

# Memo

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)  
 chris.heerema@tno.nl  
 +31615298445

Aan T. Vermaas Tommer.Vermaas@deltares.nl  
 Van Chris Heerema  
 Onderwerp Notitie DIS 3.1 Voxelmmodellering Update offshore  
 Zeeland

Datum  
 15 mei 2024

## 1. Inleiding

Deze notitie beschrijft de veranderingen en resultaten van de update van het lithoklassemodel dat is gemaakt voor het Delfstoffen Informatie Systeem 3.0 (DIS 3.0), naar DIS 3.1 van de regio offshore Zeeland. Voor deze update is gebruik gemaakt van het bestaande lagenmodel van offshore Zeeland, beschreven in de Notitie DIS 3.0 Zeeland Lagenmodellering (Stam en Van Heteren, 2020). De methodiek en resultaten van het originele voxelmodel zijn beschreven in de Notitie DIS 3.0 Zeeland Voxelmmodellering (Stam en Van Heteren, 2020). De in deze notitie beschreven update van het voxelmodel zorgt voor betere aansluiting bij de recentere DIS 3.1 Zuid-Holland Lagenmodellering, en omvat de volgende twee veranderingen:

- De lithoklassen worden volgens de 100x1 methodiek gesimuleerd, in plaats van de 10x10 methodiek. Hiertoe wordt eerst per voxel 100 keer de zand - niet-zand klasse berekend, en vervolgens 1 keer de lithoklasse. Dit resulteert in een lithoklasseverdeling met minder ruis (heterogene onderverdeling van lithoklasse voxels zonder geologische trend).
- Lithoklasse 3 (*zand matig grof tot zeer grof, 210-420 μm*) is nu onderverdeeld in klassen 3 (*zand matig grof, 210-300 μm*) en 4 (*zand zeer grof, 300-420 μm*). De overige lithoklassen schuiven hiermee ook een nummer op. Resultierend in de lithoklasseverdeling zoals weergegeven in Tabel 1.

Beide aanpassingen zijn reeds toegepast en toegelicht in Notitie DIS 3.1 Zuid-Holland lagen- en voxelmodellering (Stam en Heerema, 2023).

Tabel 1 Lithoklasse verdeling in DIS 3.1 offshore Zeeland.

1: zand uiterst fijn (63-105 μm)
2: zand zeer fijn tot matig fijn (105-210 μm)
3: zand matig grof (210-300 μm)
4: zand zeer grof (300-420 μm)
5: zand uiterst grof (420-2000 μm)
6. zand (korrelgrootte onbekend; in voxelmodellering buiten beschouwing gelaten)
7: klei (klei, leem, gyttja, bagger, slurrie)
8: veen (veen, detritus)
9: schelpen (≥30% schelpen)

Ten slotte zijn in de update van dit model twee kleine correcties meegenomen:

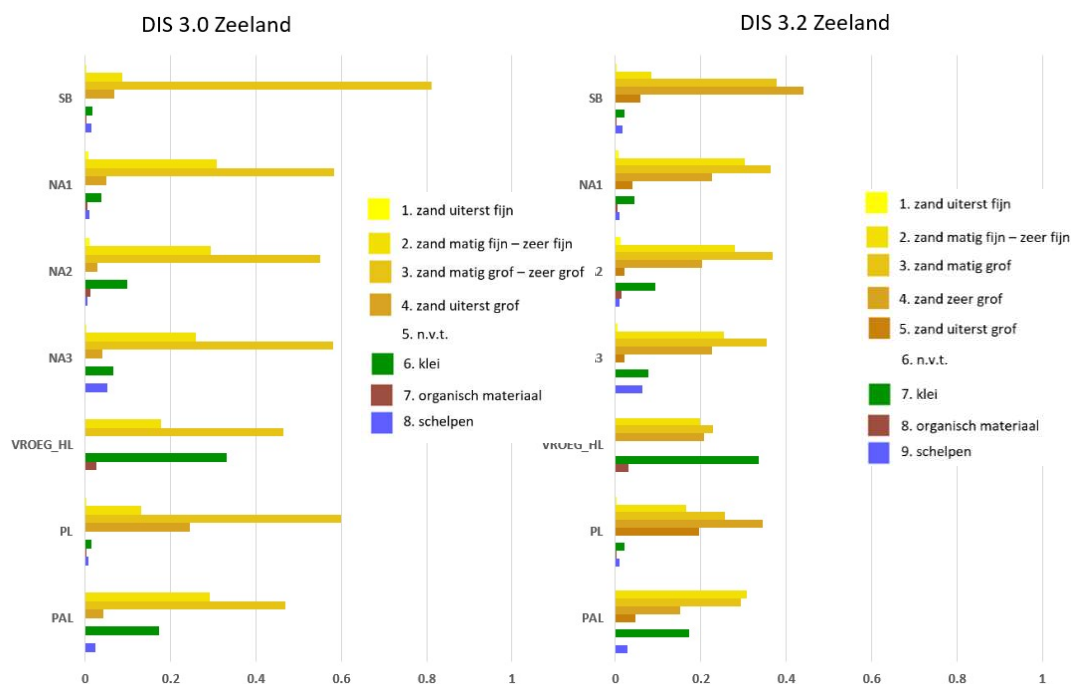
- Op de grens tussen de modelgebieden DIS 3.0 Zeeland (2020) en DIS 3.1 Zuid-Holland ontbraken er door een grensgebied mismatch twee voxelstacks, welke nu zijn meegenomen in deze update van model Zeeland.
- Bij de uitlevering van DIS 3.0 Zeeland (2020) zijn er door een afrondingsfout in de bathymetrie enkele gemodelleerde voxels aan de bovenkant van het model weggesneden en niet uitgeleverd. Dit is verholpen bij deze update.

