2212-57

KUSTVISIE ZUID-HOLLAND

ACHTERGRONDRAPPORT MER

PILOT ZANDMOTOR DELFLANDSE KUST

DELTARES: SLIBBEREKENINGEN EN KWALITEITSGEGEVENS NOORDZEEBODEM 2

KUSTVISIE ZUID-HOLLAND

Achtergronddocument Slibverspreiding zandwinning ten behoeve van de Zandmotor

Deltares

Provincie Zuid-Holland
I.s.m. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, i.s.m. Gemeente Den Haag, Gemeente Westland, Hoogheemraadschap van Delfland, Milieufederatie Zuid-Holland

januari 2010

Memo

Aan
Zjev Ambagts, Edith van Dam (provincie Zuid-Holland), Jasper Fiselier, Daan Rijks, Joost ter Hoeven, Marianne Hilders (DHV)

Datum	Kenmerk	Aantal pagina's
9 oktober 2009	1201001-000-ZKS-0012	20

Van	Doorkiesnummer	E-mail
Thijs van Kessel	(088) 33 58 239	thijs.vankessel@deltares.nl
Robert McCall	(088) 33 58 706	robert.mccall@deltares.nl

Onderwerp
Slibverspreiding zandwinning Zandmotor

---

1 Inleiding

De aanleg van de zandmotor voor de Delflandse kust vereist een hoeveelheid zand die op de Noordzee gewonnen zal worden. Bij het opbaggeren van dit zand zal slib in de waterkolom terechtkomen. In opdracht van Provincie Zuid-Holland voert Deltares een studie uit om de verspreiding van slib ten gevolge van de zandwinning voor de zandmotor in kaart te brengen.

Deze memo beschrijft in het kort het model dat gebruikt is om de slibverspreiding te bepalen en de scenario's die doorgerekend zijn met het model. De modelresultaten worden toegelicht en vergeleken met een referentie-scenario.

2 Alternatieven voor de zandwinning

Op basis van memo WA-HW20090145 van DHV, wordt aangenomen dat 25Mm^3 zand offshore gewonnen wordt voor de zandmotor. Op basis van dezelfde memo worden twee mogelijke zandwinalternatieven gespecificeerd:

- Alternatief 1: Het zand voor de zandmotor wordt gewonnen in de reeds bestaande zandwinputten Q16H (5Mm^3), Q16F (18Mm^3) en Q16J (2Mm^3), zie Figuur 1.
- Alternatief 2: Het zand voor de zandmotor wordt gewonnen in een nieuwe zandwinput (25Mm^3), zie Figuur 1.

3 Modelopzet

Om de verspreiding van slib te voorspellen wordt in deze studie gebruik gemaakt van een driedimensionaal rekenmodel, Delft3D, dat eerder toegepast is voor een MER-studie van Maasvlakte 2 (Royal Haskoning et al., 2006) en de MER Winning suppletiezand Noordzee 2008 t/m 2012 (Van Prooijen et al, 2007). Het model bevat de effecten van het getij, alsmede van de wind, golven en rivierafvoeren. Het model is gevalideerd met gemeten data van

golfhoogtes, stroomsnelheden en slibconcentraties. Het rekenrooster van het Delft3D model is weergegeven in Figuur 2.

In deze studie wordt een periode van acht jaar doorgerekend (2000-2008), waarbij de randvoorwaarden voor wind, rivierafvoer en getij van het jaar 2000 telkens herhaald worden. Slib wordt tijdens de zandwinning als puntlozing aangebracht in de zandwinlokaties, waarna het bezinkt of zich verspreidt.

Met het Delft3D model worden drie modelscenario's uitgevoerd:

- Scenario 1: Zand voor de zandmotor wordt gewonnen in de lokaties van zandwinalternatief 1. Alleen de verspreiding van het slib dat tijdens de zandwinning geloosd is, wordt berekend. De natuurlijke bronnen voor slib (achtergrond) zijn niet aanwezig in dit scenario. Hierdoor is uitsluitend het effect van de zandwinning zichtbaar.
- Scenario 2: Zand voor de zandmotor wordt gewonnen in de lokaties van zandwinalternatief 2. Alleen de verspreiding van het slib dat tijdens de zandwinning geloosd is, wordt berekend en wordt de natuurlijke achtergrond niet meeberekend. Hierdoor is uitsluitend het effect van de zandwinning zichtbaar.
- Referentiescenario: Er wordt geen zand gewonnen voor de zandmotor. De natuurlijke bronnen voor slib (bodem Noordzee, rivierafvoer) worden wel verdisconteerd. Dit scenario geeft inzicht in de het natuurlijk achtergrondslibgehalte.

In Scenario 1 en Scenario 2 wordt verondersteld dat zand gelijkmatig gewonnen wordt in de maanden oktober 2000 tot en met februari 2001. Er wordt verondersteld dat de slibemissie 2,5% is van de gewonnen hoeveelheid zand. Deze aanname is vergelijkbaar met eerdere studies voor Maasvlakte 2.

4 Modelresultaten

Door het zandwinnen nemen zowel in de bodem als in de waterkolom de slibgehalten tijdelijk toe. Met het model zijn deze toenames berekend. De percentages slib in de bodem in de simulaties van Scenario 1, Scenario 2 en het Referentiescenario worden op vier momenten in de tijd in respectievelijk Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5 weergegeven. De simulaties laten zien dat er om de zandwinpunten in Scenario 1 een lokale toename van bodemslib plaatsvindt van 0,2%. In een periode van acht jaar verspreidt het bodemslib zich langs de gehele Hollandse kust. In Scenario 2 neemt het bodemslib lokaal om het zandwinpunt toe met 0,13%. Het slib verspreidt zich sneller langs de kust dan in Scenario 1.

Het Referentiescenario (Figuur 5) en andere studies (Figuur 6) duiden aan dat het karakteristieke bodemslibgehalte in het interessegebied in de orde van 0,5-1,0% ligt. In Figuur 7 en Figuur 8 is te zien dat het aandeel bodemslib ten gevolge van de zandwinning lokaal tot 25% bedraagt van de autonome bodemslibgehalte.

In Figuur 9, Figuur 10 en Figuur 11 worden de jaarlijks gemiddelde concentratie slib in de oppervlaktelaag van het water weergegeven voor Scenario 1, Scenario 2 en het Referentiescenario. In Scenario 1 en 2 zijn de jaarlijks gemiddelde slibconcentraties het hoogst in jaar 2 (2001). Dit is te verklaren door het feit dat er tot maart 2001 zand gewonnen wordt. De

maximale slibconcentraties in Scenario 1 en 2 treden op voor de kust van Katwijk, waarbij de concentraties in Scenario 1 hoger zijn dan in Scenario 2. De slibconcentraties in Scenario 1 en Scenario 2 zijn in alle jaren een orde kleiner dan de slibconcentraties in het Referentiescenario (Figuur 11).

De verhoudingen tussen de slibconcentratie in de oppervlaktelaag in Scenario 1, respectievelijk Scenario 2, en het Referentiescenario worden weergegeven in Figuur 12 en Figuur 13. In Scenario 1 is de oppervlakte slibconcentratie maximaal 6% van het Referentiescenario. Dit maximum vindt plaats in het tweede jaar (2001) voor de kust van Scheveningen. In Scenario 2 is de oppervlakte slibconcentratie maximaal 12% van het Referentiescenario. Dit maximum vindt plaats in de eerste en tweede jaar (2000-2001) ter plaatse van de zandwinning. Voor de kust van Scheveningen is de slibconcentratie lager dan in Scenario 1.

In Figuur 14 en Figuur 15 wordt de slibconcentratie in Scenario 1 en Scenario 2 ten opzichte van het Referentiescenario voor een zevental vakken langs de Hollandse Kust gegeven. De zeven vakken bestaan uit vier offshore vakken (vakken 14, 15, 16 en 17, zie Figuur 16) en drie kustvakken (vakken 26, 27 en 28). De resultaten laten zien dat in de offshore vakken dichtbij de zandwinning, de extra slibconcentraties ten gevolge van de winning binnen een periode van twee jaar snel afnemen. In de kustvakken duurt het enkele jaren langer voordat de extra slibconcentraties tot een verwaarloosbaar niveau afgenomen zijn.

5 Conclusies

De modelresultaten tonen een tijdelijk toename van 0,1-0,2% bodemslib in de omgeving van de zandwinning. Dit percentage slib neemt af na beëindiging van de zandwinning.

De toename van de suspensie-slibconcentraties in de bovenste waterlaag bedraagt in de buurt van Katwijk, voor de Hollandse Kust, 3-5 mg/l (of 5-10% van de autonome slibconcentratie) aan het eind van het tweede jaar van de simulaties. Later in de tijd en verder weg van de zandwinlokatie is dit effect kleiner.

De slibconcentratieverhogingen in de waterkolom zijn steeds klein ten opzichte van de natuurlijke achtergrond, die bovendien in de tijd sterk varieert.

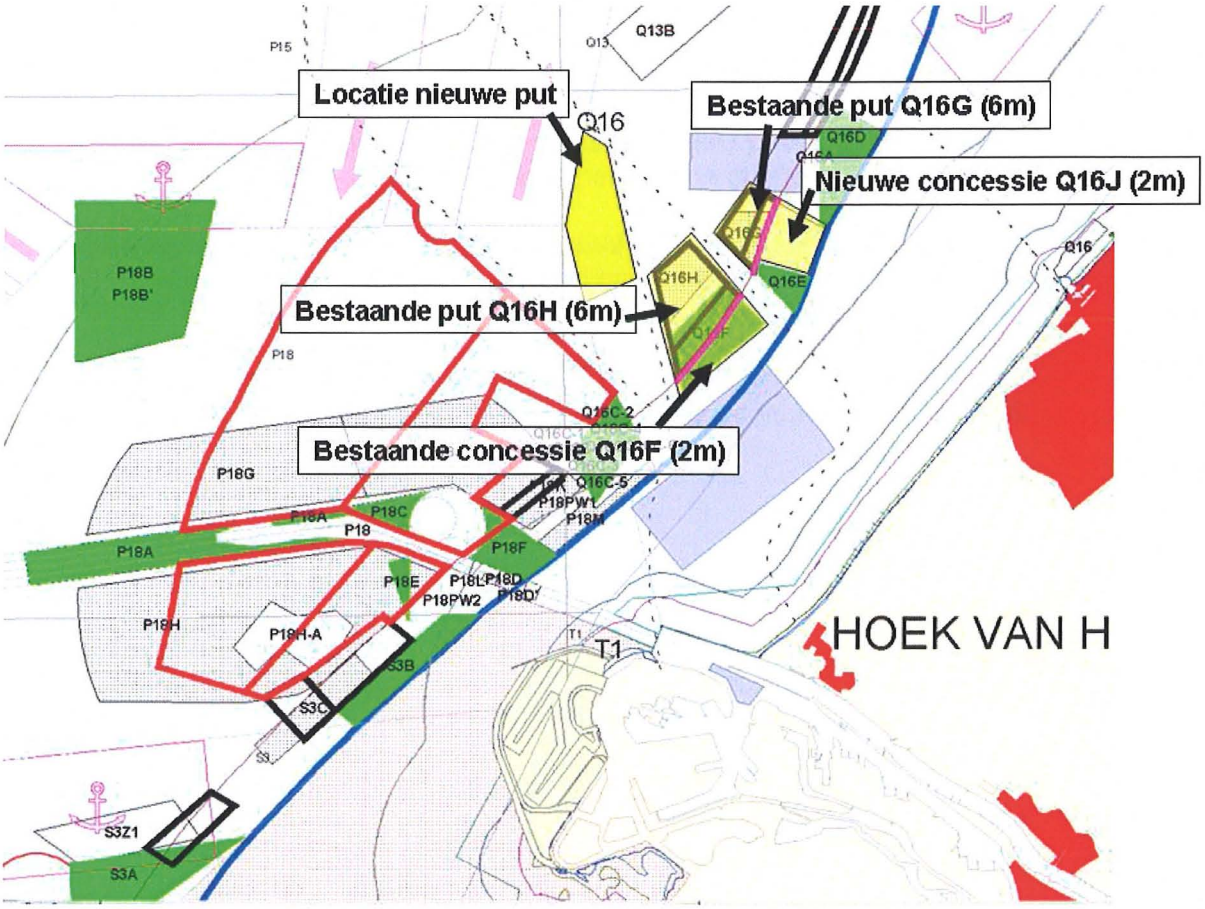
Er zijn geen uitzonderlijke verschillen tussen de berekende effecten op slibgehalten in water en bodem van zandwinalternatief 1 en van alternatief 2. In het algemeen kan worden gesteld dat de slibverspreiding door zandwinalternatief 2 wat minder geconcentreerd is en sneller verloopt dan die van zandwinalternatief 1. De berekende effecten van scenario 2 zijn dus geringer en minder langdurig. Daarom wordt geoordeeld dat een verdere ecologische doorvertaling, zoals die voor alternatief 1 heeft plaatsgevonden t.b.v. MER Winning suppletiezand Noordzee 2008-2012, voor zandwinalternatief 2 niet noodzakelijk is, omdat de conclusies niet wezenlijk zullen afwijken.

6 Referenties

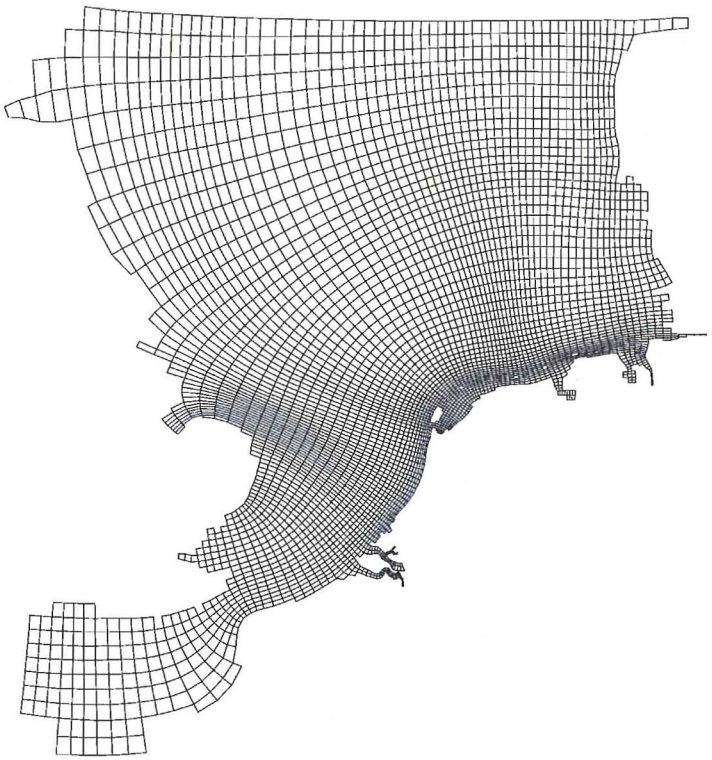
Royal Haskoning, WL| Delft Hydraulics, Svasek (2006). Impact sand extraction Maasvlakte 2. Mud transport, nutrients and primary production, 2006, 9P7008.O9.

Van Heteren, S.; Kiden, P.; Hettelaar, J.M.M. (2006). Inventarisatie slibgehalte Noordzeebodem tussen Hoek van Holland en Den Helder. TNO Bouw en Ondergrond. TNO-rapport 2006-U-R0192/C.

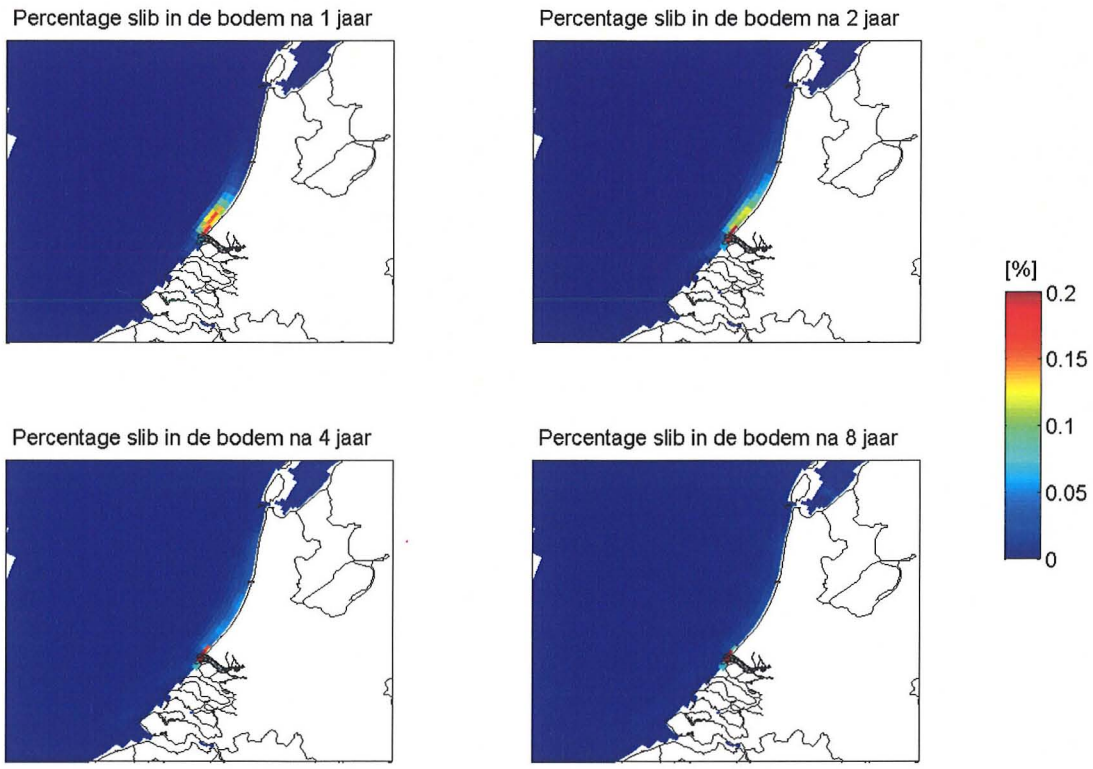
Van Prooijen, B.; Bliek, B.; Los, H.; Desmit, X. (2007). Winning suppletiezand Noordzee 2008-2012 Slibtransport, nutriëntentransport en primaire productie. Eindrapport: BvP/1414/07376C.



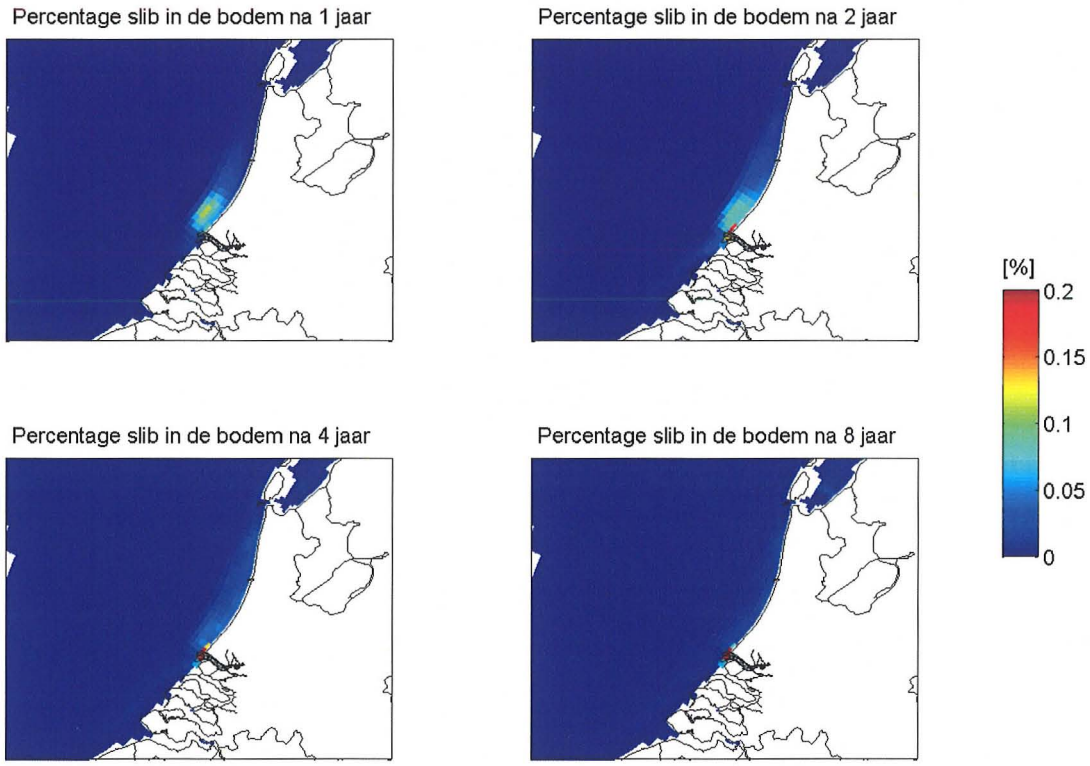
Figuur 1: Overzicht van zandwinlocaties



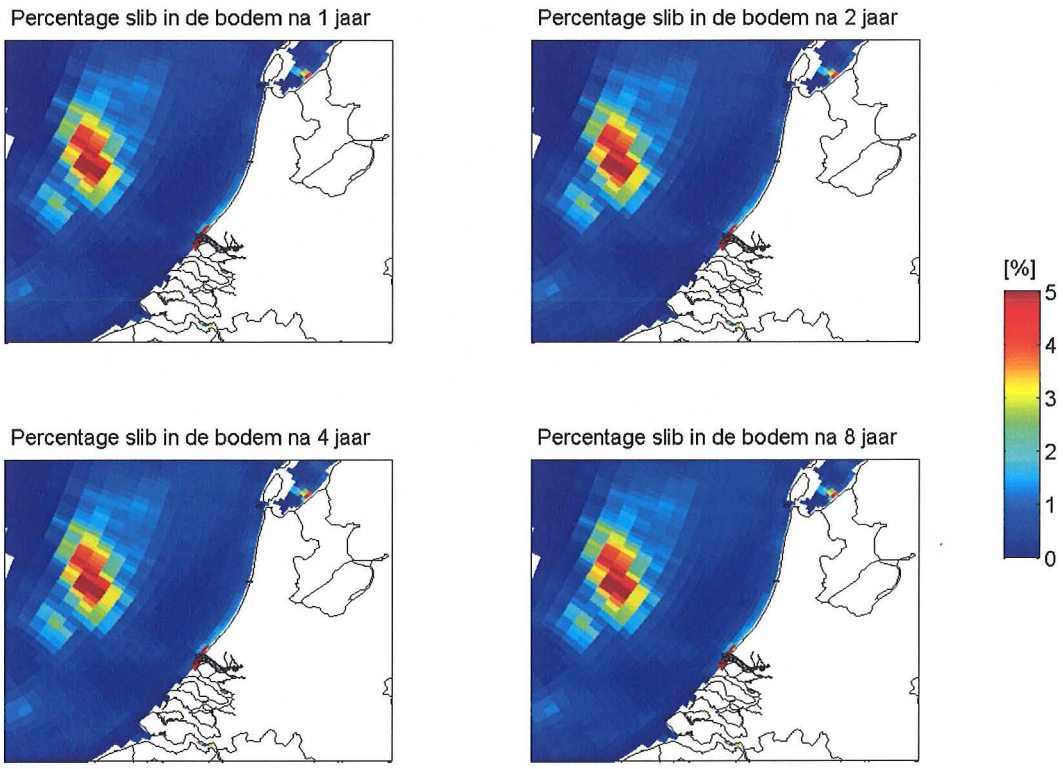
Figuur 2: Rekenrooster Delft3D model



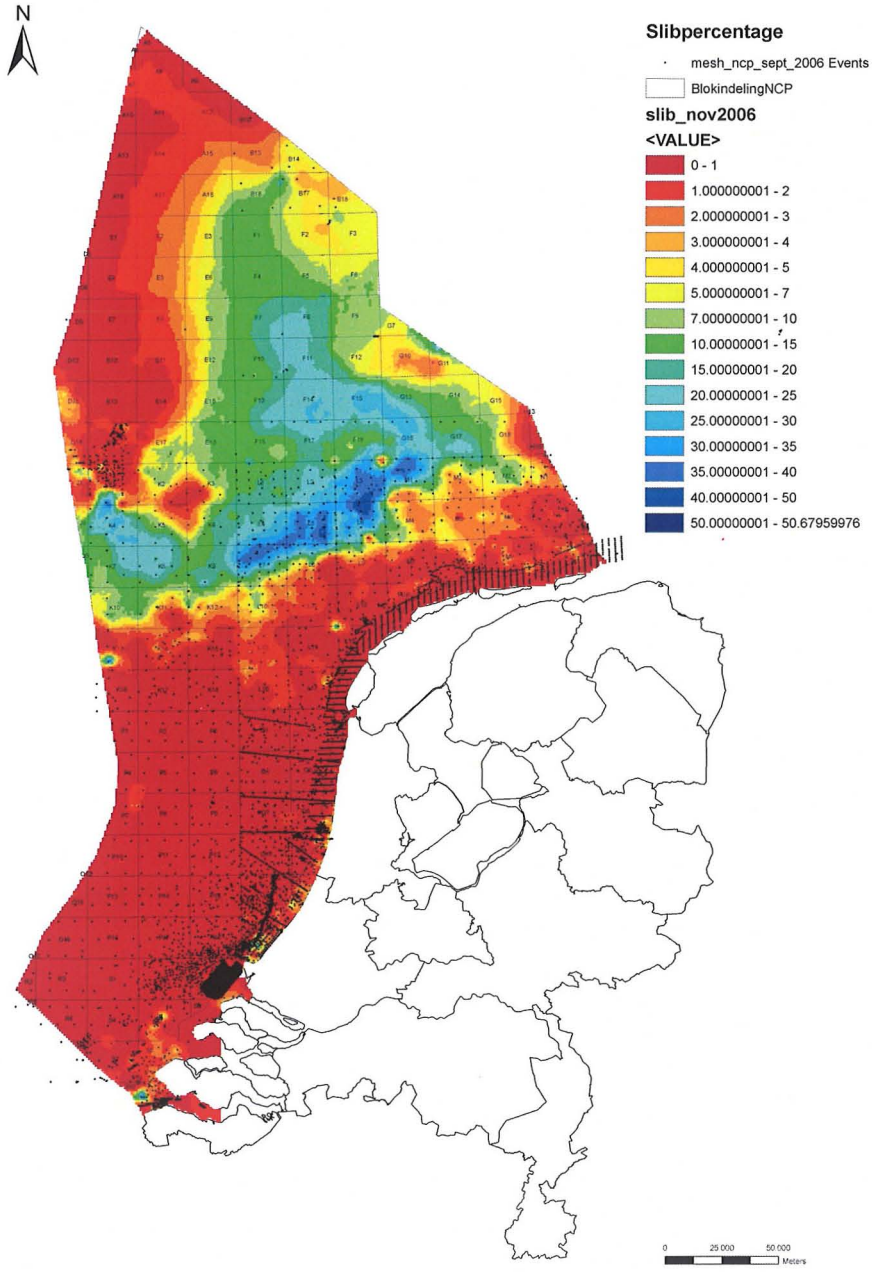
Figuur 3: Toename van het percentage slib in de bodem in Scenario 1 na 1, 2, 4 en 8 jaar



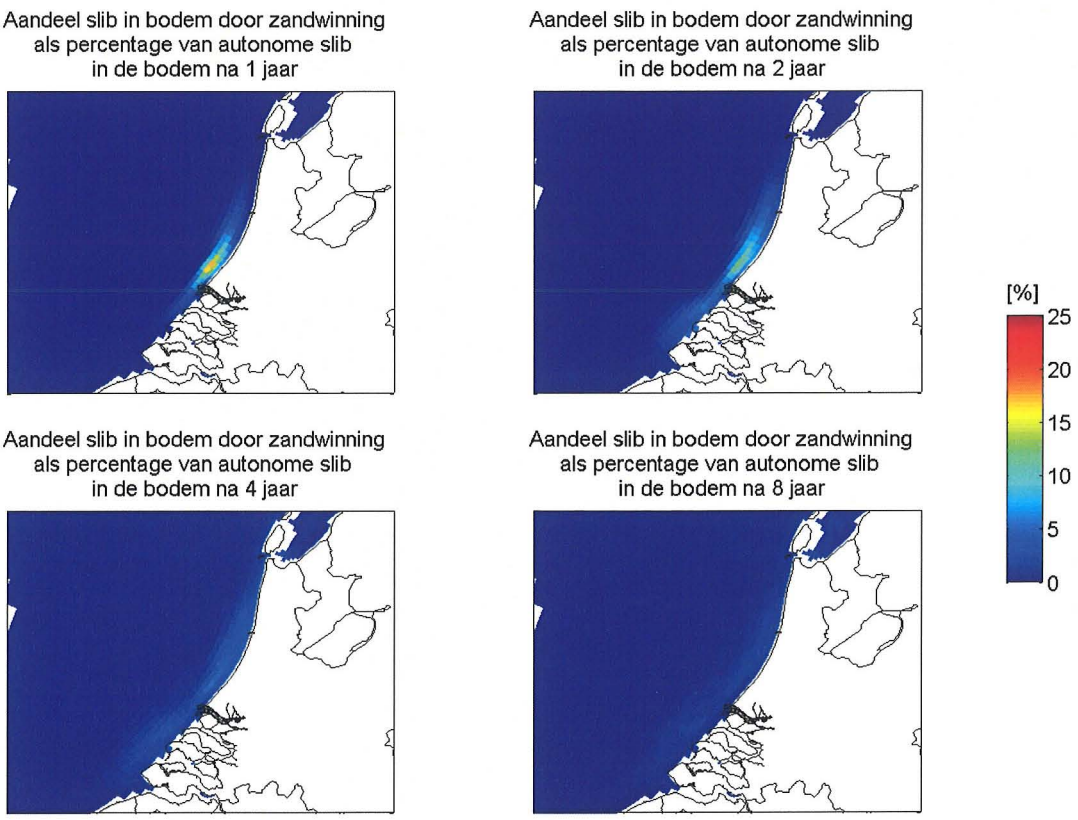
Figuur 4: Toename van het percentage slib in de bodem in Scenario 2 na 1, 2, 4 en 8 jaar.



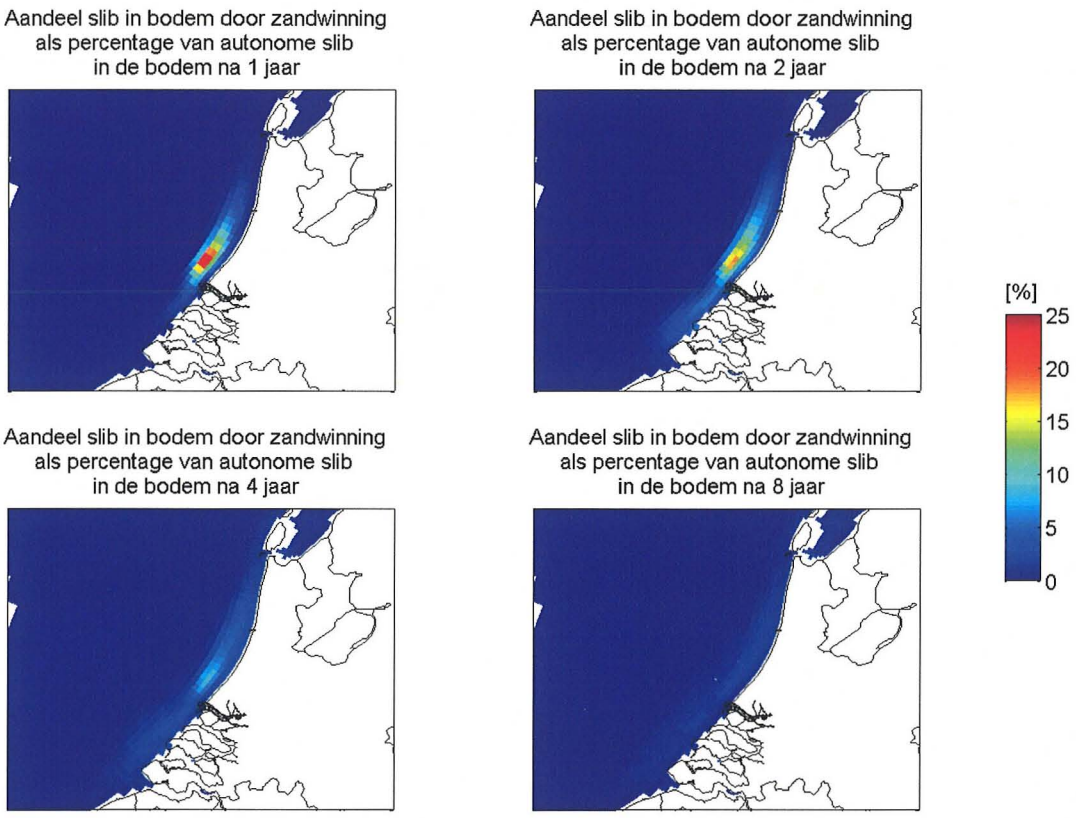
Figuur 5: Percentage slib in de bodem in het Referentiescenario 1 na 1, 2, 4 en 8 jaar. Kleurenschaal vergroot ten opzichte van Figuur 3 en Figuur 4.



