

GEOLOGISCHE INFORMATIE VOOR NOORDZEE ZANDWINNING

Rijkswaterstaat Zee en Delta

15 MAART 2016



Contactpersonen

JELMER CLEVERINGA
Senior Advisor Coastal
Morphodynamics

T +31 (0)88 4261 440
M +31 (0)6 5073 6850
E jelmer.cleveringa@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 137
8000 AC Zwolle
Nederland

Afbeelding op het voorblad: Foto van een geologische profiel met aan de onderzijde keileem en daarboven een laag die aangerijkt is met grind.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doelstelling	5
2 GEOLOGIE VAN DE NOORDZEE	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Toelichting bij de foto's van boorkernen	9
2.3 Zuid-Holland en de Formatie van Kreftenheye	11
2.4 Basisveen ten noorden van Vlieland	13
2.5 Lokaal ingesneden geulen	14
2.6 Het geologische model	15
3 HET DELFSTOFFENINFORMATIESYSTEEM (DIS)	17
3.1 Inleiding	17
3.2 Slibklassen	18
3.3 Gegevensdichtheid	19
3.4 Aanvullende informatie/ Gegevens toevoegen aan het DIS	21
4 GEOLOGISCHE INFORMATIE VAN ZANDWINBELEID TOT WINGEBIED	23
4.1 Inleiding	23
4.2 Strategische beleidskeuzes	23
4.3 Zoekgebieden voor zandwinning	23
4.4 Zoekgebieden, opnamegebieden en winvakken	24
4.5 Toepasbaarheid van geologische informatie tijdens de uitvoering	25
5 AANVULLEN VAN DE GEOLOGISCHE INFORMATIE	27

5.1 Inleiding	27
5.2 Bodemhappen en boxcorers	27
5.3 Boringen	27
5.4 Seismiek	28
5.5 Sonderen	28
5.6 Geologische analyse	29
5.7 Overzicht	29
6 CONCLUSIES	31
6.1 De mogelijkheden van het DIS	31
6.2 Aanvullen van geologische informatie	32
7 REFERENTIES	35

BIJLAGEN

BIJLAGE A OVERZICHT VAN GEOLOGISCH FORMATIES IN DE NOORDZEE	36
--	-----------

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Op de Noordzee vindt zandwinning plaats voor verschillende doeleinden, zoals het reguliere onderhoud van de kustlijn door het uitvoeren van zandsuppleties, het winnen van zand voor commerciële doeleinden en het winnen van zand voor de versterking van waterkeringen. Een van de gevolgen van de zandwinning is het vrijkomen van slib. Niet overal in de Noordzeebodem is evenveel slib aanwezig. De aan- of afwezigheid van slib heeft te maken met de opbouw van de ondergrond en die is weer gerelateerd aan de geologische ontwikkelingen. Omdat de hoeveelheid slib in de bodem van de Noordzee verschilt per locatie, varieert ook de hoeveelheid die vrijkomt bij zandwinning.

Ook de aanwezigheid en de hoeveelheid schelpen varieert in de ondergrond van de Noordzee. En dat geldt ook voor de aanwezigheid van stenen, hoewel die schaars zijn op het NCP. Bij de suppleties van strand en vooroever kunnen naast het zand ook andere materialen, zoals schelpen en stenen worden aangevoerd. De aanvoer van stenen of van veel schelpen kan de karakteristieken van de vooroever en het strand veranderen. Inzicht in de aanwezigheid van slib, schelpen en zand is belangrijk om de toepasbaarheid van het zand vast te kunnen stellen.

Voor de zandwinning op de Noordzee voor suppleties van strand en vooroever, de commerciële zandwinning en de kustversterking Noord-Holland is een MER opgesteld en zijn verschillende vergunningen en ontheffingen verleend. Een verplichting die voortkomt uit de zandwinvergunning (in het kader van de Ontgrondingenwet) is het Monitoring- en EvaluatieProgramma (MEP). Het MEP sluit aan op het MER en de m.e.r. procedure. In het MEP zandwinning Noordzee is een evaluatievraag opgenomen over het slibpercentage in de bodem: "zijn de in het MER opgenomen waarden met betrekking tot de slibpercentages in de bodem correct?". In de MER-en (van Duin et al., 2012a, 2012b) en de achtergrondrapporten met modelsimulaties is namelijk aangenomen dat het slibpercentage 2,5 massaprocent bedraagt in het gebied voor de Hollandse Kust (tussen Den Helder en Hoek van Holland) en 3 massaprocent in de Waddenzee (ten noorden van Den Helder) en in het Deltagebied (ten zuiden van Hoek van Holland).

Naast de vraag over het percentage slib als belangrijke input voor vigerende en toekomstige effectbepalingen in MER en Passende beoordeling, is de andere belangrijke vraag in hoeverre slibrijke lagen en andere 'stoorlagen' (zoals veenlagen en voorkomens van stenen) vermeden kunnen worden bij het aanwijzen van de zoek, opname- en wingebieden. Het vermijden van dergelijke gebieden kan betekenen dat mogelijke ecologische effecten van de zandwinning en de effecten van zandsuppleties worden beperkt.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van de voorliggende notitie is om onderzoek naar bestaande of toekomstige mogelijkheden om selectie van zandwinzoekgebieden op basis van kennis over sedimentsamenstelling (slib en schelpvoorkomen –korrelgroottes zou ook mooi zijn...) mogelijk te maken en het proces daarnaar toe te beschrijven

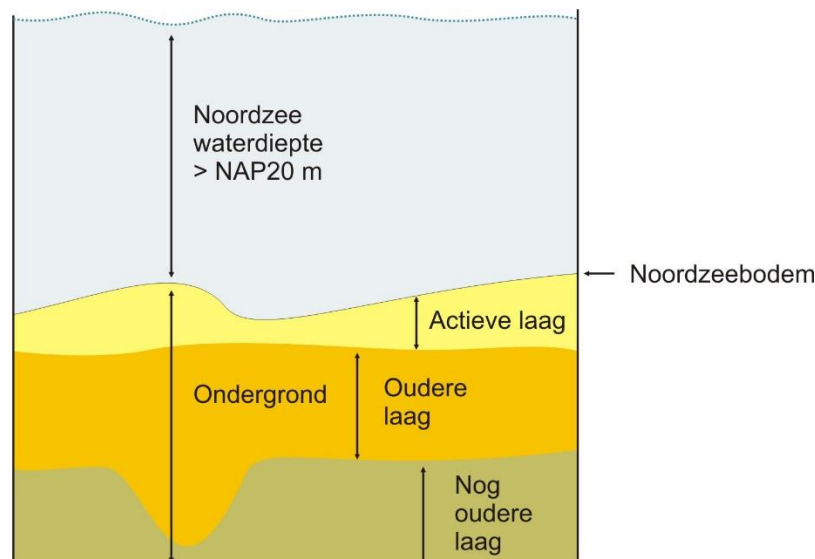
Specifiek zal aandacht worden besteedt aan de (on)mogelijkheden van het reeds bestaande Delfstoffen Informatie Systeem (DIS) om inzicht te krijgen in de sedimentsamenstelling van de ondergrond.

2 GEOLOGIE VAN DE NOORDZEE

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden enkele aspecten van de geologie van de Noordzeebodem toegelicht, om te verduidelijken welke variatie waar verwacht mag worden. De zandwingebieden in het NCP liggen buiten de doorgetrokken NAP -20 m lijn en binnen de 12-mijlszone langs de Nederlandse kust, van Zeeland tot de Wadden. Zandwinning vindt overwegend plaats in de bovenste twee tot acht meter van de Noordzeebodem. Het aandachtsgebied voor deze notitie betreft daarmee de bovenste acht meter in de strook tussen de doorgetrokken NAP -20 m lijn en de 12-mijlszone langs de Nederlandse kust.

De opbouw van de ondergrond in de zandwingebieden bestaat uit een 'actieve' laag aan de bovenzijde, met daaronder oudere geologische lagen (Figuur 1). De Noordzeebodem is de zeebodem: de overgang van het zeewater naar het sediment in de Noordzee. De 'actieve' laag is de laag sediment die door de processen in de Noordzee (getijdestroming, stormgolven en doorgraving door organismen) wordt gemengd en die in geologische dwarsdoorsneden van de ondergrond van de Noordzee wordt aangeduid met de naam "Bligh bank" formatie. De dikte van de Bligh bank formatie varieert en is onder andere afhankelijk van de aan- of afwezigheid van bodemvormen (megaribbels, 'dunes').

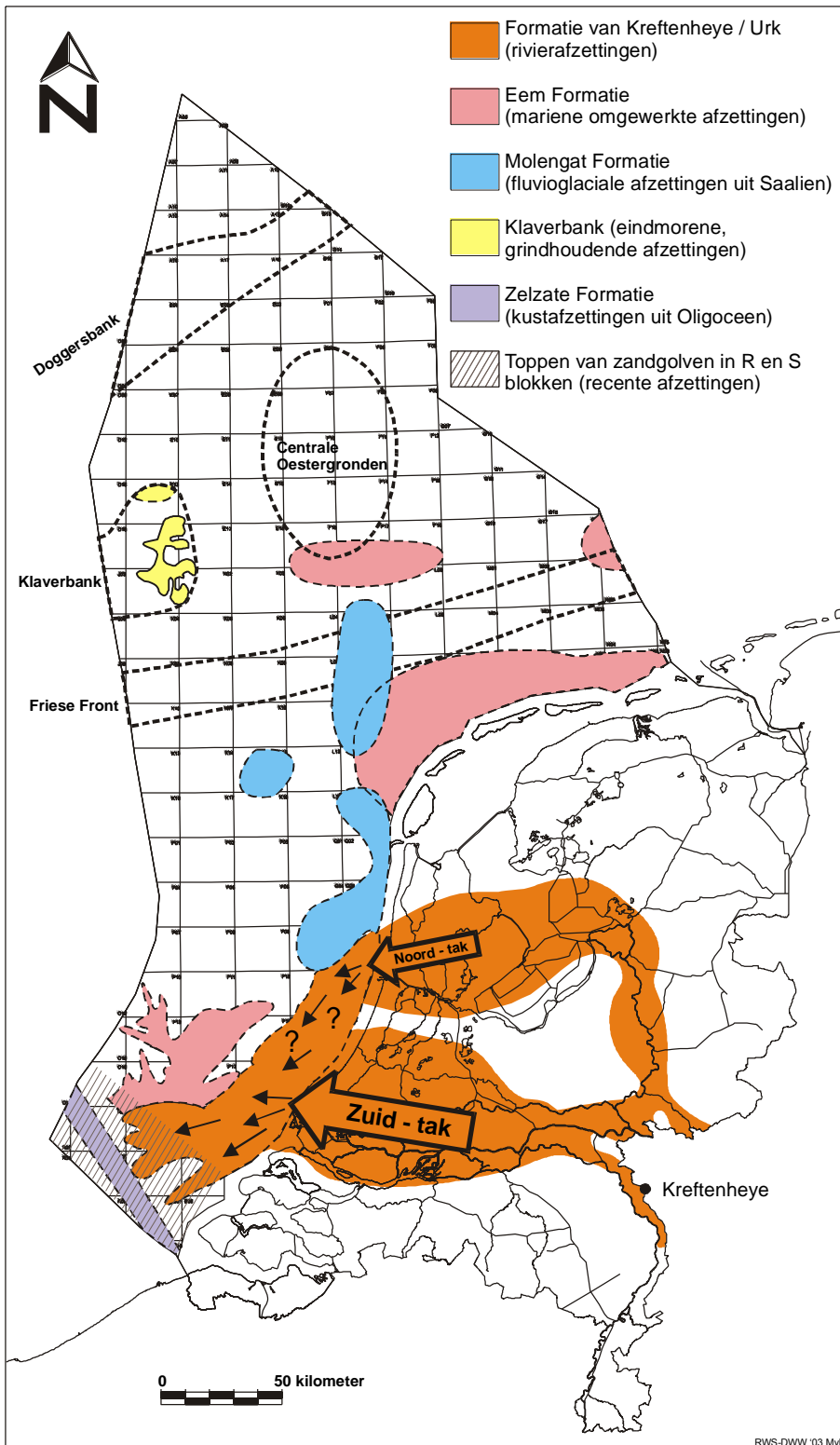


Figuur 1 Schematische weergave van de opbouw van de ondergrond van de Noordzee.