## 2. Resultaten

### 2.1. Lithoklasse verhoudingen en lithoklassemodel

Figuur 1 laat de vergelijking zien tussen beide modellen, hierin wordt direct duidelijk dat de extra lithoklasse onderverdeling een logische keuze is. Voorheen bestond elke geologische formatie uit 45% tot 80% Lithoklasse 3 (zand matig grof tot zeer grof, 210-420  $\mu\text{m}$ ). De opgesplitste verdeling laat zien dat de nieuwe lithoklassen 3 en 4 in alle geologische formaties beide een groot aandeel beslaan, en levert aanvullend inzicht in geologische trends binnen de meest voorkomende zandfractie van de oude classificatie. Onderlinge verschillen in lithoklasseverdeling per geologische formatie die met de nieuwe classificatie zichtbaar worden, benadrukken dat de Naaldwijk eenheden een groter aandeel matig grof zand bevatten, terwijl de Southern Bight Formatie en Pleistocene eenheden naar verhouding juist meer uit zeer grof zand bestaan.

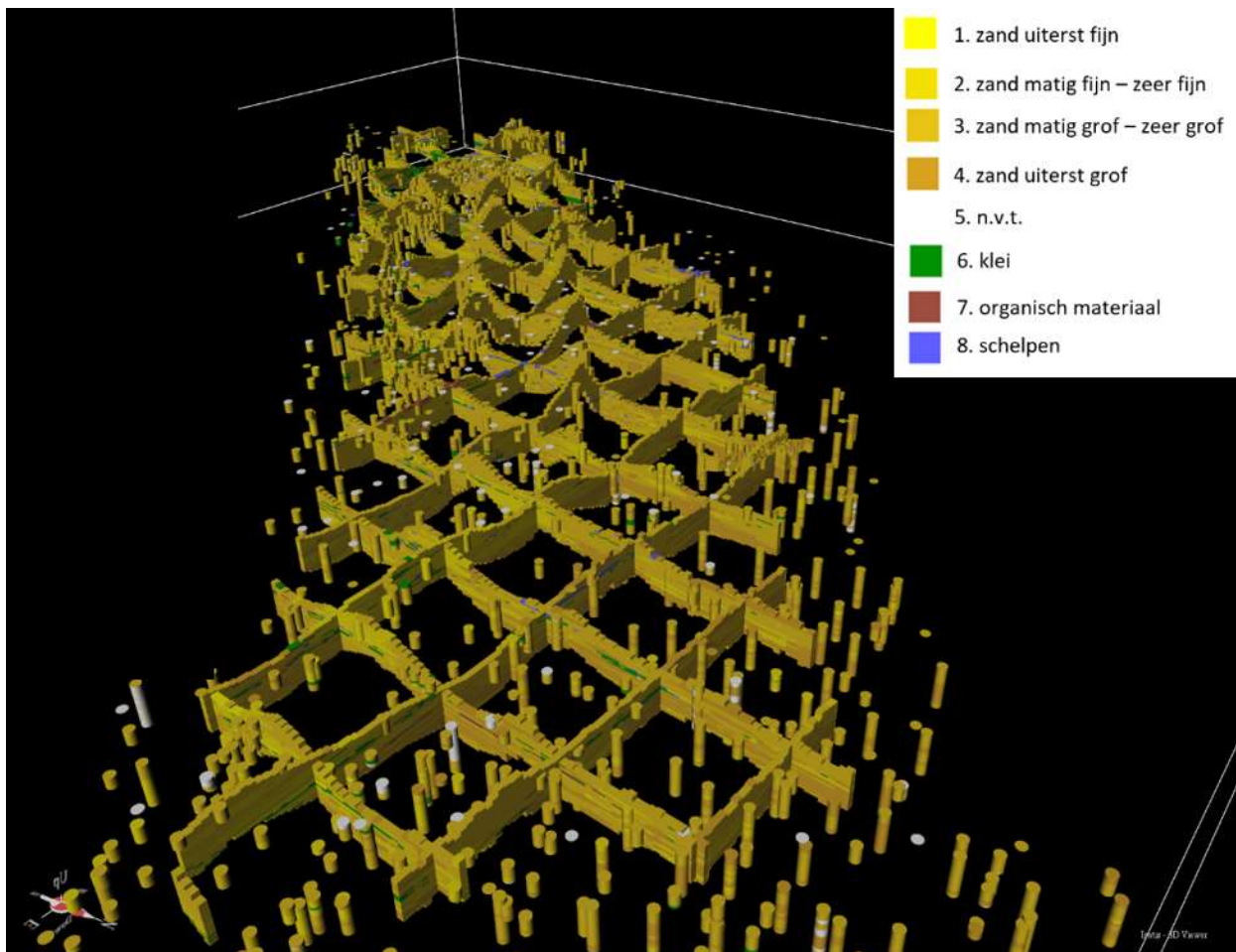
Let op: Vanwege het opsplitsen van lithoklasse 3 is niet enkel de naamgeving van de zandklassen, maar de kleurenschaal van de zandklassen ook veranderd. Dat bemoeilijkt visuele vergelijking van kaartjes gegenereerd volgens de verschillende classificaties. Eveneens vallen er kleine verschillen op qua totale lithoklasseverhouding. Dit komt omdat deze verhoudingen voor DIS 3.0 Zeeland berekend zijn over het modelgebied inclusief een kleine bufferzone, en voor DIS 3.1 Zeeland alleen over het modelgebied.



