

**Quicksan slibeffecten
verbreding gedeelte vaargeul
Markermeer**



Quickscan slibeffecten verbreding gedeelte vaargeul Markermeer

Menno Genseberger

1205557-000

Titel

Quickscan slibeffecten verbreding gedeelte vaargeul Markermeer

Opdrachtgever

Werkmaatschappij
Markermeer - IJmeer, via
provincie Flevoland

Project

1205557-000

Kenmerk

1205557-000-ZWS-0004-vj50

Pagina's
Classificatie

vertrouwelijk tot december 2011

Trefwoorden

Markermeer, IJmeer, TBES, TMIJ, slib, bodem, licht, model, inrichting, scenario's.

Samenvatting

In dit rapport wordt verslag gedaan van een quickscan met een slibmodel van het Markermeer-IJmeer naar de effecten op slib van een mogelijke verbreding van de vaargeul van Amsterdam naar Lelystad. Tevens is gekeken naar een andere vormgeving van de TMIJ/TBES luwtestructuren bij de Hoornsche Hop.

De verbreding van de vaargeul vermindert globaal de hoeveelheid sediment in de waterkolom waardoor het doorzicht toeneemt. Luwtestructuren bij de Hoornsche Hop hebben een lokaal groot effect op doorzicht in het achterliggende gebied. Deze effectiviteit kan verder verhoogd worden door een gedetailleerde optimalisatieslag.

Doorvertaling van sediment in waterkolom, sedimentatie, doorzicht en lokale diepte naar ecologische effecten vraagt om een aanvullende studie.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	oktober 2011	Menno Genseberger		Thijs van Kessel		Toon Segeren	
	november 2011	Menno Genseberger	<i>mg</i>	Thijs van Kessel	<i>TUK</i>	Toon Segeren	<i>[Handwritten Signature]</i>

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	3
2 Modelopzet en scenario's	5
2.1 Referentie	5
2.2 Scenario 1	6
2.3 Scenario 2	6
2.4 Scenario 3	6
2.5 Scenario 4	7
3 Resultaten	9
3.1 Woord vooraf	9
3.2 Sedimentconcentratie in de waterkolom	9
3.3 Toename sedimenthoeveelheid op de bodem	10
3.4 Lichtklimaat	11
4 Conclusies en aanbevelingen	13
5 Referenties	15
Bijlage(n)	
A Modelopzet	A-1
B Modelresultaten: referentie	B-1
C Modelresultaten: scenario 1	C-1
D Modelresultaten: scenario 2	D-1
E Modelresultaten: scenario 3	E-1
F Modelresultaten: scenario 4	F-1
G Vergelijking scenarioresultaten – licht voorjaar	G-1
H Vergelijking scenarioresultaten – licht zomer	H-1

1 Inleiding

Toekomstbestendig Markermeer IJmeer, TMIJ, heeft het Ontwikkelingsperspectief uit 2008 in 2009 verder uitgewerkt tot een Toekomstbeeld. Het resultaat is een uitgebreide studie naar de mogelijkheden van ecologische verbetering en de ontwikkelingsperspectieven op het gebied van recreatie, stadsontwikkeling en economie.

Het Toekomstbeeld is tot een ToekomstBestendig Ecologisch Systeem (TBES) uitgewerkt. Om het doel van een toekomstbestendig ecologisch systeem te verwezenlijken, is de Werkmaatschappij Markermeer IJmeer (WMIJ) opgericht. Het doel is om de ecologische doelstellingen van TBES effectiever, goedkoper en slimmer te realiseren. Dat kan door de mogelijkheden voor kostenbesparing te bestuderen, bijvoorbeeld door het koppelen van TBES met andere programma's, zoals NMIJ (Natuurlijker Markermeer IJmeer), HWBP (Hoogwater beschermingsprogramma), IJmeerverbinding en het Deltaprogramma.

Een van de mogelijke koppelingen waaraan gedacht wordt is het verbreden van het oostelijk deel van de vaargeul van Amsterdam naar Lelystad.

Het voorliggende rapport doet verslag van een quickscan naar de effecten op slib van een mogelijke verbreding. Tevens is gekeken naar een andere vormgeving van de TMIJ/TBES luwtestructuren bij de Hoornsche Hop.

De quickscan is uitgevoerd met het slibmodel van het Markermeer-IJmeer dat in eerdere studies ([Van Kessel et al. (2009)], [Vijverberg en Boderie (2008)]) gekalibreerd en gevalideerd is. Hetzelfde slibmodel is gebruikt voor de effectiviteitsbepaling van maatregelen voorgesteld in het kader van TMIJ/TBES ([Genseberger en Boderie (2009)], in combinatie met het model Habitat voor ecologische effecten [Haasnoot et al. (2009)] en de mogelijke buitendijkse ontwikkeling van Almere ([Genseberger et al. (2009)]). Op het ogenblik wordt het slibmodel ook gebruikt binnen NMIJ.

De verbreding van de vaargeul is als verdieping in het slibmodel ingebracht. Hierbij willen we opmerken dat, indien er gedetailleerde vragen zijn over het effect van diepe putten, het slibmodel verder ontwikkeld dient te worden. Het huidige slibmodel is wel geschikt voor de voorliggende vraag (quickscan). Daarnaast is niet gekeken naar de effecten binnen de vooroevers bij de Lepelaarsplassen en binnen het grootschalige moeras, hiervoor is een meer gedetailleerd onderzoek nodig waarin de ontwerpen van vooroevers en grootschalig moeras meegenomen worden.

Tevens de opmerking dat in deze quickscan alleen gekeken is naar effecten op slib en doorzicht, de doorvertaling naar ecologische effecten vraagt om een aanvullende studie (bijvoorbeeld zoals eerder gedaan voor TMIJ/TBES met Habitat, zie [Haasnoot et al. (2009)]).

Het rapport is als volgt opgebouwd: eerst worden in hoofdstuk 2 de -in overleg met WMIJ-gekozen referentie en scenario's uiteengezet. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten van de modelsimulaties met het slibmodel besproken. Voor leesbaarheid zijn alle figuren opgenomen in een appendix. Hoofdstuk 4 sluit af met conclusies en aanbevelingen.

2 Modelopzet en scenario's

Er zijn vijf berekeningen uitgevoerd met het slibmodel van het Markermeer-IJmeer [Van Kessel et al. (2009)] voor het jaar 2006:

- referentie,
- scenario 1,
- scenario 2,
- scenario 3 en
- scenario 4.

Het slibmodel wordt aangedreven door een in de tijd variabele wind. Hiervoor zijn uurgemiddelde waarden voor snelheid en richting van het KNMI-station Berkhout gebruikt. De in 2006 opgetreden wind wordt voldoende representatief geacht voor het langjarige windklimaat in het Markermeer.

Bij de modelberekeningen worden achtereenvolgens drie stappen doorlopen:

1. Delft3D-FLOW software voor het simuleren van de waterbeweging,
2. MATLAB rekscripts gebaseerd op een strijklengte-benadering voor het berekenen van golfeffecten en
3. Delft3D-WAQ software voor het bundelen van de bijdrage van stap 1 en 2 op de resuspensie, simuleren van slibtransport en sedimentatie en de doorberekening naar doorzicht.

