

Verkenning zandwinning Oosterschelde

Laura Vonhögen - Peeters
Marco de Kleine
Guido Rutten
Veronique Marges
Chris Mesdag

1205505-000





Titel
Verkenning zandwinning Oosterschelde

Opdrachtgever
Rijkswaterstaat Directie
Zeeland

Project
1205505-000

Kenmerk
1205505-000-BGS-0010

Pagina's
33

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	jan. 2012	Marco de Kleine		Bob Hoogendoorn		Bob Hoogendoorn	
		Laura Vonhögen-Peeters					

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanpak	1
1.2 Leeswijzer	2
2 Fase I: Bathymetrische en geologische analyses	3
2.1 Bathymetrische analyse	3
2.2 Geologische analyse	4
2.3 Kaartmateriaal en uitgesloten gebieden	6
2.4 Potentiële wingebieden	7
3 Fase II: Geofysische analyse	9
3.1 Werkwijze	9
3.2 Stoorlagen	9
3.3 Resultaten geofysisch onderzoek	10
4 Fase III: Bodemonderzoek met behulp van boringen	13
5 Fase III: Granulaire analyses	15
6 Fase V: Synthese	17
6.1 Algemeenheden per gebied	17
6.2 Detailanalyse per gebied	18
6.3 Vergelijk van gebieden onderling met betrekking tot de korrelgrootte van het gevonden zand	21
6.4 Beschikbare volumes	22
7 Conclusies en aanbevelingen	25
8 Literatuur	27
Bijlage(n)	
A Kaarten	A-1
B Boorbeschrijvingen en boorfoto's	B-1
C Korrelgroottediagrammen	C-1
D Vergelijkingscurves M63- en D50 waardes	D-1

1 Inleiding

Sinds de aanleg van de Oosterscheldekering zijn de getijdenplaten in de Oosterschelde aan erosie onderhevig, dit proces heet 'zandhonger'. De verwachting is dat door de voorspelde zeespiegelstijging de afname van het plaatareaal versnelt. Dit proces is ongewenst, omdat hiermee de natuurwaarde van het gebied afneemt en de stabiliteit van een aantal dijken mogelijk in gevaar komt.

RWS voert een verkenning uit naar maatregelen tegen de effecten van de erosie van de intergetijdengebieden in de Oosterschelde. Een manier om het plaatareaal in stand te houden is het periodiek aanbrengen van zandsuppleties. Het benodigde zand kan afkomstig zijn uit de Noordzee of uit de Oosterschelde zelf. Uit een eerste analyse is gebleken dat het gebruik van Noordzee zand te kostbaar is. Daarnaast is de verwachting dat het Noordzee zand qua korrelgrootte minder geschikt is dan zand afkomstig uit de Oosterschelde. Daarmee rijst de vraag of er in de Oosterschelde plaatsen aan te wijzen zijn waar zand voor de suppleties gewonnen kan worden. Rijkswaterstaat heeft Deltares gevraagd een verkenning uit te voeren naar potentiële zandwingebieden.

Op 30 juni 2011 werd een bijeenkomst georganiseerd waarbij deskundigen van RWS, TNO en Deltares informatie en kennis uitwisselden om tot een plan van aanpak te komen. Hierbij kwamen potentiële zandwingebieden, volume-inschatting en morfologische risico's die kunnen optreden bij de gewenste winlocaties aan de orde.

1.1 Aanpak

Voor de hierboven genoemde verkenning is het noodzakelijk om aan het einde van de uitvoering van het project een concreet beeld te hebben van:

- Een aantal mogelijke zandwinlocaties;
- Van elk van die locaties moet bekend zijn hoeveel zand er beschikbaar is;
- Van elk van die locaties moet bekend zijn wat voor samenstelling het zand heeft en of er inschakelingen van klei of veenlagen zijn te verwachten;
- Van elk van de locaties moet bekend zijn of de winning geen ongewenste effecten heeft op morfologische stabiliteit van de omgeving.

Op deze bijeenkomst zijn criteria vastgesteld welke het zoekgebied inperken, deze criteria zijn:

- Aanwezigheid van mosselpercelen;
- Afstand tot oever (500 meter);
- Afstand tot plaatranden (500 meter);
- Aanwezigheid van bekende scheepswrakken;
- Aanwezigheid van (smalle) vaargeulen;
- Maximale waterdiepte waarop gewonnen kan worden (30 meter).

Op de workshop van 30 juni 2011 werd de volgende aanpak geformuleerd om de benodigde kennis en informatie te vergaren, en wel volgens de volgende fasering:

- Fase I. Het bepalen van een aantal potentiële wingebieden op basis van bestaande informatie en het selecteren van meest geschikte wingebieden;
- Fase II. Het, met behulp van geofysische technieken, in kaart brengen van de opbouw van de ondergrond ter plaatse van de potentiële wingebieden;

- Fase III. Classificatie en parametrisatie van de ondergrond in de geselecteerde wingebeden met behulp van bodemonderzoek;
- Fase IV. Vaststellen van de morfologische en geotechnische effecten van zandwinning op de geselecteerde locaties;
- Fase V. Synthese.

Tijdens de uitvoering van het project hebben diverse voortgang overleggen tussen RWS en Deltares plaatsgevonden. Op deze overleggen is vastgesteld hoe de volgende fase zou worden ingevuld. Voorafgaand aan deze overleggen zijn kaarten en/of een tussentijdse rapportage opgesteld.

Fase IV is overleg met Rijkswaterstaat niet door Deltares uitgevoerd. Rijkswaterstaat heeft zelf een studie uitgevoerd naar de veranderingen in stroomsnelheden als gevolg van mogelijke zandwinning (Memo Oosterschelde, stroomsnelheden zandwinlocaties).

1.2 Leeswijzer

De resultaten van het onderzoek, zoals hierboven beschreven, worden in de volgende hoofdstukken gepresenteerd. De voorliggende rapportage bestaat uit deze inleiding, een toelichting op hoofdlijnen van de deelresultaten en een beschrijving van de kansrijke winplaatsen met daarin een inschatting van de te winnen hoeveelheid zand, de kans op inschakelingen van klei- veen- en schelpenlagen.

Het project werd uitgevoerd in samenwerking met TNO – Geologische Dienst van Nederland (TNO-GDN).

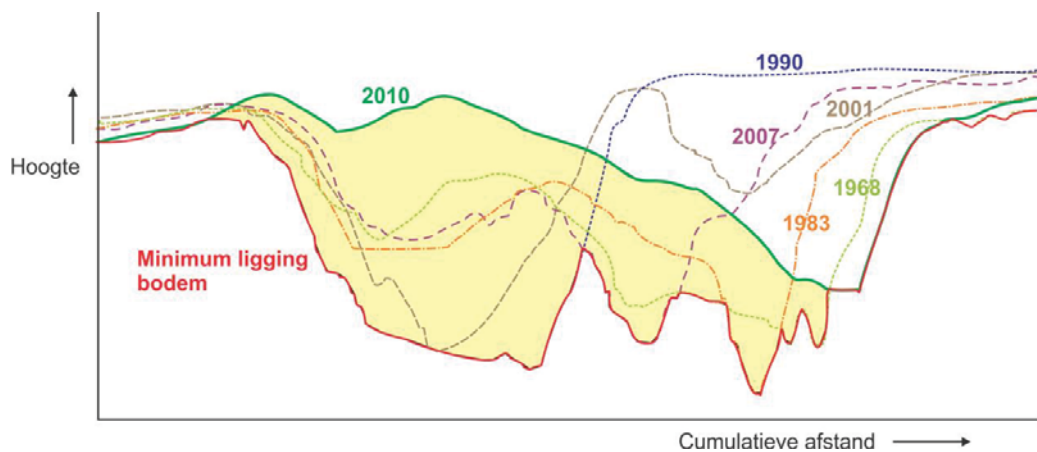
2 Fase I: Bathymetrische en geologische analyses

De eerste fase bestond uit een verkenning van potentiële winplaatsen op basis van bestaande informatie. Deze informatie omvat bathymetrische data aangeleverd door Rijkswaterstaat en geologische informatie, in de vorm van een ondergrondmodel, aangeleverd door TNO-GDN. Bij de bepaling van potentiële wingebieden is rekening gehouden met de wens van Rijkswaterstaat om, vanwege de bereikbaarheid met grote vaartuigen, aan beide kanten van de Zeelandbrug wingebieden aan te wijzen. In het vervolg van dit rapport wordt met “deelgebied oost/west” dan ook het gebied respectievelijk ten oosten / westen van de Zeelandbrug bedoeld.