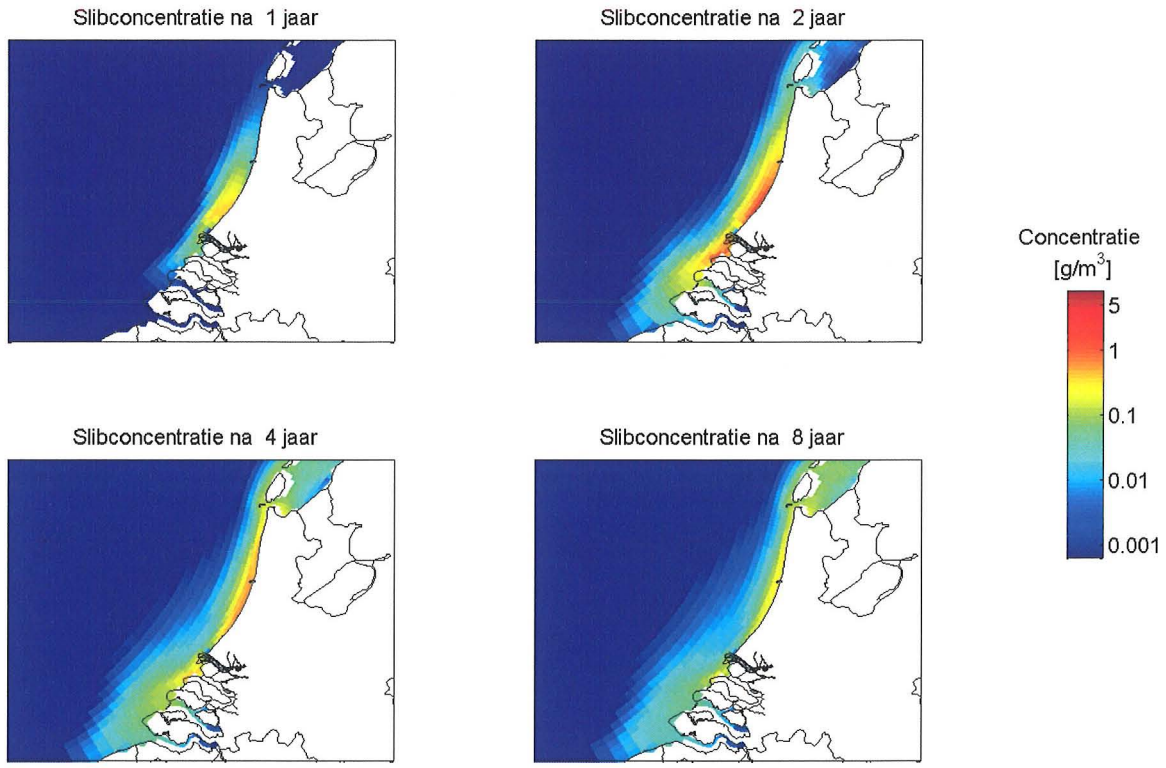
Figuur 6: Kaart van bodemslib gehalten [uit: Van Heteren et al, 2006].



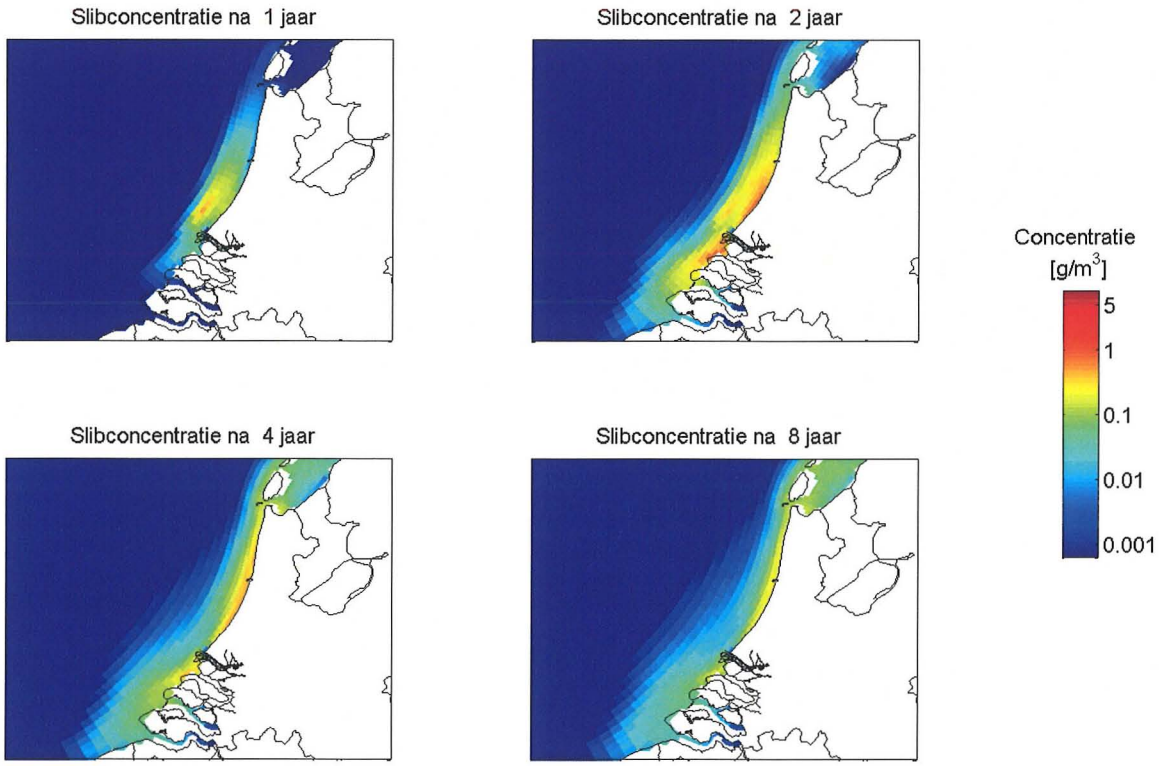
Figuur 7: Percentage slib in de bodem ten gevolge van scenario 1 ten opzichte van het percentage bodemslib in het Referentiescenario.



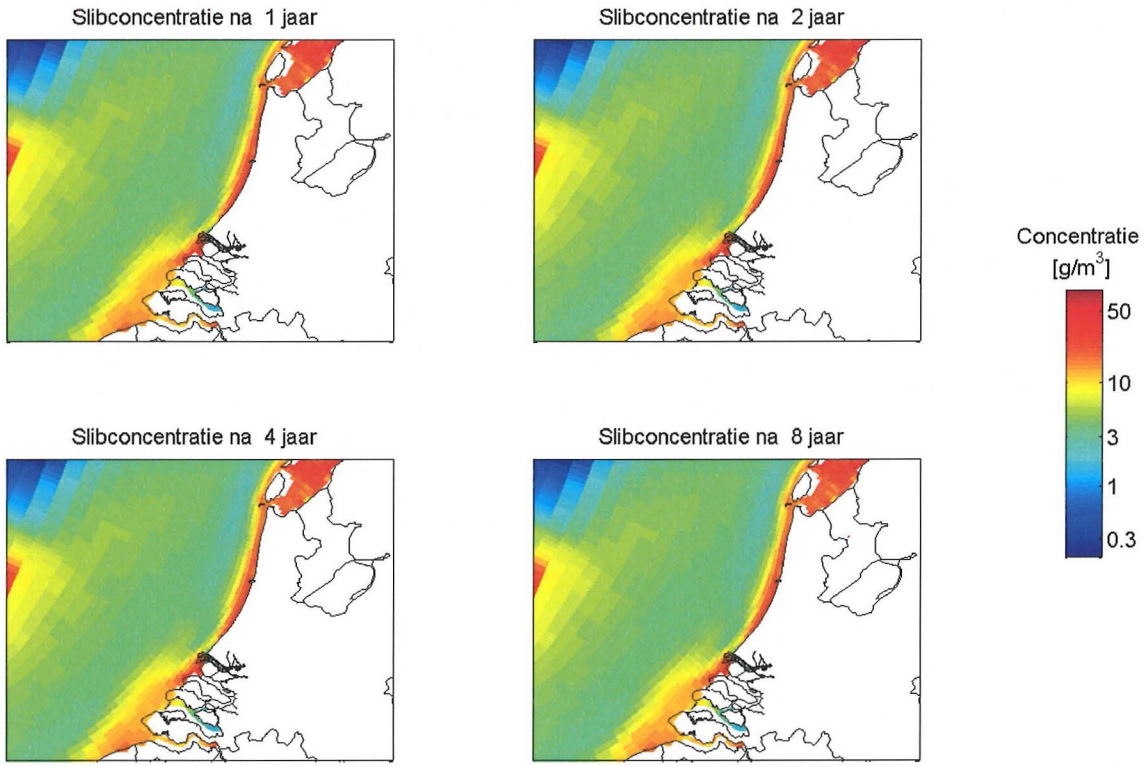
Figuur 8: Percentage slib in de bodem ten gevolge van scenario 2 ten opzichte van het percentage bodemslib in het Referentiescenario.



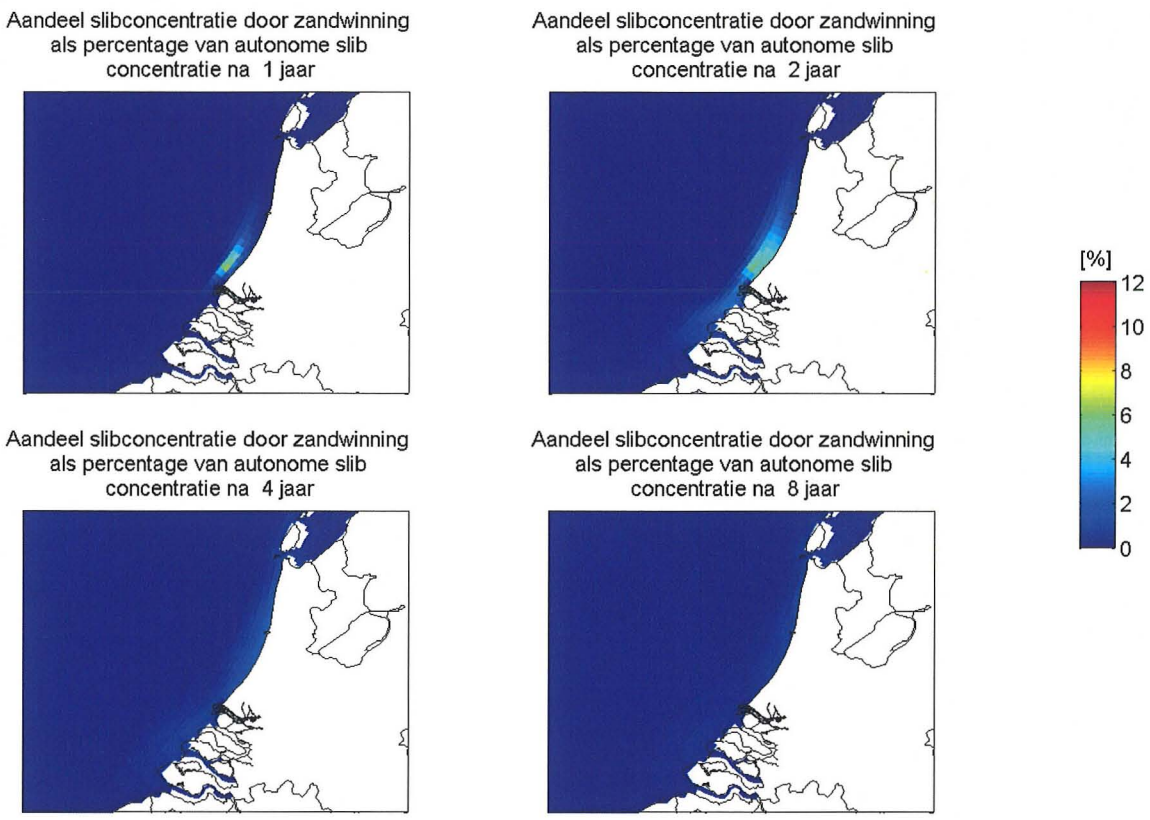
Figuur 9: Toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag in Scenario 1. Kleuren worden op log-schaal weergegeven.



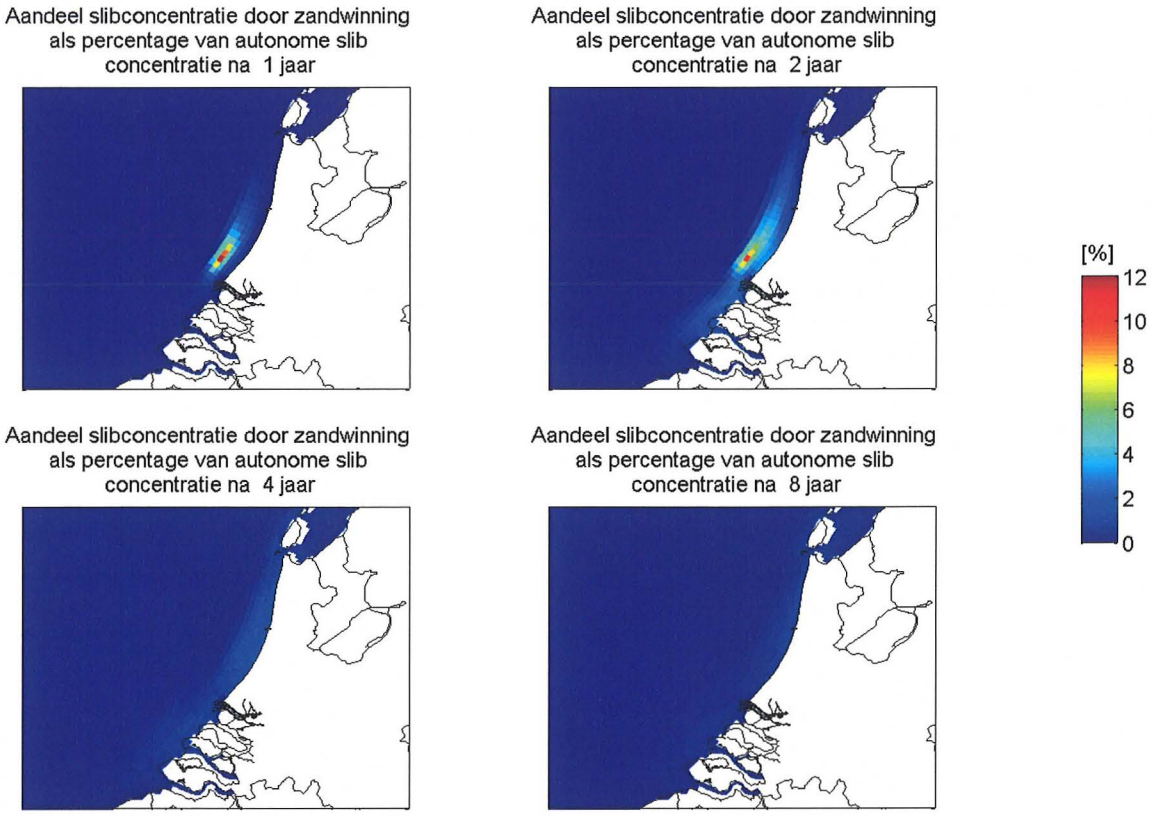
Figuur 10: Toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag in Scenario 2. Kleuren worden op log-schaal weergegeven.



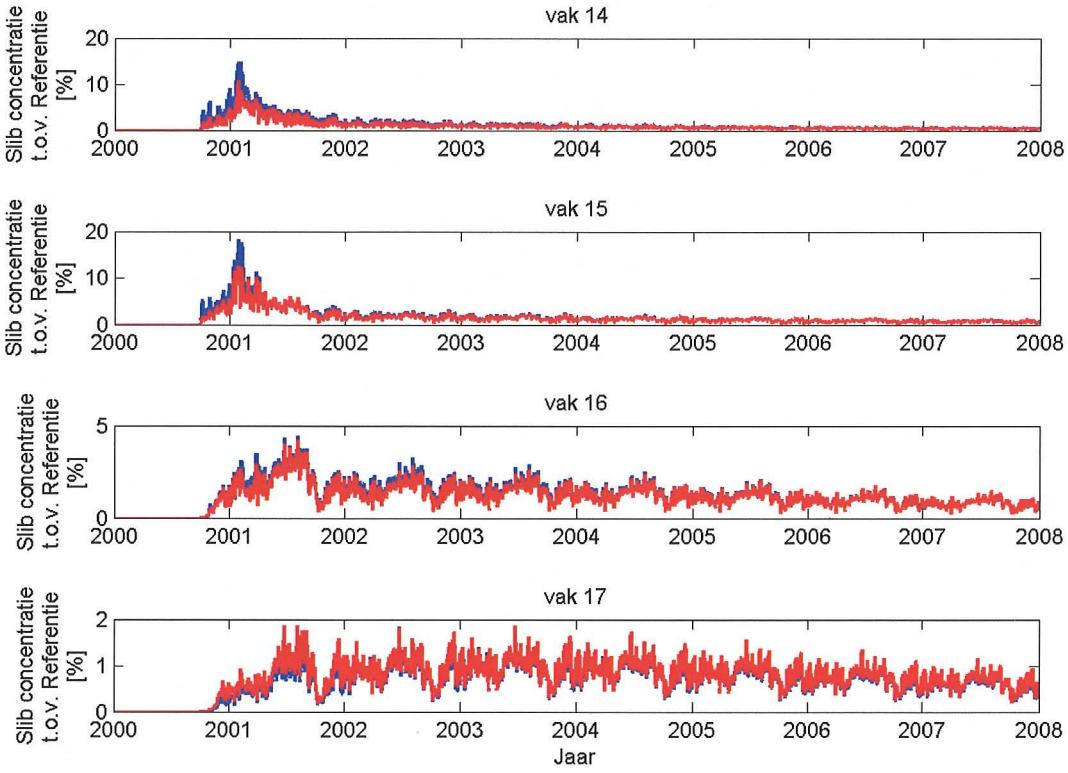
Figuur 11: Jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag in Referentiescenario. Kleuren worden op log-schaal weergegeven. Omdat telkens de aandrijving (qua getij, rivierafvoer, wind en golven) voor het jaar 2000 wordt gebruik, is er geen variatie van jaar tot jaar.



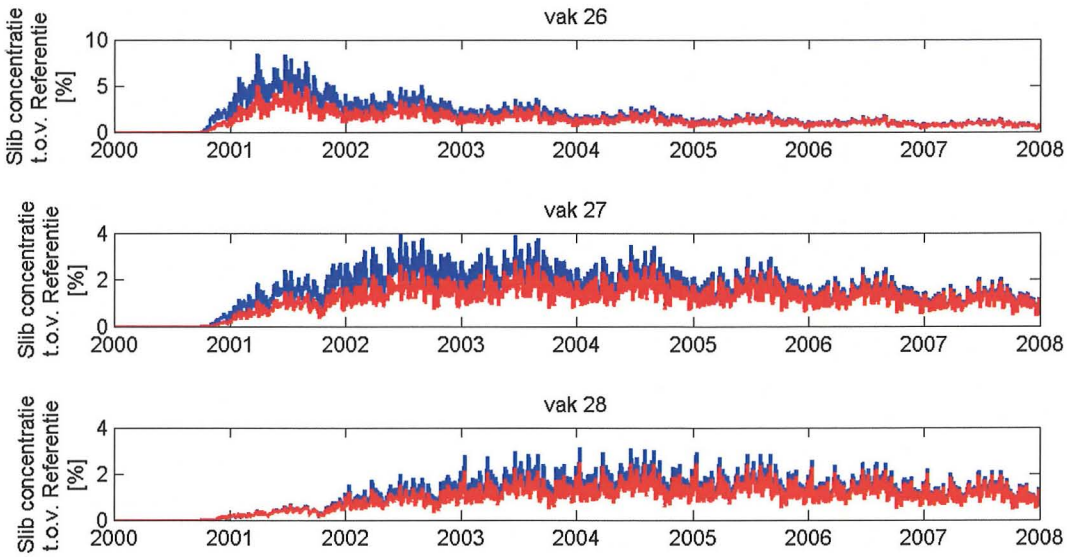
Figuur 12: Percentage slib in de oppervlakte laag ten gevolge van Scenario 1, ten opzichte van de oppervlakte slibconcentratie in het Referentiescenario.



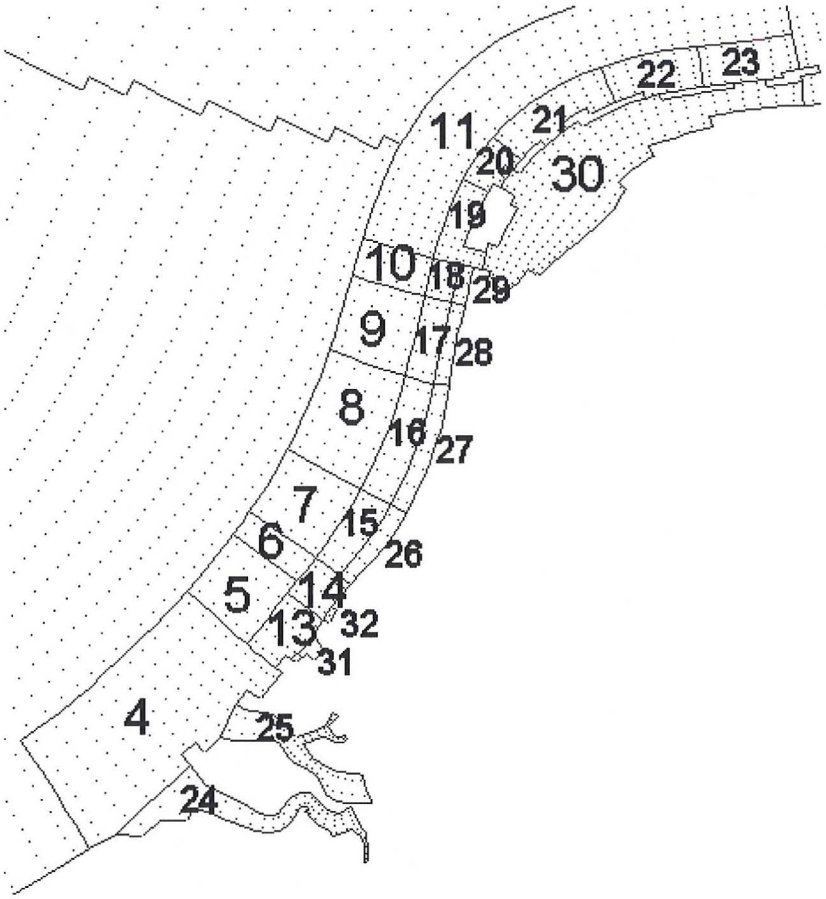
Figuur 13: Percentage slib in de oppervlakte laag ten gevolge van Scenario 2, ten opzichte van de oppervlakte slibconcentratie in het Referentiescenario.



Figuur 14: Relatieve slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de offshore vakken (14, 15, 16 en 17) in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



Figuur 15: Relatieve slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de kustvakken (26, 27 en 28) in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



Figuur 16: Locatie van de kustvakken.

Memo

Aan
Dhr. Ebbens (DHV)

Datum	**Aantal pagina's**	
2 november 2009	13	
Van	**Doorkiesnummer**	**E-mail**
Robert McCall	(088) 33 58 464	robert.mccall@deltares.nl
Thijs van Kessel	(088) 33 58 239	thijs.vankessel@deltares.nl

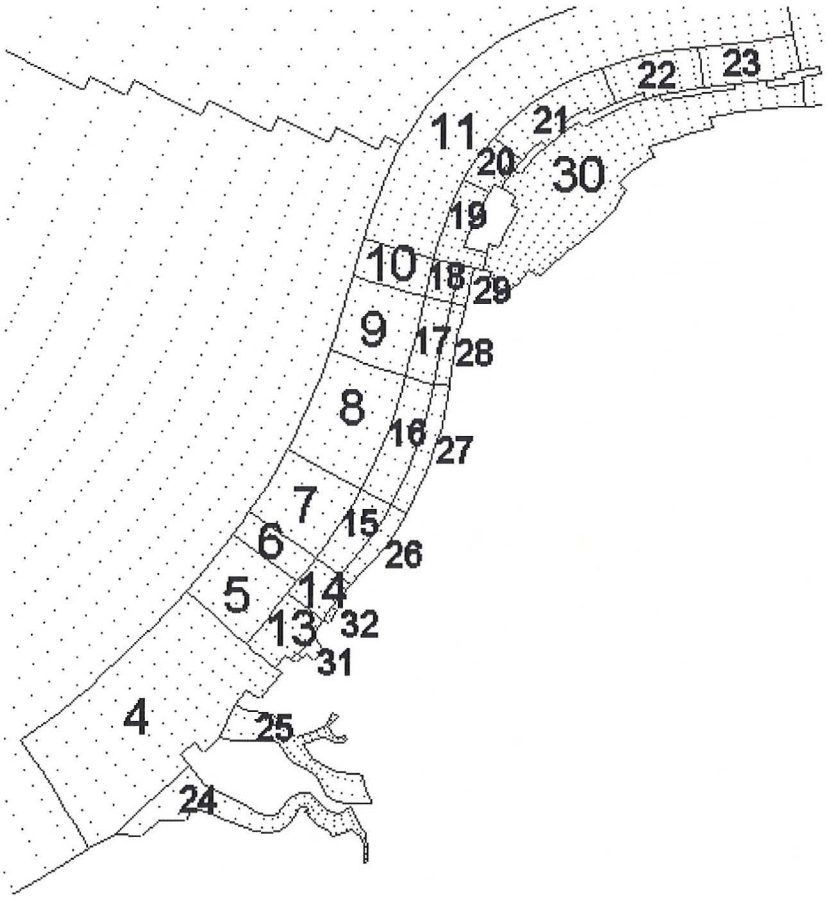
Onderwerp
Additionele data slibverspreiding zandwinning zandmotor

In overleg met DHV is besloten om de data die in de "Slibverspreiding zandwinning zandmotor" memo van 9 oktober 2009 gepresenteerd worden, uit te breiden. In deze memo worden tijdsreeksen van berekende slibconcentraties getoond voor een aantal plaatsen langs de Nederlandse kust. Deze tijdsreeksen geven inzicht in de slibverspreiding in de Natura 2000 gebieden Noordzeekustzone, Waddenzee en Voordelta, ten gevolge van de zandwinning voor de zandmotor.

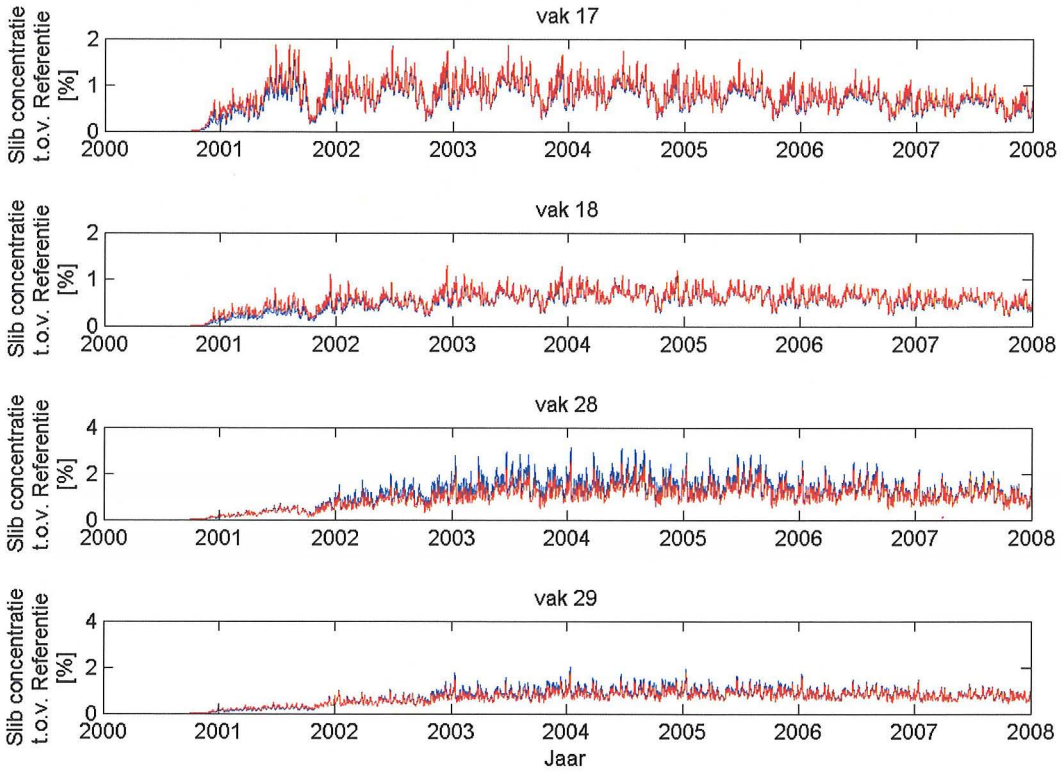
Het Noordzeekustzone wordt in het slibverspreiding model beschreven door kustvakken 17 t/m 23, 28 en 29, zie ook Figuur 1. De tijdsreeksen van de slibconcentratie in de oppervlakte laag in deze vakken worden weergegeven in Figuur 2, Figuur 5 en Figuur 8. De absolute autonome en absolute additionele slibconcentraties ten gevolge van de zandwinning worden respectievelijk gegeven in Figuur 3, Figuur 6 en Figuur 9, en Figuur 4, Figuur 7 en Figuur 10. De additionele slibconcentratie ten gevolge van de zandwinning in deze vakken groeit in een periode van vier tot zeven jaar na de winning toe tot 0.5% (Ameland) à 3% (Noord-Hollandse kust) van de autonome concentratie. De simulatie laat zien dat in de vakken dichtbij de zandwinning de additionele slibconcentratie na vier jaar al afneemt.

Het Waddenzee gebied wordt grotendeels beschreven door kustvak 30. De slibconcentratie in dit vak is gegeven in Figuur 11. De absolute autonome en absolute additionele slibconcentratie ten gevolge van de zandwinning worden respectievelijk gegeven in Figuur 9 en Figuur 10. In de Waddenzee is de gesimuleerde additionele slibconcentratie ten gevolge van de zandwinning kleiner dan 0.4% van de autonome slibconcentratie.