In de eerste stap wordt –de voornamelijk windgedreven– ondiepwaterstroming in het Markermeer en IJmeer uitgerekend, deze stroming zal effect hebben op bodemschuifspanning (waardoor opwerveling van slib optreedt) en het transport van slib. De tweede stap rekent onafhankelijk hiervan de windgedreven golfeffecten uit, bij sterkere wind zal dit de belangrijkste oorzaak voor opwerveling van slib zijn (via de bodemschuifspanning). De laatste stap combineert de bijdragen van stroming en golven aan de bodemschuifspanning, vertaalt deze naar opwerveling, berekent het stoftransport en de sedimentatie (als gevolg van de zwaartekracht, met name in de meer rustige gebieden/perioden). Aan de hand van sedimentconcentraties in de waterkolom en de lokale diepte wordt in stap 3 ook de hoeveelheid licht bij de bodem uitgerekend.

2.1 Referentie

Voor de referentie wordt uitgegaan van de huidige situatie in het Markermeer, IJmeer, Gooimeer en Eemmeer. In het IJmeer is alleen IJburg 1 meegenomen en in de strekdam richting Oranjesluizen zit een opening richting IJburg 1. Tevens zijn meegenomen de hockeysticks bij de Houtribdijk en zijn de strekdammen bij de haven van Lelystad aangepast. Figuur A.1 laat zien hoe dit is geïmplementeerd in het Markermeer slibmodel.

2.2 Scenario 1

Ten opzichte van de referentie is voor scenario 1 IJburg 2 toegevoegd en zijn de volgende TMIJ/TBES maatregelen meegenomen:

- luwtestructuur evenwijdig aan kust Hoornsche Hop,
- vooroevers Lepelaarsplassen maar wel met nieuwe ovaalvorm (oppervlak ongeveer 480 hectare), rekenpunten die zich binnen deze vooroevers bevinden zijn in het slibmodel droog gezet en doen daardoor niet mee in de berekeningen (het bepalen van slibeffecten binnen de vooroevers vraagt om een gedetailleerder onderzoek waarin het ontwerp van de vooroevers meegenomen wordt),
- uitbreiding kust Lelystad,
- halterput van ongeveer 70 miljoen m³ in midden Markermeer en
- grootschalig moeras (voorheen ook wel oermoeras genoemd) van halve ovaal (oppervlak ongeveer 4500 hectare), rekenpunten die zich binnen dit moeras bevinden zijn in het slibmodel op een hoogte van +5 m NAP gezet en doen daardoor effectief niet mee in de berekeningen (het bepalen van slibeffecten binnen het grootschalige moeras vraagt om een gedetailleerder onderzoek waarin het ontwerp van het grootschalige moeras meegenomen wordt).

Figuur A.2 laat zien hoe dit is geïmplementeerd in het Markermeer slibmodel.

2.3 Scenario 2

Voor scenario 2 is de halterput uit scenario 1 vervangen door een verbreding van het oostelijke deel van de vaargeul van Amsterdam naar Lelystad. Hierbij is uitgegaan van contouren van de verbreding zoals deze geschetst zijn op een kaart van de ondergrond (zie figuur A.6). Deze schets is gemaakt tijdens overleg met Roelof Balk (WMIJ/Provincie Flevoland) en Douwe van 't Zed (Waterdienst) op 4 oktober 2011. De verbreding van het deel van de vaargeul heeft een afmeting van 3 km bij 13.5 km en hier is de bodem verdiept tot 15 m ten opzichte van NAP (extra volume van $(15 - 4) \times 3 \times 13.5$ miljoen m³ = 445.5 miljoen m³). Figuur A.3 laat zien hoe dit is geïmplementeerd in het Markermeer slibmodel.

2.4 Scenario 3

Voor scenario 3 is het grootschalige moeras uit scenario 1 vervangen door een grootschalig moeras met een andere vorm. Hierbij is uitgegaan van een ontwerp uit een recente verkenning [Wal et al. (2011), figuur 4.1], zie Figuur A.7 met een oppervlak van ongeveer 3000 hectare. Rekenpunten die zich binnen dit grootschalige moeras bevinden zijn in het slibmodel op een hoogte van +5 m NAP gezet en doen daardoor effectief niet mee in de berekeningen (het bepalen van slibeffecten binnen het grootschalige moeras vraagt om een gedetailleerder onderzoek waarin het ontwerp van het grootschalige moeras meegenomen wordt).

Figuur A.4 laat zien hoe dit is geïmplementeerd in het Markermeer slibmodel.

2.5 Scenario 4

Voor scenario 4 is in scenario 3 de luwtestructuur evenwijdig aan de kust van de Hoornsche Hop vervangen door een lamellen-achtige luwtestructuur bij de Hoornsche Hop, waarbij het noordelijke gebied open gehouden is.

Figuur A.5 laat zien hoe dit is geïmplementeerd in het Markermeer slibmodel.

3 Resultaten

3.1 Woord vooraf

In Appendices B, C, D, E en F zijn figuren opgenomen van de modelresultaten voor respectievelijk de referentie, scenario 1, scenario 2, scenario 3 en scenario 4.

We beschouwen de volgende variabelen:

- gemiddeld slibgehalte onder in het water voor het hele jaar, in mg/l,
- toename hoeveelheid slib op de bodem in een jaar, in kg/m²,
- gemiddelde hoeveelheid licht aan de bodem in het voorjaar, in % en
- gemiddelde hoeveelheid licht aan de bodem in de zomer, in %.

De figuren in Appendices C, D, E en F van de hoeveelheid slib op de bodem (kg/m²) laten het verschil zien ten opzichte van de referentie.

In Appendices G en H is het verschil van elk scenario met de referentie voor de hoeveelheid licht aan de bodem voor respectievelijk voorjaar en zomer afgebeeld om de onderlinge vergelijking te vergemakkelijken.

Het oppervlak en de contouren van het grootschalige moeras hebben een grootschalige invloed op het slibgedrag in het meer [Vijverberg en Boderie (2008)] en ontbreken bij de referentie. Bij een vergelijking met de scenario's moet dus, met name bij het beoordelen van het effect van lokale ingrepen, altijd rekening gehouden worden met het effect van het oppervlak en de contouren van het grootschalige moeras. De valkuil hierbij is dat effecten van lokale ingrepen buiten het directe domein van de ingreep (bijvoorbeeld de gecreëerde luwte) niet uitsluitend aan de lokale ingreep mogen worden toegeschreven, maar voor een belangrijk deel ook door het grootschalige moeras kunnen zijn veroorzaakt.

Er is niet gekeken naar effecten binnen het grootschalige moeras, hiervoor is een meer gedetailleerd onderzoek nodig waarin het ontwerp van het grootschalige moeras meegenomen wordt.