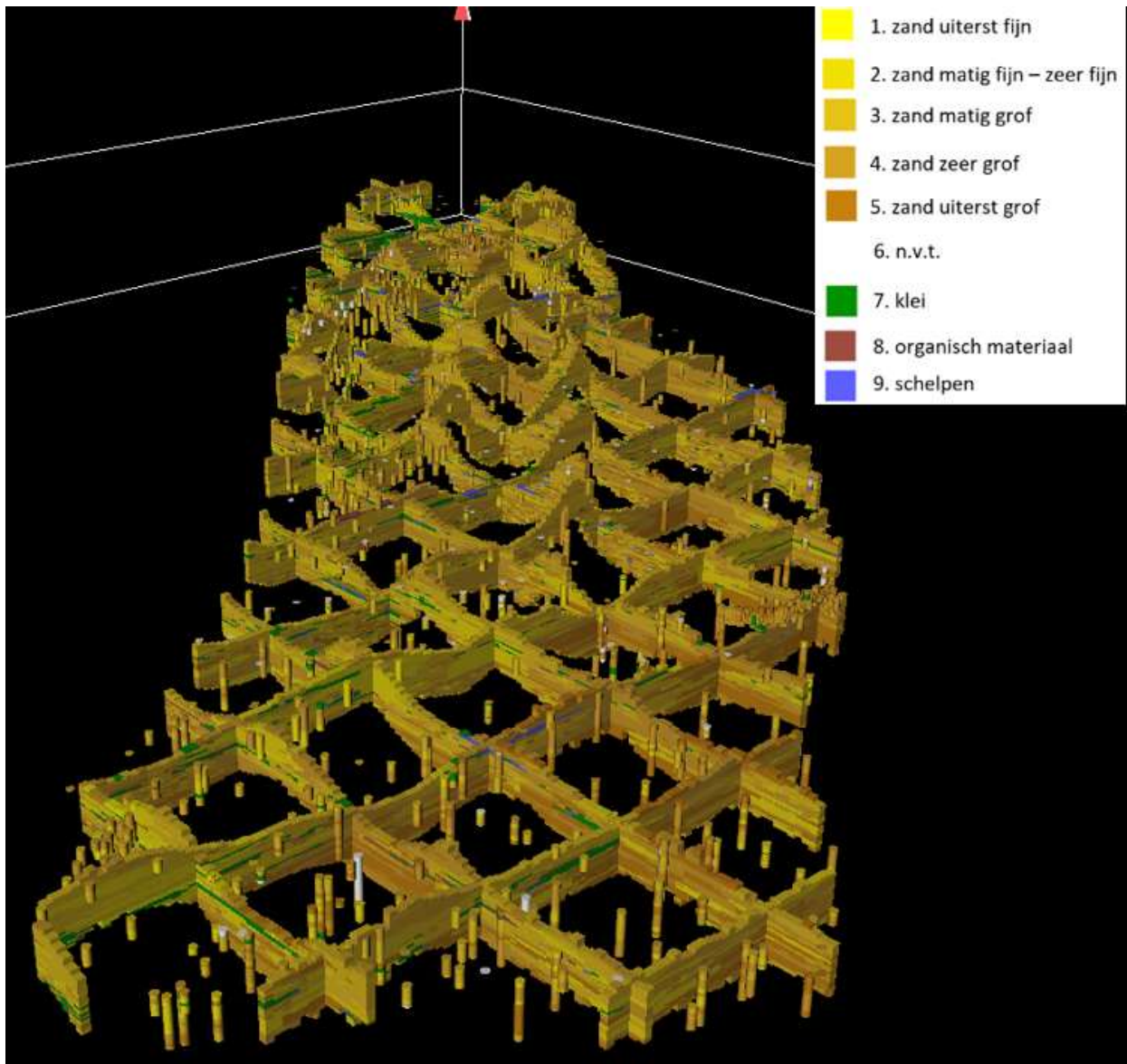
Figuur 1. Globale verhouding van de lithoklassen per modelunit, DIS 3.0 Zeeland (links) en DIS 3.1 Zeeland (rechts). Het relatieve aandeel van de lithoklassen staat op de x-as en de modeluniten staan op de y-as

De bovenstaande observaties vertalen zich direct door naar het lithoklassemodel. Zoals te zien in Figuur 2 bestaat het oude voxelmodel qua volume voor het merendeel uit lithoklasse 3. De opsplitsing van deze lithoklasse blijkt een logische toevoeging aangezien er ook in het voxelmodel duidelijke trends en onderverdelingen optreden qua voorkomen van de nieuwe lithoklasse 3 en 4 (Figuur 3). Dat is eveneens duidelijk zichtbaar in Figuur 4. Zo is westwaarts en verder offshore een groter aandeel grover zand aanwezig, in de Southern Bight Formatie, en dichterbij de kust een groter aandeel fijnere fractie, in de Naaldwijk eenheden. Vanzelfsprekend zorgt de opsplitsing van een extra lithoklasse ook voor meer schijnbare ruis. Wat voorheen één uniform gekleurd volume was, bestaat nu uit twee volumes met z'n eigen geologische trends en veel extra lithoklassegrenzen.

Het positieve effect van de implementatie van de nieuwe 100x1 simulatie methode is te evalueren door de niet-zand lithoklassen patronen(veen, schelpen en klei) te vergelijken. Deze lithoklassen zijn niet beïnvloed door de opsplitsing van zand lithoklasse 3. De beoogde ruisreductie is goed zichtbaar bij het vergelijken van Figuur 4a met Figuur 4b. De effecten van deze nieuwe simulatiemethodiek op DIS zijn uitgebreid beschreven in Notitie DIS 3.1 Zuid-Holland lagen- en voxelmodellering (Stam en Heerema, 2023).