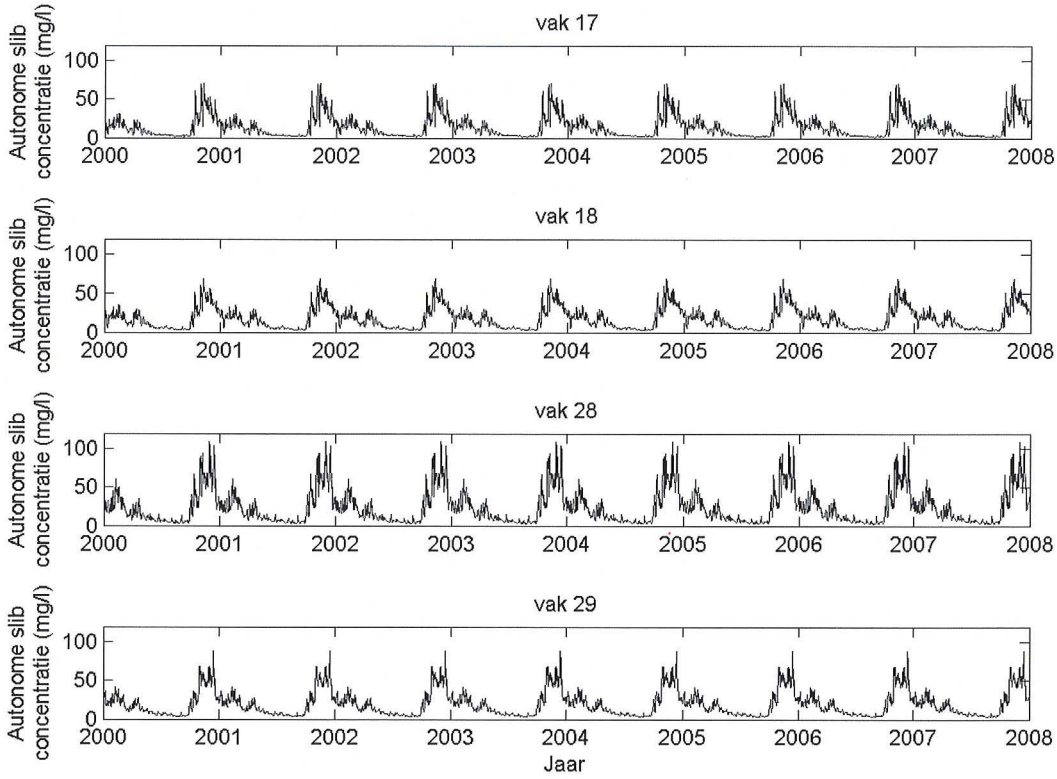
De Voordelta wordt in het slibverspreiding model beschreven door kustvakken 4,5 en 13. Omdat deze vakken een groter gebied bestrijken dan de Voordelta, worden naast de tijdsreeksen van deze kustvakken, ook de slibconcentratie tijdsreeksen in Westkapelle en Lichteiland Goeree gegeven. De tijdsreeksen van de kustvakken, Westkapelle en Lichteiland Goeree worden gepresenteerd in Figuur 14 en Figuur 17. De absolute autonome en absolute additionele slibconcentraties ten gevolge van de zandwinning worden respectievelijk gegeven in Figuur 15 en Figuur 18, en Figuur 16 en Figuur 19. De resultaten van het slibverspreiding model laten zien dat de Voordelta snel reageert op de zandwinning. Binnen één jaar na de zandwinning heeft de maximum additionele slibconcentratie plaatsgevonden en neemt de slibconcentratie in de Voordelta af. Bij het toepassen van winscenario 1 komt relatief minder additioneel slib voor in de zeewaartse delen van de Voordelta dan bij winscenario 2.



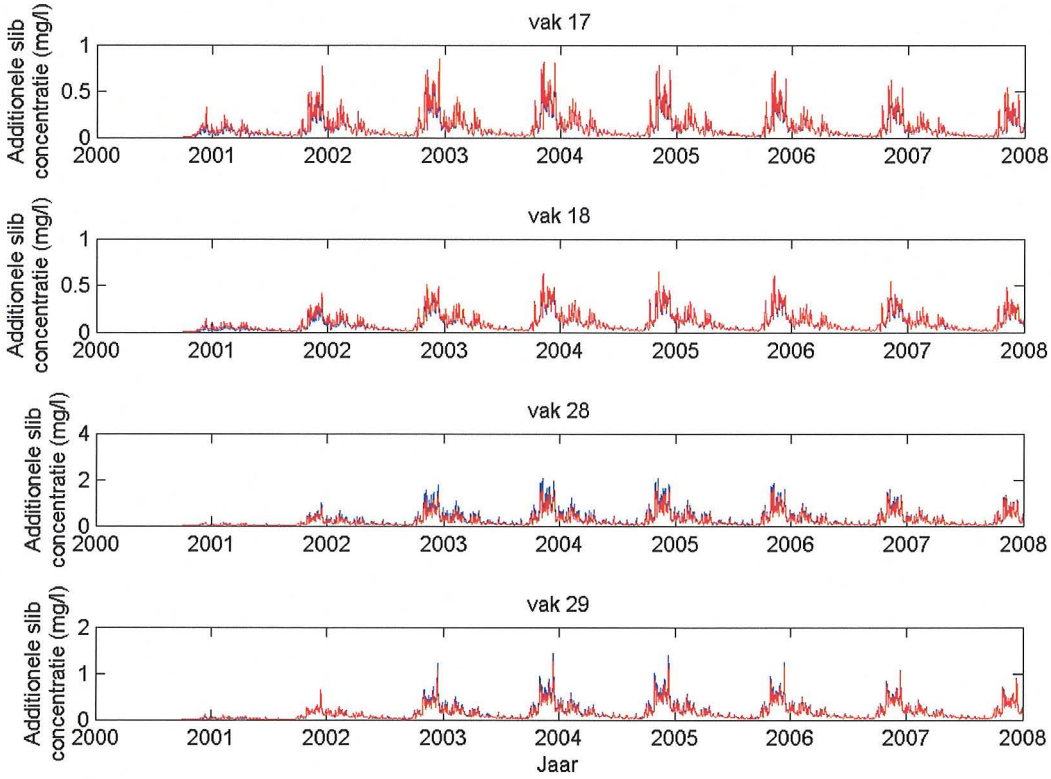
Figuur 1: Locatie van de kustvakken.



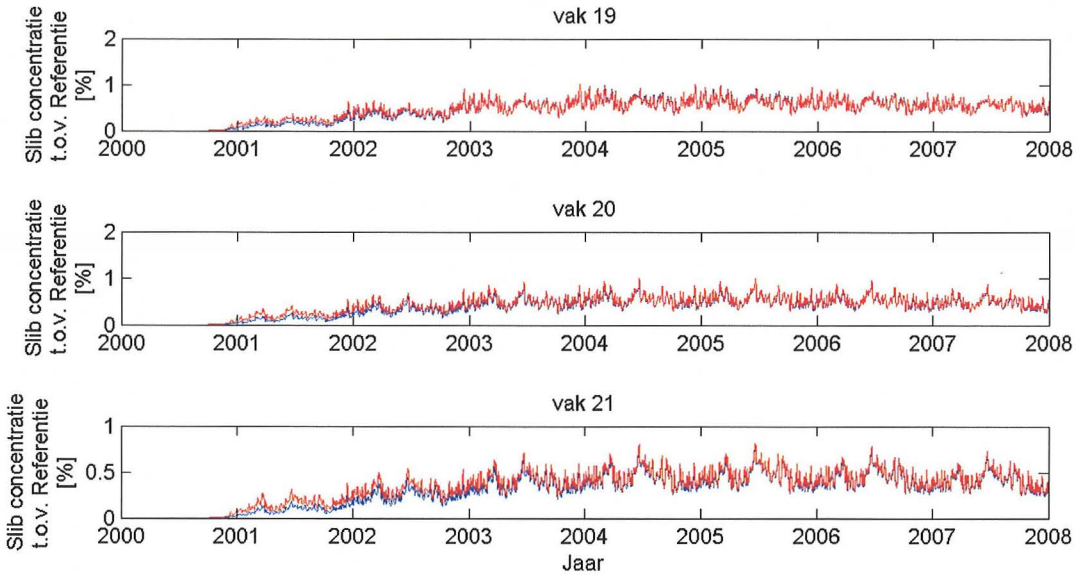
Figuur 2: Relatieve slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 17,18, 28 en 29 in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



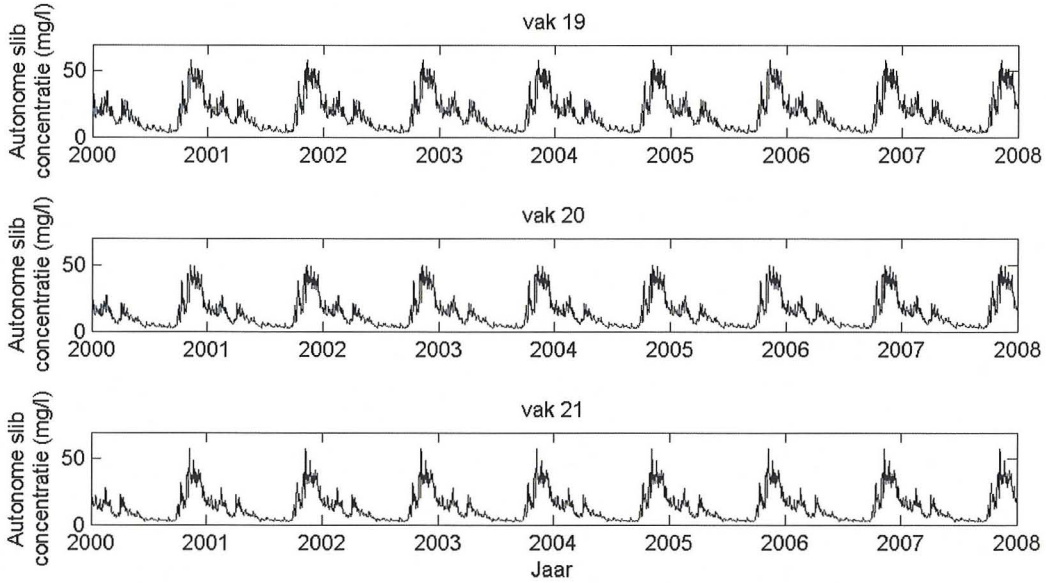
Figuur 3: Autonome slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 17,18, 28 en 29.



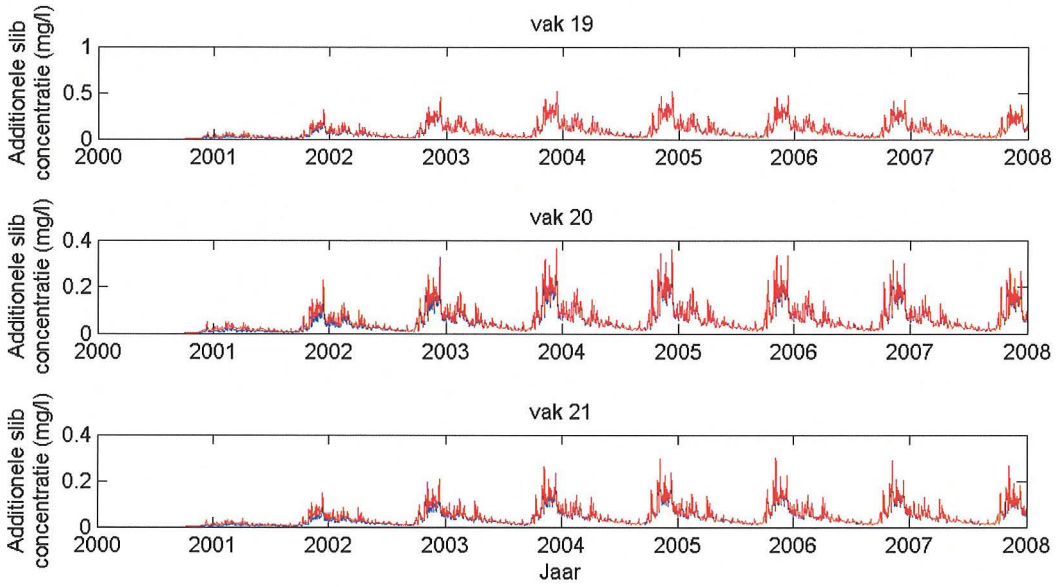
Figuur 4: Additionele slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 17,18, 28 en 29 ten gevolge van Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood).



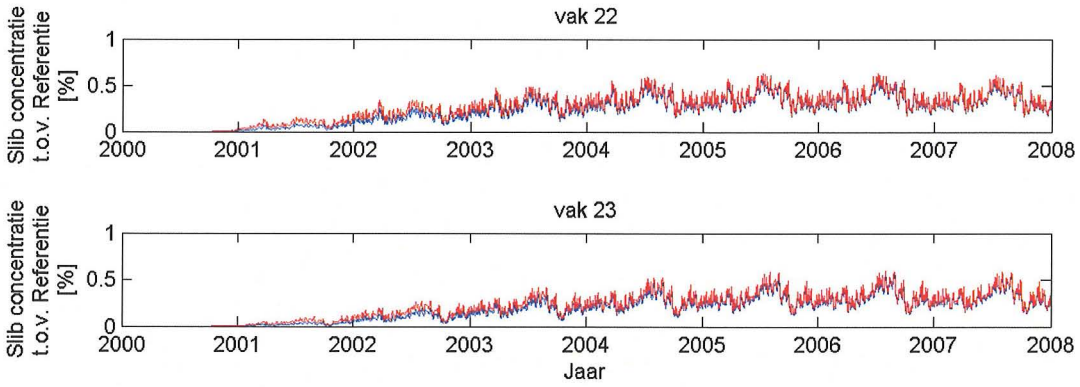
Figuur 5: Relatieve slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 19,20 en 21 in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



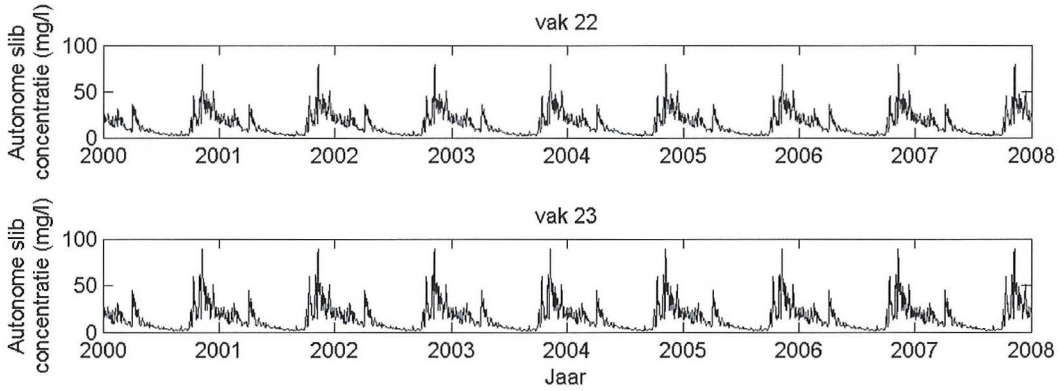
Figuur 6: Autonome slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 19,20 en 21.



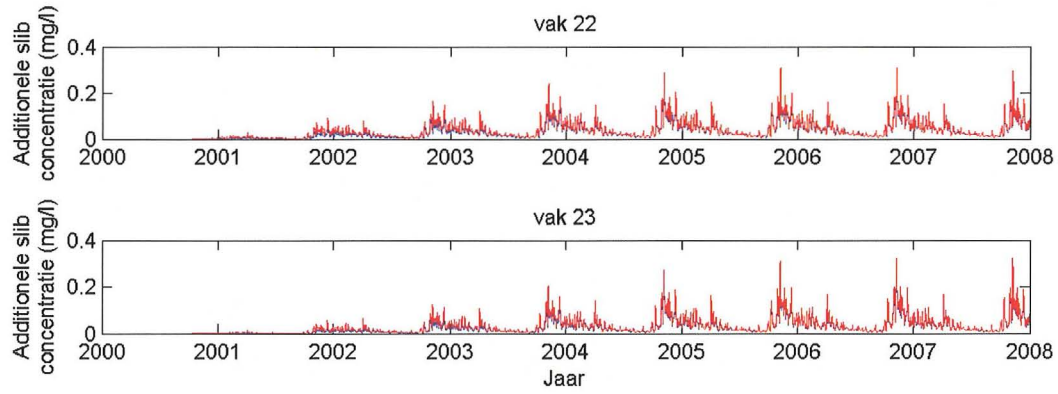
Figuur 7: Additionele slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 19,20 en 21 ten gevolge van Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood).



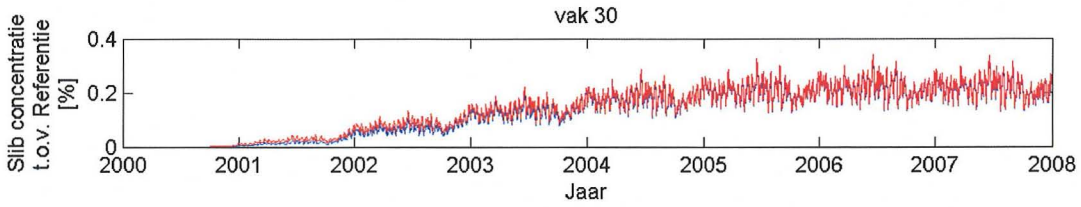
Figuur 8: Relatieve slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 22 en 23 in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



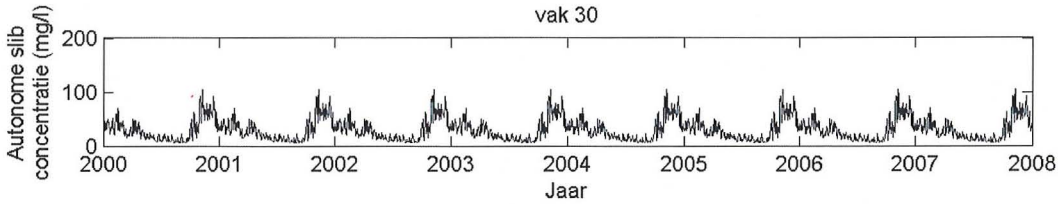
Figuur 9: Autonome slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 22 en 23.



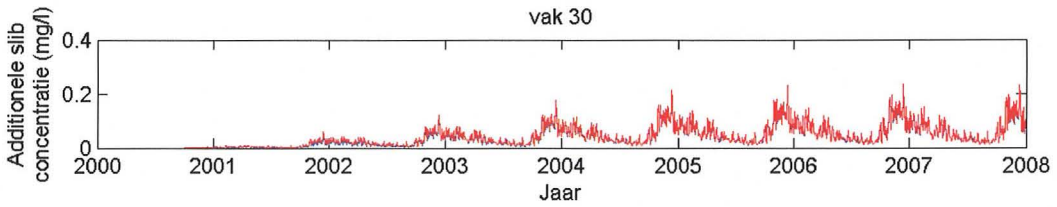
Figuur 10: Additionele slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Noordzeekustzone vakken 22 en 23 ten gevolge van Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood).



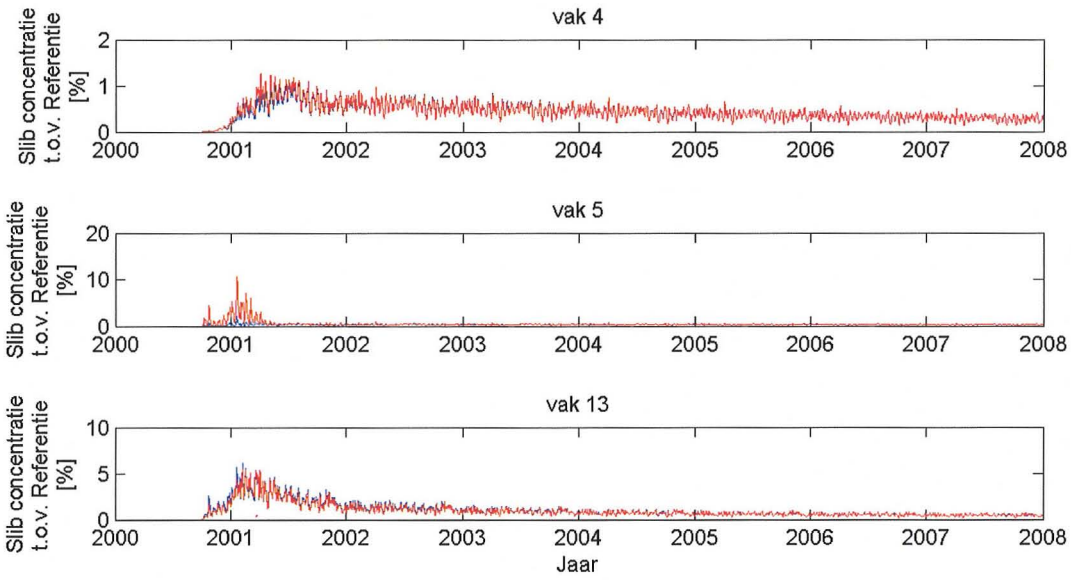
Figuur 11: Relatieve slibconcentraties in de oppervlaktelaag van het Waddenzee vak 30 in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



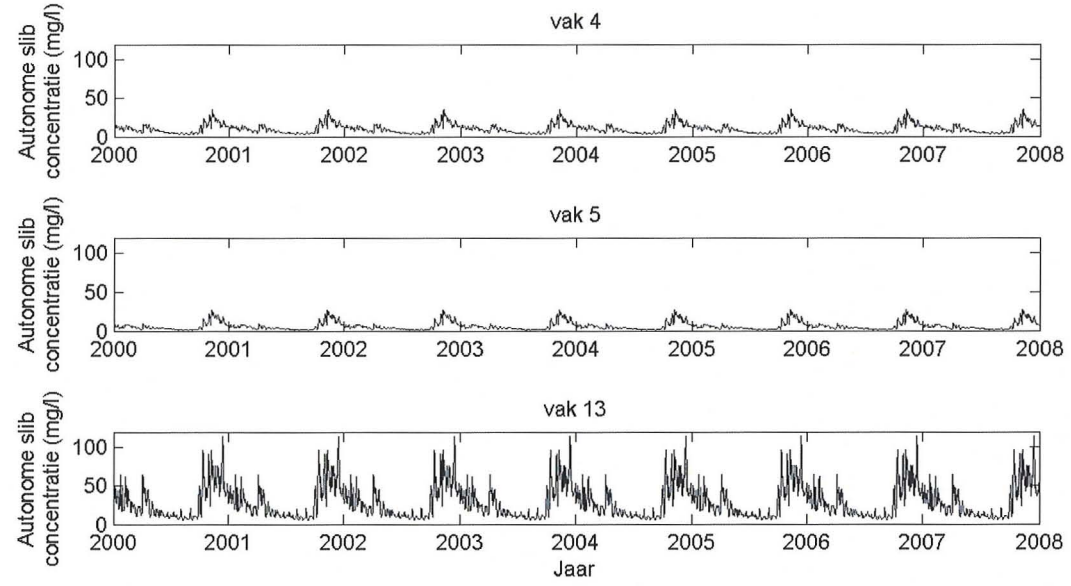
Figuur 12: Autonome slibconcentratie in de oppervlaktelaag van het Waddenzee vak 30.



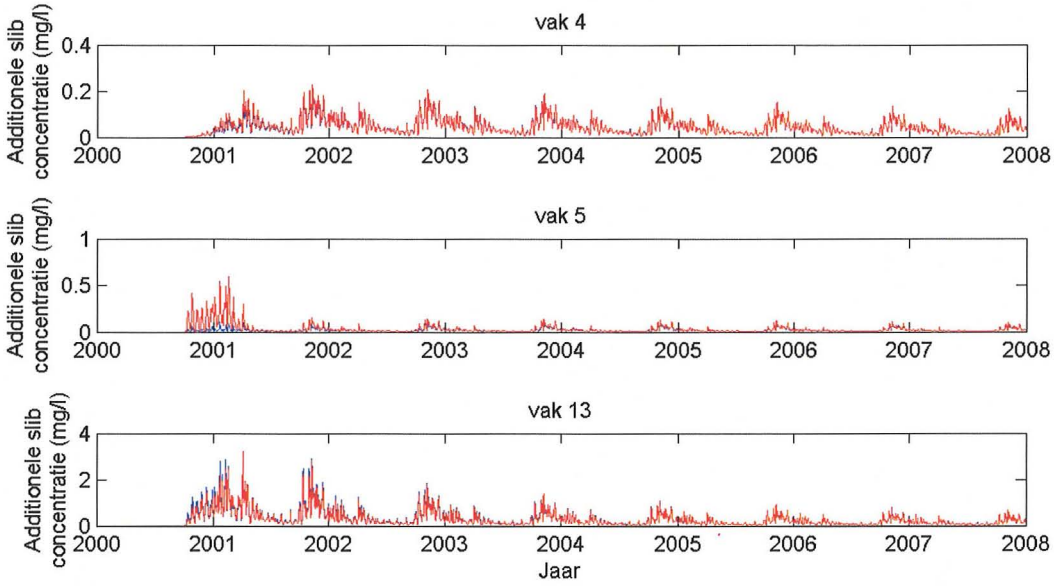
Figuur 13: Additionele slibconcentraties in de oppervlaktelaag van het Waddenzee vak 30 ten gevolge van Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood).



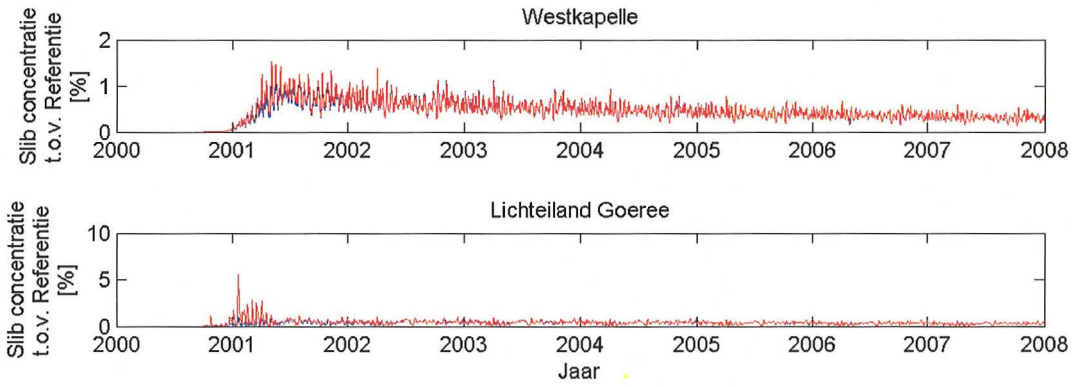
Figuur 14: Relatieve slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Voordelta vakken 4,5 en 13 in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



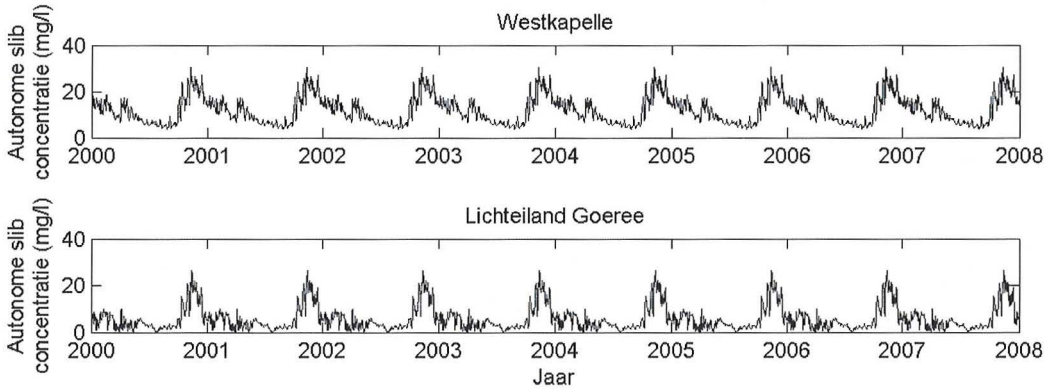
Figuur 15: Autonome slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Voordelta vakken 4,5 en 13.



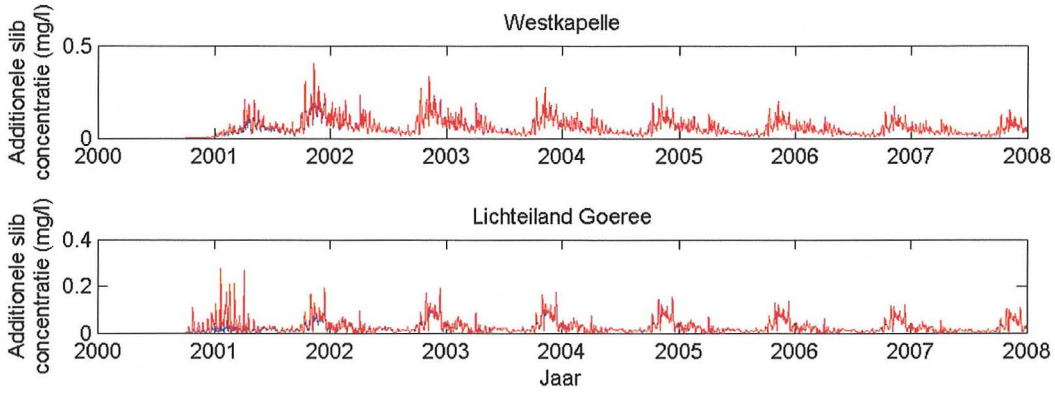
Figuur 16: Additionele slibconcentraties in de oppervlaktelaag van de Voordelta vakken 4,5 en 13 ten gevolge van Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood).



Figuur 17: Relatieve slibconcentraties in Westkapelle en Lichteiland Goeree in Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood), ten opzichte van het Referentiescenario.



Figuur 18: Autonome slibconcentraties in Westkapelle en Lichteiland Goeree.



Figuur 19: Additionele slibconcentraties in Westkapelle en Lichteiland Goeree ten gevolge van Scenario 1 (blauw) en Scenario 2 (rood).

Memo

Aan
Zjev Ambagts, Edith van Dam (provincie Zuid-Holland, Jasper Fiselier, Eltjo Ebbens, Marianne Hilders (DHV)

Datum	**Kenmerk**	**Aantal pagina's**
15 januari 2010	1201001-007-ZKS-0002	38

Van	**Doorkiesnummer**	**E-mail**
Pieter Koen Tonnon Thijs van Kessel Arno Nolte	(088) 33 58 464	pieterkoen.tonnon@deltares.nl

Onderwerp
Cumulatieve effecten zandwinning zandmotor

---

1 Cumulatieve effecten zandwinning zandmotor

1.1 Inleiding en aanpak

De aanleg van de zandmotor voor de Delflandse kust vereist een hoeveelheid zand die op de Noordzee gewonnen zal worden. Bij deze zandwinning komt slib in de waterkolom terecht en kan de waterkwaliteit verslechteren door een toename van de vertroebeling. In opdracht van Provincie Zuid-Holland heeft Deltares een studie uitgevoerd naar de cumulatieve effecten van zandwinning voor de zandmotor en de zandwinprojecten welke in de zelfde periode zijn gepland.

Ten behoeve van de MER zandmotor heeft Deltares eerder twee winscenario's voor de zandwinning voor de zandmotor en een referentiescenario met enkel de natuurlijke bronnen voor slib doorgerekend met het modelinstrumentarium zoals eerder toegepast voor de MER Maasvlakte-2 en de MER winning suppletiezand Noordzee 2008 t/m 2012. In deze studie zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd met actuele winhoeveelheden voor zandwinprojecten die in dezelfde periode zijn gepland. Tevens is een doorvertaling gemaakt van de resultaten van de slibberekeningen naar de waterkwaliteit en primaire productie op basis van berekeningen met het GEM model zoals ontwikkeld voor de bestudering van de zandwinscenario's voor de aanleg van de tweede Maasvlakte.