3.2 Sedimentconcentratie in de waterkolom

Om het aantal figuren beperkt te houden, wordt voor het slib alleen de gemiddelde concentratie over het hele jaar in de onderste water laag (vlakbij de bodem) getoond. De resultaten van de bovenste waterlaag (vlakbij het wateroppervlak) laat vergelijkbare resultaten zien als die van de onderste waterlaag, al zijn de concentraties vanzelfsprekend wat lager.

Alle varianten voor de eilanden bij de Hoornse Hop verminderen de lokale sedimentconcentratie. Echter, lamellen-achtige eilanden hebben een groter effect voor het achterliggende gebied omdat deze het gebied beter afschermen (figuur F.1 van scenario 4) dan eilanden evenwijdig aan de kust (figuur D.1, scenario 2).

De vooroevers bij de Lepelaarsplassen hebben maar een zeer lokaal positief effect op de sedimentconcentratie, dit komt omdat (bijvoorbeeld ten opzichte van de varianten voor buitendijkse ontwikkeling van Almere bestudeerd in [Genseberger et al. (2009)]) met de uitbreiding relatief weinig het open water ingestoken wordt (de stroming en windgolven gaan

om de uitbreiding heen). Er is niet gekeken naar effecten binnen de vooroevers, hiervoor is een meer gedetailleerd onderzoek nodig waarin het ontwerp van de vooroevers meegenomen wordt.

Het effect van de halterput en de verbreding van de vaargeul op de sedimentconcentratie in de waterkolom is globaal. Dit vertaalt zich niet alleen naar een lagere sedimentconcentratie bij de Hoornse Hop, maar ook in andere gedeelten bij de kust (oa. bij Waterland, Oostvaardersplassen, Houtribdijk), het IJmeer en binnengebied van het Markermeer is het effect te zien (vergelijk figuur B.1 van de referentie met figuren C.1 en D.1 van scenario's 1 en 2). Onderling vergeleken is de verbreding van de vaargeul effectiever dan de halterput, dit is te verklaren door het grotere oppervlak dat de verbreding bestrijkt (vergelijk figuur C.1 van scenario 1 met figuur D.1 van scenario 2).

3.3 Toename sedimenthoeveelheid op de bodem

Bij beide varianten voor de luwtestructuren bij de Hoornse Hop is aan de kant van de eilanden het dichtst bij de vaste wal sprake van een toename van de hoeveelheid sediment (figuren D.2 en F.2). Het effect daarvan op de ontwikkeling van waterplanten is onbekend¹. We vragen ons voor de sedimentatie achter de luwtestructuren wel af hoe deze zich verder ontwikkelt in de tijd. Als er toch nog sprake is van enige resuspensie, kan zich een nieuw evenwicht ontwikkelen waarbij de bodem slechts beperkt omhoog komt, maar het substraat wel aanmerkelijk slibrijker wordt. Als er totaal geen resuspensie meer kan optreden en er ook nauwelijks stroming staat, zal de aanslibbing doorgaan totdat er nauwelijks meer waterdiepte over is. We adviseren een aanvullend scenario te draaien over een langere simulatieperiode van orde 40 jaar om te zien hoe dit uitpakt op het evenwichtspercentage slib in de bodem.

Aan de noordkant van de vooroevers bij de Lepelaarsplassen treedt in de scenario's sedimentatie op (de rode kleur in figuren C.2, D.2, E.2 en F.2). Dit is ook geconstateerd bij de varianten voor buitendijkse ontwikkeling van Almere [Genseberger et al. (2009)]. Hoewel het effect lokaal is, moet bij aanpassen van het ontwerp de afstand tot de bestaande vaargeul in de gaten gehouden worden. Ook aan de luwre zijde van het grootschalige moeras treedt enige sedimentatie op.

Ten opzichte van de halterput (figuur C.2 van scenario 2) treedt in de verbreding van de vaargeul (figuur D.2 van scenario 3) over een groter oppervlak sedimentatie op. In het slibmodel wordt deze verbreding een bezinkput, in werkelijkheid verwachten we dat dit ook zo zal zijn mits de verbreding voldoende diep is. Om beter te kunnen beoordelen of dit niet kritisch is kan een aanvullend scenario gedraaid worden over een langere simulatieperiode van orde 40 jaar.

Bij de aanvoer/afvoer vanaf het westen (voorbij de vooroevers bij de Lepelaarsplassen) naar de verbreding vindt ook sedimentatie plaats, evenals bij de aanvoer/afvoer in het noordoosten (onder het grootschalige moeras). Hoe dit effect gestuurd kan worden (bijvoorbeeld door het geleidelijk toe laten lopen van de verbreding, zowel horizontaal als verticaal) vraagt om meer gedetailleerd vervolgonderzoek.

1. Naar dit onderwerp wordt de komende jaren specifiek (promotie)onderzoek gedaan. Kieming van zaden en ontwikkeling van jonge waterplanten wordt in principe negatief beïnvloed door grote hoeveelheden slib (ondersneeuw effect).

De blauwe plekken in Figuren C.2, D.2, E.2 en F.2 laten minder sedimentatie zien voor de scenario's (ten opzichte van referentie). Dit is het gevolg van de lagere slibconcentraties in de waterkolom. Het grillige ruimtelijke patroon wordt veroorzaakt door het nemen van een verschil met de referentie in combinatie met de variabele bodemruwheid in het model (afgeleid uit schelpenkaarten), zie voor uitleg [Van Kessel et al. (2009)].

3.4 Lichtklimaat

In Appendix G en H zijn de resultaten van de scenario's als verschil met de referentie voor het voorjaar (figuur G.1) en voor de zomer (figuur H.1) op een pagina apart afgebeeld, dit vergemakkelijkt de vergelijking. Daarvoor is ook de (absolute) situatie voor de referentie nogmaals op de pagina's ernaast (respectievelijk figuur G.2 en figuur H.2) afgebeeld. Het voorjaar en de zomer zijn van belang om te zien waar een kansrijk vestigingsklimaat aanwezig is voor waterplanten, met name in ondiepe gedeelten bij de kust.

Beide varianten voor de luwtestructuren bij de Hoornse Hop verbeteren het lokale lichtklimaat (zowel in voorjaar als zomer, vergelijk figuren D.3 en F.4). De lamellen-achtige luwtestructuren hebben een groter effect voor het achterliggende gebied omdat deze het gebied beter afschermen (zie scenario's 2 en 4 in figuren G.1 en H.1). We denken dat effectiviteit nog verder verhoogd kan worden middels een meer gedetailleerde optimalisatieslag, waarbij het ontwerp van de luwtestructuur geoptimaliseerd wordt voor ligging, helderheid en verwachte effect op potentieel areaal (ontwikkeling van waterplanten).

De vooroevers bij de Lepelaarsplassen zorgen voor een lokaal luwte-effect dat zich doorvertaalt naar een verbetering van het lokale lichtklimaat aan de weerszijden van de uitbreiding, uitwaaiierend richting de oevers van de Flevopolder. Deze conclusie is mede gebaseerd op modelresultaten en ervaring uit [Genseberger et al. (2009)].