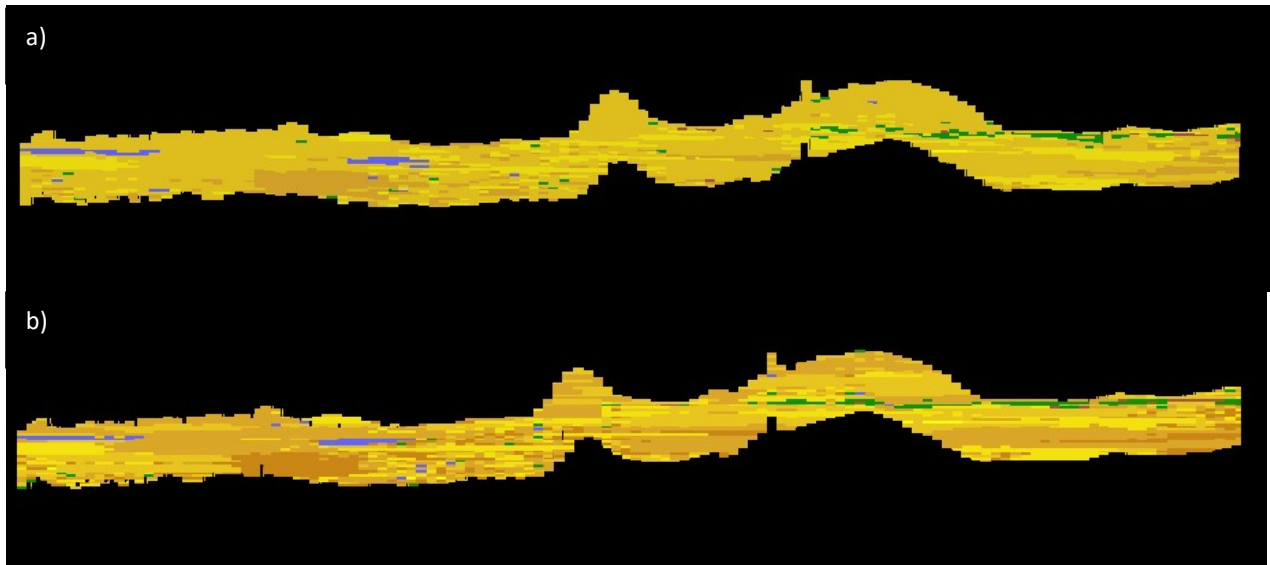


Figuur 2 DIS 3.0 Zeeland. Voxelmodel (kijkrichting zuidwest) met de meest waarschijnlijke lithoklasse. De boorstaafjes zijn ook gekleurd volgens de lithoklasseindeling. De in wit aangegeven intervallen zijn niet beschreven of bemonsterd.