1.2 Slibberekeningen

1.2.1 Modelopzet en scenario's

Om de verspreiding van slib te voorspellen is in deze studie gebruik gemaakt van een driedimensionaal rekenmodel, Delft3D, dat eerder toegepast is voor een MER-studie van Maasvlakte 2 (Royal Haskoning et al., 2006) en de MER Winning suppletiezand Noordzee 2008 t/m 2012 (Van Prooijen et al, 2007). Het model bevat de effecten van het getij, alsmede van de wind, golven en rivierafvoeren. Het model is gevalideerd met gemeten data van golfhoogtes, stroomsnelheden en slibconcentraties.

In deze studie is een periode van acht jaar doorgerekend (2000-2008), waarbij de randvoorwaarden voor wind, rivierafvoer en getij van het jaar 2000 telkens herhaald zijn. Slib wordt tijdens de zandwinning als puntlozing aangebracht in de zandwinlokaties, waarna het bezinkt of zich verspreidt. Het vrijkomen van slib gedurende de aanleg is van ondergeschikt belang en wordt niet meegenomen in de berekeningen.

Met het Delft3D model zijn in totaal 6 modelscenario's doorgerekend: een achtergrondberekening, twee winscenario's voor de zandmotor, een aparte berekening voor de winning van het zand voor Maasvlakte 2, een aparte berekening voor de winning van suppletiezand 2008-2012 en berekening waarin de winning voor Delfland, Ophoogzand en WCT gecombineerd is. De achtergrondberekening zonder zandwinning wordt gebruikt om de relatieve effecten van zandwinning te kunnen beoordelen. Het netto effect van accumulatie van slib in havens en het vrijkomen van slib van loswallen wordt in de achtergrondberekening verondersteld verwaarloosbaar klein te zijn. Opgemerkt wordt dat deze achtergrondberekening niet wordt gebruikt in de GEM waterkwaliteitsberekeningen waar de eerder gebruikte achtergrondssituatie op basis van ondermeer metingen is gebruikt.

Op basis van memo WA-HW20090145 van DHV, is aangenomen dat 25Mm^3 zand offshore gewonnen wordt voor de zandmotor. Op basis van dezelfde memo zijn twee mogelijke zandwinalternatieven gespecificeerd:

- zandmotor scenario 1 (combinatiealternatief): Het zand voor de zandmotor wordt gewonnen uit recent gebruikte zandwinputten voor de kustversterking Delflandse en nieuwe aansluitende winlocaties, zie Figuur 3.
- zandmotor scenario 2 (eigen winput): Het zand voor de zandmotor wordt gewonnen in een nieuwe zandwinput (25Mm^3), zie Figuur 3.

In de zandmotor scenario's wordt verondersteld dat zand gelijkmatig gewonnen wordt in de maanden oktober 2010 tot en met februari 2011.

Op basis van de cumulatieparagraaf bij de aanvraag voor de natuurbeschermingswet voor de zandwinning op de Noordzee ten behoeve van de kustsuppletie 2010 (Rozemeijer en Graafland, 2009) en op basis van het eindrapport slibtransport, nutriënten en primaire productie bij de MER winning suppletiezand Noordzee 2008-2012 (van Prooijen et al, 2007) zijn de actuele winhoeveelheden geïnventariseerd door Deltares en in de email van Eltjo Ebbens door DHV als opsteller van de MER zandmotor Delflandse kust bevestigd, zie Tabel 1.

	zandwinning	Periode	Volume & Winsnelheid	lokatie
1	Maasvlakte 2	2009-2011	217Mm3 inclusief 15% overvloei totaal in 3 jaar inclusief 7 Mm3 voor duincompensatie in 2009: 5.0 Mm3 per maand in 2009, 7.5 Mm3 per maand in 2010, 5.0 Mm3 per maand in 2011 Mm3.	Area 1 (50% put2 en 50% put 4) MER zandwinning MV2 identiek aan scenario S1c en S1b
2	Delfland	2008-2011	15 Mm3 excl 15% overvloei in 3 jaar, 3.75 Mm3 in het najaar 2008, 3.75 Mm3 in het voorjaar 2009, 3.75 Mm3 in het najaar 2009 en 3,75 Mm3 in het voorjaar 2010	vak Delfland deel C
3	Ophoogzand	continue	18Mm3 per jaar incl 15% overvloei gedurende berekening (tabel 1 Rozemeijer en Graafland, 2009)	IJmuiden, vak Noord-Holland Zuid deel-B
4	Suppletiezand	2008-2012	15.8 Mm3 excl overvloei per jaar (tabel 1 Rozemeijer en Graafland, 2009) + 9 Mm3 excl overvloei in 2008, 3 in 2011 en 3 in 2012 voor zeewering = Petten suppleties (p128, Van Prooijen et al, 2007)	volgens tabel 1 cumulatieparagraaf Rozemeijer en Graafland, (2009)
5	WCT	2009-2010	23 Mm3 incl 15% overvloei over 2 jaar, 11.5 Mm3 per jaar (p55, Van Prooijen et al, 2007)	vak WCT
6	zandmotor	2010-2011	25 Mm3 incl overvloei in Okt 2010 tm Feb 2011, 5Mm3 per maand	Alternatief 1 (combinatiealternatief) of Alternatief 2 (eigen winput)

Tabel 1: actuele winhoeveelheden zoals gebruikt in de slibberekeningen (winlokaties zijn gegeven in Figuren 3 t/m 9)

Er wordt verondersteld dat de slibemissie 2,5 % is van de gewonnen hoeveelheid zand. Deze aanname is vergelijkbaar met eerdere studies voor Maasvlakte 2. De werkelijke slibemissie ligt gemiddeld waarschijnlijk iets lager, waarmee dit beschouwd wordt als een bovengrens waarmee onzekerheden in overvloei percentages worden verdisconteerd.

1.2.2 Modelresultaten

Om de cumulatieve effecten van zandwinning van actuele winhoeveelheden in kaart te brengen zijn in totaal 6 slibberekeningen uitgevoerd. Deze zijn ten behoeve van de interpretatie gericht op de cumulatieve effecten en het effect van de zandmotor in 4 sets figuren weergegeven.

- set 1 = alleen achtergrond
- set 2 = alle winningen tezamen, exclusief achtergrond
- set 3 = alle winningen behalve mv2, exclusief achtergrond
- set 4 = alleen winning zandmotor (combinatiealternatief) exclusief achtergrond
- set 5 = alleen winning zandmotor (eigen winput) exclusief achtergrond

Voor elke set worden steeds de absolute en relatieve toename (ten opzichte van de achtergrondsituatie) in percentage slib in de bodem en jaarlijks gemiddelde slib concentraties gegeven. Hierbij wordt opgemerkt dat de schaalindeling voor de absolute toenames voor set 4 en set 5 afwijken van die in set 2 en 3.

Door zandwinning nemen zowel in de bodem als in de waterkolom de slibgehalten tijdelijk toe. Met het model zijn deze toenames berekend. De percentages slib in de bodem voor bovengenoemde vier combinaties van zandwinning op zes momenten in de tijd zijn gegeven in Figuur 13, 17, 21 en 25. De berekeningen laten zien dat er tijdelijk een lokale toename is van het percentage slib in de bodem langs de Delflandse kust van ca. 1% in de periode 2010 tot 2012 voor alle zandwinningen tezamen (set 2), maar dat het effect van de zandwinningen naast die voor Maasvlakte 2 (set 3) beperkt is met tijdelijk ca 0.6% langs de kop van Noord-Holland in de periode 2010 tot 2015 en er slechts ca. 0.2% en 0.1% toename van het percentage slib in de bodem te verwachten is langs de Delflandse kust in 2010 en 2011 voor respectievelijk alleen de winning voor de zandmotor bij het combinatiealternatief (set 4) en bij bij het alternatief eigen winput (set 5).

De achtergrondberekening (Figuur 11) en andere studies (Figuur 10) laten dat het karakteristieke bodemslibgehalte in het interessegebied in de orde van 0,5-1,0% ligt. In de achtergrondberekening ligt het bodemslibgehalte in het gebied tussen de Haringvlietmonding tot voorbij de Noorderdam lokaal wat hoger. Deze lokaal hogere slibpercentages zijn ook zichtbaar in de berekeningen met zandwinning, maar vallen in de relatieve vergelijking van resultaten weg waarmee een duidelijk beeld ontstaat van de relatieve toename van bodemslibgehalte door de verschillende combinaties van zandwinning.

De toenames in het percentage slib in de bodem voor de vier combinaties van zandwinning worden in Figuren 14, 18, 22 en 26 relatief, ten opzichte van het percentage slib in de bodem in de achtergrondsituatie zonder zandwinning gepresenteerd. Hieruit volgt een tijdelijke, relatieve toename in 2010 en 2011 in het gebied tussen de Haringvlietmonding tot voorbij de Noorderdam tot ca. 200 % van het slibpercentage in de achtergrondsituatie voor alle zandwinningen tezamen en tot ca. 125% voor alle zandwinningen uitgezonderd die voor de Maasvlakte 2 in de periode 2010 tot 2015 langs de kop van Noord-Holland. De relatieve toename van het percentage slib in de bodem ten opzichte van de achtergrond zonder zandwinning bedraagt voor de winning van de zandmotor maximaal 25% langs de Delflandse kust in 2010 en 2011 voor zowel het combinatiealternatief (set 4) als het alternatief eigen winput (set 5).

In Figuur 15, 19, 23 en 27 worden de jaarlijks gemiddelde concentraties slib in de oppervlaktelaag van het water weergegeven voor de vier combinaties van zandwinning. De toename van de jaarlijks gemiddelde concentraties voor alle winningen tezamen (set 2) bedraagt na 2010 ca. 6 mg/l langs vrijwel de gehele Hollandse kust. In de periode 2013 tot 2015 neemt deze toename langs het zuidelijk deel van de Hollandse kust af. De toename voor alle winningen uitgezonderd die voor de Maasvlakte (set 3) resulteren in een maximale toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentraties in de oppervlaktelaag van ca 4 mg/l langs de Noord-Hollandse kust na 2010. Winning voor de zandmotor volgens het combinatiealternatief (set 4) leidt tot ca 0.3 mg/l toename in jaargemiddelde slibconcentraties in de oppervlaktelaag langs de Zuid-Hollandse kust in de eerste jaren na winning. Winning voor de zandmotor volgens het alternatief eigen winput (set 4) leidt tot ca 1.0 mg/l toename in jaargemiddelde slibconcentraties in de oppervlaktelaag langs de Zuid-Hollandse kust in de

eerste jaren na winning. De slibconcentraties kunnen tijdelijk hoger liggen dan deze jaargemiddelde waarden zoals blijkt uit de eerder gepresenteerde tijdseries voor beide zandmotor scenario's.

De relatieve toenames in jaargemiddelde slibconcentraties in de oppervlaktelaag, ten opzichte van de achtergrond situatie zonder zandwinning worden gepresenteerd in Figuren 16, 20, 24 en 28. De maximale relatieve toename bedraagt tijdelijk respectievelijk 100%, 60% en ca. 12% voor achtereenvolgens alle zandwinningen tezamen, alle zandwinningen uitgezonderd die voor de Maasvlakte en de zandwinning voor de zandmotor volgens zowel het combinatiealternatief als het alternatief eigen winput.

Conclusies slibberekeningen

- De modelresultaten tonen een tijdelijke toename van het percentage slib in de bodem van ca. 1% langs de Delflandse kust in de periode 2010 tot 2012, van ca. 0,6% langs de kop van Noord-Holland in de periode 2010 tot 2015 en van ca. 0,2 % langs de Delflandse kust in 2010 en 2011 voor achtereenvolgens alle zandwinningen tezamen, alle winningen uitgezonderd die voor de Maasvlakte 2 en de zandwinning voor de zandmotor volgens het combinatiealternatief. De tijdelijke toename van het percentage slib in de bodem langs de Delflandse kust voor het alternatief eigen winput bedraagt ca. 0,1% in 2010 en 2011. De relatieve toename van de slibpercentages in de bodem ten opzichte van de achtergrondberekening zonder zandwinning bedragen voor deze scenario's tijdelijk ca. 200, 125, 25% en 25% voor de genoemde locaties en periodes. Het slibpercentage in de bodem nemen af na beëindiging van de zandwinning.
- De toename van de jaarlijks gemiddelde concentraties slib in de oppervlaktelaag van het water bedraagt ca. 6 mg/l langs vrijwel de gehele Hollandse kust in de periode 2010-2013, 4 mg/l langs de Noord-Hollandse kust in de periode na 2010 en 0,3 mg/l langs de Zuid-Hollandse kust in 2010 en 2011 voor achtereenvolgens alle zandwinningen tezamen, alle winningen uitgezonderd die voor de Maasvlakte 2 en de zandwinning voor de zandmotor. De toename van de jaarlijks gemiddelde concentraties slib in de oppervlaktelaag van het water langs de Delflandse kust voor het alternatief eigen winput bedraagt ca. 1,0 mg/l direct langs de Zuid-Hollandse kust in 2010 en 2011. De relatieve toename van jaargemiddelde concentraties in de oppervlaktelaag ten opzichte van de achtergrondberekening zonder zandwinning bedragen voor deze scenario's tijdelijk ca 100, 60, 12 en 12%.

1.3 Waterkwaliteitsberekeningen

1.3.1 Modelopzet en scenario's

De vorige paragraaf heeft laten zien dat de zandmotor een bijdrage levert aan de slibconcentratie in de kustzone. Slib in de waterkolom kan via de beschikbaarheid van licht de primaire productie beïnvloeden. Om het effect van de zandmotor op de waterkwaliteit en primaire productie in de Noordzee te bepalen is gebruik gemaakt van het GEM model dat is opgezet voor de bestudering van zandwinscenario's voor de aanleg van de 2e Maasvlakte. Dit GEM model heeft dezelfde ruimtelijke extensie als het slibmodel, maar is 2-dimensionaal in plaats van 3-dimensionaal. Er wordt gebruik gemaakt van dezelfde – zij het geaggregeerde – basis hydrodynamica. Voor een beschrijving van het model verwijzen wij naar MARE (2001) en

MARE (2002). Onderstaande tabel (in het Engels, uit WL | Delft Hydraulics, 2005) beschrijft in het kort de opzet van het GEM model.

Thema	Beschrijving		
State variables	1. Continuity 2. Tracer for constant flow of rivers 3. Tracer for variable flow of rivers 4. Tracer for salinity flow at boundaries 5. Detritus C 6. Dissolved oxygen 7. NH_4 8. NO_3 9. Detritus N 10. Ortho PO_4	11. Detritus P 12. SiO_2 13. Detritus Si 14. Diatoms E type 15. Diatoms N type 16. Diatoms P type 17. Flagellate E type 18. Flagellate N type 19. Flagellate P type 20. Dinoflagellate E type	21. Dinoflagellate N type 22. Dinoflagellate P type 23. Phaeocystis E type 24. Phaeocystis N type 25. Phaeocystis P type 26. Bottom detritus C 27. Bottom detritus N 28. Bottom detritus P 29. Bottom detritus Si
Simulation period	• Calibration year: 1989 • Scenario simulations: conditions 2000		
Vertical aggregation	The Flyland-GEM study showed that 2D simulations generate realistic results in the Netherlands coastal zone as long as the simulation is based on an underlying 3D hydrodynamic simulation. Also, the study showed that 3D simulations with Flyland-GEM did not significantly improve the results compared to 2D simulations with Flyland-GEM. Therefore, we adopted a 2D approach in this MV2 study.		
Horizontal aggregation	ZUNO-GROF		
Numerical scheme	For reasons of accuracy and computation time, the Boris-Book method (integration scheme 5) was chosen as the basic numerical technique.		
Initial conditions	Initial conditions are derived from the final conditions of a simulation of the previous year		
Meteorological forcing	• Solar radiation for 1989 was obtained from the Royal Dutch Meteorological Institute • Wind speed was taken from KNMI data for De Kooy. Wind direction is not included in the GEM model, but is included in the underlying hydrodynamic model.		

Inorganic suspended matter	The spatial distribution of inorganic suspended sediment was derived from the silt modelling (ZUNO-DD SPM model; WL | Delft Hydraulics, 2005b). The inorganic suspended sediment concentration near the water surface (the top layer in the silt model) was averaged over a 14-day spring-neap cycle. Seasonal variation was introduced via a cosine function, which was first introduced for the MANS modelling system (Los et al., 1994). A random factor was applied to represent the natural variation. Figure 1 schematically shows these steps.

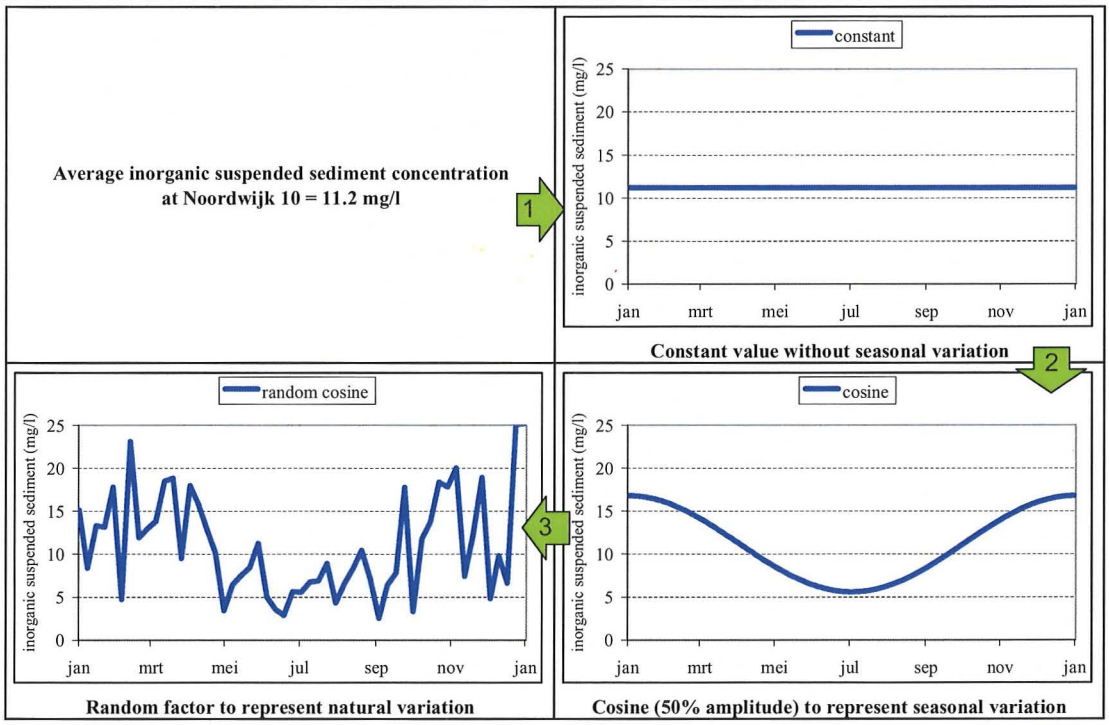


Figure 1: Schematic overview of the steps to convert the average inorganic suspended sediment derived from the ZUNO DD SPM model to the random seasonal variation at Noordwijk 10 (amplitude 50%)

Boundary conditions	• The North Atlantic boundary is presumably unaffected by human activities. Hence, natural background concentrations are applied. The North Atlantic boundary is constant, so no seasonal variation is applied. • The English Channel boundary is affected by human activities. As this boundary also shows more seasonal variation, monthly varying concentrations have been applied for the English Channel boundary.

Discharges	1. Western Scheldt 2. Eastern Scheldt 3. Haringvliet 4. Nieuwe Waterweg (Hook of Holland) 5. Noordzeekanaal (IJmuiden) 6. Den Oever (Lake IJssel)	7. Kornwerderzand (Lake IJssel) 8. Ems 9. Weser 10. Elbe 11. Humber 12. Thames	13. Tyne 14. Tees 15. Firth of Forth 16. Wash 17. Solent 18. Seine
Atmospheric deposition	Not included, the Flyland-GEM study showed that atmospheric deposition has a negligible impact on the Netherlands coastal zone		
Primary consumers	Not included because of lack of data		
Phytoplankton parameters	NIOZ established characteristics properties of 25 algal species under varying environmental conditions. The properties characterised were: • C : N : P : Si ratio • C : chlorophyll-a ratio Based on the NIOZ measurements, the ratios applied in Flyland-GEM were revised.		
Extinction modelling	The relation between extinction and water composition was statistically analysed (WL | Delft Hydraulics, 2002). The statistical analysis concluded that the extinction of inorganic suspended sediment should be increased compared to the original Flyland setting and confirmed that the fresh water contribution is essential to resolve the measured extinction. For inorganic suspended sediment, a specific extinction coefficient of 0.025 m^2/g was adopted as the final setting.		

Tabel 2: opzet GEM model

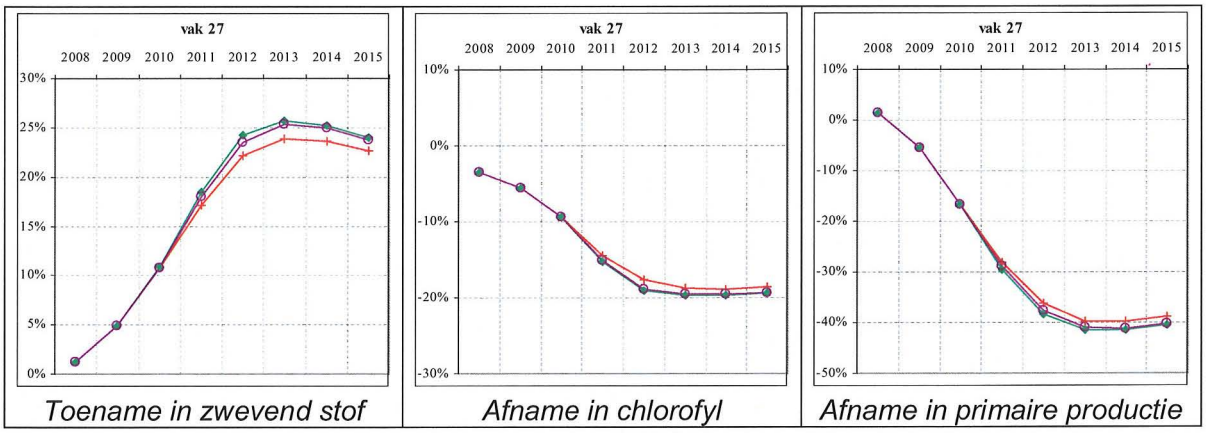
Er zijn vier GEM berekeningen uitgevoerd waarbij gebruik gemaakt is van combinaties van slibberekeningen. De volgende vier waterkwaliteitsscenario's worden onderscheiden:

1. basisscenario waarin alleen de natuurlijke achtergrond concentraties zijn opgenomen
2. autonome scenario waarin alle geplande zandwinningen zijn gecombineerd exclusief de zandwinning voor de zandmotor.
3. zandmotor scenario op basis van de slibberekening met alleen zandwinning voor de zandmotor (combinatiealternatief)
4. zandmotor scenario op basis van de slibberekening met alleen zandwinning voor de zandmotor (eigen winput)

Het effect van de zandmotor op de waterkwaliteit en de primaire productie wordt bepaald aan de hand van de vergelijking met het basisscenario, waarin alleen de natuurlijke achtergrond is opgenomen en de vergelijking met het autonome scenario waarin alle bekende ingrepen zijn opgenomen.

De vergelijking gaat uit van de vakindeling getoond in Figuur 29 waarbij ieder vak voor een representatief gebied geldt. Voor ieder vak is de jaargemiddelde zwevendstofconcentratie

(SPM in g/m^3), de jaargemiddelde chlorofylconcentratie (in mg/m^3) en de jaargemiddelde primaire productie (in gC/m^2/d) bepaald. Vervolgens is voor het autonome scenario en de zandmotor scenario's de afname of toename ten opzichte van het basis scenario berekend. Aangezien een periode van 8 jaar is doorgerekend, is te bepalen hoe het effect zich in de tijd gedraagt. Als voorbeeld is het vak 27, dat de nabije kustzone tussen Ter Heide en Noordwijk omvat, getoond. De activiteiten rondom onder andere de aanleg van MV2 zorgen vanaf 2008 voor een toename van de slibconcentratie. De concentratie neemt verder toe in de daaropvolgende jaren om in 2013 een maximum te bereiken. Daarna begint het effect af te nemen. Het effect op chlorofyl en primaire productie laat hetzelfde maar gespiegelde verloop zien: beide laten een afname zien. De verhoogde slibconcentratie beperkt de lichtbeschikbaarheid waardoor fytoplankton minder kan groeien. Het effect op de primaire productie is groter dan op chlorofyl, omdat primaire productie een locatiegebonden grootheid is (g/m^2/d), terwijl het chlorofyl ook van buiten het vak getransporteerd wordt en dus lokale effecten deels gecompenseerd worden. De figuren voor alle vakken zijn te vinden in Bijlage A.



Toename in zwevend stof | *Afname in chlorofyl* | *Afname in primaire productie*

Figuur 2: Verschil in jaargemiddelde zwevend stof (links), chlorofyl (midden) en primaire productie (rechts) tussen het basisscenario en het autonome scenario (rode lijn), het zandmotor scenario combinatiealternatief (groene lijn) en het zandmotor eigen winput alternatief (paarse lijn) voor de nabije kustzone tussen Ter Heide en Noordwijk (vak 27 in Figuur 29)

Het effect van de zandmotor is op te maken uit een vergelijk tussen het autonome scenario en de zandmotor scenario's. Als maat voor een merkbaar effect in het model is >1% (extra) afname van de jaargemiddelde chlorofylconcentratie genomen. De berekening laat zien dat voor beide zandmotor scenario's het effect in het model dan merkbaar is in een zone die begrensd wordt door de monding van de Haringvliet in het zuiden, Noordwijk in het noorden en tot maximaal 20 km uit de kust (vakken 13, 14, 15, 26 en 27 in Figuur 3a). De strook is smaller bij Noordwijk dan bij Hoek van Holland. Alleen vlakbij de locatie van de zandmotor is het effect 3 jaar merkbaar (vak 26). Hier wordt ook het maximale (extra) effect berekend ten opzichte van het autonome scenario: 2,4% in het combinatiealternatief en 2,0% in het eigen winput alternatief. In de overige genoemde vakken is het effect in het model slechts een jaar merkbaar.

Figuur 3a: Vakken waar de zandmotor alternatieven >1% (extra) afname van de jaargemiddelde chlorofylconcentratie teweegbrengen ten opzichte van het autonome scenario. In vak 26 treedt de afname gedurende drie jaar op, in de overige aangegeven vakken een jaar.

Op basis van hetzelfde criterium kan geconstateerd worden dat het zandmotor combinatiealternatief en het zandmotor eigen winput alternatief niet merkbaar van elkaar verschillen. Het maximaal berekende verschil van de afname van de jaargemiddelde chlorofylconcentratie is 0,5% in vak 26 vlakbij de zandmotorlocatie, in het voordeel van het eigen winput alternatief.

Voorjaarsbloei

Slib beïnvloedt de beschikbaar van licht in de waterkolom en is van invloed op de primaire productie als de beschikbaarheid van licht de limiterende factor is. De zandmotor heeft (lokaal) geen effect als zonder de zandmotor al lichtlimitatie optreedt. De zandmotor heeft evenmin een effect als met de toevoeging van de zandmotor nog steeds geen limitatie optreedt. Een verhoging van de slibconcentratie als gevolg van de zandmotor heeft alleen invloed op de primaire productie als door die verhoging wel lichtlimitatie ontstaat, terwijl dat zonder de zandmotor niet het geval zou zijn. Deze situatie doet zich eventueel voor in het voorjaar (dwz bij de voorjaarsbloei). Een verhoging van de slibconcentratie kan dan ook resulteren in een vertraging van de voorjaarsbloei en daarmee gepaard gaand een groeiachterstand van schelpdieren (zie ook Rozemeijer, 2009).

Om het effect van de zandmotor alternatieven op de voorjaarsbloei inzichtelijk te maken kijken we naar de locatie Ter Heide 2 km (zeer dicht bij de zandmotor, in vak 26) en Noordwijk 10 km (verder weg en veel bemeten locatie in de kustzone). De figuren aan het eind van Bijlage A tonen het verloop van het zoutgehalte, de slibconcentratie en de chlorofylconcentratie. In Ter

Heide 2 km is de slibconcentratie met de zandmotor voor beide alternatieven veel hoger dan in de achtergrond situatie, maar duidelijk is dat de autonome ontwikkeling daaraan verreweg de grootste bijdrage levert. De zandmotor heeft op deze locatie slechts een geringe extra verhoging van de slibconcentratie tot gevolg. Bij Noordwijk 10 km is het verschil ten opzichte van de achtergrond geringer, maar ook hier heeft de autonome ontwikkeling een grotere bijdrage dan de zandmotor voor beide alternatieven.

Voor het effect op de chlorofylconcentratie en de voorjaarsbloei is hetzelfde op te merken. Bij Ter Heide 2 km is de voorjaarspiek in de zandmotor scenario's lager dan in het achtergrond scenario, maar het verschil ten opzichte van de autonome ontwikkeling is gering te noemen. Bij Noordwijk 10 km zijn de zandmotor scenario's nauwelijks te onderscheiden van de autonome ontwikkeling. Het model berekent overigens vooral een lagere piek en niet zozeer een verschuiving van de piek. Op basis van de modelberekeningen concluderen wij dat een significante verschuiving van de voorjaarsbloei in de Nederlandse kustzone als gevolg van zowel het zandmotor combinatiealternatief als het zandmotor eigen winput alternatief onwaarschijnlijk is, zeker ten opzichte van het grotere effect van de autonome ontwikkeling.

Referenties

Van Heteren, S.; Kiden, P.; Hettelaar, J.M.M. (2006). Inventarisatie slibgehalte Noordzeebodem tussen Hoek van Holland en Den Helder. TNO Bouw en Ondergrond. TNO-rapport 2006-U-R0192/C.

Los, F.J., S. Cramer, R. Jansen (1994). MANS, Eutrophication model system. National Institute for Coastal and marine Management/ RIKZ.

MARE, 2001: Effecten van een vliegveldeiland op stof- en slibtransport en ecologie: Eindrapport Fase 1, Perceel 3, Deelproduct 5, WL2001015 Z3030.10, December 2001.

MARE, 2002: Voortgangsverslag Fase 2, WL2001001 Z3374, November 2002.

Van Prooijen, B, Bliek, B., Los, H., Desmit, X., 2007. Winning suppletiezand Noordzee 2008-2010 Slibtransport, nutrienten en primaire productie. Eindrapport BvP/1414/07376C.

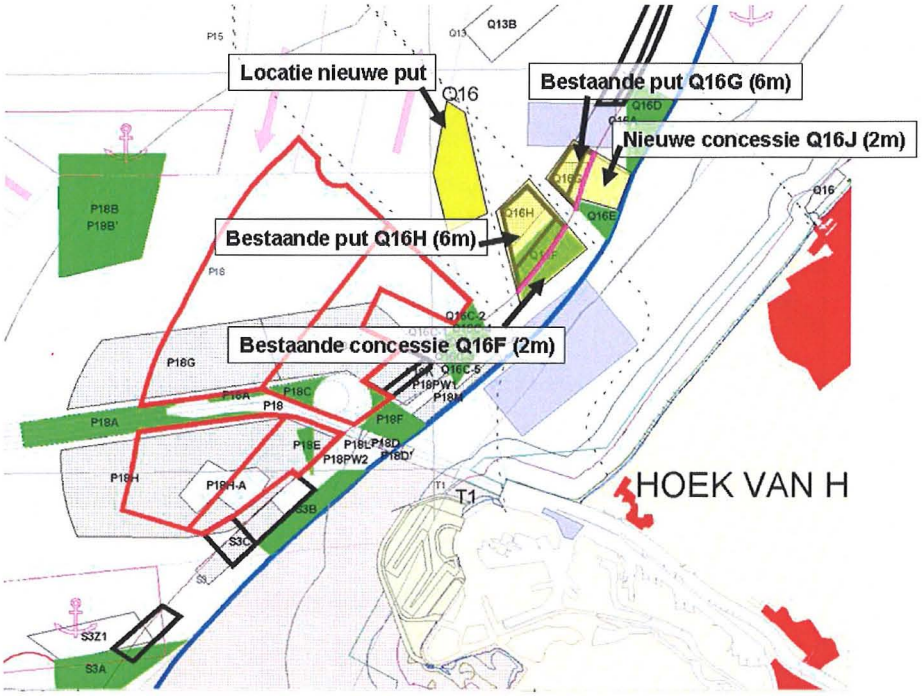
Royal Haskoning, WL| Delft Hydraulics, Svasek (2006). Impact sand extraction Maasvlakte 2. Mud transport, nutrients and primary production, 2006, 9P7008.O9.