Het globale effect van de halterput (figuren C.3 en C.4 voor scenario 1) en met name de verbreding (figuren D.3 en D.4 voor scenario 2) vertaalt zich in een beter lichtklimaat in het middengebied van het Markermeer, bij de kust van Waterland, IJmeer en in het gebied dat grenst aan de bovenste helft van de Houtribdijk. Voor het laatstgenoemde gebied hebben scenario 2 en 3 een duidelijk sterker effect dan scenario 1, scenario 4 is hier wat minder sterk als gevolg van luwtestructuren die niet helemaal doorlopen tot het noorden van de Hoornsche Hop (zie figuren G.1 en H.1). Het positieve effect op het lichtklimaat in het middengebied van het Markermeer is niet zo groot als op grond van de afname van zwevend stof verwacht zou worden. Dat komt omdat het middengebied van het meer relatief diep is. In diepere delen is de bijdrage van de lichtuitdoving door andere stoffen² dan slib relatief groot. De winst voor waterplanten is daarom daar gering.

2. De bijdrage van water en humus is in model verdisconteerd in de achtergrondextinctie ($0.7m^{-1}$).

4 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is verslag gedaan van een quickscan met een slibmodel van het Markermeer-IJmeer naar de effecten op slib van een mogelijke verbreding van de vaargeul van Amsterdam naar Lelystad. Tevens is gekeken naar een andere vormgeving van de TMIJ/TBES luwtestructuren bij de Hoornsche Hop.

De verbreding van de vaargeul vermindert globaal de hoeveelheid sediment in de waterkolom waardoor het doorzicht toeneemt.

Luwtestructuren bij de Hoornsche Hop hebben een lokaal groot effect op doorzicht in het achterliggende gebied. Deze effectiviteit kan verder verhoogd worden door een gedetailleerde optimalisatieslag.

Doorvertaling van sediment in waterkolom, sedimentatie, doorzicht en lokale diepte naar ecologische effecten vraagt om een aanvullende studie, wat wij erg aanbevelen.

De verbreding van de vaargeul is als verdieping in het slibmodel ingebracht. Voor gedetailleerde vragen over het effect, bijvoorbeeld ten behoeve van het uitwerken van een ontwerp van de verbreding, dient het slibmodel verder ontwikkeld te worden.

Daarnaast is niet gekeken naar de effecten binnen de vooroevers bij de Lepelaarsplassen en binnen het grootschalige moeras, dit vraagt om een meer gedetailleerd vervolgonderzoek waarin de ontwerpen van vooroevers en grootschalig moeras meegenomen worden.

5 Referenties

Genseberger, M. en P.M.A. Boderie (2009). Scenario's hydrodynamica en slibtransport Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer. Deltares rapport 1200097-007-VEB-0005, Delft, Nederland.

Genseberger, M., M. van der Wal, D. F. Burger, and T. van Kessel (2009). Model quickscan to test Almere City extension options. Deltares report 1200424, Delft, The Netherlands.

Haasnoot, M. et al. (2009). Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem in het Markermeer en IJmeer. Kwantificering van het effect van de voorgestelde maatregelen met HABITAT. Deltares rapport 1200097-007, Nederland.

Kessel, T. van, G.J. de Boer, and P.M.A. Boderie (2009). Calibration suspended sediment model Markermeer. Deltares report Q4612, Delft, The Netherlands.

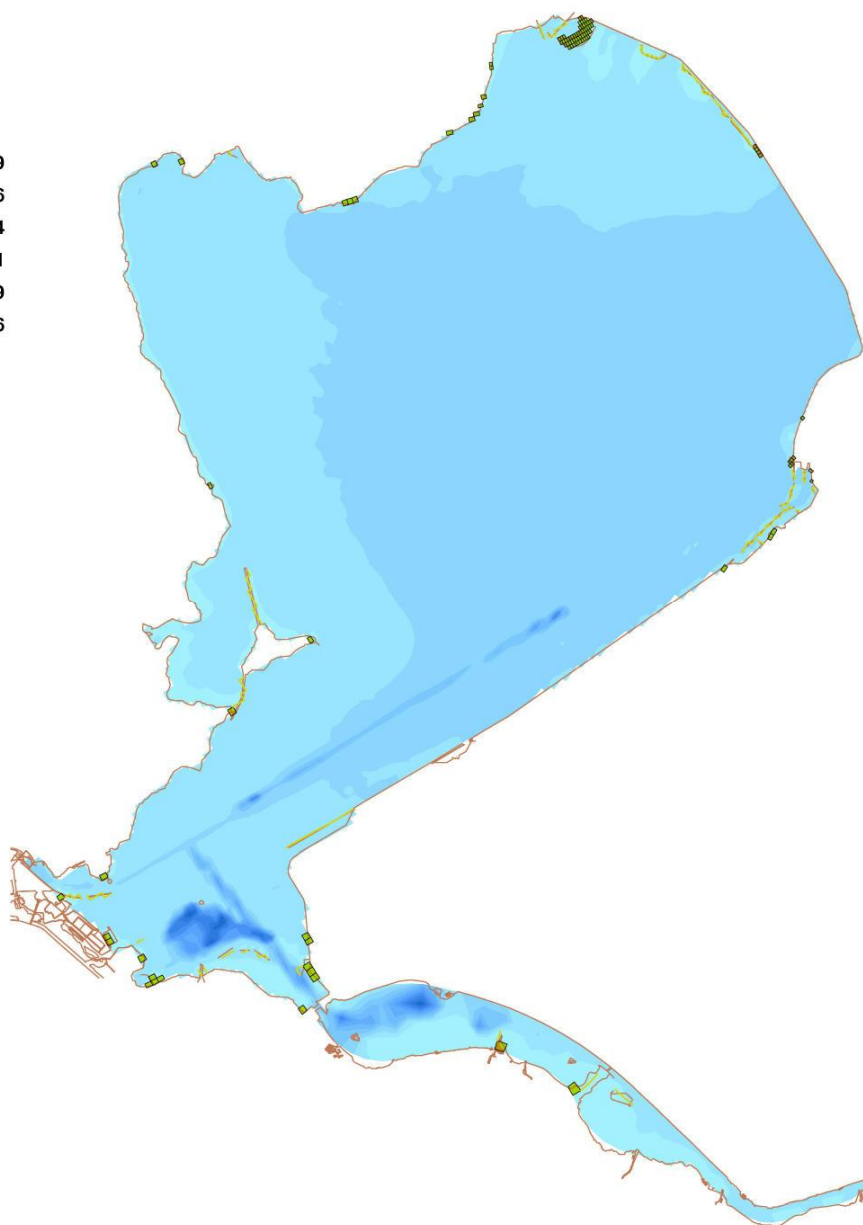
Vijverberg T. en P.M.A. Boderie (2008). Analyse scenarioberekeningen Markermeer. Deltares rapport Q4613, Delft, Nederland.