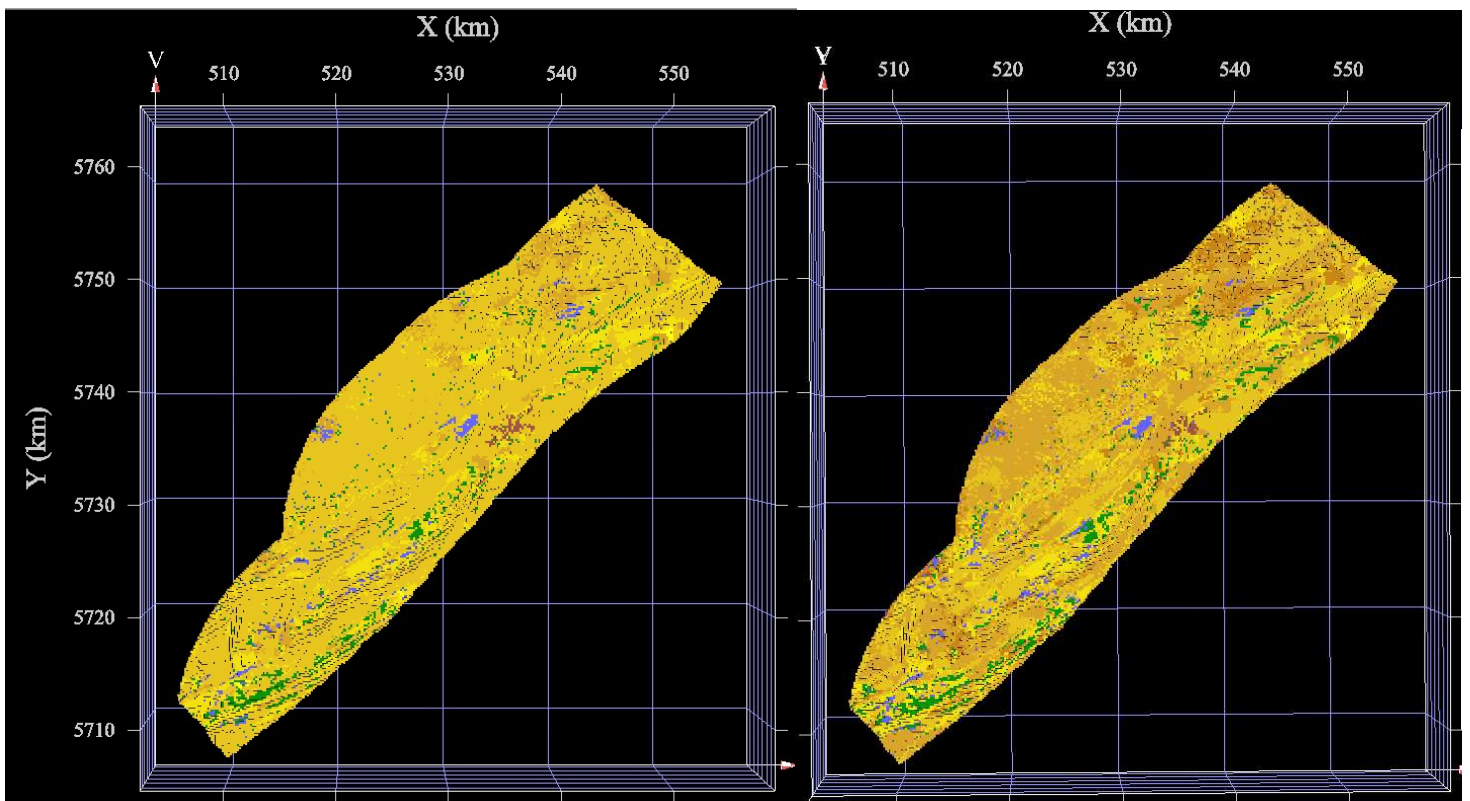
Figuur 3 DIS 3.1 Zeeland. Voxelmodel (kijkrichting zuidwest) met de meest waarschijnlijke lithoklasse. De boorstaafjes zijn ook gekleurd volgens de lithoklasseindeling. De in wit aangegeven intervallen zijn niet beschreven of bemonsterd.