2.1 Bathymetrische analyse

Voor deze analyse zijn de Oosterschelde lodingen van 1968, 1983, 1990, 2001, 2007 en 2010 gebruikt. Per gridcel is bepaald wat de minimale waarde (maximale diepte) uit de lodingen sinds 1968 is. Door dit grid te combineren met de meest recente bathymetrie (2010) ontstaat een beeld van het sediment dat recent (sinds 1968) afgezet is. Op basis van dit bathymetrische onderzoek zijn 7 gebieden geïdentificeerd waar netto sedimentatie optreedt. Gebieden met netto sedimentatie hebben potentie voor zandwinning (zoals geïllustreerd in Figuur 2.1), uitgaande van de hypothese dat sediment afgezet door de huidige Schelde voornamelijk zal bestaan uit zand.

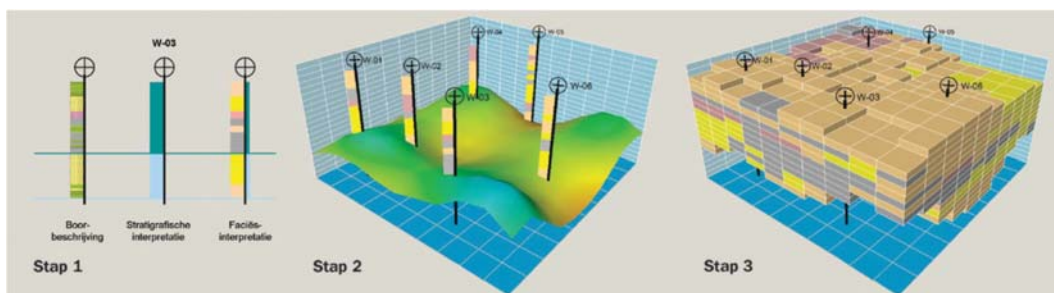
Voor de volledigheid zijn tevens verschilkaarten gemaakt met de grids van de verschillende jaren. Deze kaarten geven meer inzicht in de korte termijn (sediment-) dynamiek van de Oosterschelde.



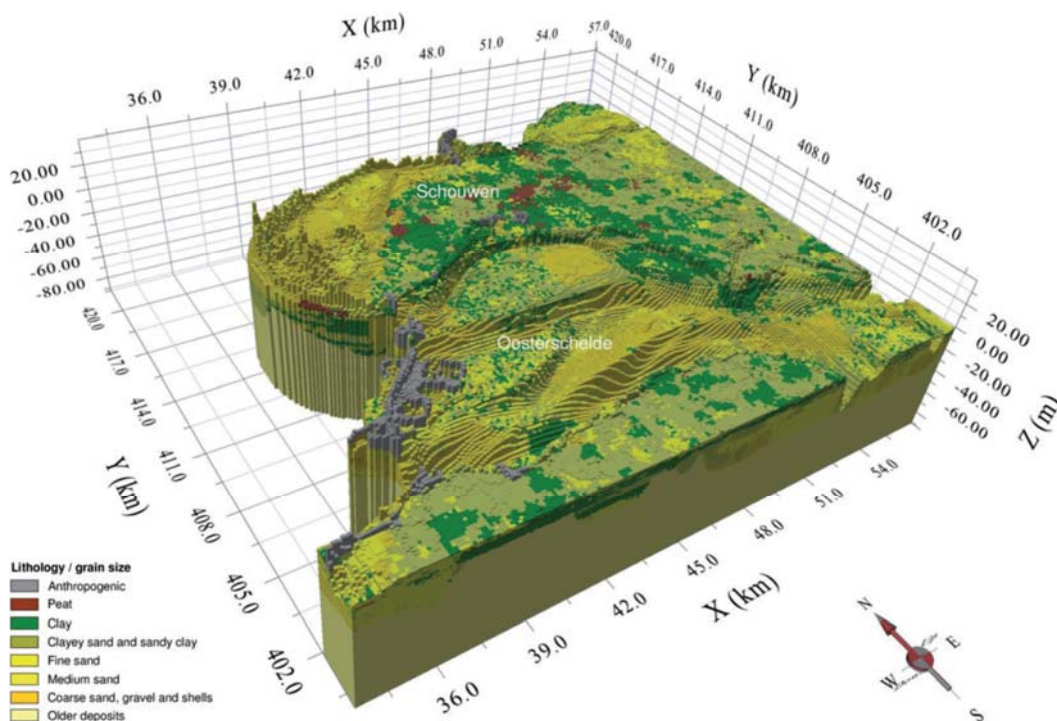
Figuur 2.1 Profiel door bathymetrische opnamen van de Oosterschelde, toont locatie met erosie en sedimentatie (de dynamiek van de geulen). Waar er gedurende een langere periode netto sedimentatie is opgetreden (het gele vlak) bevinden zich mogelijk significante en winbare zandafzettingen.

2.2 Geologische analyse

Voor de geologische analyse is gebruik gemaakt van het GeoTop model. Het GeoTop model is een 3-dimensionaal geologisch voxelmodel (zie Figuur 2.2 en Figuur 2.3) gemaakt door TNO-GDN met een resolutie van 100 x 100 x 0,5 meter. Alle boringen en tal van andere bronnen (maaiveldhoogte, geologische kaarten etc.) zijn gebruikt om dit model te vullen, waardoor het model een goede indruk geeft van de ondergrondopbouw. De geologische analyse is uitgevoerd om de samenstelling van het sediment onder de actieve laag van de Oosterschelde in kaart te brengen (tot een maximale diepte van 5 m onder de waterbodem).

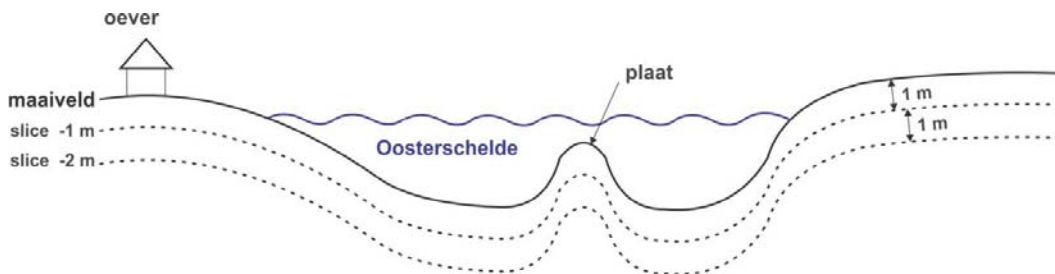


Figuur 2.2 Werkwijze GeoTop model. In stap 1 worden boorgegevens vertaald naar lithoklasse. In stap 2 worden uit deze data grensvlakken tussen lithoklassen bepaald. Vervolgens wordt in stap 3 een 3D model geconstrueerd met cellen (voxels) van 100 meter bij 100 meter in de horizontale richtingen en 50 centimeter verticaal. Bron: Stafleu et al. (2011)



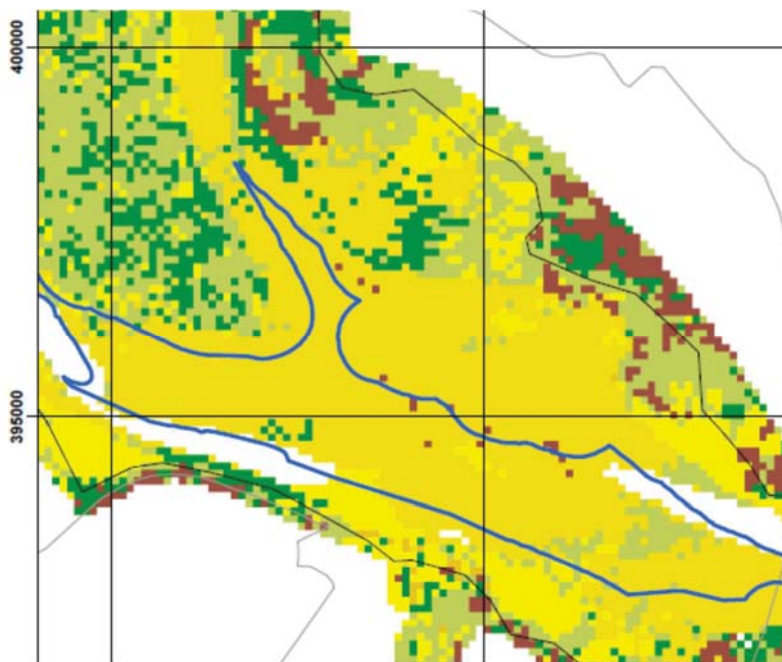
Figuur 2.3 3D beeld van de lithologie / korrelgroottes in de ondergrond van de Oosterschelde uit het GeoTop model. Bron: Stafleu et al. (2011)