Welke oudere geologische lagen onder de actieve laag liggen, is afhankelijk van de geologische ontwikkeling die het betreffende gebied heeft doorgemaakt. Onder geologische ontwikkeling verstaan we in dit geval welke lagen er zijn gevormd, maar ook welke er weer zijn opgeruimd. In het aandachtsgebied van Zeeland tot en met de Wadden verschillen de lagen die aanwezig zijn sterk in oorsprong. In Figuur 2 is dit geïllustreerd met een kaart waarin de potentiële voorkomens van beton- en metselzand zijn weergegeven. Duidelijk is dat de geologische formaties¹ die in de

¹ Formatie is de basiseenheid van indeling van sedimenten en gesteenten die tegenwoordig voor de Nederlandse ondergrond wordt gehanteerd. Een formatie wordt soms (deels) onderverdeeld in laagpakketten en lagen. Meerdere formaties kunnen worden samengenomen in een groep. De bij de indeling van de Nederlandse ondergrond gebruikte formaties zijn gedefinieerd in de Stratigrafische Nomenclator van Nederland (bron: Begrippenlijst van het DINOLoket).

Noordzee aanwezig zijn, verschillen per gebied (een overzicht van de formatienamen uit de Noordzee is opgenomen in bijlage 1 bij dit rapport).



Figuur 2 Kaart van het NCP met daarin gemarkeerd de potentiële onderzoeksgebieden naar grind en grof zand op zee uit het Eindrapport Beton- en metselzand uit de Noordzee (PIA, 2004, figuur samengesteld naar Laban, 2002). Alle gemarkeerde formaties en de toppen van de zandgolven vormen in potentie een bron van grind en grof zand.

De perioden waarin de afzettingen zijn gevormd verschillen per afzettingen, net als de processen die hebben gezorgd voor de vorming. De formaties waar fluvio-glaciale en

eindmorene wordt vermeld zijn gevormd in de nabijheid van het ijs dat in ijstijden delen van de Noordzee en Nederland heeft bedekt. Deze formaties worden alleen aangetroffen in het Noordelijke deel van de Noordzee, omdat de ijsbedekking niet verder naar het zuiden is uitgebreid. De verbreiding van Formatie van Kreftenheye is gekoppeld aan de ligging van de riviersystemen waardoor deze zijn afgezet. De Zelzate formatie heeft een veel oudere geologische oorsprong, het geologische tijdperk waarin de Zelzate formatie werd gevormd is het Oligoceen. Dit tijdperk duurde van 34 tot 23 miljoen jaar geleden. Vanwege de geologische opbouw van het Noordzeebekken komen lagen van deze ouderdom alleen in het uiterste zuiden van het NCP in nabijheid van de Noordzeebodem voor.

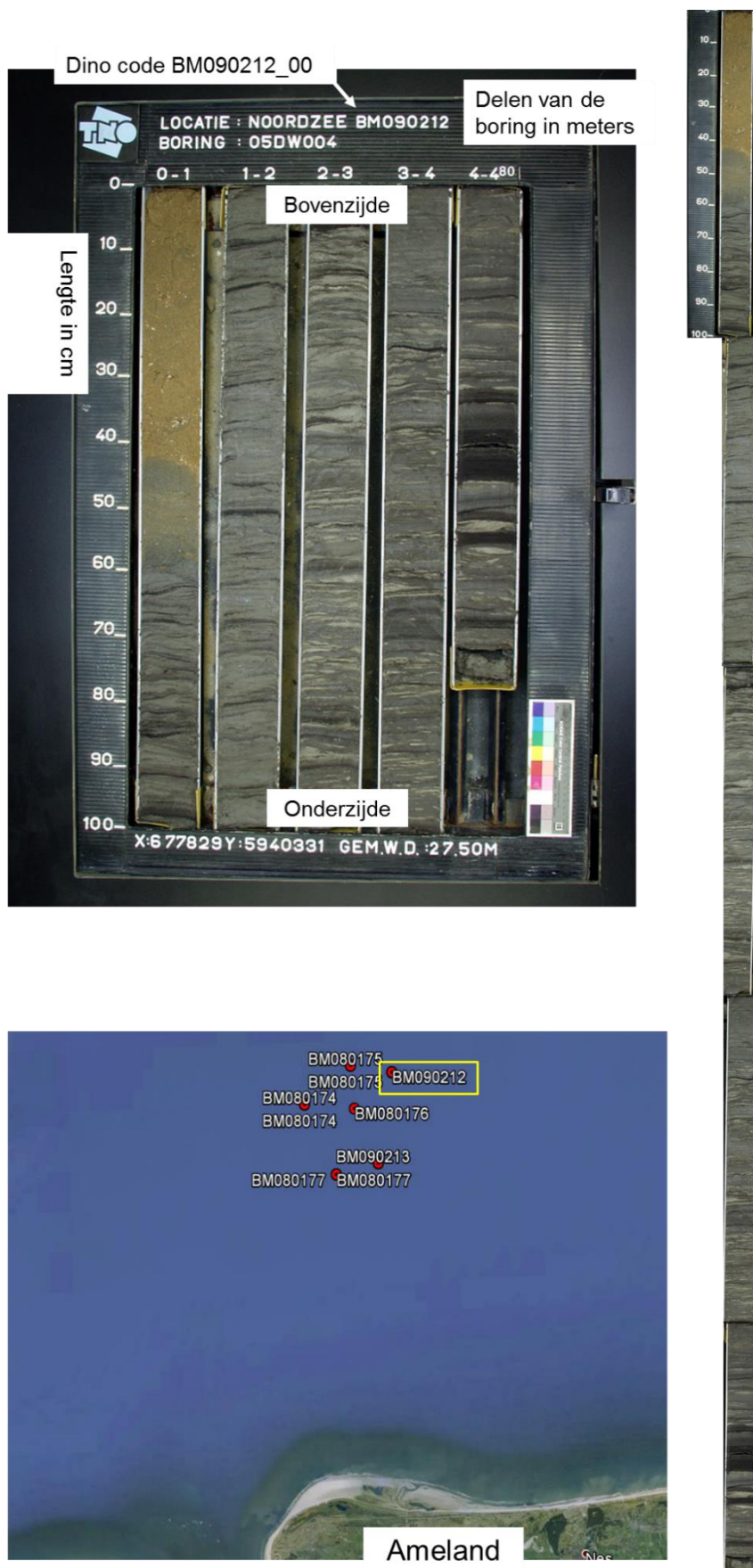
2.2 Toelichting bij de foto's van boorkernen

In de volgende paragrafen van dit hoofdstuk wordt de geologische opbouw geïllustreerd met foto's van boorkernen uit verschillende delen van de Noordzee. In deze paragraaf wordt een beknopte toelichting gegeven op de wijze waarop de boringen tot stand komen en hoe de foto's van boringen 'gelezen' dienen te worden.

Figuur 3 toont een foto van de boorkernen van één boring uit de Noordzee. Deze foto's zijn, net als de boorbeschrijvingen en, indien uitgevoerd de resultaten van korrelgrootteanalyses en andere analyses, opgeslagen in de database met gegevens van de Nederlandse ondergrond (DINO). Op enkele uitzonderingen na zijn dergelijke gestoken boringen uit de Noordzee gemaakt een vibrocorer. Met de vibrocorer wordt in een keer een lange boorkern gemaakt (in een plastic buis), die vanwege de verwerking aan boord direct in stukken van één meter (of korter) wordt gezaagd. Deze delen worden (veelal in het laboratorium) doorgesneden en opgeklapt, waarna een helft wordt gebruikt voor het maken van foto's. Voor het maken van de foto wordt deze helften van de boorkernen naast elkaar gelegd, waarbij de bovenzijde van de boring aan de linkerzijde wordt gelegd en de diepere delen steeds aan de rechterzijde worden geplaatst.

In Figuur 3 zijn aan de rechterzijde van de boorkernen teruggeplaatst in de positie waarin ze in de oorspronkelijke boring aanwezig waren. Aan de bovenzijde bevindt zich de zeebodem (op een waterdiepte van gemiddeld 27,5 m, zoals vermeld aan de onderzijde van de foto). In de bijbehorende boorbeschrijving, die ook in DINO is opgenomen, is te lezen dat in deze boring drie pakketten zijn onderscheiden, met een verschillende sedimentsamenstelling. Het bovenste pakket loopt door tot 60 cm onder zeebodem en bestaat uit zand, met als kenmerken zeer grof (mediaan 320 µm), zwak siltig, zwak humeus en kalkrijk. De bovenste 40 cm hiervan hebben een duidelijke gele kleur. Onder dit pakket bevindt zich van 0,6 m tot 2 m een pakket dat in de booromschrijving is aangeduid met donker-grijs zand, zeer fijn (mediaan 110 µm), sterk siltig, sterk humeus, kalkarm. In de foto is te zien dat het afwisseling betreft van donkere en lichtgrijze laagjes, dit is een afwisseling van slib en zand. De donkerder laagjes zijn rijker aan organisch materiaal. Van 2 m tot het einde van de boring is het pakket omschreven als donker-grijze klei, matig siltig, matig humeus, kalkrijk. In de foto lijkt sprake te zijn van één pakket met afwisselende zand en klei laagjes van 0,6 m gaat tot het einde van de boring, waarbij het bovenste deel rijker is aan zand en het onderste deel rijker is aan klei.

Het bovenste pakket van geelbruin zand is waarschijnlijk de actieve zone (Bligh bank formatie), dat wil zeggen het sediment dat op de bodem van de Noordzee in beweging is door de stroming, golven en bioturbatie. Deze interpretatie is gebaseerd op algemene kennis van Noordzeesediment. Zonder aanvullende informatie (over bijvoorbeeld de soorten schelpen, andere fossiele macroresten, pollen en diatomeeën en de ouderdom) kan geen interpretatie worden gegeven van de origine van de zand en klei afwisselingen. Dergelijke afwisselingen van zand en klei kunnen in verschillende afzettingsmilieus (getijdegeulen, rivierarmen, glaciële meertjes) zijn gevormd.



Figuur 3 Illustratie met linksboven een foto van boorkernen van één gestoken boring (uitgevoerd met een vibrocorer) uit de Noordzee. Linksonder de positie van de boring ten noorden van Ameland. Aan de rechterzijde zijn de boorkernen teruggelegd in hun oorspronkelijke positie.

Het in Figuur 3 getoonde voorbeeld betreft één boring. In sommige gevallen zijn meerdere kortere boringen naast elkaar geplaatst op een foto, dat blijkt uit de boornummers en de vermelding van de dieptes.

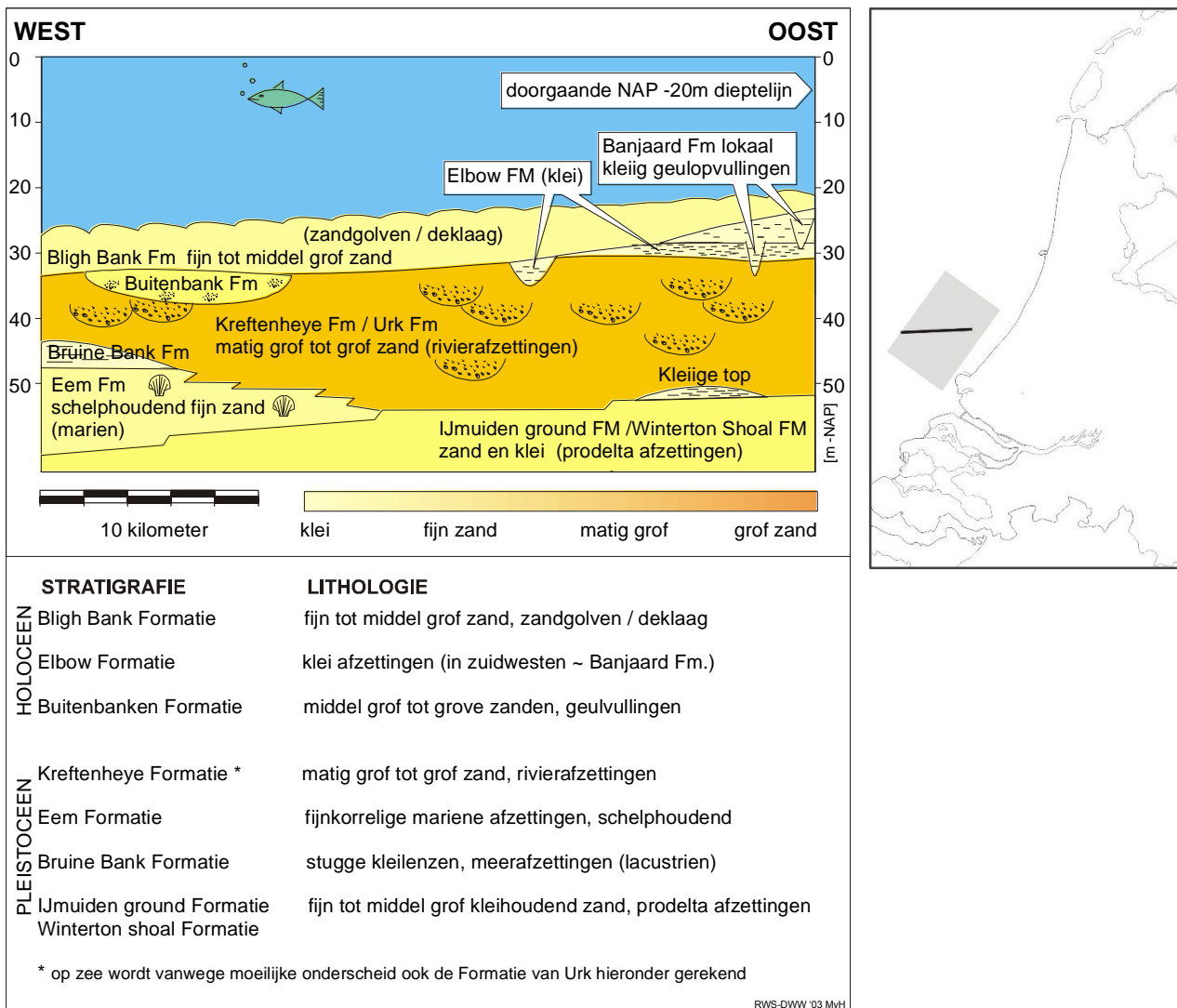
2.3 Zuid-Holland en de Formatie van Kreftenheye