Figuur 4 a) Doorsnede DIS 3.0 Zeeland. b) Doorsnede DIS 3.1 Zeeland. Ter hoogte van: Y = 529784.50 m, oost-west strekking. Zelfde legenda als in Figuur 3, verticale dikte bedraagt 12 m.

De resultaten van de onderverdeling in de lithoklassen komen eveneens duidelijk naar voren in de zeebodemsedimentklasse die door de bovenste voxel wordt weergegeven (Figuur 5). Dit resulteert in meer geologisch detail, en vorming van lokale regio's met de nieuwe lithoklassen. Zo is het voorkomen van grovere zandfracties verder van de kust een trend die wederom zichtbaar is, vooral in het noorden, en mogelijk te koppelen aan een vroegere loop van de Rijn.



Figuur 5 Vergelijking bathymetrie en geologie aan oppervlak. DIS 3.0 Zeeland (links), DIS 3.1 Zeeland (rechts). Zelfde legenda als in Figuur 3.

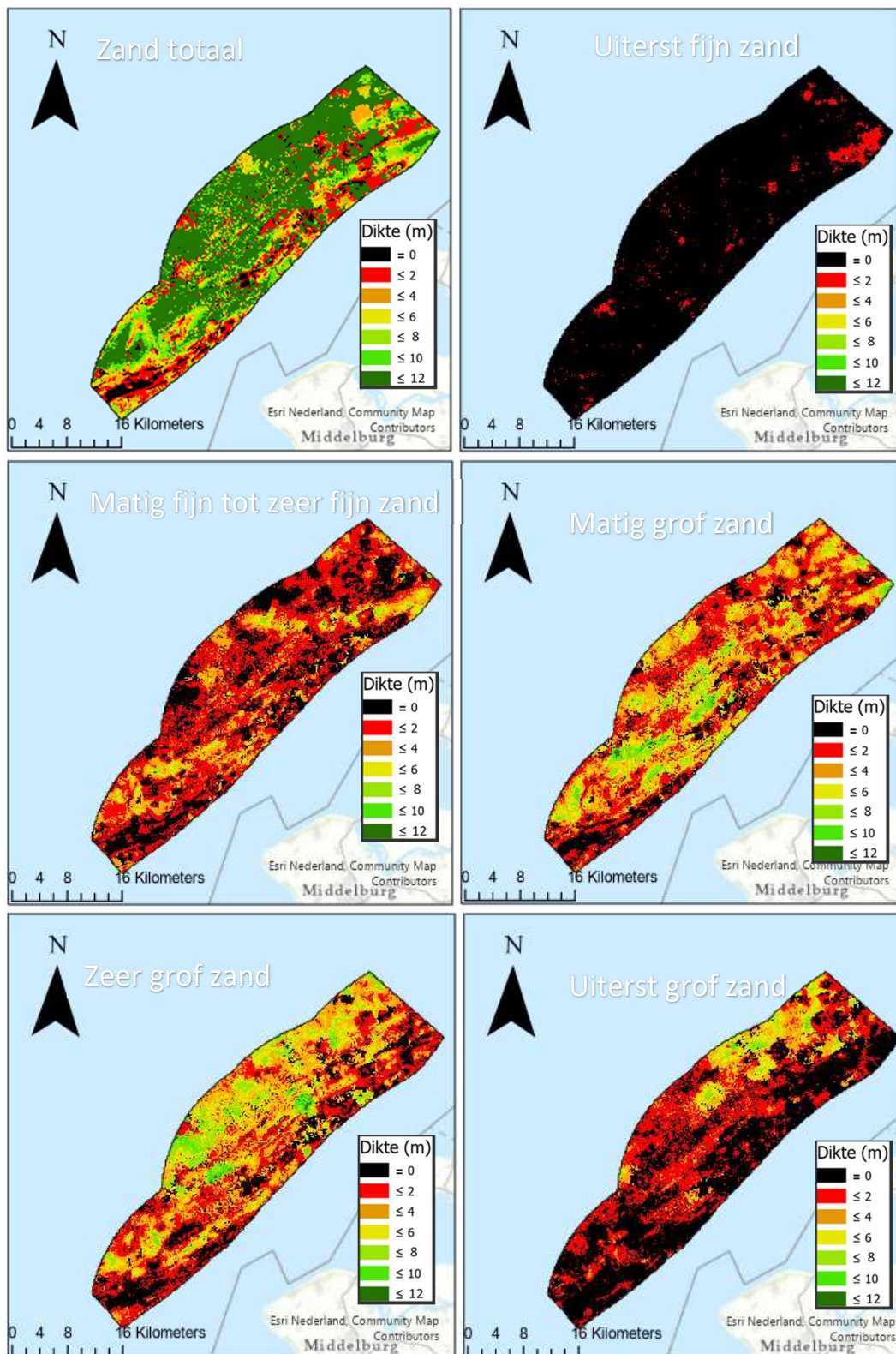
## 2.2. Winbaarheid

Aan de hand van de bepaalde meest waarschijnlijke litho-, slib- en schelpenklasse is de winbaarheid voor iedere voxelstack bepaald. Om redenen van éénduidigheid en efficiëntie is het aantal te berekenen winbaarheidsscenario's voor DIS 3.1 offshore Zeeland gereduceerd ten opzichte van die in DIS 2.1 en DIS 3.0 offshore Zeeland. Deze keuze t.b.v. duidelijkheid is eveneens al voor DIS 3.1 Zuid-Holland toegepast. Het