Wal, M. van der, B. G. H. M. Wichman en M. B. de Vries (2011). Verkenning Markermeermoeras en Houtribdijk. Verkenning. Deltares rapport 1205484-000, Nederland.

A Modelopzet

referentie
diepte [m t.o.v. NAP]

- < 0.3
- < 2.1
- < 3.8
- < 5.6
- < 7.3
- < 9.1
- < 10.9
- < 12.6
- < 14.4
- < 16.1
- < 17.9
- < 19.6



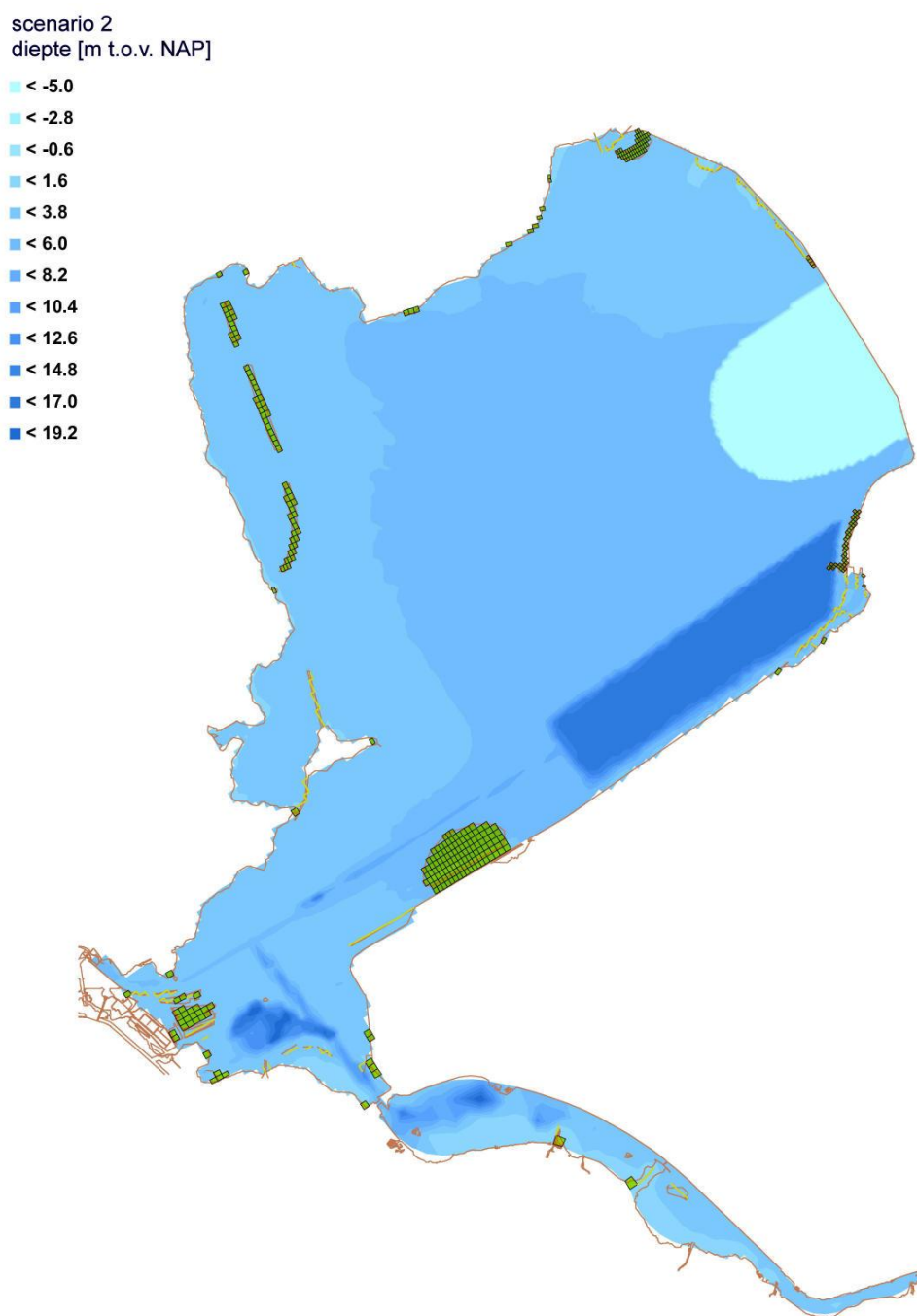
Figuur A.1. Implementatie van referentie in slibmodel, landgrenzen zijn aangegeven met een bruine lijn, gebruikte diepte ten opzichte van NAP is aangegeven in blauwtinten, voor obstakels (zoals eilanden, strekdammen) kleiner dan een rekencel worden dunne dammen (gele lijnstukken) gebruikt en voor obstakels ter grootte van een rekencel wordt de betreffende rekencel droog gezet (groen met zwart omliggende cellen).

scenario 1
diepte [m t.o.v. NAP]

- < -5.0
- < -2.8
- < -0.6
- < 1.6
- < 3.8
- < 6.0
- < 8.2
- < 10.4
- < 12.6
- < 14.8
- < 17.0
- < 19.2