Met behulp van het GeoTop model kan op een geselecteerde diepte een geologische (horizontale) doorsnede van 1 meter dik worden gemaakt (Figuur 2.4). Het model toont vervolgens de lithoklasse (type sediment) op deze diepte ("diepteslice", zie bijvoorbeeld Figuur 2.5). Voor deze analyse zijn slices gebruikt tot 5 meter onder de waterbodembodem (Kaarten 11-15 in de bijlage).



Figuur 2.4 Principe van "diepteslices" in GeoTop. De hoogte van het maaiveld / waterbodembodem wordt gebruikt als referentie voor een te maken doorsnede in het model.

Het resultaat van deze analyse zijn aanvullende potentiële arealen voor zandwinning. Het betreft een tweetal gebieden in de oostelijke Oosterschelde, Lodijksegat en Wemeldinge (Kaart 1).



Figuur 2.5 Links: Uitsnede Kaartblad Oost (geologische doorsnede 3 m beneden maaiveld) in de omgeving van Gebied 9 (Wemeldinge). De GeoTop analyse laat duidelijk de aanwezigheid van klei en organisch materiaal (groene en bruine kleuren) in de omringende platen zien. De gele en oranje kleuren geven het voorkomen van zand aan.

2.3 Kaartmateriaal en uitgesloten gebieden

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de bij de analyse gebruikte kaarten. De kaarten zijn bijgevoegd als Bijlage A. Elke kaart bestaat uit een blad Oost en een blad West.

Op basis van de volgende vastgestelde criteria zijn bepaalde gebieden uitgesloten van zandwinning (zie kaart 4):

- Aanwezigheid van mosselpercelen;
- Afstand tot oever (500 meter);
- Afstand tot plaatranden (500 meter);
- Aanwezigheid van bekende scheepswrakken;
- Aanwezigheid van (smalle) vaargeulen;
- Maximale waterdiepte waarop gewonnen kan worden (30 meter).

Tabel 2.1 Opsomming van kaartmateriaal gemaakt met de beschikbare gegevens

No.	Kaart Type	Specificatie
4	Uitgesloten gebieden	uitgesloten gebieden op basis van diepteligging en plaatranden geprojecteerd op Grid 2010
5	Bathymetrische analyse	Netto erosie en sedimentatie in 2010 t.o.v. 1968
6	Bathymetrische analyse	Erosie (-) en sedimentatie(+) in 2010 t.o.v. 2007
7	Bathymetrische analyse	Erosie (-) en sedimentatie(+) in 2007 t.o.v. 2001
8	Bathymetrische analyse	Erosie (-) en sedimentatie(+) in 2001 t.o.v. 1990
9	Bathymetrische analyse	Erosie (-) en sedimentatie(+) in 1990 t.o.v. 1983
10	Bathymetrische analyse	Erosie (-) en sedimentatie(+) in 1983 t.o.v. 1968
11	Geologische analyse	GeoTop doorsnede lithoklasse 1 m onder maaiveld
12	Geologische analyse	GeoTop doorsnede lithoklasse 2 m onder maaiveld
13	Geologische analyse	GeoTop doorsnede lithoklasse 3 m onder maaiveld
14	Geologische analyse	GeoTop doorsnede lithoklasse 4 m onder maaiveld
15	Geologische analyse	GeoTop doorsnede lithoklasse 5 m onder maaiveld

2.4 Potentiële wingebieden

Tabel 2.2 geeft een overzicht van de 9 potentiële wingebieden volgend uit de bathymetrische en geologische analyses, inclusief geschatte oppervlak en winvolume (zie ook kaart 3, bijlage A). Hierbij is rekening gehouden met die gebieden die vanwege de gebruiksfunctie niet beschikbaar zijn voor zandwinning.

Tabel 2.2 Overzicht van potentiële wingebieden. Gebieden 1-7 zijn op basis van de bathymetrische analyse geduid. Gebieden 8-9 op basis van het geologisch onderzoek.

	Gebied Naam	Deelgebied	Type*	Oppervlakte (m ²)	Volume (m ³)
1	Roggenplaat	West	Bathymetrie	700 000	6 700 000
2	Roompot	West	Bathymetrie	1 100 000	7 300 000
3a	Vuilbaard	West	Bathymetrie	300 000	1 700 000
3b	Vuilbaard	West	Bathymetrie	100 000	780 000
3c	Vuilbaard	West	Bathymetrie	400 000	2 700 000
4	Viane	Oost	Bathymetrie	1 200 000	13 500 000
5a	Engelse vaarwater	Oost	Bathymetrie	1 200 000	3 600 000
5b	Engelse vaarwater	Oost	Bathymetrie	900 000	2 800 000
6	Oesterdam	Oost	Bathymetrie	100 000	500 000
7	Gorishoek	Oost	Bathymetrie	200 000	800 000
8	Lodijksegat	Oost	Geologie	600 000	3 200 000
9	Wemeldinge	Oost	Geologie	2 000 000	9 900 000
			Totaal	8 800 000	53 480 000

In een tussentijdse bijeenkomst is in overleg met Rijkswaterstaat besloten welke van de gebieden genoemd in Tabel 2.2 nader onderzocht dienen te worden met behulp van geofysische metingen (voor selectie zie Tabel 2.3). Hierbij is voorkeur verleend aan de gebieden met de grootste geschatte winbare sediment volumes. Daarnaast is er rekening gehouden met de voorkeur om zowel wingebieden in deelgebied West als Oost te benoemen.

Tabel 2.3 Potentiële wingebieden geselecteerd voor verder geofysisch onderzoek in fase II

	Gebied Naam	Deelgebied	Type	Oppervlakte (m ²)	Volume (m ³)
1	Roggenplaat	West	Bathymetrie	700 000	6 700 000
2	Roompot	West	Bathymetrie	1 100 000	7 300 000
4	Viane	Oost	Bathymetrie	1 200 000	13 500 000
8	Lodijksegat	Oost	Geologie	600 000	3 200 000
9	Wemeldinge	Oost	Geologie	2 000 000	9 900 000
			Totaal	5 600 000	40 600 000

3 Fase II: Geofysische analyse

De vijf gebieden geselecteerd in fase I zijn nader onderzocht met behulp van geofysische metingen. Het doel van dit geofysisch onderzoek was het nader bepalen van de sediment eigenschappen (gelaagdheid, homogeniteit), het in kaart brengen van stoorlagen en de daaruit voorkomende volumes van de geïdentificeerde zandvoorkomens.

In overleg met de opdrachtgever is besloten geen additionele meettechnieken in te zetten. Dit vanwege praktische overwegingen en de beschikbaarheid van recente bathymetrische data.

3.1 Werkwijze

Kaart 2 (bijlage A) toont het opname plan voor de vijf geselecteerde locaties (seismische opnames - vaarlijnen). De seismische opnames zijn uitgevoerd met een *X-star* Chirp sub-bottom profiler. Dit is een hoog frequent systeem dat gebruik maakt van frequenties binnen de range 0.5 tot 12 kHz. Deze frequenties zijn ter plaatse aangepast aan de bodemgesteldheid. De penetratiediepte van dit type systemen is afhankelijk van de bodemsamenstelling en de waterdiepte. Bij deze studie lag de indringing van het seismische signaal in de ondergrond tussen 5 en 15 meter. Ondanks de ongunstige weergesteldheid tijdens de survey waren de resultaten van de metingen goed. In die gebieden waar de zanddikte groter is dan 8 meter is de maximale zanddikte vastgesteld op 8 meter, de feitelijke diktes kunnen groter zijn.