Rozemeijer, M.J.C. en Graafland, M., 2009. Cumulatieparagraaf behorend bij de aanvraag voor de natuurbeschermingswet voor de zandwiing op de noordzee ten behoeve van de kustsuppletie 2010. RWS Waterdienst NWOB/MJCR-2009-02 .

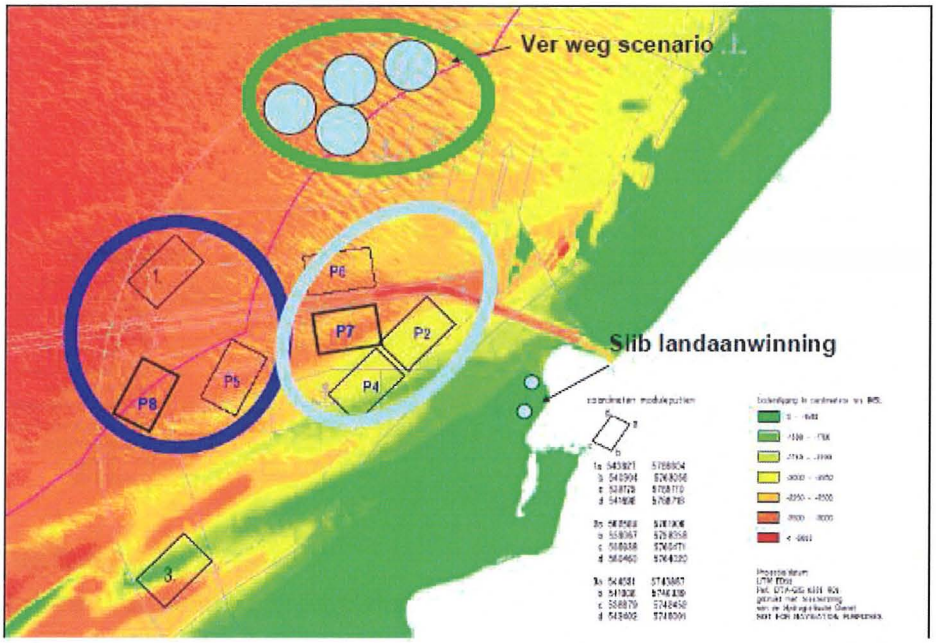
WL | Delft Hydraulics, 2005: Impacts of Maasvlakte 2 on the Wadden Sea and North Sea coastal zone, track 1: Detailed modelling research, part III: Nutrients and primary production, Rapport 9R2847.A0 / Z3945.40, November 2005.

WL | Delft Hydraulics, 2005b: Impacts of Maasvlakte 2 on the Wadden Sea and North Sea coastal zone, track 1: Detailed modelling research, part II: Silt transport, Report no. 9R2847.A0 / Z3945.30, November 2005.

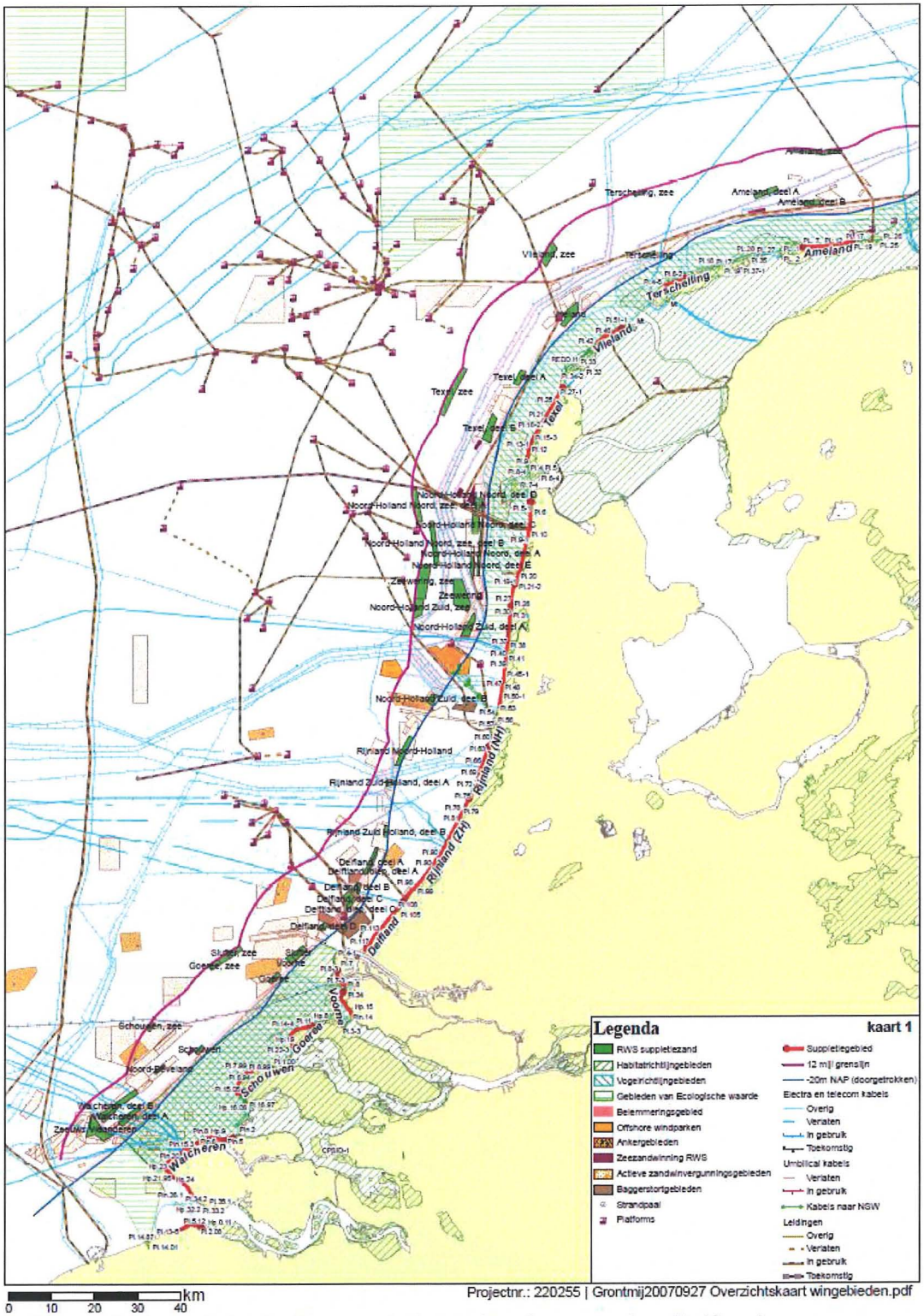
Figuren



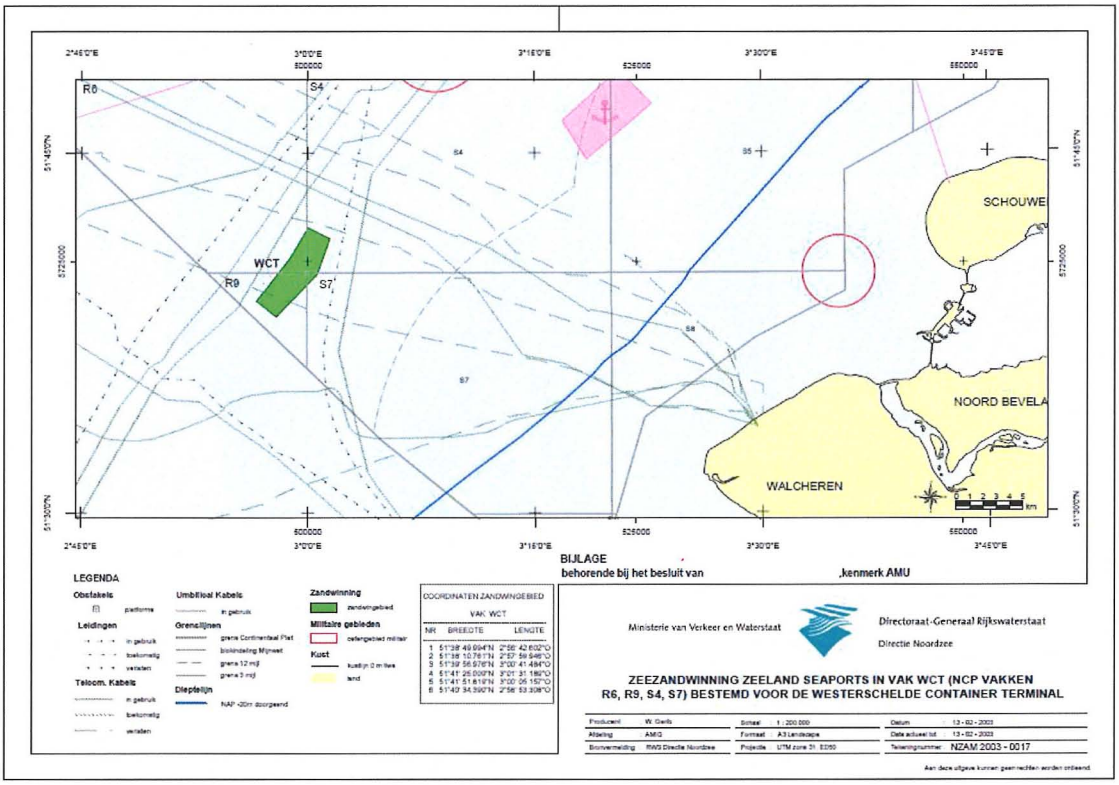
Figuur 3: overzicht zandwinlokaties zandmotor



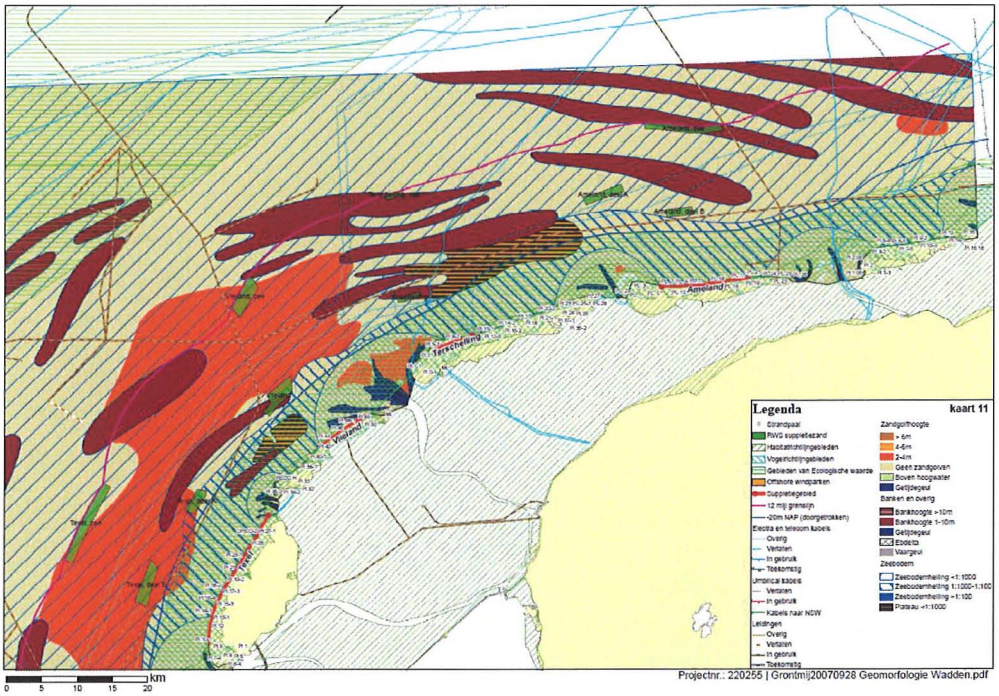
Figuur 4: overzicht zandwinlokaties Maasvlakte-2 (Area 1 is aangegeven in grijs)



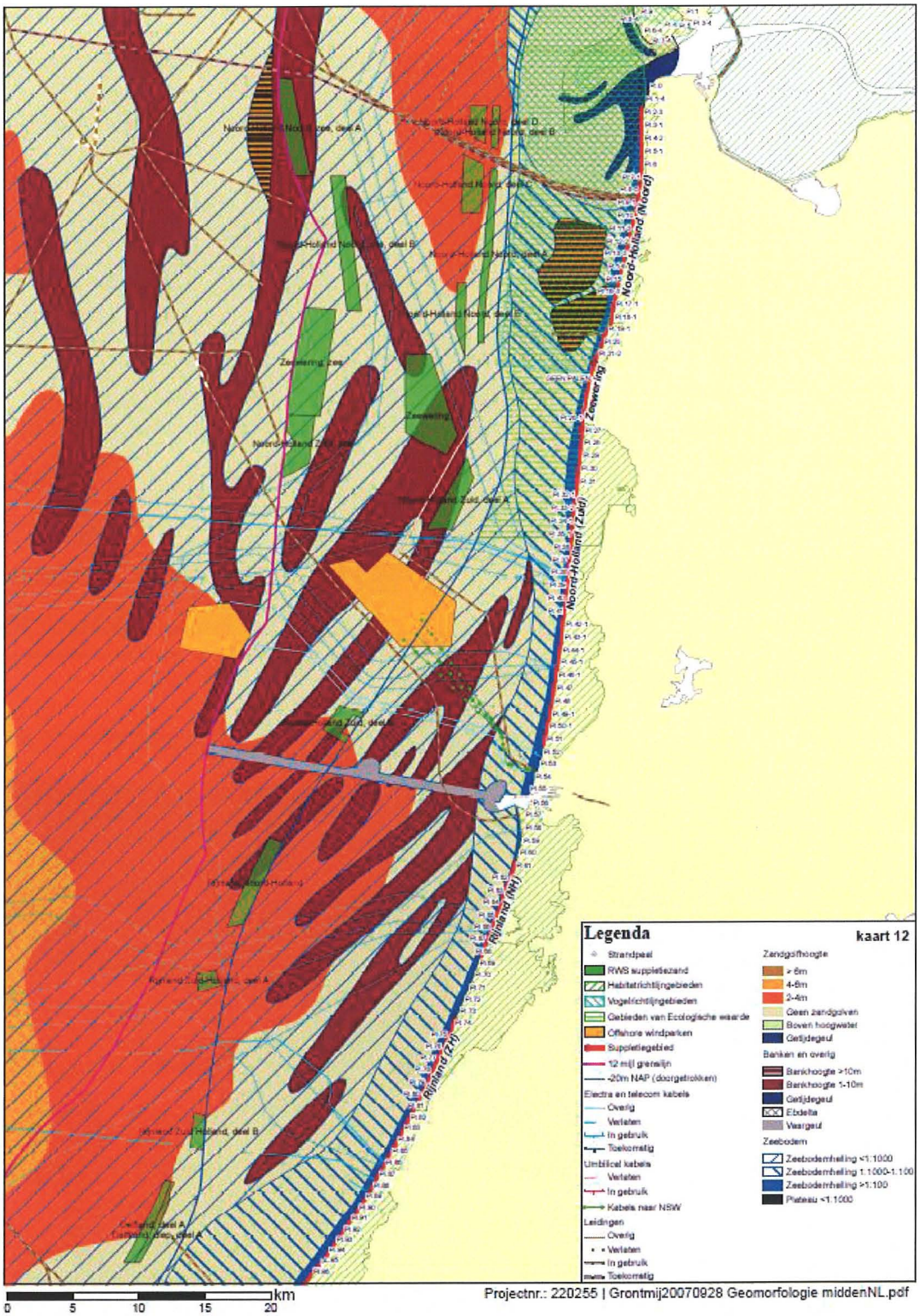
Figuur 5: overzicht zandwinlokaties suppletiezand, ophoogzand en Delfland



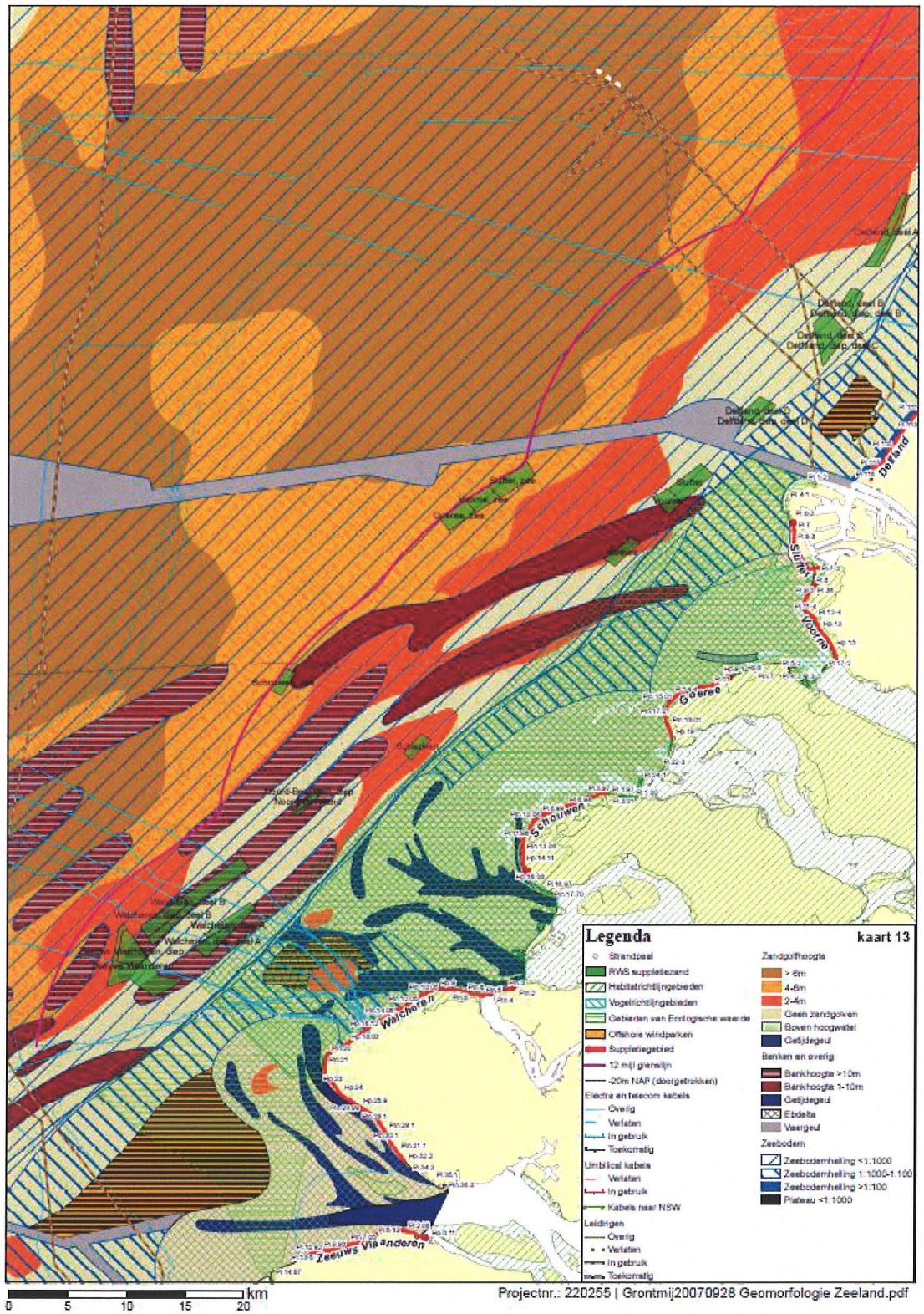
Figuur 6: overzicht zandwinlokatie WCT



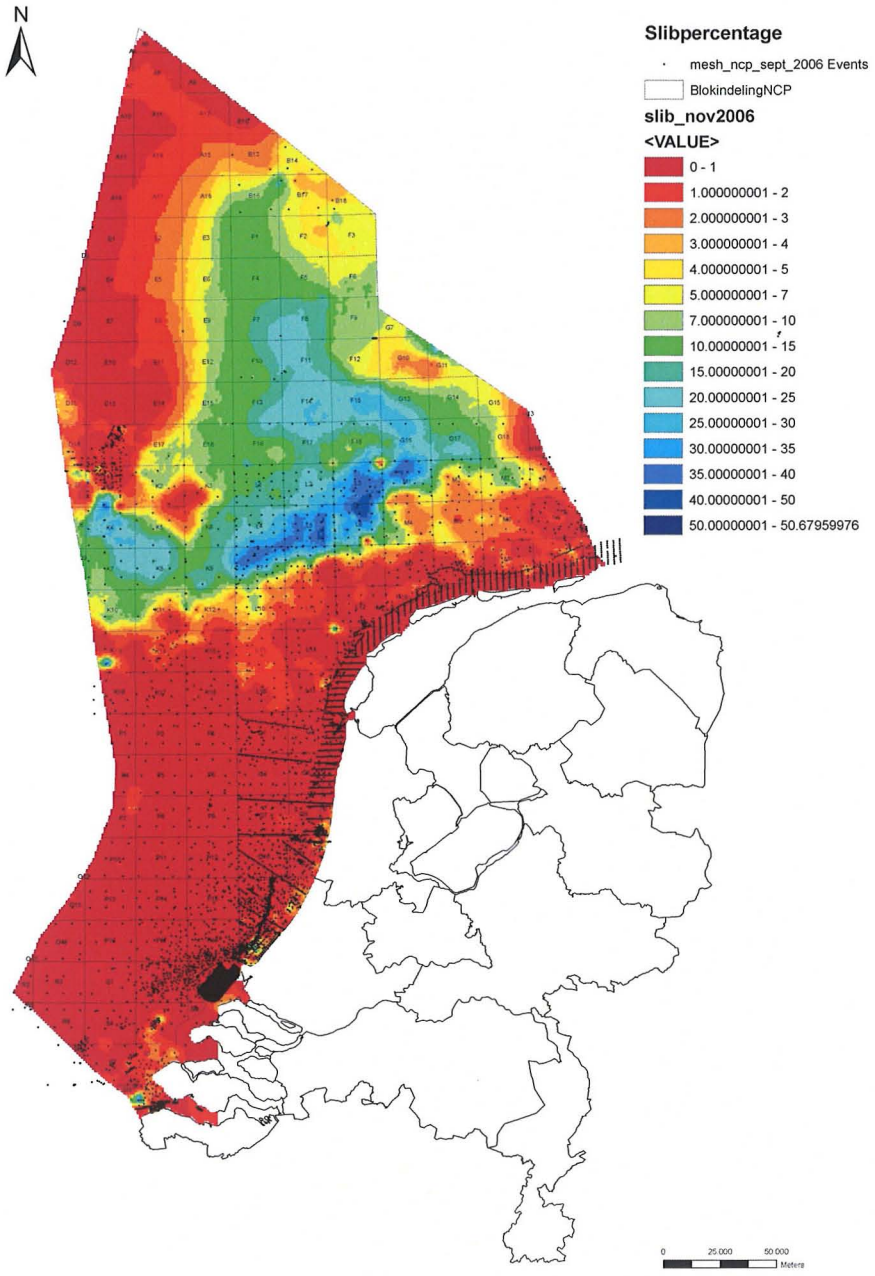
Figuur 7: overzicht geomorfologie en zandwinlokaties Wadden (bron: MER winning suppletiezand)



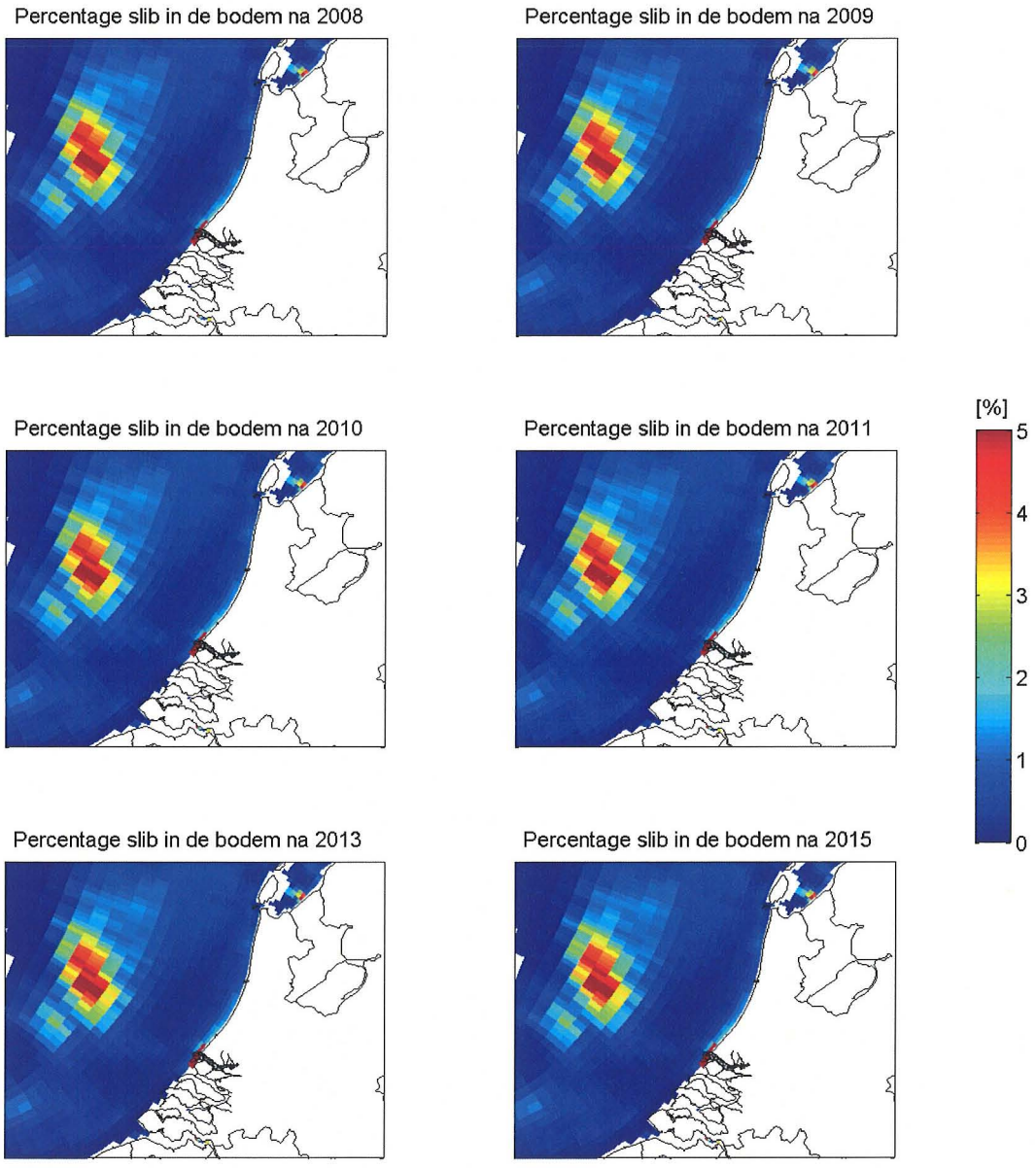
Figuur 8: overzicht geomorfologie en zandwinlokaties Midden Nederland (bron: MER winning suppletiezand)



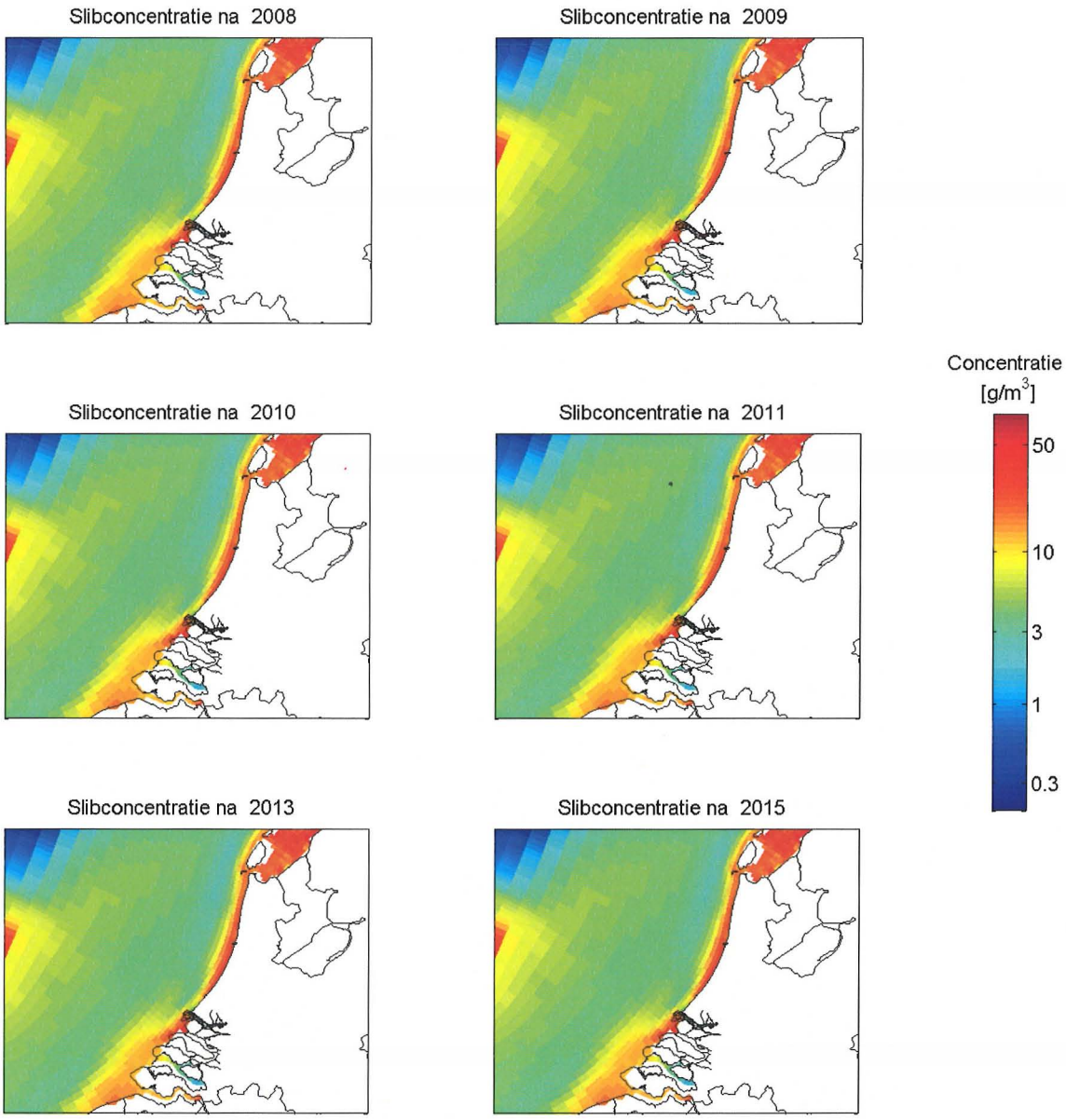
Figuur 9: overzicht geomorfologie en zandwinlokaties Zeeland (bron: MER winning suppletiezand)



