	reëel
	20	20	60	alternatief
Walcheren	50	10	40	reëel
	20	20	60	alternatief
Texel	40	10	50	reëel
	5	25	70	alternatief

In GIS zijn deze met de volgende formule gecombineerd:

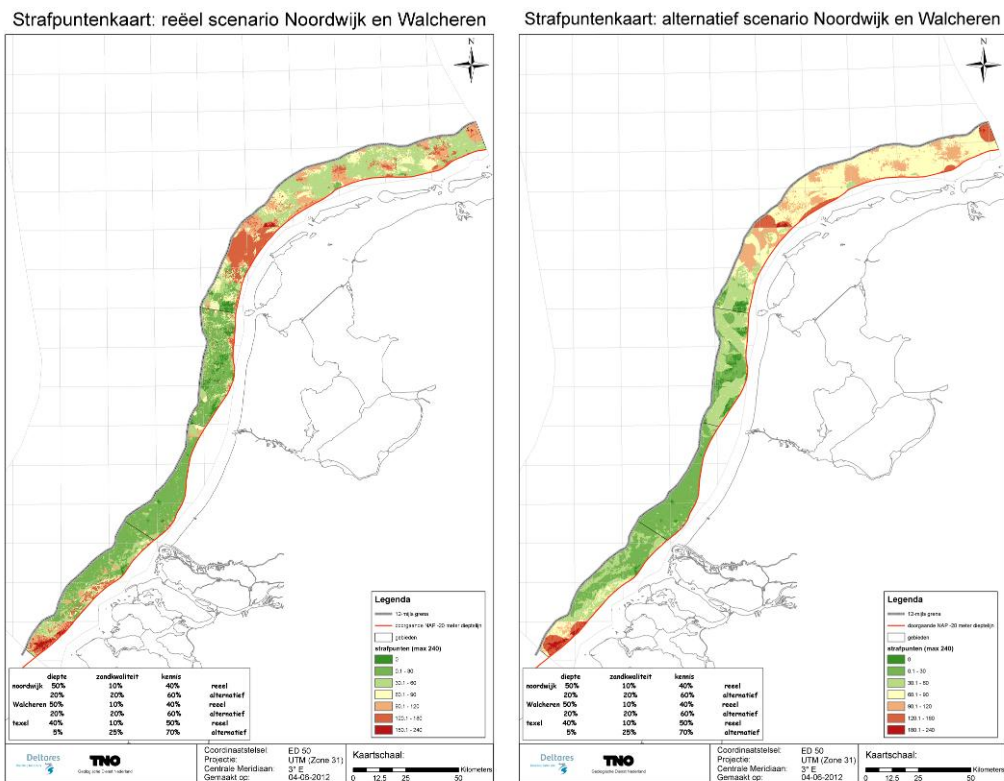
[diepte] = ([straf\_diepte] \* %)

[zand] = ([straf\_stoor] \* %)

[kennis] = ([straf\_kennis] \* %)

Totaal: [diepte] + [zand] + [kennis]

De specifieke percentages variëren per pilot en per scenario. Voor de alternatieve scenario's Noordwijk en Walcheren is de verhouding van de wegingsfactoren 0,2:0,2:0,6. Als de gedefinieerde verhoudingen voor het hele studiegebied worden toegepast, worden vier visualisaties gegenereerd (die van Noordwijk en Walcheren zijn identiek) die een goed beeld geven van de effecten van de gekozen wegingsfactoren (Figuren 11 en 12, Bijlagen 12a-b en 13a-b). Bij de visualisatie is gekozen voor een consistente en herkenbare kleurschaal, waarbij een rode kleur aangeeft dat een gebied met de beschikbare gegevens niet kan worden aangewezen als mogelijk zandwingsgebied. De oorzaak kan daarbij liggen in de aanwezigheid van ongewenste stoorlagen of zand met de verkeerde eigenschappen. Anderzijds kan het gaan om in potentie geschikt en winbaar zand waarvoor de onderbouwing onvoldoende zeker is vanwege een gebrek aan data. In dit laatste geval is meer veldonderzoek nodig als een meer betrouwbare inschatting van de winbare voorraden wordt gewenst.



Figuur 11. Vergelijking van het reële (links) en alternatieve wegingsscenario voor deelgebieden Noordwijk en Walcheren, toegepast op en weergegeven voor het hele studiegebied. Bij het zwaarder wegen van voorraadaspecten wordt duidelijk welke gebieden meer of minder geschikt zijn voor aanwijzing als potentieel zandwingebed. Bij het zwaarder wegen van kennisaspecten wordt duidelijk waar binnen de meer geschikte gebieden aanvullende veldkennis nodig is om gebieden aan te wijzen als mogelijke zandwinlocaties. De signaleringskaart links benadrukt in groen de gebieden met de grootste potentiële winbaarheid. De strafpuntenkaart rechts, waarin kennis zwaarder is meegewogen, benadrukt in geel, oranje en rood waar de beschikbare kennis onvoldoende is om de verwachte geologische complexiteit goed in kaart te kunnen brengen. Aanvullende kennis is het hardst nodig op locaties die links groen zijn en rechts geel, oranje of rood. Deze situatie doet zich vooral voor in deelgebied Wadden. Een tekort aan kennis kan zich ook voordoen in gebieden met weinig winbaar zand, zoals buitengaats van Noord- Texel. Aanvullende kennis is daar voor de zandinventarisatie niet nodig.



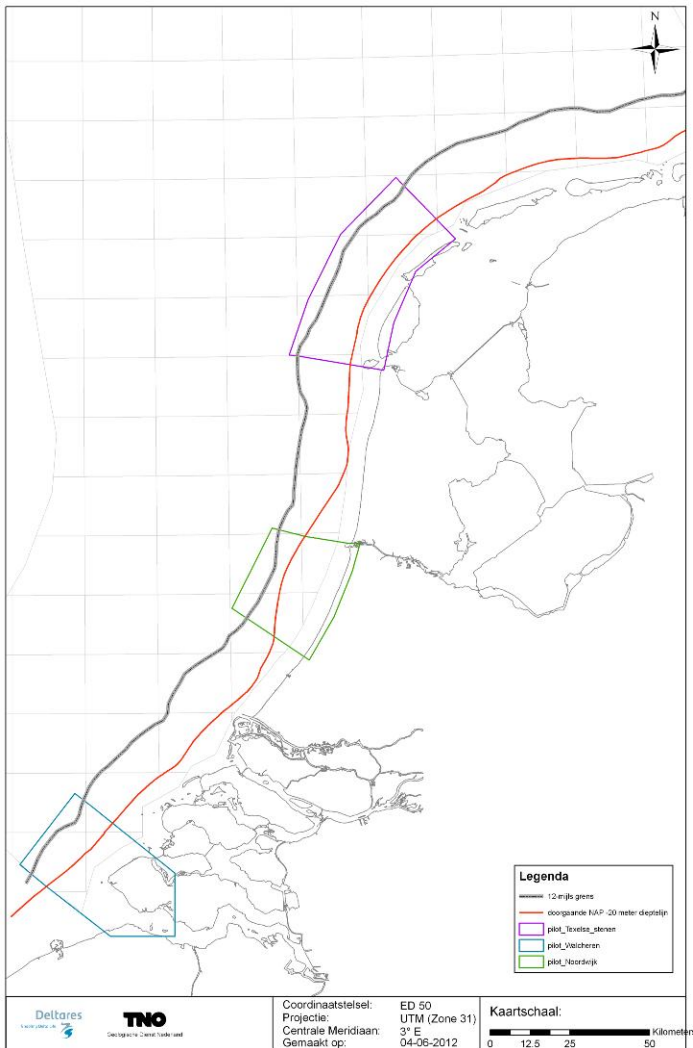
## 5 Uitwerking van de pilots Noordwijk, Texel en Walcheren

### 5.1 Inleiding

Om de werking en mogelijke toepassing als beslissingsondersteunend systeem van het strafpuntensysteem te verduidelijken, is het ontwikkelde concept voor een drietal gebieden nader uitgewerkt. Daarbij is ook het economische aspect (kosten als functie van de vaarafstand van bron tot bestemming) meegenomen. De voor deze pilots geselecteerde gebieden (Noordwijk, Texel en Walcheren) zijn weergegeven in Figuur 12. Belangrijke vragen daarbij waren:

1. Wat zijn de beschikbare volumes op korte en lange termijn aan totaal zand, 0-4 zand en totaal zand minus 0-4 zand.
2. Wat zijn de beschikbare volumes in vier typen deelgebied (afgeleid van windieptes, Tabel 10) binnen een pilot aan totaal zand, 0-4 zand en totaal zand minus 0-4 zand.
3. Welke kennis is in het gebied beschikbaar?
4. Wat is de vaarafstand tot de bestemming van het zand voor grote en voor kleine schepen (niet uitgevoerd voor Texel)?
5. Waar bevinden zich, op basis van de strafpuntenkaarten (reëel en alternatief), gebieden waar de vraag naar aanvullende veldgegevens het grootst is?

Voor de Walcheren pilot was een aanvullende vraag op welke afstand van Domburg er 20, 50 of 100 miljoen m<sup>3</sup> zand gewonnen kan worden voordat een stoorlaag bereikt wordt, gegeven een maximale winddiepte van 12 m beneden zeebodem.

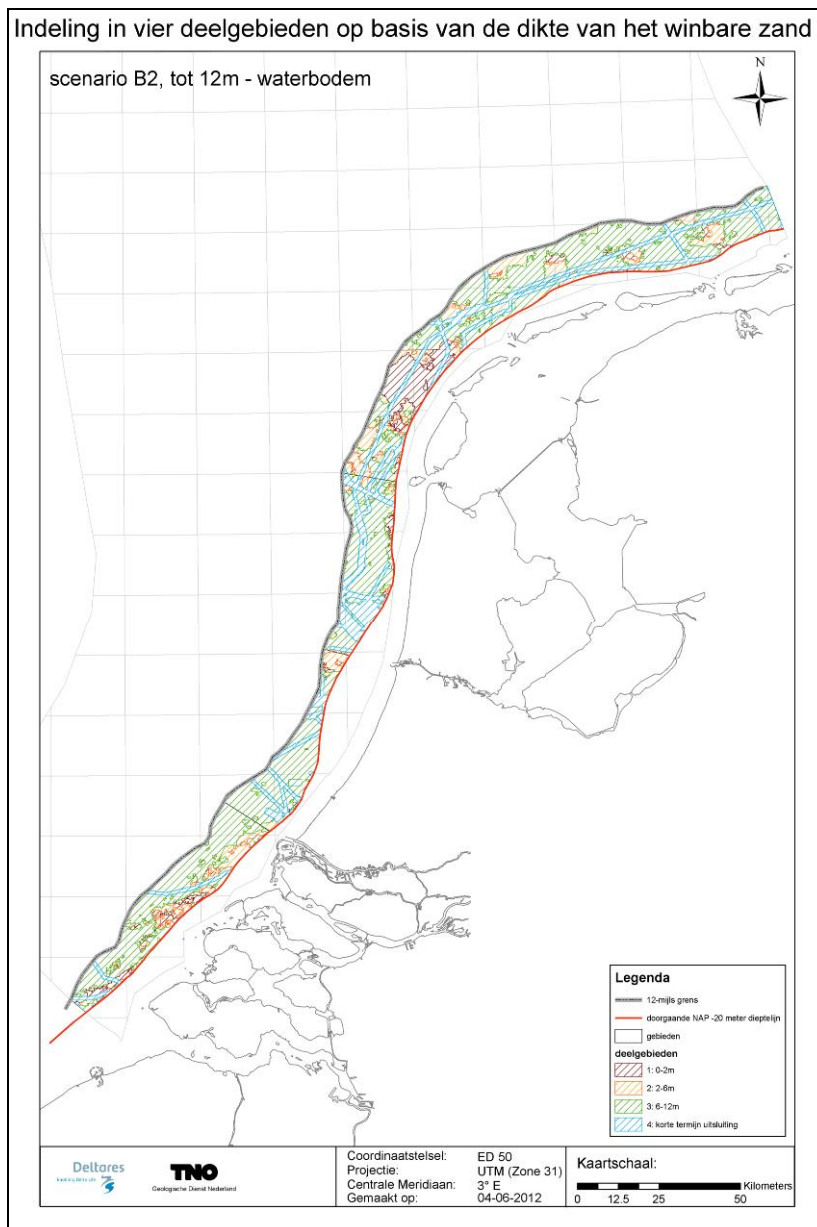


Figuur 12. Pilotgebieden Texel, Noordwijk en Walcheren (Zeeland).

Tabel 10. Definitie van de vier typen deelgebied op korte termijn.

Code deelgebied (op basis van zanddikte boven de stoorlaag)	Dikte zand (code B2, tot 12 m, korte termijn)
1	≤ 2 m
2	>2 m - ≤6 m
3	>6 - ≤12 m
4	Uitsluitingsgebieden

Deze onderverdeling is weergegeven in Figuur 13.



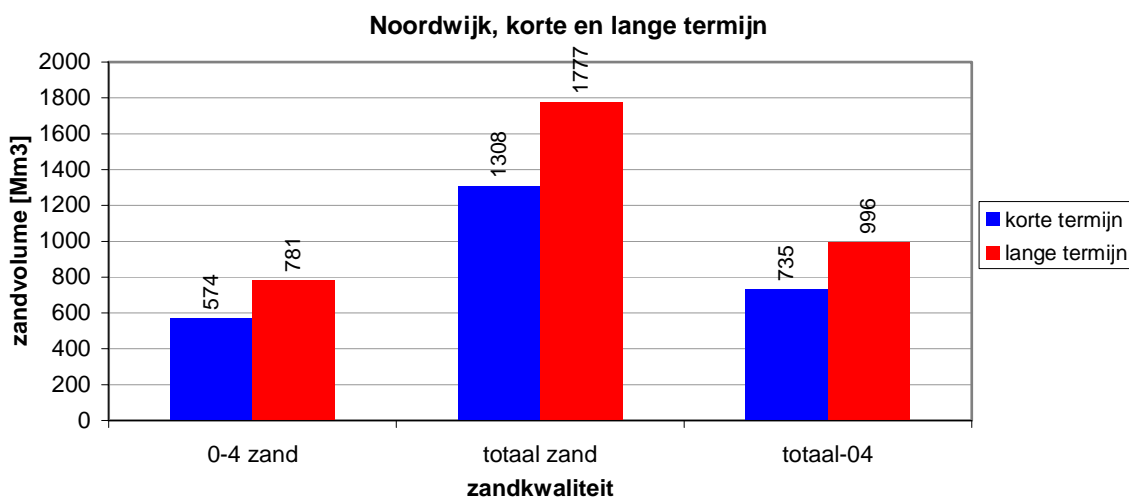
Figuur 13. Indeling in typen deelgebied op basis van zanddikte boven de stoorlaag, bij toepassing van de winbaarheidscriteria B2 (Bijlage 1c).

De winbaarheid van zeezand wordt niet alleen door geologische, en dus voorraadtechnische, maar ook door economische aspecten bepaald. Zand dat ver van de bestemming afligt is in principe duurder dan zand dat dichterbij kan worden gewonnen. Reden is de grotere vaarafstand en de daarmee gepaard gaande tijd en brandstofkosten. Een complicerende factor is dat grote geladen sleephoppers (diepgang van 12,5 m, 16.000 m<sup>3</sup> beuninhoud en 13.000 m<sup>3</sup> zand) een hoger starttarief hebben maar een lagere prijs/km dan kleinere schepen (diepgang 6,5 m, 3.600 m<sup>3</sup> beuninhoud en 2.500 m<sup>3</sup> zand) omdat er grotere volumes vervoerd kunnen worden. Deze grotere schepen kunnen echter niet overal aanleggen en moeten vanwege hun diepgang vaak grotere afstanden afleggen dan kleine schepen omdat

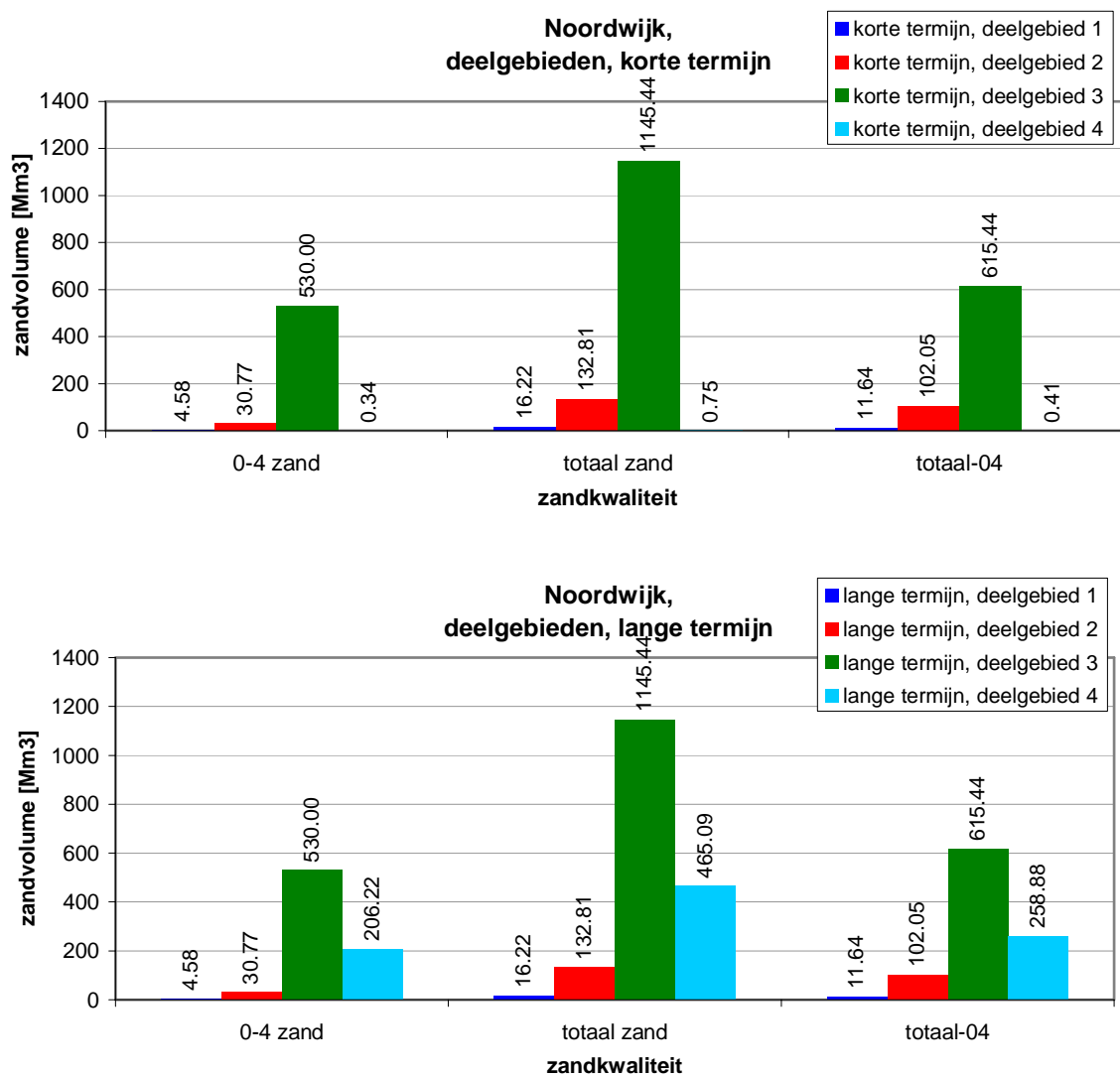
ondieptes zoals banken moeten worden omzeild. Deze effecten zijn meegenomen in de analyse door de diepgang per type schip te koppelen aan de bathymetrie.

## 5.2 Pilot Noordwijk

De potentieel beschikbare volumes aan totaal zand, 0-4 zand en totaal zand minus 0-4 zand voor het zoekgebied van pilot Noordwijk op korte en lange termijn zijn weergegeven in Figuur 14. Het volume totaal zand minus 0-4 zand, waarbij een maximale winddiepte van 12 m beneden zeebodem is gehanteerd, is groot genoeg om tot 2050 heel Zuid-Holland van suppletie- en ophoogzand te voorzien (zie Tabellen 5.1 en 6). Opgedeeld naar type deelgebied is duidelijk dat voor de korte termijn meer dan 80% van het volume beschikbaar is waar tot 12 m onder de zeebodem kan worden gewonnen (Figuur 15). Ondiepere winning (tot 2 m diepte beneden de zeebodem) levert een vrijwel evenredig kleiner volume, maar levert voldoende zand om decennia lang aan de vraag voor heel Zuid-Holland te voldoen. Op lange termijn komt bij wegvallen van andere gebruiksfuncties ongeveer 30% extra zand beschikbaar.



Figuur 14. Potentieel beschikbare volumes winbaar zeezand in het zoekgebied van pilot Noordwijk (scenario B2).



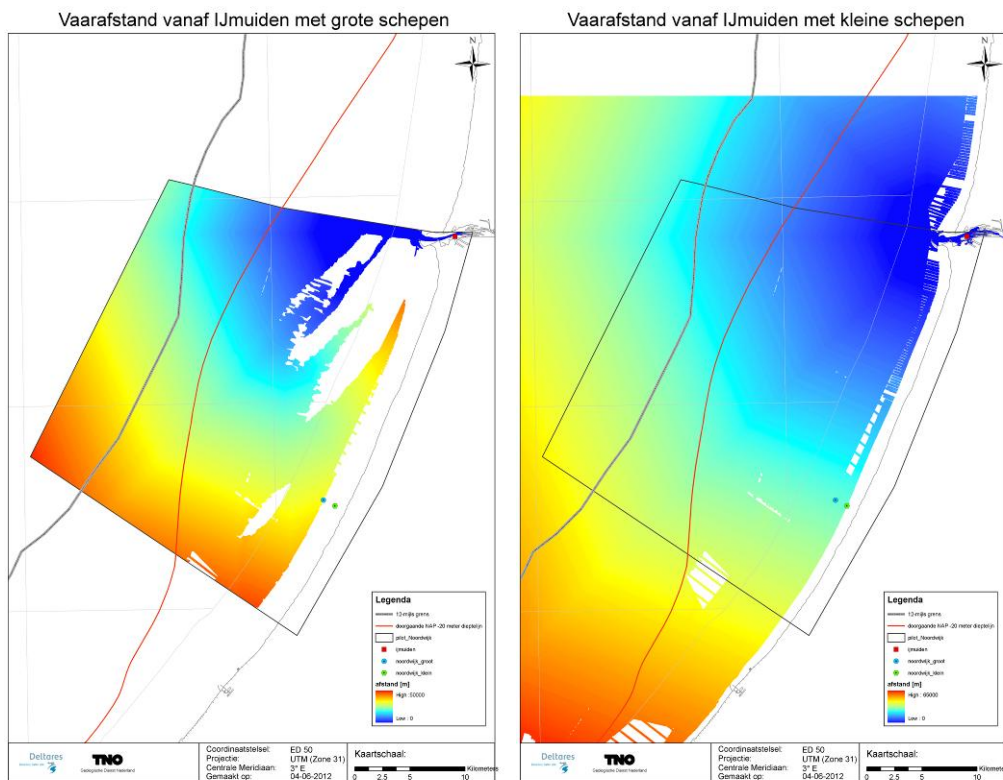
Figuur 15. Op basis van bestaande informatie beschikbare volumes winbaar zeezand in het zoekgebied van pilot Noordwijk, opgedeeld naar typen deelgebied (gedefinieerd op basis van zanddikte boven de stoorlaag volgens winbaarheidscriteria B2; zie Tabel 10).

Bij een vergelijking tussen de aanwezige boor- en seismische informatie voor het zoekgebied en de geologische complexiteit valt op dat het noordelijk deel van het zoekgebied meer variabiliteit laat zien waarvan minder kennis beschikbaar is dan voor de rest van het zoekgebied (Bijlagen 14a-g). Bij gelijke potentiële geschiktheid zullen aanvullende veldgegevens in dit deel van het zoekgebied de meeste kennis toevoegen en de betrouwbaarheid van de informatie en kennis het meest doen toenemen (Bijlage 15).

De vaarafstand tot de bestemming van het zand voor grote en voor kleine schepen is bepaald voor ophoogzand dat wordt aangeland in IJmuiden. Bij gebruik van kleine schepen vertoont deze afstand geen anomalie ten opzichte van de kortste afstand van winplaats tot haven. Bij gebruik van grote schepen heeft de aanwezigheid van kustaangehechte banken een

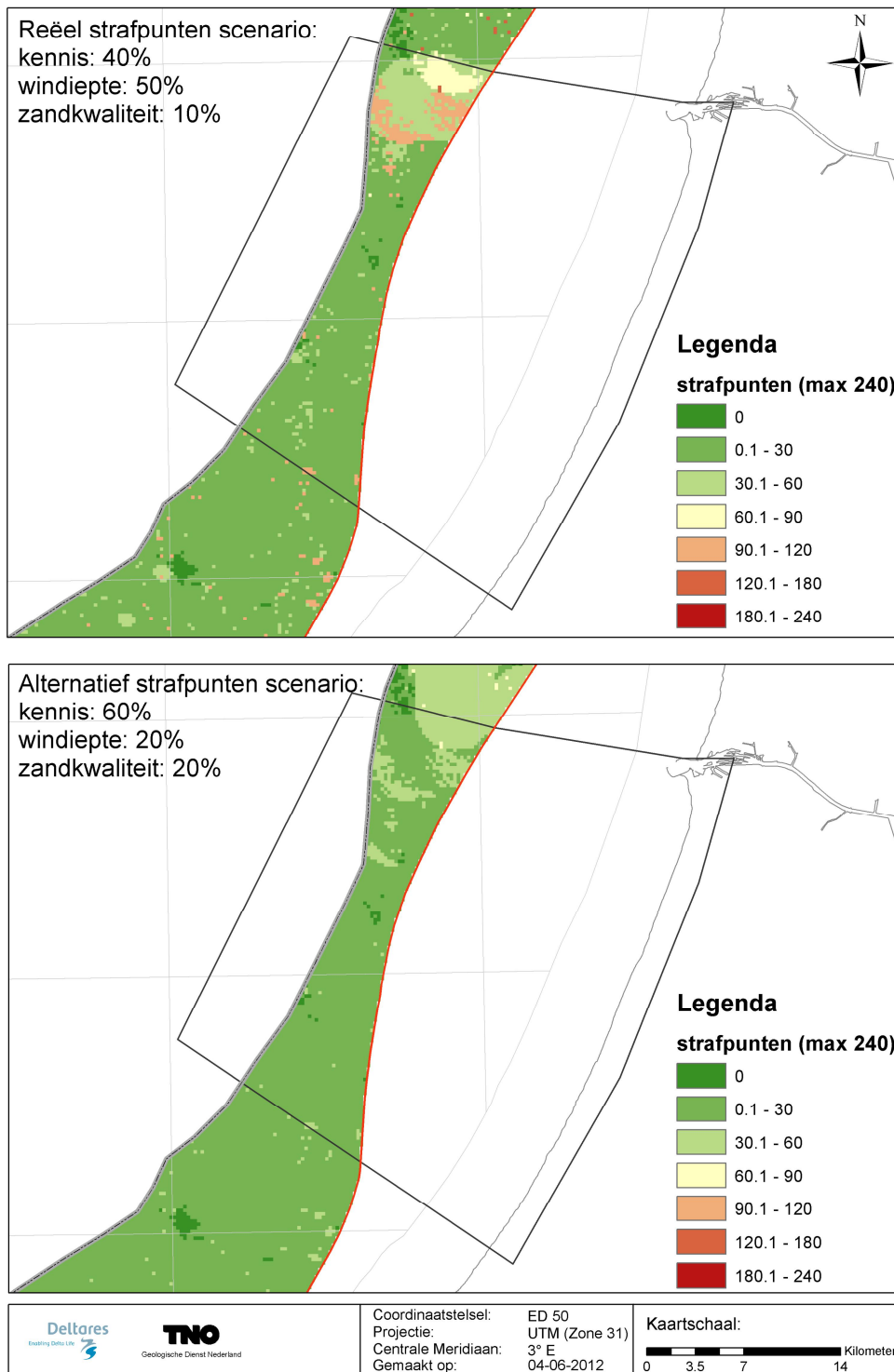
duidelijke invloed (Figuur 16, Bijlagen 16a-d). Dit geldt echter uitsluitend voor het gebied landwaarts van de doorgaande NAP -20 m dieptelijn, waar volgens de huidige regelgeving niet gewonnen mag worden.

Bij samenvoeging van alle informatie wordt duidelijk dat het uiterste noorden van het zoekgebied de laagste potentie voor winbaarheid heeft. Hier zijn, vooral bij toepassing van het reële scenario, de strafpunten maximaal (Figuur 17, Bijlage 17). Aanvullende veldgegevens zouden hier weliswaar de meeste kennis toevoegen, maar ze zouden slechts een bij voorbaat ongeschikt gebied beter in kaart helpen brengen en daarom niet voldoende bijdragen aan de inventarisatie van zeezandvoorraden. Centraal en in het zuiden van het zoekgebied zijn de verschillen met de gebruikte strafpuntenindeling relatief klein. Het oprekken van de strafpuntenchaal en het uitbreiden van de daaraan gekoppelde klassen zou bij het prioriteren van nader veldonderzoek aanvullende informatie bieden.



Figuur 16. Invloed van de diepgang van schepen op de vaarafstand voor ophoogzand aangeland in IJmuiden.

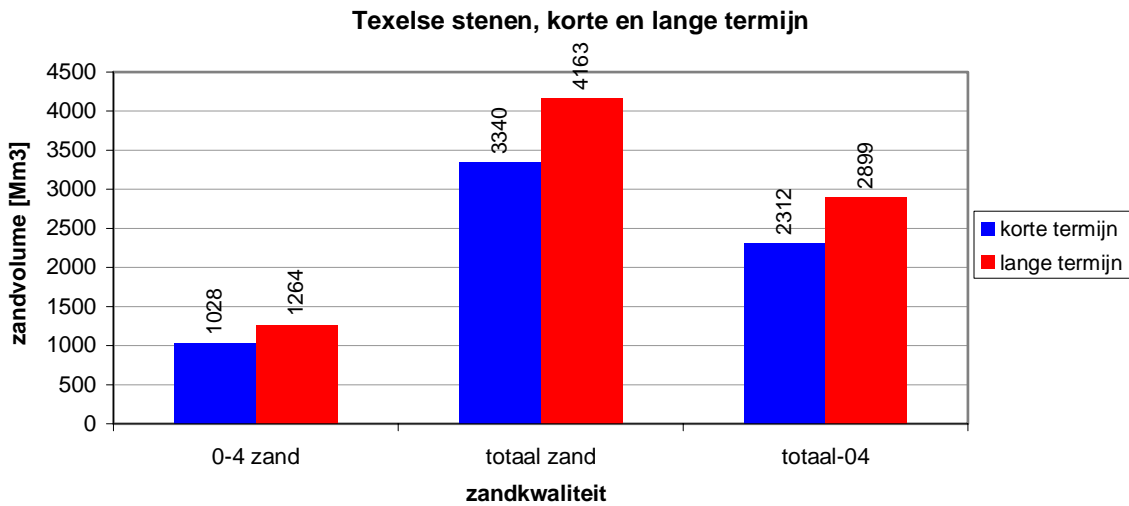
### Strafpuntenkaart Noordwijk



Figuur 17. Strafpuntenkaarten voor het zoekgebied van pilot Noordwijk.

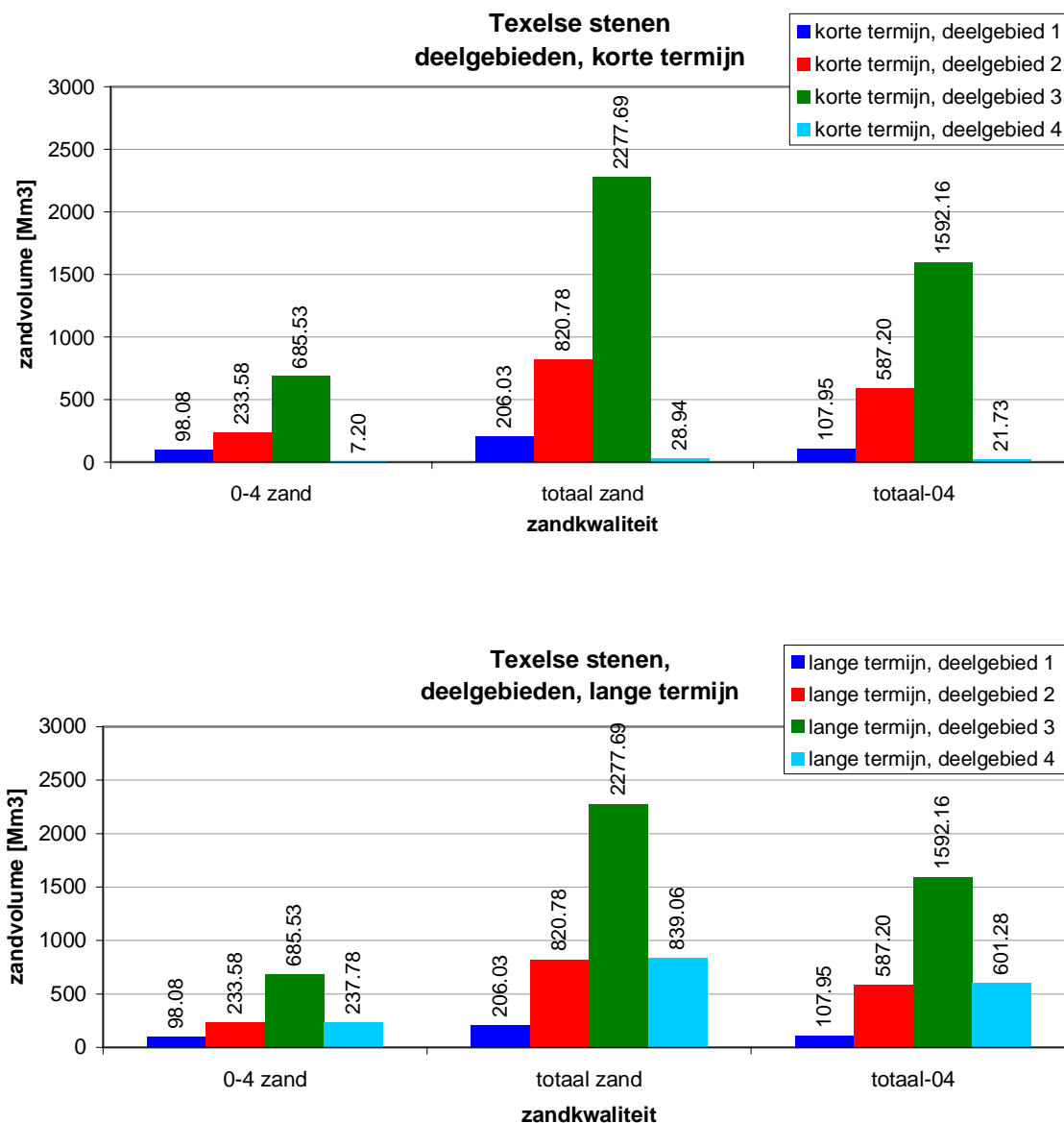
**5.3 Pilot Texel**

De potentieel beschikbare volumes aan totaal zand, 0-4 zand en totaal zand minus 0-4 zand voor het zoekgebied van pilot Texel op korte en lange termijn zijn weergegeven in Figuur 18. Het volume totaal zand minus 0-4 zand, waarbij een maximale windiepte van 12 m beneden zeebodem is gehanteerd, is groot genoeg om tot 2050 heel deelgebied Wadden van suppletie- en ophoogzand te voorzien (zie Tabellen 5.1 en 6). Opgedeeld naar type deelgebied is duidelijk dat voor de korte termijn meer dan 70% van het volume beschikbaar is waar tot 12 m onder de zeebodem kan worden gewonnen (Figuur 19). Ondiepere winning (tot 2 m diepte) levert een vrijwel evenredig kleiner volume, maar levert voldoende zand om decennia lang aan de vraag voor heel deelgebied Wadden te voldoen. Op lange termijn komt bij wegvallen van bestaande uitsluitingsgebieden vanwege kabels en leidingen ongeveer 25% extra zand beschikbaar.



Figuur 18. Potentieel beschikbare volumes winbaar zeezand in het zoekgebied van pilot Texel.

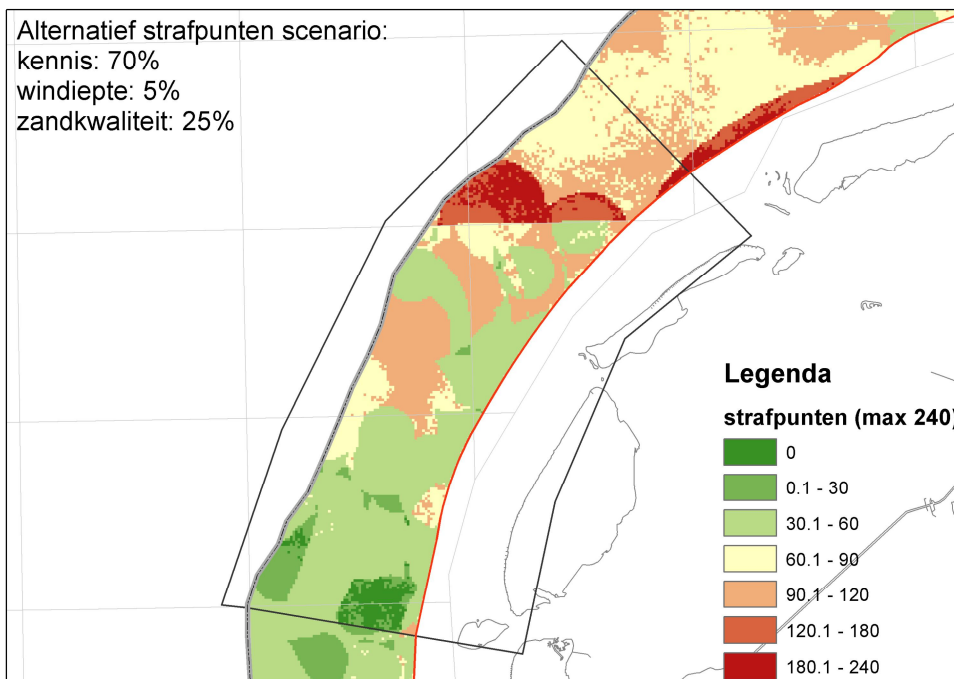
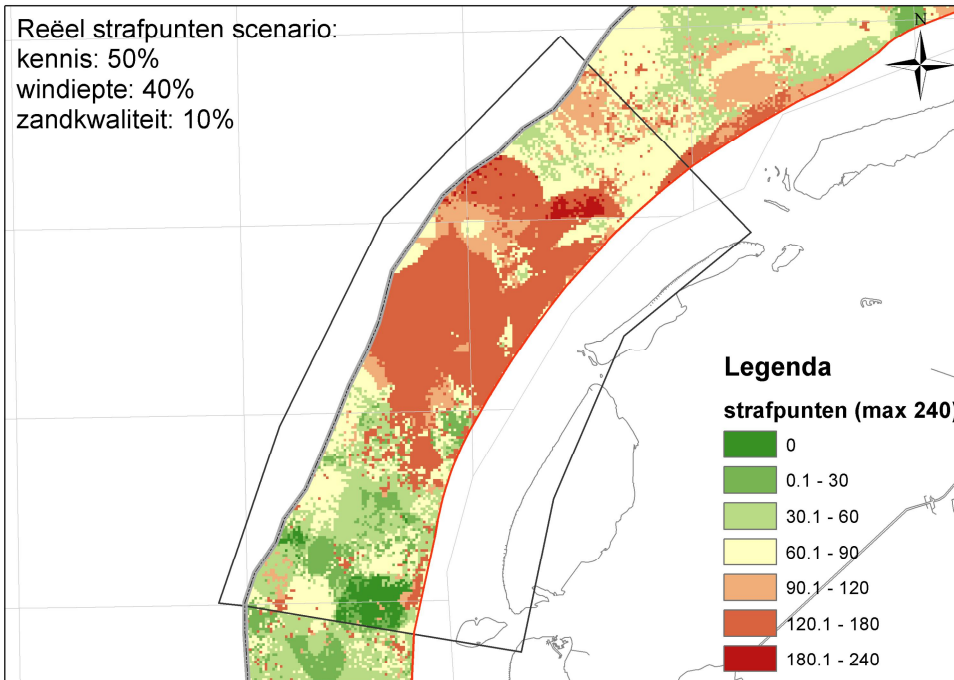




Figuur 19. Op basis van bestaande informatie beschikbare volumes winbaar zeezand in het zoekgebied van pilot Texel, opgedeeld naar typen deelgebied (gedefinieerd op basis van zanddikte boven de stoorlaag volgens winbaarheidscriteria B2; zie Tabel 10).

Bij een vergelijking tussen de aanwezige boor- en seismische informatie voor het zoekgebied en de geologische complexiteit is geen duidelijk patroon herkenbaar (Bijlagen 18a-g). Het noorden valt buiten het gebied dat voor de ONL-studie is gekarteerd, en er zijn voor dit deelgebied ook relatief weinig veldgegevens beschikbaar, maar het deelgebied valt deels samen met de zone waar de Texelse Stenen een uitwassingslaag (stoorlaag) vormen op fijnkorreliger sediment. Daar is kennis niet de beperkende factor (Bijlage 19). In het uiterste noorden van het zoekgebied zullen nieuwe veldgegevens de meeste kennis toevoegen en de betrouwbaarheid van het beslissingsondersteunend systeem het meest doen toenemen waar dat er toe doet (Figuur 20, Bijlage 20).

Strafpuntenkaart Texelse stenen

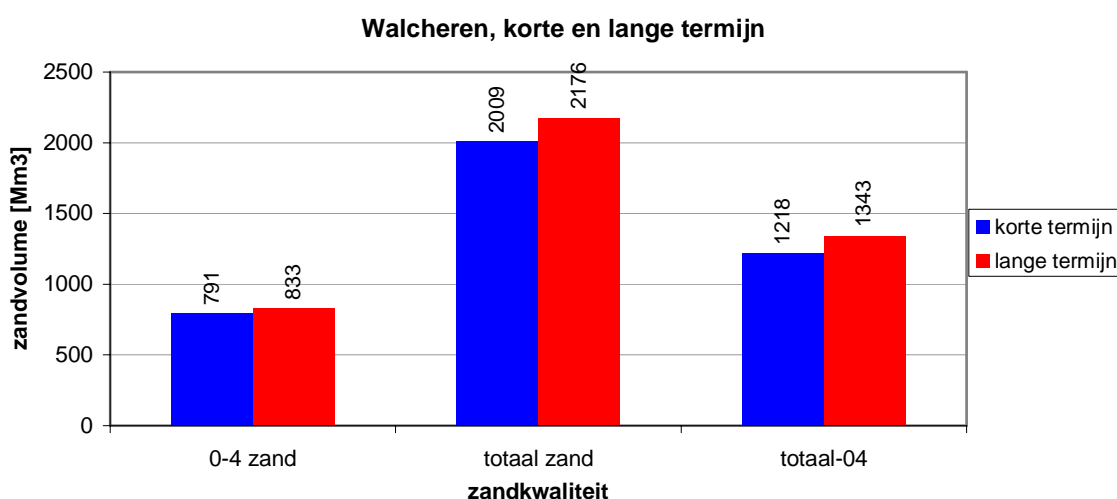


	Coördinaatstelsel:	ED 50	Kaartschaal: Kilometers
	Projectie:	UTM (Zone 31)	
	Centrale Meridiaan:	3° E	
	Gemaakt op:	04-06-2012	

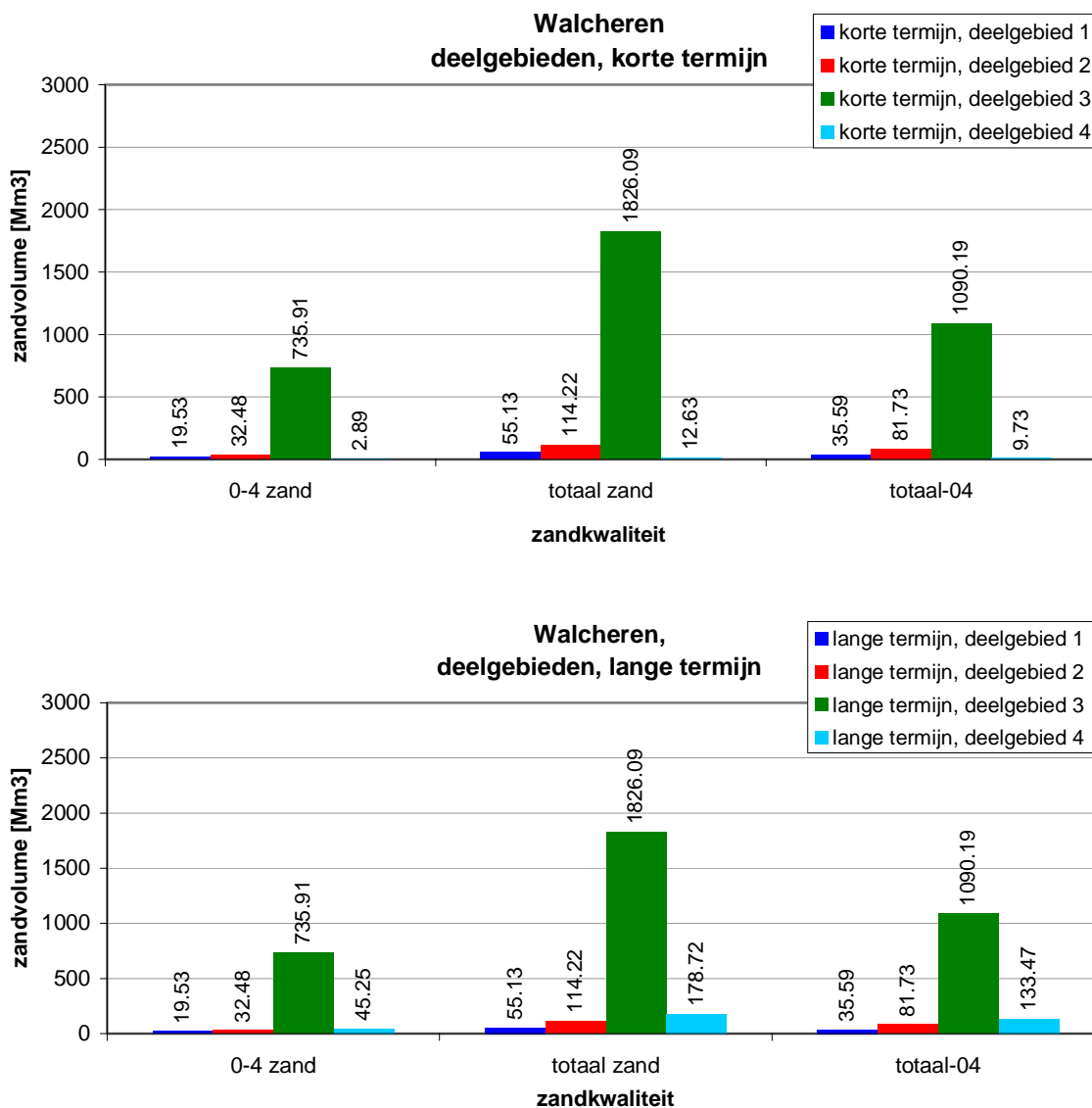
Figuur 20. Strafpuntenkaarten voor het zoekgebied van pilot Texel. Voor de meeste gebieden met veel winbaar zand (boven) is relatief veel kennis beschikbaar (onder).