Bij deze analyse dient te worden aangemerkt dat het rechtstreeks afleiden van lithologie uit seismische data niet mogelijk is. Het is mogelijk de gelaagdheid en de verbreiding van onderling vergelijkbare eenheden in de ondergrond in kaart te brengen. Op basis van ervaring en geologische kennis van het onderzoeksgebied kan vervolgens een inschatting worden gemaakt van de verwachte lithologieën van de onderscheiden eenheden. Pas nadat seismische data gecombineerd wordt met boorgegevens kunnen meer specifieke en kwantitatieve uitspraken gedaan worden (zie verder hoofdstuk 4).

3.2 Stoorlagen

In de seismische opnames zijn een aantal stoorlagen waarneembaar. Dit zijn lagen met een dikte van ten minste enkele decimeters, welke bestaan uit: klei, zandige klei, schelpen of organische afzettingen. De waargenomen stoorlagen kunnen naast de hierboven genoemde variaties in lithologie ook verklaard worden door variaties in pakking, dichtheid en stijfheid van het zandpakket.

Om die reden is er 'conservatief' geïnterpreteerd. Dat wil zeggen dat in die gebieden waar stoorlagen voorkomen in eerste instantie het gehele gebied is buitengesloten voor het bepalen van volumes zand. In werkelijkheid hebben deze gebieden nog potentie, omdat de stoorlagen mogelijk in een zandpakket zijn ingebed. Later zijn, met behulp van uitgevoerde boringen, deze gebieden nader onderzocht om vast te stellen of deze daadwerkelijk geen "zandwinpotentie" hebben (zie hoofdstuk 4).

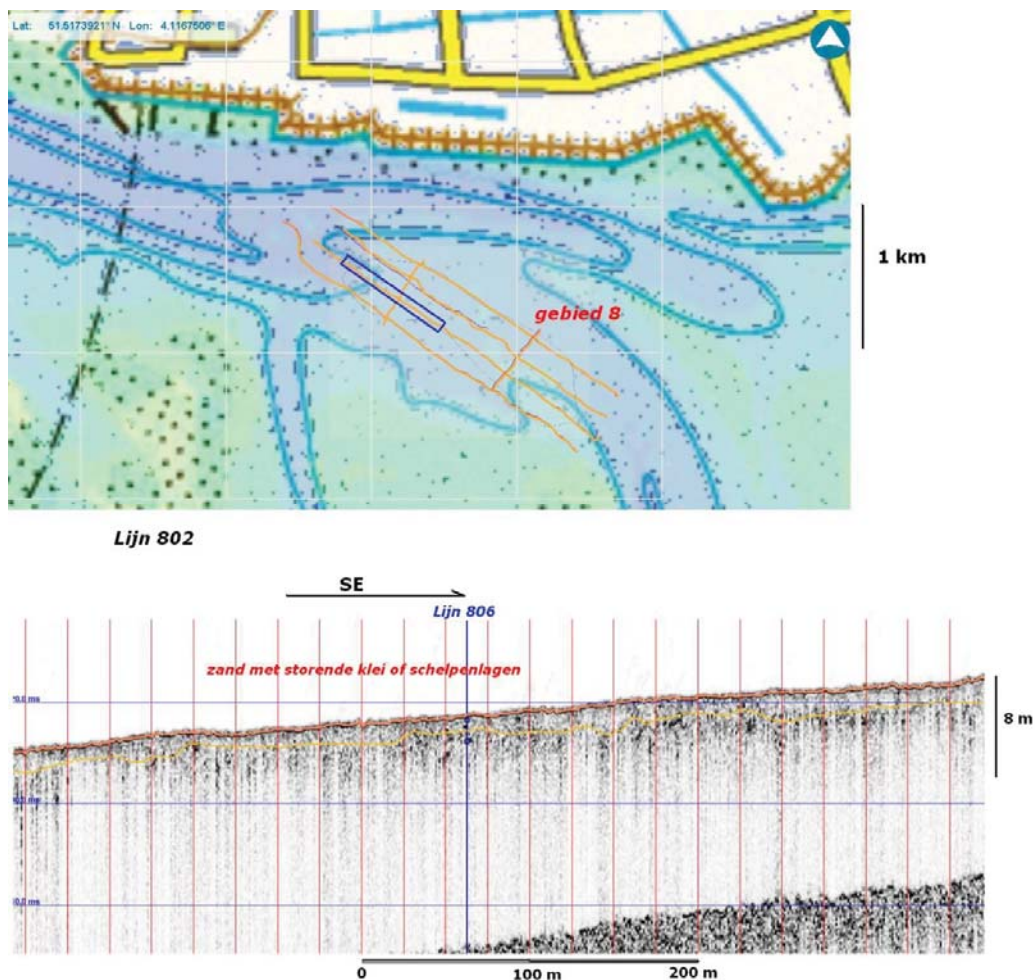
Binnen de gebieden die nu worden aangeduid als 'zand', kunnen eventueel kleine (decimeter schaal of dunner) stoorlagen voorkomen. De kans hierop is klein en op basis van onze ervaring bestempelen wij deze als 'niet significant'.

3.3 Resultaten geofysisch onderzoek

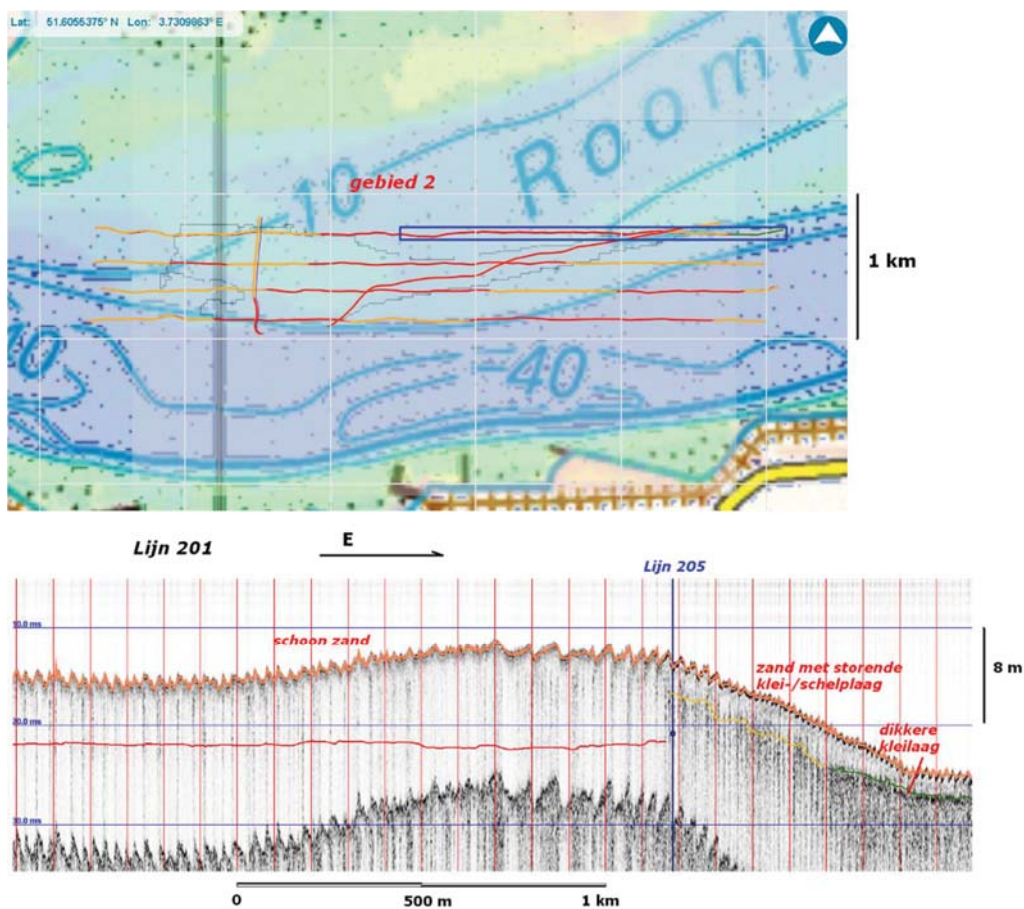
Op basis van de seismische opnames zijn er twee typen gebieden in kaart gebracht:

- Gebieden met een overwegende zandige opbouw ("zand").
- Gebieden met stoorlagen

Onderstaande figuren geven voorbeelden van seismische opnames van het zandlichaam. Interpretatie van de geofysische gegevens biedt de mogelijkheid met redelijke nauwkeurigheid de laterale verspreiding en dikte van de zandlaag vast te stellen, en daarnaast ook de aanwezigheid van een stoorlaag. Deze interpretatie vormt de basis voor het kiezen van boorlocaties zodat door middel van een beperkt aantal boringen het precieze type sediment (korrelgroottes, bijmengingen) kan worden bepaald.