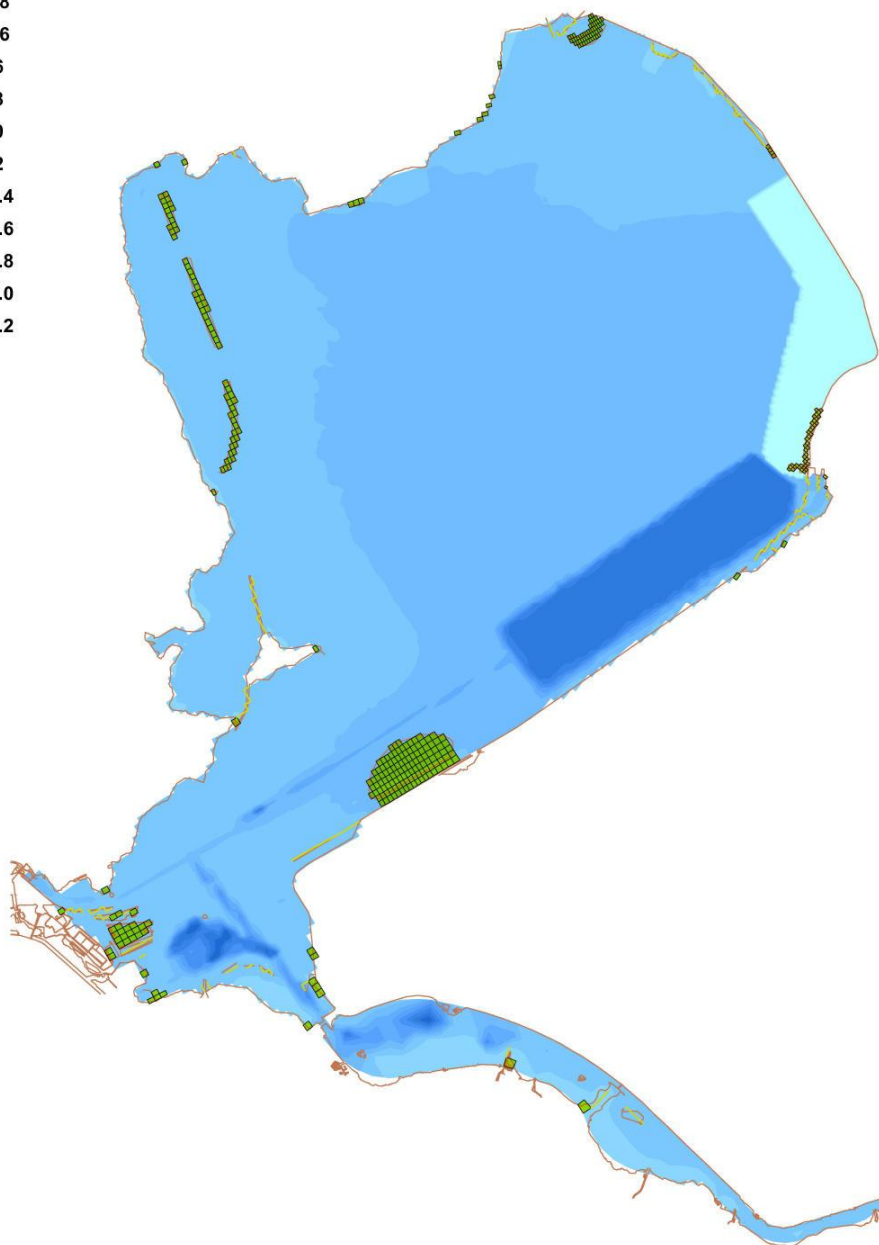
Figuur A.2. Implementatie van scenario 1 in slibmodel, landgrenzen zijn aangegeven met een bruine lijn, gebruikte diepte ten opzichte van NAP is aangegeven in blauwtinten, voor obstakels (zoals eilanden, strekdammen) kleiner dan een rekencel worden dunne dammen (gele lijnstukken) gebruikt en voor obstakels ter grootte van een rekencel wordt de betreffende rekencel droog gezet (groen met zwart omliggende cellen).



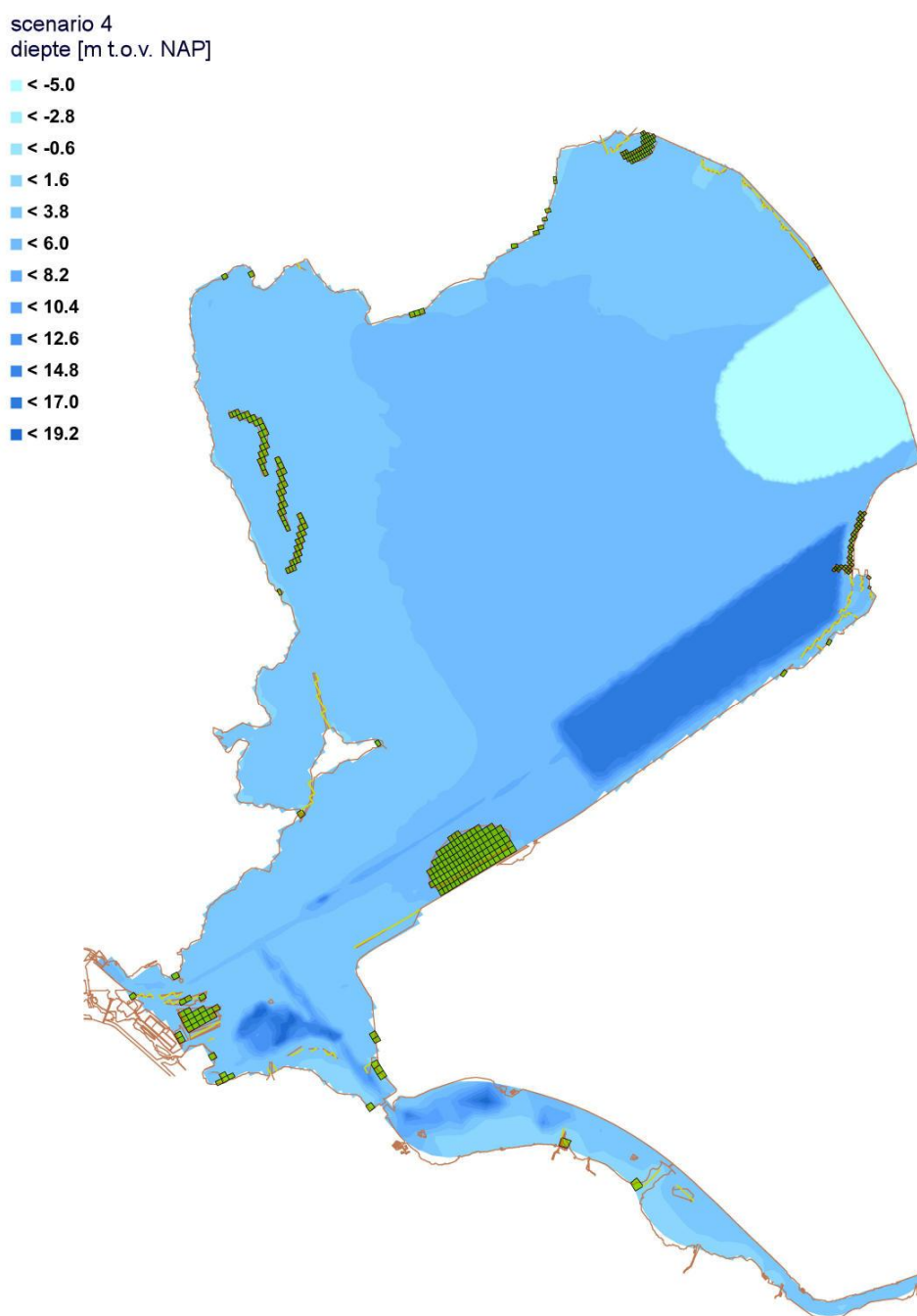
Figuur A.3. Implementatie van scenario 2 in slibmodel, landgrenzen zijn aangegeven met een bruine lijn, gebruikte diepte ten opzichte van NAP is aangegeven in blauwtinten, voor obstakels (zoals eilanden, strekdammen) kleiner dan een rekencel worden dunne dammen (gele lijnstukken) gebruikt en voor obstakels ter grootte van een rekencel wordt de betreffende rekencel droog gezet (groen met zwart omliggende cellen).

scenario 3
diepte [m t.o.v. NAP]