#### 5.4 Pilot Walcheren

De potentieel beschikbare volumes aan totaal zand, 0-4 zand en totaal zand minus 0-4 zand voor het zoekgebied van pilot Walcheren op korte en lange termijn zijn weergegeven in Figuur 21. Het volume totaal zand minus 0-4 zand, waarbij een maximale windiepte van 12 m beneden zeebodem is gehanteerd, is groot genoeg om tot 2050 heel deelgebied Delta van suppletie- en ophoogzand te voorzien (zie Tabellen 5.1 en 6). Opgedeeld naar type deelgebied is duidelijk dat voor de korte termijn meer dan 90% van het volume beschikbaar is waar tot 12 m onder de zeebodem kan worden gewonnen (Figuur 22). Ondiepere winning (tot 2 m diepte) levert een vrijwel evenredig kleiner volume, maar levert voldoende zand om een decennium of langer aan de vraag voor heel deelgebied Delta te voldoen. Op lange termijn komt bij wegvallen van bestaande uitsluitingsgebieden vanwege kabels en leidingen ongeveer 10% extra zand beschikbaar.



Figuur 21. Potentieel beschikbare volumes winbaar zeezand in het zoekgebied van pilot Walcheren.

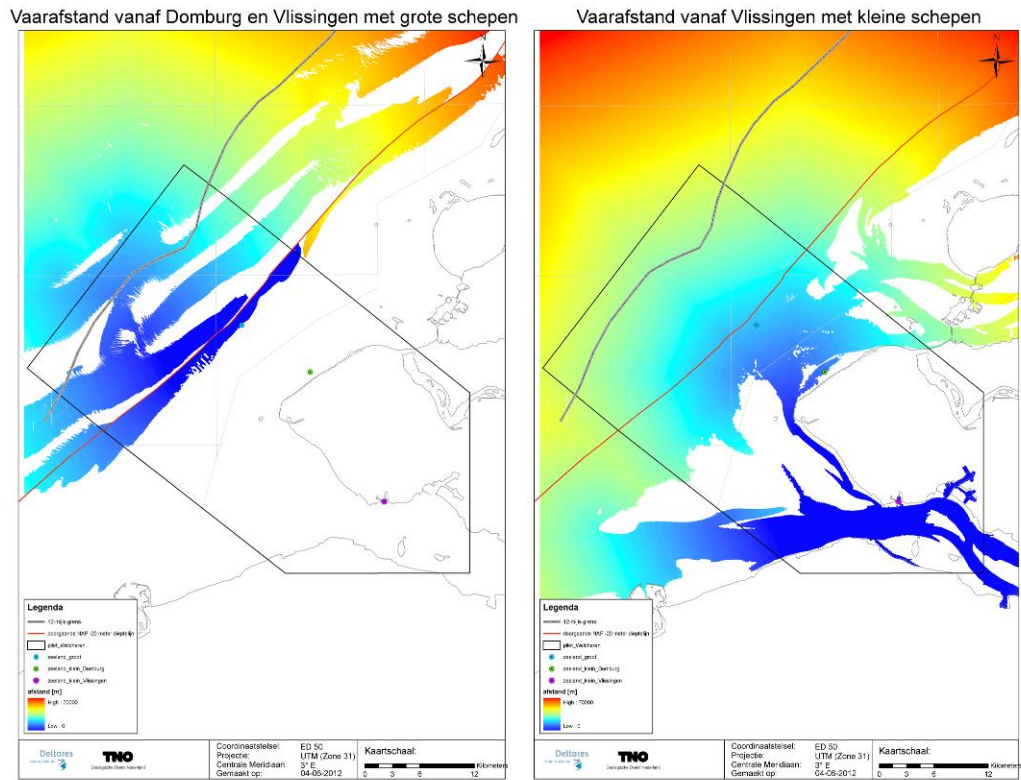


Figuur 22. Op basis van bestaande informatie beschikbare volumes winbaar zeezand in het zoekgebied van pilot Walcheren, opgedeeld naar typen deelgebied (gedefinieerd op basis van zanddikte boven de stoorlaag volgens winbaarheidscriteria B2, zie Tabel 2).

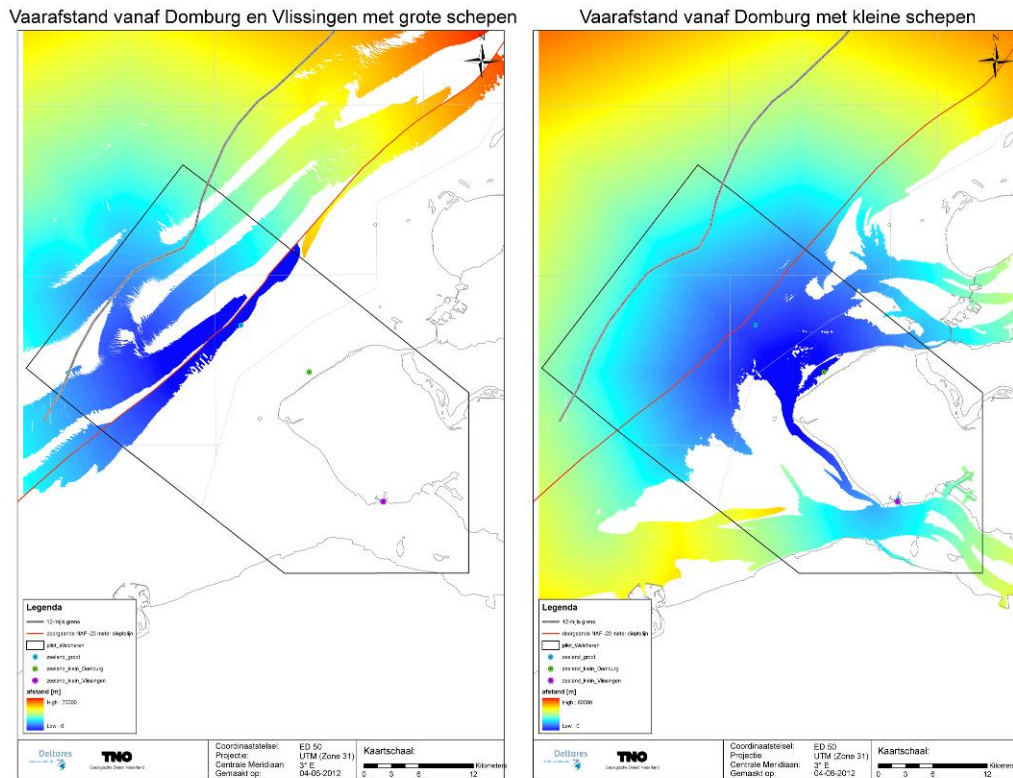
Bij een vergelijking tussen de aanwezige boor- en seismische informatie voor het zoekgebied en de geologische complexiteit valt op dat het zuiden meer variabiliteit laat zien waarvan minder kennis voorhanden is dan elders (Bijlagen 21a-g). Bij gelijke potentiële geschiktheid zullen aanvullende veldgegevens in dit deel van het zoekgebied de meeste kennis toevoegen en de betrouwbaarheid van informatie en gebiedskennis het meest doen toenemen (Bijlage 22).

De vaarafstanden tot de bestemming van het zand voor grote en voor kleine schepen zijn bepaald voor suppletiezand dat wordt aangebracht bij Domburg en voor zand dat wordt aangeland in Vlissingen. Bij gebruik van kleine schepen vertonen deze afstanden geen anomalie ten opzichte van de kortste afstand van winplaats tot bestemming. Bij gebruik van grote schepen heeft de aanwezigheid van grootschalige getijbanken een duidelijke invloed

(Figuur 23, Bijlagen 23a-c). Bovendien kunnen de grote schepen niet tot aan het gewenste aanlandpunt komen vanwege hun diepgang.



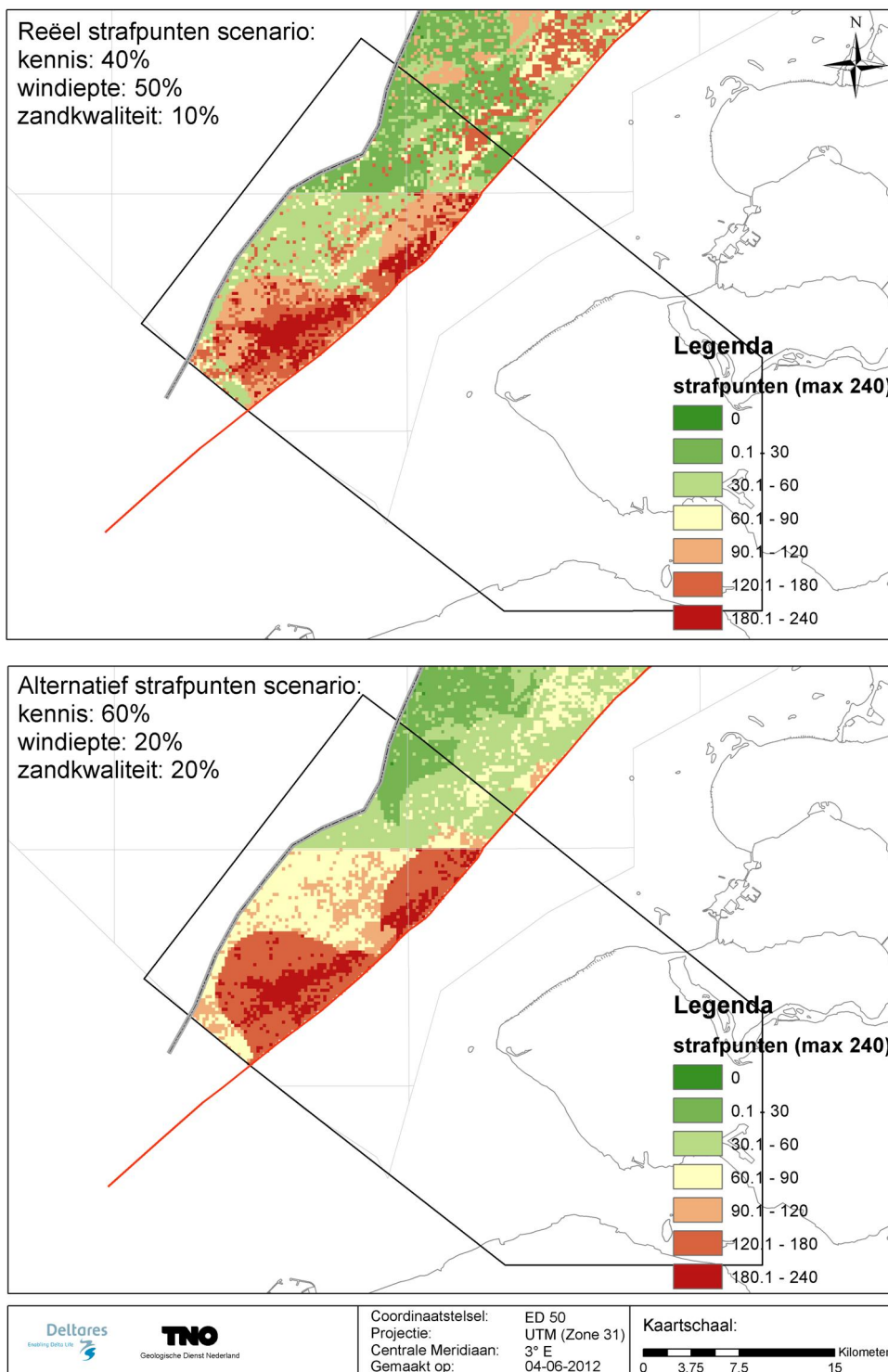
Figuur 23a. Invloed van de diepgang van schepen op de vaarafstand voor zand aangeland in Vlissingen.



*Figuur 23b. Invloed van de diepgang van schepen op de vaarafstand voor suppletiezand aangebracht bij Domburg. Ten opzichte van de vaarafstand naar Vlissingen (Figuur 23a) is vooral een patroonsverschuiving naar het noorden te zien.*

Bij samenvoeging van alle informatie wordt bevestigd dat extra veldgegevens het hardst nodig zijn in het zuiden van het zoekgebied. Hier zijn, vooral bij toepassing van het reële scenario, de strafpunten maximaal (Figuur 24, Bijlage 24). Binnen de invloedssfeer van het estuarium, relatief dicht bij de kust, zijn de strafpunten hoog in een aantal langgerekte zones die ongeveer parallel aan de kust lopen. Hier spelen sedimentologische factoren een rol: in trogen bevinden stoorlagen zich dicht onder het oppervlak dan in banken.

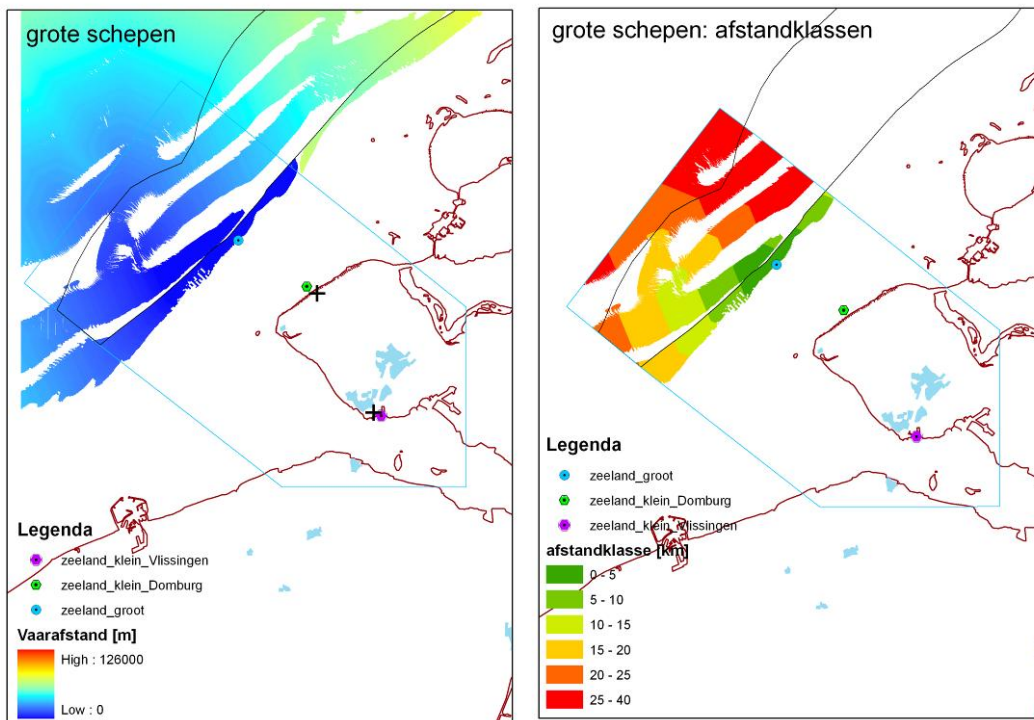
## Strafpuntenkaart Walcheren



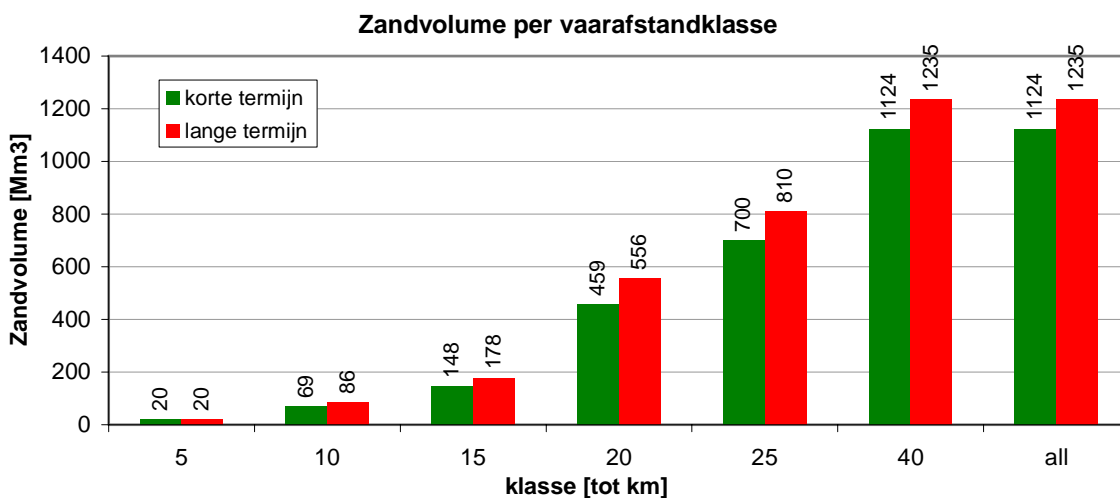
Figuur 24. Strafpuntenkaarten voor het zoekgebied van pilot Walcheren. Potentieel geschikte gebieden (meest zeewaartse zone van het zoekgebied – boven) met relatief weinig kennis (zuidelijkste twee-derde – onder) kunnen worden aangewezen door vergelijking van de twee kaarten.

Een specifieke vraag met betrekking tot pilot Walcheren betreft op welke afstand van Domburg er 20, 50 of 100 miljoen m<sup>3</sup> zand gewonnen kan worden voordat er een stoorlaag zit of de maximale winddiepte van 12m bereikt wordt.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is de vaarafstand voor grote schepen in 7 klassen ingedeeld (Figuur 25). Voor het deelgebied van iedere klasse is vervolgens de winbare hoeveelheid zand berekend (Figuur 26).



Figuur 25. Afstandsklassen tot bestemming Domburg voor grote schepen.



Figuur 26. Zandvolumes per vaarafstandklasse voor korte en lange termijn.



De gevraagde volumes kunnen voor 20 miljoen m<sup>3</sup> geëxtraheerd worden binnen 5 km vaarafstand van het aanlandingspunt voor grote schepen; hier moet de afstand van tot Domburg (circa 10 km) nog bij worden opgeteld. De gevraagde 50 en 100 miljoen m<sup>3</sup> kunnen respectievelijk tussen de 5 en 10 km en de 10 en 15 km vaarafstand gewonnen worden. Indien deze volumes pas op de lange termijn gewonnen moeten worden, heeft dat door het beperkte aantal kabels en leidingen nauwelijks effect op de vaarafstand. Er hoeft dan slechts marginaal minder ver gevaren te worden.



## 6 Een flexibel systeem

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.

In deze conceptuele versie van het beslissingsondersteunend systeem is bij de keuze van iedere proxy rekening gehouden met het gemak waarmee bijbehorende waarden (strafpunten) konden worden afgeleid. De gemaakte aannames kunnen in de toekomst worden verfijnd en verbeterd. De beschikbaarheid van de ONL-kartering, bijvoorbeeld, zal lang niet voor iedere gridcel een verbetering geven ten opzichte van de 1:250.000 kartering. Daarnaast zijn op diverse plaatsen detailkarteringen en andere projecten uitgevoerd waarbij veel systeemkennis is ontwikkeld.

Ook bij de toewijzing van strafpunten voor individuele kwaliteits- en kennisaspecten is voor een aanpak gekozen die snel tot een informatief beeld zou leiden. Daarbij is het genereren van een serie visualisaties voor het gehele studiegebied leidend geweest. Per criterium is een betrekkelijk gering aantal klassen gedefinieerd. Zodra op een deelgebied of studiegebied wordt ingezoomd, is in veel gevallen een uitbreiding van het aantal klassen gewenst. Dat is mogelijk omdat het systeem flexibel is ingericht. Daarbij kunnen deelaspecten al voor de toekenning van strafpunten worden gecombineerd, bijvoorbeeld door de maat voor de geologische complexiteit te delen door de onderliggende datadichtheid uit boringen en seismiek.

De weging van strafpunten voor de verschillende aspecten is eveneens bepaald vanuit praktisch oogpunt. Door de invloed van kennisaspecten te visualiseren, kon een eerste-orde schatting worden gemaakt van potentieel geschikte zandwinlocaties waarvoor aanvullend veldonderzoek nodig is. Door de weging te variëren, kunnen meer subtiele verschillen worden gevisualiseerd.

De kracht van het systeem ligt in de flexibiliteit waarmee het kan worden toegepast. De keuze van aspecten en bijbehorende proxy's, strafpunten en wegingsfactoren kan worden aangepast bij voortschrijdend inzicht, bij focus op deelgebieden met een bepaalde detailvraag, en bij toevoeging van niet-geologische factoren die de winbaarheid van zeezand beïnvloeden. Daarbij is zowel voor de geoloog als voor de eindgebruiker een belangrijke rol weggelegd.



## 7 Conclusies

Op basis van het delfstoffeninformatiesysteem voor het NCP ontwikkeld door Maljers et al. (2010) is een concept beslissingsondersteunend systeem gemaakt waarmee beheerders en beleidsmakers verschillende visies van grootschalige zandwinning tegen elkaar kunnen afwegen en waarmee kan worden bepaald waar de vraag naar aanvullende informatie van de ondergrond het grootst is.

Het concept beslissingsondersteunend systeem, gebouwd in ArcGIS, stelt de gebruiker in staat om op basis van een vaste set gegevens verschillende visualisaties te genereren. Deze flexibiliteit, bijvoorbeeld in het verschillend wegen van kennis- en voorraadaspecten, stelt de gebruiker in staat om zowel regionale als lokale zandbehoefte vraagstukken te beantwoorden en problemen op te lossen. Het vaststellen van de weging van de individuele parameters die tot de verschillende visualisaties leiden, kan, in de toekomst en in overleg met Rijkswaterstaat, nog verder geoptimaliseerd worden.

Het beslissingsondersteunend systeem kan gemakkelijk worden uitgebreid met niet-geologische elementen uit economische, ingenieurstechnische, hydrodynamische, ecologische en archeologische kennis. Het kan daarmee de basis vormen voor alle toekomstige besluitvorming die met ruimtelijke ordening en beheer van het Nederlandse deel van de Noordzee te maken heeft.

De gegenereerde visualisaties zijn bijzonder informatief voor gebruikers die geen achtergrond hebben in de onderliggende vakgebieden.



## 8 Referenties

Blueconomy, 2010. Financiële uitwerking zandwinstrategie – prijsopbouw van belangen. P10009. I.o.v. Rijkswaterstaat Directie Noordzee.

Blueconomy, 2010. Economische en milieukundige effecten van de zandwinstrategie. P09014. I.o.v. Rijkswaterstaat Directie Noordzee.

Deltacommissie, 2008. Samen werken met water. ISBN/EAN 978-90-9023484-7. Hollandia Printing.

De Bruijn, M., Stolk, A., Evers, E. en Schut, E., 2011. Concept achtergronddocument zandwinstrategie 2050. Rijkswaterstaat.

Maljers, D. Stafleu, J. en Vonhögen, L., 2010. Uitbreiding van het delfstoffeninformatie systeem voor het NCP. Deltares-rapport 1203426-000-BGS-0003. I.o.v. Rijkswaterstaat Directie Noordzee.

Maljers, D. Stafleu, J., Wiersma, A, Kiden, P. en Frantsen, P., 2010. De ontwikkeling van een delfstoffeninformatiesysteem voor het NCP: resultaten van een pilotstudie. Deltares-rapport 1003-0138. I.o.v. Rijkswaterstaat Directie Noordzee.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2009. Nationale Waterplan 2009-2015.

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).





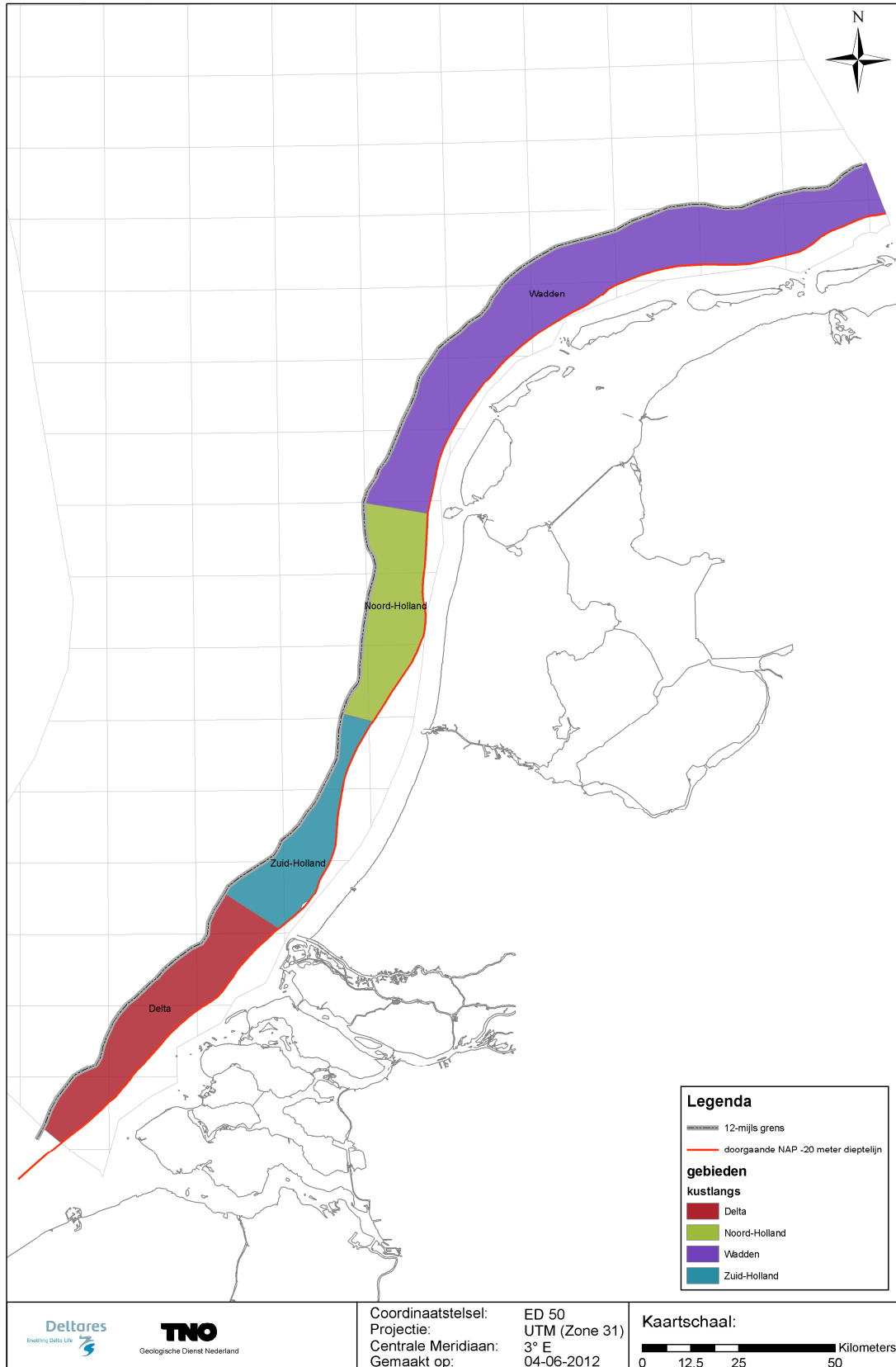
## **A Bijlage 1a t/m 1c**

Bijlage 1a: Indeling van studiegebied in deelgebieden

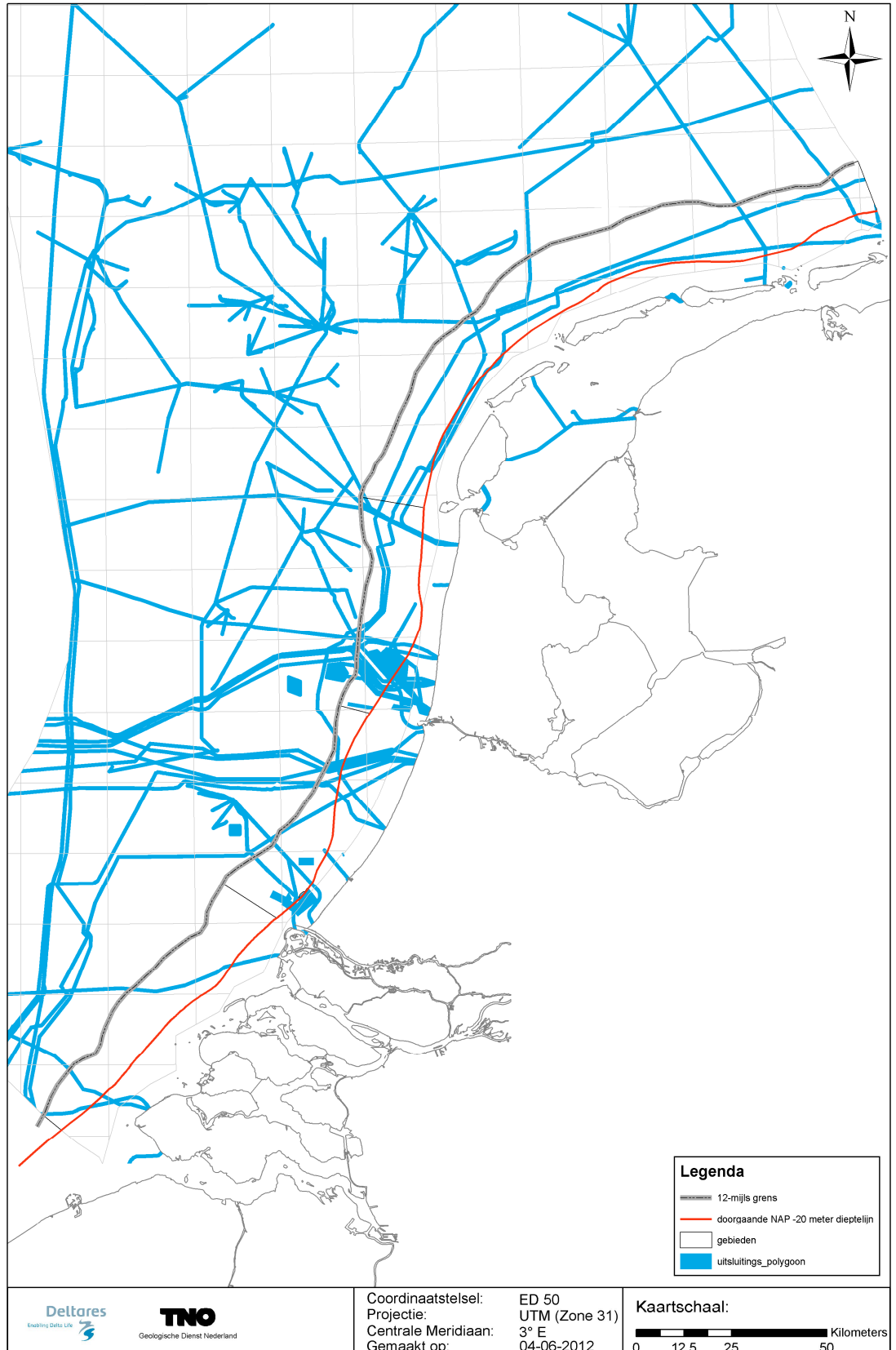
Bijlage 1b: Uitsluitingsgebieden voor korte termijn zandwinning

Bijlage 1c: Indeling in vier deelgebieden op basis van de dikte van het winbare zand

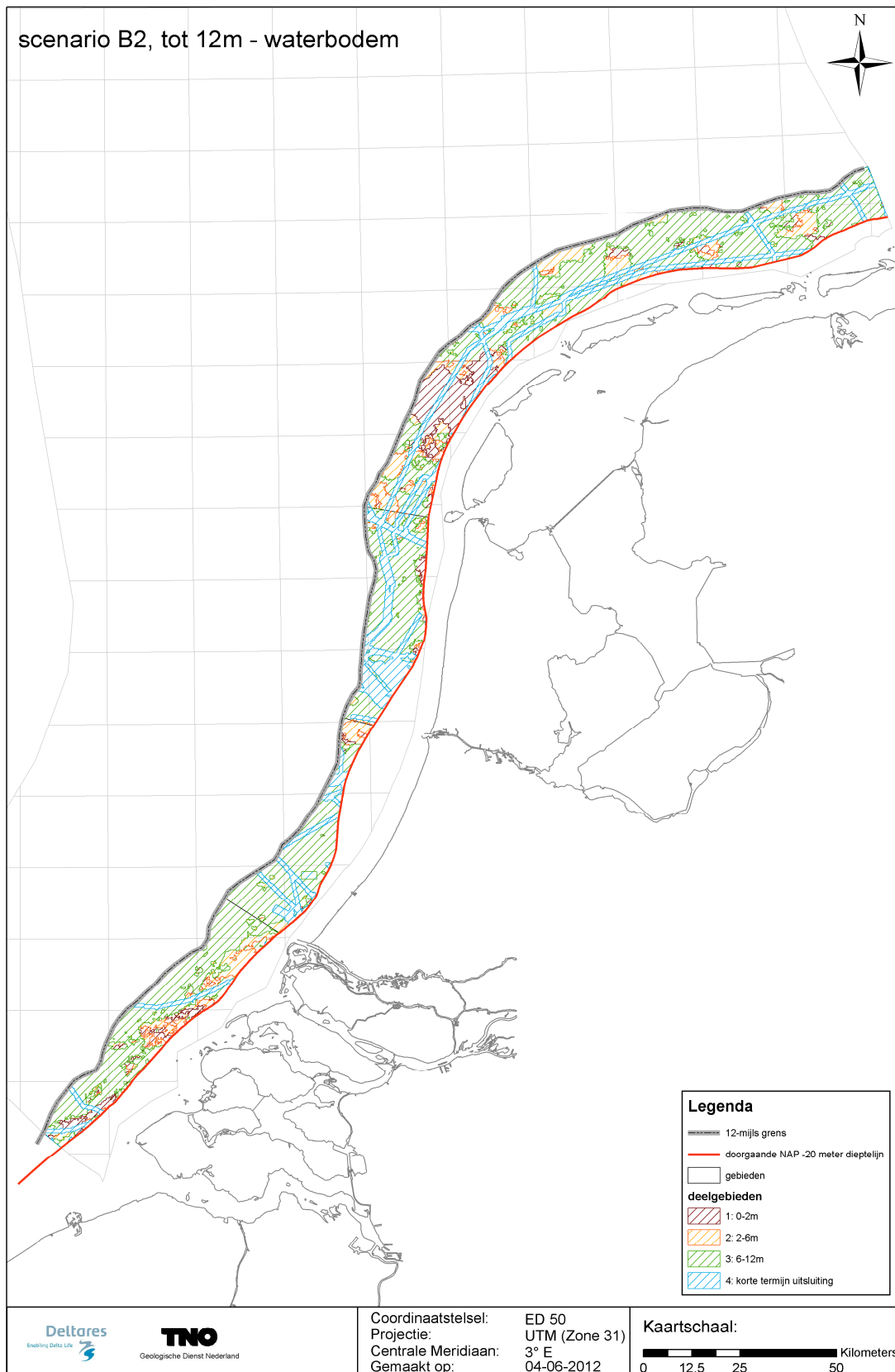
## Indeling van studiegebied in deelgebieden



## Uitsluitingsgebieden voor korte termijn zandwinning



## Indeling in vier deelgebieden op basis van de dikte van het winbare zand



## B Bijlage 2

Winbaarheid van de zandklassen:

0-1 zand

lithoklasse 1: 63-105 mu: 0% winbaar

lithoklasse 2: 105-210: 50%

lithoklasse 3: 210-420: 100%

lithoklasse 4: 420-2000: 100%.

0-4 zand

lithoklasse 1: 63-105 mu: 0% winbaar

lithoklasse 2: 105-210: 0%

lithoklasse 3: 210-420: 50%

lithoklasse 4: 420-2000: 100%.

zand zonder kwaliteitsnorm

lithoklasse 1: 63-105 mu: 100% winbaar

lithoklasse 2: 105-210: 100%

lithoklasse 3: 210-420: 100%

lithoklasse 4: 420-2000: 100%.



## **C Bijlage 3a t/m 3i**

Bijlage 3a: Winbare hoeveelheid zand, scenario A, tot 12m - waterbodem

Bijlage 3b: Winbare hoeveelheid zand, scenario B1, tot 12m - waterbodem

Bijlage 3c: Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 12m - waterbodem

Bijlage 3d: Winbare hoeveelheid zand, scenario C, tot 12m - waterbodem

Bijlage 3e: Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 12m - waterbodem

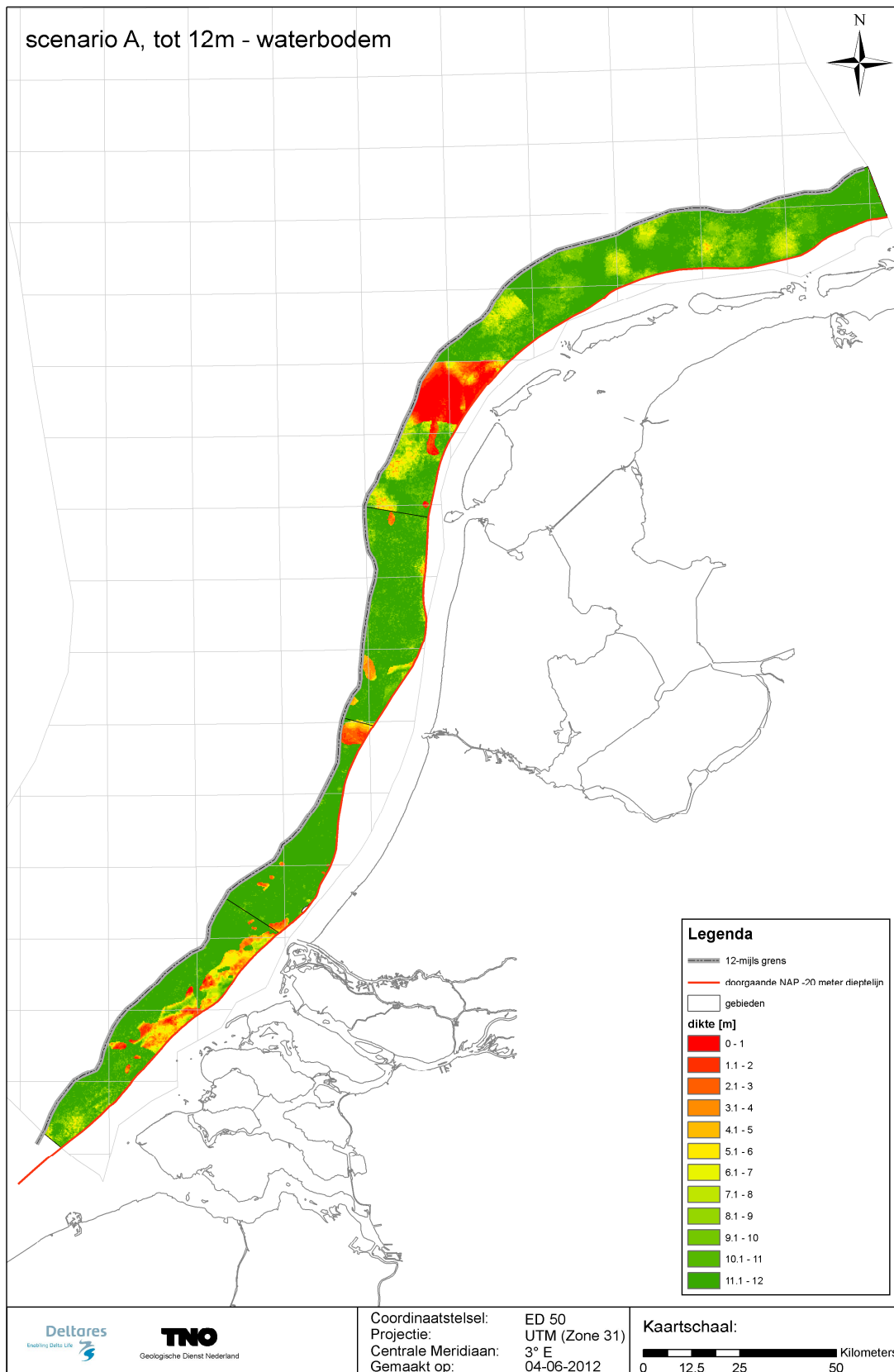
Bijlage 3f: Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 5m - waterbodem

Bijlage 3g: Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 5m - waterbodem

Bijlage 3h: Winbare hoeveelheid zand, scenario B2, tot 2m - waterbodem

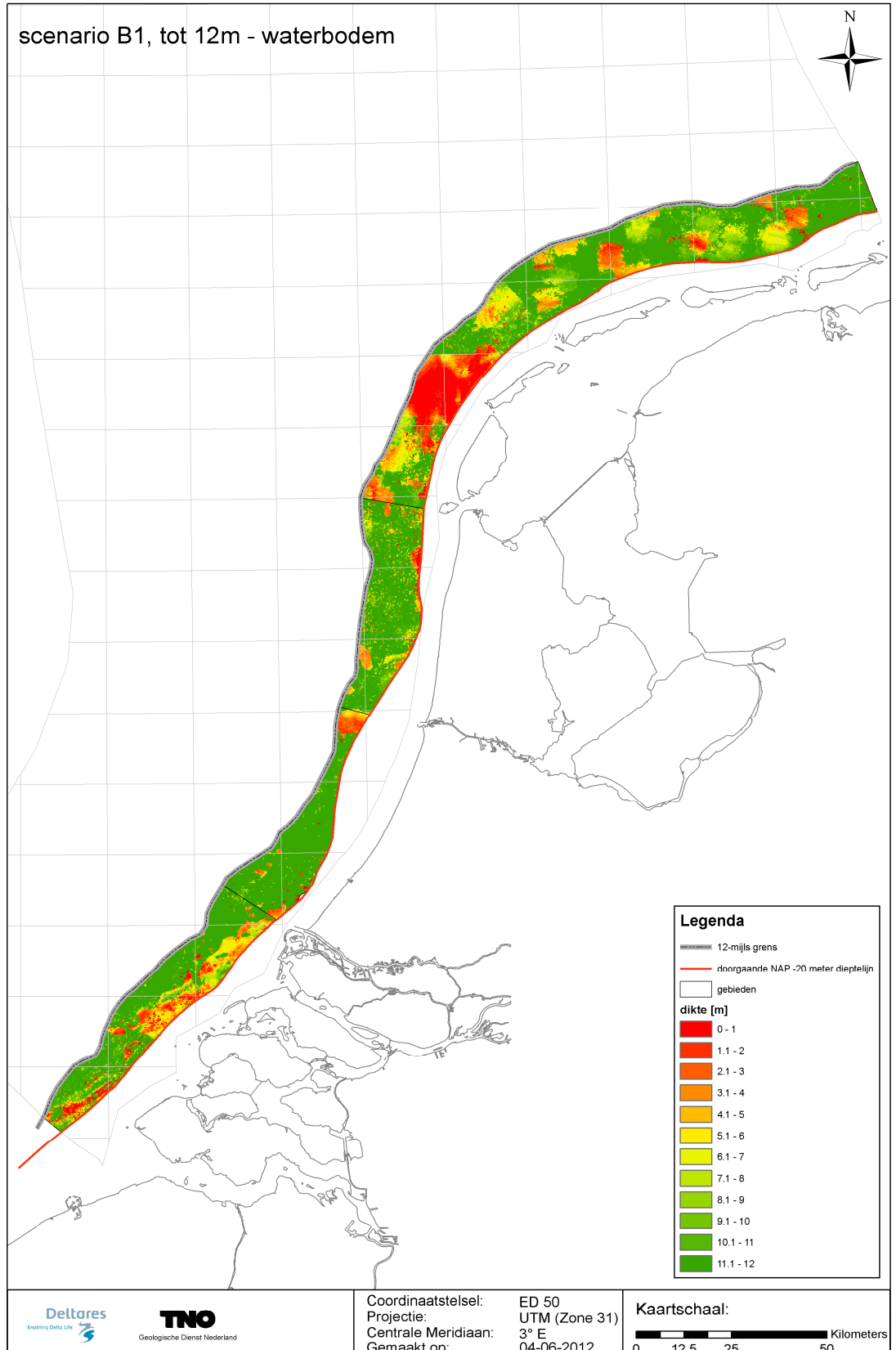
Bijlage 3i: Winbare hoeveelheid zand op korte termijn, scenario B2, tot 2m - waterbodem