Ten zuidwesten van Zuid-Holland en ten westen van Zeeland ligt relatief ondiep onder de Noordzeebodem zand dat is afgezet door riviersystemen die daar in de laatste en voorlaatste ijstijd hebben gestroomd en die worden gerekend tot de Formatie van Kreftenheye. De riviersystemen betreffen de zuidtak, zoals die is aangegeven in Figuur 2. In de twee boringen in Figuur 4 is aan de onderzijde van de boringen (gemarkeerd met C) zand zichtbaar dat tot de Formatie van Kreftenheye wordt gerekend. Bovenop het zand van de formatie van Kreftenheye waarin geen mariene schelpen worden aangetroffen, ligt zand met mariene schelpen (gemarkeerd met B) dit zijn Holocene geulafzettingen (die worden gerekend tot de Buitenbank Formatie, zie bijlage 1). Daarop ligt het recent omgewerkte Noordzeezand (gemarkeerd met A), de actieve zone die tot de Blijbank formatie wordt gerekend.



Figuur 4 Twee boringen uit de omgeving van Zuid-Holland; ter plaatse van de Loswal Noord (DINO kenmerk BQ160604_00, bron Dinoloket).

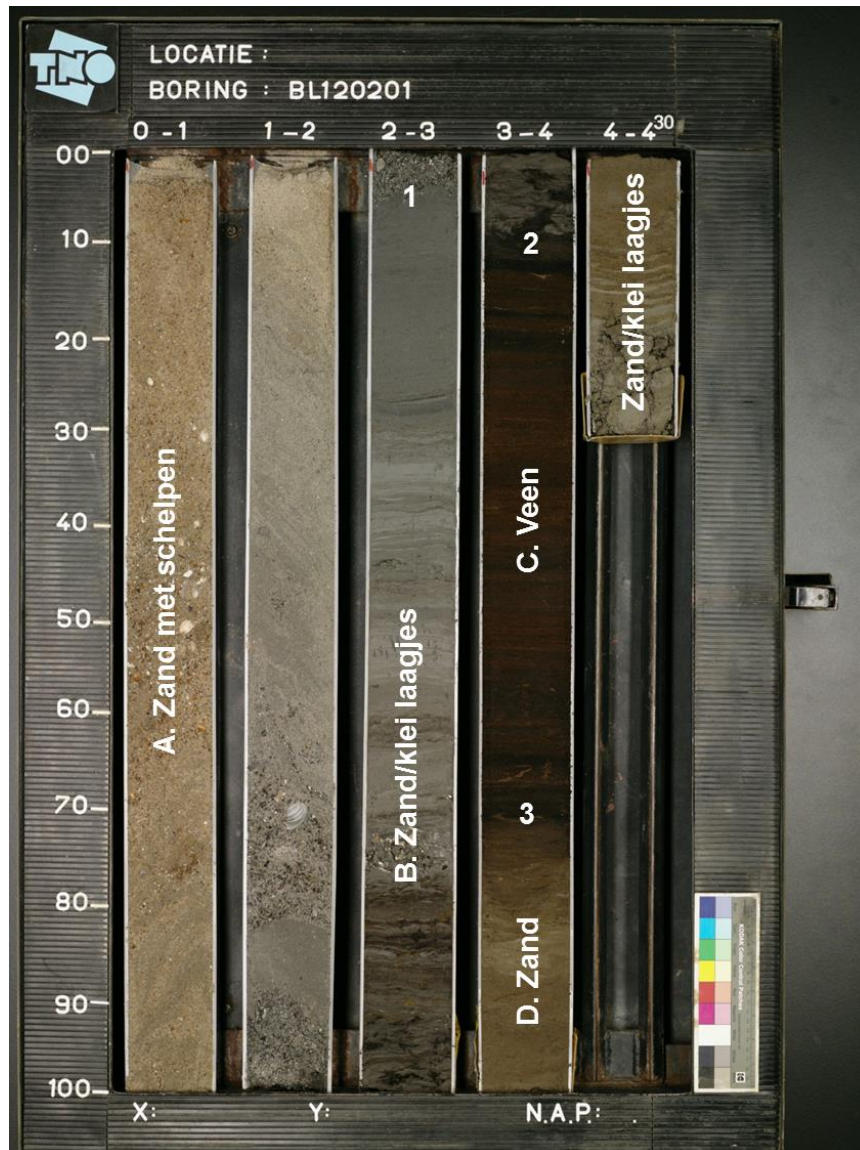
Beide getoonde boringen bevatten veel (grof) zand en weinig tot geen slib. De opbouw van de ondergrond in de twee getoonde boringen wordt echter niet overal aangetroffen voor de kust van Zuid-Holland, omdat sommige lagen niet overal aanwezig zijn, of omdat andere lagen tussen of in plaats van deze lagen aanwezig zijn. Figuur 5, dat is overgenomen uit het Eindrapport Beton- en metselzand uit de Noordzee (PIA, 2004) geeft een schematische oost-west doorsnede van de Noordzee ten westen van Zuid-Holland. In deze doorsnede is te zien dat lokaal in de nabijheid van de kust (de doorgetrokken NAP -20 m lijn) kleirijke geulinsnijdingen worden aangetroffen. Ook wordt lokaal kleirijk sediment onder de formatie van Kreftenheye aangetroffen, maar dit ligt in deze omgeving dermate diep dat het buiten de beschouwing kan worden gelaten. De dwarsdoorsnede in Figuur 5 is een schematische weergave van de geologische opbouw die in het gehele gebied ten westen van Zuid-Holland wordt aangetroffen. De dikte van de formaties en de diepte waarop de overgangen worden aangetroffen verschillen binnen het gebied. Vooral de geulinsnijdingen zijn, in hun aard lokale fenomenen. Waar geulen aanwezig zijn, verschilt de diepte tot waar de geulen zijn ingesneden.



Figuur 5 Schematisch oost-west profiel van de Noordzeebodem voor de Zuid-Hollandse kust, vanaf de doorgaande NAP -20 meter dieptelijn in zeevaartse richting uit het Eindrapport Beton- en metselzand uit de Noordzee (PIA, 2004, figuur samengesteld naar Laban, 2002).

2.4 Basisveen ten noorden van Vlieland

Figuur 6 laat een boring zien uit de Noordzee ten noorden van Vlieland, met een totale lengte van 4,3 m. Van boven naar beneden is in deze boring zichtbaar dat de bovenste 2 m van de Noordzeebodem bestaat uit zand met schelpen (A in Figuur 6). Dit zand met schelpen wordt tot de Blichbank Formatie gerekend. Deze interpretatie is gebaseerd op de algemene kennis van de geologie van de Noordzeebodem, waarbij vrijwel overal een laag grofzand met (mariene) schelpen wordt aangetroffen.



Figuur 6 Boring ten noorden van Vlieland (DINO kenmerk BL120201_00, bron Dinoloket).

Met 1 is in Figuur 6 de overgang gemarkeerd van het recente omgewerkte Noordzeezand naar het onderliggende pakket dat bestaat uit een afwisseling van zand en kleilagen (B in Figuur 6). Dit materiaal is waarschijnlijk afgezet in een getijdemilieu (geul) tijdens het Holoceen. Het wordt tot de Elbow Formatie² gerekend,

² Naast de Elbow formatie staat in Figuur 5 ook de Banjaard formatie vermeld. Deze afzettingen kunnen in de voorkomen geheel overeenkomen, maar verschillen in ouderdom: de afzettingen van de Elbow formatie zijn eerder gevormd dan de afzettingen van de Banjaard formatie. Dit onderscheid is niet te maken zonder aanvullende informatie over de ouderdom van de afzettingen in de vorm van C-14 dateringen, of interpretaties op basis van andere informatie (bijvoorbeeld de pollensamenstelling). Op het vasteland van Nederland wordt geen onderscheid meer

net als het onderliggende veen (C in Figuur 6). De overgang van de zandkleilagen naar het veen ligt bij 2 in Figuur 6. Het veen is het zogenaamd Basisveen. Dit veen vormt de basis van veel Holocene afzettingen in West-Nederland. Het is gevormd aan het begin van het Holoceen op het Pleistocene landschap, onder invloed van de stijgende (grond)waterspiegel. Het veen wordt ook aangetroffen in boringen in de omgeving en wordt vanwege de omvang (dikte en ruimtelijke verbreiding) beschouwd als een stoorlaag. Deze laag wordt vermeden bij de zandwinning. Het veen ligt op fijn zand en zand en kleilaagjes (D in Figuur 6) die tijdens de laatste ijstijd (Weichsel) zijn afgezet.

2.5 Lokaal ingesneden geulen

Figuur 7 toont dezelfde boring uit de Noordzee ten noorden van Ameland als in Figuur 3. De boring heeft een totale lengte van 4,8 m. De laag zand met schelpen die de Blijhbank Formatie vormt (A in Figuur 7) is in deze boring met 0,5 m relatief dun.



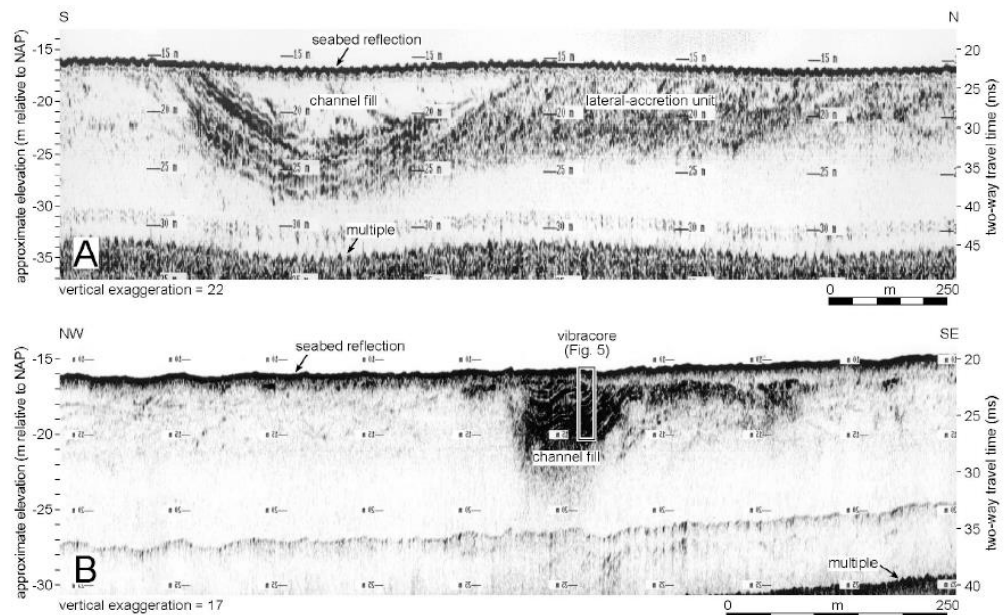
Figuur 7 Boring ten noorden van Ameland (DINO kenmerk BM090212_00, bron Dinoloket).

gemaakt naar de ouderdom van de afzettingen, daar worden vergelijkbare afzettingen als uit Elbow en Banjaard formatie gerekend tot de Formatie van Naaldwijk (Weerts e.a., 2000)

Bij 1 is de overgang aanwezig naar het onderliggende pakket, dat bestaat uit een afwisseling zand en kleilaagjes (B in Figuur 7). Deze afwisseling geeft de stapeling van ‘bandjes’ in verschillende kleurschakering tussen licht- en donkergrijs. De 4,3 m aan klei-zandlaagjes wordt gerekend tot de Elbow Formatie en is afgezet in een getijdemilieu (geul). In boringen in de omgeving is dit materiaal niet, of in veel mindere mate aanwezig. Waarschijnlijk is de zand-kleiafwisseling afgezet in een getijdegeul die ter plaatse wat dieper is ingesneden in de ondergrond.