scenario dat nog berekend wordt is overeenkomstig het oorspronkelijk gedefinieerde B2-scenario: minimumdikte van de stoorlaag 0,5 m; lithologie klei, leem of veen. Net zoals in DIS 3.0 Zeeland, is de Paleogene formatie als 'niet winbaar', en dus stoorlaag-eenheid aangeduid. Ook het onderscheid tussen 0-1 en 0-4 zand is niet langer gemaakt, maar wordt de dikte van elke lithoklasse afzonderlijk berekend en het totaal van alle zandklassen. In Tabel 2 staan de volledige specificaties van het winbaarheidsscenario.

Tabel 2 Specificaties van het toegepaste winbaarheidsscenario.

Stoorlaagdefinitie	Lithoklasse 7,8
Stoorlaagdikte	0,5 m
Stoorlaag-eenheid	PAL

De uit het voxelmodel afgeleide winbaarheidsgrids (Figuur 6) geven een duidelijk regionaal kaartbeeld van het zandvoorkomen per klasse over het gebied voor de gekozen windiepte van 12 m. De winbaarheid van offshore Zeeland wordt voor een groot gedeelte gestuurd door de bathymetrie en het lagenmodel. Zo zorgen in de dalen van de zandbanken enkele kleilagen direct aan het oppervlak voor een lage winbaarheidsdikte, soms aflopend tot 0 m zand. De dikste winbare lagen zeer en uiterst grof zand kunnen met name verder offshore gevonden worden, waar relatief grof Pleistoceen zand dicht onder de zeebodem aanwezig is.