## Winbare hoeveelheid zand

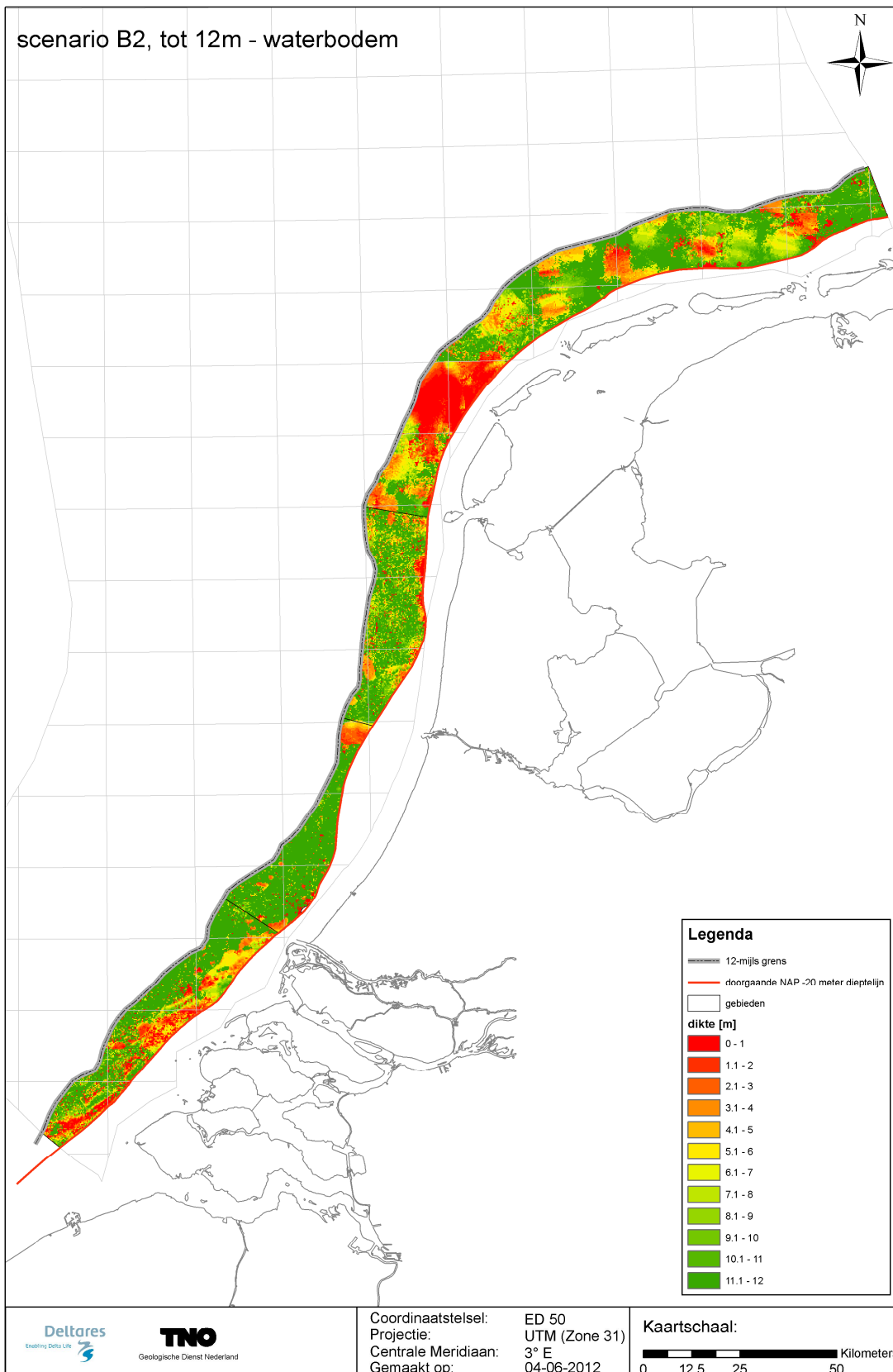




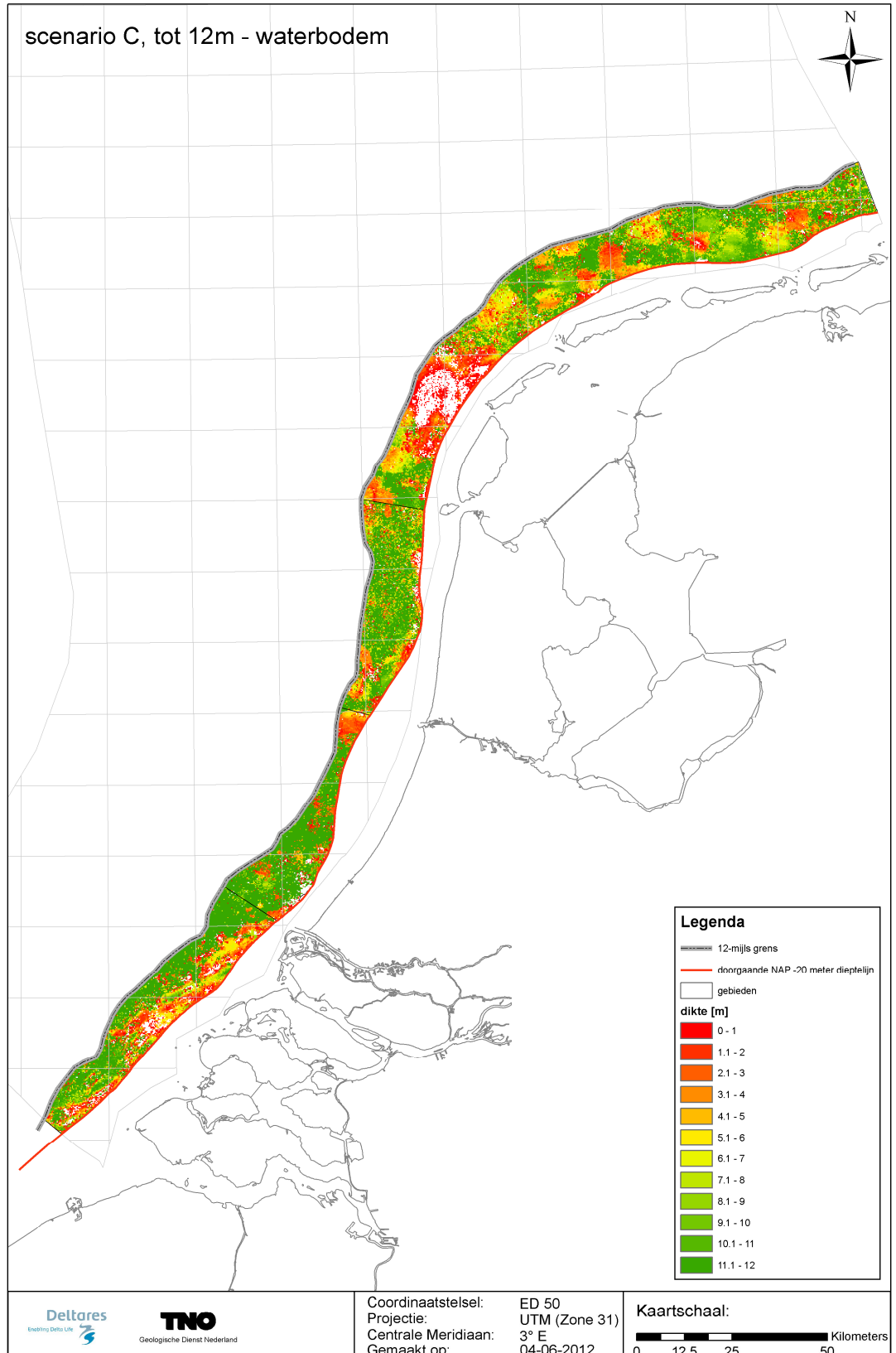
## Winbare hoeveelheid zand



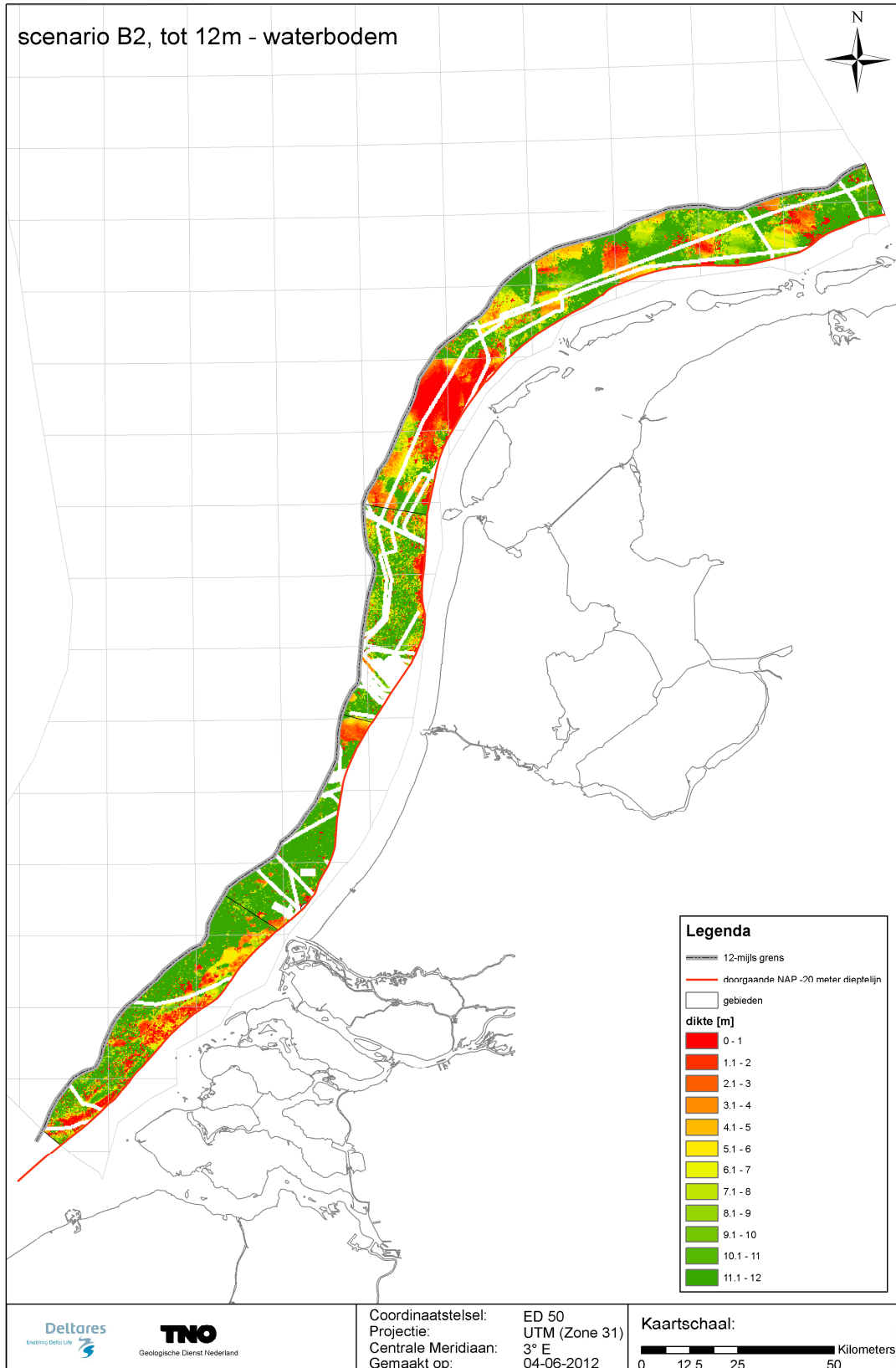
### Winbare hoeveelheid zand



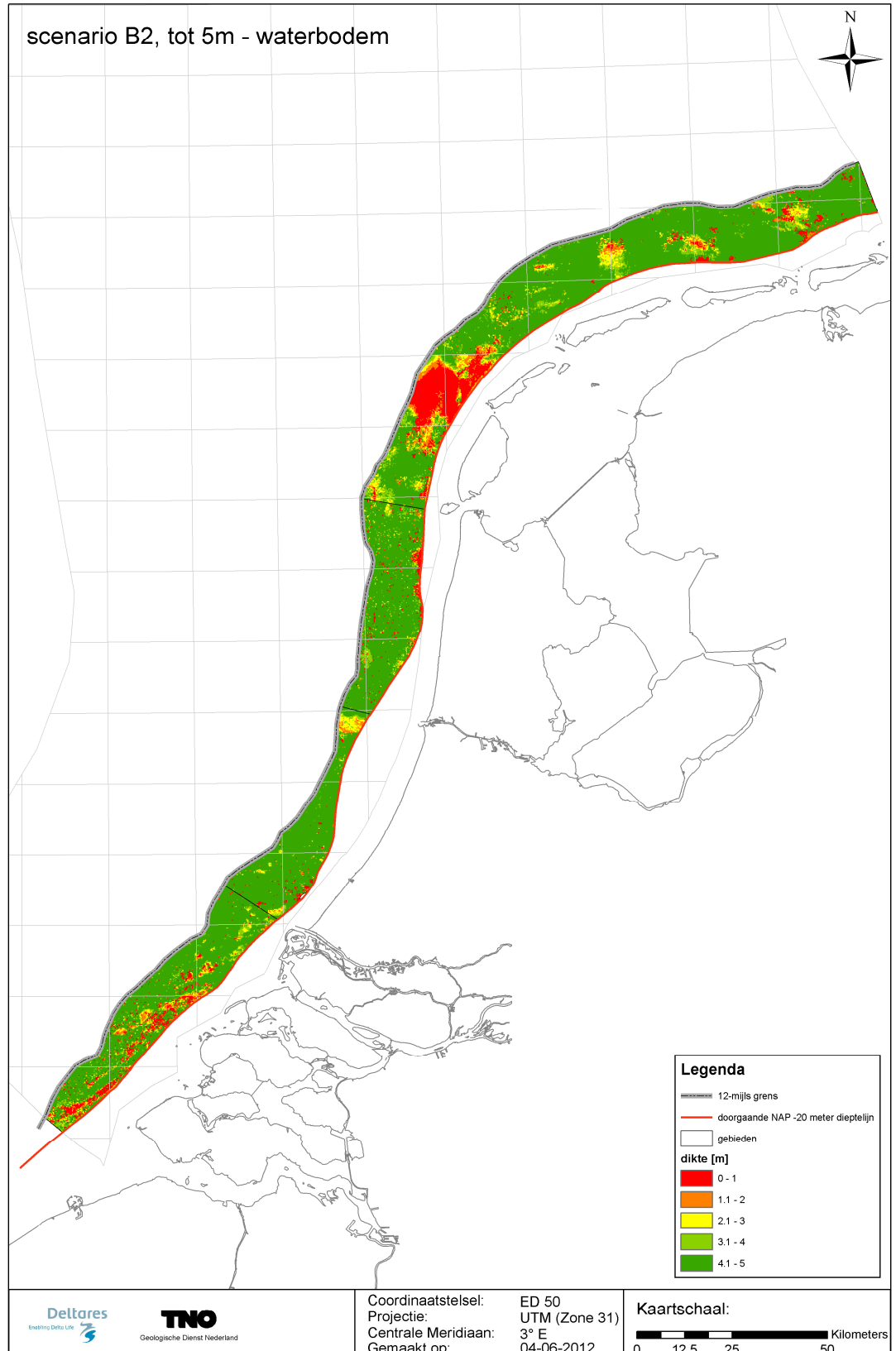
## Winbare hoeveelheid zand



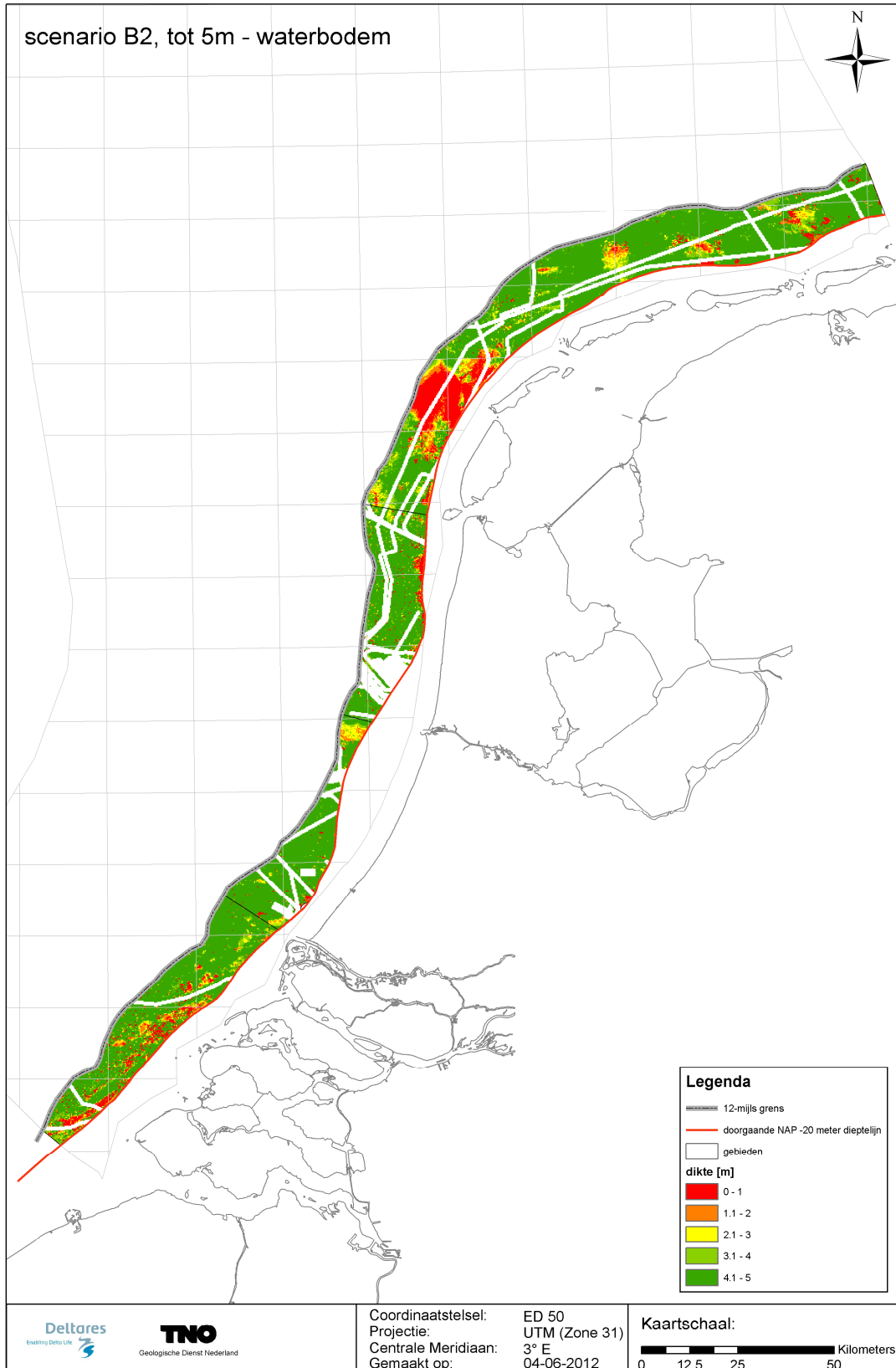
## Winbare hoeveelheid zand op korte termijn



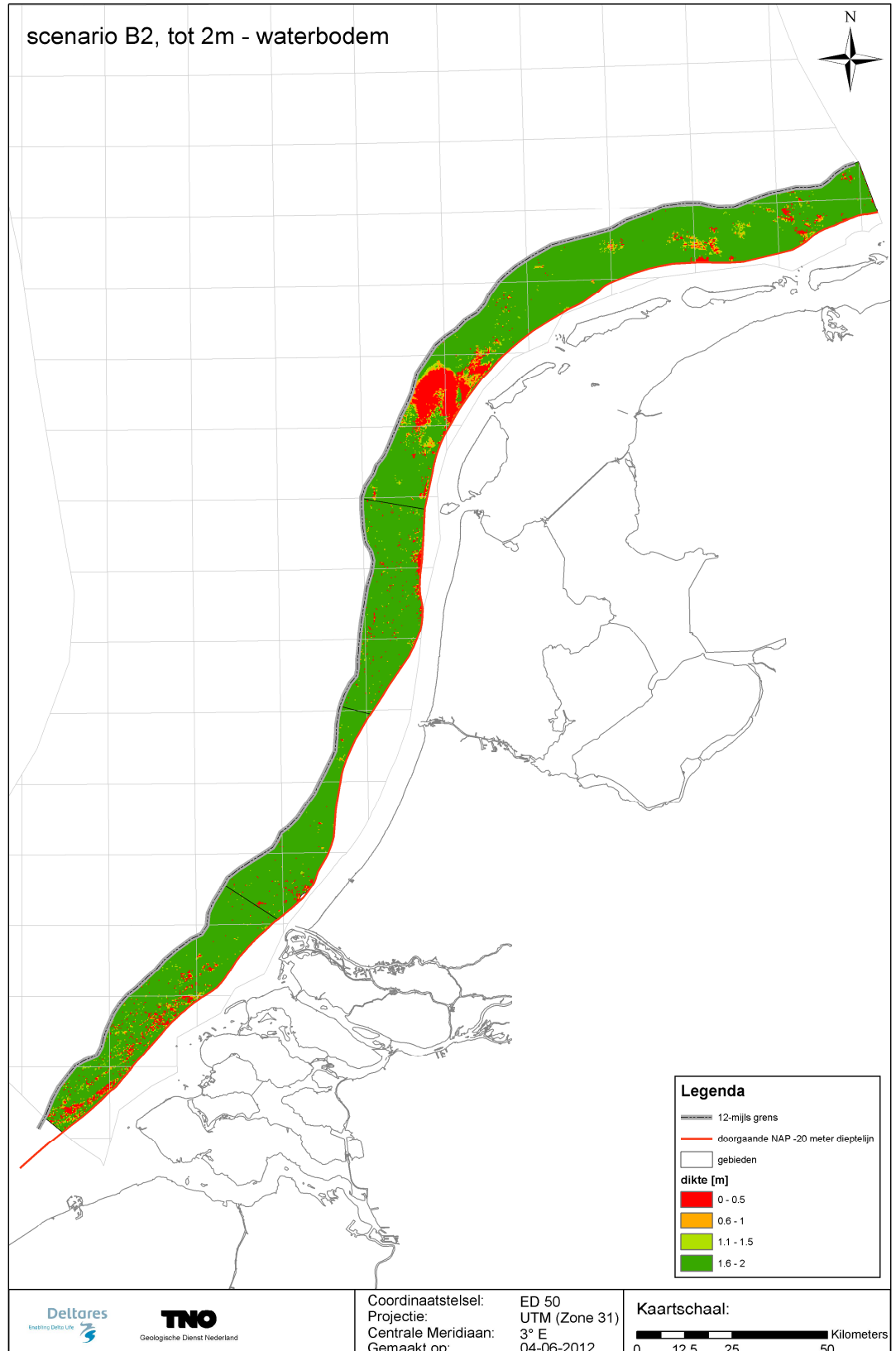
## Winbare hoeveelheid zand



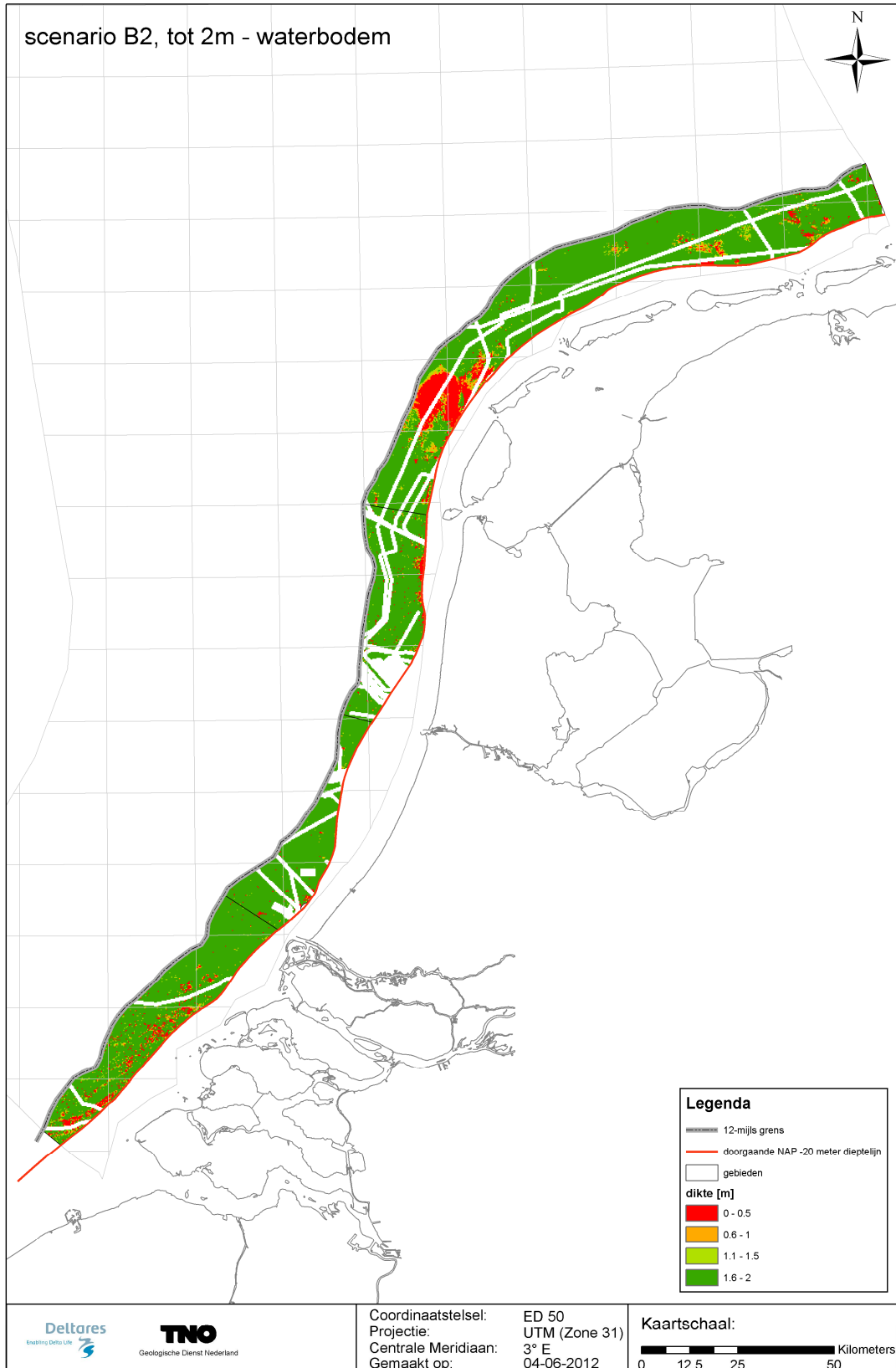
## Winbare hoeveelheid zand op korte termijn



## Winbare hoeveelheid zand



## Winbare hoeveelheid zand op korte termijn





## **D Bijlage 4a t/m 4d**

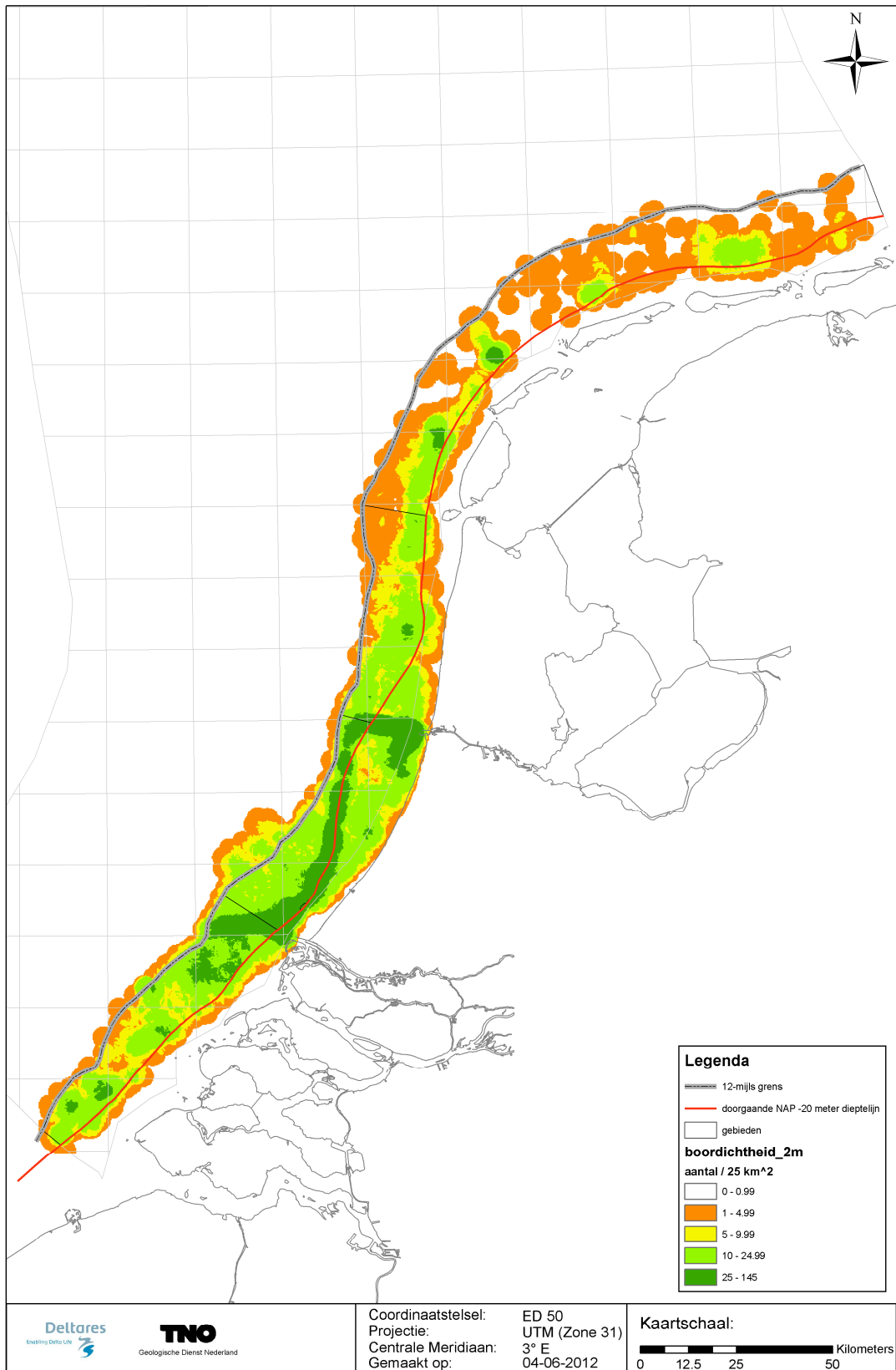
Bijlage 4a: Boordichtheid (diepte 2m) op het Nederlandse deel van de Noordzee

Bijlage 4b: Boordichtheid (diepte 5m) op het Nederlandse deel van de Noordzee

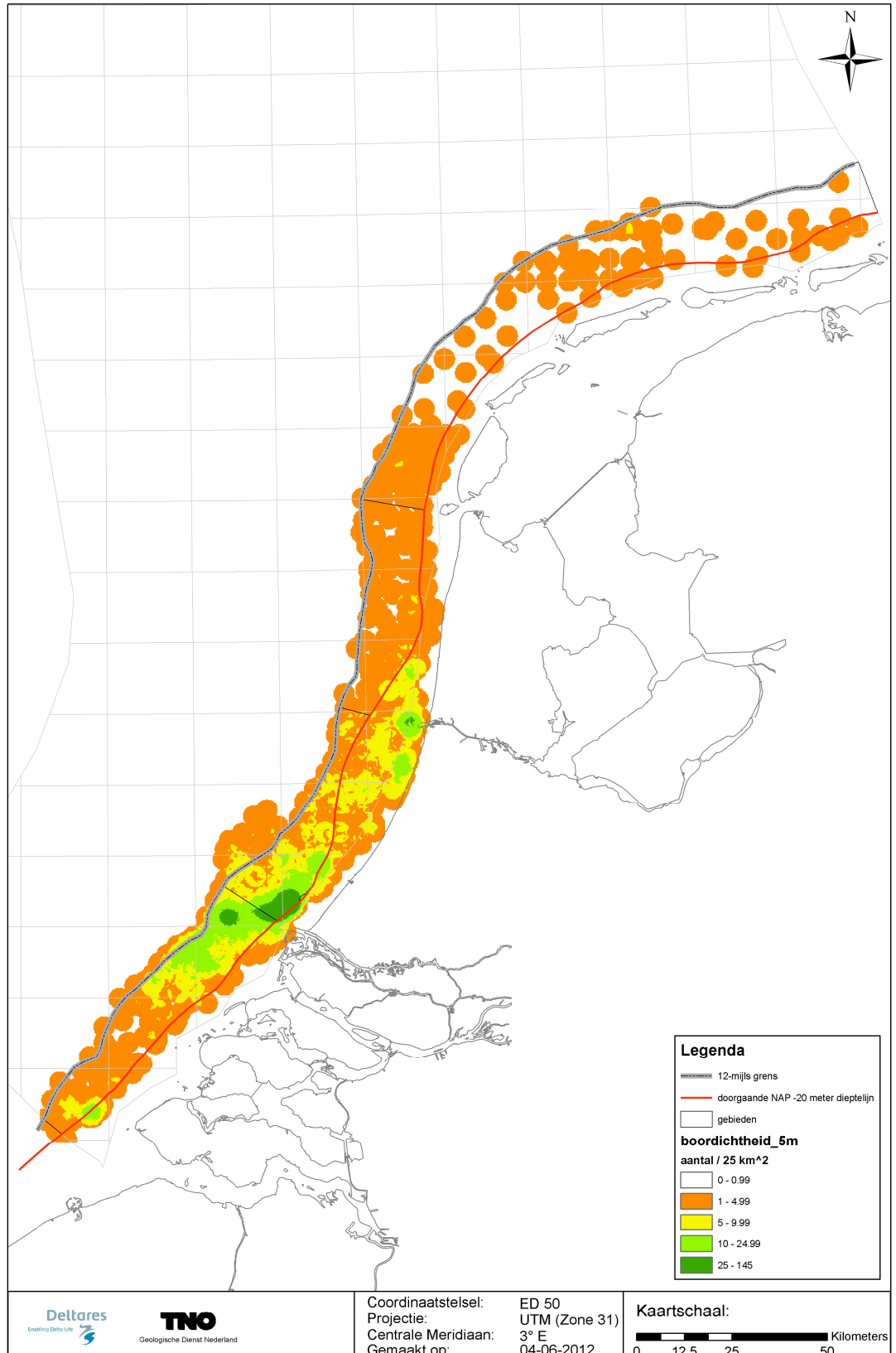
Bijlage 4c: Boordichtheid (diepte 12m) op het Nederlandse deel van de Noordzee

Bijlage 4d: Dieptebereik boringen op het Nederlandse deel van de Noordzee

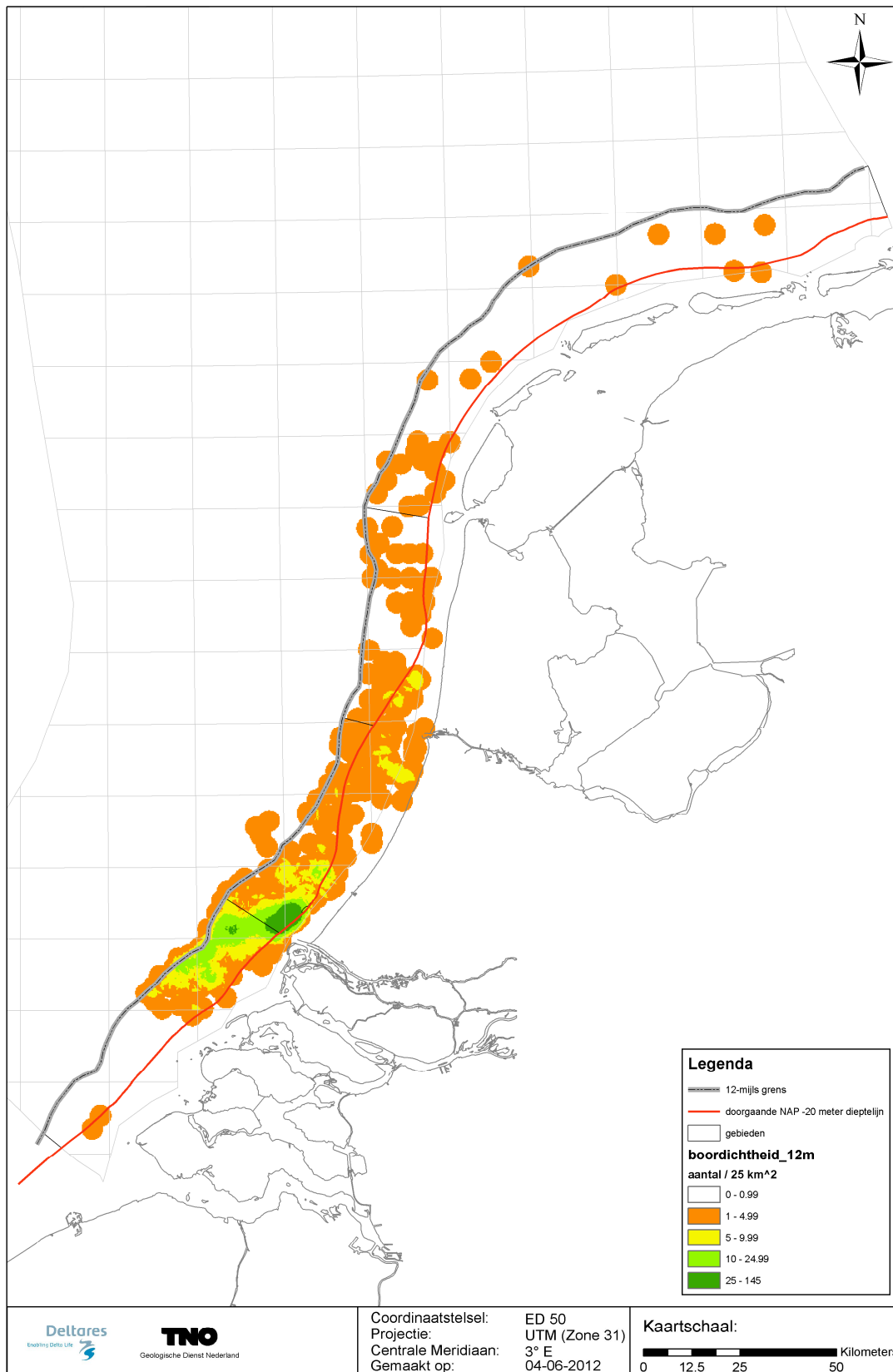
## Boordichtheid (diepte 2m) op het Nederlandse deel van de Noordzee



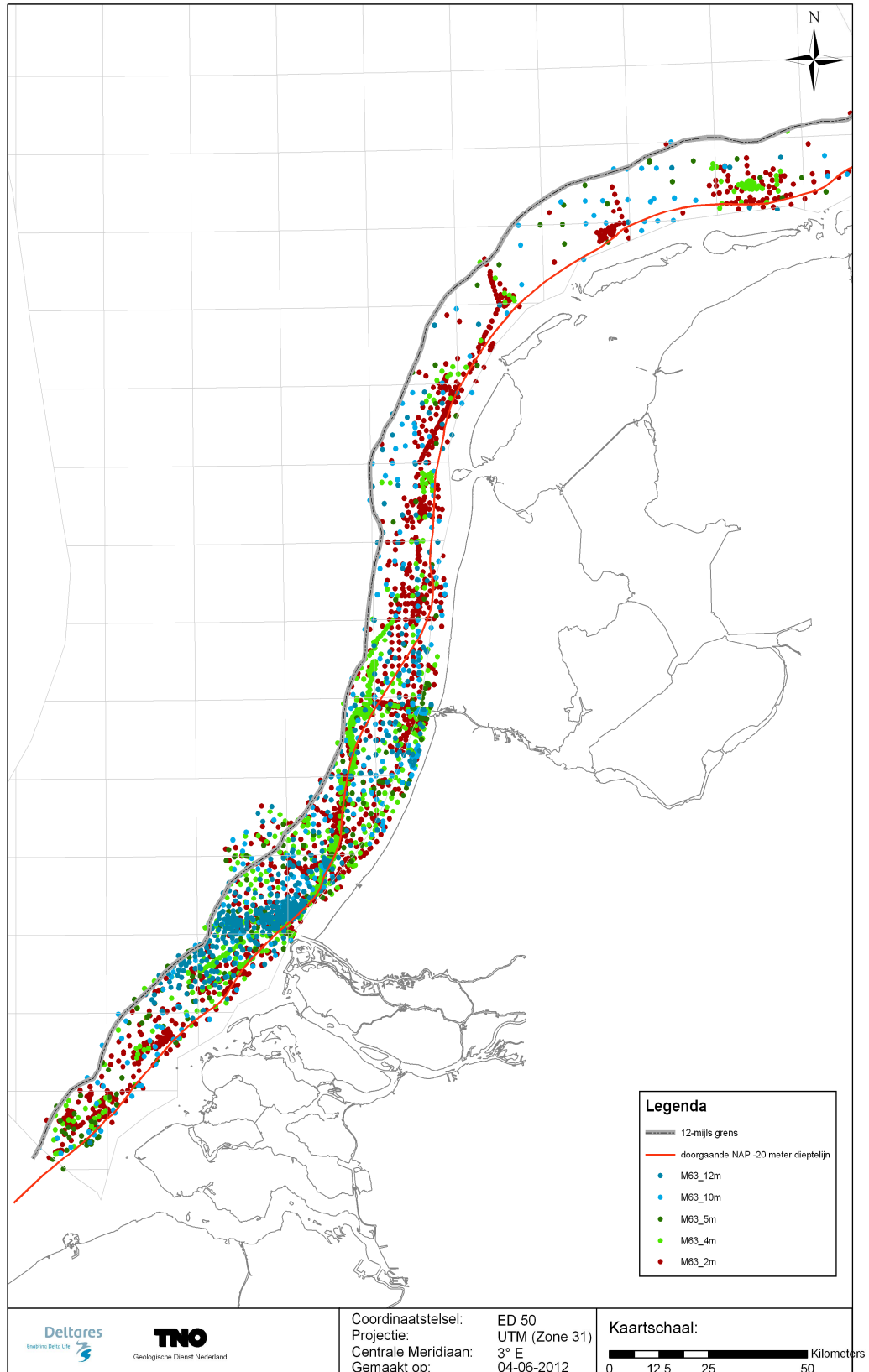
Boordichtheid (diepte 5m) op het Nederlandse deel van de Noordzee



## Boordichtheid (diepte 12m) op het Nederlandse deel van de Noordzee



Dieptebereik boringen op het Nederlandse deel van de Noordzee



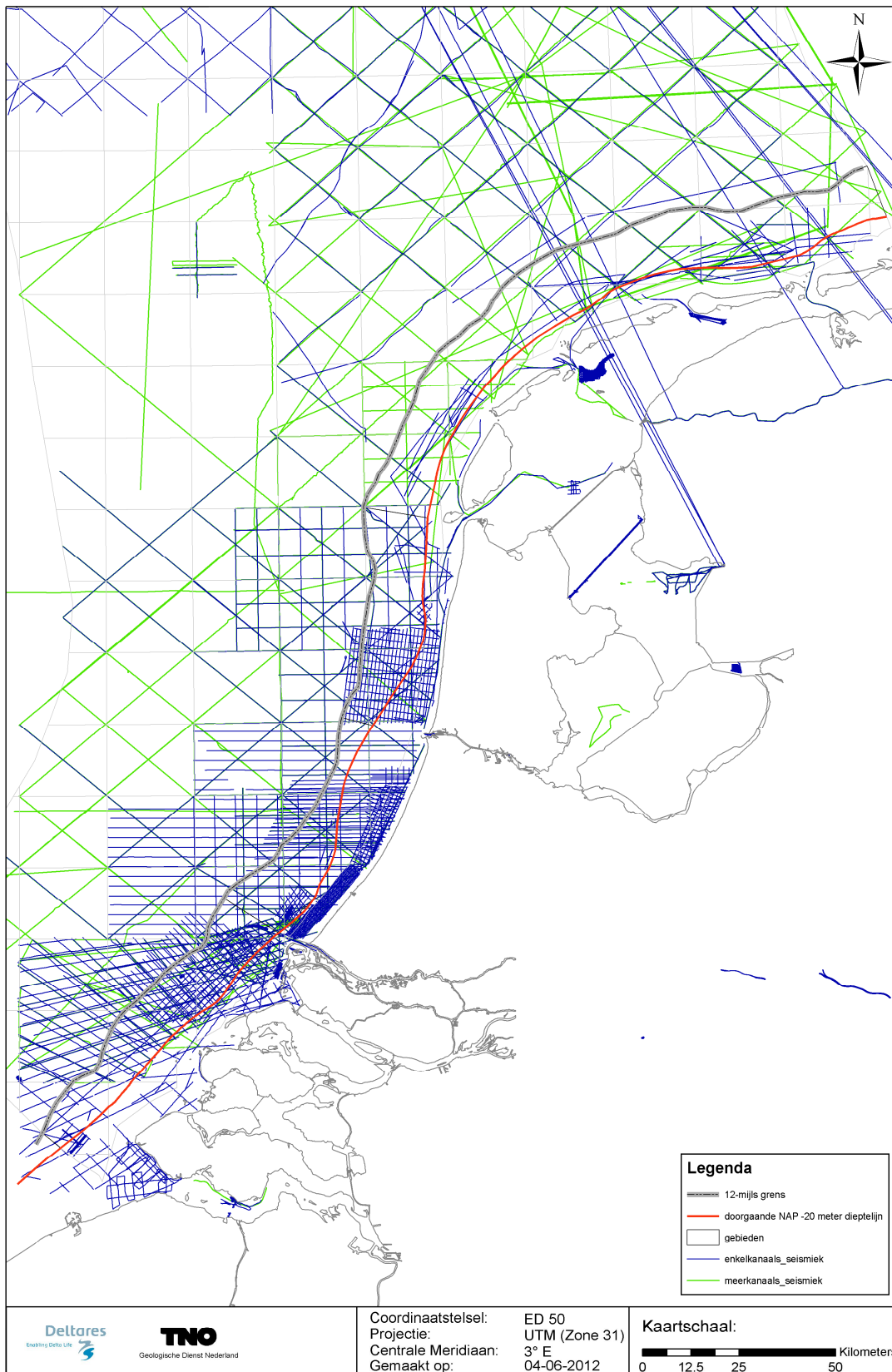


## **E Bijlage 5a en 5b**

Bijlage 5a: Seismiek op het Nederlandse deel van de Noordzee

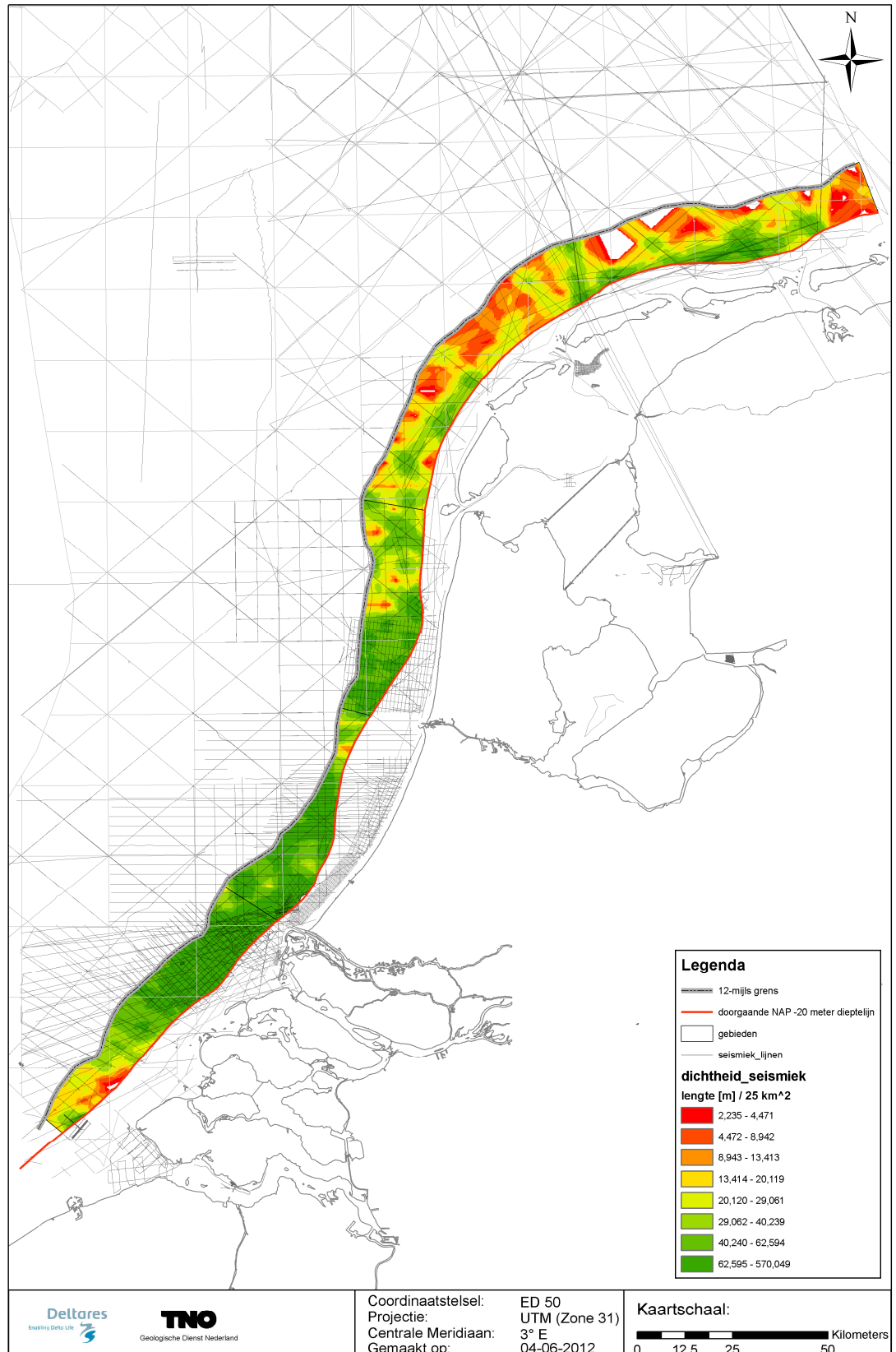
Bijlage 5b: Dichtheid seismiek op het Nederlandse deel van de Noordzee