De ruimtelijke verbreiding van dit soort geulinsnijdingen is gerapporteerd en geïllustreerd voor het Noordzeegebied ten westen van de centrale Hollandse kust in Rieu e.a. (2005). De informatie uit boringen is aangevuld met seismische informatie van de bovenste meters van de Noordzeebodem. Seismische informatie wordt verzameld in lijnen en levert daarmee informatie over de ruimtelijke verbreiding van structuren. De gebruikte seismische informatie is ondiepe seismiek, dit in tegenstelling tot de diepe seismiek, waarmee voor de olie- en gasindustrie informatie over de bovenste kilometers van de Noordzee wordt verzameld. Seismische informatie levert primair informatie over de structuren in de ondergrond. Ook kan informatie worden afgeleid over de verschillen in bodemsamenstelling. De informatie in de seismiek is gebaseerd op het optreden van seismische reflecties op overgangen van het ene naar de andere sedimenttype. De daadwerkelijke samenstelling van het sediment moet worden afgeleid uit geologische gebiedskennis en boringen.

In Figuur 8 zijn gedeeltes van twee seismische lijnen weergegeven waarin geulinsnijdingen met de opvulling daarvan zichtbaar is. De interpretatie van de seismiek en de boringen heeft geleid tot de kaart in Figuur 9.



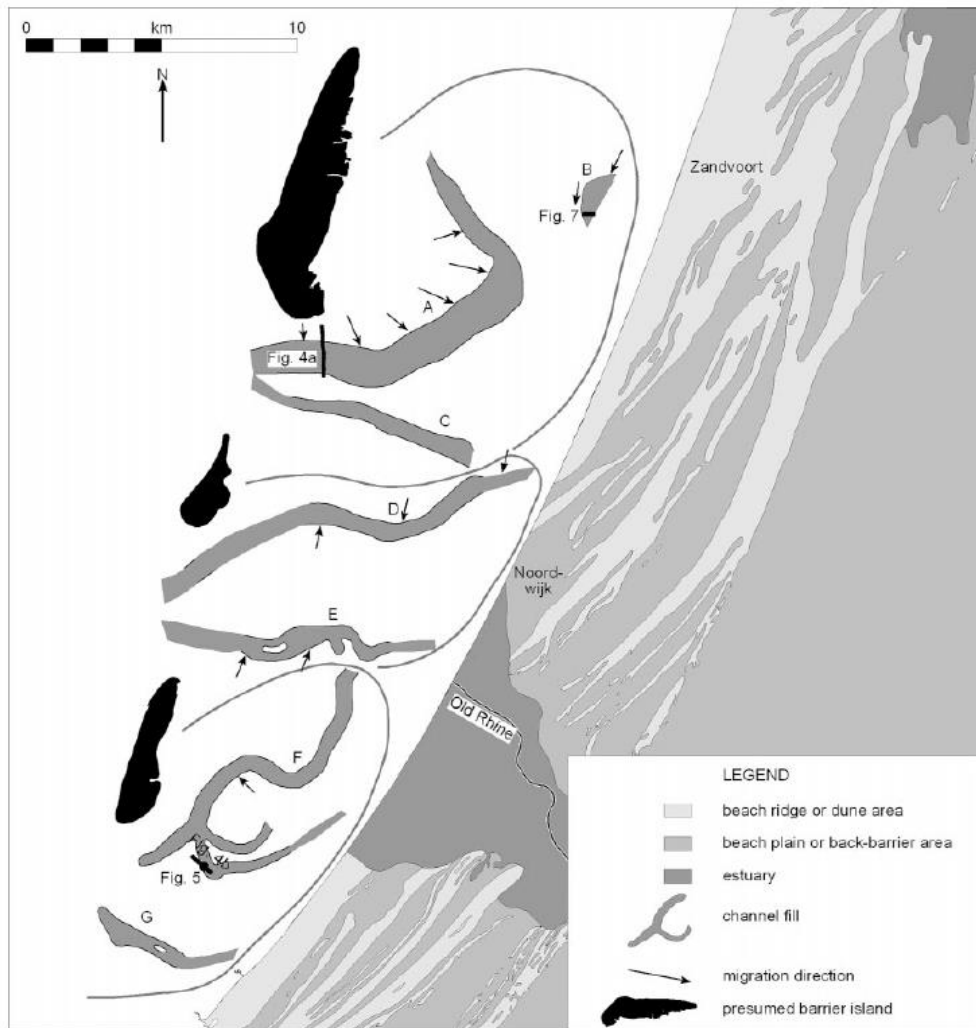
Figuur 8 Seismische opnamen van de Noordzeebodem met patronen die wijzen op de aanwezigheid van geulen (channel fill: opvulling van de geul; lateral accretion unit: geul wanden). Seabed reflection is de zeebodem, de multiple is de tweede weergave daarvan. Overgenomen uit Rieu e.a., 2005.

2.6 Het geologische model

In de kaart in Figuur 9 zijn niet alleen de geulen getoond, maar is ook aangegeven hoe deze geulen passen bij een afzettingmilieu dat bestaat uit een waddenkust met getijdebekkens. Bij het opstellen van een geologisch model is het toevoegen van kennis over de vorming een belangrijke stap. De verwachtingen over het wel of niet aanwezig zijn van bepaalde formaties is mede gebaseerd op deze interpretatie van de vorming. Verder is ook van belang of daarna erosie heeft plaatsgevonden, waardoor

afgezet sediment in daarna volgende periodes weer verdwenen is. In het voorbeeld van de geulinsnijdingen uit Rieu e.a. (2005) heeft erosie door de landwaarts verplaatsende kustlijn veel van de geulafzettingen opgeruimd, zodat alleen de diepst ingesneden delen zijn overgebleven.

Het voorbeeld van de Holocene getijdegeulinsnijding en –opvulling in de studie van Rieu et al. (2005) laat zien dat, op basis van het model voor de vorming en de daaropvolgende erosie, deze geulen niet overal in het studiegebied worden verwacht. De reconstructie van de loop van de riviersystemen van de Formatie van Kreftenheye in Figuur 2 is ook een voorbeeld van het toevoegen van kennis van het afzettingsmilieus.



Figuur 9 Holocene opvullingen van getijdegeulen in de ondergrond van de Noordzee ten westen van Katwijk (Old Rhine), Noordwijk en Zandvoort (uit Rieu e.a., 2005).

De getoonde boringen en de seismiek geven een beeld van de wijze waarop sediment in de Noordzeebodem wordt aangetroffen en laten ook zien welke typen sediment worden aangetroffen. De variatie in het sediment in de Noordzee is groot, zowel lateraal als in de diepte. De getoonde boringen geven geen representatief beeld van de ondergrond van de Noordzee en zelfs niet noodzakelijkerwijs van de omgeving van de boringen. Aanvullende informatie uit seismische lijnen geeft inzicht in de structuren en de verbreiding van afzettingen. Daarbij levert geologische kennis van de vorming en de eventueel daaropvolgende erosie verdere aanwijzingen over de verbreiding van afzetting. In het DelfstoffenInformatieSysteem zijn de verschillende gegevens en informatiebronnen gecombineerd.

3 HET DELFSTOFFENINFORMATIESYSTEEM (DIS)

3.1 Inleiding

Het DelfstoffenInformatieSysteem (DIS) is een model van de ondergrond van een deel van het NCP dat in beeld is voor de winning van oppervlakte delfstoffen. Een beschrijving van het huidige DIS staat in het rapport "De update van het delfstoffeninformatiesysteem voor het NCP" (Maljers-Oosterwijk e.a., 2014). In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving van het DIS gegeven.

Het DIS omvat een strook van Noordzee parallel aan de kust, die vanaf de vereenvoudigde NAP -15 m tot de 12 mijlszone loopt. Het dieptebereik van het model is 8 m onder de Noordzeebodem. Het model heeft een grid van 250 m x 250 m x 0,5m.

Het DIS bevat informatie in drie separate modellen, met gegevens over:

1. Lithologie, oftewel de sedimentsamenstelling, met inbegrip van de korrelgrootte van het zand, indien bekend (Tabel 1);
2. Schelpen, in termen van percentages dan wel afwezigheid (Tabel 2);
3. Slib, in termen van percentages dan wel afwezigheid (Tabel 3).

Tabel 1 Lithoklasse indeling in het DIS (uit Maljers-Oosterwijk e.a., 2014).

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

Tabel 2 Schelpenklasse indeling in het DIS (uit Maljers-Oosterwijk e.a., 2014).

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

Tabel 3 Slibklasse indeling in het DIS (uit Maljers-Oosterwijk e.a., 2014).

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

Het model is gevuld op basis van statistische bewerking van gegevens uit boringen, korrelgrootteverdelingen, een geologische lagenmodel (voor een deel van het gebied, niet ten noorden van de Waddeneilanden) en de bathymetrie van de Noordzee. Voor een beschrijving van de bewerking die zijn uitgevoerd om te komen tot de drie modellen wordt verwezen naar Maljers-Oosterwijk (2014).

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op een aantal praktische aspecten die samenhangen met de inzet van het DIS bij vragen rond de zandwinning.

3.2 Slibklassen

In het DIS is een indeling in vier slibklassen opgenomen. De slibpercentages zoals die zijn opgenomen in het model met de slibklassen zijn voor een deel gebaseerd op korrelgrootte-analyses die in het laboratorium zijn uitgevoerd. Een ander deel van de percentages is gebaseerd op visuele bepalingen. De gehanteerde methode bestaat uit het toevoegen van een theelepeltje sediment aan 100 ml water. Na schudden wordt het gesuspendeerde monster kwalitatief geclassificeerd op basis van mate en duur van troebelheid.

Tabel 4 Visuele bepaling slibgehalte

percentage slib	reactie	terminologie
< 1	zeer weinig zwevende deeltjes	slibarm
≥ 1 - < 2	lichte troebelheid	zwak slibhoudend
≥ 2 - < 4	korte troebelheid	matig slibhoudend
≥ 4 - < 10	lange troebelheid	sterk slibhoudend
≥ 10	bijna ondoorzichtig	slibrijk

Deze methode geeft een eerste-orde indicatie voor het slibgehalte. De methode maakt geen onderscheid tussen langzaam bezinkende lutum en sneller bezinkend silt (met name fractie > 16 µm). Voor nadere precisering is laboratoriumanalyse vereist. De uitkomst van de methode is zeer afhankelijk van waar in de boring het theelepeltje sediment is genomen. Het is niet duidelijk of de percentages die met deze methode worden bepaald refereren aan gewichtspercentages (gebruikelijk) of aan volumepercentages slib.

Gewichts- en volumepercentages slib

Het is lastig, of liever gezegd onmogelijk om het gewichtspercentages slib op het oog te bepalen, omdat er een groot verschil zit tussen het volumepercentage en het gewichtspercentages slib. Het soortelijke gewicht van slib is met 450 kg/m³ namelijk veel lager dan het soortelijke gewicht voor zand (1550 kg/m³). Een mengsel met gelijk volume slib en een gelijk volume zand en daarmee een volumepercentage slib van

50%, heeft een gewichtspercentage slib van 22,5% (=450 kg/(450kg +1550kg)). Dat betekent dat boringen die op het oog zeer rijk zijn aan slib, zoals het voorbeeld in Figuur 10, gewichtspercentages slib heeft die lager zijn dan wordt ingeschat.

De slibpercentages van 2,5% en 3% die worden gehanteerd in de MERstudies, komen overeen met volumepercentages slib van 8% en 10%.



Figuur 10 Detail van een boring van de Steenbank, met een afwisseling van laagjes slib (glad, iets lichter grijs) en zand (korrelige textuur, iets donkerder grijs). Locatie ten westen van Zeeland (DINO kenmerk BS070216_00, bron Dinoloket).