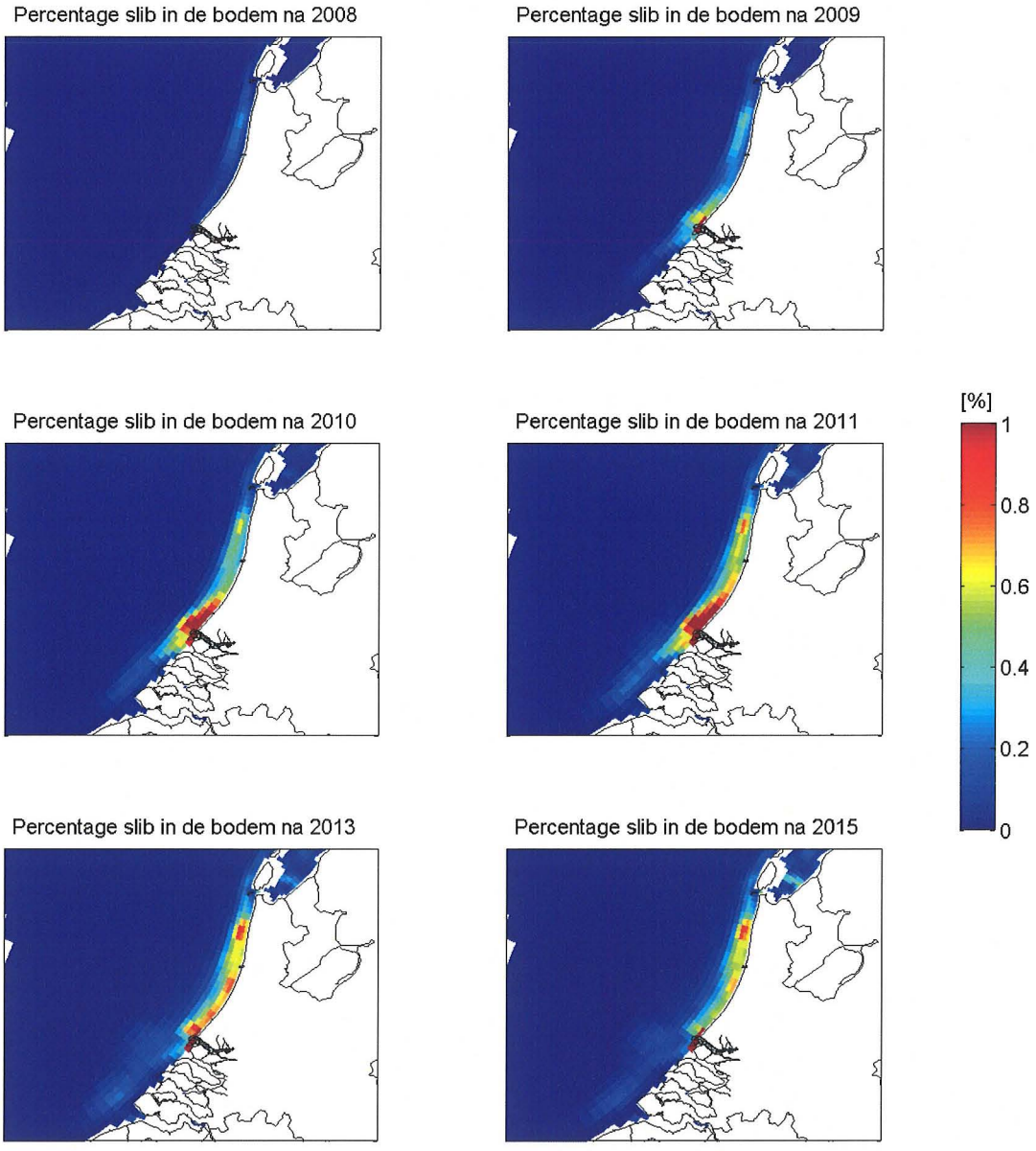
Figuur 10: kaart slibgehalte Noordzeebodem (bron: Van Heteren et al., 2006)



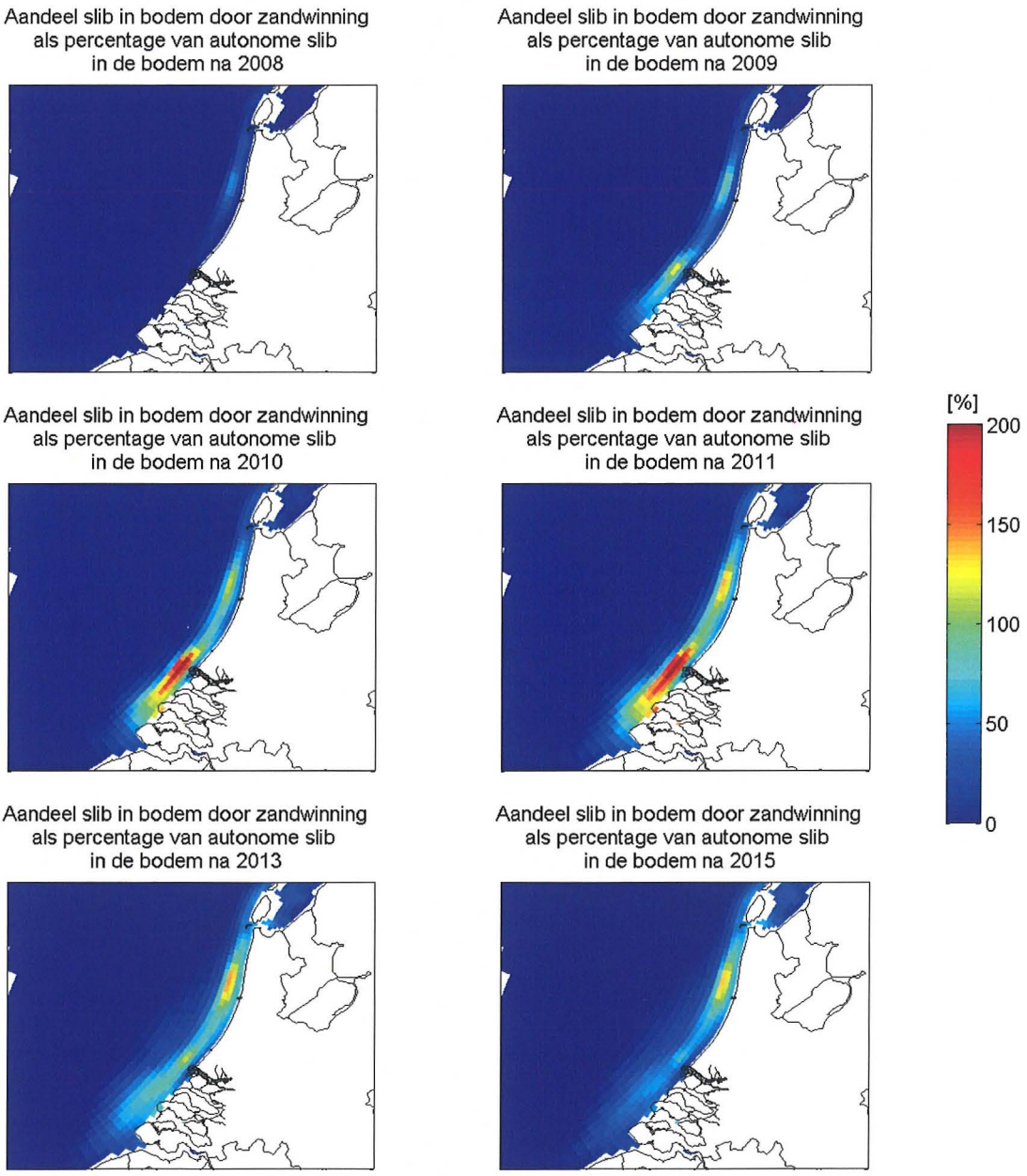
Figuur 11: Percentage slib in de bodem in de achtergrond berekening na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015. In de resultaten is accumulatie van slib zichtbaar in de diepere delen van de Noordzee waar gemiddeld lagere bodemschuifspanningen optreden. In deze en andere berekeningen ligt het slibgehalte in de bodem tussen de Haringvlietmonding tot voorbij de Noorderdam lokaal wat hoger, dit is voor de toename in- en relatieve toename van bodemslibgehalte echter niet van belang.



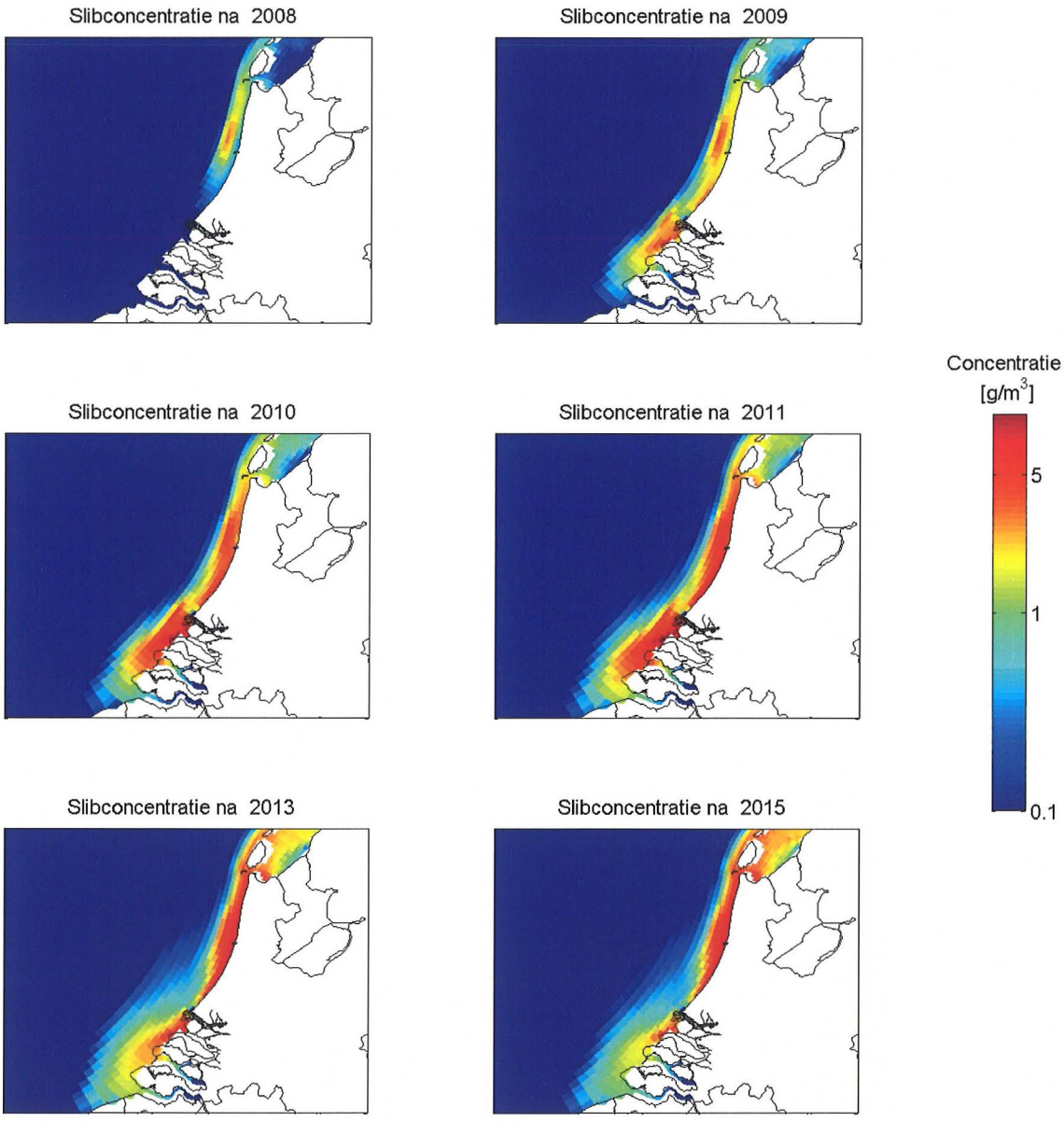
Figuur 12: Jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag in de achtergrondberekening over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015. Kleuren worden op log schaal weergegeven. Omdat telkens de aandrijving (getij, rivierafvoer, wind en golven) voor het jaar 2000 wordt gebruikt, is er geen variatie van jaar tot jaar.)



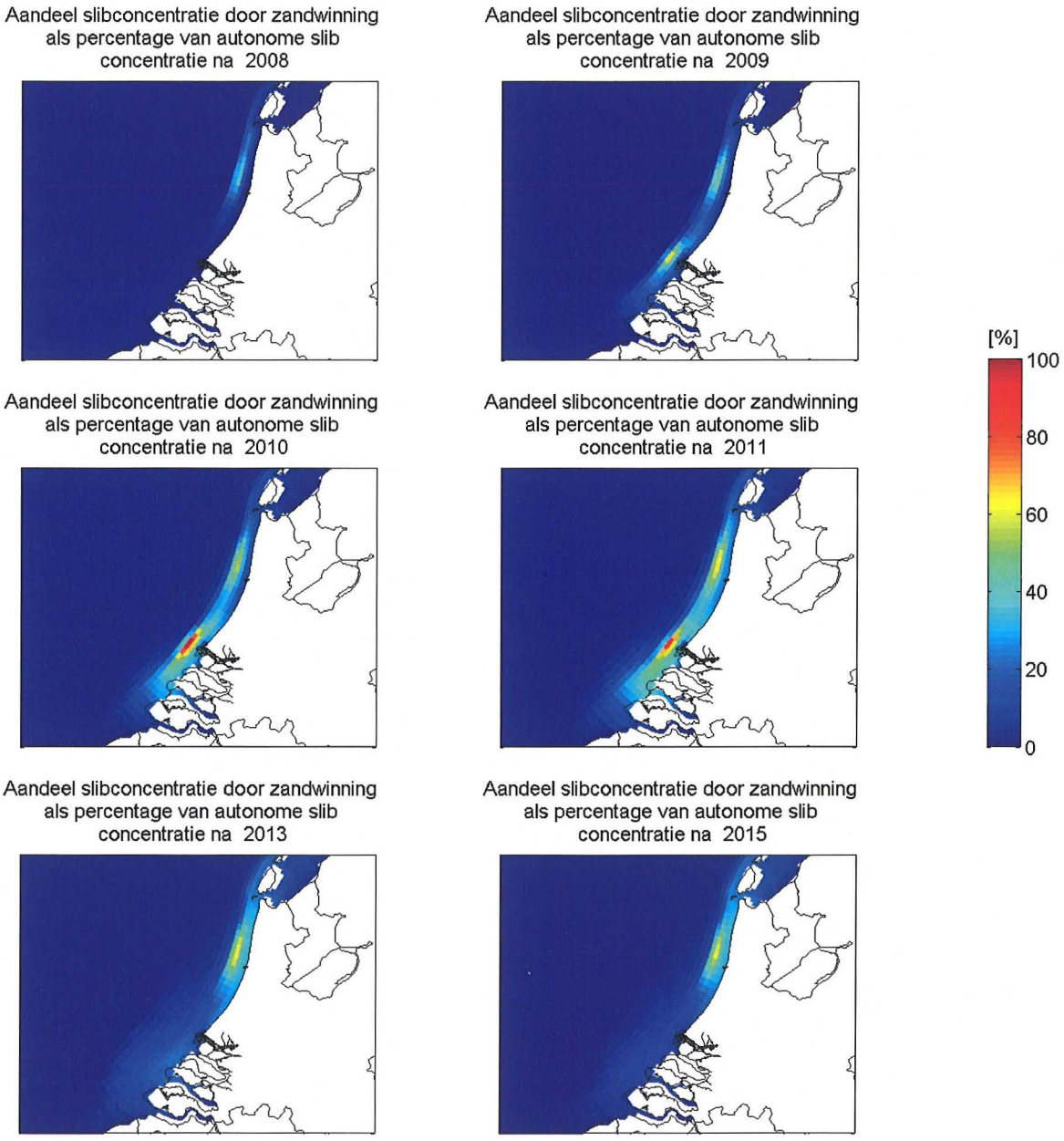
Figuur 13: toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor alle winningen tezamen, exclusief de achtergrond (set 2).



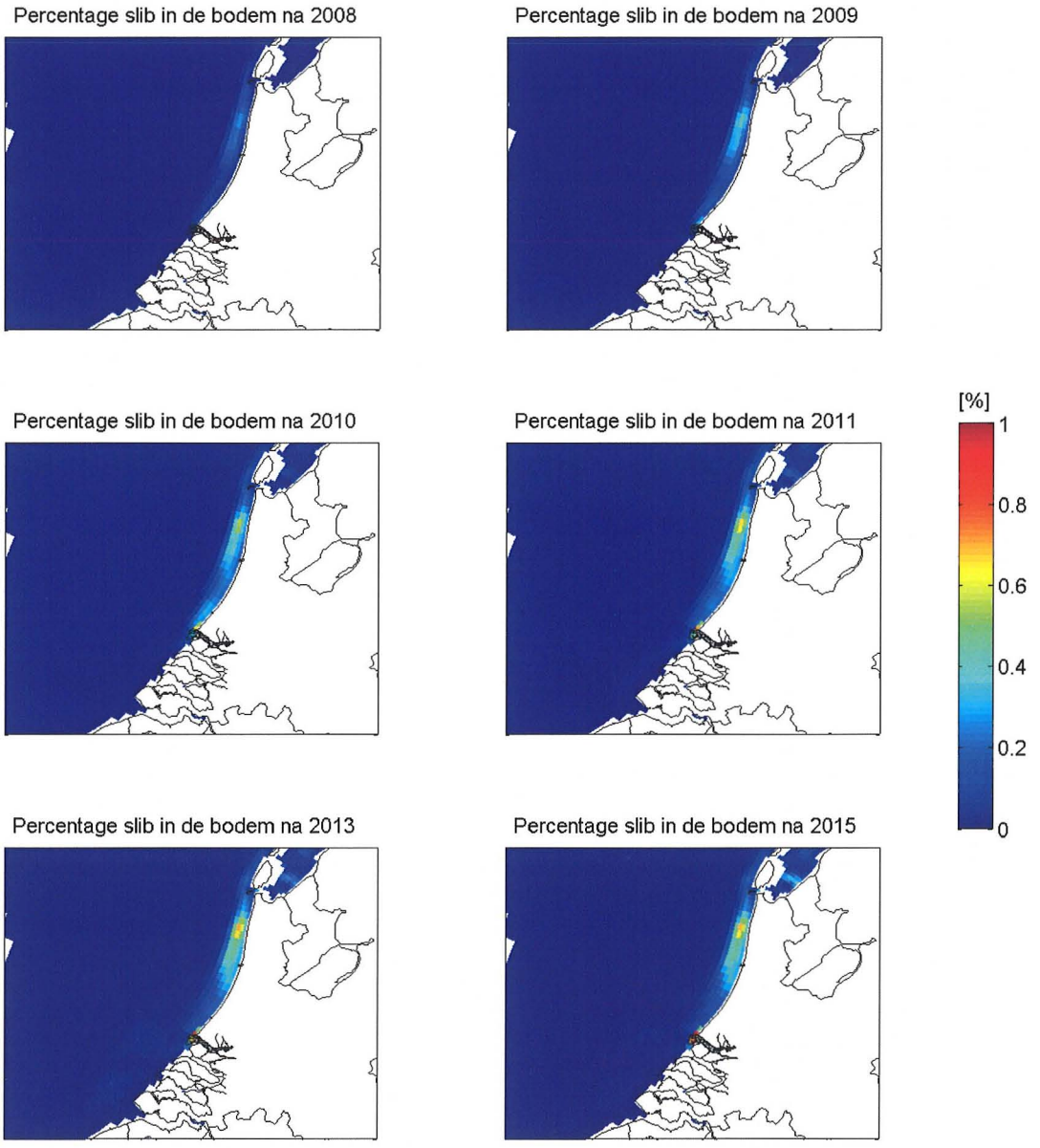
Figuur 14: relatieve toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor alle winningen tezamen, exclusief de achtergrond (set 2) ten opzichte van het percentage slib in de bodem in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.



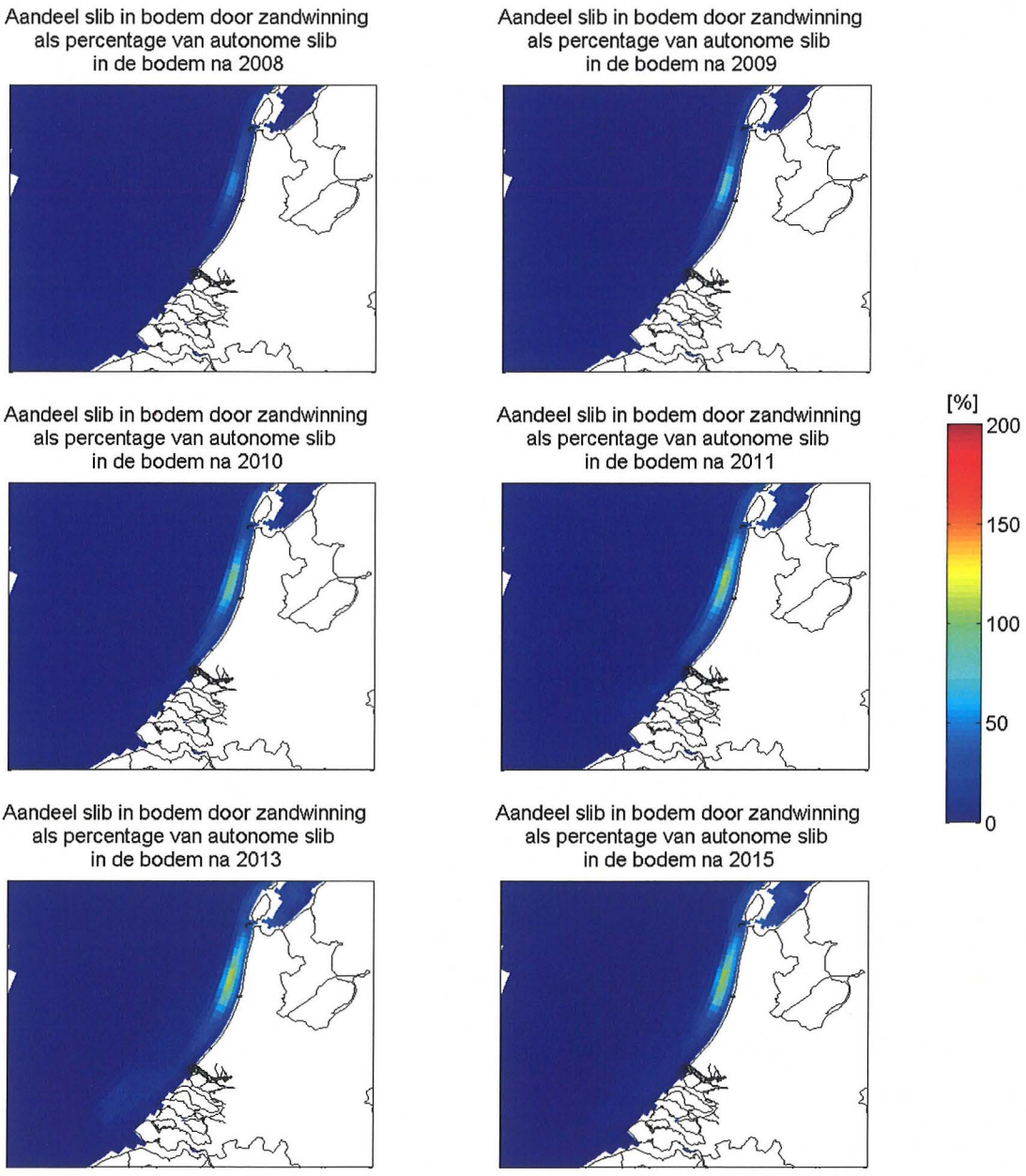
Figuur 15: toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 20152015 voor alle winningen tezamen, exclusief de achtergrond (set 2) , weergeven met logaritmische-schaalverdeling.



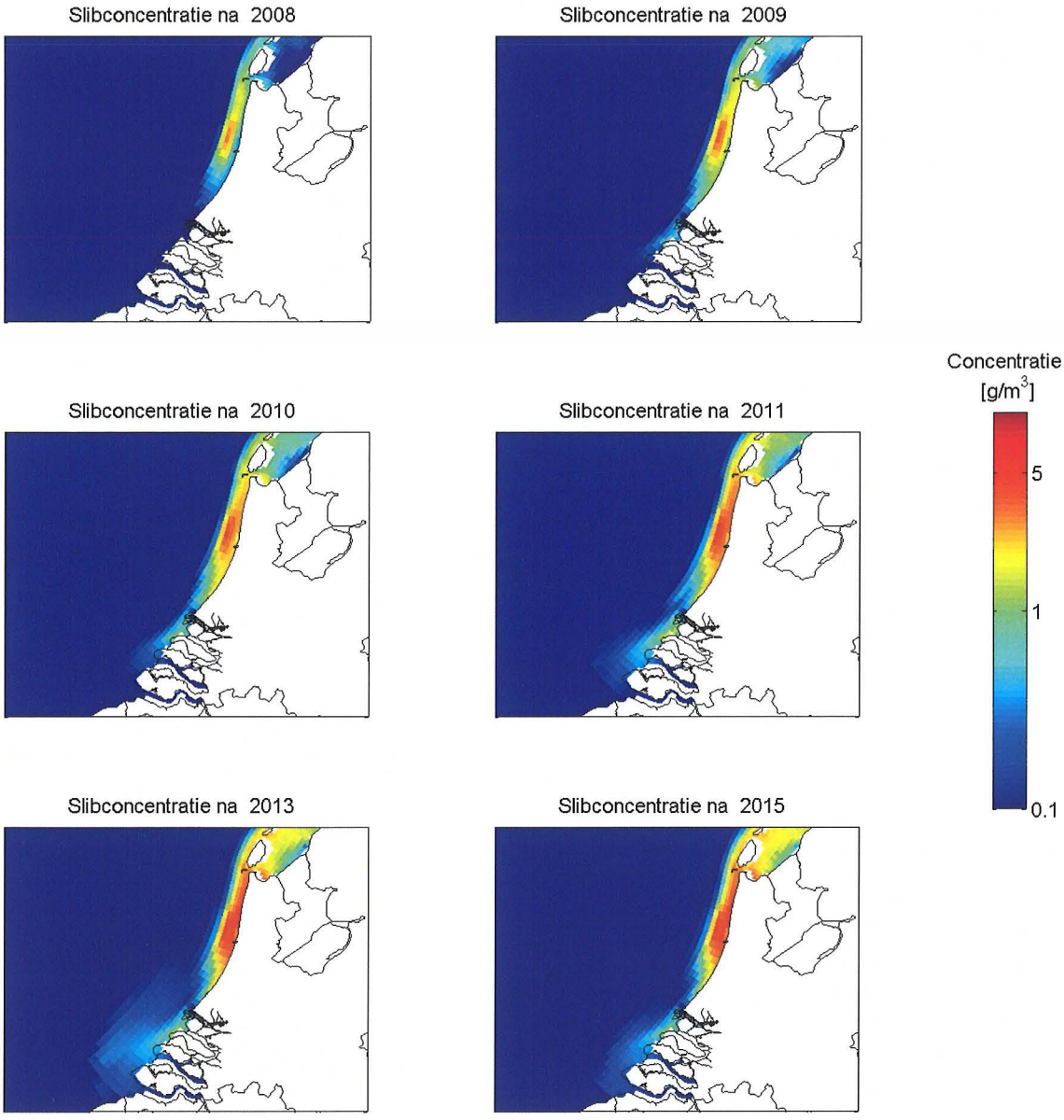
Figuur 16: relatieve toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor alle winningen tezamen, exclusief de achtergrond (set 2) ten opzichte van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.



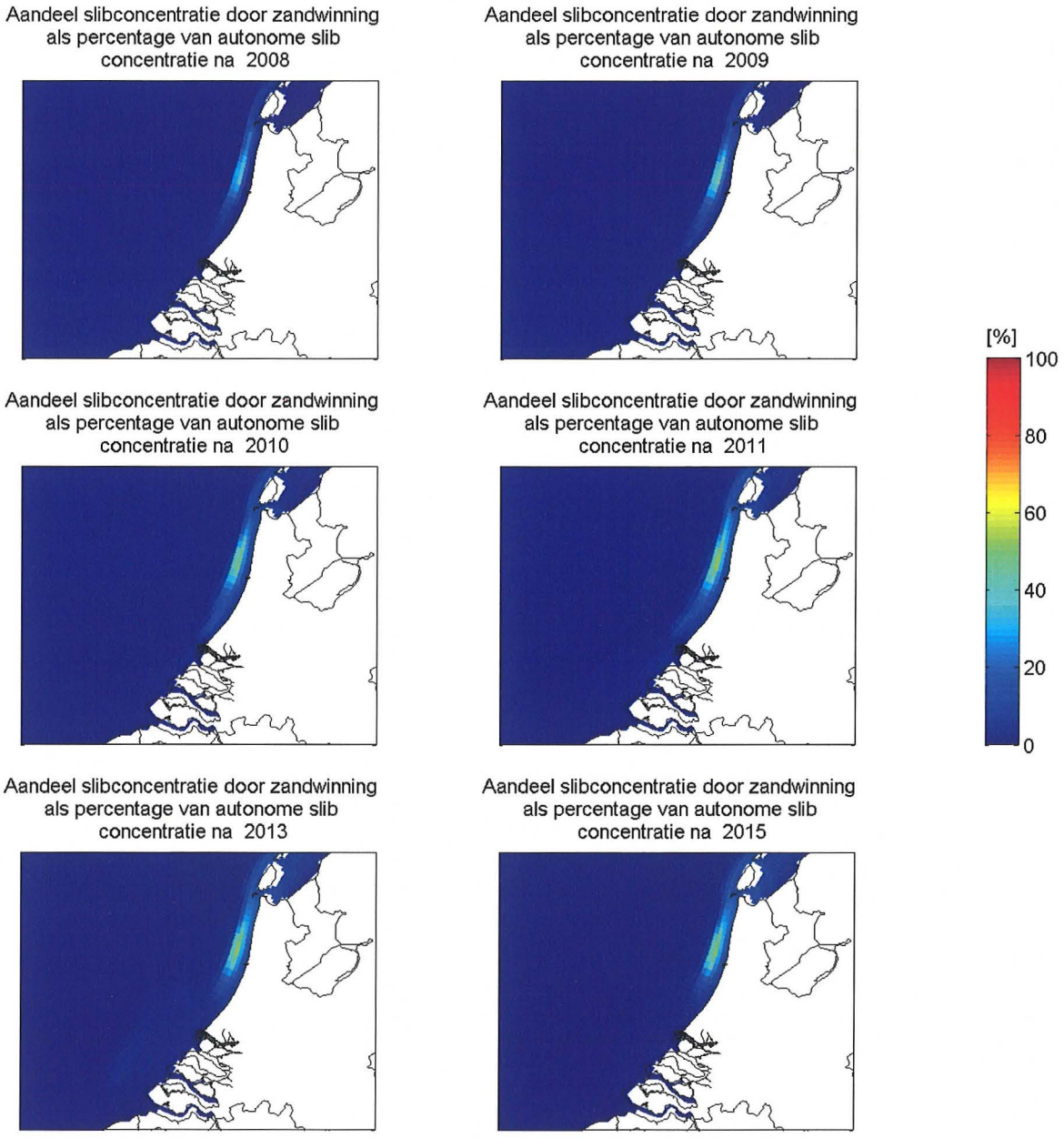
Figuur 17: toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor alle winningen behalve MV2, exclusief de achtergrond (set 3).