## Seismiek op het Nederlandse deel van de Noordzee





## Dichtheid seismiek op het Nederlandse deel van de Noordzee



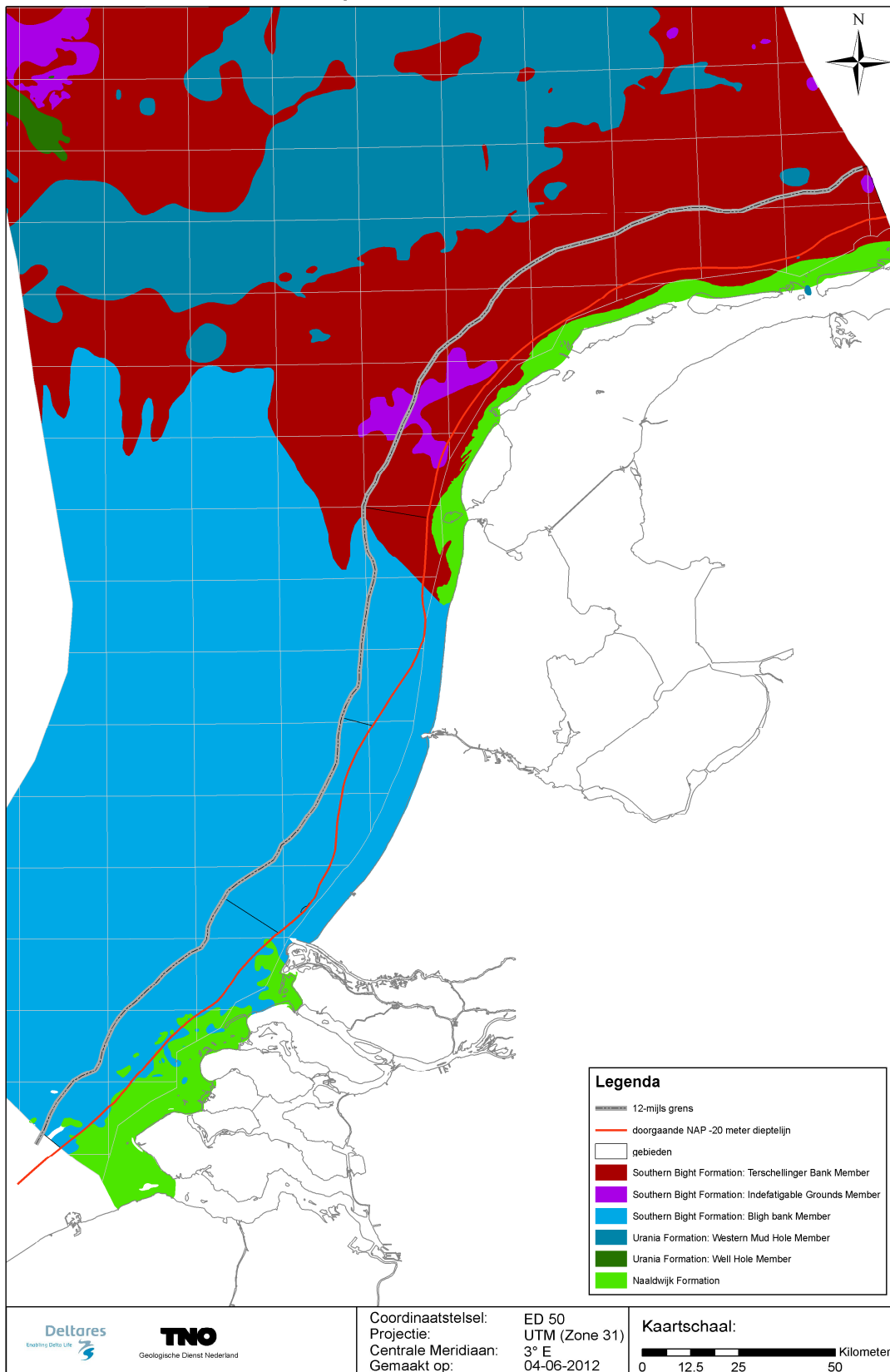


## **F Bijlage 6a en 6b**

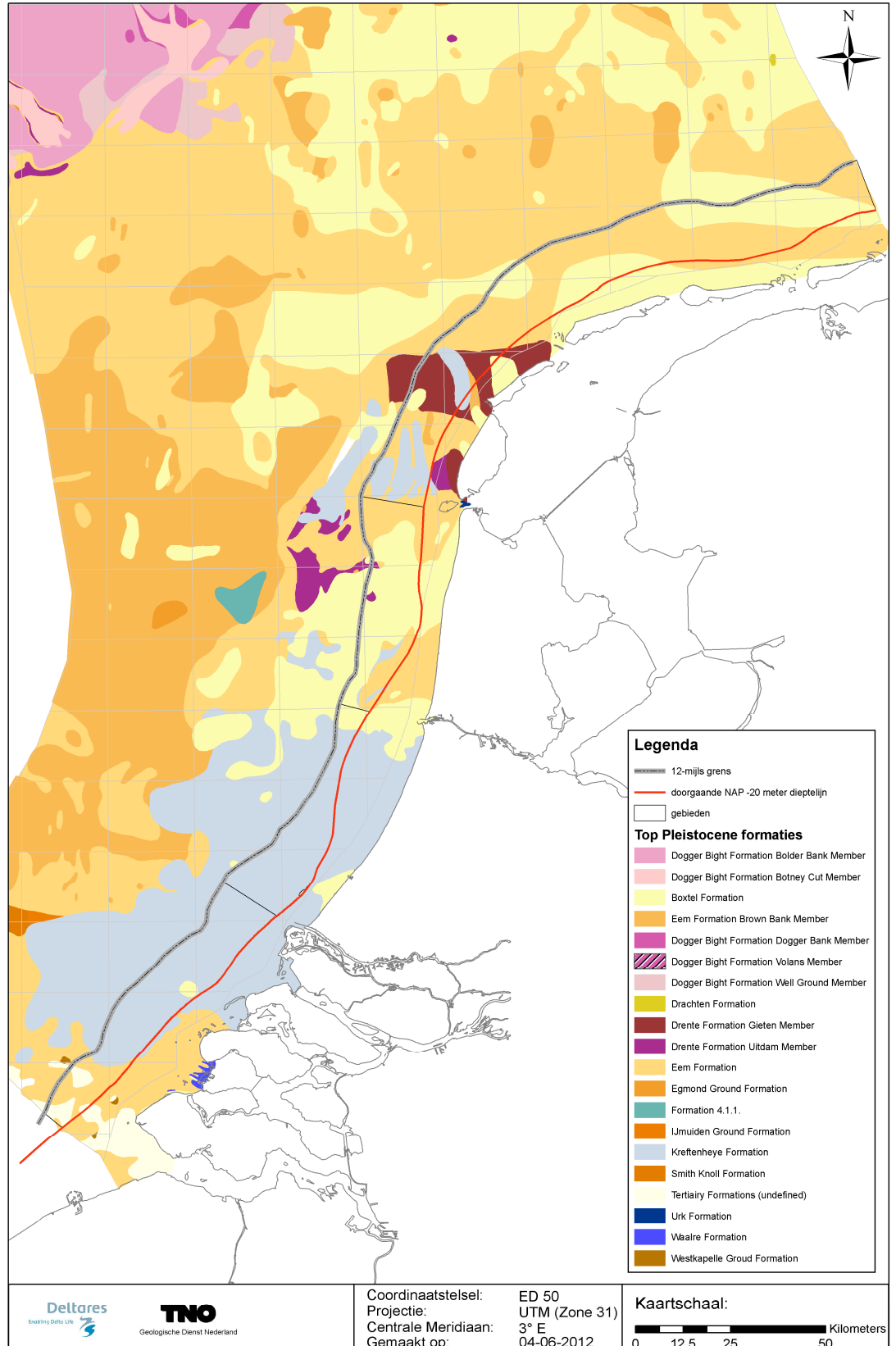
Bijlage 6a: Top Holocene kaart

Bijlage 6b: Top Pleistoocene kaart

## Top Holoceen kaart



## Top Pleistoceen kaart



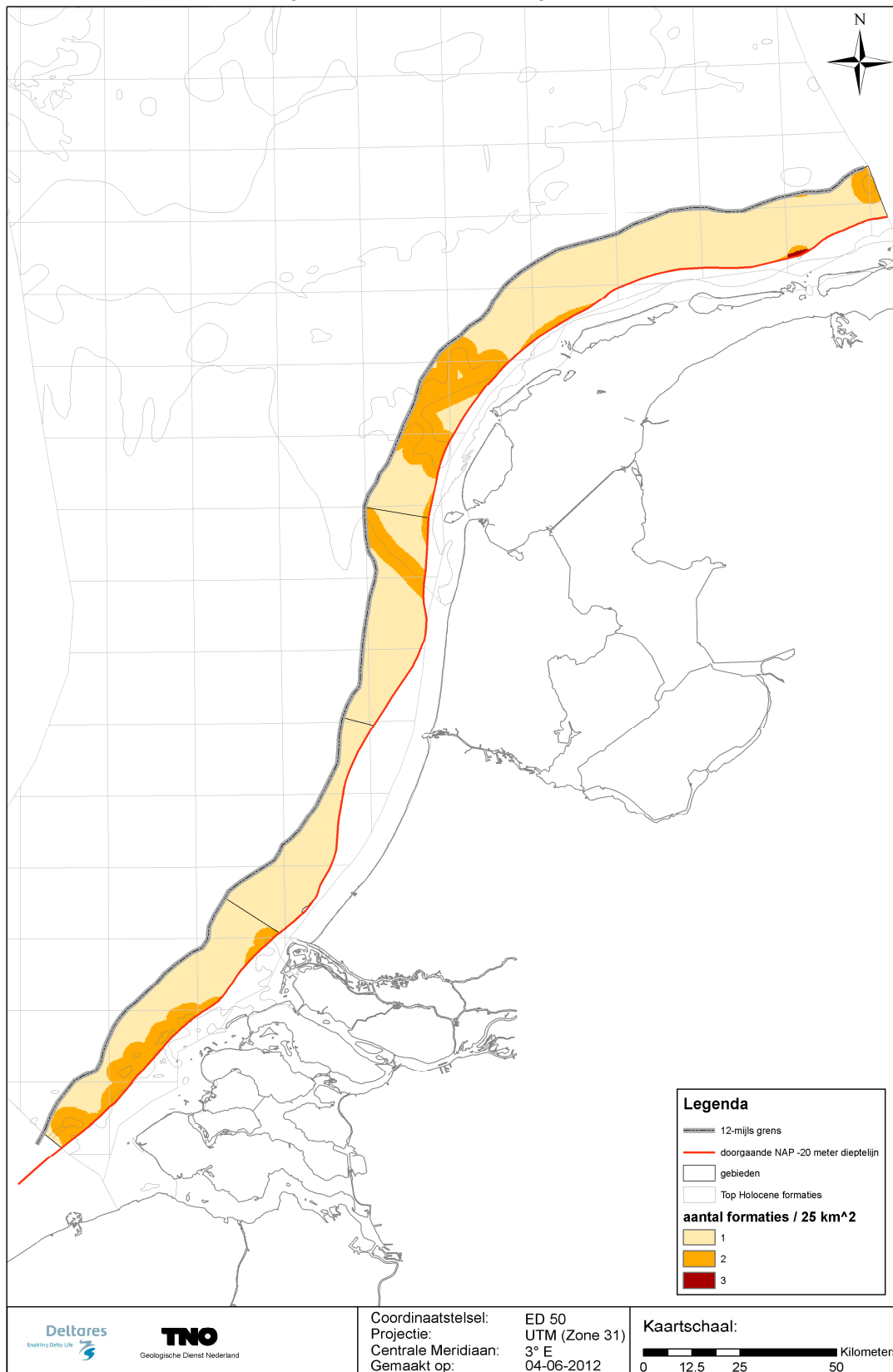


## **G Bijlage 7a en 7b**

Bijlage 7a: Top Holocene complexiteit

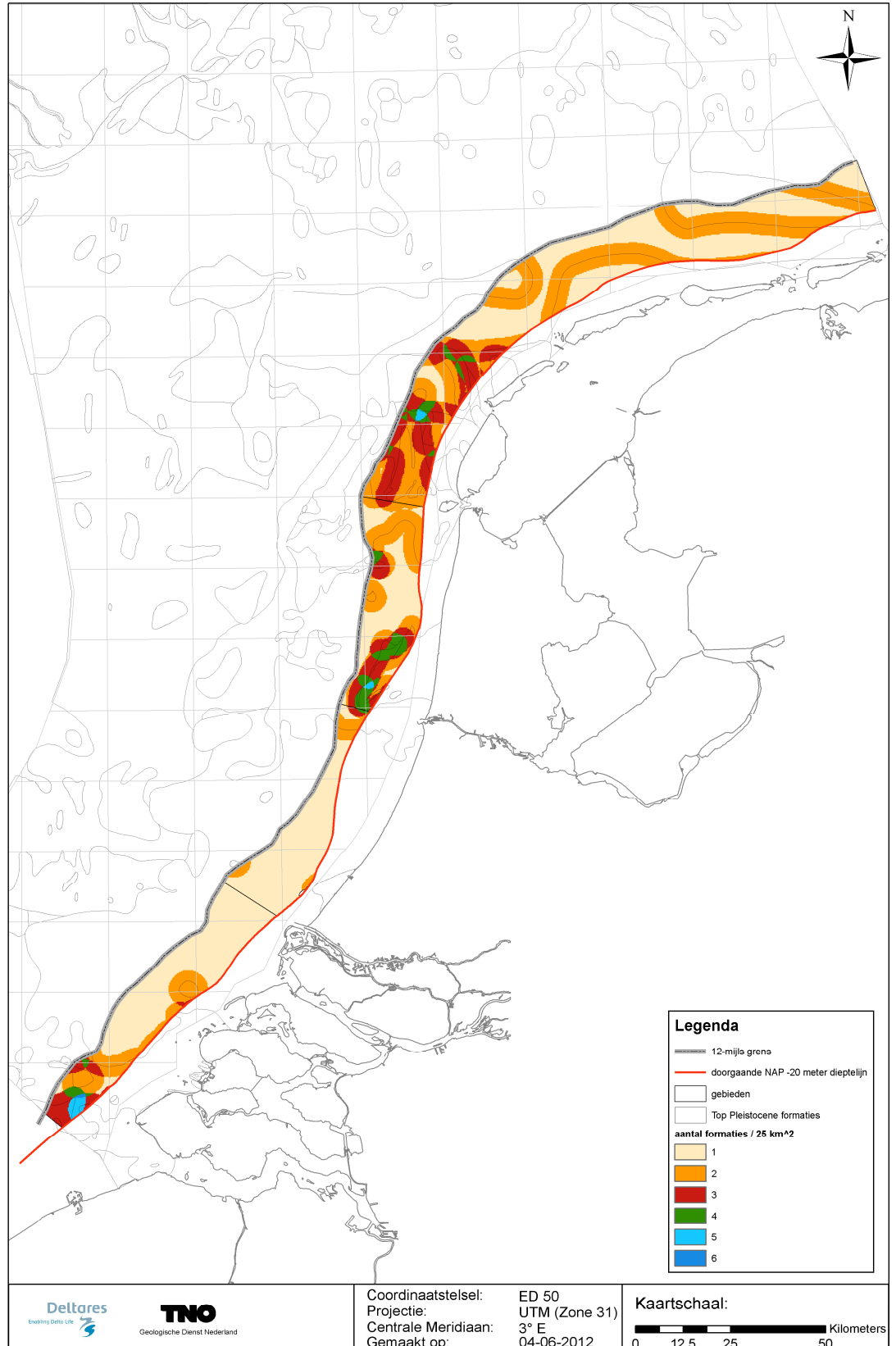
Bijlage 7b: Top Pleistocene complexiteit

## Top Holocene complexiteit





### Top Pleistocene complexiteit

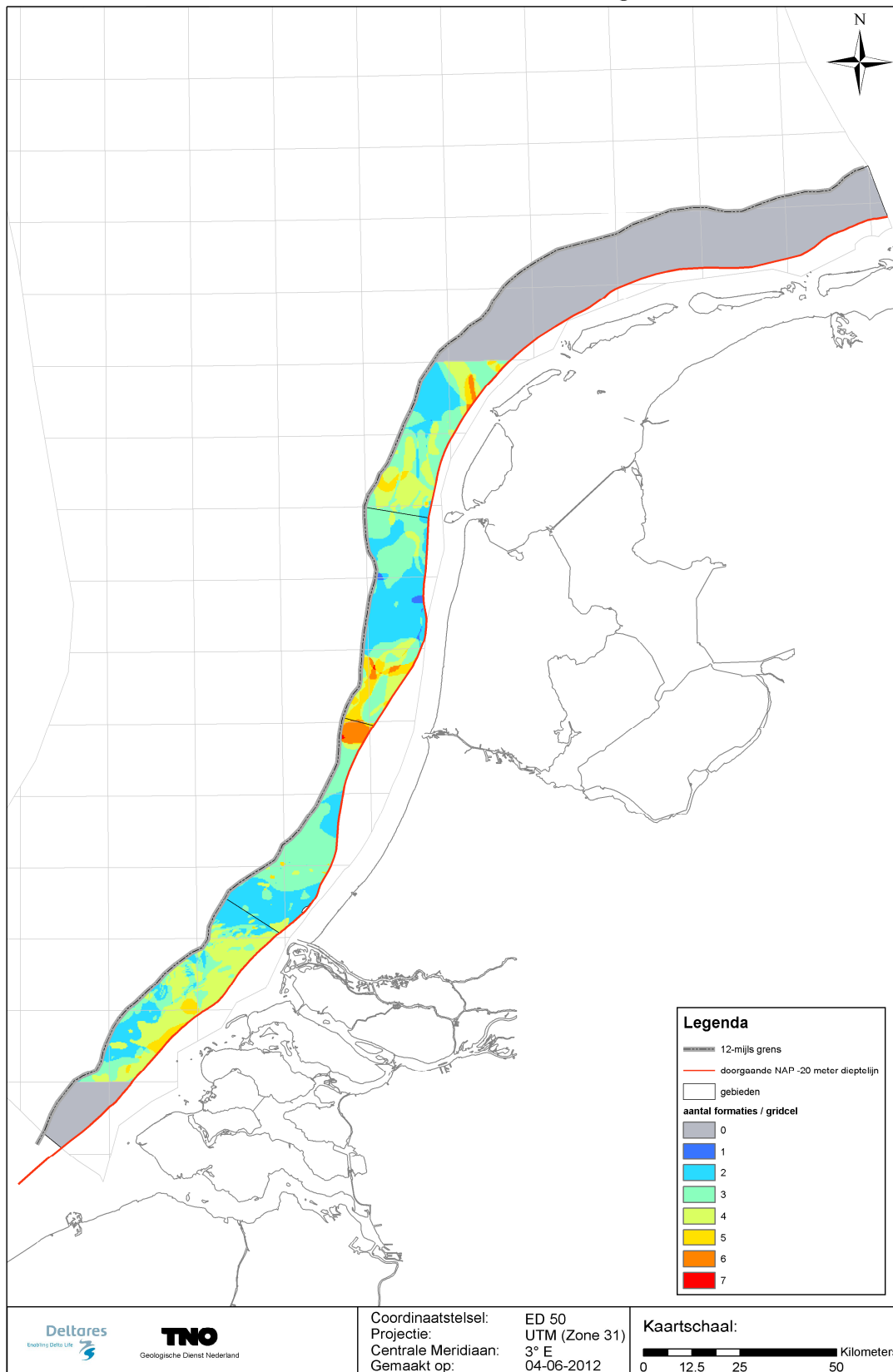




## **H Bijlage 8**

Bijlage 8: Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal

## Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal

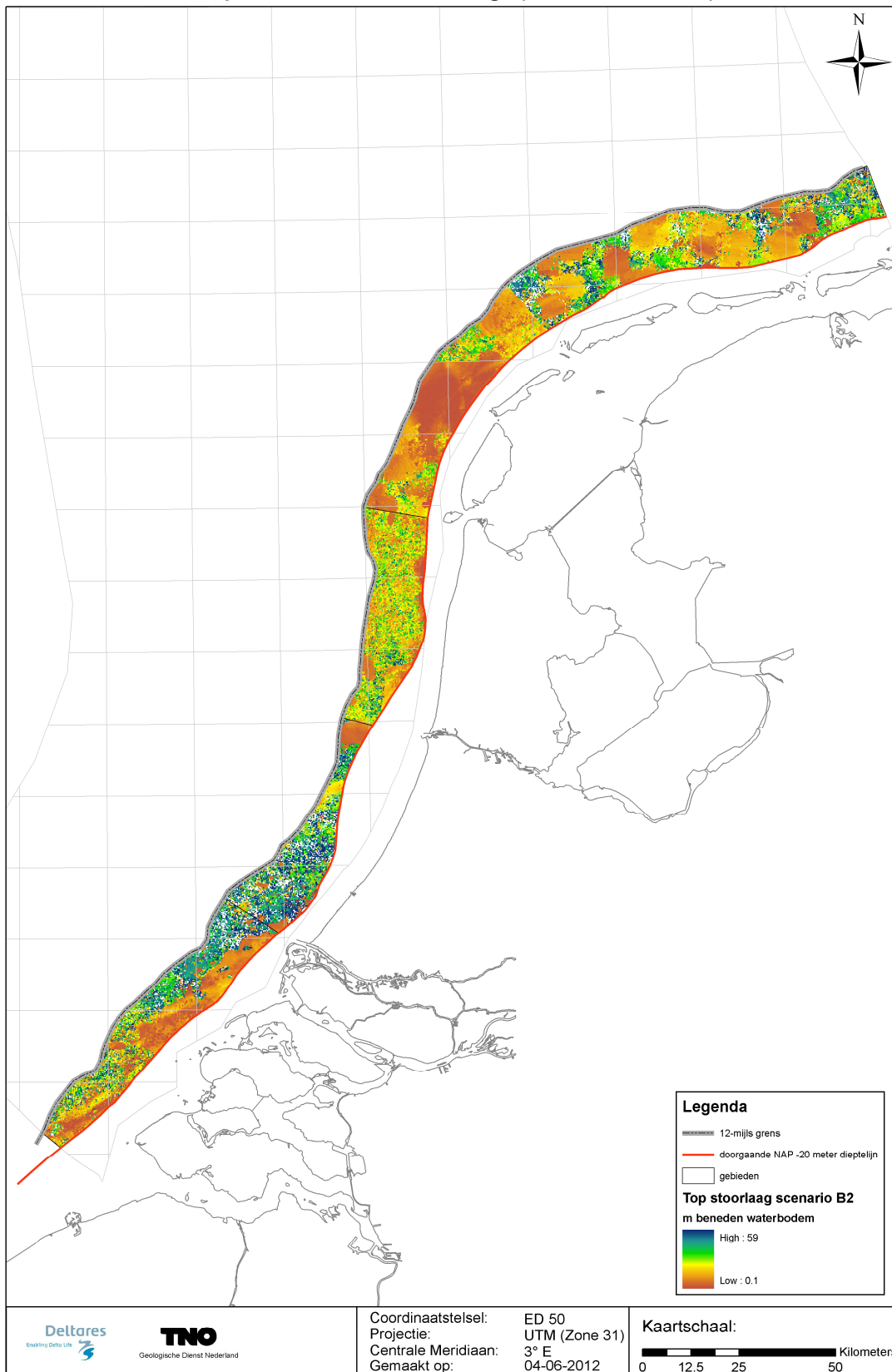


## I Bijlage 9a en 9b

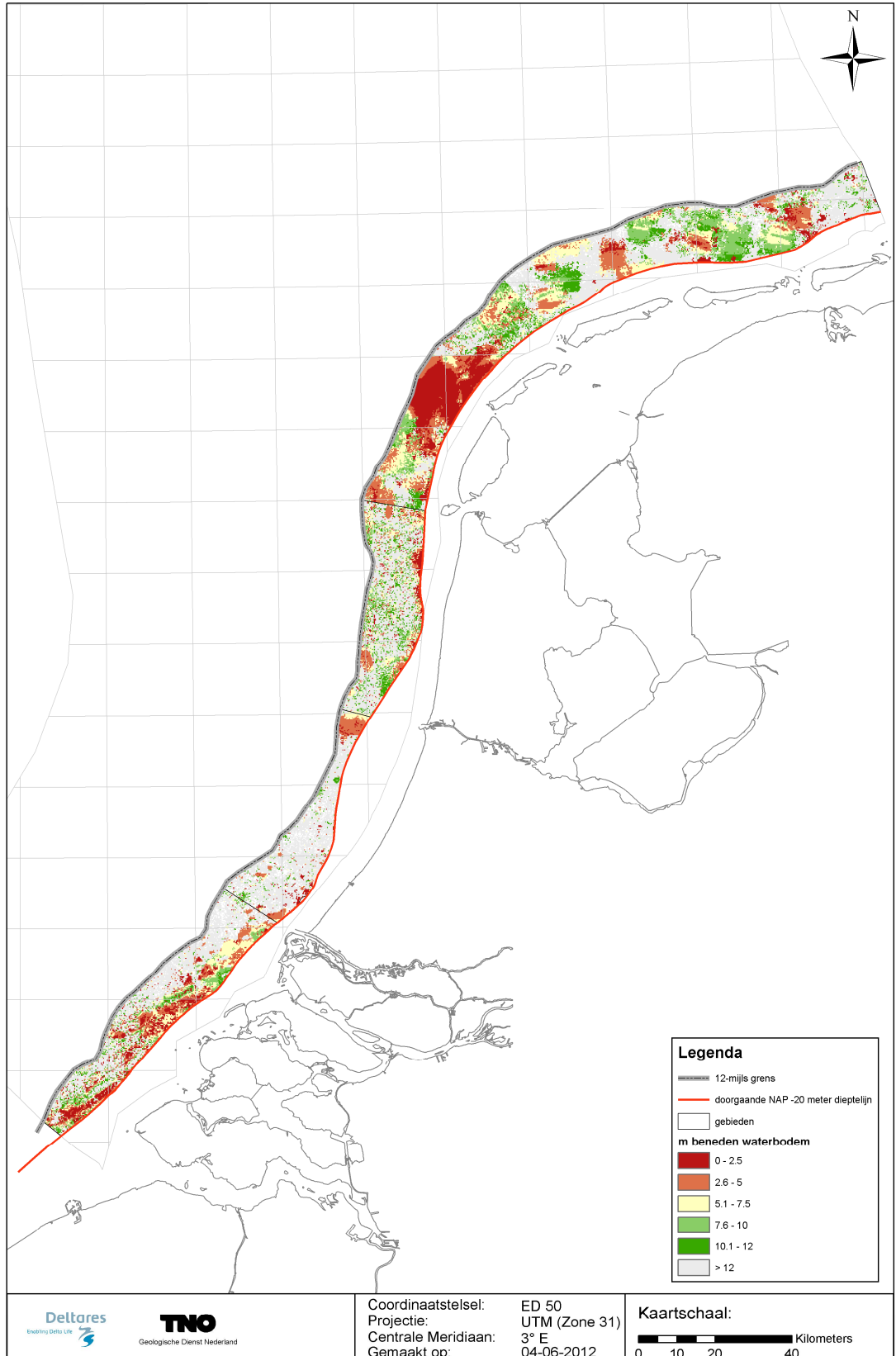
Bijlage 9a: Top van de stoorlaag (scenario B2) in meters beneden de waterbodem

Bijlage 9b: Top van de stoorlaag (scenario B2) tot een diepte van 12m

## Top van de stoorlaag (scenario B2)



Top van de stoorlaag (scenario B2) tot een diepte van 12m







## **J Bijlage 10a t/m 10e**

Bijlage 10a: Winbare hoeveelheid 0-4 zand, scenario B2, tot 12m - waterbodem

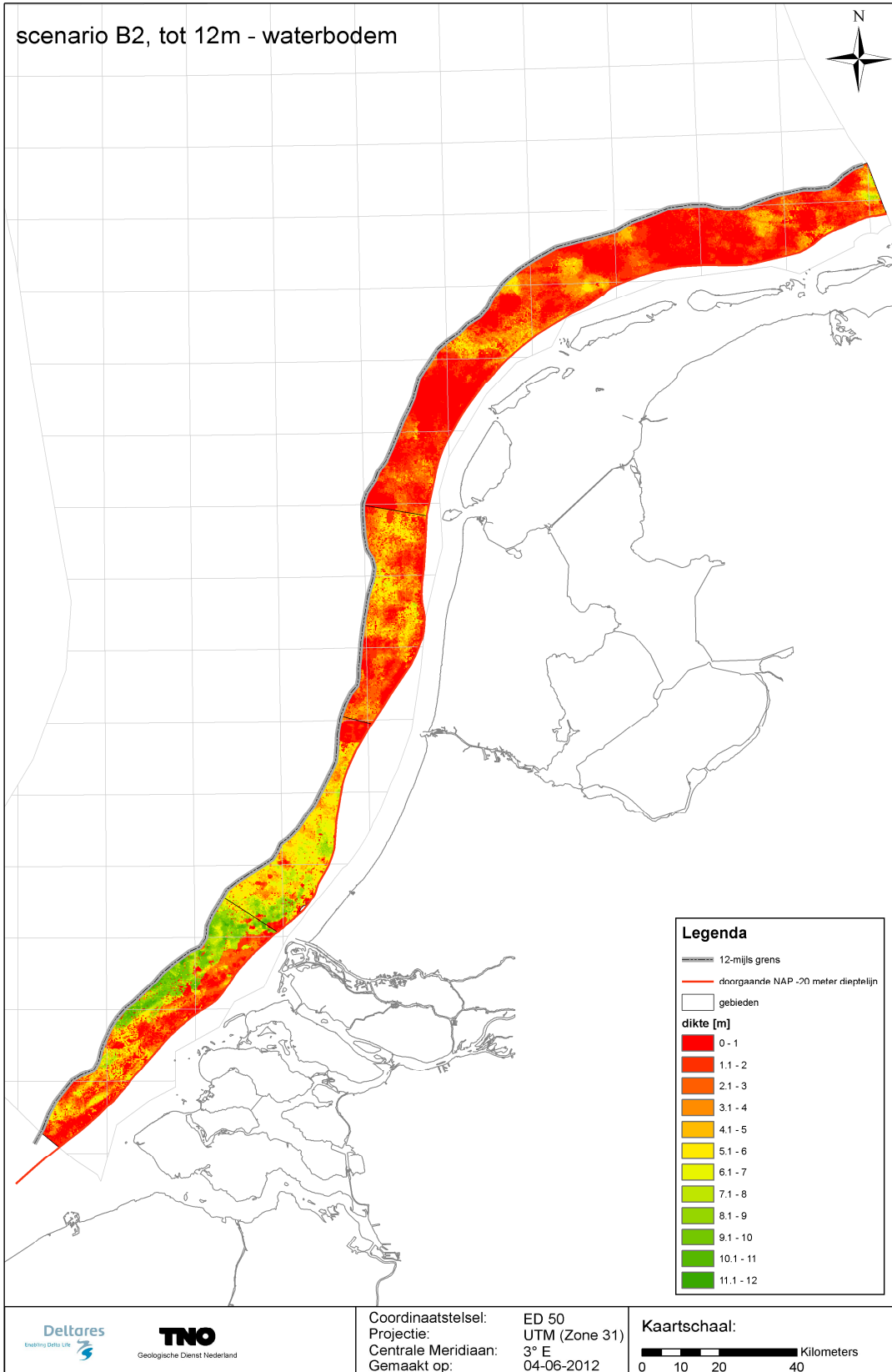
Bijlage 10b: Percentage 0-4 zand in de bovenste 2m, scenario B2

Bijlage 10c: Percentage 0-4 zand in de bovenste 5m, scenario B2

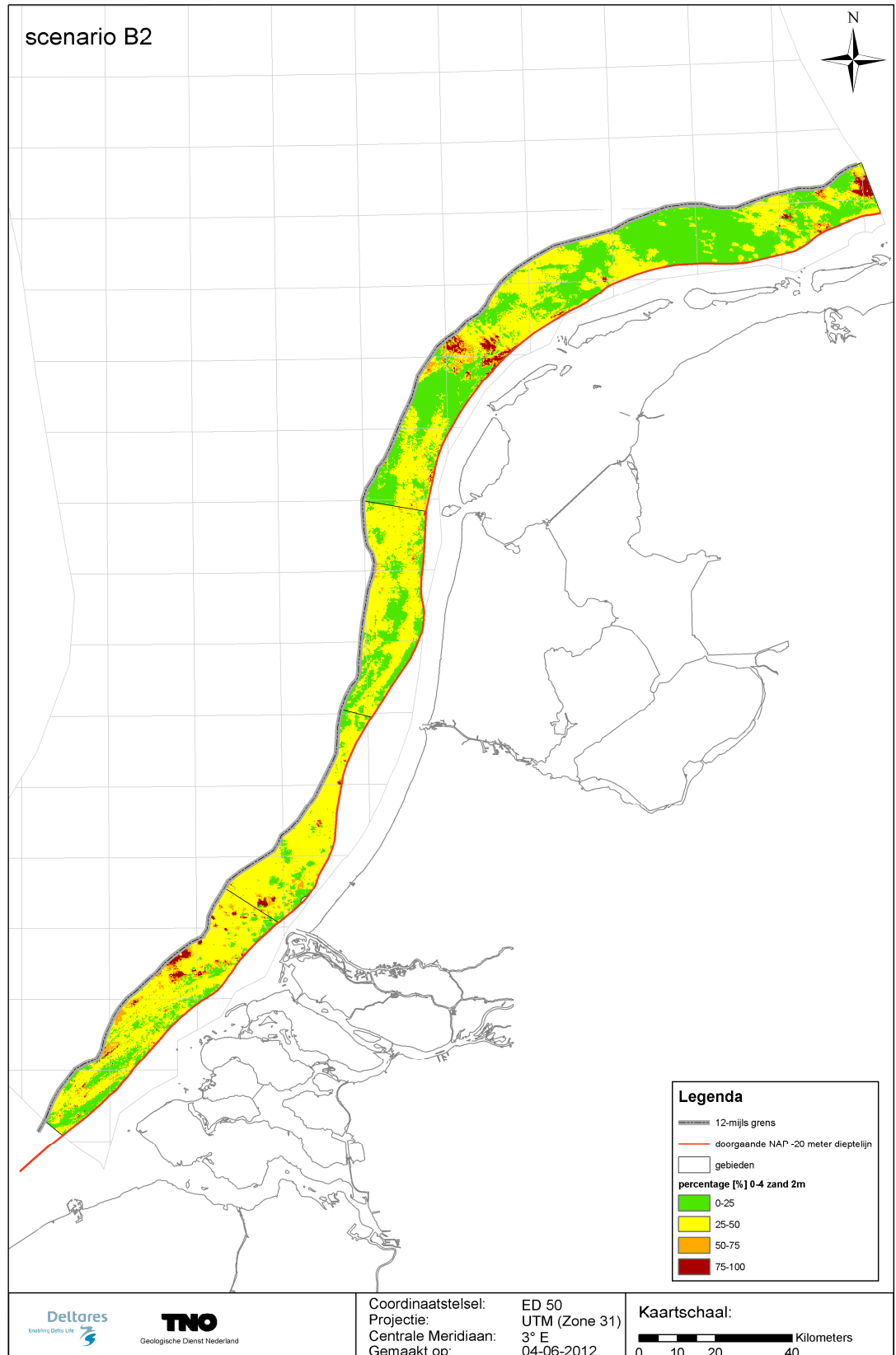
Bijlage 10d: Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m, scenario B2

Bijlage 10e: Winbare hoeveelheid zand minus winbare hoeveelheid 0-4 zand, scenario B2, tot 12m - waterbodem

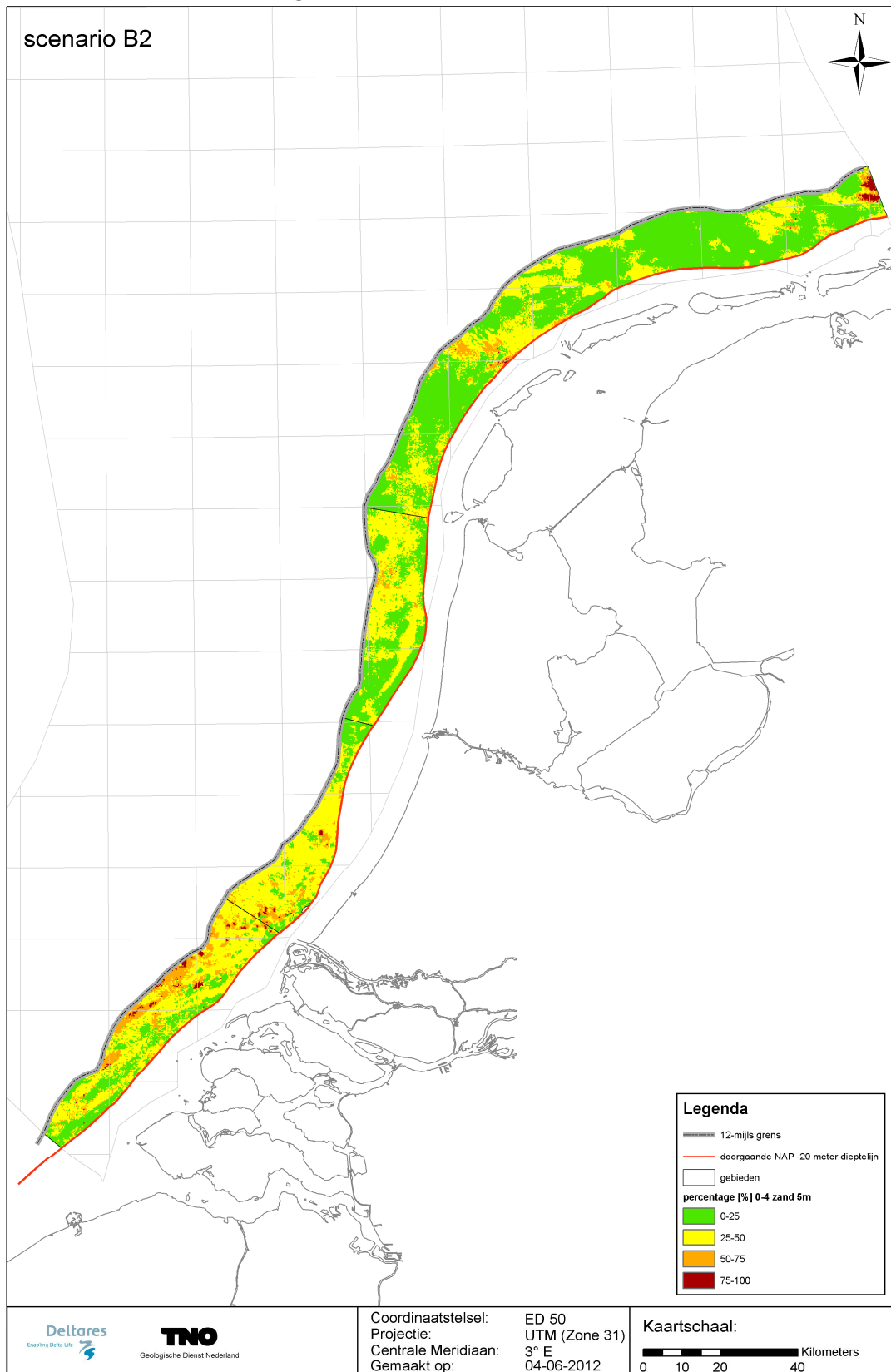
### Winbare hoeveelheid 0-4 zand



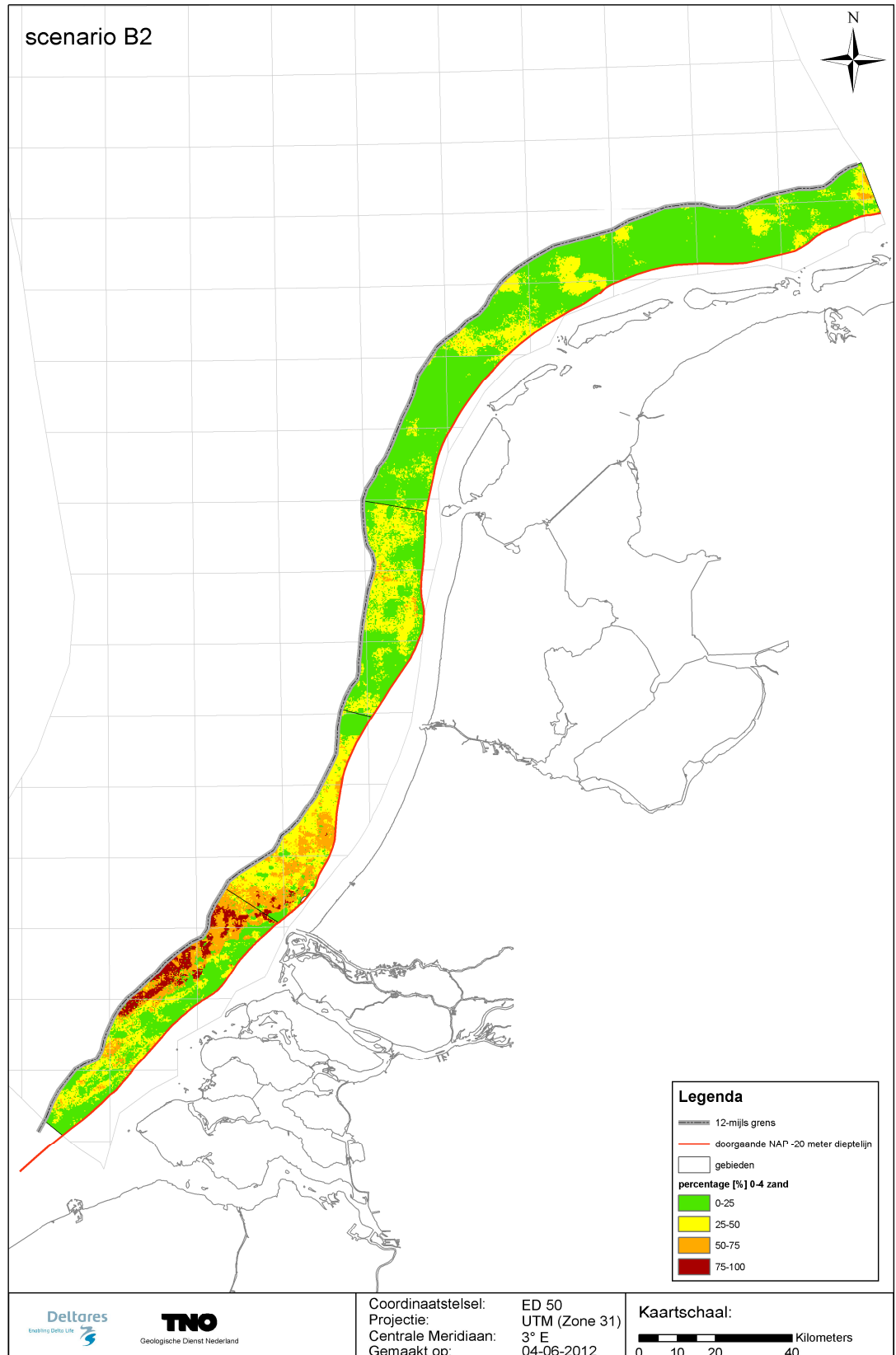
### Percentage 0-4 zand in de bovenste 2m