Figuur 3.1 Voorbeeld van de aanwezige stoorlagen in het westelijk deel van gebied 8. In het gehele gebied is een dunne stoorlaag aanwezig, onder deze laag lijkt schoon zand te liggen. Uit de boringen moet blijken of deze stoorlagen daadwerkelijk een probleem vormen voor zandwinning.



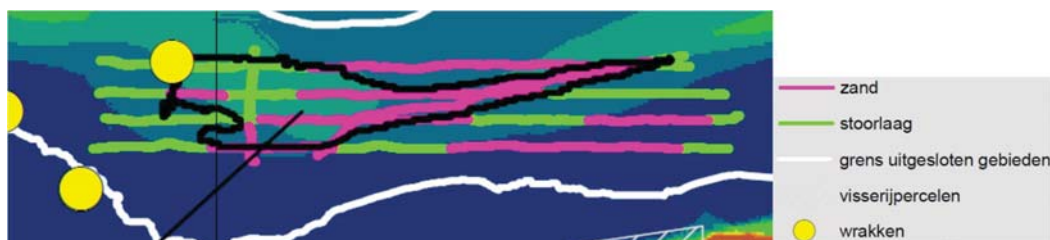
Figuur 3.2 Voorbeeld van de aanwezige stoorlagen in het westelijk deel van gebied 2. Uit het ontbreken van reflectoren is afgeleid dat in het linker deel van het onderste figuur een dik pakket schoon zand aanwezig is. De rode lijn geeft de veronderstelde maximale indringing diepte van het seismisch signaal weer (maximaal 8 meter). In het rechter deel van de figuur is wel een stoorlaag zichtbaar (oranje c.q. groene lijn).

De geofysische analyse resulteert in de gewenste kwantitatieve omschrijving van de zandvoorkomens (Tabel 3.1) en kaart 1 (Bijlage A).

Tabel 3.1 Samenvatting van de bevindingen per onderzochte locatie. Voor Locatie 8, Lodijksegat, worden geen waarden afgegeven omdat in het gehele gebied sprake is van stoorlagen.

	Gebied Naam	Oppervlakte gebied (m2)	Oppervlakte Zand (km2)	Gemiddelde dikte zand (m)	Netto volume zand (Mm3)
1	Roggenplaat	700 000	0,4	6,5	2,6
2	Roompot	1 100 000	0,7	7,4	5,2
4	Viane	1 200 000	0,5	6,3	3,2
8	Lodijksegat	600 000			
9	Wemeldinge	2 000 000	0,7	6,9	4,8
	Totaal	5 600 000			15.8

Buiten de begrenzing van de zoekgebieden is tijdens de seismische survey eveneens zand aangetroffen (zie Figuur 3.3), deze hoeveelheden staan niet vermeld op kaart 1.



Figuur 3.3 Uitsnede van gebied 2, Roompot, kaart 1. Het zwart omlinjnde gebied is het potentiële wingebied zoals bepaald in Fase I. Het geofysisch onderzoek laat zien dat er mogelijk ook buiten en direct grenzend aan dit gebied winbare zandvoorkomens zijn..

4 Fase III: Bodemonderzoek met behulp van boringen

Het uitvoeren van boringen was noodzakelijk om de conclusies aangaande bodemopbouw en winbare volumes te staven en de eigenschappen van het sediment (lees korrelgrootte, korrelvorm en aandeel silt) vast te stellen. Deze aanvullende informatie is nodig om vast te stellen of het materiaal geschikt is voor suppleties (hertoe zullen ook de te suppleren platen bemonsterd moeten worden). De boorlocaties zijn geselecteerd op basis van de geofysische analyse (Kaart 2, bijlage A). De boorlocaties zijn zodanig gekozen dat de belangrijkste eenheden in de seismische data kunnen worden gevalideerd en geparametriseerd (Figuur 4.1).



Figuur 4.1 Geplande boringen (kaart 2). Vaarlijnen zijn hier in zwart aangegeven. De boringen dienen om de aanwezigheid van stoorlagen te controleren, maar ook om aanvullende sedimenteigenschappen te bepalen.

Per gebied zijn in principe 10 boringen gepland. Uiteindelijk zijn deze vanuit efficiency overweging niet allemaal uitgevoerd. Vanwege de beschikbaarheid van het boorschip van RWS, zijn de boringen in 3 boorcampagnes uitgevoerd, waarvan de laatste in september van 2012. De boringen zijn uitgevoerd met vibro-core door Marine Sampling Holland. Deze boormethode levert nagenoeg ongestoorde monsters tot een diepte van circa 4 tot 5 meter.

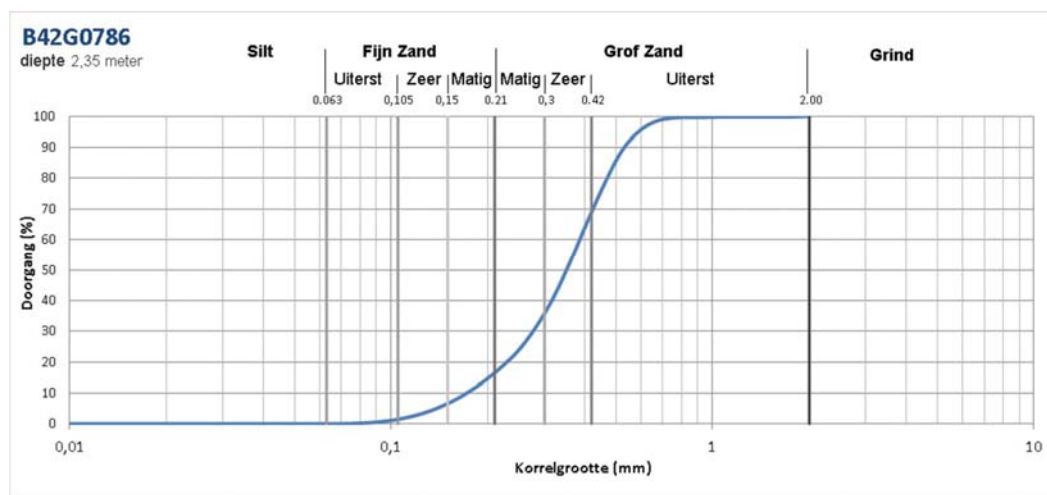
Alle boringen zijn bij TNO-GDN opengesneden en binnen 24 uur door MHPOLY bemonsterd voor milieuanalyses en op hoofdlijnen beschreven. Deze beschrijvingen en monsters zijn niet in voorliggende analyse meegenomen. Alle boringen zijn door TNO-GDN gefotografeerd en een selectie is in detail beschreven. Vanuit kostenoverweging zijn niet alle boringen in detail beschreven. In onderstaande tabel (Tabel 4.1) en paragraaf 6.1 worden de aantallen in detail vermeld. Bovendien zijn alle boringbeschrijvingen en boorfoto's in bijlage B opgenomen. Tot slot zijn de boorlocaties en boorinformatie opgenomen in database van TNO-GDN, DINO.

Tabel 4.1 Overzicht uitgevoerde boringen en analyses.