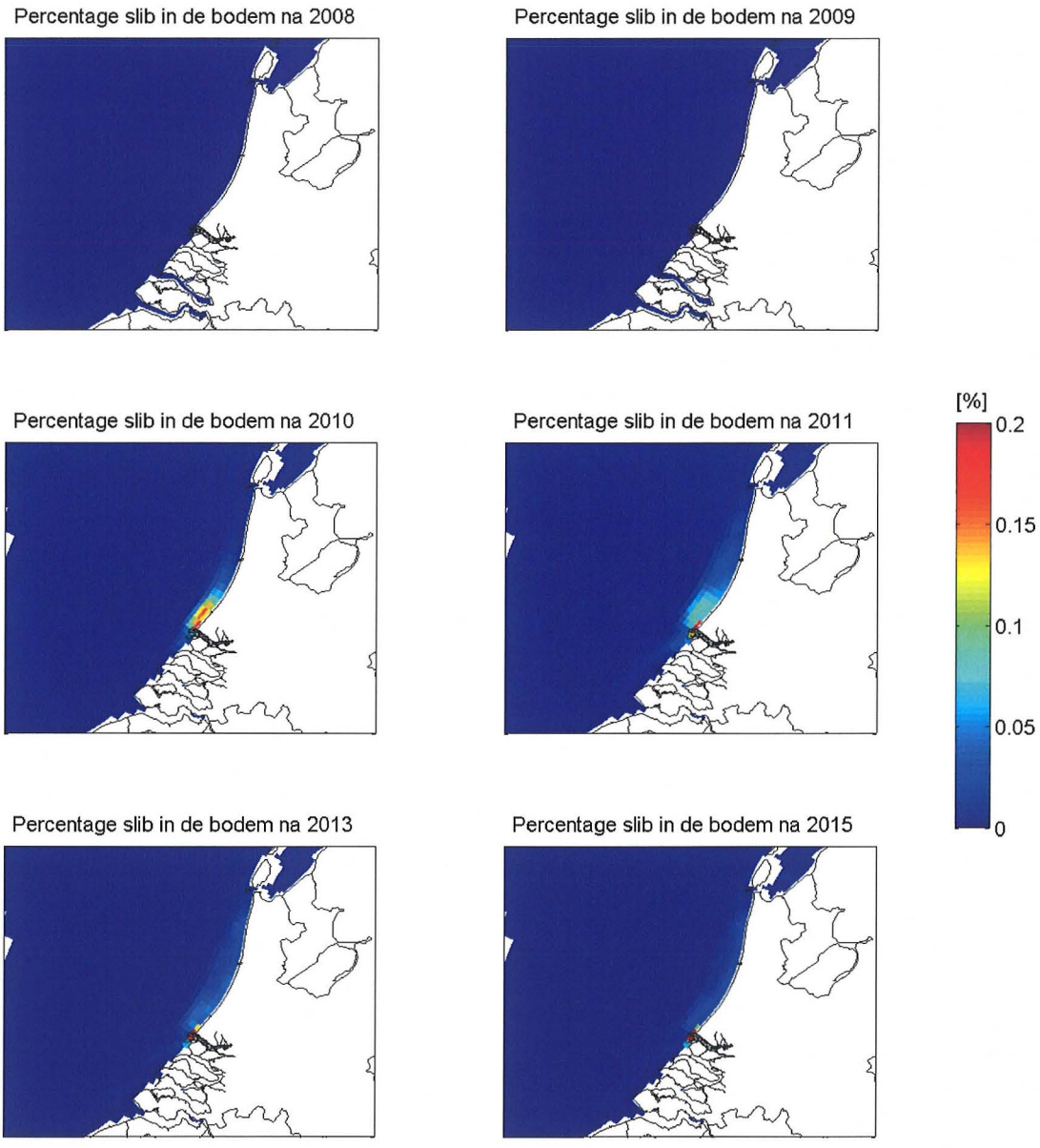
Figuur 18: relatieve toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor alle winningen behalve MV2, exclusief de achtergrond (set 3) ten opzichte van het percentage slib in de bodem in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.



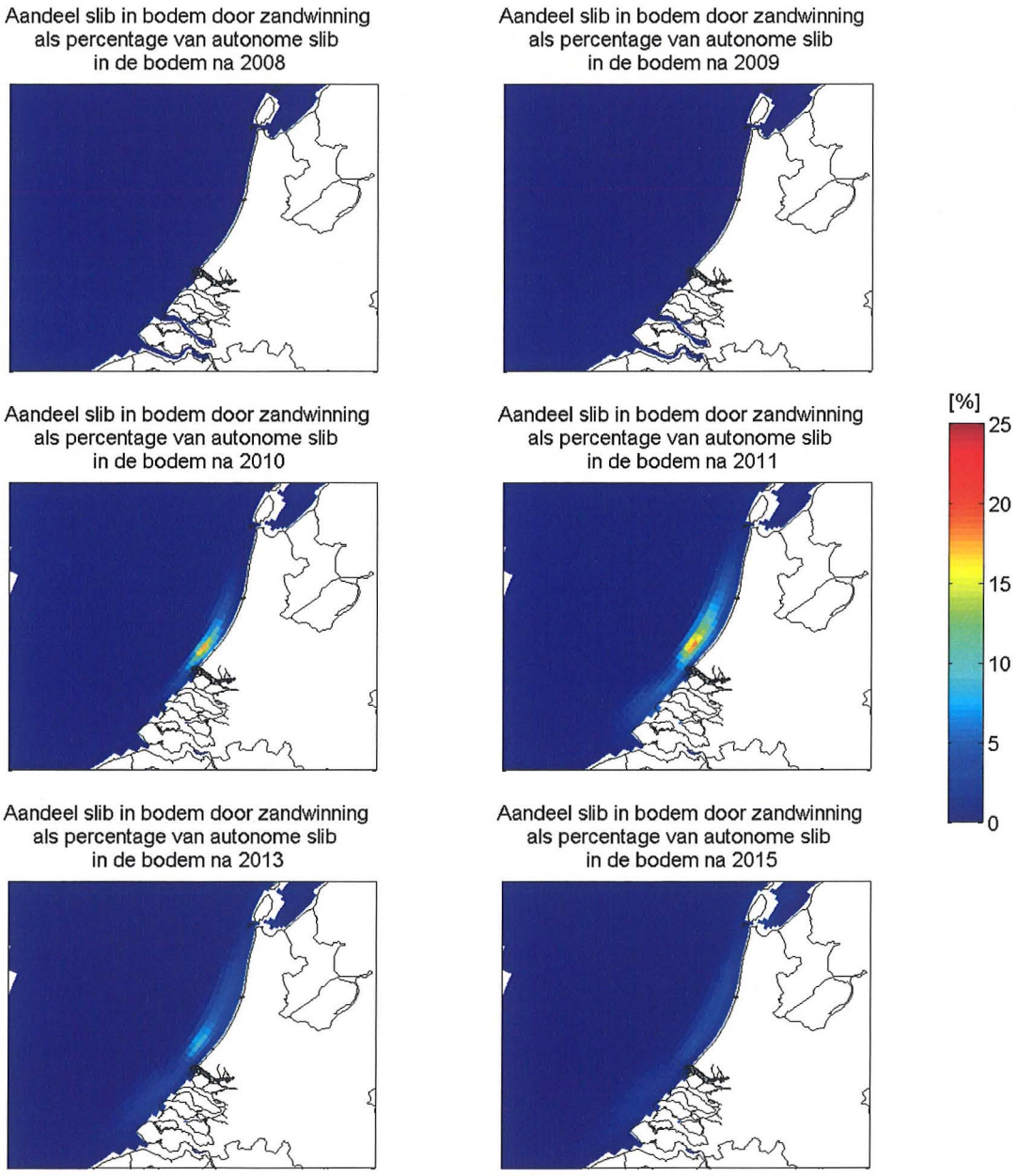
Figuur 19: toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor alle winningen behalve MV2, exclusief de achtergrond (set 3) , weergeven met logaritmische-schaalverdeling.



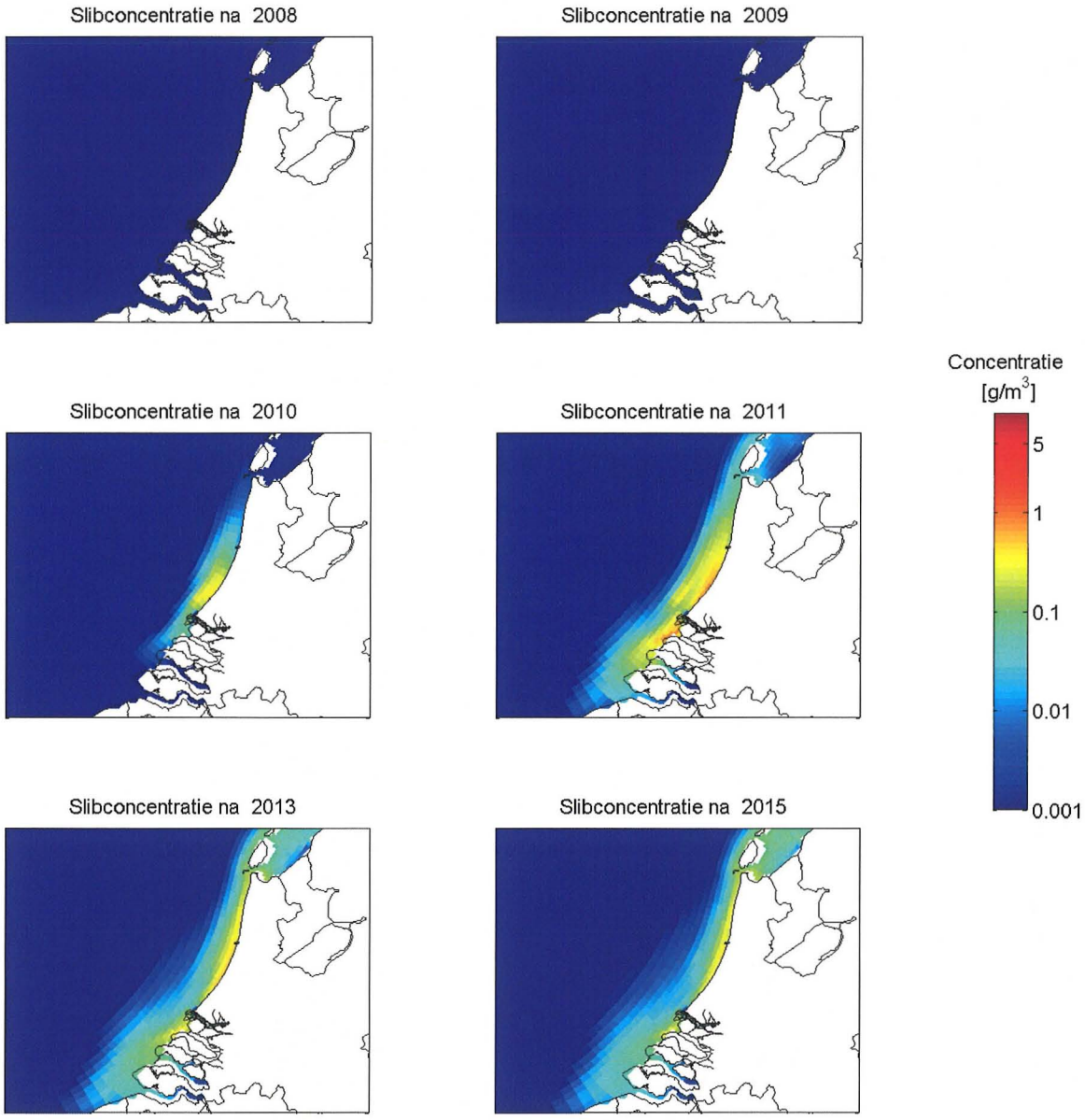
Figuur 20: relatieve toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015voor alle winningen behalve MV2, exclusief de achtergrond (set 3) ten opzichte van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.



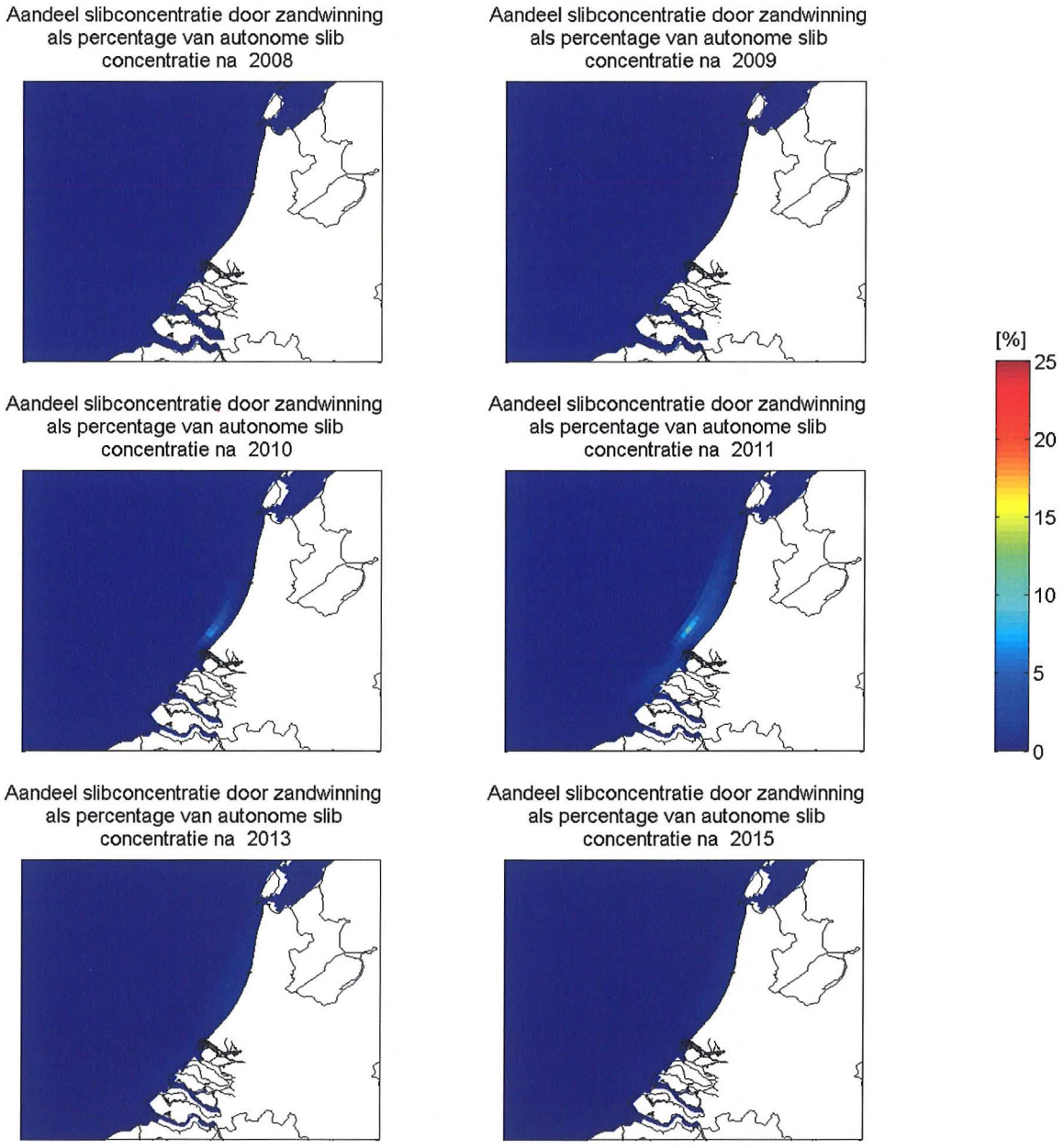
Figuur 21: toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor zandwinning voor de zandmotor (combinatiealternatief), exclusief de achtergrond (set 4).



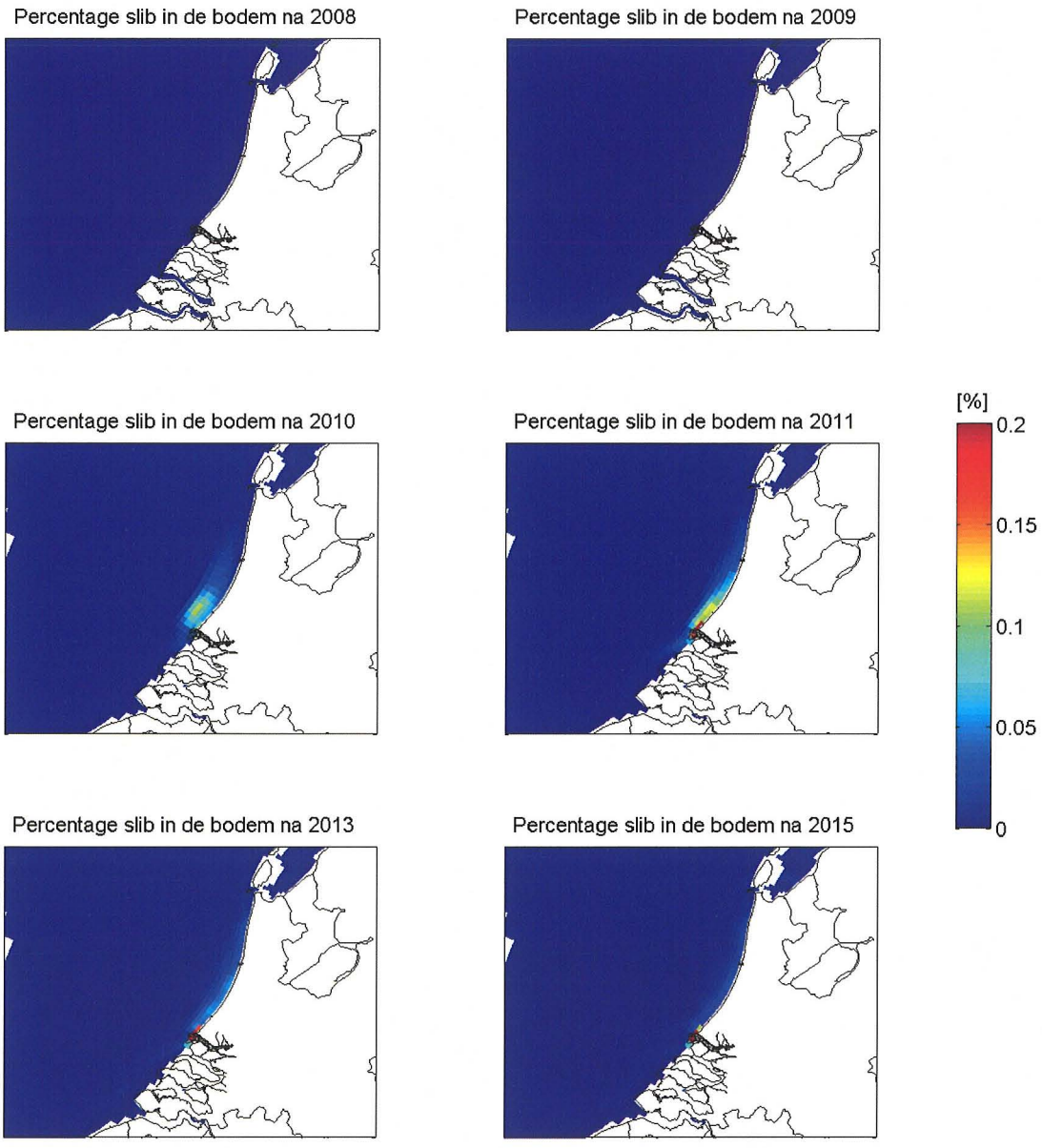
Figuur 22: relatieve toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor zandwinning voor de zandmotor (combinatiealternatief), exclusief de achtergrond (set 4) ten opzichte van het percentage slib in de bodem in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.



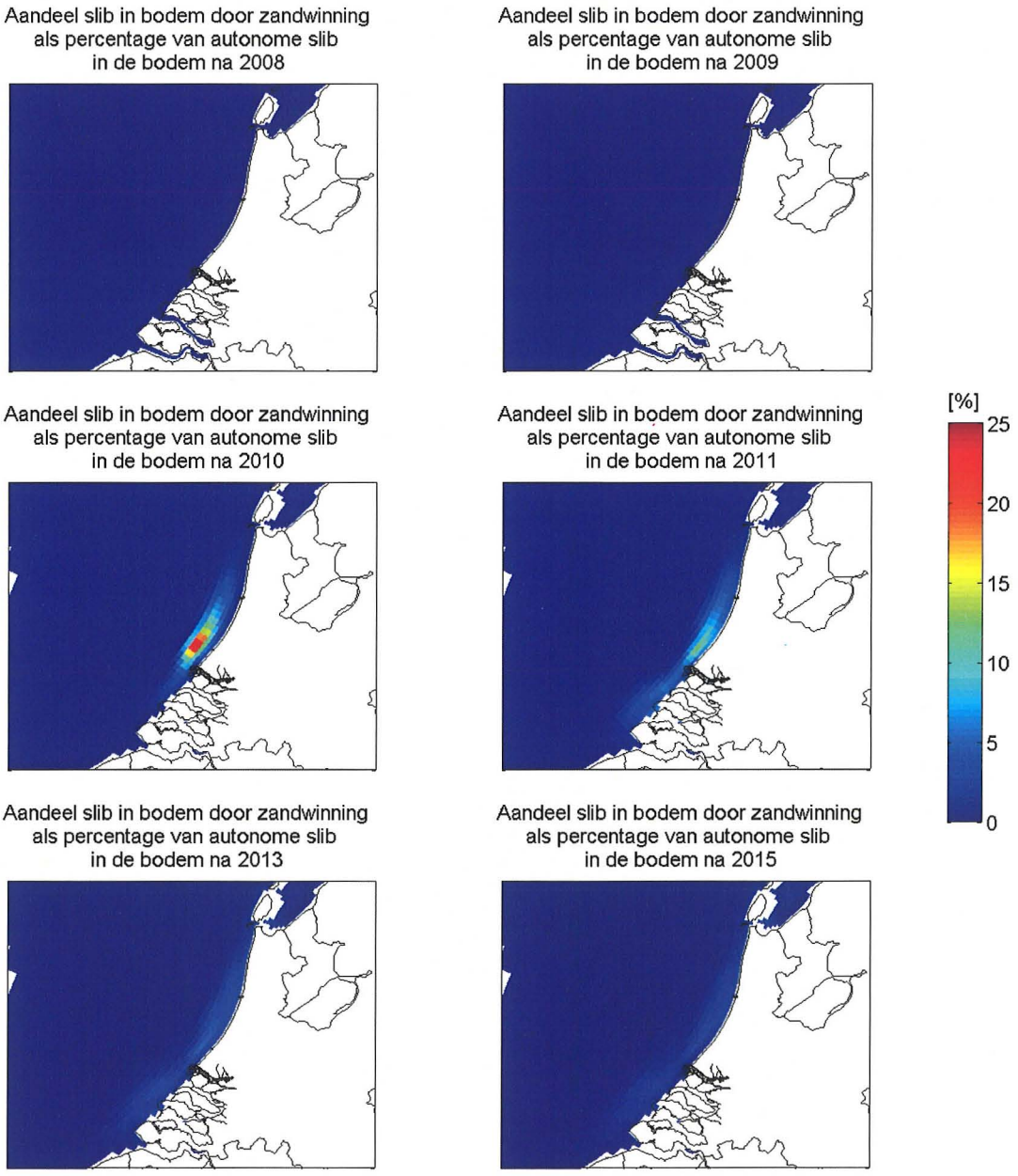
Figuur 23: toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor zandwinning voor de zandmotor (combinatiealternatief), exclusief de achtergrond (set 4), weergeven met logaritmische-schaalverdeling.



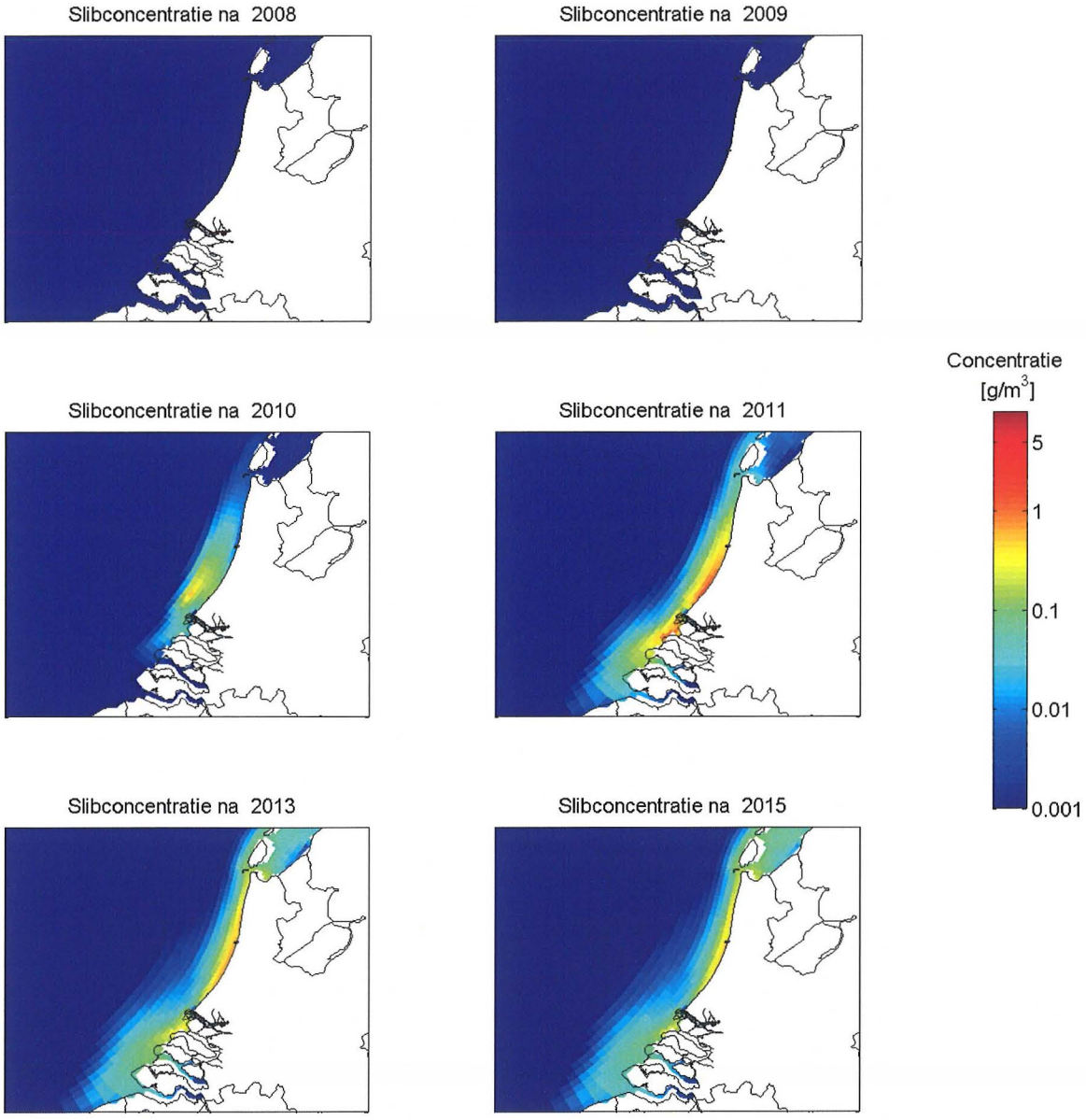
Figuur 24: relatieve toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor zandwinning voor de zandmotor (combinatiealternatief), exclusief de achtergrond (set 4) ten opzichte van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.



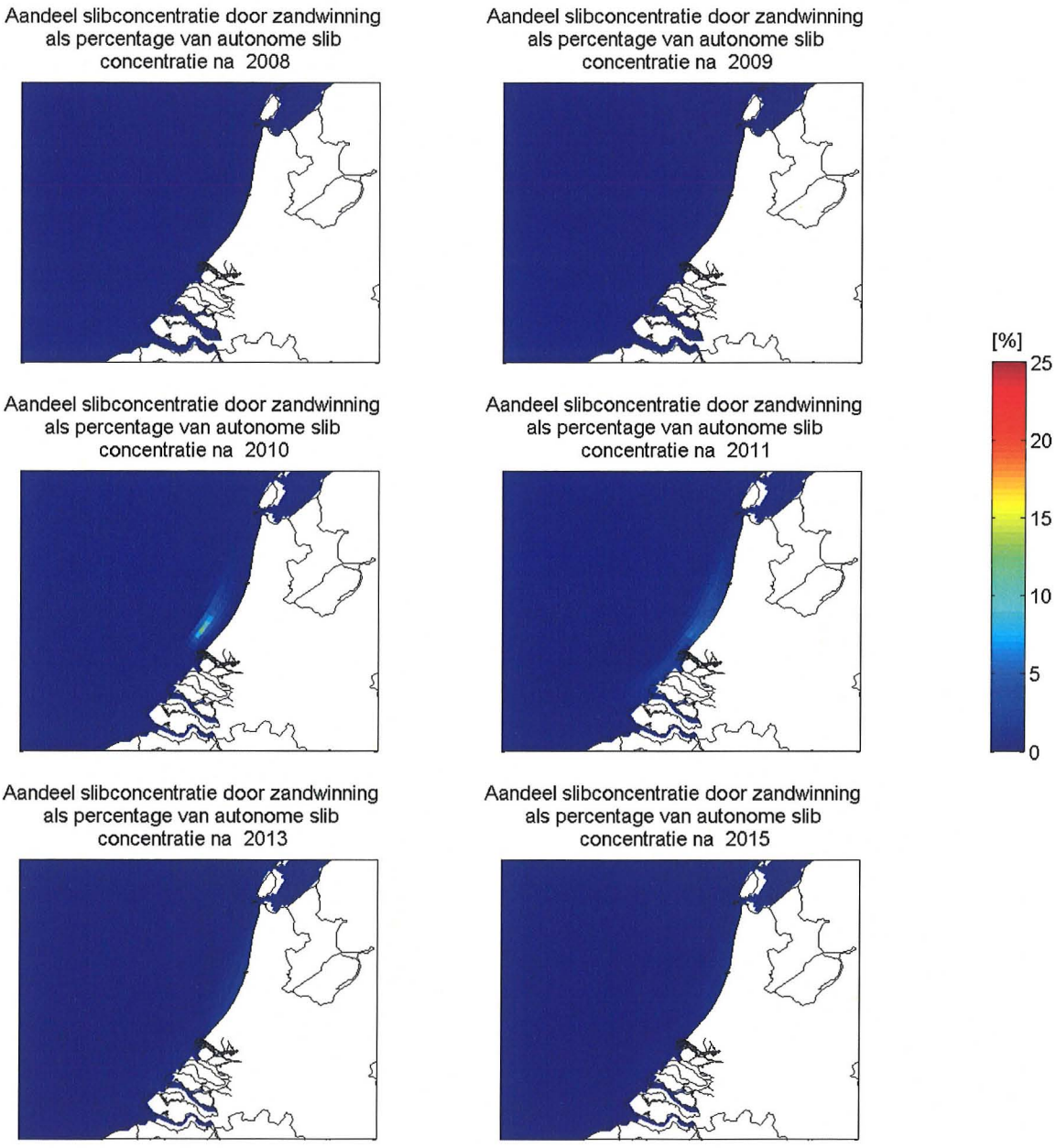
Figuur 25: toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor zandwinning voor de zandmotor (eigen winput), exclusief de achtergrond (set 5).