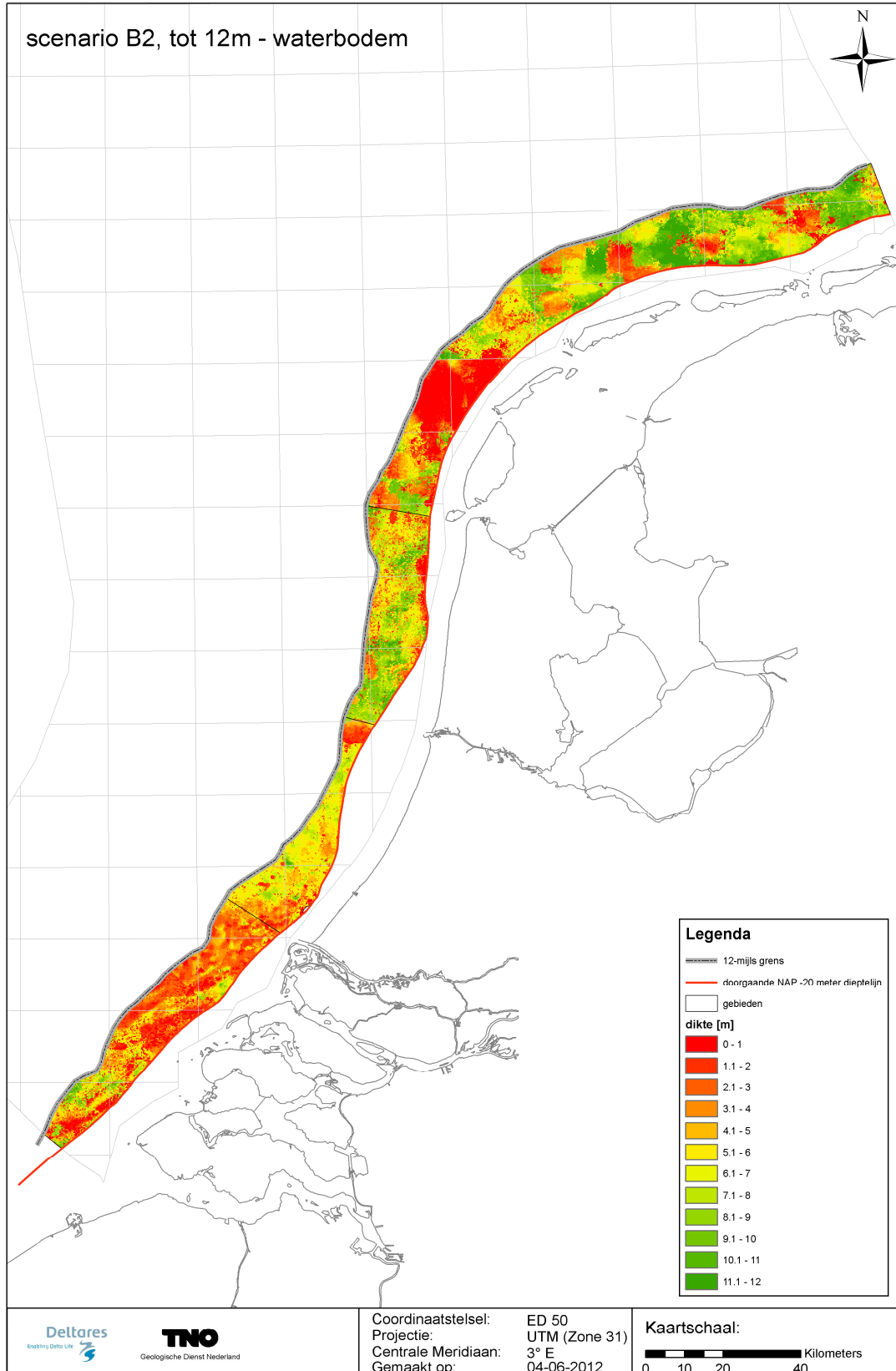
## Percentage 0-4 zand in de bovenste 5m



### Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m



## Winbare hoeveelheid zand minus winbare hoeveelheid 0-4 zand



## **K Bijlage 11a t/m bijlage 11h**

Bijlage 11a: Strafpunten boordichtheid (kennis)

Bijlage 11b: Strafpunten seismiek dichtheid (kennis)

Bijlage 11c: Strafpunten Top Holocene complexiteit (kennis)

Bijlage 11d: Strafpunten Top Pleistocene complexiteit (kennis)

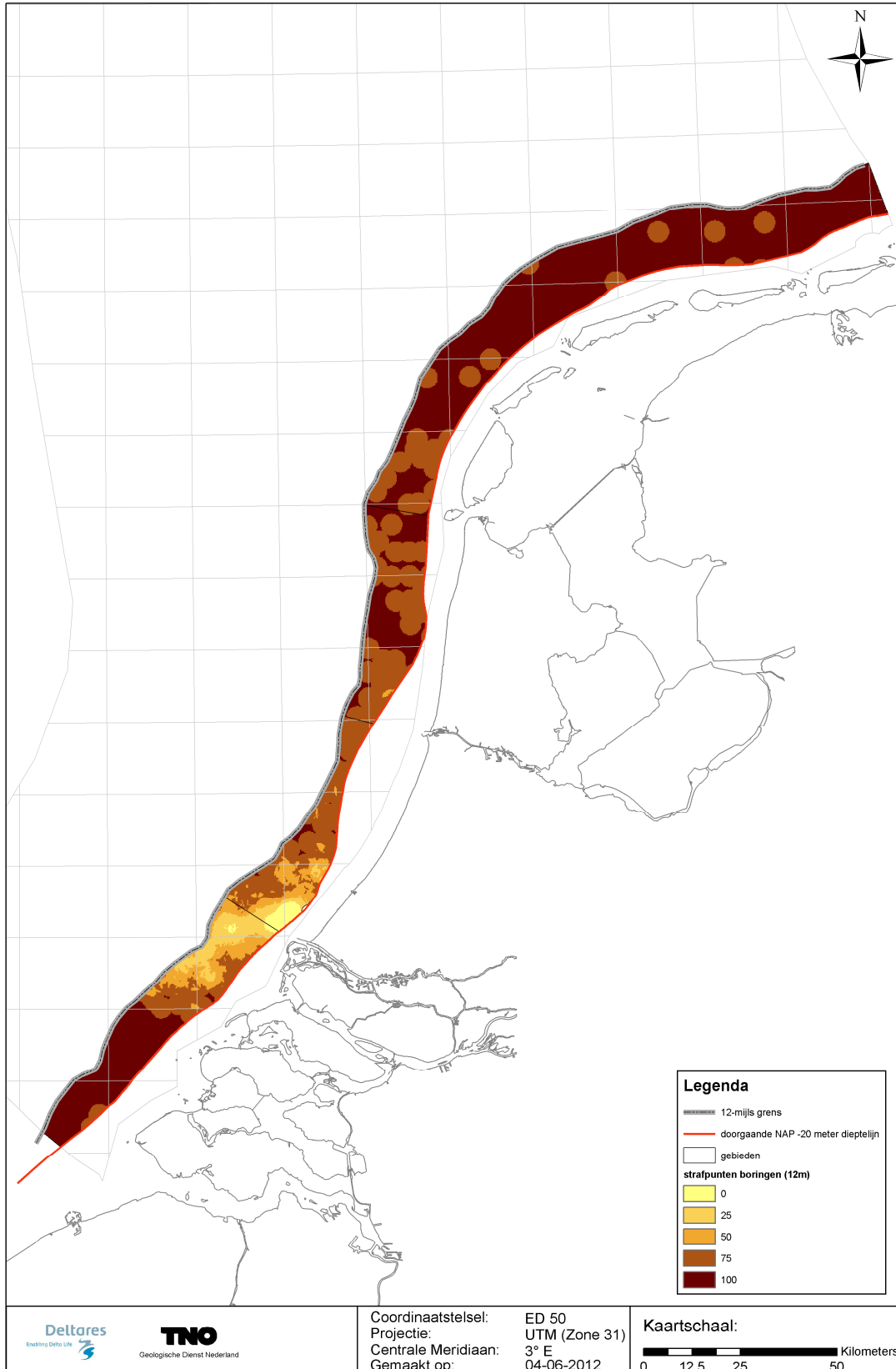
Bijlage 11e: Strafpunten aan- of afwezigheid grids van de ONL kartering (kennis)

Bijlage 11f: Strafpunten voor kennis

Bijlage 11g: Strafpunten voor zandkwaliteit (0-4 zand)

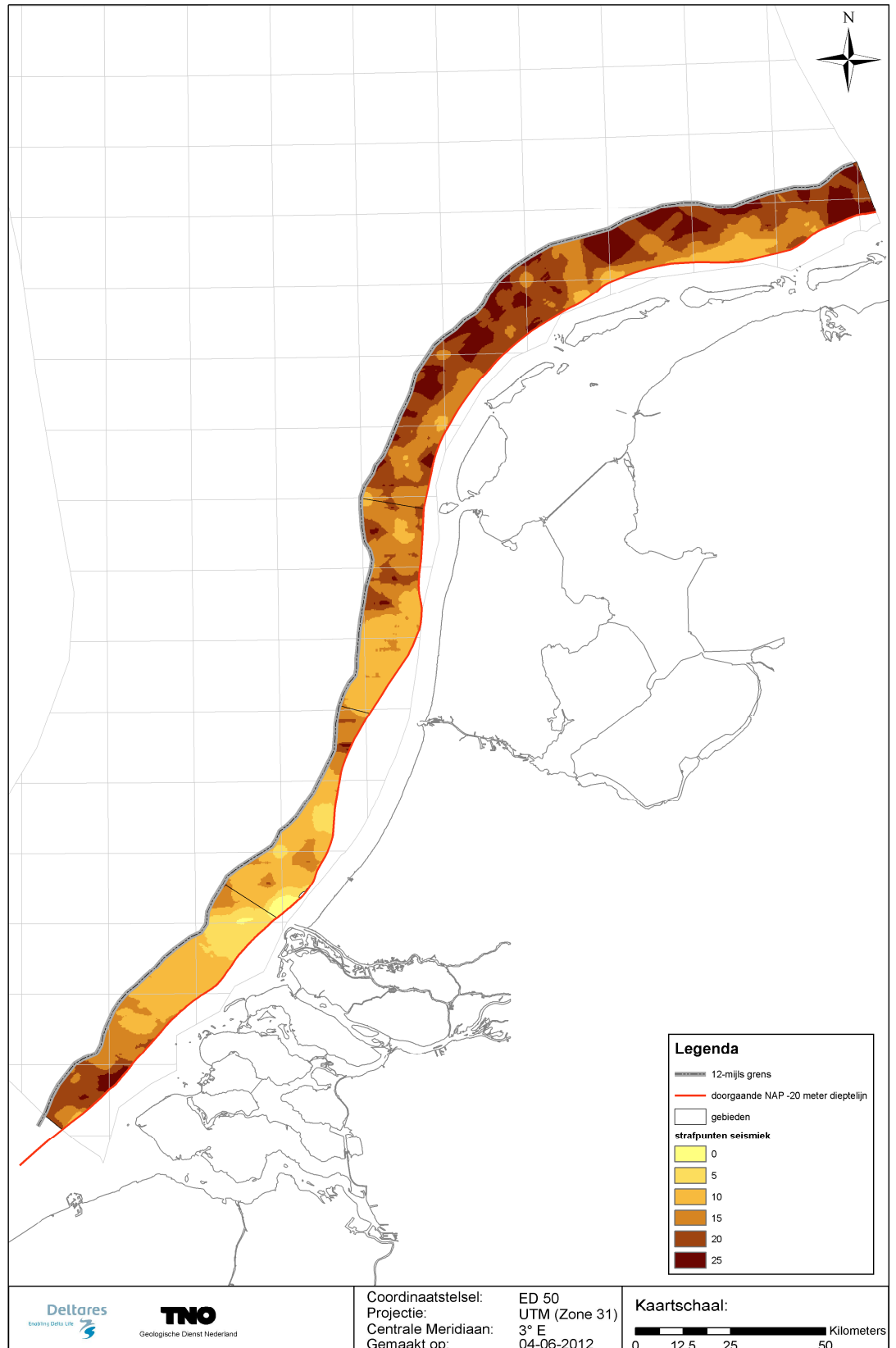
Bijlage 11h: Strafpunten voor winddiepte

## Strafpunten boordichtheid (kennis)

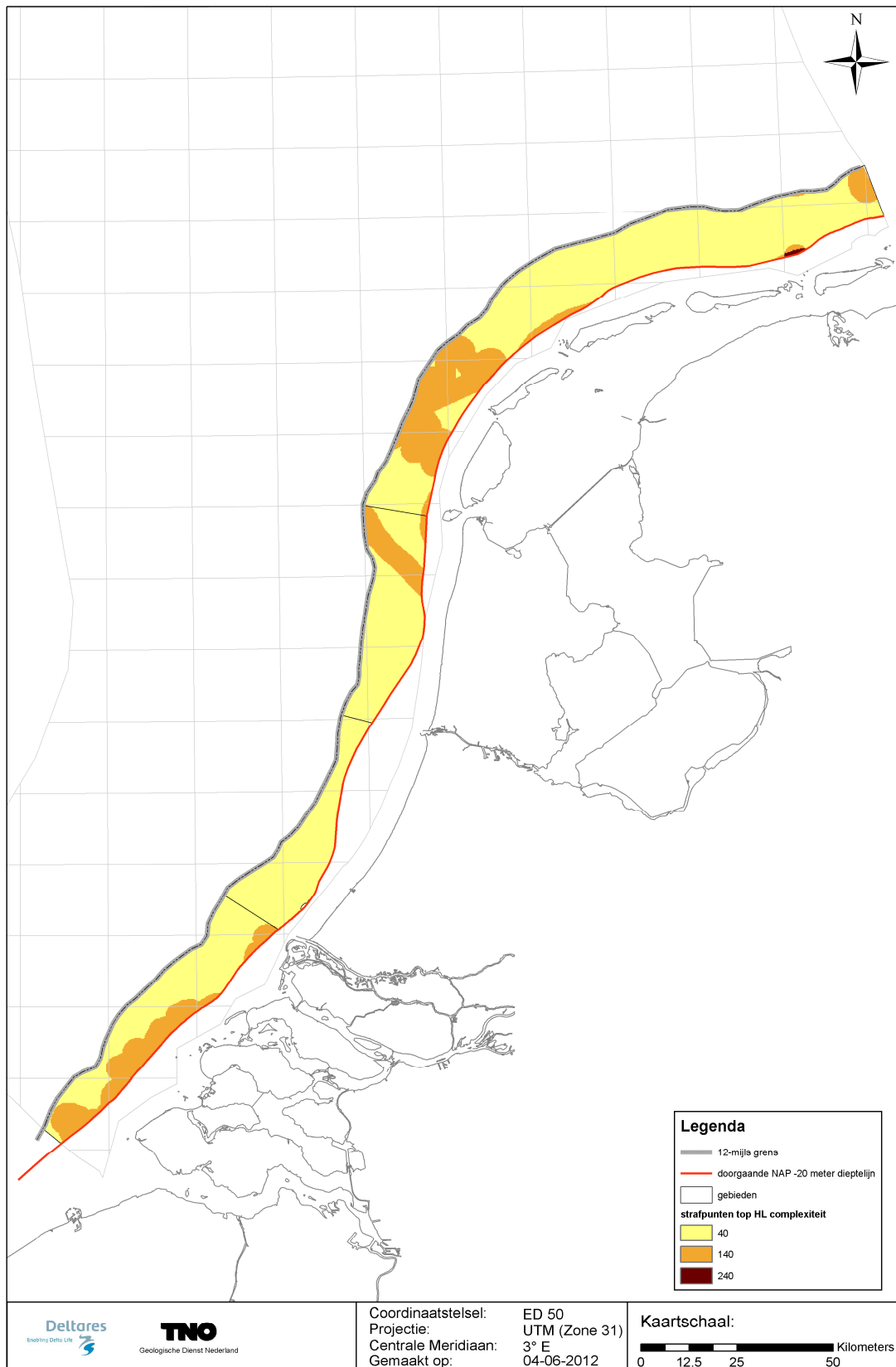




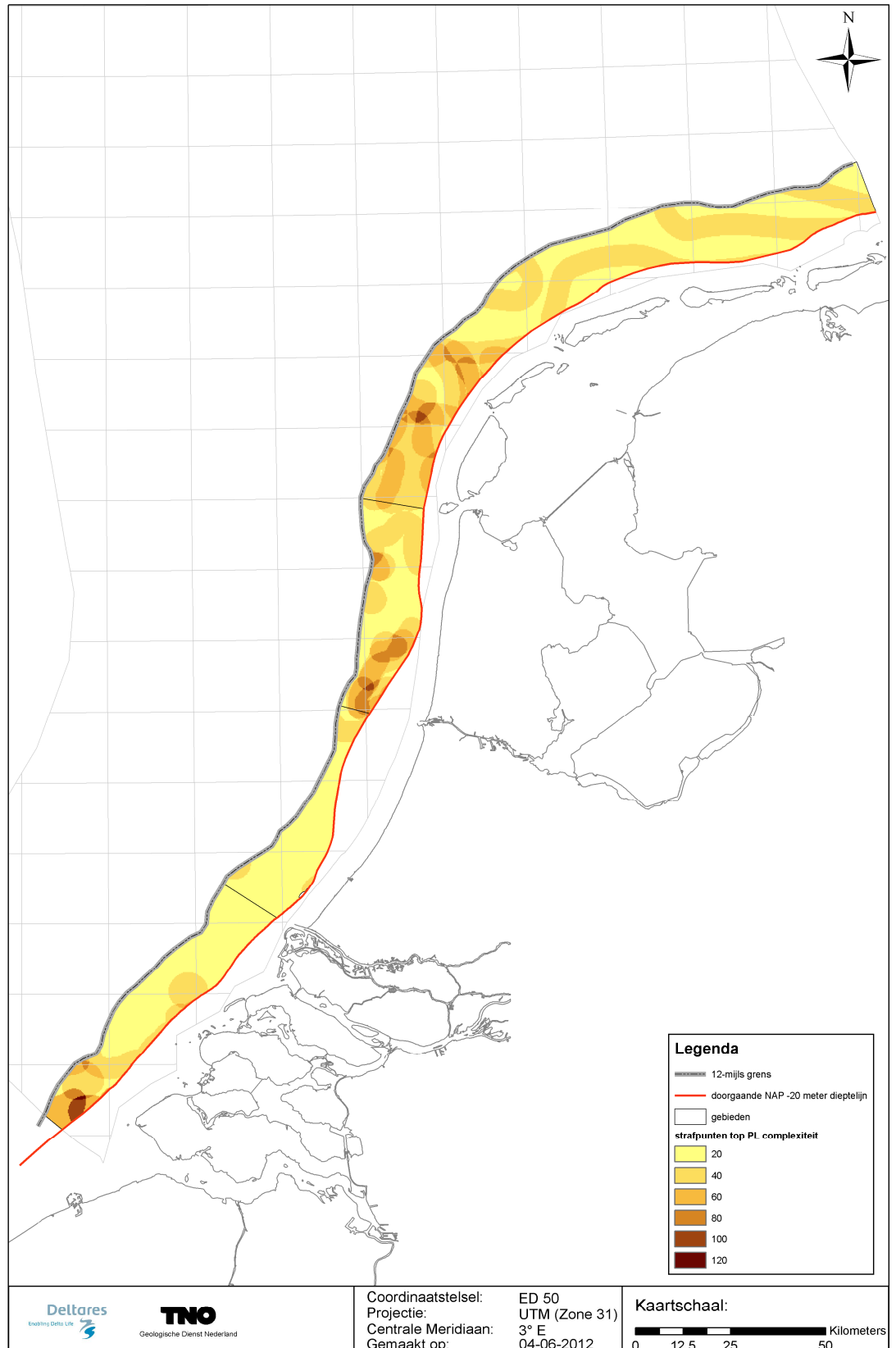
### Strafpunten seismiek dichtheid (kennis)



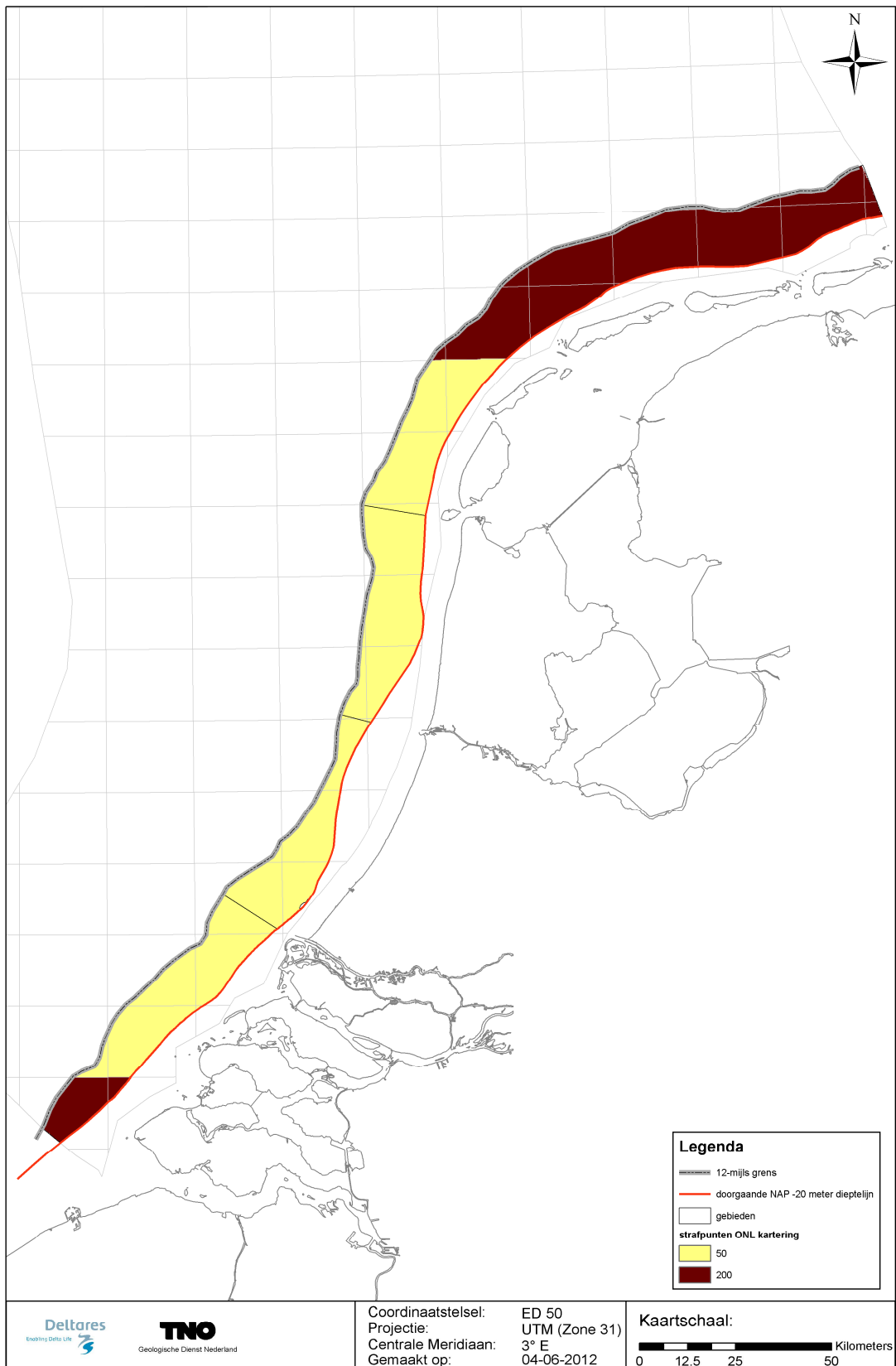
## Strafpunten Top Holocene complexiteit (kennis)



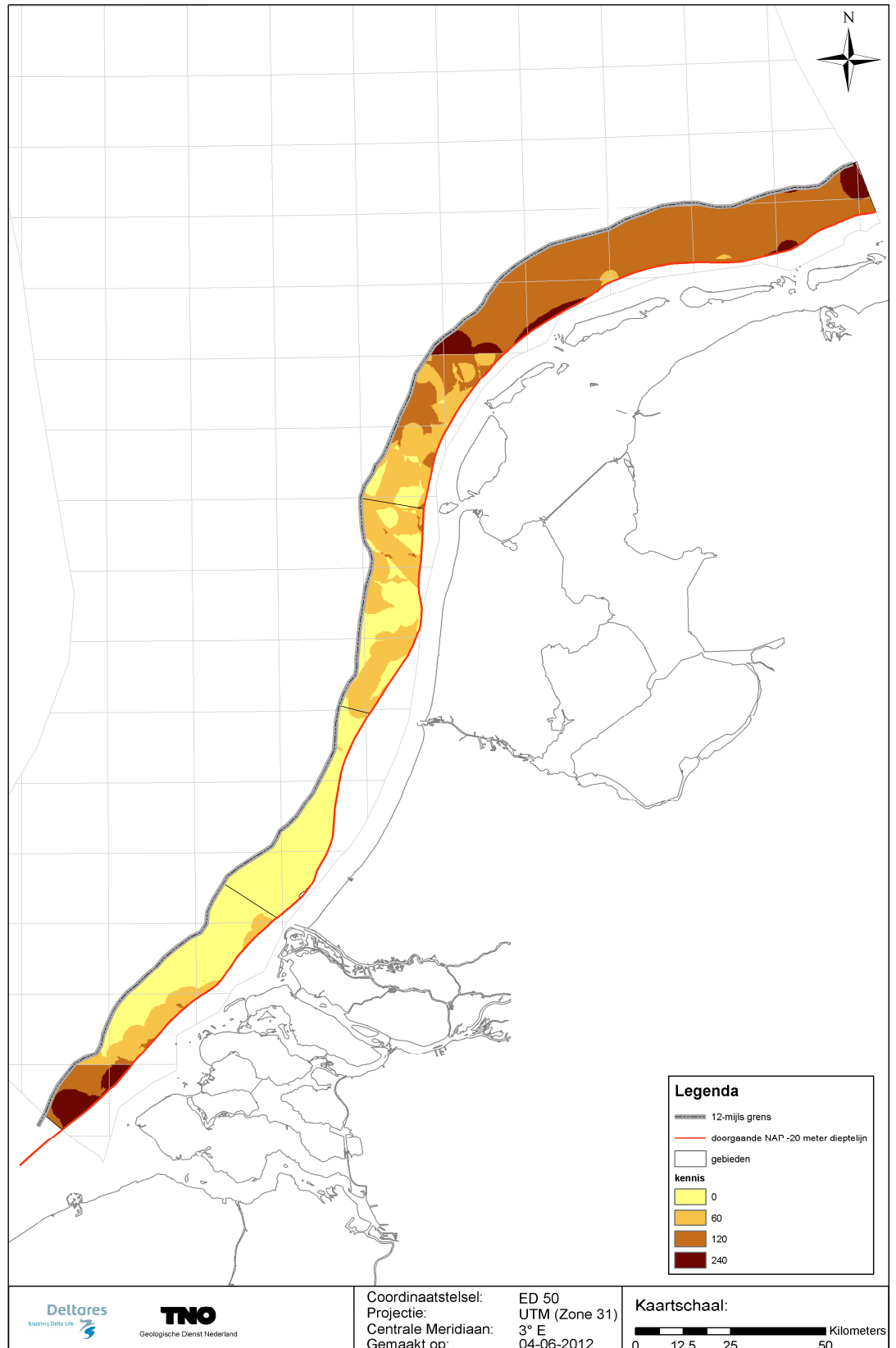
### Strafpunten Top Pleistocene complexiteit (kennis)



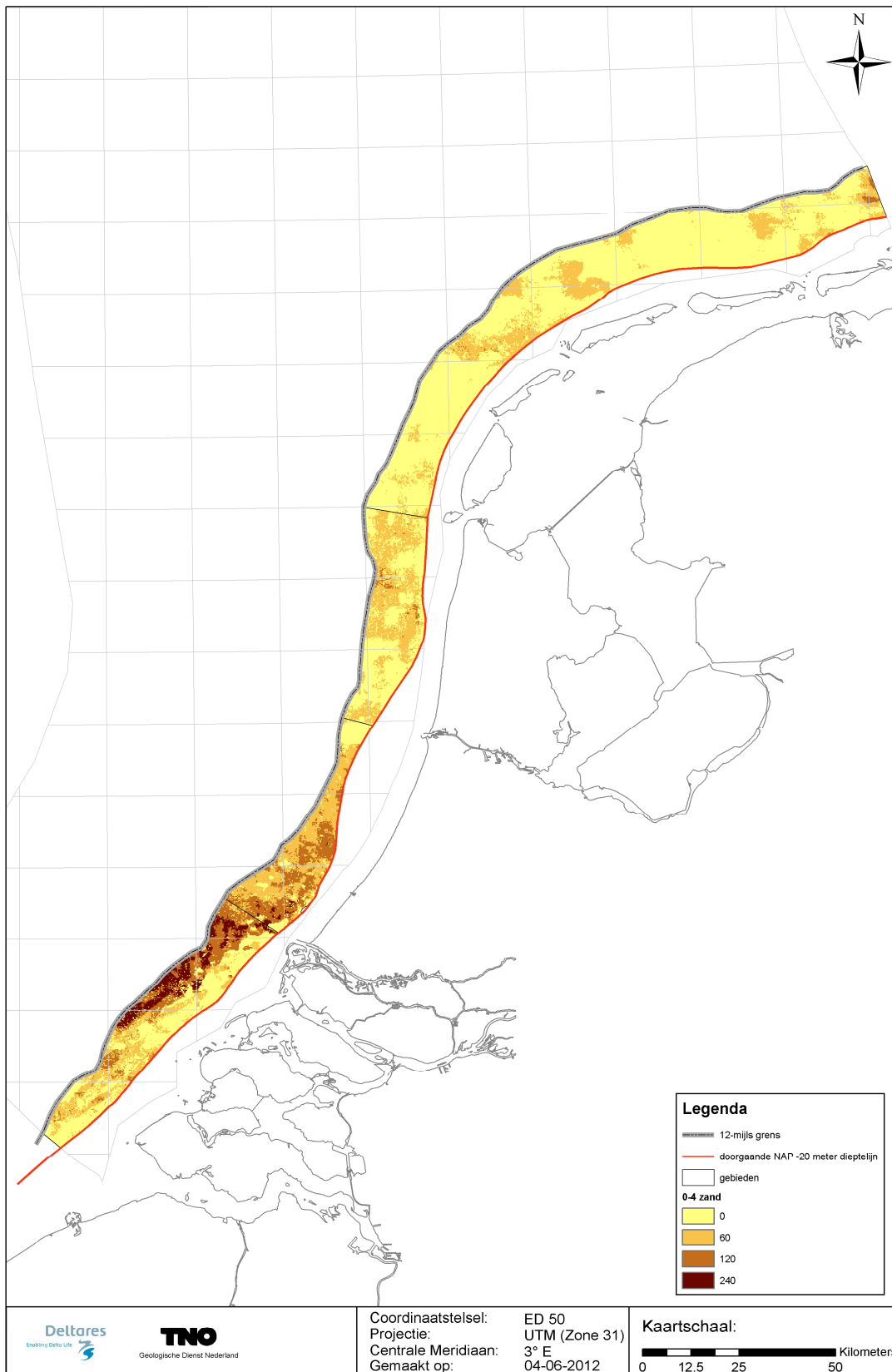
## Strafpunten aan- of afwezigheid grids van de ONL kartering (kennis)



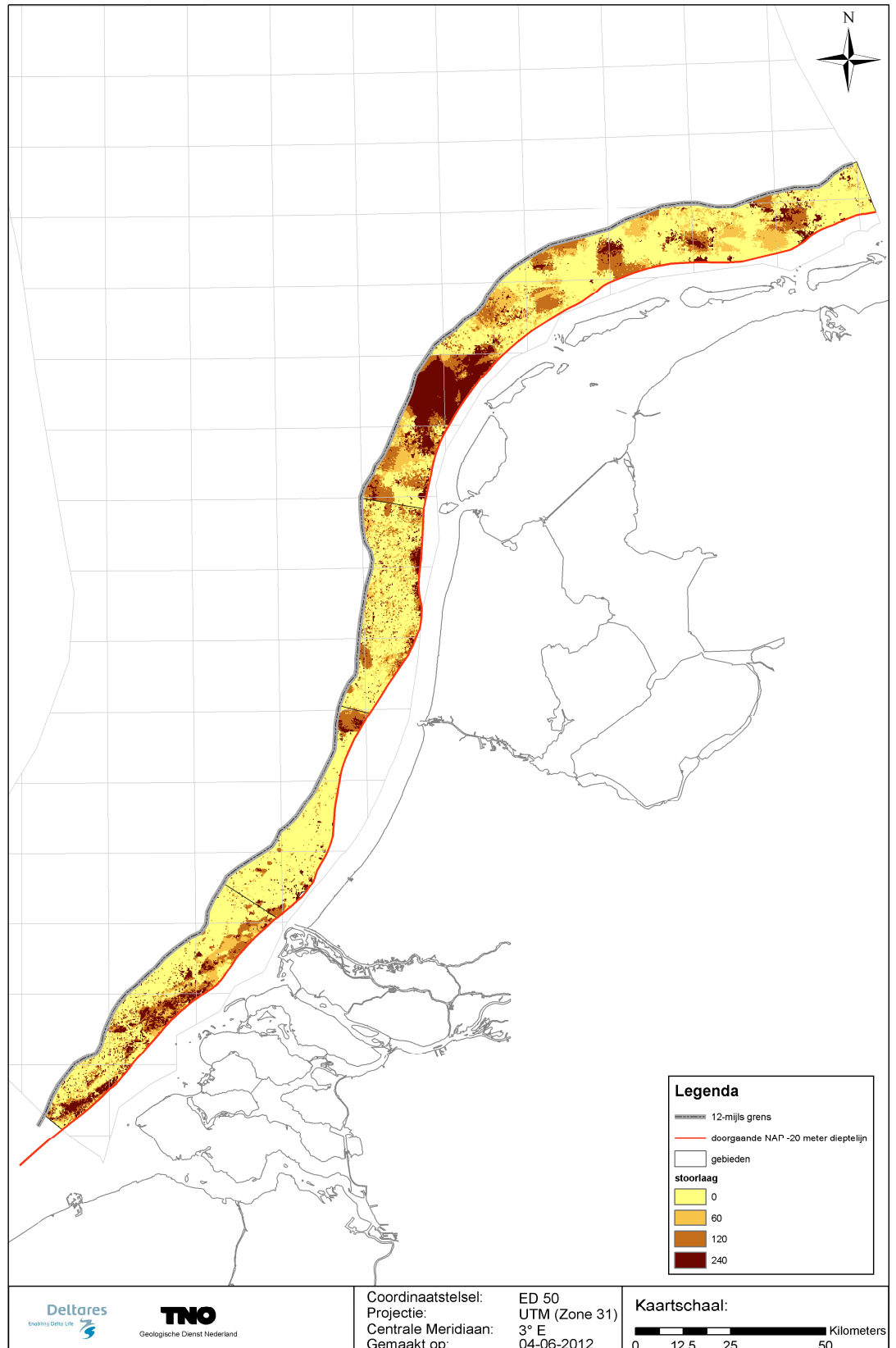
### Strafpunten voor kennis



## Strafpunten voor zandkwaliteit (0-4 zand)



### Strafpunten voor winddiepte





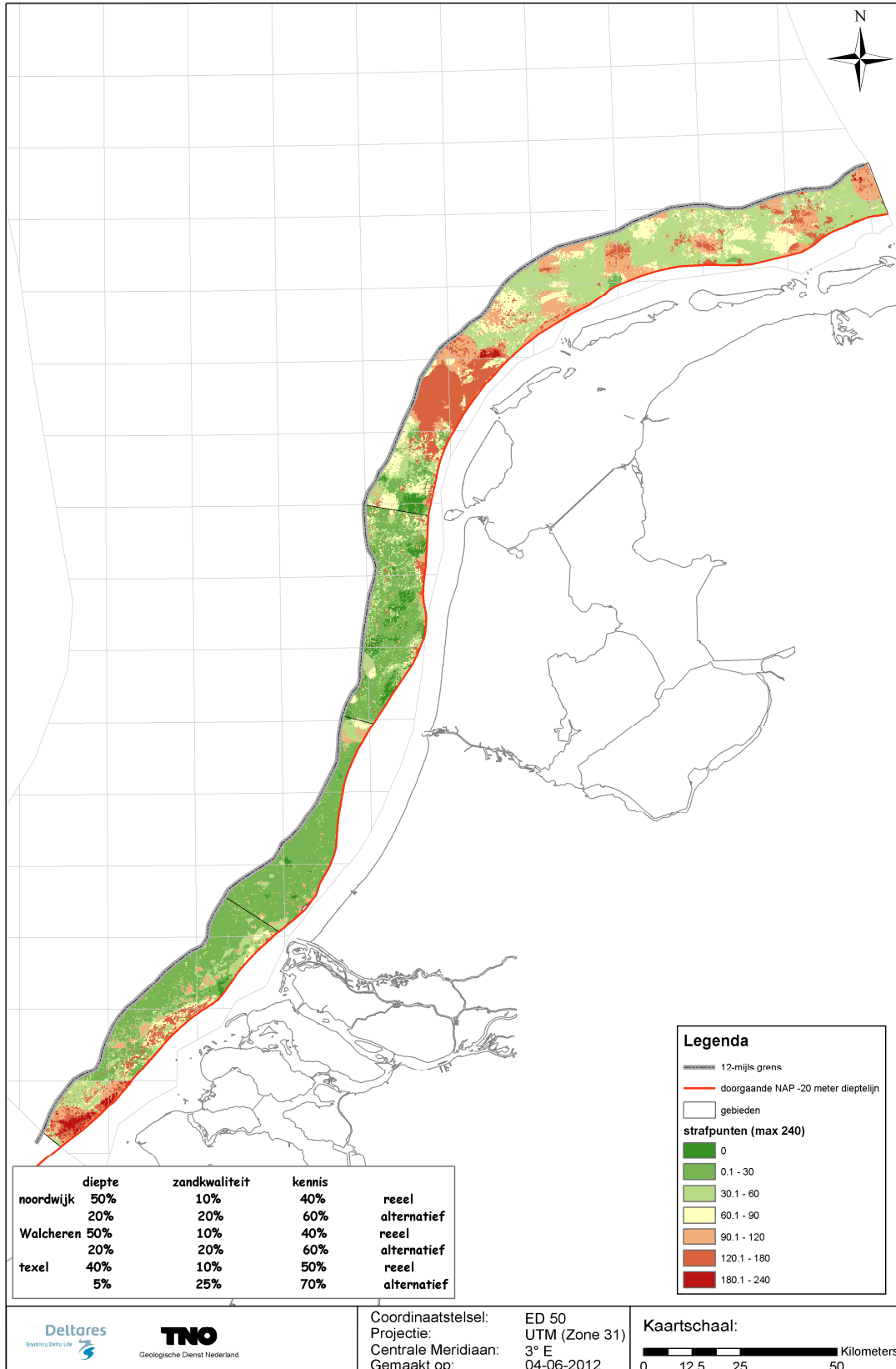


## **L Bijlage 12a en 12b**

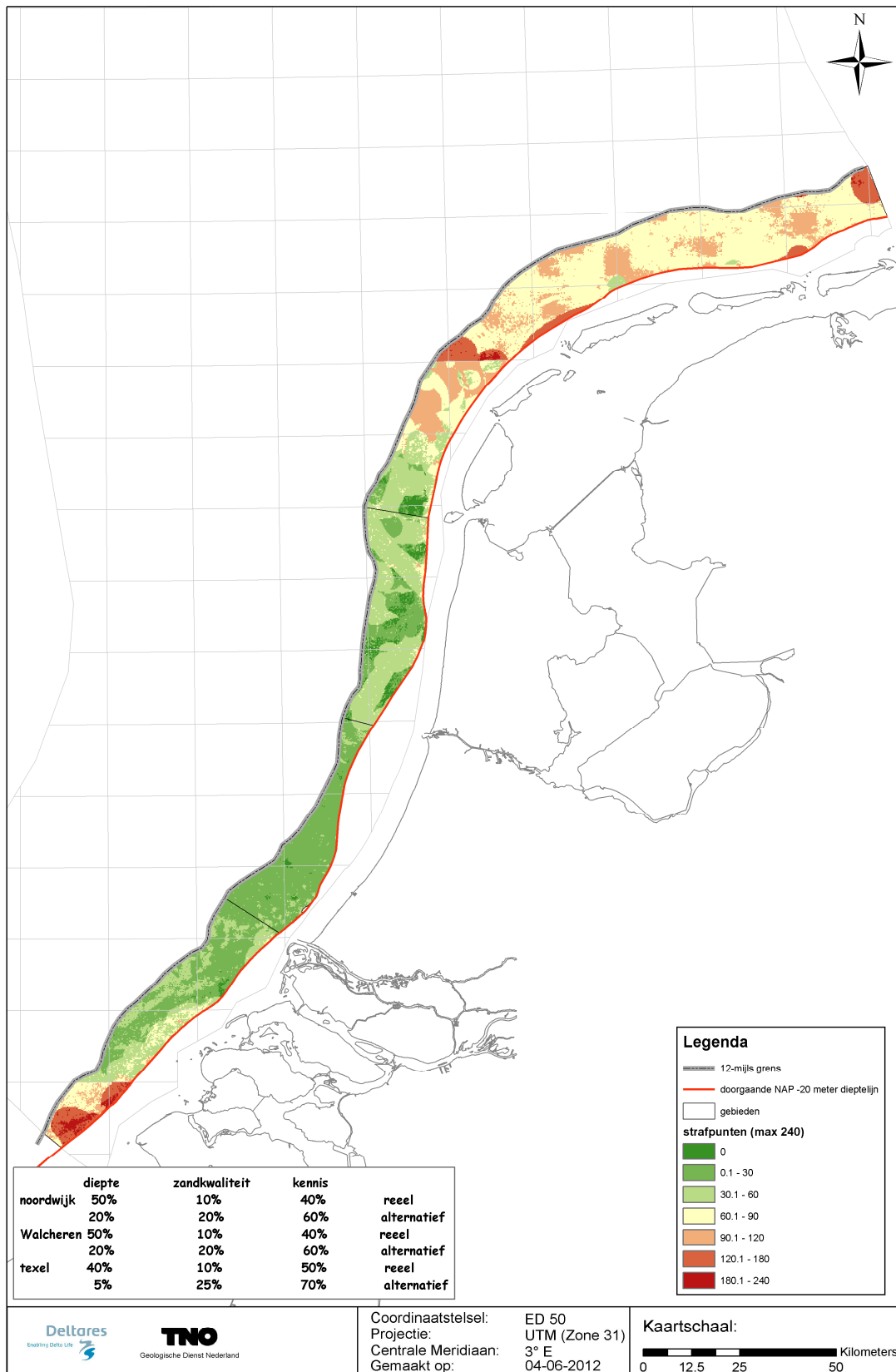
Bijlage 12a: Strafpuntenkaart: reëel scenario Noordwijk en Walcheren

Bijlage 12b: Strafpuntenkaart: alternatief scenario Noordwijk en Walcheren

## Strafpuntenkaart: reëel scenario Noordwijk en Walcheren



### Strafpuntenkaart: alternatief scenario Noordwijk en Walcheren



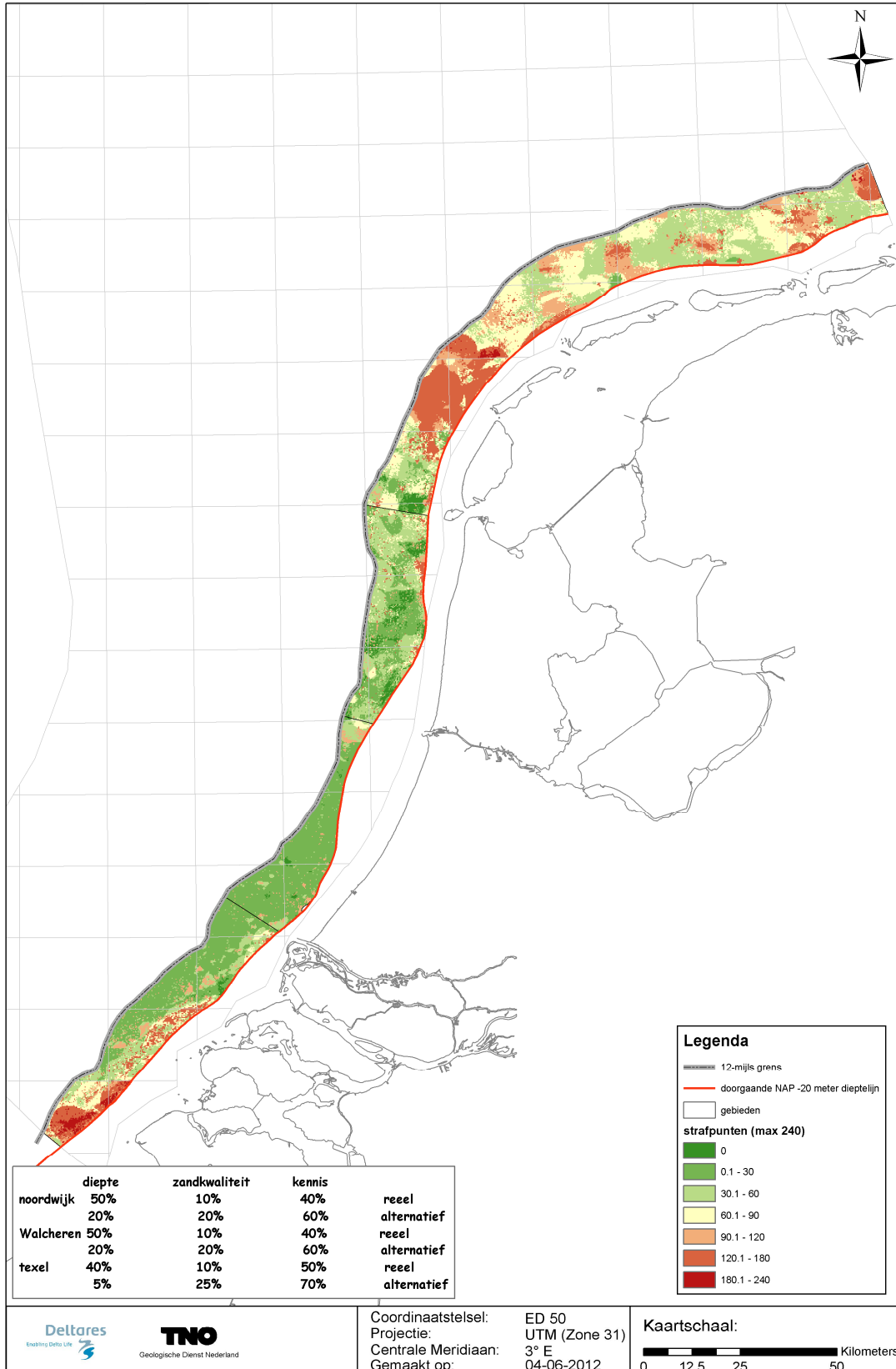


## **M Bijlage 13a en 13b**

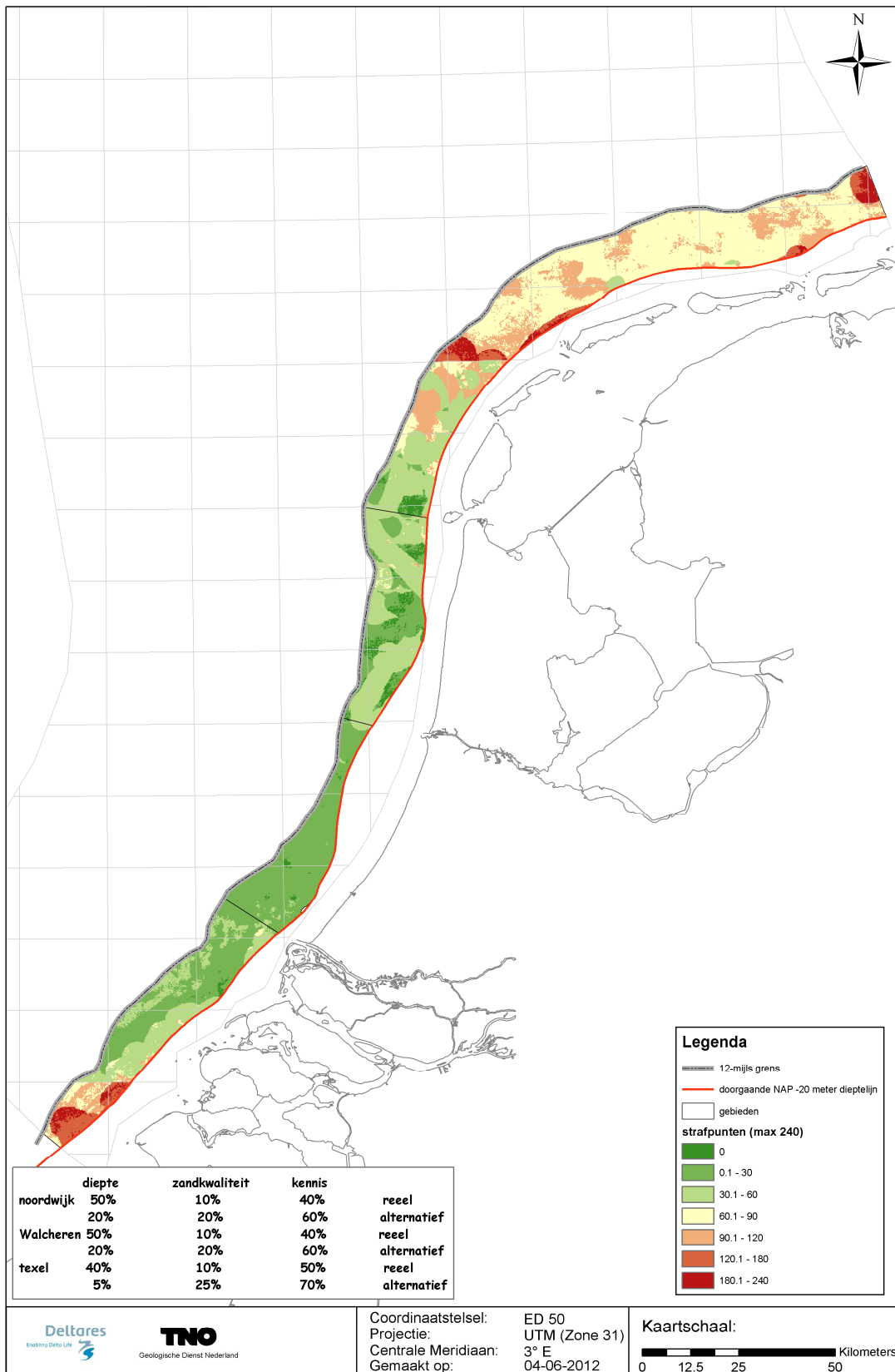
Bijlage 13a: Strafpuntenkaart: reëel scenario Texelse stenen