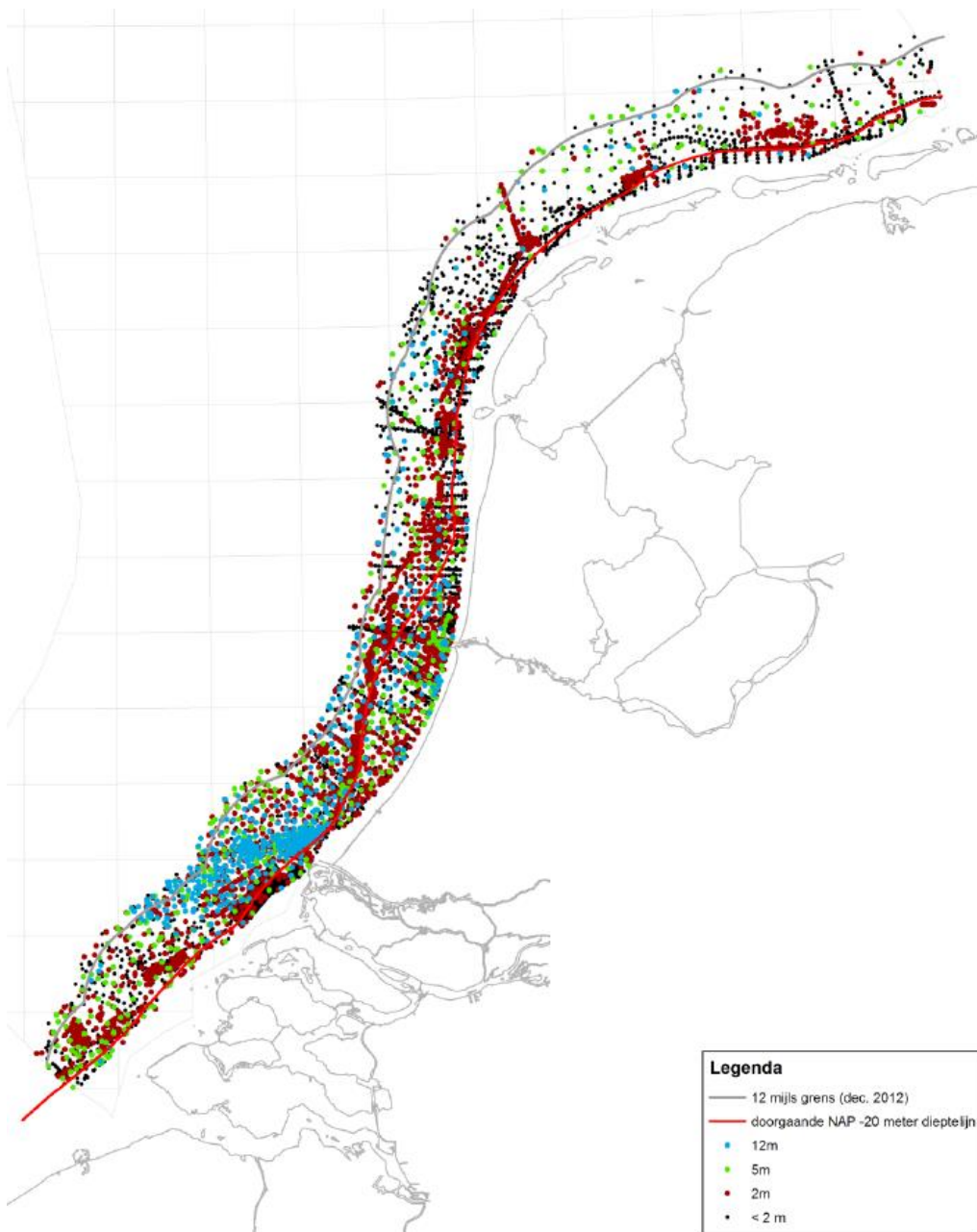
Het is niet mogelijk om vanuit de slibklassen naar slibpercentages te interpoleren, daarvoor is onvoldoende duidelijk wat de kwaliteit van de verschillende waarnemingen is. De bruikbaarheid van de slibgetallen valt en staat met het feit of de waardes zijn gemeten dan wel zijn geschat. In het geval van schatting is de betrouwbaarheid zeer laag. Omdat in de database niet wordt aangegeven of de slibwaarden zijn gemeten dan wel zijn geschat kunnen slibgehaltewaardes alleen als indicatief worden gebruikt. Dit betekent dat het DIS wel kan worden gebruikt om de slibrijke gebieden te vermijden, maar niet om het slibpercentage te bepalen dat in effectstudies gebruikt kan worden.

3.3 Gegevensdichtheid

De dichtheid aan gegevens die is gebruikt voor het opstellen van het DIS, is niet voor alle gebieden hetzelfde. Figuur 11 geeft een overzicht van de boringen die zijn gebruikt in het DIS en de einddieptes van deze boringen. Het aantal boringen is het grootst voor het gebied bij Zuid-Holland en Zeeland dat in detail in de PIA Beton- en Metselzand studies (PIA, 2004) is onderzocht en waar ook de zandwinning voor de Maasvlakte II heeft plaatsgevonden. In dit gebied is de dichtheid van boringen het grootst en zijn ook de meeste diepe boringen (langer dan 8 m) uitgevoerd. Het aantal boringen is het laagst ten noorden in het waddengebied.

De redenen voor de variatie in datadichtheid zijn de geologische opbouw van de ondergrond en de benutting van de ondergrond. Als op basis van de bestaande geologische kennis wordt veronderstelt dat de variatie in de geologische opbouw

groot is, dan zal worden ingezet op een uitgebreidere boorcampagne. Daar waar veel kennis nodig is van de ondergrond voor gebruik, beheer en beleid worden over het algemeen ook meer boringen gezet. Dit geldt bijvoorbeeld voor de aanleg van kabels, leidingen en windparken en voor de plannen rond het vliegvel in zee. Het geologische model dat is toegepast in het DIS, is gebouwd vanwege het onderzoek aan een eiland in zee (project Flyland) en het is daarom beperkt tot de Noordzee ten westen van Holland. De grote dichtheid aan boringen in het gebied met de Formatie van Kreftenheye (Figuur 2) is zowel ingegeven door de vraag naar beton en metselzand, als door de variatie in de geologische opbouw van de ondergrond.



Figuur 11 Verspreiding en dieptebereik van de boringen die zijn gebruikt voor het opstellen van het DIS (uit Majers e.a., 2014).

De consequentie van het verschil in de datadichtheid is dat de voorspelkracht van het DIS niet voor de alle ruimtelijke delen hetzelfde is. In het algemeen is de voorspelkracht het grootst voor het gebied ten westen van de Hollandse kust en voor het ondiepe bereik (de eerste meters onder de Noordzeebodem).

3.4 Aanvullende informatie/ Gegevens toevoegen aan het DIS

Het toevoegen van nieuwe geologische informatie aan het DIS (boringen, korrelgrootte gegevens, geologisch model) is mogelijk, maar betekent wel dat alle statistische bewerkingen voor het betreffende deelgebied opnieuw moeten worden uitgevoerd. Ook ruimtelijke uitbreidingen vereisen dat de statische bewerkingen opnieuw worden uitgevoerd.

Het wordt als minder gewenst gezien om informatie uit een geologisch model toe te voegen aan het DIS, als die informatie betrekking heeft op een klein deelgebied. Dergelijke informatie toevoegen betekent namelijk dat de informatie in het DIS minder homogeen wordt.

Nieuwe bathymetrische informatie over gebieden die in de loop van de jaren zijn verdiept, bijvoorbeeld gebieden waar zandwinning heeft plaatsgevonden, kunnen worden toegevoegd aan het bestaande model. De informatie in het verdiepte gebied kan worden uitgesneden met de nieuwe bathymetrie. Dit is een relatief eenvoudige exercitie. Het omgekeerde, het toevoegen van gebieden die zijn verondiept (door de dynamiek van zandgolven, of door het storten van materiaal) vereist dat er informatie wordt toegevoegd over de samenstelling. Het toevoegen betekent derhalve dat de statistische bewerkingen opnieuw uitgevoerd moeten worden en dit is een veel uitgebreidere exercitie

4 GEOLOGISCHE INFORMATIE VAN ZANDWINBELEID TOT WINGEBIED

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toepasbaarheid van geologische informatie voor het afbakenen en specificeren van zandwingebieden geanalyseerd. Daarbij wordt van het grootste schaalniveau, de gehele Noordzee toegewerkt naar het schaalniveau van individuele wingebieden. De grote schaal wordt gehanteerd bij het vaststellen en aanpassen van beleid. De tussenliggende schaal is die van de zoekgebieden, die worden gehanteerd in de MER-en en achterliggende studies voor zandwinning. De kleinste schaal is die van de wingebieden, die worden toegewezen voor de zandwinning voor specifieke projecten. Verder is nog sprake van opnamegebieden, dit zijn deelgebieden van de zoekgebieden, waarbinnen bemonstering plaatsvindt om de uiteindelijke wingebieden vast te stellen.

Het uitgangspunt voor de analyse is steeds het DelfstoffenInformatieSysteem (DIS) en de mogelijkheden om het DIS uit te breiden of aan te vullen voor het betreffende doel.

4.2 Strategische beleidskeuzes

Het DelfstoffenInformatieSysteem is gebouwd om strategische keuzes te kunnen maken voor het beleid. Het beleid heeft betrekking op het zandwinbeleid, met aandacht voor de mogelijkheid om hoogwaardig zand (beton- en metselzand) op zee te kunnen winnen, en op het kustbeleid. Voor het kustbeleid is het belangrijk om te weten of ook op de langere termijn voldoende zand beschikbaar is voor het handhaven van de kustlijn door het uitvoeren van zandsuppleties. De beleidsvragen hebben betrekking op het gehele gebied in de Noordzee die in potentie geschikt zijn voor zandwinning. De ruimtelijke schaal van het DIS is daar specifiek op toegesneden. In zijn huidige vorm is het DIS zeer geschikt voor het beantwoorden van de beleidsvragen en voor het maken van strategische keuzes, bijvoorbeeld over de ruimtelijke reservering voor zandwinning.

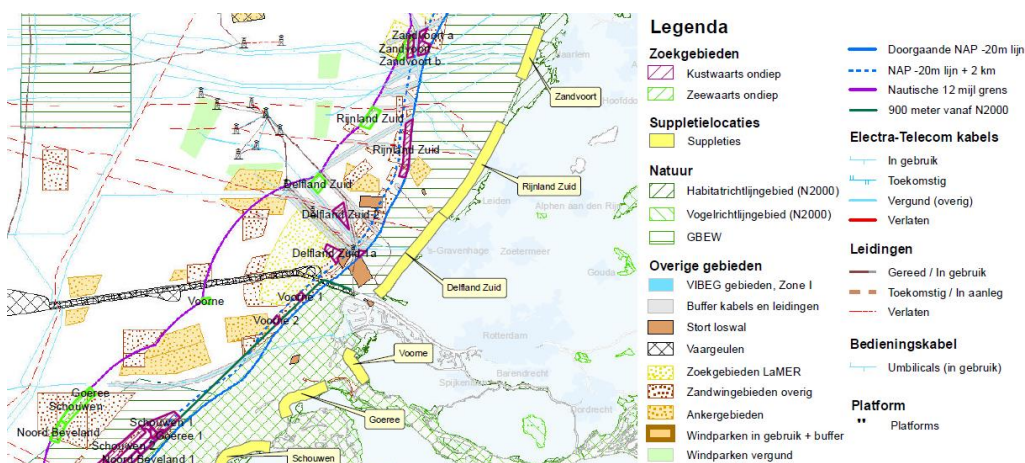
Voor het maken van strategische keuze rond de zandwinning en ruimtelijke ontwikkelingen (onder andere windparken) is het waarschijnlijk nuttig om de zeewaartse begrenzing van het DIS uit te bereiden. De huidige begrenzing van het DIS voor de Noordzee ten westen van de Centraal Hollandse kust (tussen Hoek van Holland en Bergen) loopt nu tot de 12-mijls zone. In het deel van de Noordzee ten westen van de Centraal Hollandse kust is sprake van een concentratie van verschillende activiteiten (kabels en leidingen, reeds uitgevoerde zandwinning, windparken,...). Het vinden van (toekomstige) zandwingebieden wordt hierdoor steeds moeilijker.

4.3 Zoekgebieden voor zandwinning

Het DIS is in zijn huidige vorm goed bruikbaar om de zoekgebieden te specificeren voor zandwinning. Zoekgebieden worden in de mer-procedure gebruikt om de gebieden af te bakenen waarbinnen zand gewonnen kan worden. Een voorbeeld van de ligging van de zoekgebieden staat in Figuur 12. De zoekgebieden hebben een oppervlakte van 1 tot ruim 10 vierkante kilometers. De zoekgebieden voor ondiepe winning (tot 2 m onder de zeebodem) en diepe winning (tot 8 m onder de zeebodem) zijn apart aangegeven. De omvang van de gebieden is afgestemd op de verwachte suppletiebehoefte in het nabije kustgebied. Bij de omrekening van verwacht suppletievolume naar oppervlakte van het wingebied is rekening gehouden met de onzekerheid in de kwaliteit van het sediment, waarbij voor diepe winning een grotere onzekerheid in rekening is gebracht.