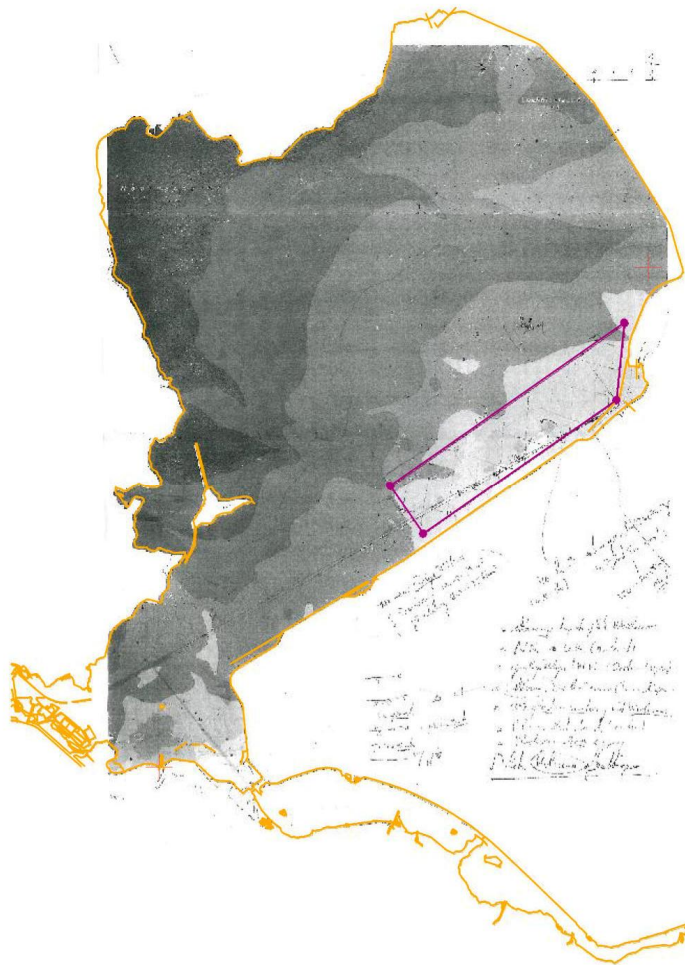
- < -5.0
- < -2.8
- < -0.6
- < 1.6
- < 3.8
- < 6.0
- < 8.2
- < 10.4
- < 12.6
- < 14.8
- < 17.0
- < 19.2



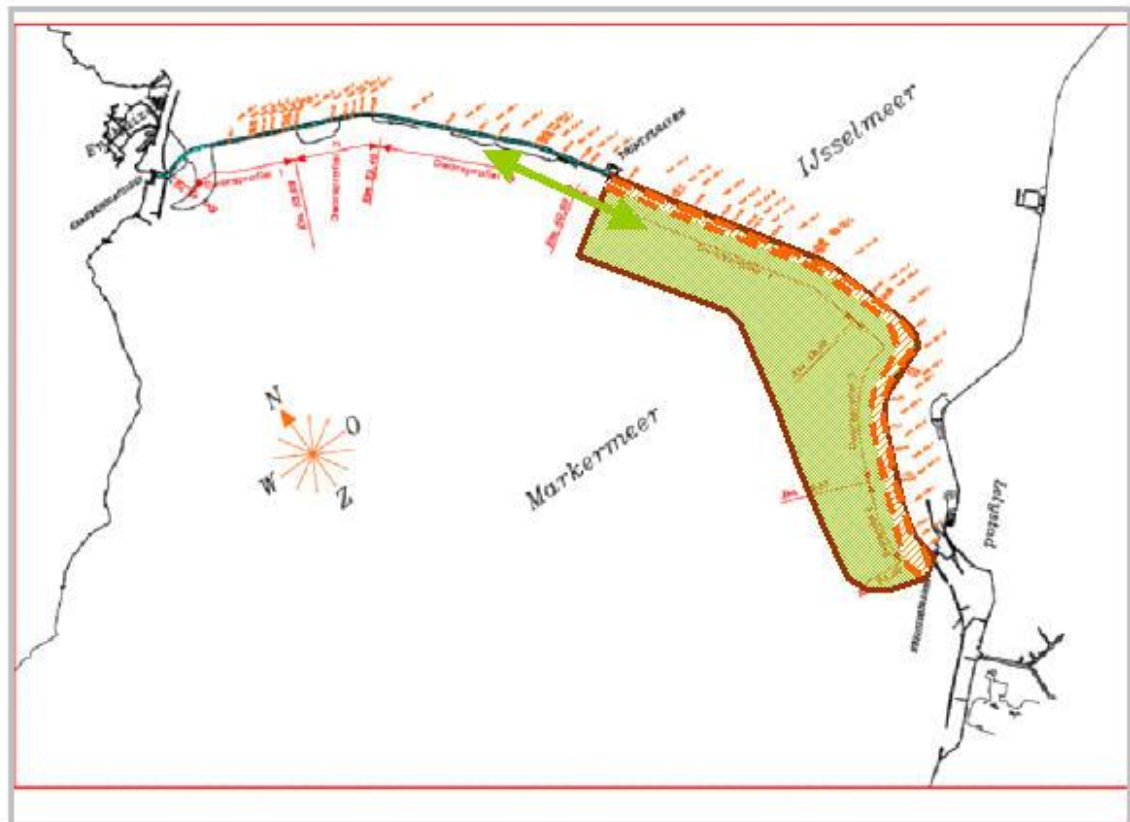
Figuur A.4. Implementatie van scenario 3 in slibmodel, landgrenzen zijn aangegeven met een bruine lijn, gebruikte kleiner dan een rekencel worden dunne dammen (gele lijnstukken) gebruikt en voor obstakels ter grootte van een rekencel wordt de betreffende rekencel droog gezet (groen met zwart omliggende cellen).



Figuur A.5. Implementatie van scenario 4 in slibmodel, landgrenzen zijn aangegeven met een bruine lijn, gebruikte diepte ten opzichte van NAP is aangegeven in blauwtinten, voor obstakels (zoals eilanden, strekdammen) kleiner dan een rekencel worden dunne dammen (gele lijnstukken) gebruikt en voor obstakels ter grootte van een rekencel wordt de betreffende rekencel droog gezet (groen met zwart omliggende cellen).