Figuur 6. Zanddiktekaarten (in meters) voor de verschillende zandklassen bij een maximale winddiepte van 12 m en een stoorlaag van klei, leem en/of veen met een minimale dikte van 0,5 m. Paleogene afzettingen worden als niet winbaar beschouwd.

Ten behoeve van het uitrekenen van het winbaarheidsscenario zijn de schelpen- en slibklasse niet benodigd. Voor de compleetheid zijn deze variabelen overgenomen uit het oude DIS 3.0 offshore Zeeland model.

### **2.3. Correctie ontbrekende voxelstacks Zuid-Holland**

Er was geconstateerd dat er op het grensgebied tussen DIS 3.1 Zuid-Holland en DIS 3.0 Zeeland twee voxelstacks ontbraken. Deze mismatch is verholpen in deze update van DIS Zeeland. Het grensgebied is met twee voxelstacks uitgebreid, en meegenomen in de lithoklassemodellering. De schelp- en slibklasse voor deze voxelstacks is overgenomen uit het oude DIS 3.0 Zeeland voxelmodel. Vanwege de gebruikte rekenbuffer in het oude voxelmodel, waren deze voxelstacks beschikbaar.

### **2.4. Correctie lege voxels zeebodem**

In het oude DIS 3.0 Zeeland model is vanwege een afrondingsverschil een discrepantie opgetreden tussen de modeluitleveringsselectie en gesimuleerde lithoklassevoxels. Hierdoor zijn enkele gesimuleerde voxels die binnen de uiteindelijke oplevering horen te vallen, niet meegeleverd.

Deze discrepantie is verholpen door het niveau van de bovenste lithoklassevoxels als nieuwe bathymetrie in te stellen en vanuit daar tot 12 m onder zeebodem voxels te selecteren t.b.v. uitlevering.

## **3. Kwaliteitscontrole**

Vanwege de kleine omvang van deze update (en van het budget) is de kwaliteitscontrole op een beknoptere manier uitgevoerd, in plaats van stapsgewijs uitgebreid doorsnedes van het model te analyseren. Eveneens speelt mee dat het lagenmodel onveranderd is gebleven, en dat de nieuwe statistische methode al uitgebreid beproefd is.

Hiertoe zijn de lithoklassemodellen van DIS 3.0 Zeeland en DIS 3.1 Zeeland getoetst op de te verwachte overeenkomsten tussen de modellen, en de verwachte verschillen zoals een logische verdeling van de nieuwe lithoklassen. De kwaliteitscontrole is interactief uitgevoerd aan de hand van schermbeelden. Er is onder andere gebruikt gemaakt van de figuren die in deze notitie te vinden zijn.

## **4. Conclusie**

De update van het lithoklassemodel voor het Delfstoffen Informatie Systeem 3.0 (DIS 3.0) naar DIS 3.1 voor de offshore regio Zeeland heeft aanzienlijke verbeteringen en nauwkeurighedsverhogingen gebracht. De overstap naar de 100x1 simulatiemethodiek resulteert in een lithoklasseverdeling met minder ruis, terwijl de onderverdeling van lithoklasse 3 in klassen 3 en 4 zorgt voor meer gedetailleerde en informatieve geologische informatie.

Westwaarts en verder offshore is er een groter aandeel grover zand, in de Southern Bight Formatie, terwijl dichterbij de kust een groter aandeel fijnere fractie te vinden is, in de Naaldwijk eenheden. De bathymetrie, samen met de gemodelleerde laagopeenvolging, beïnvloedt sterk de winbaarheid en de zandvoorkomens.

De dikste winbare lagen met grof zand bevinden zich verder offshore, mogelijk gerelateerd aan de vroegere loop van de Rijn.

De resulterende winbaarheidsanalyses bieden een gedetailleerd regionaal overzicht van zandvoorkomen per klasse, waardoor het model geschikter is voor verdere geologische en aan extractie gerelateerde analyses.



## 5. Referenties

Stam J.C., 2020, DIS Zeeland Lagenmodellering, TNO-notitie 060.39381-02iv 100329120.

Stam J.C. en Van Heteren S., 2020, DIS Zeeland Voxelmodellering, TNO-notitie 060.43686-03iv

Stam J.C. en Heerema C., 2023, DIS 3.1 Zuid-Holland lagen- en voxelmodellering, TNO-notitie 060.51659