Bijlage 13b: Strafpuntenkaart: alternatief scenario Texelse stenen

## Strafpuntenkaart: reëel scenario Texelse stenen



### Strafpuntenkaart: alternatief scenario Texelse stenen







## **N Bijlage 14a t/m 14g**

Bijlage 14a: Boordichtheid, Noordwijk

Bijlage 14b: Seismiek dichtheid, Noordwijk

Bijlage 14c: Top Holocene complexiteit, Noordwijk

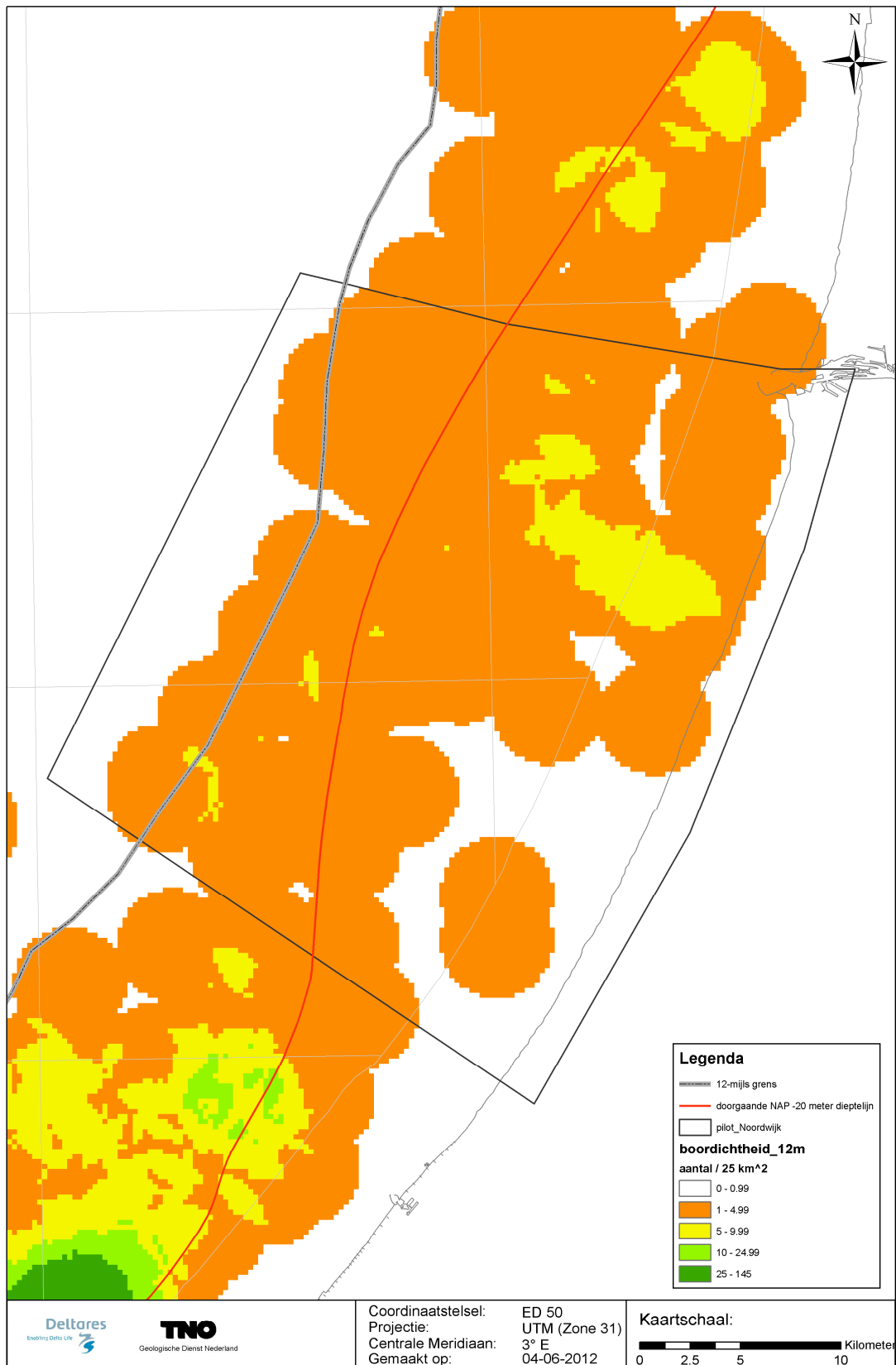
Bijlage 14d: Top Pleistocene complexiteit, Noordwijk

Bijlage 14e: Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal, Noordwijk

Bijlage 14f: Top van de stoorlaag (scenario B2) in de bovenste 12m, Noordwijk

Bijlage 14g: Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m, Noordwijk

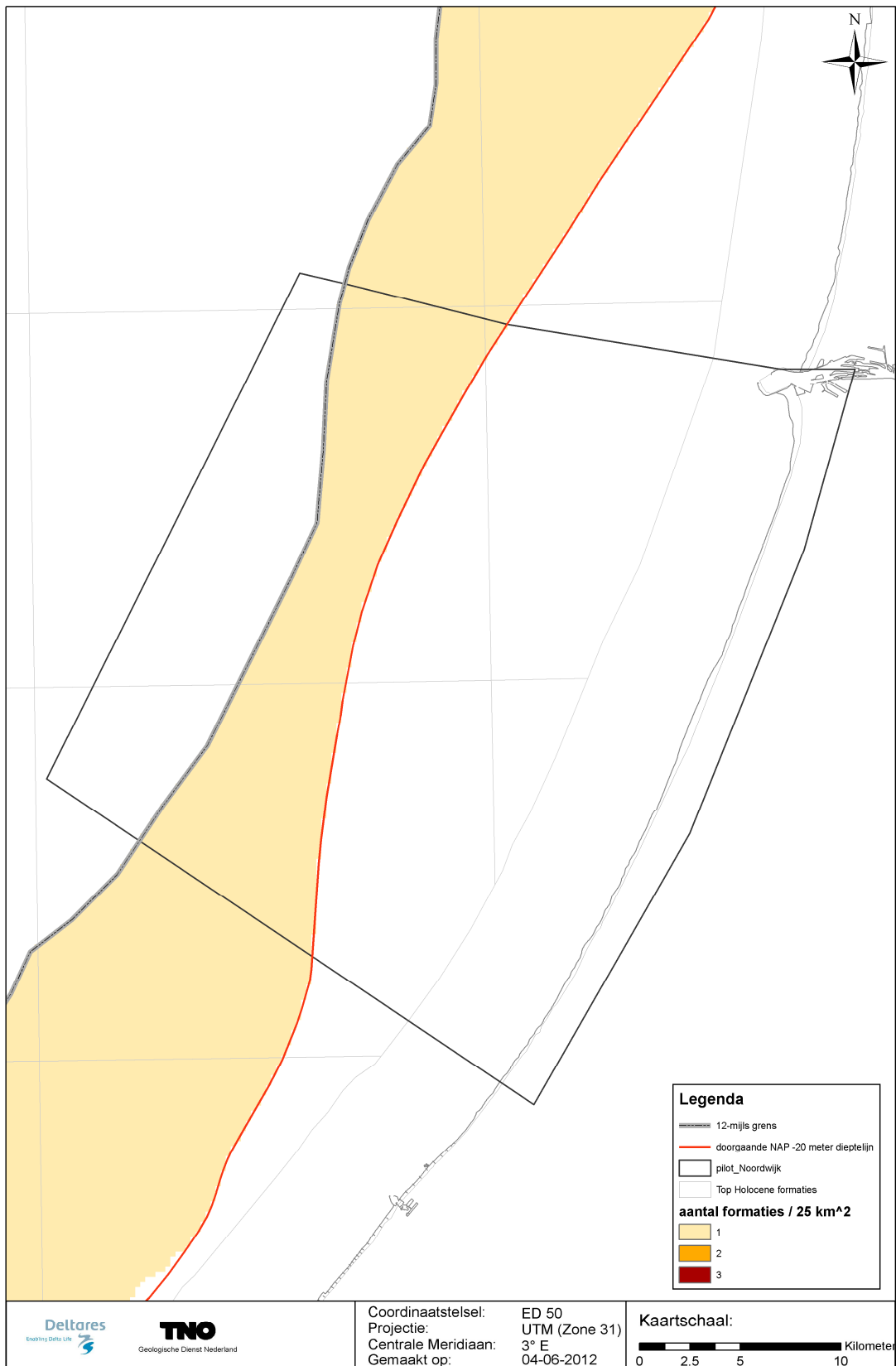
## Boordichtheid Noordwijk



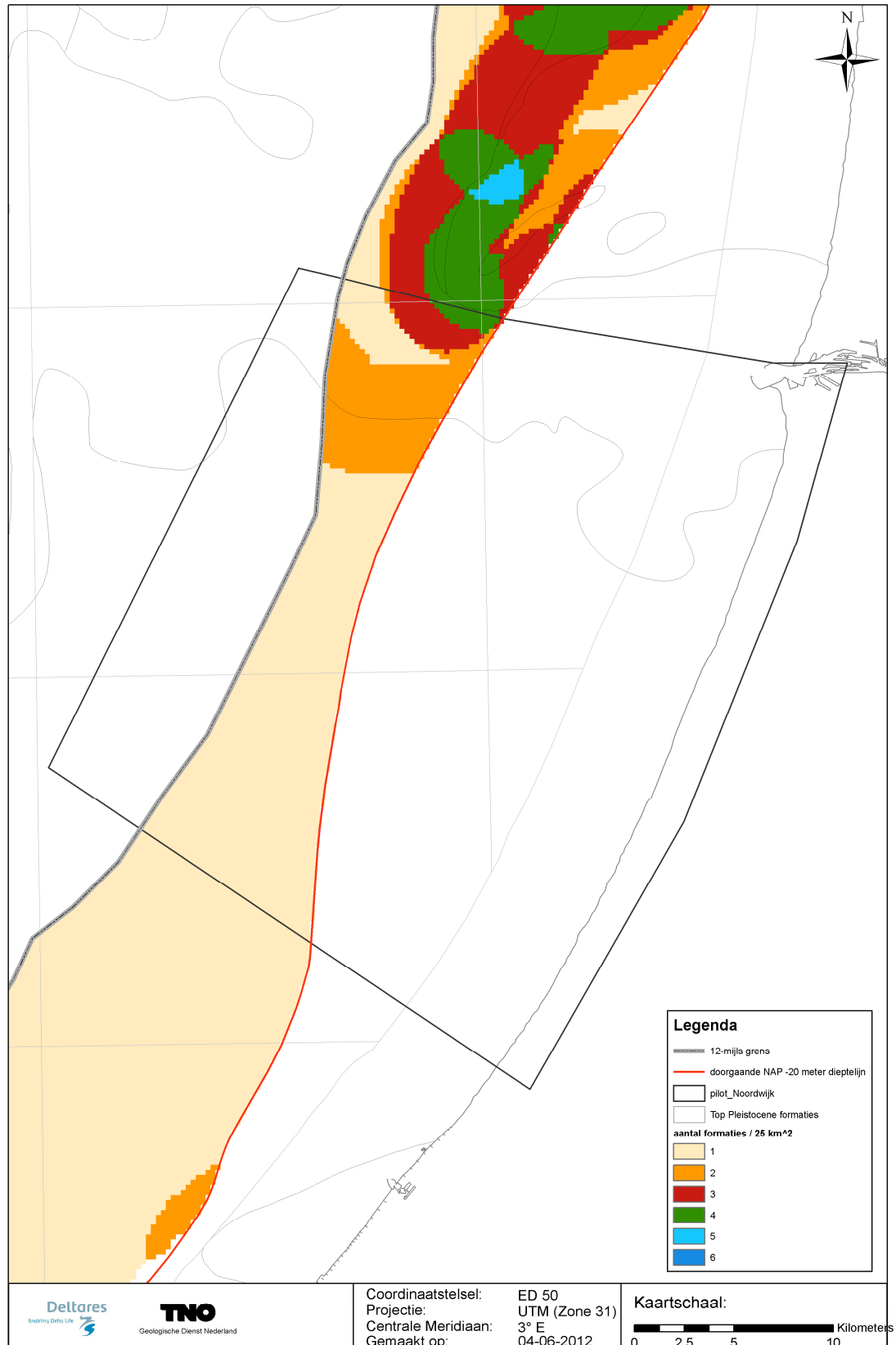
### Seismiek dichtheid Noordwijk



## Top Holocene complexiteit Noordwijk



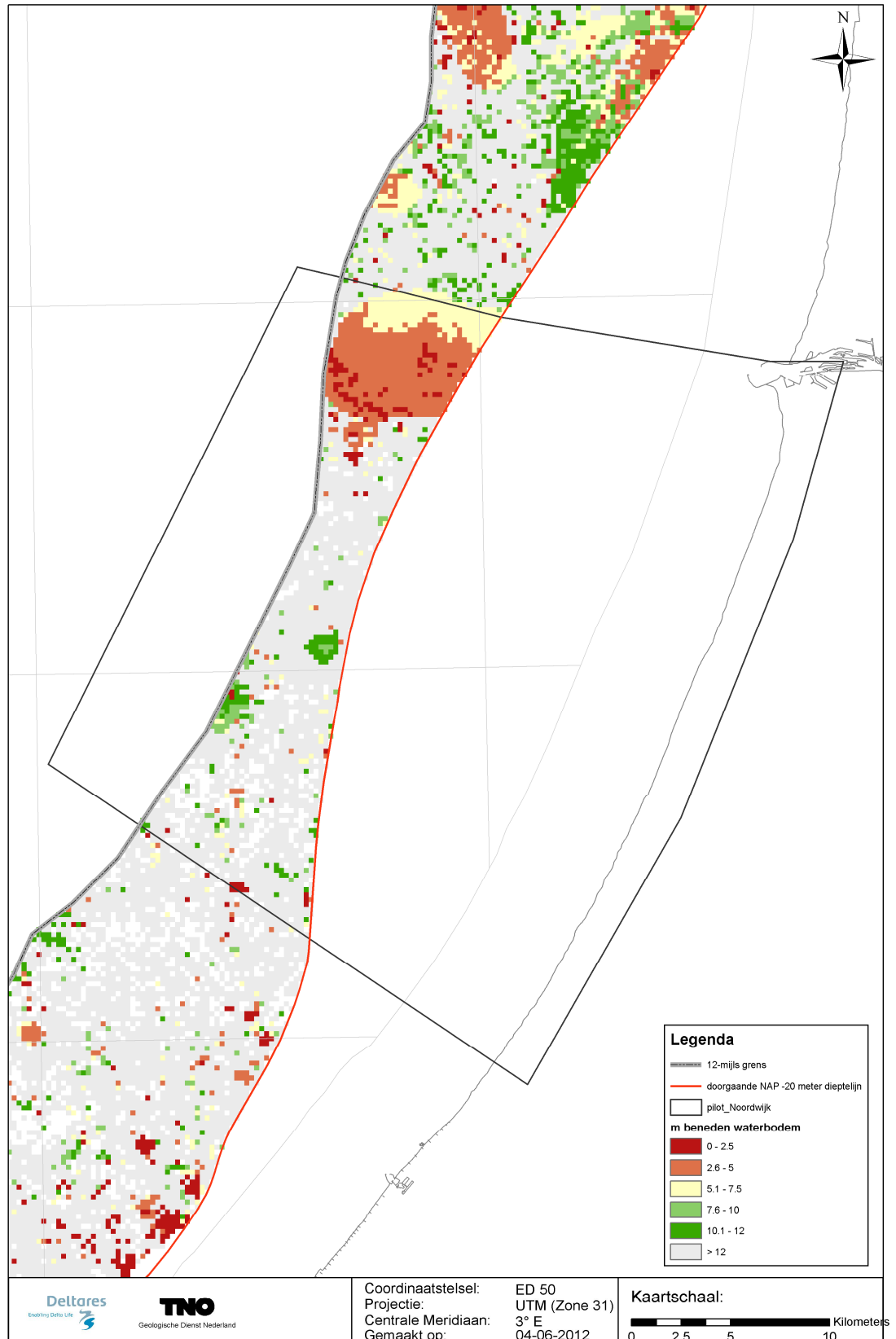
### Top Pleistocene complexiteit Noordwijk



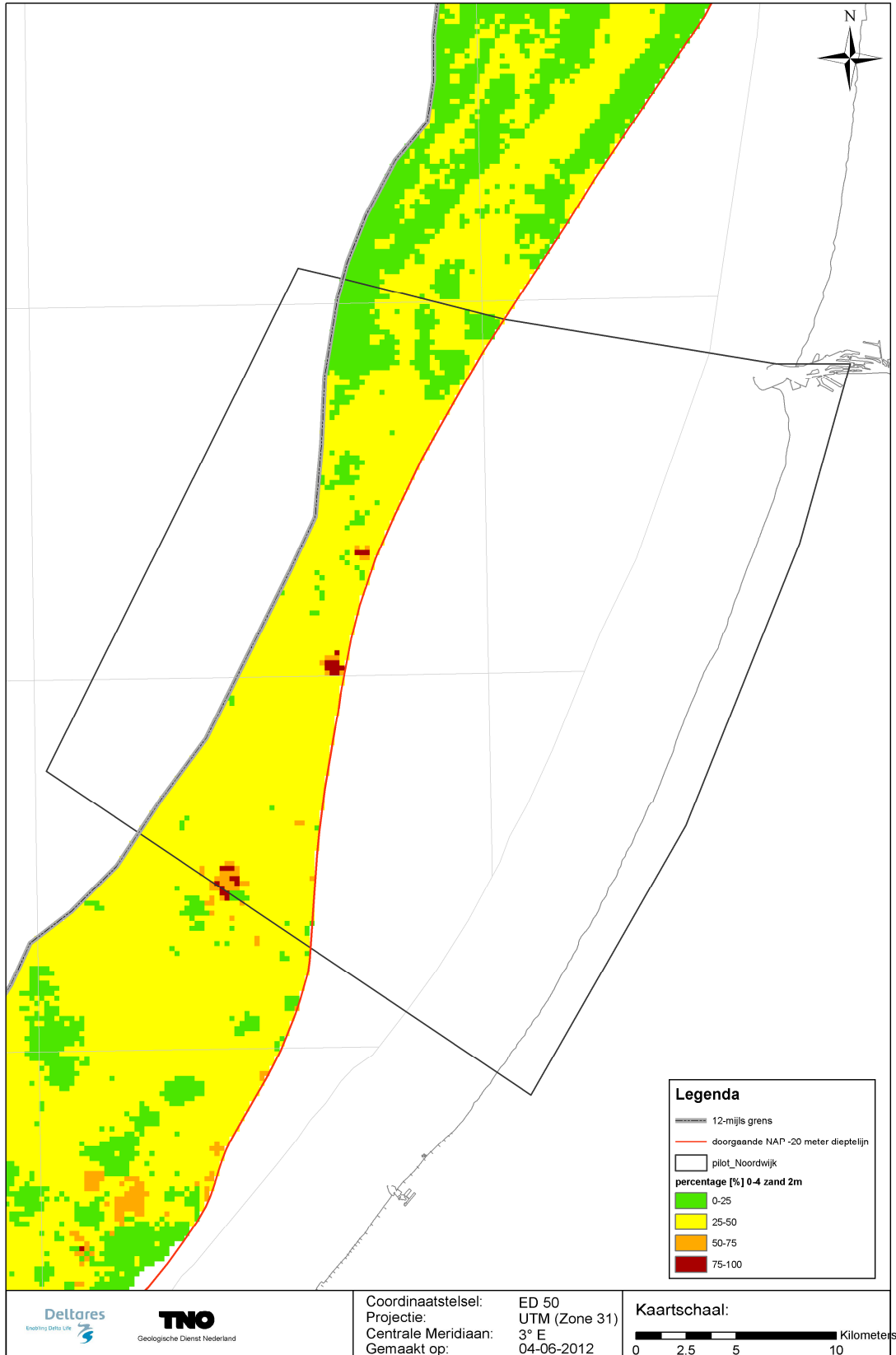
## Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal, Noordwijk



Top van de stoorlaag (scenario B2) in de bovenste 12m, Noordwijk



## Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m, Noordwijk

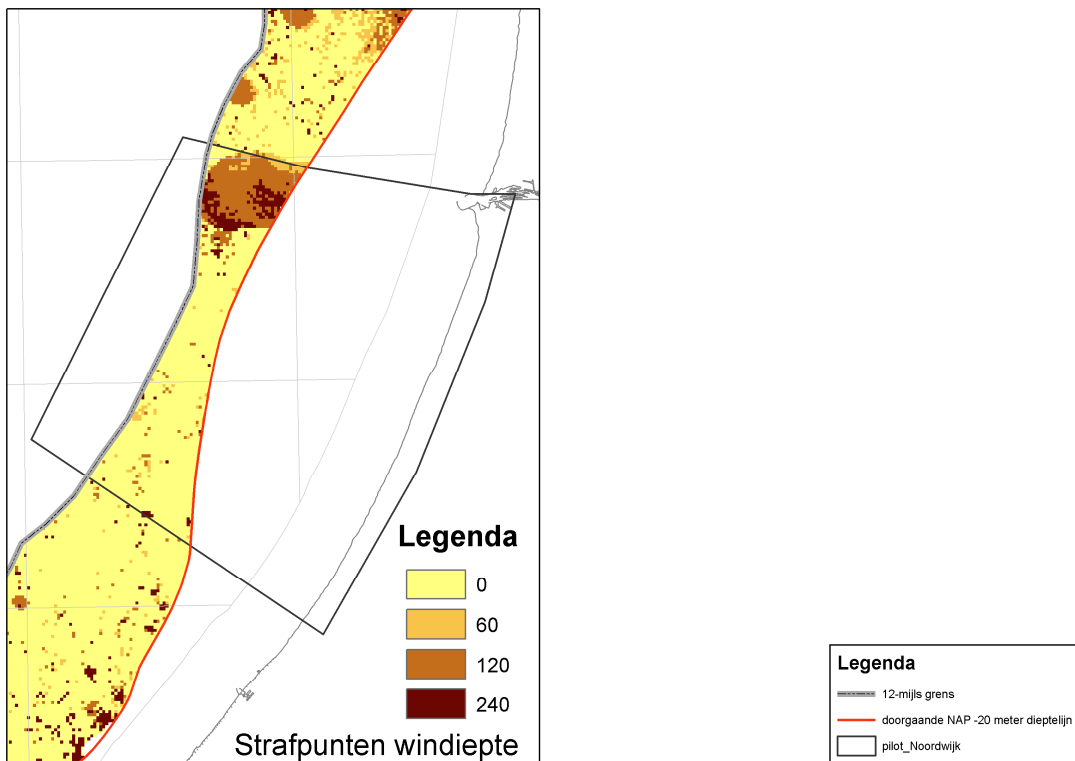
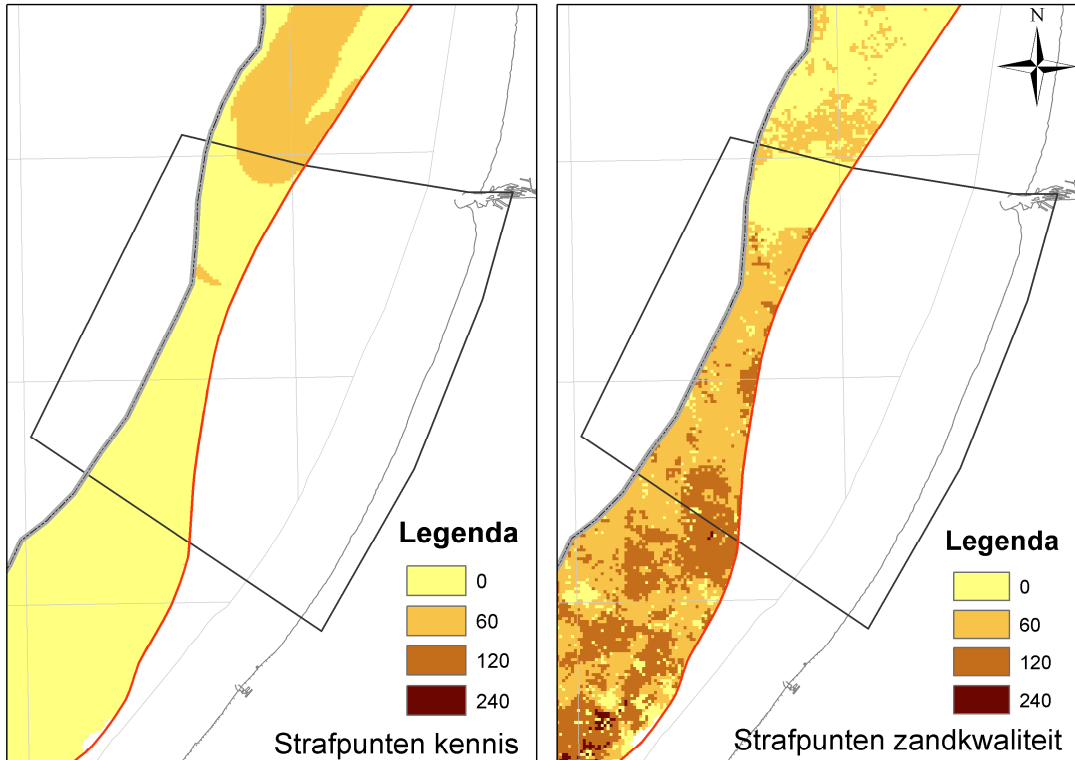




## **O Bijlage 15**

Bijlage 15: Strafpunten Noordwijk

## Strafpunten Noordwijk



  Geologische Dienst Nederland	Coördinaatsstelsel: ED 50 Projectie: UTM (Zone 31) Centrale Meridiaan: 3° E Gemaakt op: 04-06-2012	Kaartschaal:  0 4 8 16 Kilometers
--------------------------------------	---	---

## **P Bijlage 16a t/m 16d**

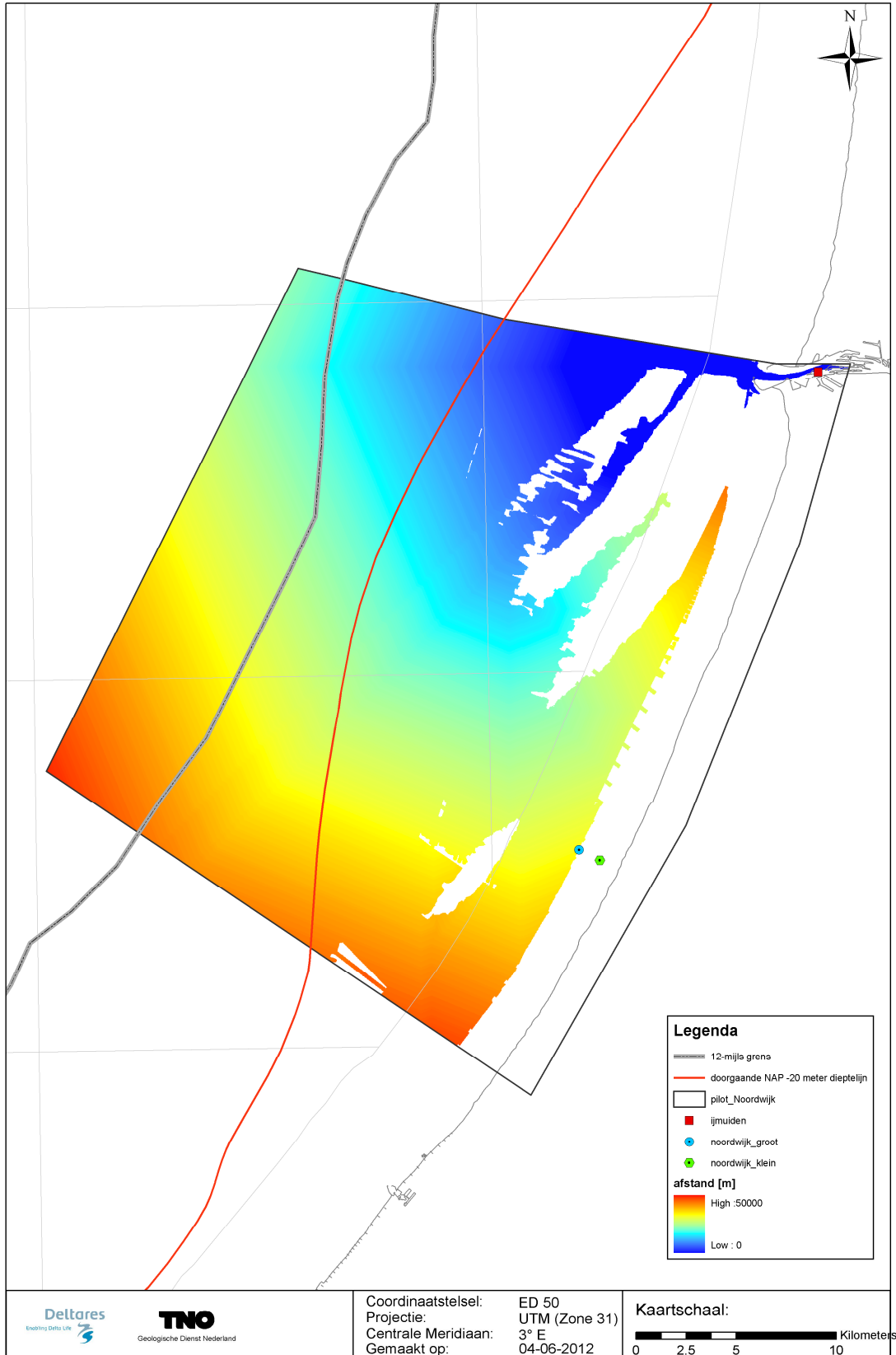
Bijlage 16a: Vaarafstand vanaf IJmuiden met grote schepen

Bijlage 16b: Vaarafstand vanaf IJmuiden met kleine schepen

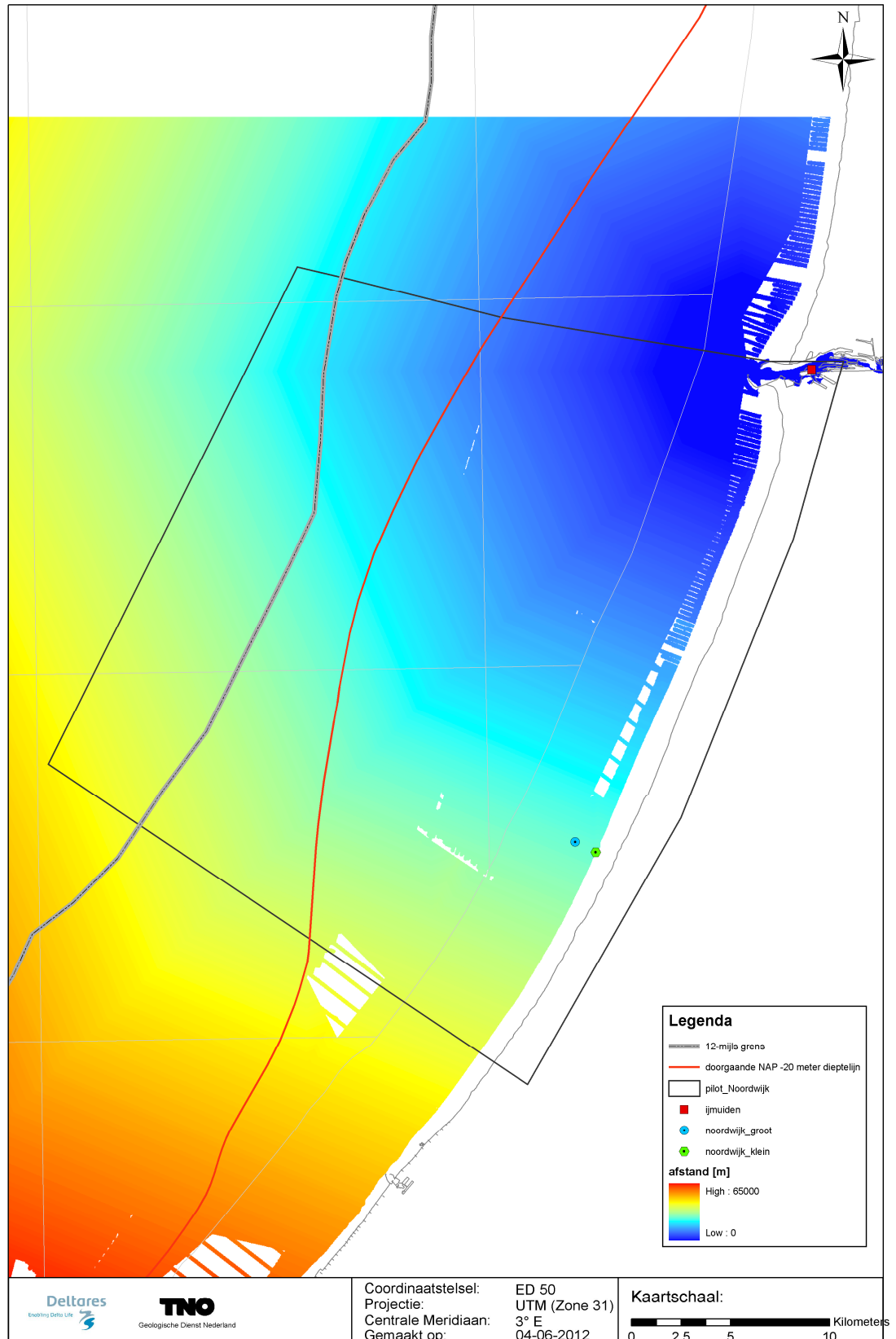
Bijlage 16c: Vaarafstand vanaf Noordwijk met grote schepen

Bijlage 16d: Vaarafstand vanaf Noordwijk met kleine schepen

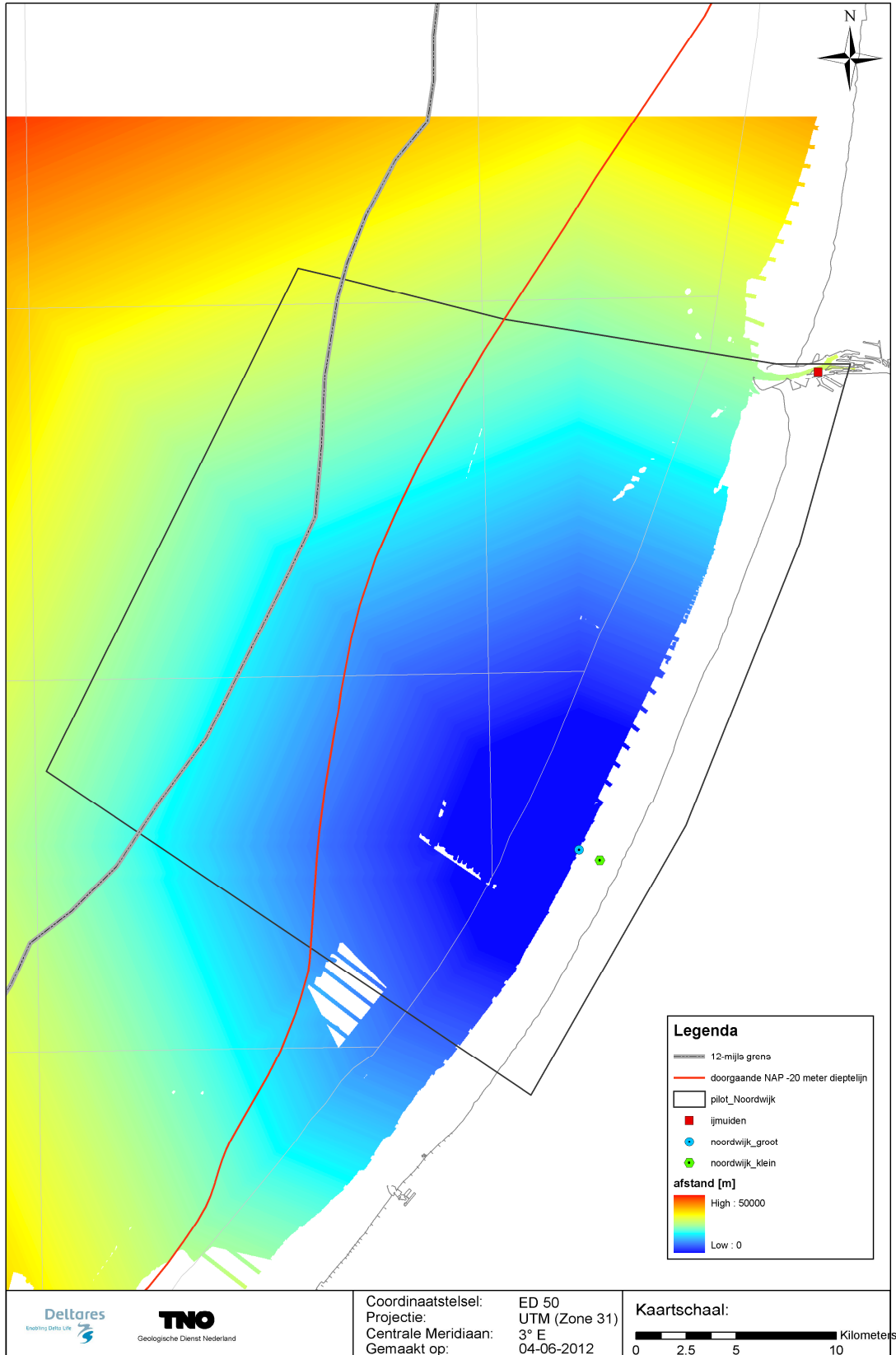
## Vaarafstand vanaf IJmuiden met grote schepen



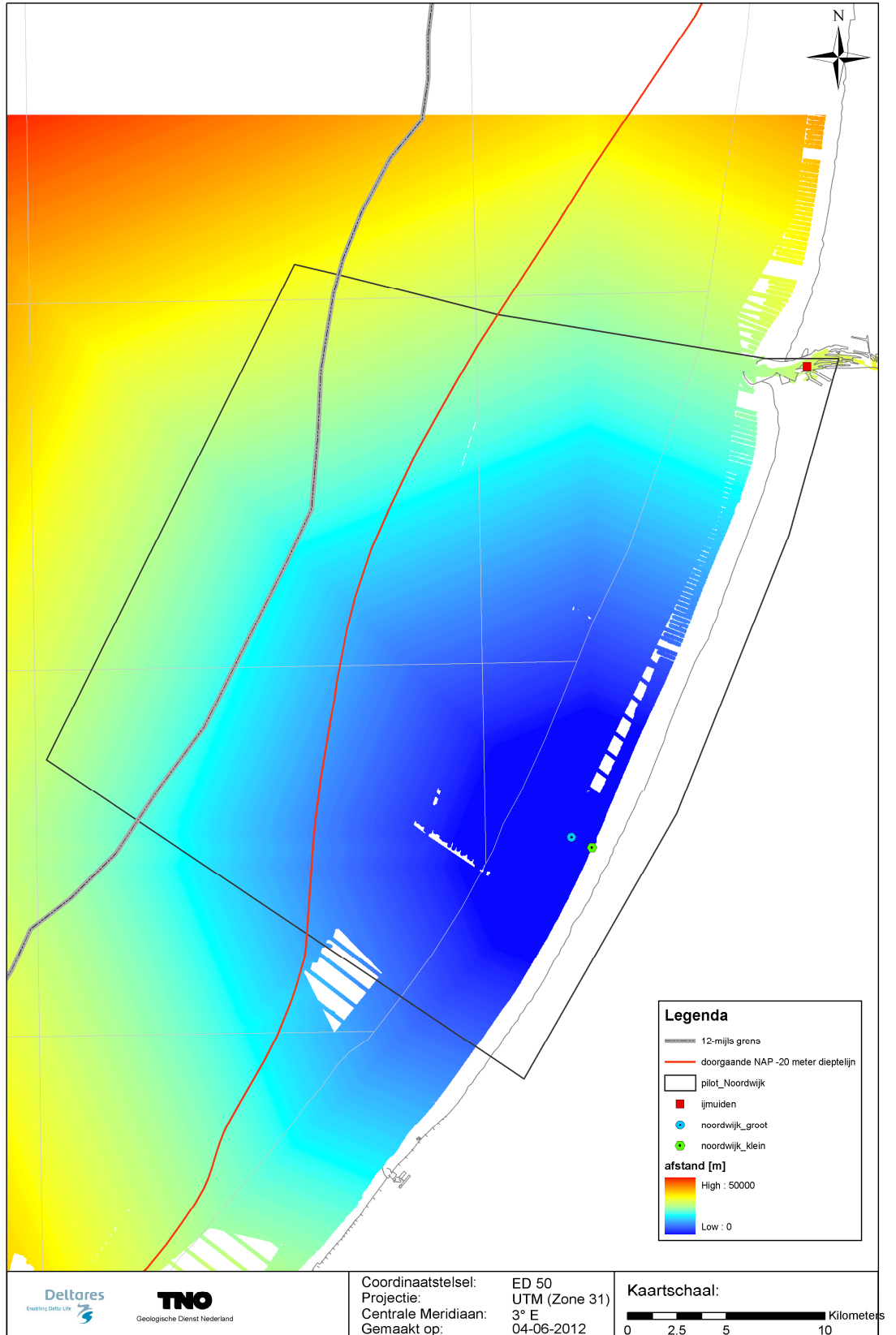
### Vaarafstand vanaf IJmuiden met kleine schepen