NITG	veldnummer	Foto's	Beschreven	Granulaire analyses
B49A1071	VC801	Ja	nee	Nee
B49A1072	VC802	Ja	nee	Nee
B49A1073	VC803	Ja	ja	Ja
B49A1074	VC804	Ja	nee	Nee
B49A1075	VC805	Ja	ja	Ja
B49A1076	VC806	Ja	ja	Ja
B49A1077	VC807	Ja	ja	ja
	VC808	niet uitgevoerd		
	VC809	niet uitgevoerd		
B48F1344	VC901	Ja	ja	ja
B48F1345	VC902	Ja	nee	nee
B49A1078	VC903	Ja	ja	ja
B48F1346	VC904	Ja	nee	nee
B48F1347	VC905	Ja	nee	nee
B48F1348	VC906	ja	nee	nee
B48F1349	VC907	ja	nee	nee
B48F1350	VC908	ja	ja	ja
B48F1351	VC909	ja	nee	nee
B48F1352	VC910	ja	ja	ja
B42H1103	VC404	ja	ja	ja
B42H1105	VC403	ja	ja	ja
B42H1106	VC409	ja	ja	nee
B42H1107	VC407	ja	ja	ja
B42H1108	VC402	ja	ja	nee
B42H1104	VC408	ja	ja	nee
B42H1109	VC406	ja	ja	nee
B42H1110	VC410	ja	ja	ja
B42H1111	VC401	ja	ja	nee
B42H1112	VC405	ja	ja	ja
B42G0770	VC101	ja	ja	ja
B42G0771	VC102	ja	ja	ja
B42G0772	VC103	ja	nee	ja
B42G0773	VC104	ja	nee	ja
B42G0774	VC105	ja	ja	ja
B42G0775	VC106	ja	ja	ja
B42G0776	VC107	ja	nee	ja
B42G0777	VC108	ja	ja	ja
B42G0778	VC109	ja	nee	ja
B42G0779	VC110	ja	nee	ja
B42G0780	VC201	ja	nee	ja
B42G0781	VC202	ja	ja	ja
B42D0798	VC203	ja	nee	ja
B42G0782	VC204	ja	nee	ja
B42G0783	VC205	ja	ja	ja
B42G0784	VC206	ja	ja	ja
B42G0785	VC207	ja	nee	ja
B42G0786	VC208	ja	ja	ja
B42G0787	VC209	ja	nee	ja
B42G0788	VC210	Ja	ja	ja

5 Fase III: Granulaire analyses

Op een selectie van de boringen zijn granulaire analyses uitgevoerd, meestal meerdere monsters per boring. Bij het bepalen van de korrelgrootteverdelingen is gebruik gemaakt van de Malvern zeeftechniek. De grofste fracties zijn afgezeefd en apart gewogen.

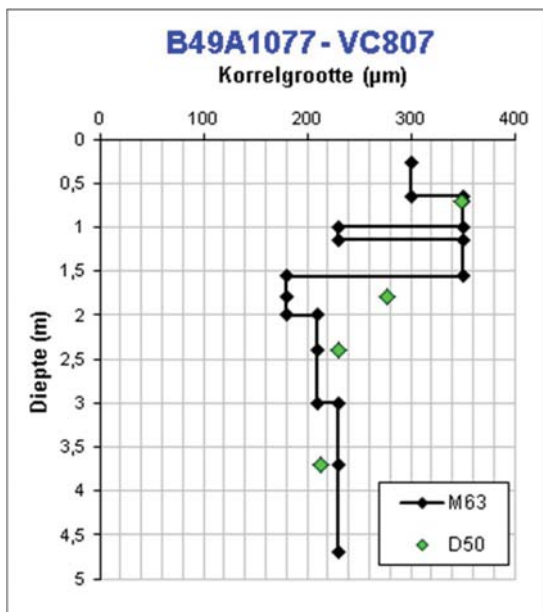


Figuur 5.1 Voorbeeld van een korrelgroottediagram

Van de granulaire analyses zijn korrelgroottediagrammen (Figuur 5.1 en bijlage C) gemaakt en grafieken waarin de M63¹-waarden uit de boorbeschrijving wordt vergeleken met de D50²-waarden uit de granulaire analyse (Figuur 5.2 en bijlage D). Deze losse figuren zijn bovendien gegroepeerd c.q. weergegeven per potentieel zandwingebied (kaart 16, bijlage A) en de gehele Oosterschelde (kaart 17, bijlage A). De M63-waarden worden voor iedere zandige beschreven laag vermeld in de boorbeschrijvingen. De granulaire analyses, en dus de D50-waarden, zijn slechts voor enkele lagen beschikbaar. Daardoor zijn er meer M63-waarden dan D50-waarden beschikbaar.

¹ M63 is de gemiddelde korrelgrootte van de zandfractie (0.063-2 mm) van een grondmonster.

² D50 is de gemiddelde korrelgrootte van een grondmonster.



Figuur 5.2 Voorbeeld van een vergelijkingscurve van de M63- en D50-waarden in boring B49A1077

6 Fase V: Synthese

Alle, in voorgaande hoofdstukken genoemde, informatiebronnen zijn gecombineerd om tot een gedegen en afgewogen advies te komen met betrekking tot de winbare en geschikte zandvolumes. Als eerste stap zijn de afzonderlijke gebieden gekarakteriseerd, vervolgens zijn deze eigenschappen vertaald naar kwaliteit en kwantiteit van het gevonden zand.

6.1 Algemeenheden per gebied

Gebied 1: Roggenplaat

- Recent gesedimenteerd gebied in de buurt van de kering.
- Over het algemeen schoon zand.
- Geen top laag.

Aantal boringen: 10
Aantal beschreven boringen: 5
Aantal bemonsterde boringen: 10
Totaal aantal granulaire analyses: 17.

Gebied 2: Roompot

- Recent gesedimenteerd gebied in de buurt van de kering.
- Over het algemeen schoon zand.
- Geen top laag.

Aantal boringen: 10
Aantal beschreven boringen: 5
Aantal bemonsterde boringen: 10
Totaal aantal granulaire analyses: 18

Gebied 4: Viane

- Recent gesedimenteerd gebied halfweg de Oosterschelde.
- Redelijk schoon zand, met nu en dan wat detritus.
- Aantal boringen (5/10) heeft 20 cm schelp-houdende leem aan de top.

Aantal boringen: 10
Aantal beschreven boringen: 10
Aantal bemonsterde boringen: 5
Totaal aantal granulaire analyses: 12.

Gebied 8: Lodijksegat

Geologisch gekozen gebied in het oosten van de Oosterschelde.
In de boringen komen wisselende hoeveelheden leem c.q. klei en detritus voor.

Aantal boringen: 7
Aantal beschreven boringen: 4
Aantal bemonsterde boringen: 4
Totaal aantal granulaire analyses: 14.

Gebied 9: Wemeldinge

- Geologisch gekozen gebied in het oosten van de Oosterschelde.
- In de eerste meter komen wisselende hoeveelheden schelpen/schelpresten voor.
- Boringen bevatten geringe hoeveelheden fijn materiaal.

Aantal boringen: 10

Aantal beschreven boringen: 4

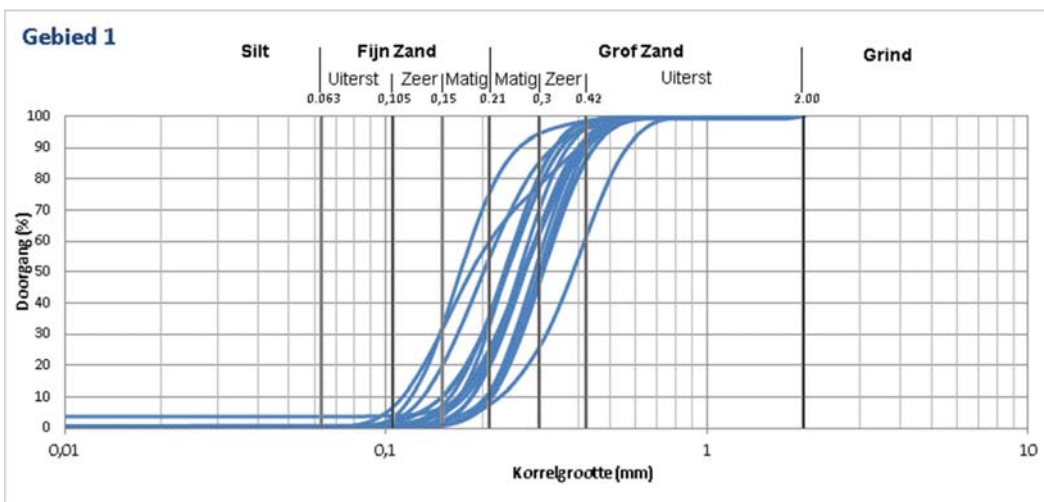
Aantal bemonsterde boringen: 4

Totaal aantal granulaire analyses: 11.