De sedimentkarakteristieken die zijn opgenomen in het DIS maken het tot op zekere hoogte mogelijk om bij deze bij de selectie van zoekgebieden te betrekken. De informatie in het DIS is bruikbaar om gebieden te vermijden waar stoorlagen (klei- en veenlagen) aanwezig zijn. Ook gebieden waar veel schelpenmateriaal aanwezig zouden vermeden kunnen worden, als dat gewenst is vanwege het doel van de zandwinning. De klasseindeling die in het DIS is gehanteerd voor de korrelgroottes van het sediment (Tabel 1) is bepalend voor de nauwkeurigheid die hierbij wordt gehanteerd. Deze indeling is grover dan de variatie die wordt aangetroffen op de stranden langs de Nederlandse kust. Zoals in de voorgaande paragraaf is opgemerkt, is de informatie over de slibgehalten in het DIS niet bruikbaar voor het maken van kwantitatieve schattingen van het slibgehalte.

Het is goed mogelijk om voor toekomstige MER-studies op de schaal van potentiële zoekgebieden aanvullende geologische informatie te verzamelen ten bate van de afbakening. In eerste instantie kan dat gebeuren door bestaande boringen, seismische surveys en geologische detailstudies te gebruiken. Eventueel kan nieuwe informatie worden verzameld en geanalyseerd, maar bedacht moet worden dat binnen het tijdspad van een MER-studie het inpassen van een programma met boringen of seismische surveys en de analyse, lastig is.



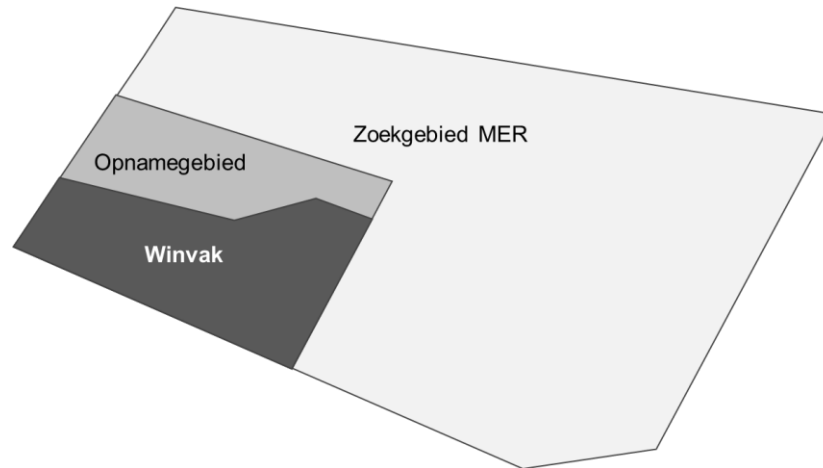
Figuur 12 Uitsnede uit de overzichtskaart van de zoekgebieden voor zandwinning (uit het MER winning suppletiezand 2014-1017, van Duin e.a., 2012).

Een afweging over het nut en de noodzaak van het toevoegen van meer gedetailleerde geologische informatie kan worden gemaakt op basis van het DIS, in combinatie met expertkennis van de regionale geologie. Het lijkt op voorhand nuttig om aandacht te besteden aan die gebieden waar diepe winning zal gaan plaatsvinden, omdat ondiepe alternatieven beperkt zijn. De onzekerheidsmarge die nu is gebruikt om de benodigde oppervlakte te berekenen kan voor die gebieden waarschijnlijk worden teruggebracht.

4.4 Zoekgebieden, opnamegebieden en winvakken

Basis voor het vaststellen van de winvakken zijn de zoekgebieden die in het MER en de ontgrondingenvergunning zijn opgenomen. Binnen de zoekgebieden worden opnamegebieden geselecteerd, waaraan geologisch onderzoek wordt uitgevoerd om vast te stellen of stoorlagen aanwezig zijn (veen) en het zand de gewenste eigenschappen heeft. Op basis van de resultaten van het geologische onderzoek en andere onderzoeken (bijvoorbeeld side-scan sonar opnamen om vast te stellen of wrakken of andere obstakels aanwezig zijn) wordt binnen het opnamegebied het zandwinvak vastgesteld.

De uitvoering van de zandwinning vindt plaats binnen de toegewezen zandwinkvakken, met een oppervlakte van 150-400 ha. De horizontale resolutie van het DIS is 250 m x 250 m, oftewel ruime 6 ha per gridcel. In de praktijk is deze resolutie niet voldoende om binnen de wingebieden te differentiëren in meer en minder geschikte gebieden.



Figuur 13 Schematisch kaartje met zoekgebied, opnamegebied en winvak.

Opnamegebieden zijn groter dan wingebieden. Het DIS kan worden gebruikt om inzicht te geven in de gewenste omvang van de opnamegebieden. Als op basis van het DIS blijkt dat lokaal veel variatie optreedt in de ondergrond, dan is een ruimer opnamegebied gewenst. Aanvullende informatie over de bodemsamenstelling van de opnamegebieden kan worden betrokken uit bestaande gegevens (boringen, seismisch onderzoek en, indien uitgevoerd voor het betreffende gebied, geologische analyses). Deze informatie kan worden gebruikt om de omvang van de opnamegebieden nader te specificeren en ook om gericht invulling te geven aan de opnamestrategie.

4.5 Toepasbaarheid van geologische informatie tijdens de uitvoering

De technische mogelijkheden van de moderne sleephopperzuigers die worden ingezet voor de zandwinning en het uitvoeren van zandsuppletie zijn groot. De plaatsbepalingsapparatuur, in combinatie met speciale software voor de bediening van de zuigmond en zuigbuis maken het mogelijk om met grote nauwkeurigheid zand te winnen en om gedeeltes over te slaan. In theorie is het mogelijk om slibrijke gedeeltes van de ondergrond, of stukken die anderszins minder geschikt zijn voor zandwinning, op de Noordzeebodem achter te laten. Ook hebben de baggeraars die werkzaamheden uitvoeren veel kennis in huis van de ondergrond en van de technieken (geofysisch- ondiepe seismiek, boringen) voor het inwinnen van geologische informatie. Veel ervaring en kennis is gebaseerd op buitenlandse projecten, waar veel informatie zelf moet worden ingewonnen. Maar ook in Nederlandse projecten (Maasvlakte II, HPZ) is veel kennis opgedaan.

Op basis van de technische mogelijkheden en de beschikbare kennis lijkt het mogelijk om bij de zandwinning de baggeraars de slibrijke en anderszins mindere gebieden te laten vermijden. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat dit tot hogere kosten voor zandwinning leidt. Bij een gerichte winning, waarbij sommige gebieden worden vermeden, zal waarschijnlijk iets meer moeten worden gevaren, om stukken over te kunnen slaan en moet mogelijk iets meer worden gemanoeuvreed. Dit in tegenstelling tot een reguliere winning, waarbij vrijwel volcontinue gewonnen wordt. Meer varen betekent meer kilometers en een langere baggercyclus (de cyclus van winnen, varen naar de afzetlocatie, lossen en terugvaren naar de winlocatie) en ook

meer manoeuvreren betekent een langere baggercyclus. Bij een langere baggercyclus nemen de kosten toe.

Bij de huidige werkwijze voor de zandwinning op de Noordzee wordt de geologische informatie van de wingebeden verzameld door Rijkswaterstaat. Het risico dat verkeerde of onjuiste geologische informatie wordt aangeleverd ligt bij Rijkswaterstaat. Het lijkt aantrekkelijk om de kennis en ervaring met de geologie van de Noordzee van de baggeraars te benutten. Bedacht moet worden dat het delen van de verantwoordelijkheid voor de gegevens betekent dat het risico van verkeerde of onjuiste geologische informatie meer of geheel bij de baggeraar komt te liggen. Het verschuiven van dit risico naar de baggeraar heeft als consequentie dat de kosten toenemen. Dit gebeurt op drie manieren: 1. Het risico, dat ontstaat door het ontbreken van gegevens, wordt in geld uitgedrukt en opgenomen in kosten; 2. Door zelf aanvullend grondonderzoek uit te voeren (en met het mogelijk dat alle partijen die een aanbidding maken hun eigen grondonderzoek uitvoeren) waarvan de kosten moeten worden terugverdiend in het werk; 3. Door conditionering van de aanbidding: het opnemen van voorwaarden/voorbehouden in de overeenkomst.

Met de opmerking over de risico's en kosten in gedachten lijkt het zinvol om te zoeken naar een meer gedeelde verantwoordelijkheid en daarmee de kennis bij de baggeraars meer te benutten dan nu. Dan kan bijvoorbeeld door de baggeraar of baggeraars mee te laten denken en beslissen bij het opstellen van het boorplan, bij het beschrijven van de kernen en bij de bemonstering. Op deze wijze vindt de kennisoverdracht veel actiever plaats. Een dergelijke werkwijze zou beproefd kunnen worden bij een toekomstige boorcampagne voor het vergroten van de kennis van de diepe Noordzee ondergrond.

5 AANVULLEN VAN DE GEOLOGISCHE INFORMATIE

5.1 Inleiding

Voor verschillende doeleinden (beleid, beheer) is het nuttig om aanvullende geologische informatie van de Noordzee te gebruiken. Een andere doeleinde dan de zandwinning is bijvoorbeeld de archeologie. Op dit moment loopt er een traject om te komen tot een nieuwe archeologische kanskaart. Hierin wordt bepaalde geologische informatie (o.a. aanwezigheid basisveen, rivierduintjes –donken-) in meer detail gebruikt. Uit dit traject zal naar verwachting ook relevante geologische informatie komen voor de zandwinning.

Nadere aanvulling van geologische informatie kan op verschillende manieren gebeuren, die ieder hun voor- en nadelen hebben voor de verschillende doeleinden. Hieronder worden de methoden toegelicht, met hun voor- en nadelen.

5.2 Bodemhappen en boxcorers

Monsters van de bovenzijde van de zeebodem worden genomen met bodemhappers, als de Van Veenhapper, of met boxcorers. Deze apparaten worden vanaf een schip naar de bodem gevierd. Het apparaat sluit als het de zeebodem raakt en neemt daarbij een hap sediment uit de zeebodem. Daarna wordt de bodemhapper weer naar boven gehaald en wordt het monster uit de happer gehaald. De monsters die op deze wijze worden verzameld kunnen daarna worden geanalyseerd en beschreven.

Bodemhappen zijn relatief snel te nemen en kunnen vanaf een relatief kleine schip worden genomen (de minimale omvang van het schip wordt bepaald door de omstandigheden op de Noordzee). Ook boxcorers zijn relatief snel te nemen, maar vereisen ten opzichte van bodemhappers wel een groter schip.

Het voordeel van bodemhappen is daarmee dat snel en relatief goedkoop inzicht kan worden verkregen in de sedimentsamenstelling van de zeebodem. Het belangrijke nadeel van bodemhappen is dat alleen de toplaag (een tot enkele decimeters) worden bemonsterd.

5.3 Boringen

Boringen leveren inzicht in de bodemopbouw ter plaatse. De diepte die wordt bereikt is afhankelijk van de gebruikte techniek en het specifieke apparaat. Ook het soort dat wordt verzameld (ongestoord, geroerd) is afhankelijk van de ingezette techniek. Tabel 5 geeft een beknopt overzicht van de gangbare technieken op de Noordzee. Om inzicht te krijgen in de geologische opbouw van een gebied is het zetten van één boring over het algemeen niet voldoende, omdat variatie optreedt in de samenstelling van de ondergrond.

Het uitvoeren van een boorcampagne op de Noordzee is een relatieve dure operatie, omdat gewerkt moet worden vanaf een schip dat groot genoeg is voor de grote en zware boorinstallaties. Daarbij geldt dat hoe dieper de boring moet reiken, hoe zwaarder de installatie is. Naast de personen die bezig zijn met het zetten van de boringen, is er ook een bemanning nodig voor het schip. De combinatie van de kosten voor het materieel en voor de bemanning maakt boren op zee relatief duur.

Boringen moeten ook worden verwerkt, zodat de informatie beschikbaar komt. Gestoken monsters moeten worden geopend, gefotografeerd en door een deskundige worden beschreven. Uit de boringen kunnen monsters worden verzameld die worden geanalyseerd.

Het voordeel van boringen is dat ze veel inzicht geven in de opbouw van de ondergrond, tot meerdere meters onder zeebodem. Het nadeel van boringen is dat het een relatief dure wijze van gegevens verzamelen.

Tabel 5 Overzicht van boortechnieken.