## Vaarafstand vanaf Noordwijk met grote schepen



### Vaarafstand vanaf Noordwijk met kleine schepen



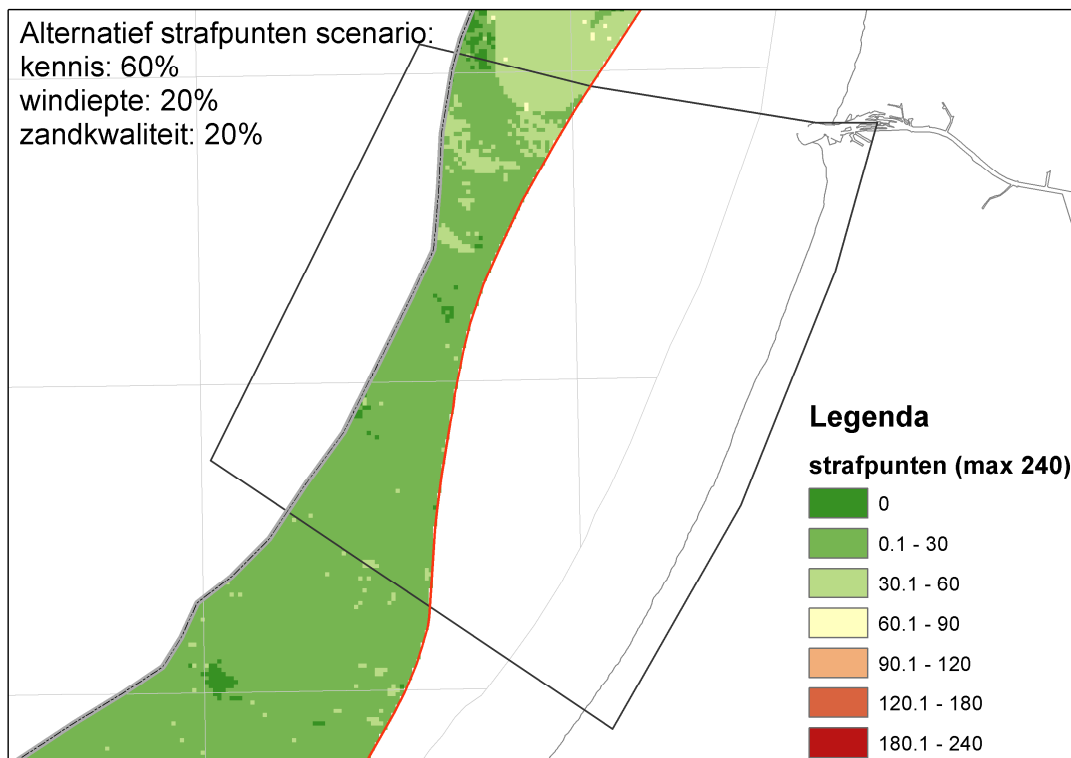
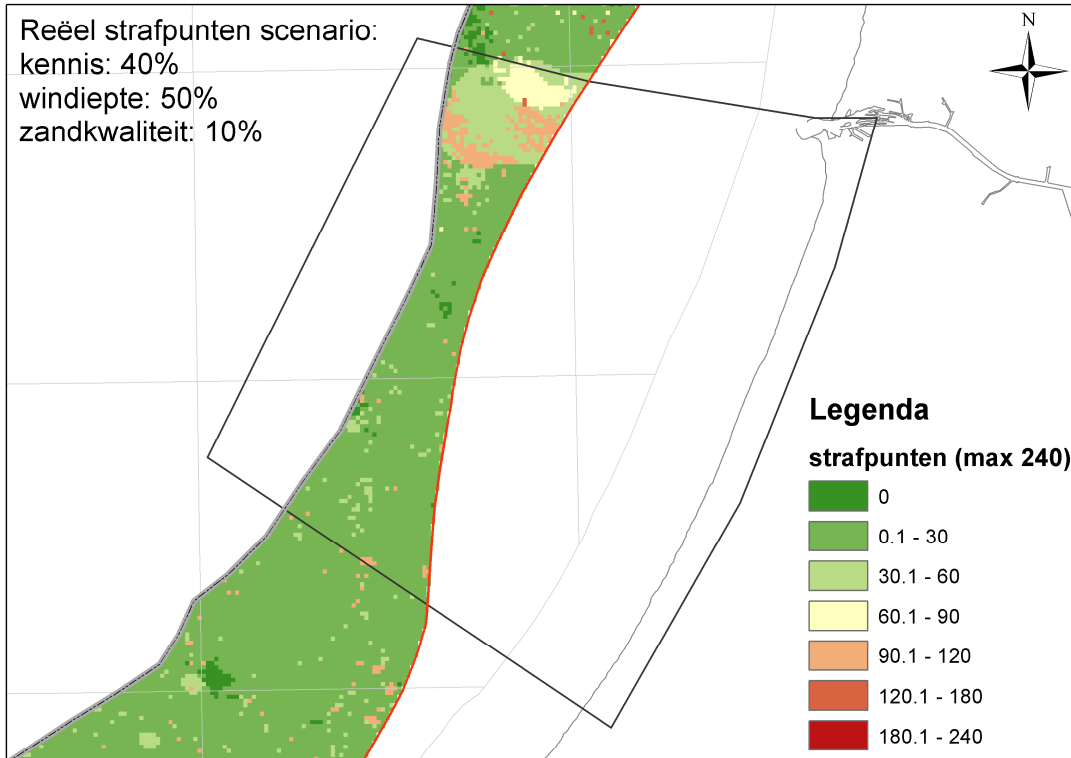




## **Q Bijlage 17**

Bijlage 17: Strafpuntenkaart Noordwijk

## Strafpuntenkaart Noordwijk



	 Geologische Dienst Nederland	Coördinaatstelsel: ED 50	Kaartschaal: 0 3.5 7 14 Kilometers
		Projectie: UTM (Zone 31)	
		Centrale Meridiaan: 3° E	
		Gemaakt op: 04-06-2012	

## **R Bijlage 18a t/m 18g**

Bijlage 18a: Boordichtheid, Texelse stenen

Bijlage 18b: Seismiek dichtheid, Texelse stenen

Bijlage 18c: Top Holocene complexiteit, Texelse stenen

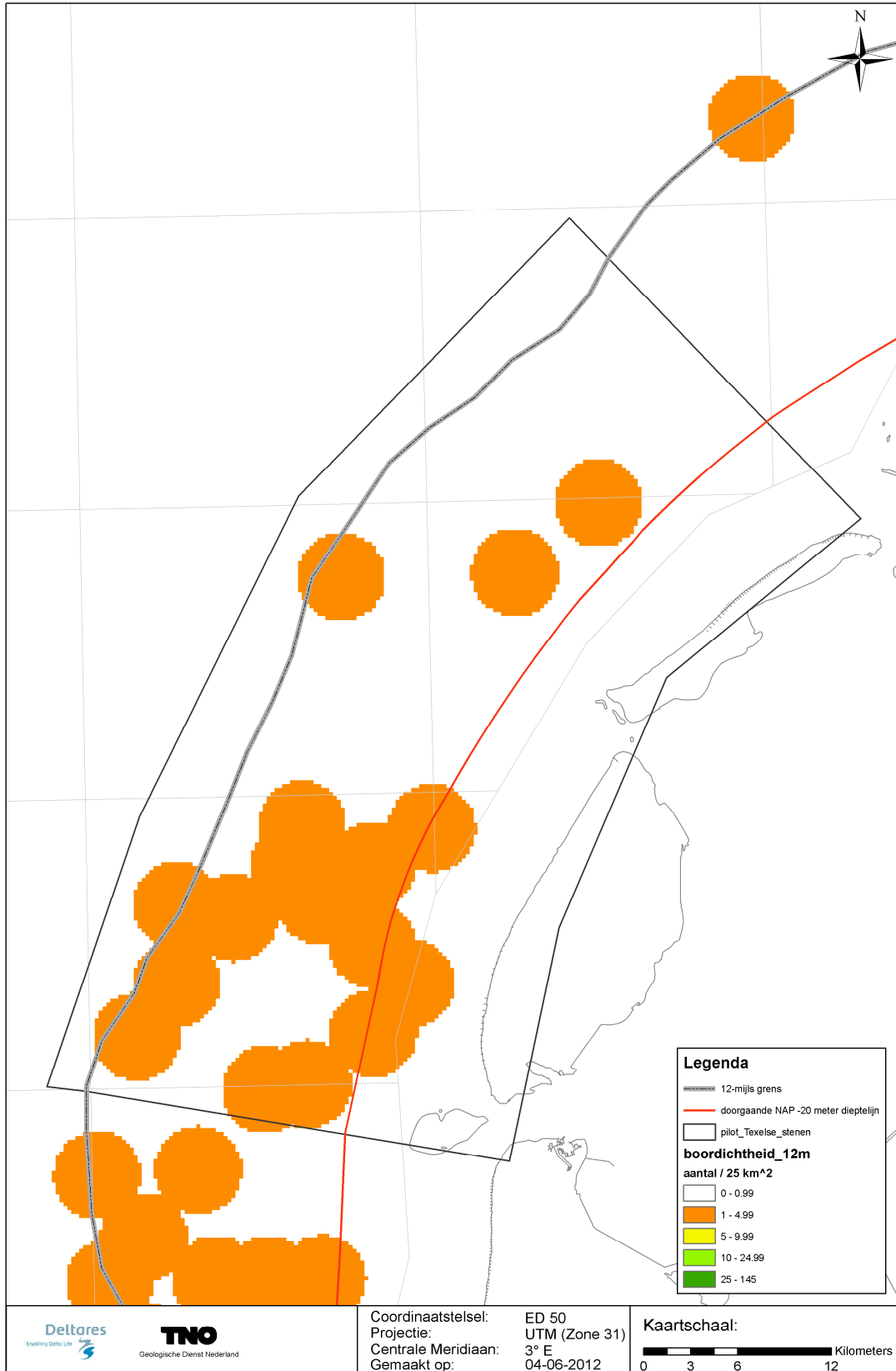
Bijlage 18d: Top Pleistocene complexiteit, Texelse stenen

Bijlage 18e: Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal, Texelse stenen

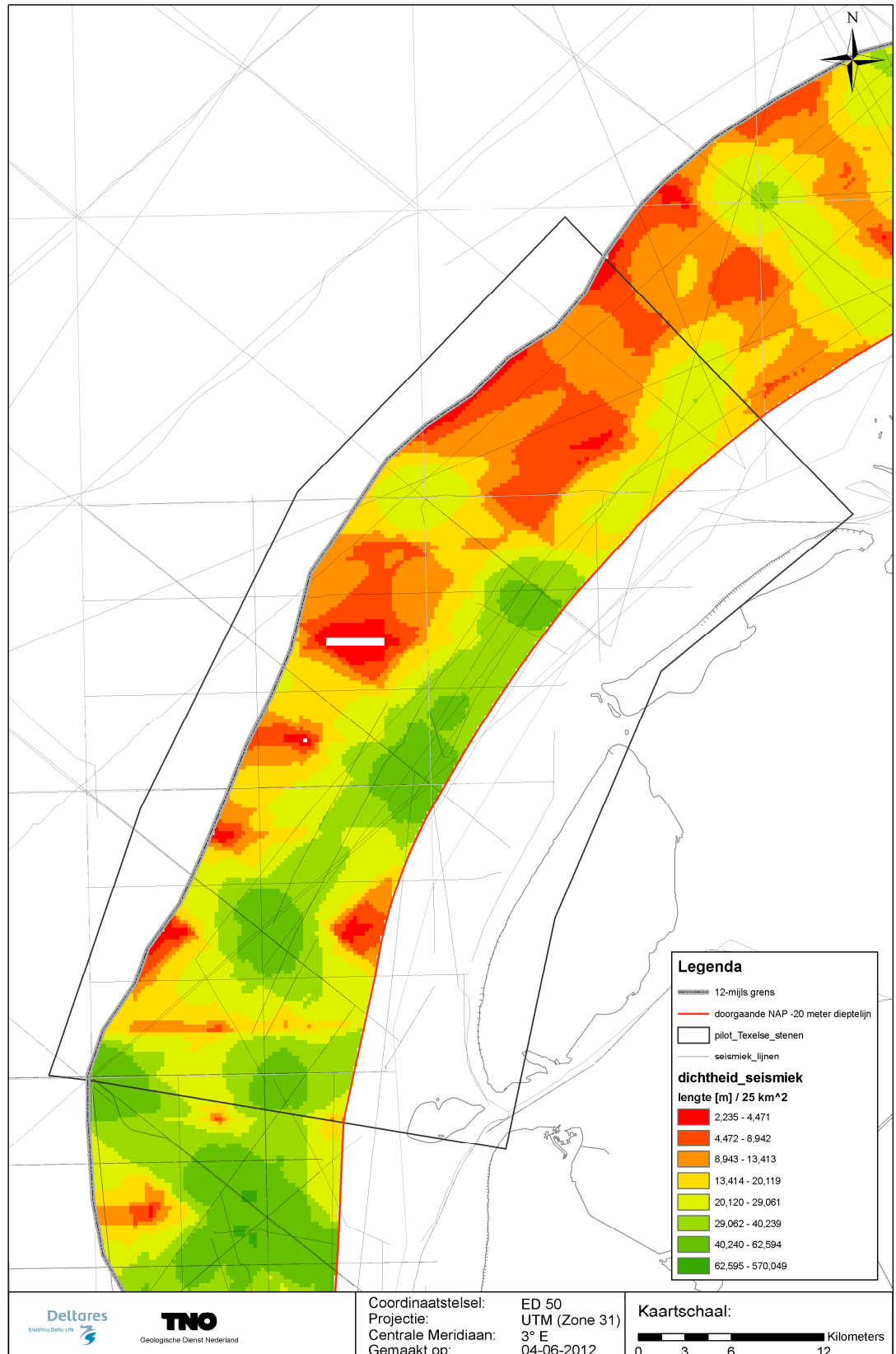
Bijlage 18f: Top van de stoorlaag (scenario B2) in de bovenste 12m, Texelse stenen

Bijlage 18g: Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m, Texelse stenen

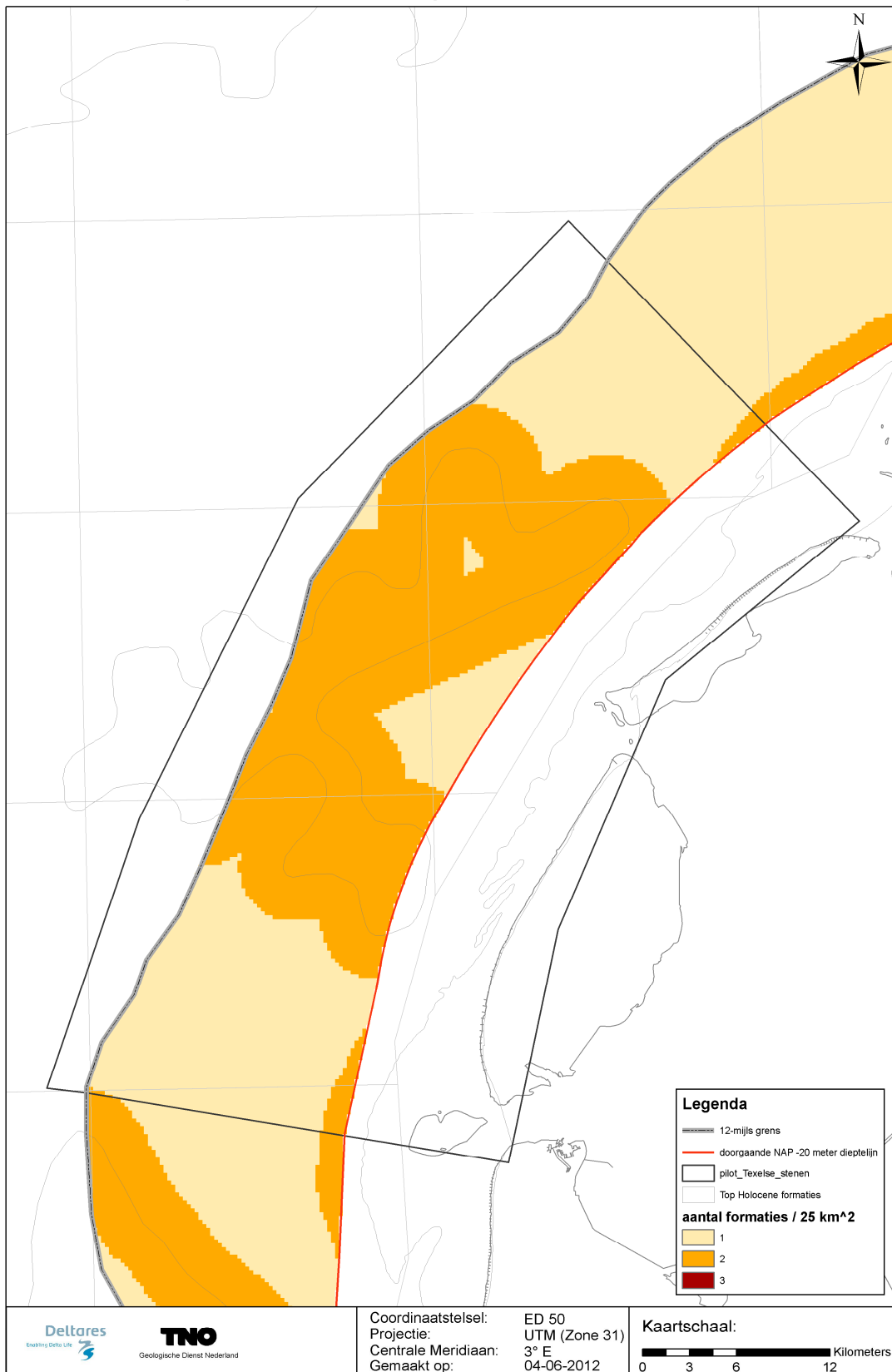
Boordichtheid Texelse stenen



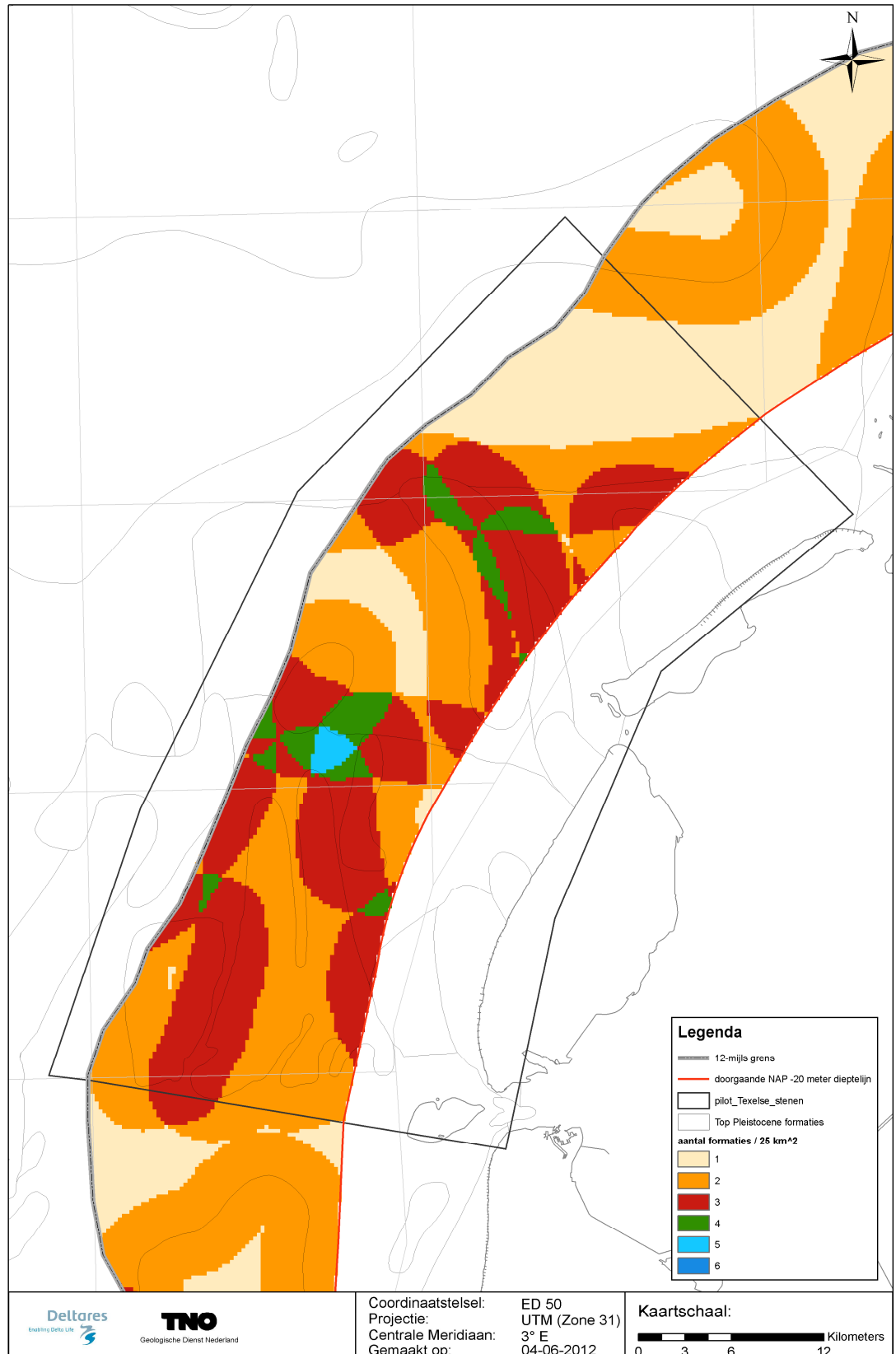
### Seismiek dichtheid Texelse stenen



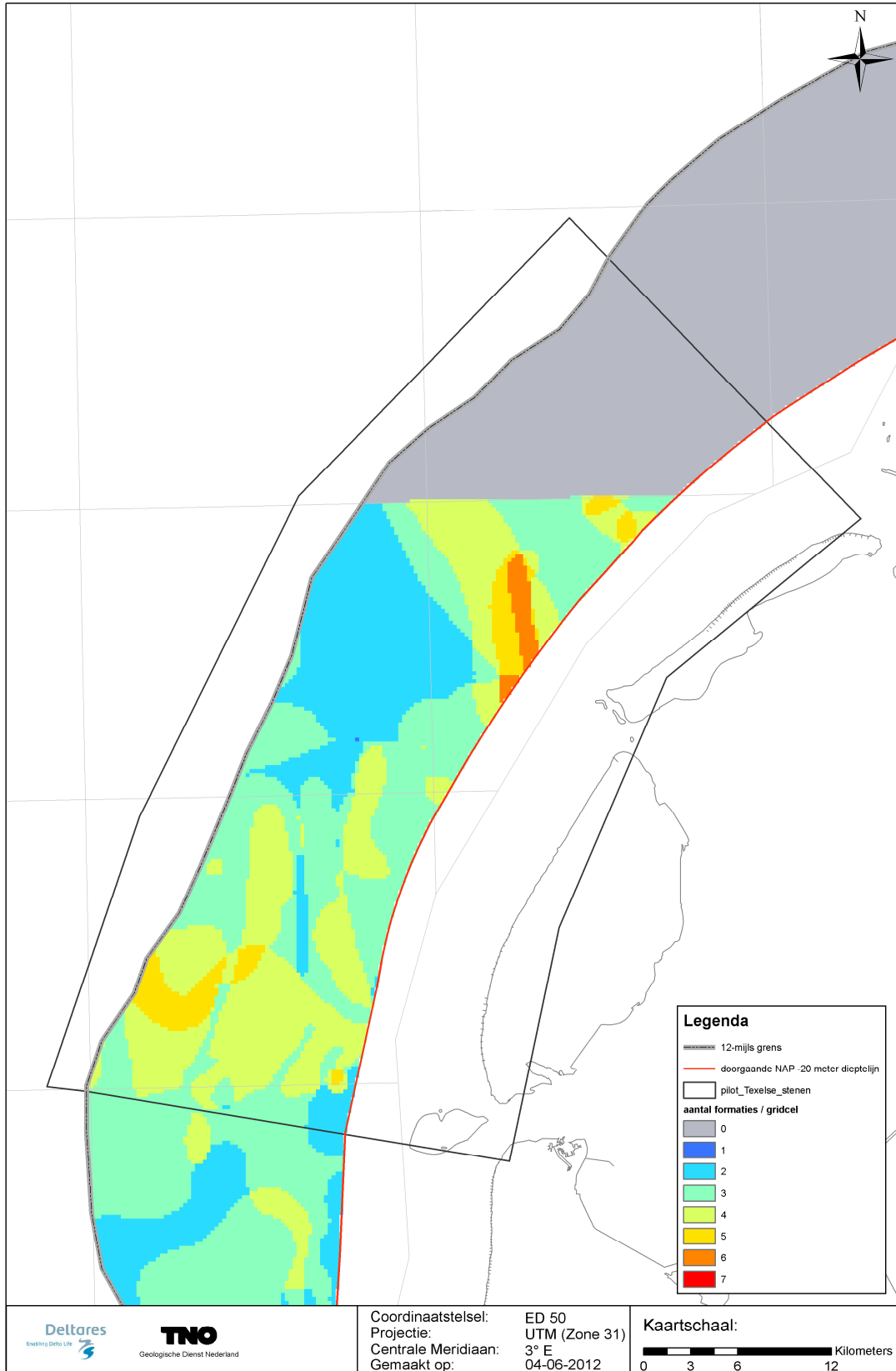
## Top Holocene complexiteit Texelse stenen



### Top Pleistocene complexiteit Texelse stenen

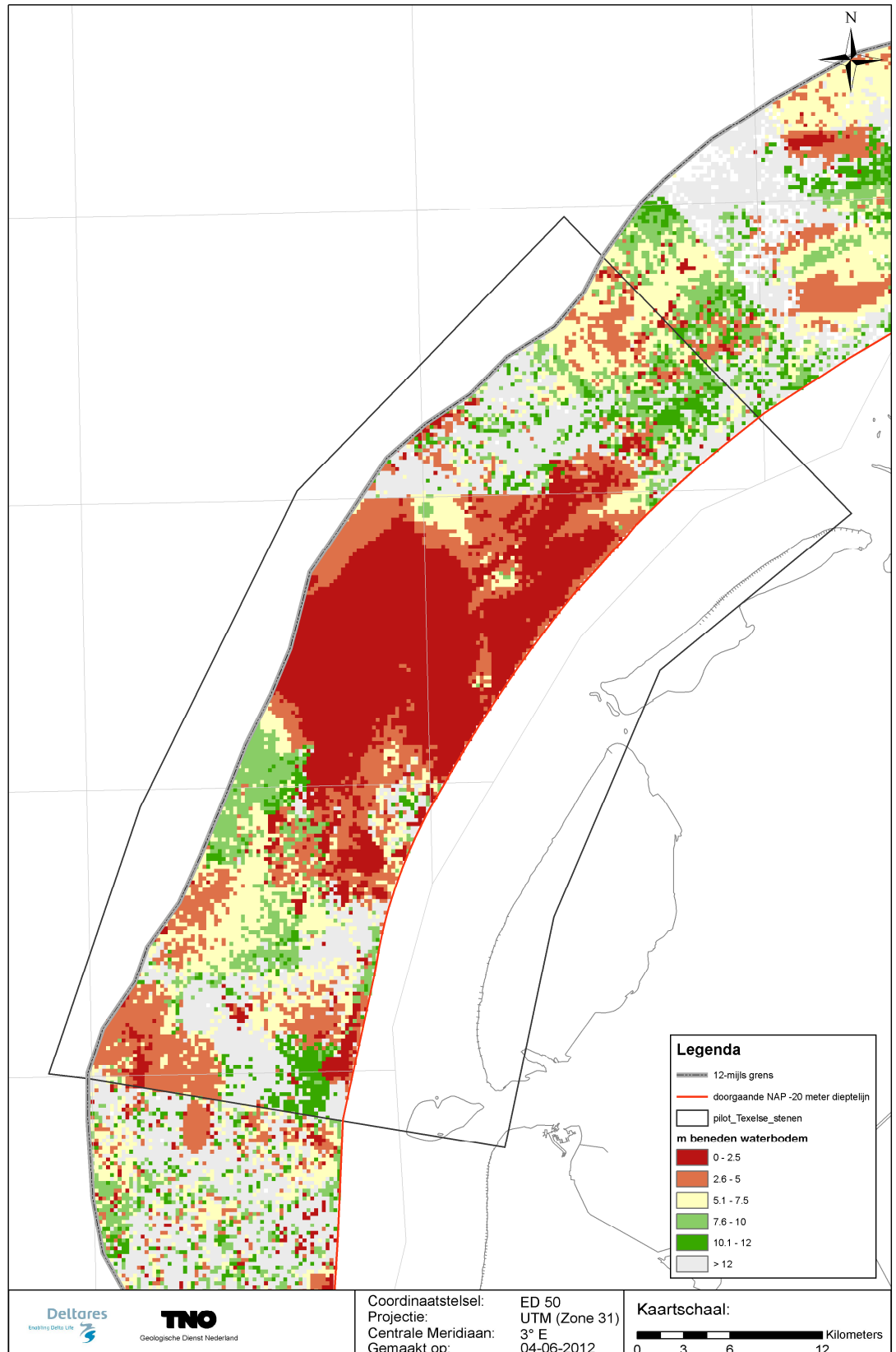


## Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal, Texelse stenen

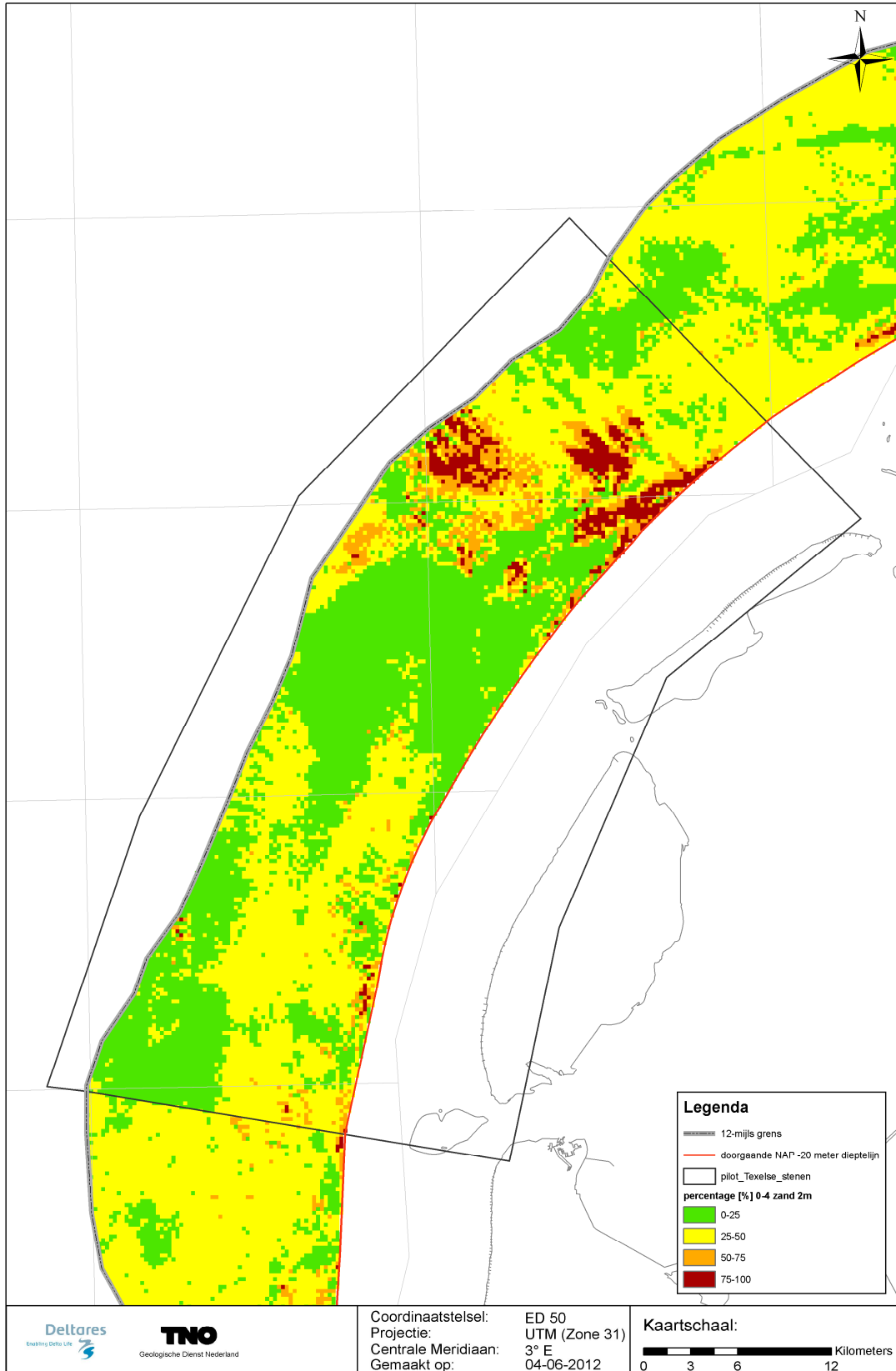




Top van de stoorlaag (scenario B2) in de bovenste 12m, Texelse stenen



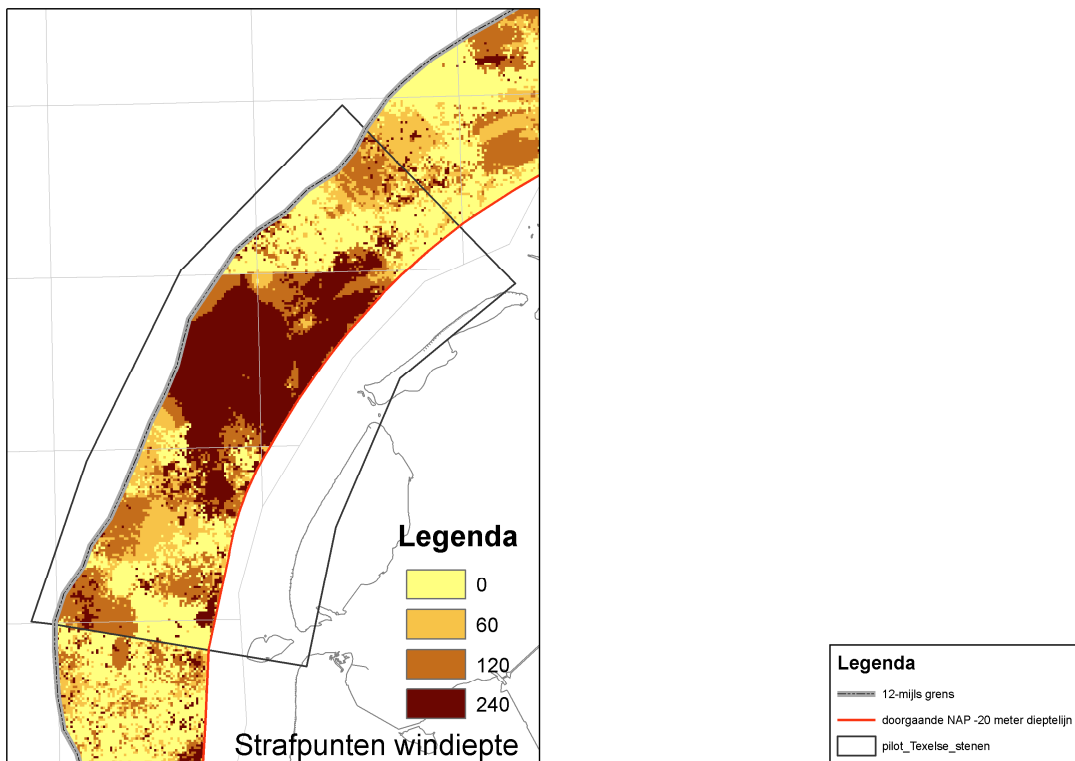
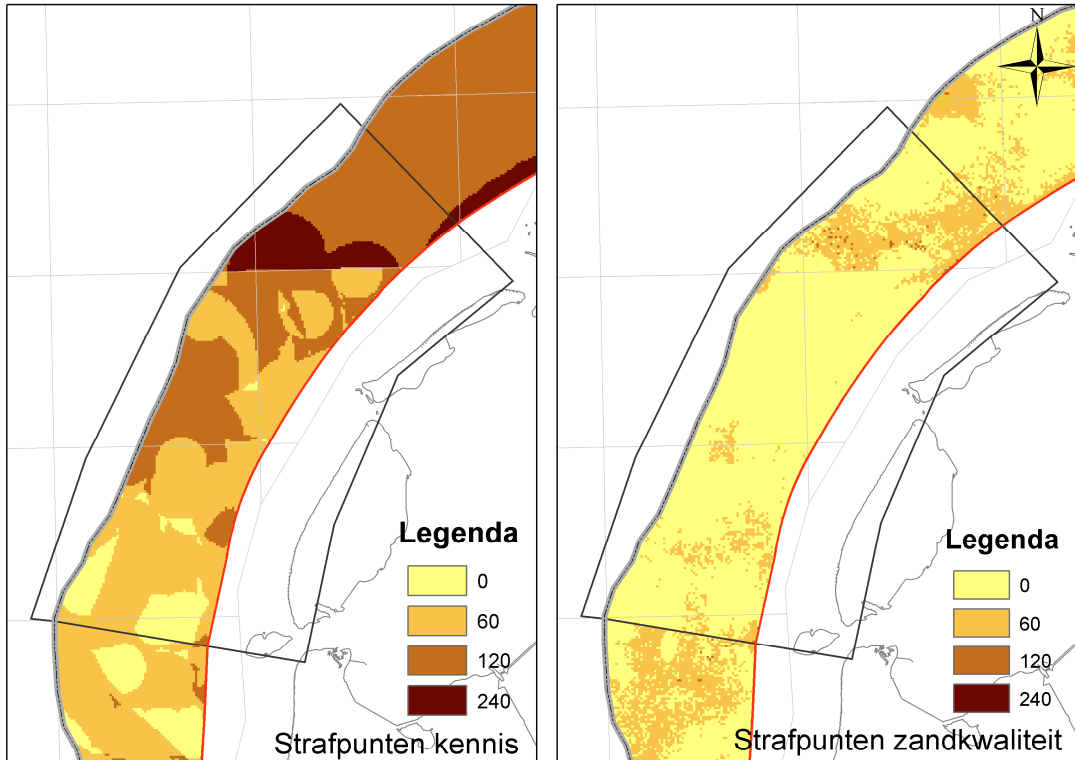
## Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m, Texelse stenen



## **S Bijlage 19**

Bijlage 19: Strafpunten Texelse stenen

## Strafpunten Texelse stenen

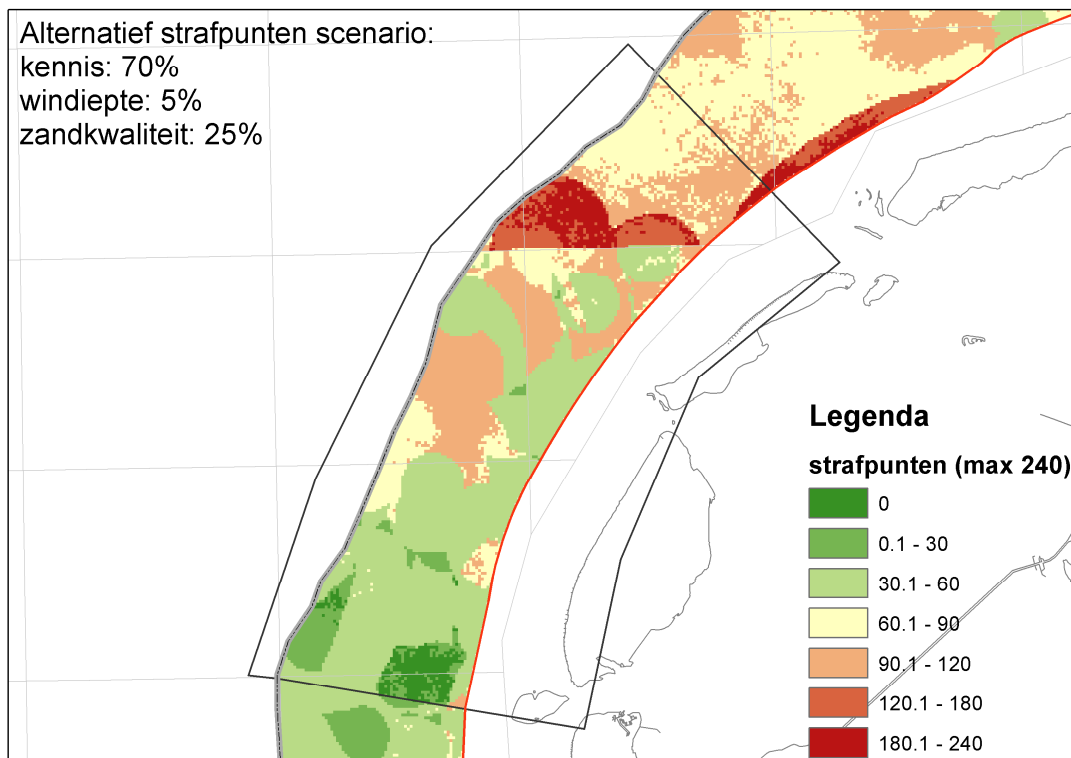
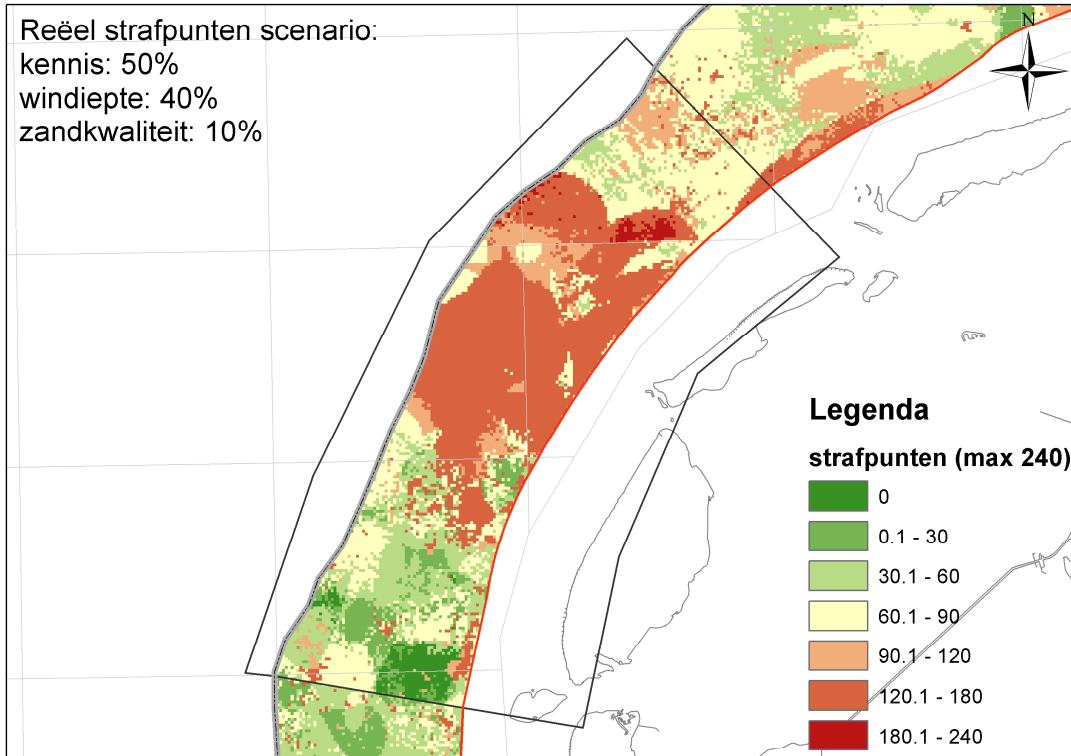


  Geologische Dienst Nederland	Coördinaatstelsel: ED 50 Projectie: UTM (Zone 31) Centrale Meridiaan: 3° E Gemaakt op: 04-06-2012	Kaartschaal:  0 5 10 20 Kilometers
--------------------------------------	--	--

## **T Bijlage 20**

Bijlage 20: Strafpuntenkaart Texelse stenen

## Strafpuntenkaart Texelse stenen



		Coördinaatstelsel: ED 50	Kaartschaal: 
		Projectie: UTM (Zone 31)	
		Centrale Meridiaan: 3° E	
		Gemaakt op: 04-06-2012	

## **U Bijlage 21a t/m 21g**

Bijlage 21a: Boordichtheid, Walcheren

Bijlage 21b: Seismiek dichtheid, Walcheren

Bijlage 21c: Top Holocene complexiteit, Walcheren

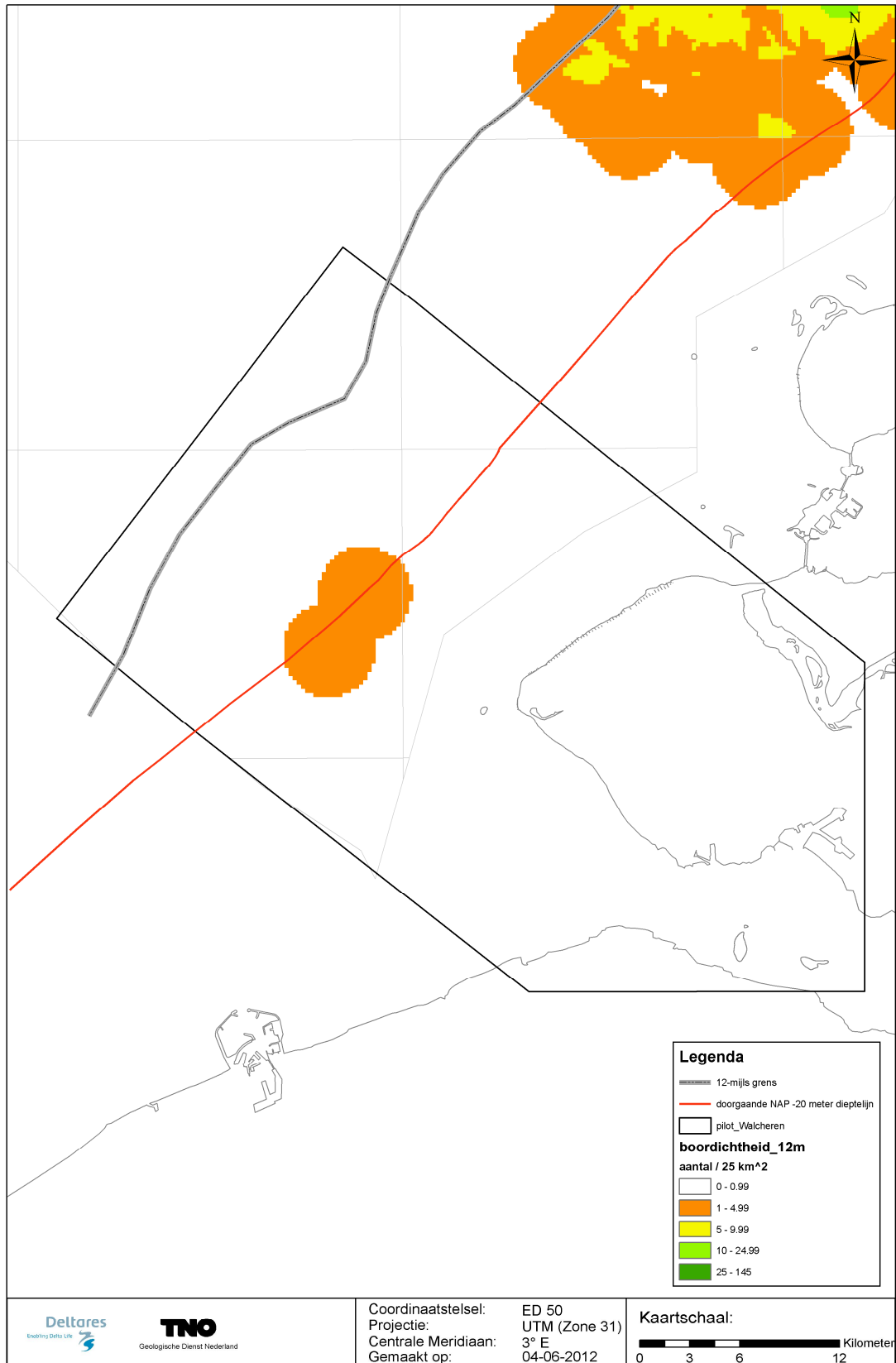
Bijlage 21d: Top Pleistocene complexiteit, Walcheren