6.2 Detailanalyse per gebied

Gebied 1: Roggenplaat

- Totale zanddikte lijkt in het oosten af te nemen van >8m in het westen, naar gemiddeld 6m in het oosten.
- Rond 2 meter lijkt in de seismiek een grens in zandsoort te zitten, dit is mogelijk een sprong in de D50/M63³.
- Gaan in de boringen van grof (bovenin) naar fijn zand (onderin); D50 250–300 boven 195–285 en de M63 200-230 boven 160-190.
- Gemiddelde silt percentage is tussen de 0 tot 1%, met uitschieters naar 4%.
- Hoeveelheid detritus is nihil.



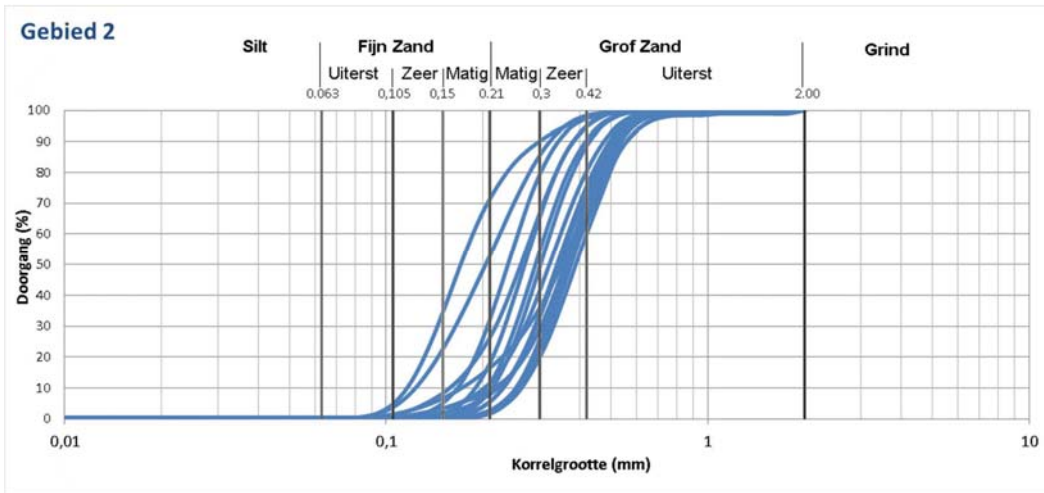
Figuur 6.1 Gegroepeerde korrelgroottediagrammen van gebied 1

Gebied 2: Roompot

- In het noordwestelijke deel van het gebied is meer dan 8 meter zand aanwezig. Langs de zuidrand van het gebied lijkt het zand iets dunner, gemiddeld 7 meter.
- Er lijkt in de seismiek geen eenduidige grens in dit zandpakket te zitten.
- Wel lijkt er o.b.v. de beschrijvingen en granulaire analyses een sprong in korrelgrootte te zitten rond de 2 meter. Merendeel hiervan is grof boven fijn, behalve in de oostelijke staart van het gebied. In het westen loopt de D50 van 400-285 boven 360-285 en de M63 360-280 boven 280 – 200. In het oosten loopt de D50 van 175 – 285 en de M63 van 170 – 200.

³ Een sprong in D50/M63 wordt significant geacht wanneer deze groter is dan 10%.

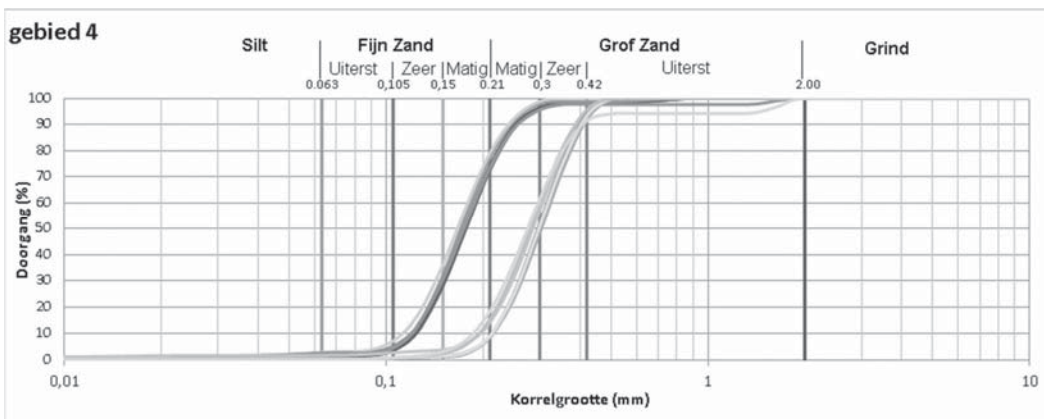
- Granulaire silt-percentages zijn allemaal minder dan een 0.5%, in de beschrijvingen lopen de percentages op tot 3%. Het oosten lijkt iets siltiger te zijn.
- Hoeveelheid detritus is nihil.



Figuur 6.2 Gegroepeerde korrelgrootte diagrammen van gebied 2

Gebied 4: Viane

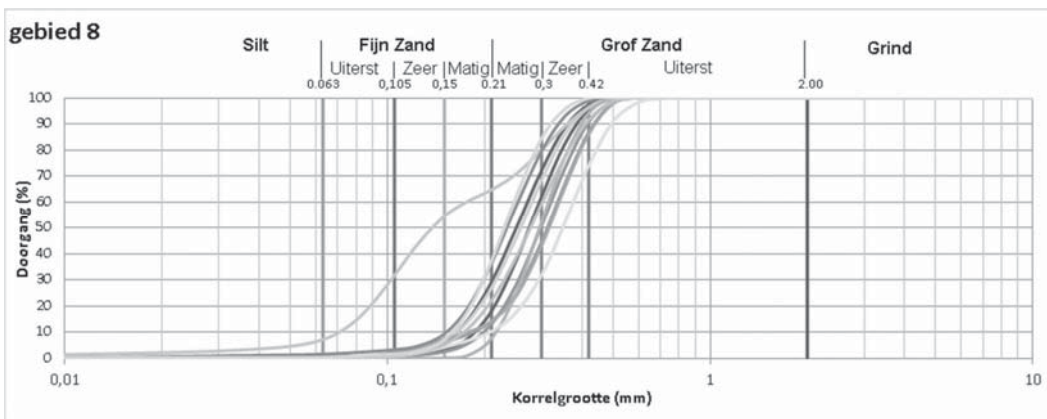
- De zanddiktes zijn variabel door het gebied; zowel diktes >8 meter komen voor als waarden rond de 4 meter. De gemiddelde zanddikte is 6.9.
- Er lijkt in de seismiek geen eenduidige grens in dit zandpakket te zitten.
- De grenzen tussen de significante korrelgroottesprongen komen variërend voor van 1 tot 3.4 meter; er is in de diepte dus geen eenduidige verdeling van het zand mogelijk. Er lijkt wel een laterale tweedeling in het gebied voor te komen; de westelijke helft is grover dan de oostelijke helft. In de westelijke helft lopen de D50's van 275-303 en de M63 van 210-330. In het oosten loopt de D50 van 167-286 en de M63 van 160 -210.
- Deze tweedeling is ook terug te vinden in de silt-percentages; in het westelijke deel zijn de percentages 0-3%, in het oostelijke deel 1-5%.
- In een enkele boring komt op diepte detritus voor.