Boortechniek	Type monster; lengte	Opmerkingen
Electrische vibrocorer	Ongestoorte kernen, met een lengte van 2,5- 5 m	
Hydraulische vibrocorer (de in dit rapport getoonde boorkernen zijn met deze boortechniek verzameld)	Ongestoorte kernen, met een lengte tot 6 m	Zwaarder apparaat, vereist 6 -12 ton trekkracht
Spoelboringen (Ro-flush; airlift/counterflush)	Geroerde monsters tot 25 m onder de zeebodem	De slibfractie kan deels uit het monster worden gespoeld, geschikt voor het bepalen van de zand- en grondkwaliteit
Piston corer	Toepasbaar in silt en klei	Niet toepasbaar op Noordzeebodem

5.4 Seismiek

Seismiek van de ondiepe zeebodem (bovenste meters tot een tiental meters) wordt meestal verzameld in raaien. Seismische informatie uit de ondergrond geeft inzicht in de structuren in de ondergrond, zoals de aanwezigheid van geulinsnijdingen. Seismiek geeft geen informatie over de sedimentsamenstelling, deze moet worden gebaseerd op de geologische gebiedskennis en worden onderbouwd met boringen. Seismische informatie kan relatief snel worden verzameld, zodat grotere gebieden kunnen worden ingemeten. Het meetsysteem wordt achter een schip aangesleept. De omvang van het meetsysteem is bepalend voor de omvang van het schip dat kan worden ingezet.

Na het inwinnen van de seismische gegevens op zee moeten de gegevens worden geïnterpreteerd. De interpretatie kan tegenwoordig worden ondersteund door software, maar is nog steeds arbeids- en kennisintensief.

Het belangrijkste nadeel van seismiek is dat het geen informatie bevat over de daadwerkelijke sedimentsamenstelling. De belasting met onderwatergeluid is bij de ondiepe seismiek die hier wordt bedoeld minder groot dan bij de seismische surveys voor de olie- en gasindustrie (diepe seismiek), maar dit is ook een nadeel van deze techniek. Het voordeel van seismiek is dat structuren, zoals geulinsnijdingen, over een gebied in kaart kunnen worden gebracht. Als bepaalde voorkomens, bijvoorbeeld van slib, zijn gekoppeld aan de structuren, dan kan op deze wijze veel inzicht worden verkregen in de verbreiding.

5.5 Sonderen

Sonderen is een meettechniek waarbij de weerstand wordt gemeten, die een conus ondervindt als deze de grond in wordt gedrukt. De informatie uit sonderingen wordt onder andere toegepast om de vereiste eigenschappen van funderingen (lengte, aantal en type heipalen) te bepalen. Dit is bijvoorbeeld relevant bij het plaatsen van windmolens en andere structuren op de Noordzee. Informatie over de bodemsamenstelling kan worden afgeleid uit de geomechanische eigenschappen, waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen zand, klei en veen. Voor meer gedetailleerde informatie over de bodemsamenstelling (slibpercentages,

korrelgrootteverdelingen, aanwezigheid schelpen) zijn sonderingen niet geschikt. Sonderingen kunnen uitstekend informatie leveren die aanvullend is aan boringen.

Sonderingen worden uitgevoerd met een sondeerapparaat, dat van een schip of platform op de zeebodem wordt neergelaten. Afhankelijk van het apparaat kunnen sonderingen tot een tiental meters onder de zeebodem reiken. Het belangrijke voordeel van sonderingen is dat de informatie vrijwel direct beschikbaar is. Het nadeel is dat de informatie over de bodemsamenstelling indirect is.

5.6 Geologische analyse

Het analyseren van bestaande geologische informatie, waarbij wordt gekeken naar de vorming van de verschillende sedimenttypen, kan inzicht opleveren in de verbreiding van bepaalde afzettingen. Bronnen voor zo'n analyse zijn reeds uitgevoerde boringen en ondiepe seismiek, in combinatie met algemene geologische kennis van de Noordzee. Algemene geologische kennis heeft bijvoorbeeld betrekking op het bereik van het landijs en de loop van de riviersystemen tijdens de ijstijden en de ligging van getijdebekkens en de kustlijn in het Holoceen.

Een beknopte geologische analyse van bestaande bronnen (rapporten en literatuur, reeds uitgevoerde boringen en seismiek) is een goed vertrekpunt voor het verzamelen van aanvullende geologische gegevens door het zetten van nieuwe boringen en het varen van seismisch. Daarom vormt een geologische analyse altijd de basis van een gedegen boorplan en seismische surveyplan.

Het voordeel van een geologische analyse is dat aanvullend inzicht gegeven kan worden zonder het relatief dure inwinnen van nieuwe gegevens. Het nadeel is dat de uitkomst van de analyse valt of staat met de beschikbaarheid van gegevens. De beschikbaarheid van gegevens verschilt sterk voor de verschillende deelgebieden in de Noordzee.

5.7 Overzicht

Tabel 6 geeft een overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende methoden om aanvullende informatie te verzamelen. In dit overzicht is bij de methoden uitgegaan van het verzamelen en analyseren/interpreteren.

Tabel 6 Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende methoden om aanvullende geologische informatie te verzamelen voor de zandwinning.

Methode	Voordeel	Nadeel
Bodemhappen en boxcores	Relatief goedkoop (in vergelijking met boringen)	Alleen gegevens van de toplaag
Boringen	Goed inzicht in de samenstelling opbouw van de bodem	Relatief duur
Sonderen	Informatie snel beschikbaar	Indirecte gegevens over de sedimentsamenstelling
Seismiek	Inzicht in ruimtelijke verbreiding	Geen gegevens over de sedimentsamenstelling
Geologische analyse	Aanvullend inzicht zonder nieuwe gegevensinwinning	Kwaliteit afhankelijk van de beschikbare gegevens: varieert per gebied

6 CONCLUSIES

6.1 De mogelijkheden van het DIS

De mogelijkheden van DIS voor de verschillende doeleinden zijn in tabel 5 aangegeven, waarbij ook is aangegeven of aanvullingen gewenst zijn en hoe deze uitgevoerd kunnen worden.

Tabel 7 De mogelijkheden van DIS voor de verschillende doeleinden.

	DIS	Strategische keuzes – beleid	Zoekgebieden voor MER	Opnamegebied en en wingebieden
Ruimtelijke schaal	DIS: 250 m x 250 m x 0,5 m	Hele NL kust	Deelgebieden kust	150-400 ha
Toepasbaarheid DIS	-	Bruikbaar	Bruikbaar voor vermijden stoorlagen, silt en mogelijk schelpvoorkomens, Meenemen van informatie uit het DIS voor het bepalen van de zoekgebieden is zinvol.	Nuttig voor bepalen informatiebehoefte: omvang opnamegebied
Gewenste aanvullingen ?		Ruimtelijke uitbreiding buiten 12 mijlszone voor Centraal Hollandse kust	Nader te bepalen of aanvullende informatie verzameld kan worden voor specifieke gebieden	-
Aanvullende geologische informatie	Vereist opnieuw uitvoeren statische analyse	-	Voor deelgebieden beschikbaar in de vorm van seismische gegevens en detailanalyse	Voor deelgebieden beschikbaar in de vorm van seismische gegevens en detailanalyse

Het DIS is niet geschikt om bijvoorbeeld voor het MER voor de zandwinning, of voor andere toepassingen, de slibpercentages van de ondergrond van de Noordzee te bepalen, de indeling in vier slibklassen en de onderliggende gegevens zijn hiervoor niet toereikend.

Het DIS is wel geschikt om de korrelgroottes van de ondergrond van de Noordzee te bepalen, in een beperkt aantal klassen (Tabel 1).

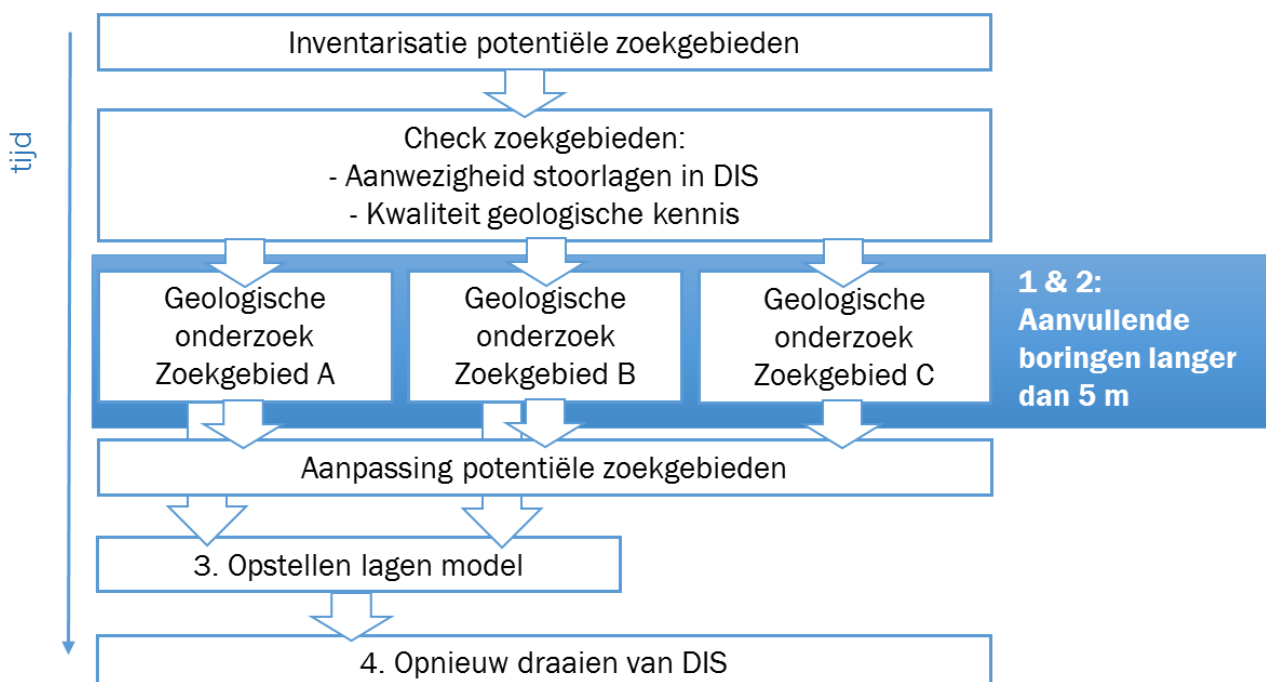
Invzet van het DIS in zijn huidige vorm bij het vaststellen van de toekomstige zoekgebieden lijkt zinvol, om op die manier gebieden met stoorlagen en veel schelpen te vermijden. Voor gebieden waar de beschikbare oppervlakte voor zoekgebieden beperkt is en ingezet wordt op diepe winning is het zinvol om na de controle op stoorlagen via het DIS een aanvullende analyse uit te voeren op basis van de

bestaande geologische gegevens (boringen , seismische surveys en bestaande geologische analyses). In een geologische analyse gericht op de zandwinning wordt op basis van basiskennis van de geologie van de Noordzee en beschikbare gegevens een overzicht gemaakt van de verschillende Formaties en pakketten en hun eigenschappen (zandkwaliteit, slibinhoud) die worden verwacht in het betreffende gebied. Op basis van de gegevens (boringen en seismiek) worden dan kaarten of ruimtelijke modellen gemaakt waarin de verbreiding van de verschillende pakketten met zand en van de eventuele stoorlagen worden weergegeven. Ook kan een indicatie worden gegeven van de waarschijnlijkheid dat de betreffende pakketten inderdaad op die locatie en diepte worden aangetroffen. Het is belangrijk om de deskundigen specifiek de vraag mee te geven om zand en stoorlagen in beeld te brengen, zodat de vertaalslag van geologische informatie naar de zandwininformatie door hen wordt uitgevoerd en gerapporteerd.

Voor de wingebieden is de ruimtelijke schaal van het DIS te grof, zodat toepassing niet voor de hand ligt. Mogelijk kan het DIS wel worden ingezet om de keuze voor het opnamegebied te ondersteunen.

6.2 Aanvullen van geologische informatie

Het DIS is in het algemeen gebaat bij aanvullende geologische informatie, omdat hierdoor de kwaliteit van het geologische model verbeterd. De meest efficiënte aanvulling kan worden bereikt door het toevoegen van informatie in gebieden waar de datadichtheid laag is en waar de verwachte geologische variatie groot is. Vanuit de zandbehoefte voor suppleties en commerciële zandwinning kan daaraan worden toegevoegd dat aanvullende geologische informatie vooral gewenst is in de gebieden waar veel zandwinning wordt voorzien. In de onderstaande flowchart is aangegeven welke stappen doorlopen kunnen worden om zowel een bijdrage te leveren aan de geologische kennis van de zoekgebieden als aan het DIS. De cijfers in de flowchart worden hieronder toegelicht.