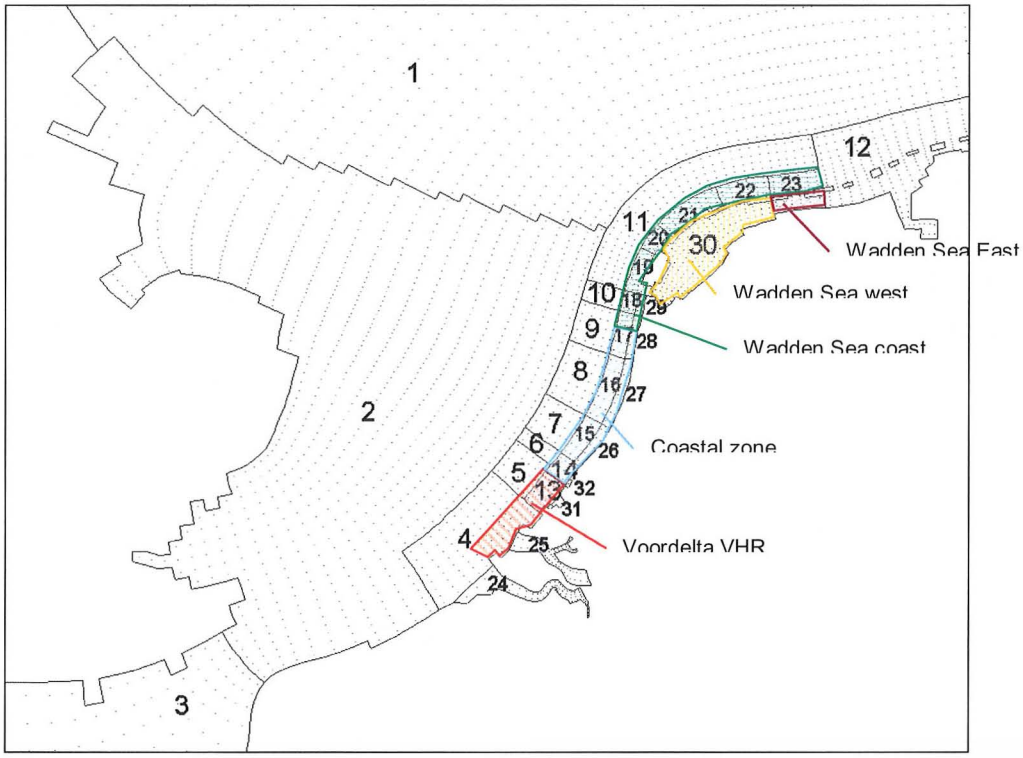
Figuur 26: relatieve toename van het percentage slib in de bodem na 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor zandwinning voor de zandmotor (eigen winput), exclusief de achtergrond (set 4) ten opzichte van het percentage slib in de bodem in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.



Figuur 27: toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015 voor zandwinning voor de zandmotor (eigen winput), exclusief de achtergrond (set 5), weergeven met logaritmische-schaalverdeling.

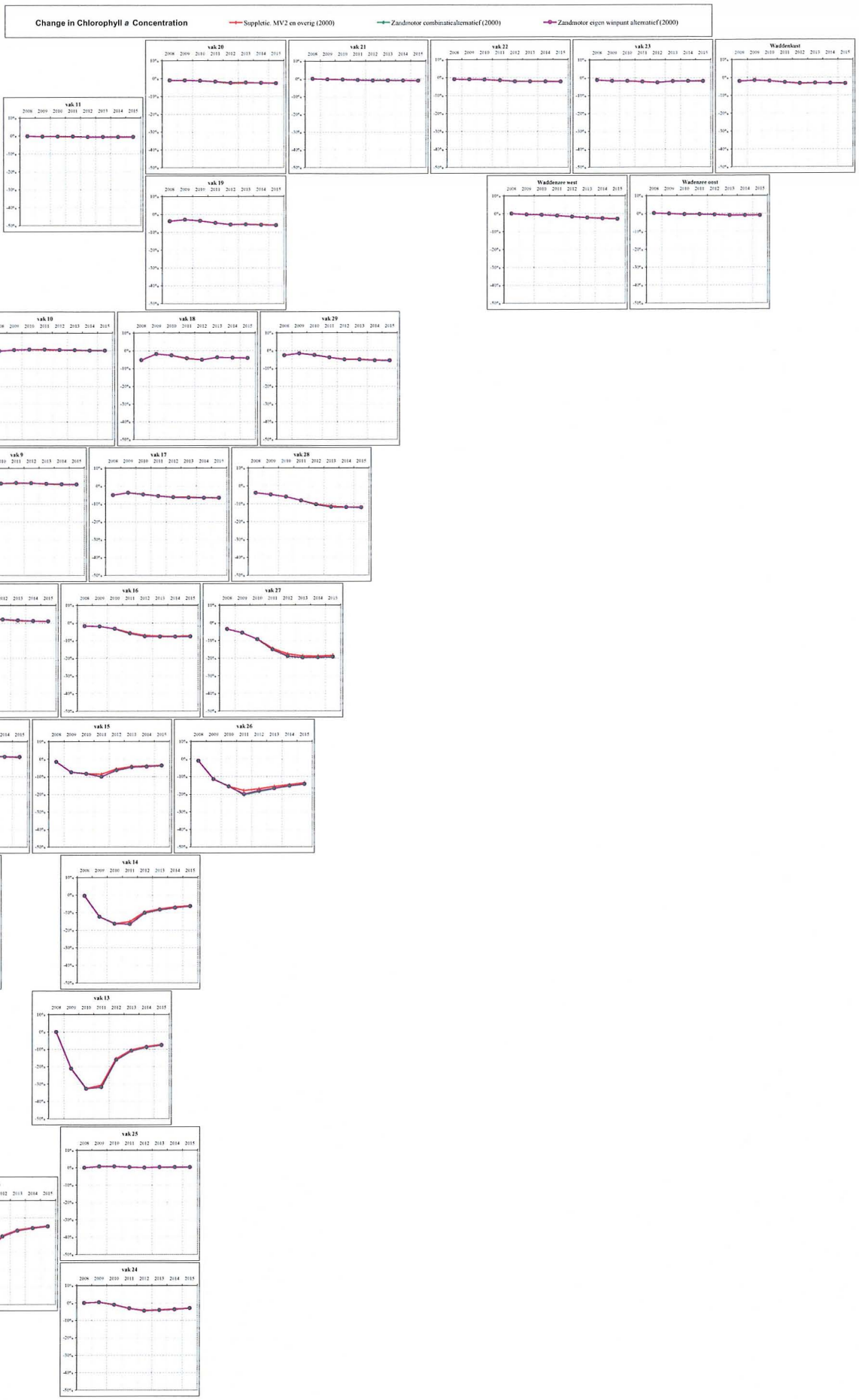


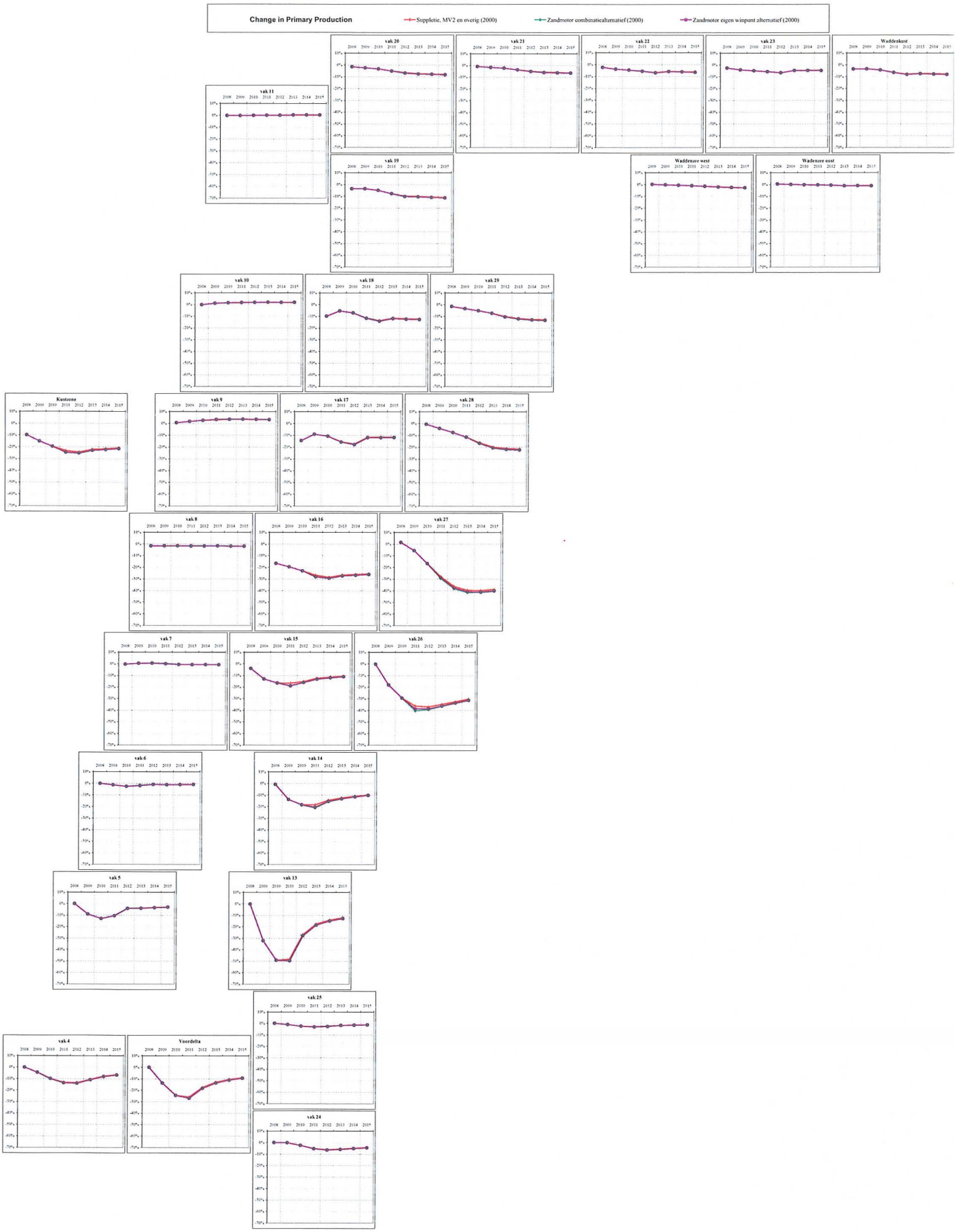
Figuur 28: relatieve toename van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de oppervlaktelaag over 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 en 2015voor zandwinning voor de zandmotor (eigen winput), exclusief de achtergrond (set 5) ten opzichte van de jaarlijks gemiddelde slibconcentratie in de achtergrondsituatie zonder zandwinning.

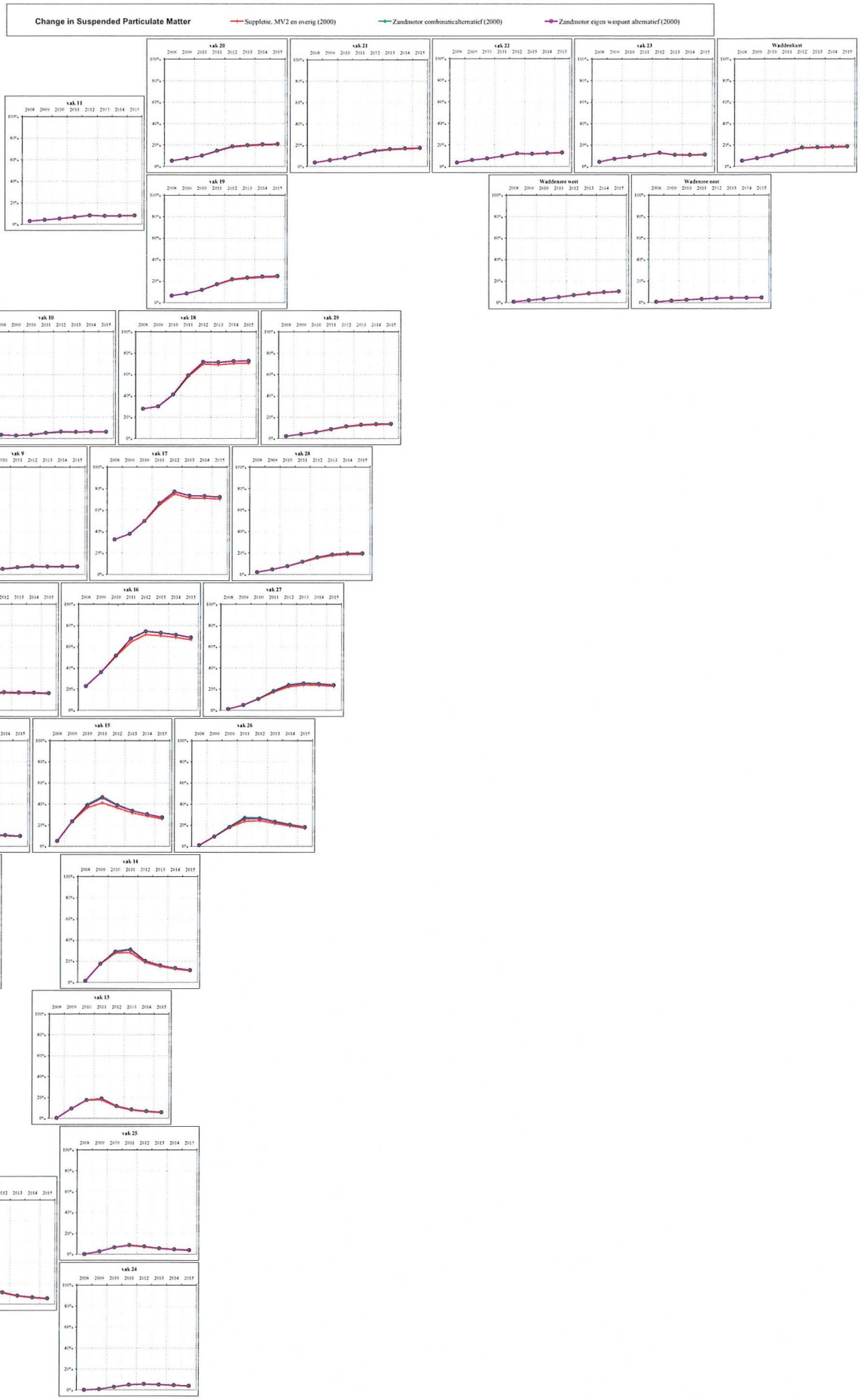


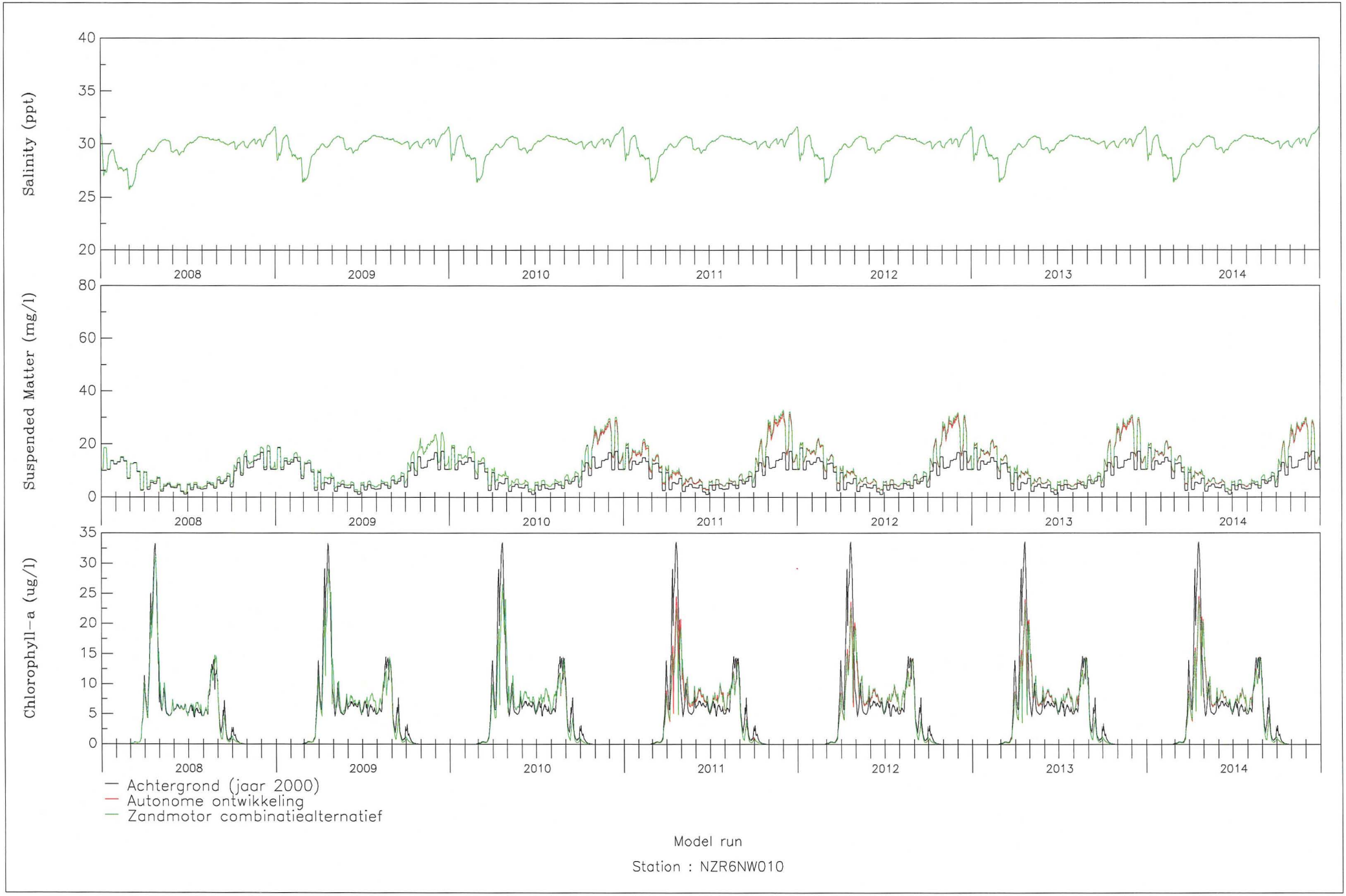
Figuur 29: Vakindeling zoals gebruikt in de modelberekeningen om ruimtelijk-gemiddelde waarden voor zwevende stof, chlorofyl en primaire productie te bepalen. Het vak "Voordelta" in de waterkwaliteitsberekeningen is identiek aan dat zoals gehanteerd in de vogel en habitat richtlijnen (VHR). In de slibberekeningen wordt voor de Voordelta monitoringsvak 4 gehanteerd.

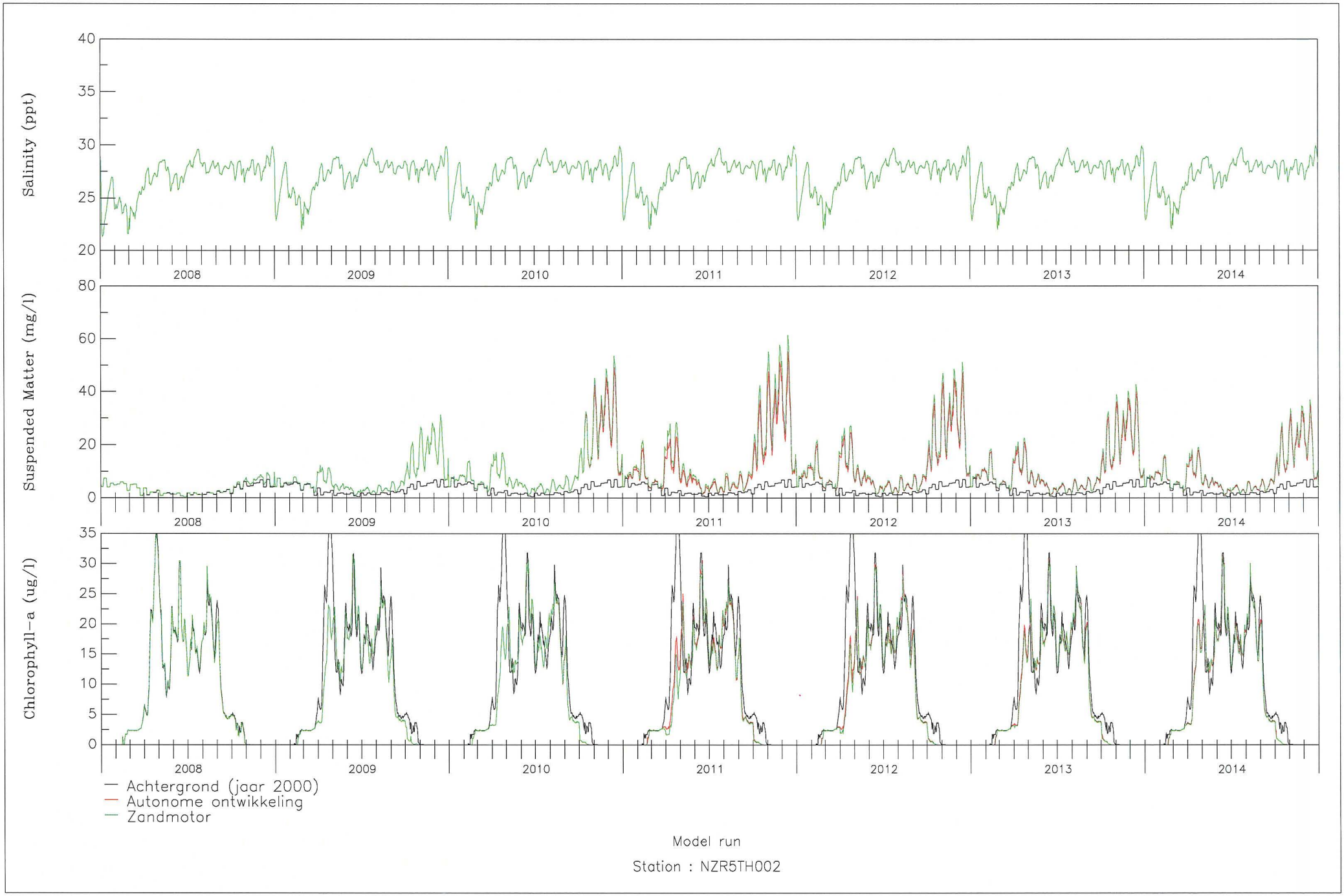
Bijlage A Waterkwaliteit

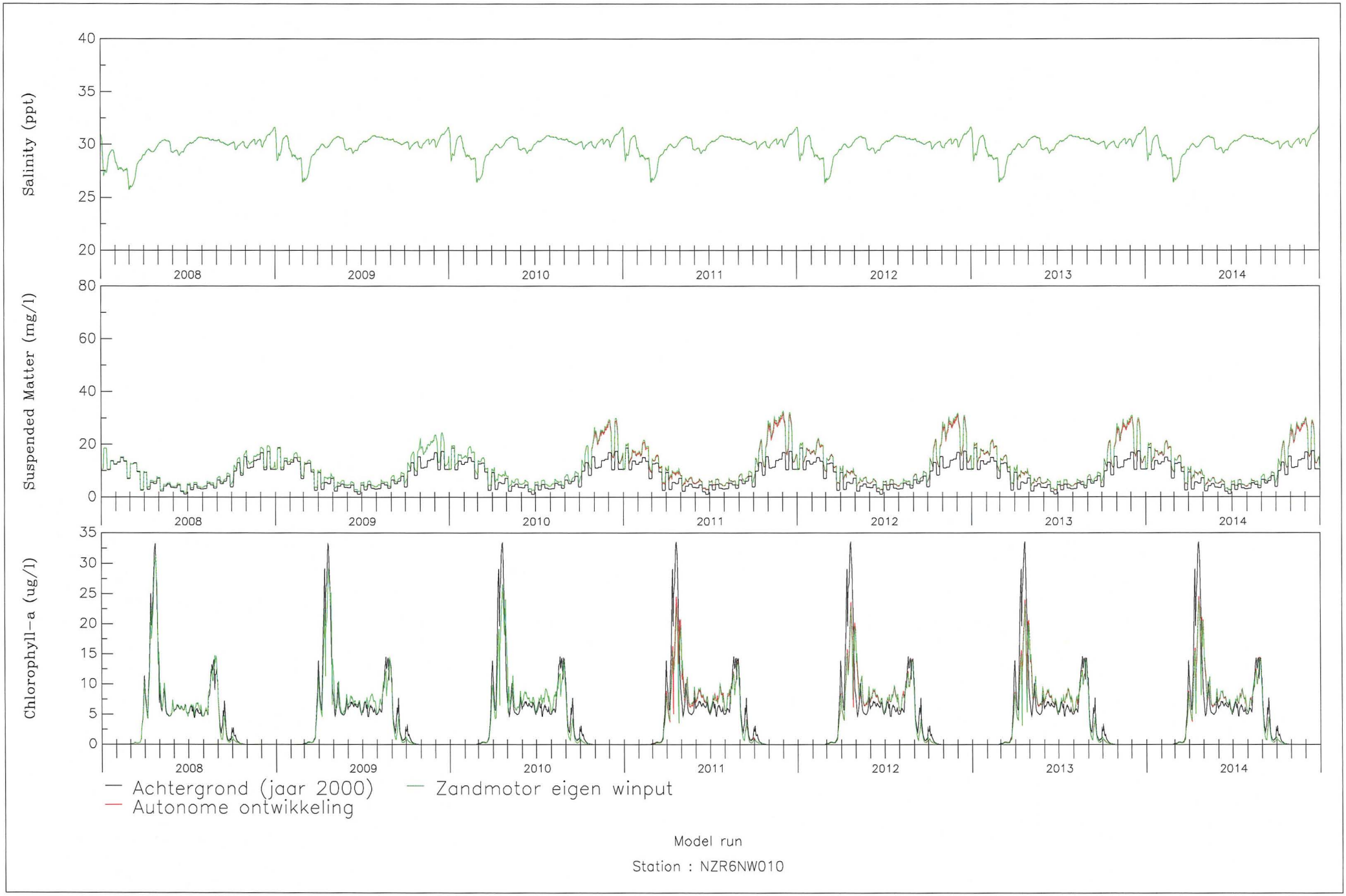

Change in Chlorophyll a Concentration
Suppletie. MV2 en overig (2000)
Zandmotor combinatiealternatief (2000)
Zandmotor eigen winpunt alternatief (2000)
vak 20
vak 21
vak 22
vak 23
Waddenkust
vak 11
vak 19
Waddenzee west
Wadenzee oost
vak 10
vak 18
vak 29
Kustzone
vak 9
vak 17
vak 28
vak 8
vak 16
vak 27
vak 7
vak 15
vak 26
vak 6
vak 14
vak 5
vak 13
vak 25
vak 4
Voordelta
vak 24

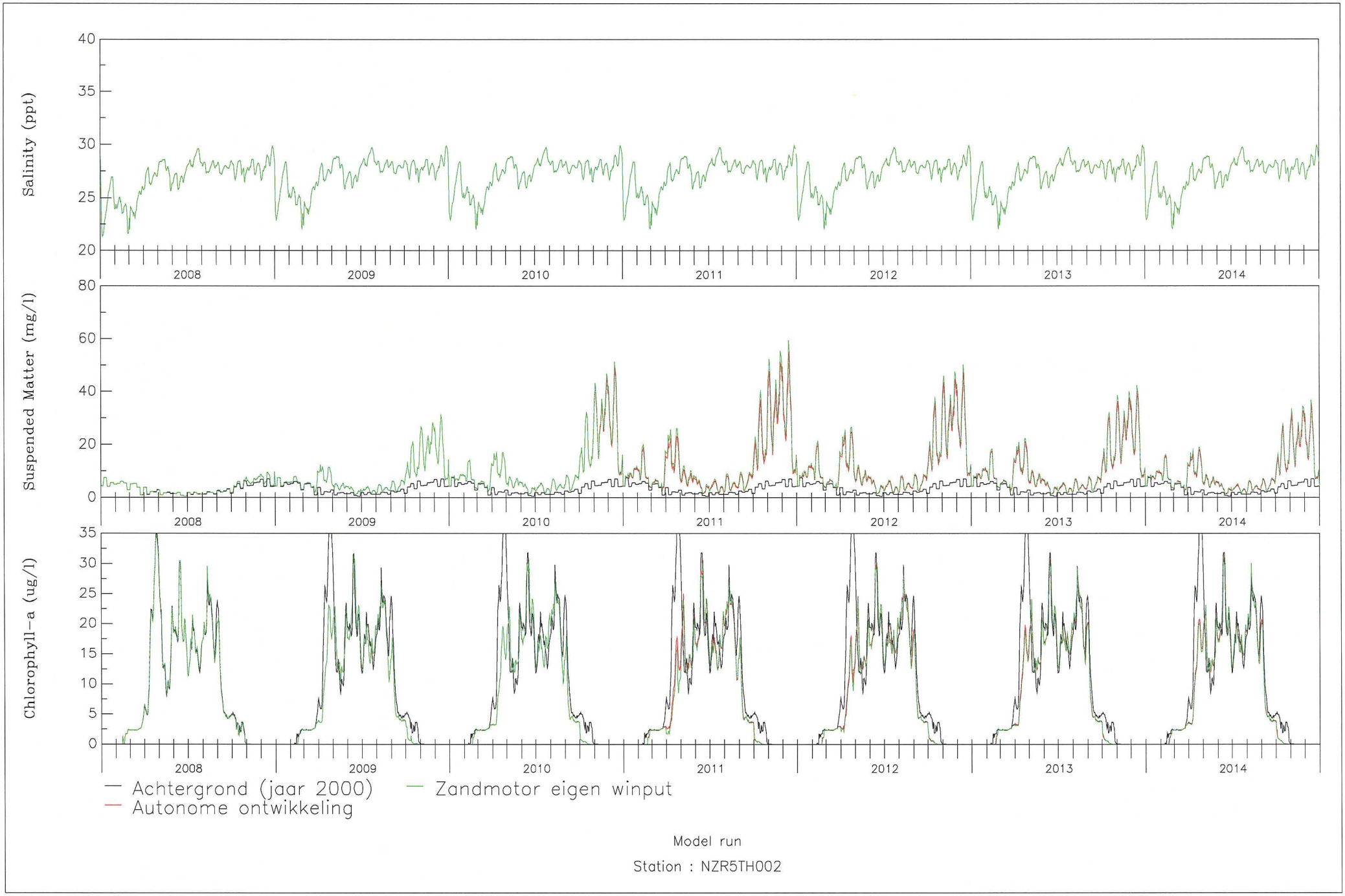

Change in Primary Production
Suppletie, MV2 en overig (2000)
Zandmotor combinatiealternatief (2000)
Zandmotor eigen winpunt alternatief (2000)
vak 11
vak 20
vak 21
vak 22
vak 23
Waddenkust
vak 19
Waddenzee west
Waddenzee oost
vak 10
vak 18
vak 29
Kustzone
vak 9
vak 17
vak 28
vak 8
vak 16
vak 27
vak 7
vak 15
vak 26
vak 6
vak 14
vak 5
vak 13
vak 25
vak 4
Voordelta
vak 24


Change in Suspended Particulate Matter
Suppletie, MV2 en overig (2000)
Zandmotor combinatiealternatief (2000)
Zandmotor eigen winpunt alternatief (2000)
vak 11
vak 20
vak 21
vak 22
vak 23
Waddenkust
vak 19
Waddenzee west
Waddenzee oost
vak 10
vak 18
vak 29
Kustzone
vak 9
vak 17
vak 28
vak 8
vak 16
vak 27
vak 7
vak 15
vak 26
vak 6
vak 14
vak 5
vak 13
vak 25
vak 4
Voordelta
vak 24


Salinity (ppt)
40
35
30
25
20
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
Suspended Matter (mg/l)
80
60
40
20
0
Chlorophyll-a (ug/l)
35
30
25
20
15
10
5
0
Achtergrond (jaar 2000)
Autonome ontwikkeling
Zandmotor combinatiealternatief
Model run
Station : NZR6NW010


Salinity (ppt)
40
35
30
25
20
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
Suspended Matter (mg/l)
80
60
40
20
0
Chlorophyll-a (ug/l)
35
30
25
20
15
10
5
0
Achtergrond (jaar 2000)
Autonome ontwikkeling
Zandmotor
Model run
Station : NZR5TH002


Salinity (ppt)
40
35
30
25
20
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
Suspended Matter (mg/l)
80
60
40
20
0
Chlorophyll-a (ug/l)
35
30
25
20
15
10
5
0
Achtergrond (jaar 2000)
Autonome ontwikkeling
Zandmotor eigen winput
Model run
Station : NZR6NW010


Salinity (ppt)
40
35
30
25
20
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
Suspended Matter (mg/l)
80
60
40
20
0
Chlorophyll-a (ug/l)
35
30
25
20
15
10
5
0
Achtergrond (jaar 2000)
Autonome ontwikkeling
Zandmotor eigen winput
Model run
Station : NZR5TH002