Figuur 6.3 Gegroepeerde korrelgrootte diagrammen van gebied 4

Gebied 8: Lodijksegat

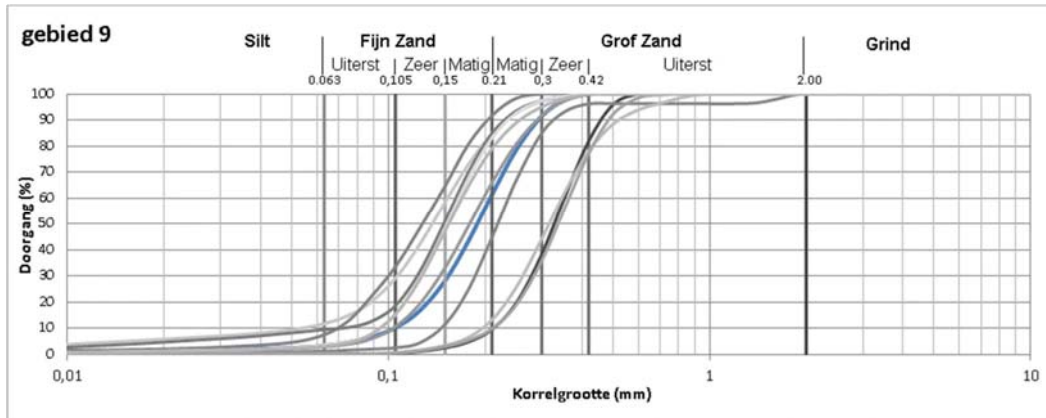
- In de dikte van het zand is een duidelijke grens aanwezig; het westen heeft minimaal 8 meter zand, het oosten heeft gemiddeld 5 meter zand. Deze ondergrens wordt bepaald door de aanwezigheid van een veenlaag, welke in het westen afwezig is. Vanaf circa 3 meter begint in het oosten het percentage detritus, in de vorm van dunne laagjes, al toe te nemen.
- In het gehele gebied lijkt in de seismiek tussen de 1.5 en 2 meter een verandering in de zandsort voor te komen, deze is niet eenduidig aan een veranderende D50/M63 toe te wijzen.
- Het zand waar, in het oostelijke gebied, de detritus in voorkomt is ook wat fijner qua samenstelling, dan het zand dat daarboven zit. Deze laatste heeft een D50 van 210-350 en de M63 van 180-350. De fijnere onderlaag heeft een D50 van 137 (één waarneming), en een M63 van 100-190.
- De silt percentages zitten de 0 en 5%. Er lijkt een toename van de percentages met diepte te zijn.



Figuur 6.4 Gegroepeerde korrelgroottediagrammen van gebied 8

Gebied 9: Wemeldinge

- In het gehele gebied wordt meer dan 8 meter zand gevonden, met uitzondering van 1 boring. In deze boring bevindt op 4 meter een substantiële laag met een hoog percentage organisch materiaal. De gemiddelde dikte van de zandlaag is minimaal 7.6 meter.
- Er lijkt in de seismiek geen eenduidige grens in dit zandpakket te zitten, de dieptes van de scheidende laag varieert van 0.8 tot 2.4 meter. Deze grens lijkt niet door een variatie in D50/M63 bepaald te worden, noch door de aan- of afwezigheid van detritus.
- Over het algemeen lijkt grof materiaal in de top van gebied voor te komen, welke 1 tot 1.5 meter dik is. De D50 van deze top is 190-330, de M63 250-380. De D50 van de fijnere laag eronder is 150-210, de M63 110-180. Mogelijk dat rond de 3 meter weer een wat grovere laag voorkomt, hiervan hebben we echter maar één waarneming beschikbaar.
- De grovere toplaag heeft silt percentages van 0 tot 5%, de percentages in de fijnere laag eronder kunnen oplopen tot 12%.
- Hoeveelheid detritus is nihil, behalve in de genoemde afwijkende boring.



Figuur 6.5 Gegroepeerde korrelgroottediagrammen van gebied 9

6.3 Vergelijk van gebieden onderling met betrekking tot de korrelgrootte van het gevonden zand

De D50-waardes wijken af van de M63-waardes indien in een zandlaag veel grof (>2 mm) of veel fijn (<0.63 μm) materiaal aanwezig is. Indien de D50 groter is dan de M63, dan is er relatief veel grof materiaal in de zandlaag aanwezig en vice versa.

Tabel 6.1 laat zien dat de bandbreedtes van beide waardes redelijk overeenkomen, met

Gebied	D50 Minimum	D50 maximum	M63 minimum	M63 maximum
1	195	300	160	230
2	175	400	170	360
4	167	303	160	330
8	137	350	100	350
9	150	330	110	380

uitzondering van gebied 1 en 2. De granulaire analyses van deze gebieden zijn door een ander laboratorium uitgevoerd. Hier hebben de monsters wellicht een andere voorbehandeling gehad, wat effect kan hebben op schelpenrijk of organisch rijk materiaal. Het effect is dat de D50 waardes consequent grover uitkomen dan de M63 waardes.

Tabel 6.1 Minimum en maximum waardes van de M63 en D50 per gebied

Gebied	D50 Minimum	D50 maximum	M63 minimum	M63 maximum
1	195	300	160	230
2	175	400	170	360
4	167	303	160	330
8	137	350	100	350
9	150	330	110	380

Door het gebruik van een gewogen gemiddelde (zie Tabel 6.2), worden uitbijters in korrelgroottes geëlimineerd en de invloed van dunne zandlagen geminimaliseerd. Deze berekening is gedaan, gebruikmakend van de M63, omdat van deze waarnemingen de daarvoor geldende laagdikte beschikbaar is. De D50-waardes zijn gemeten ter verificatie van de beschreven M63-waardes, en zijn derhalve minder in aantal.

Tabel 6.2 (Dikte) gewogen M63-waarde per boring en als gebiedsgemiddelde.

Gebied	1	2	4	8	9
	177	183	158	185	137
	187	200	160	189	193
	188	267	168	207	203
	191	286	171	227	208
	219	308	171		
			194		
			237		
			251		
			258		
			317		
Gemiddelde	192	249	209	202	185

De sortering⁴ lijkt binnen en tussen de gebieden niet echt te verschillen (zie kaart 17, Bijlage A). Variatie lijkt vooral te zitten tussen de gemiddelde korrelgrootte waarden. Van alle gebieden is gebied 9 gemiddeld genomen het fijnste en gebied 2 het grofst. Initiële verwachting was dat gebied 1 en 2 even grof zouden zijn in verband met de nabijheid van de kering en grote getijdegeulen. De diepteligging van de gebieden lijkt echter een meer dominante factor, waardoor gebied 2, dat dieper ligt, grover is dan gebied 1 dat ondieper ligt. Dit is mogelijk ook de reden van de tweedeling in korrelgrootte binnen gebied 4. Het grovere, westelijke deel ligt dieper dan het fijnere oostelijke deel.

6.4 Beschikbare volumes

Op basis van de bovengenoemde analyse zijn nieuwe volumina berekend voor de verschillende potentiële zandwinlocaties (zie Tabel 6.3). In Tabel 6.4 worden deze volumina verder onderverdeeld op basis van verschillen in korrelgrootte en bijmenging. Hierbij zijn zowel laterale als verticale deel volumes gedefinieerd. Ten opzichte van de volumina genoemd na afronding van fase II zijn deze sterk toegenomen. De volumina van de gebieden die in fase II werden buitengesloten in verband met stoorlagen zijn op basis van boorinformatie weer grotendeels ter beschikking gekomen. Sommige gebieden hebben grotere volumina dan initieel in fase I was berekend, dit is te verklaren doordat: er ook onder de recent gesedimenteerd lagen zand voorkomt en voor de geologische gebieden ook zand met diktes groter dan 5 meter voorkomt.

Tabel 6.3 Volume tabel voor totaal zand. De totale oppervlaktes zijn voor sommige gebieden aangescherpt ten opzicht van fase I.

Gebied	Dikte [m]	Oppervlak [km ²]	Volume [Mm ³]
1	8 & 6	0.5 & 0.3	4.0 + 1.8 = 5.8
2	8 & 7	0.8 & 0.3	6.4 + 2.1 = 8.5
4	6.9	1.3	8.97
8	8 & 5	0.3 & 0.4	2.4 & 2.0 = 4.4
9	7.6	2.0	15.2
Totaal			40.63

⁴ Mate van spreiding in de korrelgrootte verdeling. Een goed gesorteerd monster is homogeen van samenstelling (kleine spreiding), in een slecht gesorteerd monster komen verschillende korrelgroottes voor (grote spreiding).