1. Boringen langer dan 5 m

In het algemeen geldt dat het aantal boringen langer dan 5 m in het gehele interessegebied laag is, met uitzondering van het gebied ten westen van Zuid-Holland. Het uitvoeren van lange boringen kan hier verandering in brengen, maar

hierbij moet worden opgemerkt dat met de beschikbare standaardboortechneken geen ongestoorde boringen langer dan 6 m gestoken kunnen worden. Spoelboringen kunnen wel tot op grotere diepte worden genomen, maar vereisen wel een doordachte analyse als het gaat om de aanwezigheid van slib (dat deels kan verspoelen).

2. Aanvullende boringen in gebieden met lage boordichtheid

De belangrijkste gebieden met een relatief lage dichtheid aan boringen liggen ten noorden van het waddengebied. Dit gebied begint ongeveer ten oosten van Vlieland. Dit is zeker niet het enige gebied waar meer gegevens gewenst zijn. Potentiële zoekgebieden met een grote zandvraag en veel stoorlagen die de beschikbaarheid beperken kunnen mogelijk beter worden benut op basis van een geologische analyse van de aanwezigheid van die stoorlagen. Aanvullende (lange) boringen kunnen de datadichtheid vergroten. Het opstellen van een boorplan begint met een analyse van de al beschikbare geologische informatie, in combinatie met het vaststellen van de potentiële of gewenste toekomstige wingebieden. De geologische analyse kan worden gebruikt voor het definitief vaststellen van het zoekgebied. De gegevens uit de boringen komen ten goede aan het DIS, als het opnieuw wordt opgebouwd met deze nieuwe informatie. Extra informatie kan ook nog worden toegevoegd door de nieuwe gegevens ook te benutten in de volgende stap.

3. Aanvulling van het geologisch model

In het DIS is gebruik gemaakt van het geologische lagen model dat voor een eerder project is opgesteld. Deze geologische informatie dekt niet het gehele interessegebied van het DIS, het dekt in de Noordzee en gebied ten westen van Walcheren tot en met Vlieland (Figuur 14). Het is mogelijk om, op basis van bestaande geologische informatie het model uit te breiden, zodat het ook de ontbrekende delen dekt.

4. Opnieuw vullen van het DIS

Alle informatie uit boringen wordt in principe ingevoerd in het informatiebestand (DINO, basisregistratie ondergrond) dat wordt gebruikt voor het opstellen van het DIS. Wanneer de nieuwe gegevens uit de stappen 1, 2 en 3 beschikbaar zijn gekomen is het zinvol om opnieuw de statistische bewerkingen uit te voeren waarmee het DIS wordt opgebouwd.

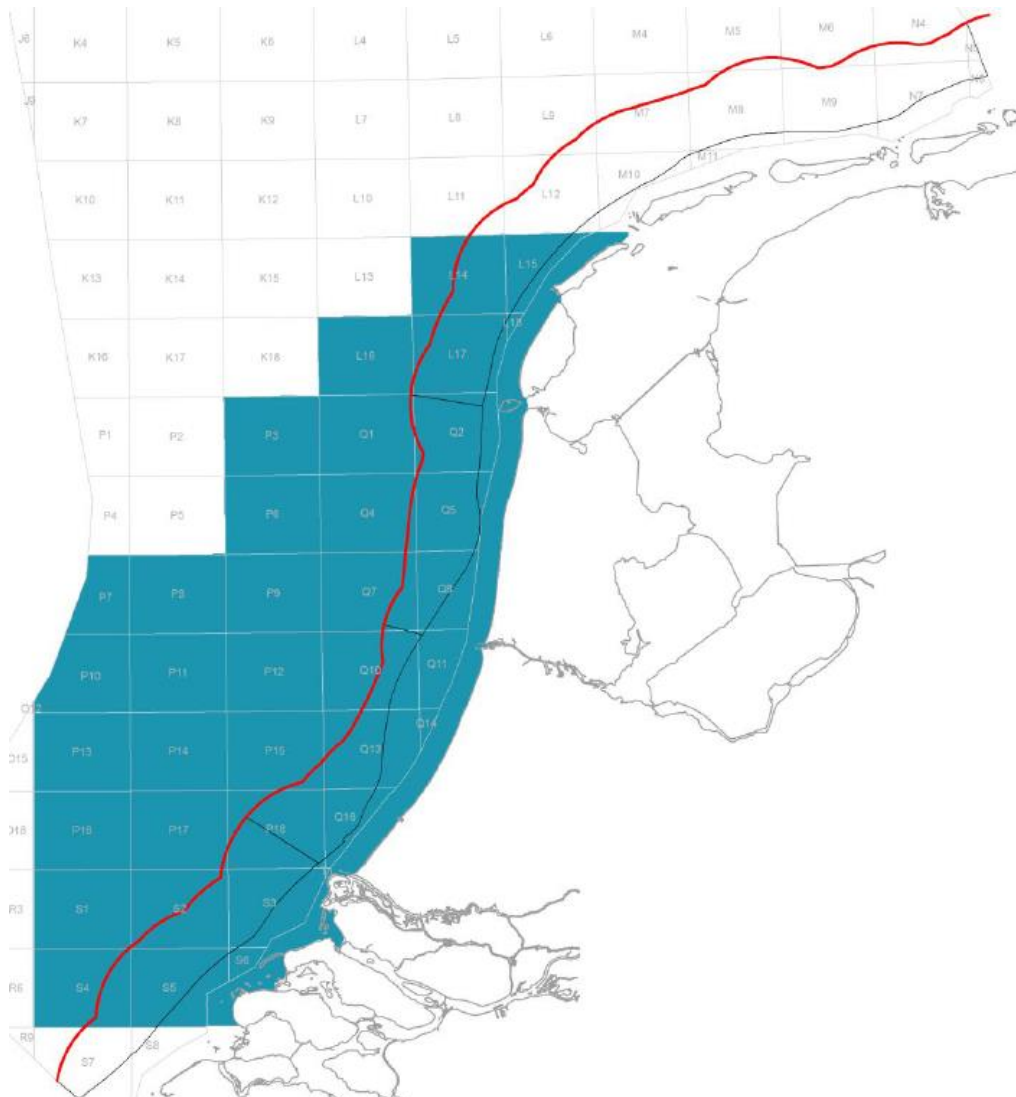
Bij de vier stappen hierboven is het aanvullen van de geologische informatie seismiek en sonderingen niet genoemd. Het kan zinvol zijn om deze technieken in te zetten in aanvulling op het uitvoeren van boringen, om daarmee beter zicht te krijgen op de ruimtelijke verbreiding van bepaalde afzettingen. De toegevoegde waarde van het inzetten van deze technieken is niet in alle gebieden even groot, dit heeft met de eigenschappen van de ondergrond te maken. Op voorhand kan door ervaren geologen en op basis van eerder vergaarde gegevens worden ingeschat of deze technieken voor het specifieke gebied toegevoegde waarde hebben.

Het uitvoeren van geologische analyses, voorafgaand aan het opstellen van boorplannen en na afloop van het uitvoeren en analyseren van de boringen en eventuele andere technieken, zou een standaard moeten zijn van de werkzaamheden. De rapportages van deze geologische analyses leveren een bijdrage aan het vaststellen van zoekgebieden.

Minder zinvol

Op voorhand wordt uitvoeren van bodemhappen minder zinvol geacht. Het aantal bodemhappen met korrelgrootteverdelingen is al relatief groot, in vergelijking met het aantal boringen. In de tweede plaats geven deze happen alleen inzicht in de toplaag en niet in de lagen eronder. En juist voor de lagen eronder is er behoefte aan meer

informatie. De toegevoegde waarde van aanvullende bodemhappen wordt daarom beperkt geacht.



Figuur 14 In blauw de ruimtelijke dekking van de geologische grids die in het DIS zijn toegepast (uit Maljers e.a., 2014).

Het is niet mogelijk om een algemeen beeld te geven van de toegevoegde waarde van de verschillende stappen die hierboven zijn genoemd. Daarvoor is de geologische opbouw van de Noordzee te gevarieerd en verschilt de datadichtheid te veel.

7 REFERENTIES

- Maljers – Oosterwijk, D., L. Vonhögen – Peeters, S. van Heteren, V. Marges, J. Stafleu & A. Wiersma. 2014. De update van het delfstoffeninformatiesysteem voor het NCP. Deltares rapport 1205135-002-BGS-0005.
- van Heijst M.W.I.M (red.), met bijdrage van S.H.L.L. Gruijters, J. Gunnink, M. de Kleine, R. Lantman, W.J. van der Hoef, H.L. Broens en H. Verkerk. 2002. Handboek grondonderzoek grote projecten : geologisch onderzoek voorafgaand aan grootschalig grond- of baggerwerk op de bodemgesteldheid en eventuele opbrengsten aan zand, grond en klei. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde (RWS, DWW), Rapportnr. DWW-2002-111; Publicatiereeks grondstoffen 2002/26.
- PIA, 2004. Beton- en metselzand uit de Noordzee? : eindrapport van de PIA Subwerkgroep Zeezand : resultaten van de haalbaarheidsstudie naar beton- en metselzandwinning voor de Hollandse en Zeeuwse Kust. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde (RWS, DWW), Rapportnr. DWW-2004-001, Publicatiereeks grondstoffen 2004/1.
- van der Meulen, M.J., S.F. van Gessel, J.J. Tiemersma B.Ec & dr. T.A.G.P. van Dijk. 2004. Grind en stenen voor de kust van Texel en de winbare voorraad suppletiezand TNO-rapport NITG 04-236-B1299
- Van Duin, C.F., M. Vrij Peerdeman, C.J. Jaspers, A.M. Buchols & S.C. Wessels, 2012. MER winning suppletiezand Noordzee 2013 t/m 2017; Hoofdrapport. Grontmij rapport GM-0052992.
- Weerts, H.J.T., P. Cleveringa, J.H.J. Ebbing, F.D. de Lang & W.E. Westerhoff, 2000. De lithostratigrafische indeling van Nederland – Formaties uit het Tertiair en Kwartair, Versie 2000. TNO-rapport NITG 00-95-A

BIJLAGE A OVERZICHT VAN GEOLOGISCH FORMATIES IN DE NOORDZEE

Overzicht van de afzettingen in de Noordzeebodem die zijn gevormd tijdens de voorlaatste ijstijd tot heden (naar PIA, 2004). De indeling in tijdvakken is gebaseerd op klimatologische wisselingen zoals ijstijden ofwel glaciale (weergegeven in grijsinten) en warme tussenperiodes ofwel interglaciale. De afzettingen per tijdvak zijn ingedeeld in geologische formaties, eenheden waarvan de afzettingen / gesteentes en hun grenzen eenduidig zijn gedefinieerd op basis van met het oog herkenbare kenmerken. De afzettingen met of slibrijke afzettingen zijn vet gemarkeerd. De aangegeven ouderdom in miljoenen jaren is ter indicatie aangegeven aan de basis van elk tijdvak. De oudere afzettingen zijn niet opgenomen in deze tabel, zie hiervoor bijvoorbeeld het Dinoloket (<https://www.dinoloket.nl/>)

ouderdom [Ma]	Tijdvak	Etage	Formatie	Afzettingen	
0					
0,01	Holoceen	Subatlanticum – heden	Bligh Bank Fm.	mariene schelphoudende zanden	
		Boreaal – Subboreaal	Buitenbanken Fm.	mariene omgewerkte schelp en grindhoudende zanden (transgressie)	
		Atlanticum – Subatlanticum	Banjaard Fm.	kustnabije zandige en kleiige afzettingen	
		Preboreaal – Boreaal	Elbow Fm.	ondiep mariene en lagunaire kleien en slibhoudende zanden	
0,12	Laat - Pleistoceen	Weichselien (ijstijd)	Kreftenheye Fm.	Twente Fm.	eolische en fluviatile periglaciale zanden
		Vroeg-Weichselien		Bruine Bank Fm.	lagunaire en lacustriene kleien en sibhoudende zanden
		Eemien		Eem Fm.	mariene schelphoudende, plaatselijk slibrijke zanden
0,2	Midden- Pleistoceen	Laat Saalien	Kreftenheye Fm.	fluviatile grindhoudende zanden afgezet door Rijn en Maas	
		Saalien (ijstijd)	Borkum Riff Fm.	Keileem	
			Cleaver Bank Fm.	proglaciale afzettingen	
			Molengat Fm.	fluvioglaciale afzettingen	
			Tea Kettle Hole Fm.	eolisch en periglaciale afzettingen	

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 137

8000 AC Zwolle

Nederland

+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Onze referentie: 078872598 0.2