Bijlage 21e: Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal, Walcheren

Bijlage 21f: Top van de stoorlaag (scenario B2) in de bovenste 12m, Walcheren

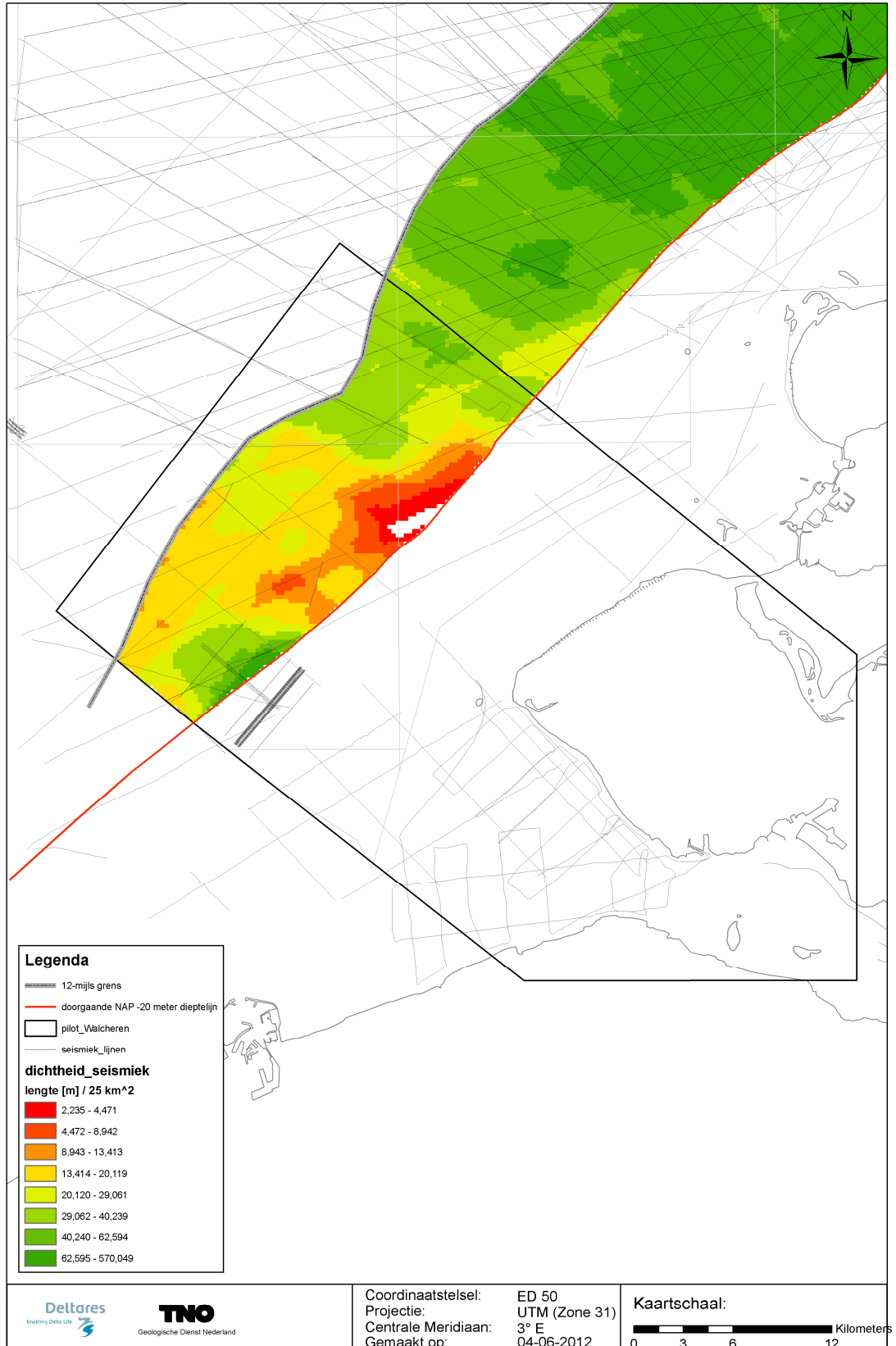
Bijlage 21g: Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m, Walcheren

## Boordichtheid Walcheren

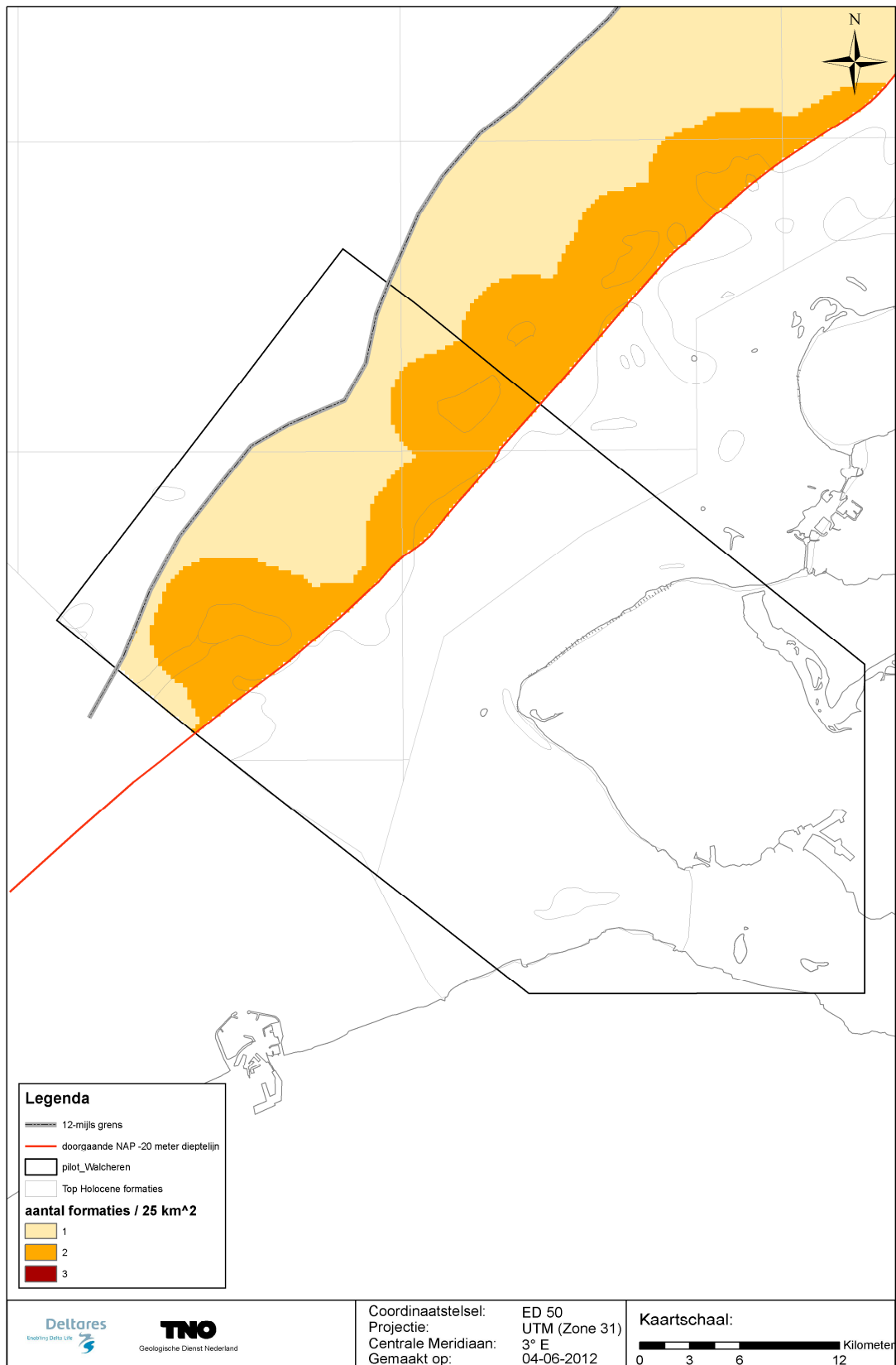




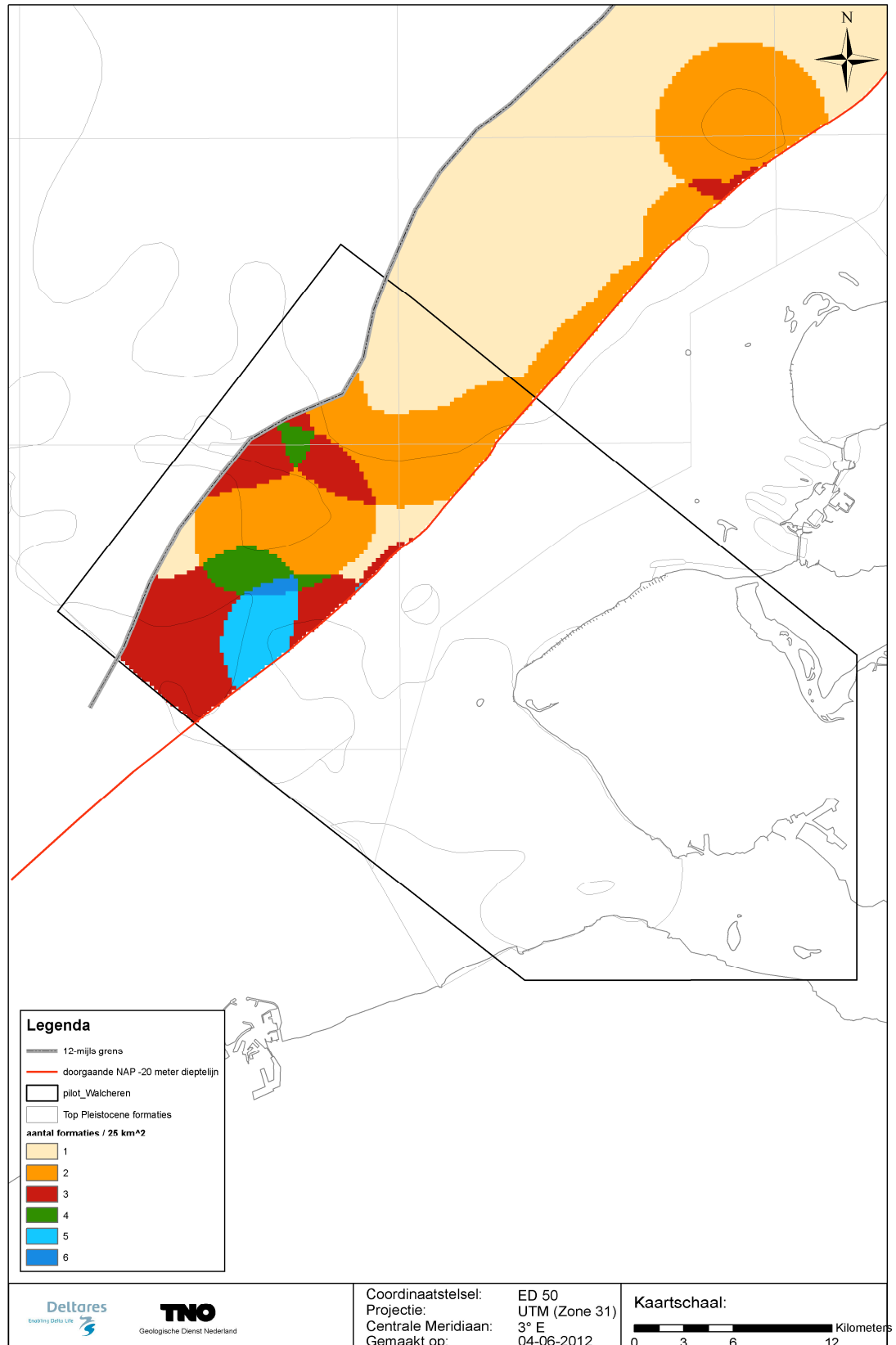
### Seismiek dichtheid Walcheren



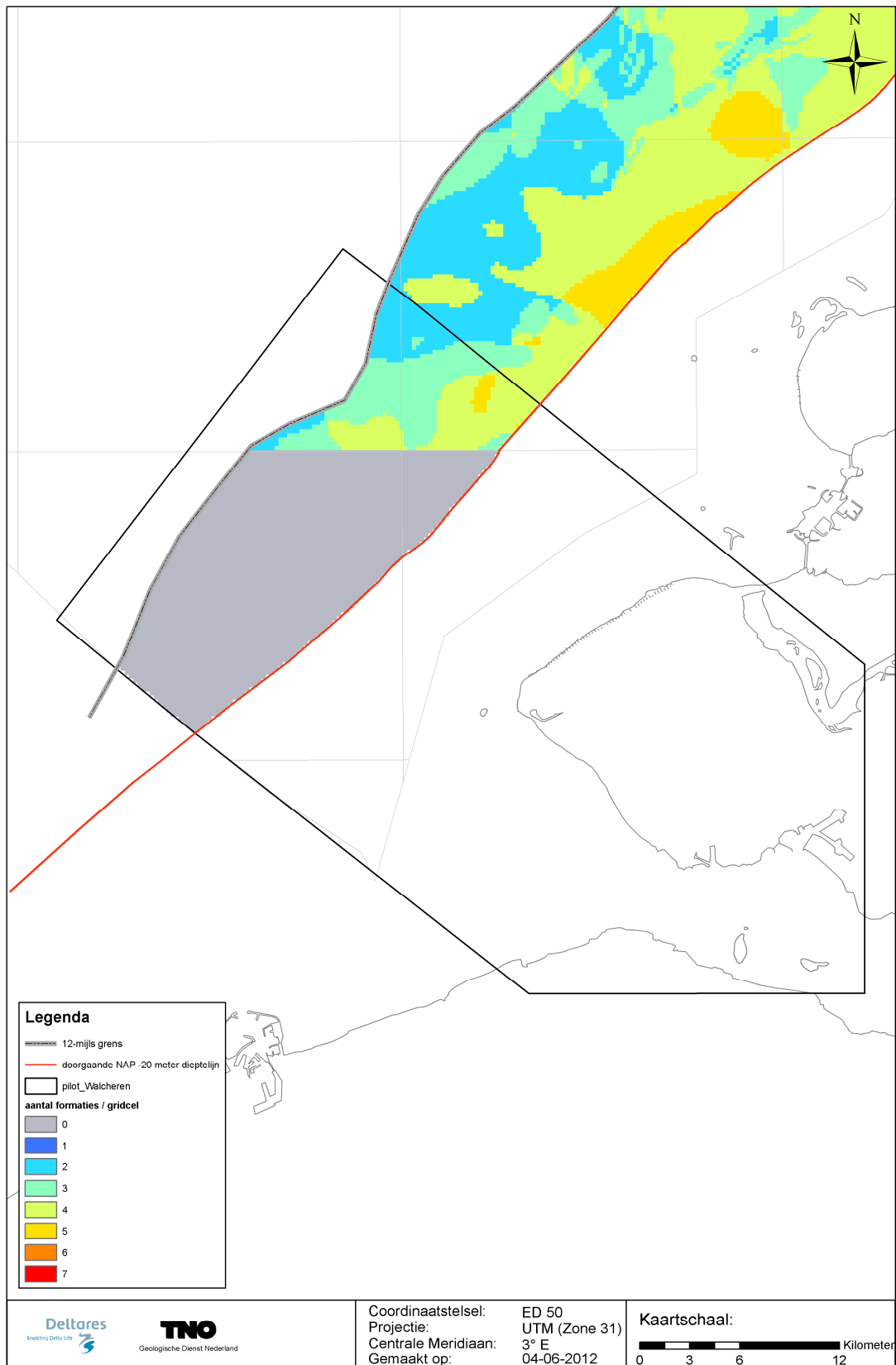
## Top Holocene complexiteit Walcheren



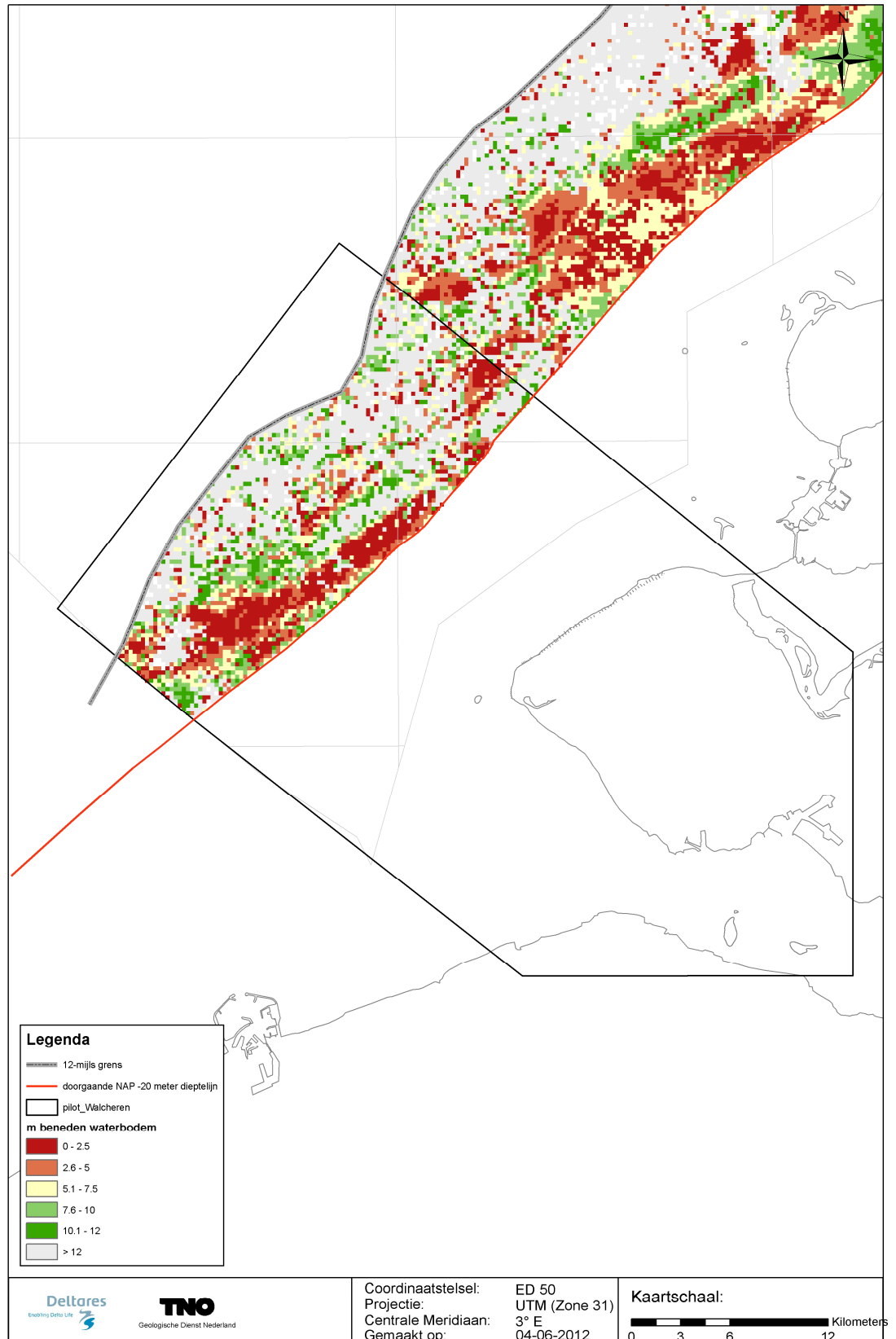
### Top Pleistocene complexiteit Walcheren



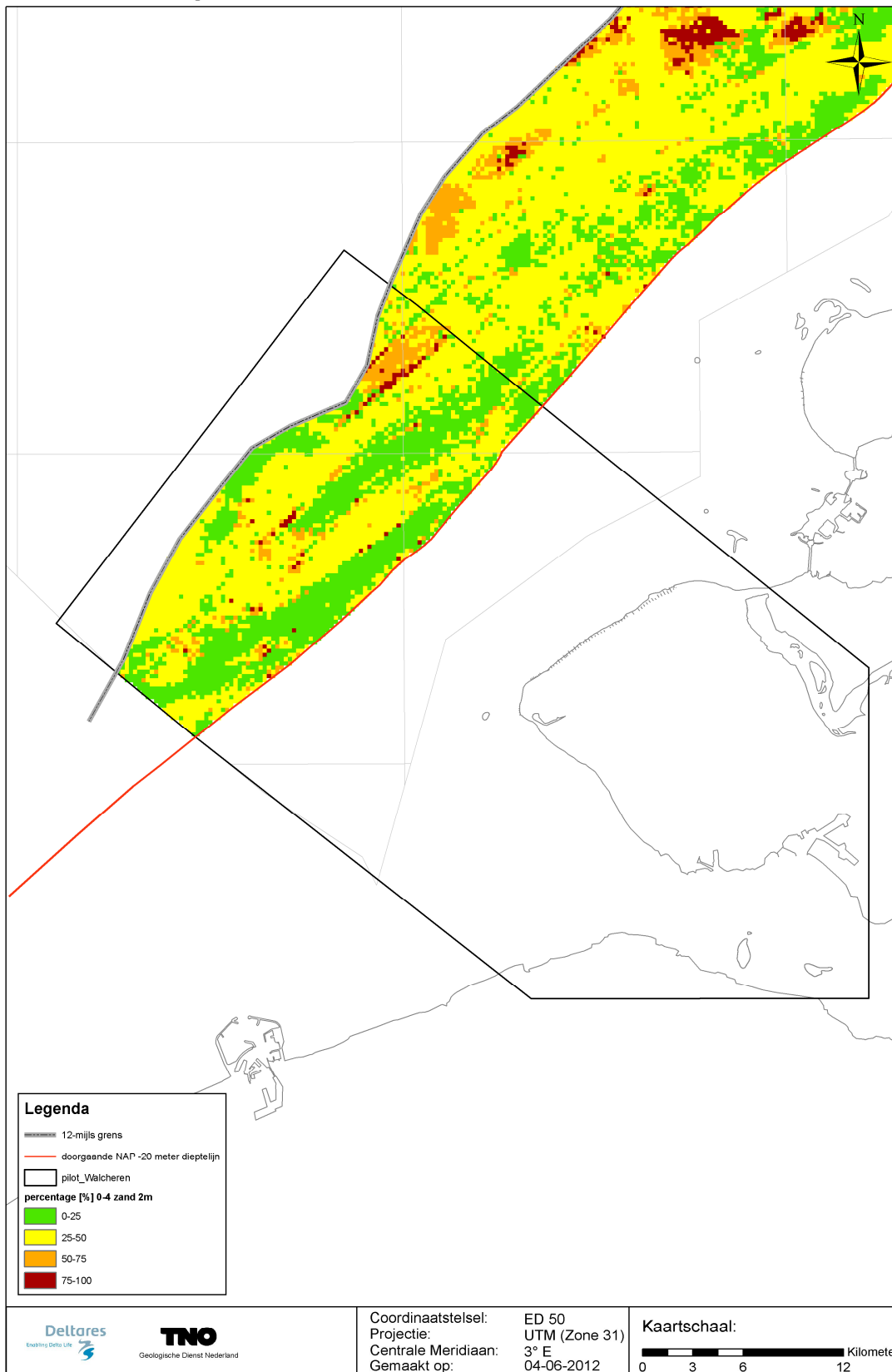
## Aantal formaties van de ONL kartering in de verticaal, Walcheren



Top van de stoorlaag (scenario B2) in de bovenste 12m, Walcheren



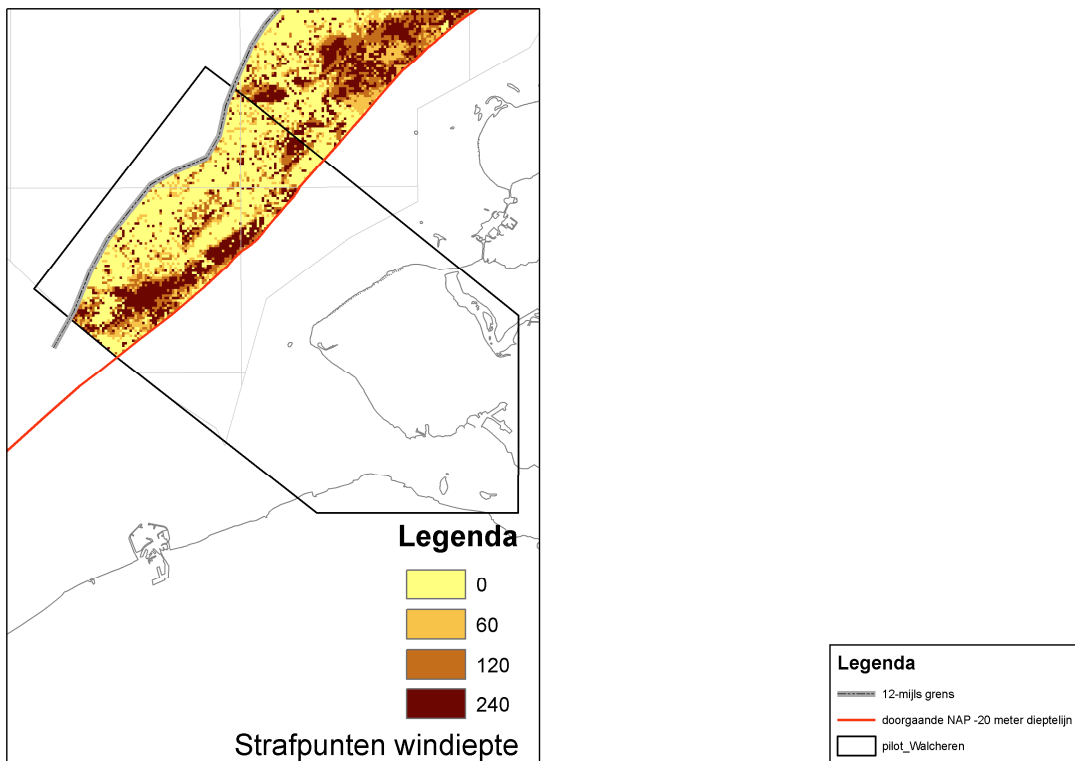
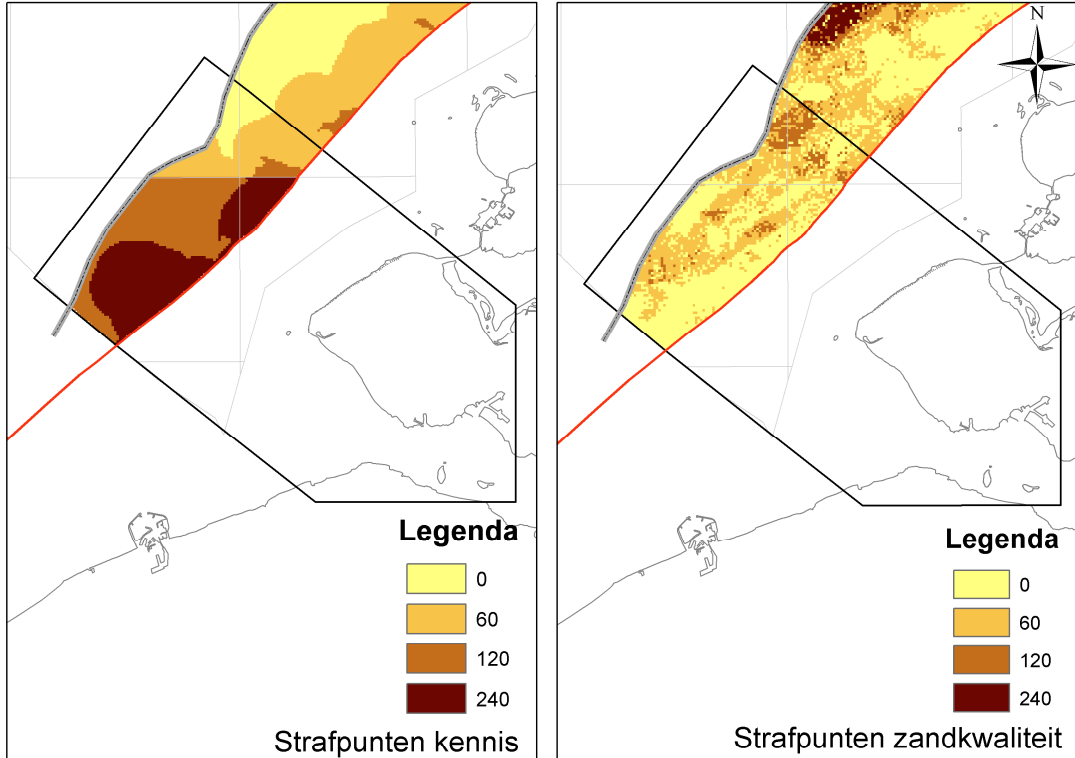
## Percentage 0-4 zand in de bovenste 12m, Walcheren



## **V Bijlage 22**

Bijlage 22: Strafpunten Walcheren

## Strafpunten Walcheren



		<p>Coördinaatstelsel: ED 50                  Projectie: UTM (Zone 31)                  Centrale Meridiaan: 3° E                  Gemaakt op: 04-06-2012</p>	<p>Kaartschaal:  Kilometers</p>
--	--	---	---------------------------------



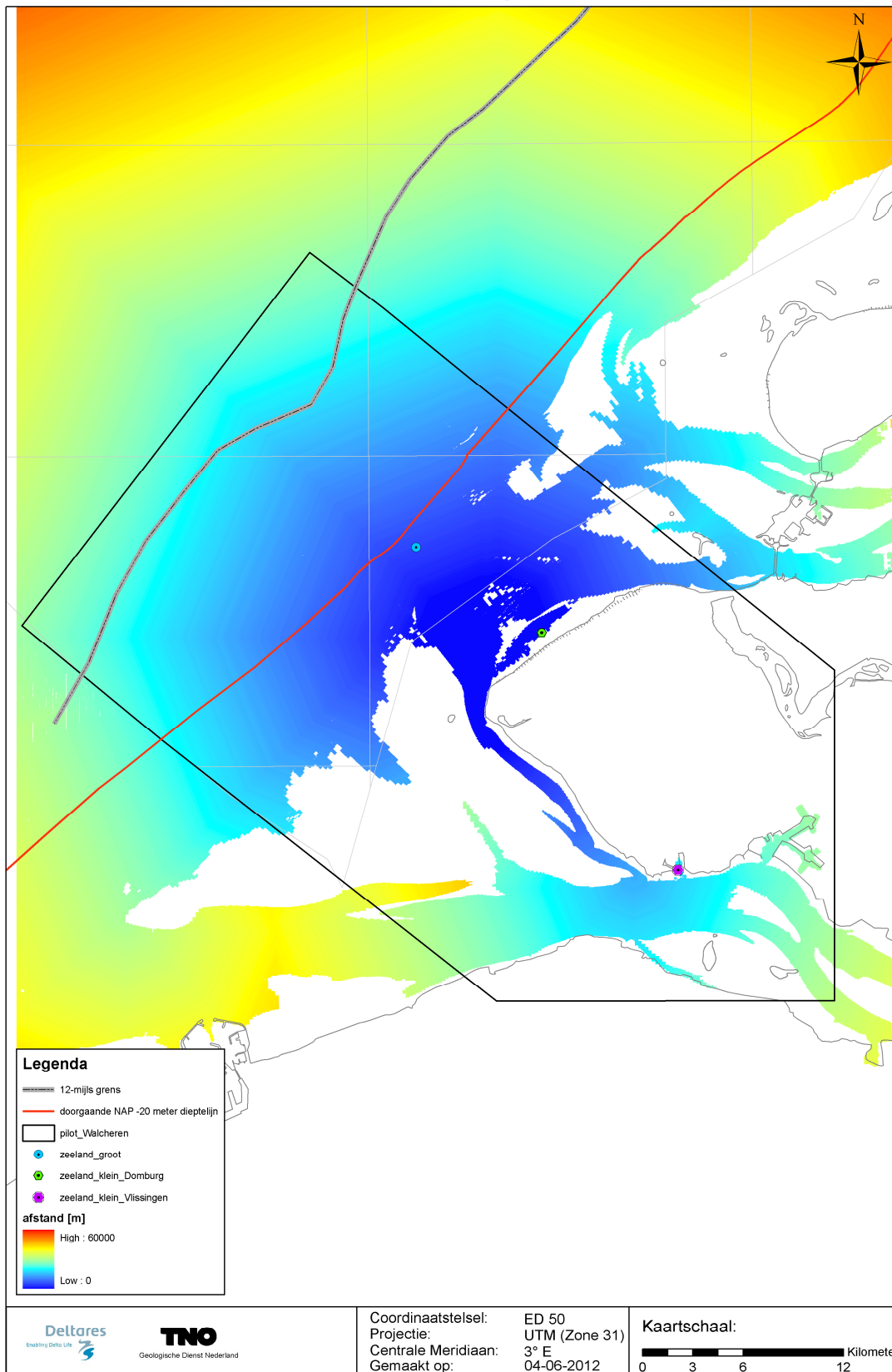
## **W Bijlage 23a t/m 23c**

Bijlage 23a: Vaarafstand vanaf Domburg met kleine schepen

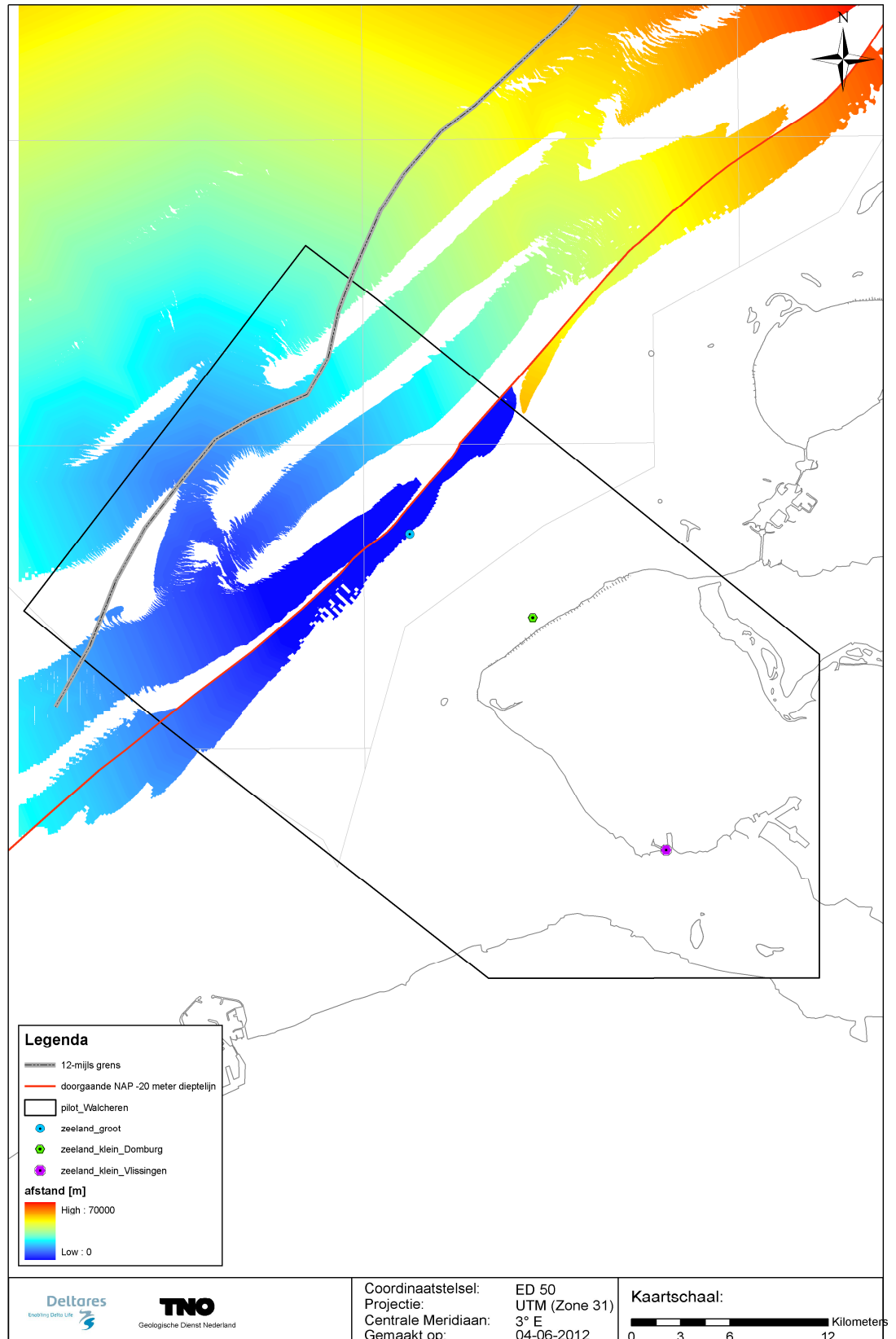
Bijlage 23b: Vaarafstand vanaf Domburg en Vlissingen met grote schepen

Bijlage 23c: Vaarafstand vanaf Vlissingen met kleine schepen

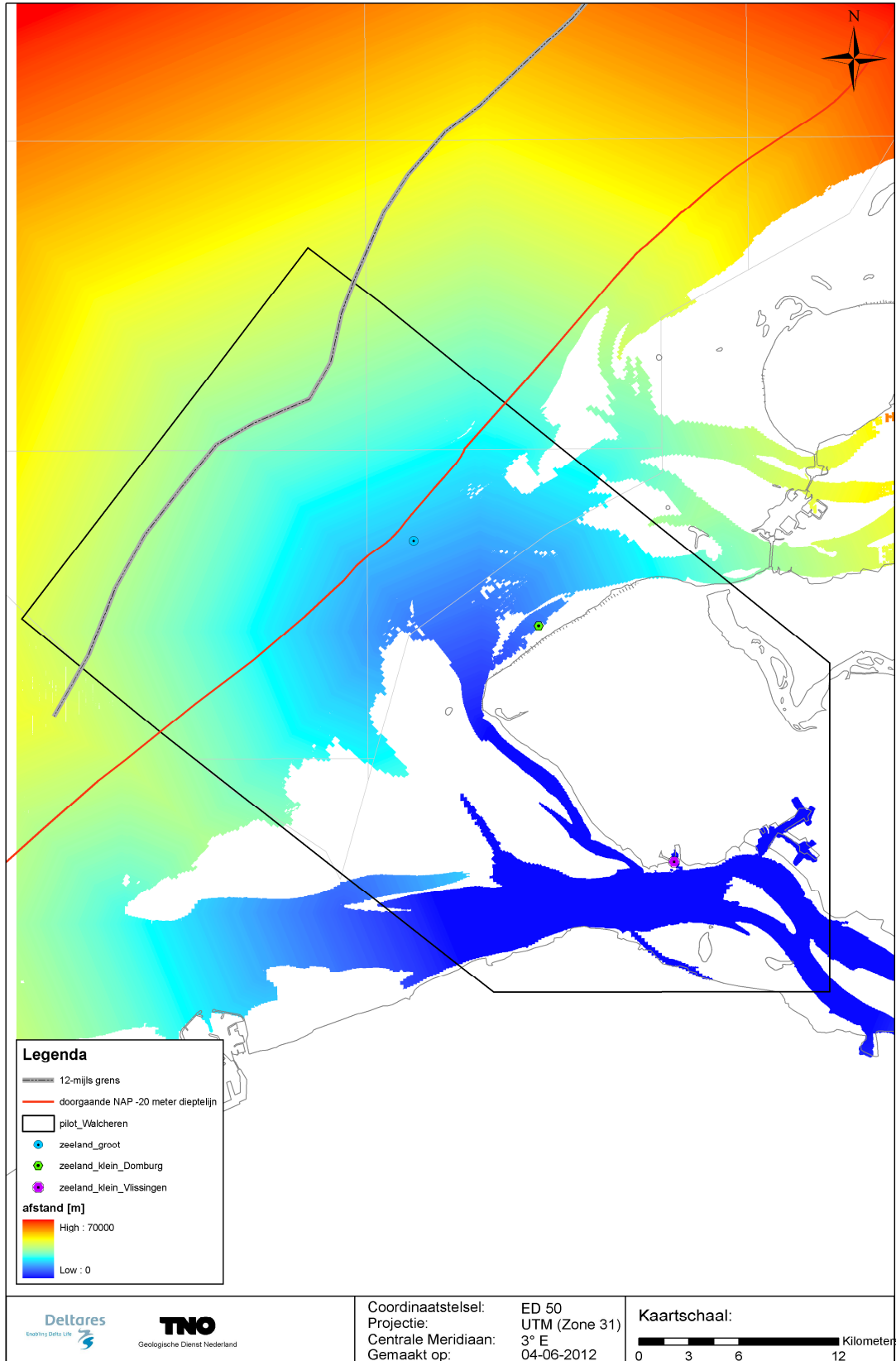
## Vaarafstand vanaf Domburg met kleine schepen



## Vaarafstand vanaf Domburg en Vlissingen met grote schepen



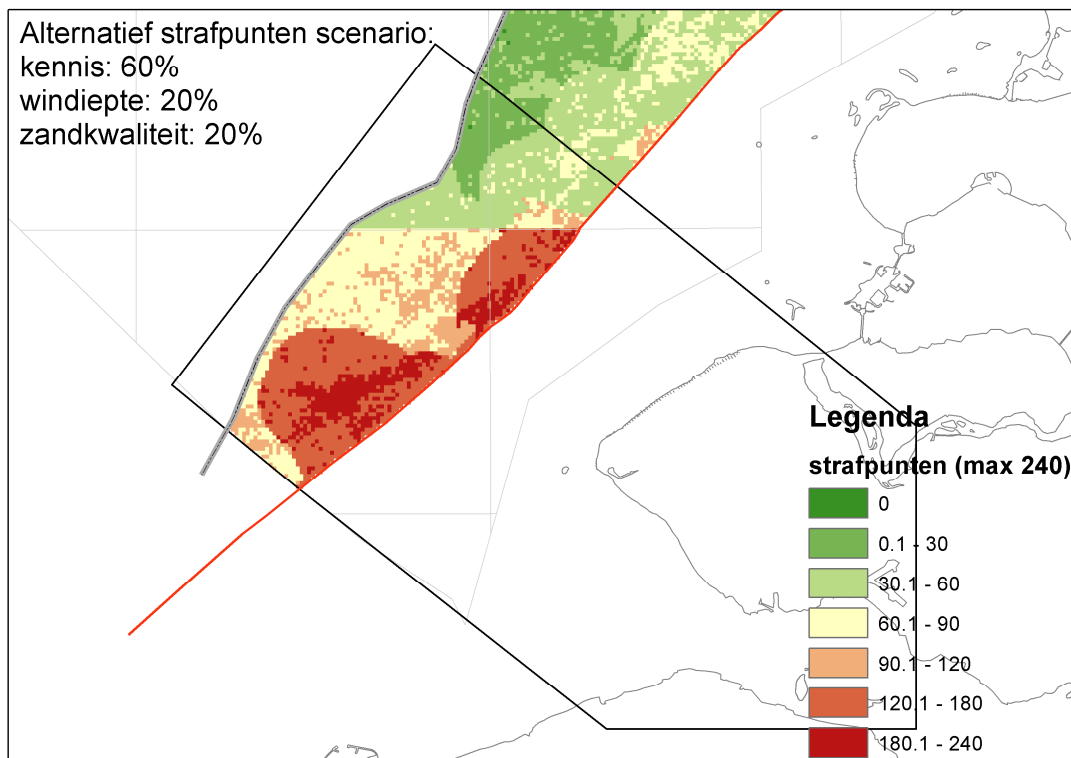
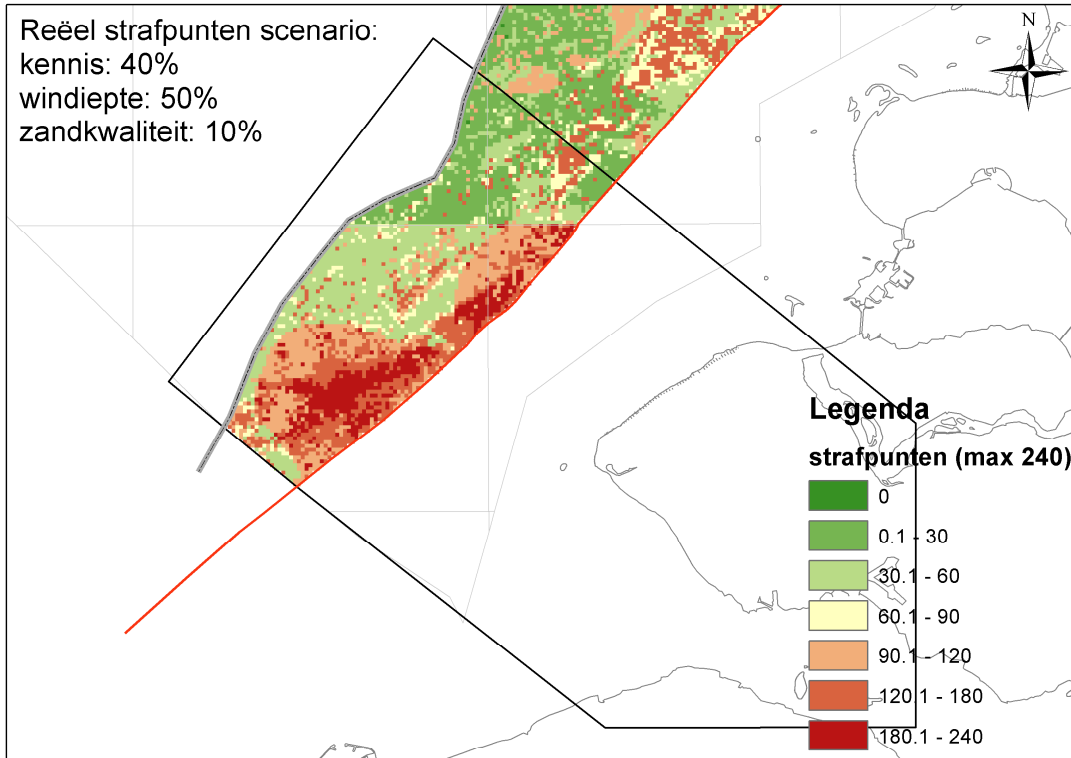
## Vaarafstand vanaf Vlissingen met kleine schepen



## **X Bijlage 24**

Bijlage 24: Strafpuntenkaart Walcheren

## Strafpuntenkaart Walcheren



		Coördinaatstelsel: ED 50	<b>Kaartschaal:</b> 
		Projectie: UTM (Zone 31)	
		Centrale Meridiaan: 3° E	
		Gemaakt op: 04-06-2012	