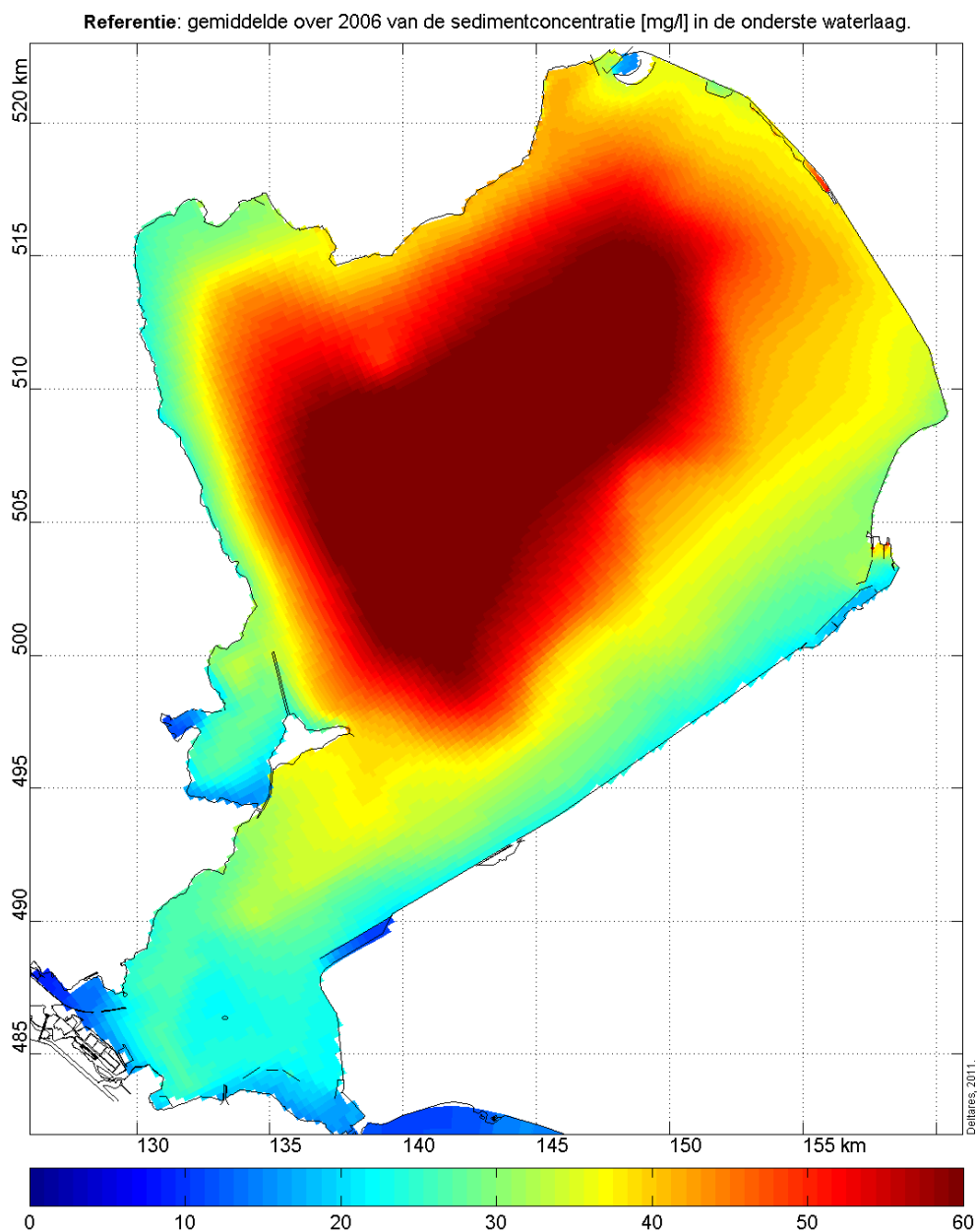


Figuur A.6. Contouren (paars) van de verbreding van het oostelijke deel van de vaargeul van Amsterdam naar Lelystad op een ingescande schets op een kaart van de ondergrond. De landgrenzen van het slibmodel zijn aangegeven met een gele lijn.

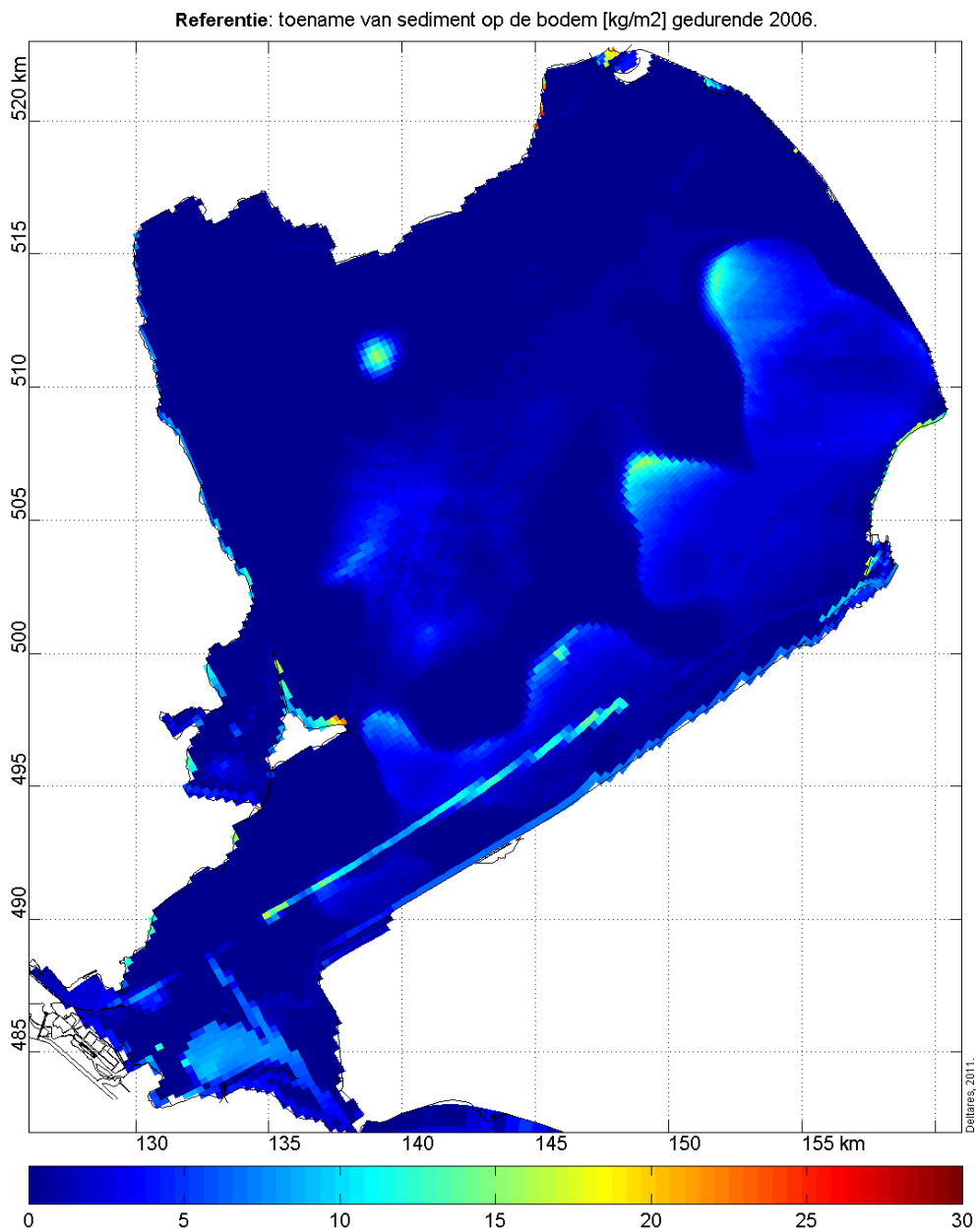


Figuur A.7. Een eerste ontwerp van het Markermeermoeras (groen = voorgestelde vorm van het grootschalige moeras, oranje = voorgestelde versterking van de Houtribdijk met een voorland, groene pijlen = verbinding met bestaande natuurontwikkeling langs de Houtribdijk).

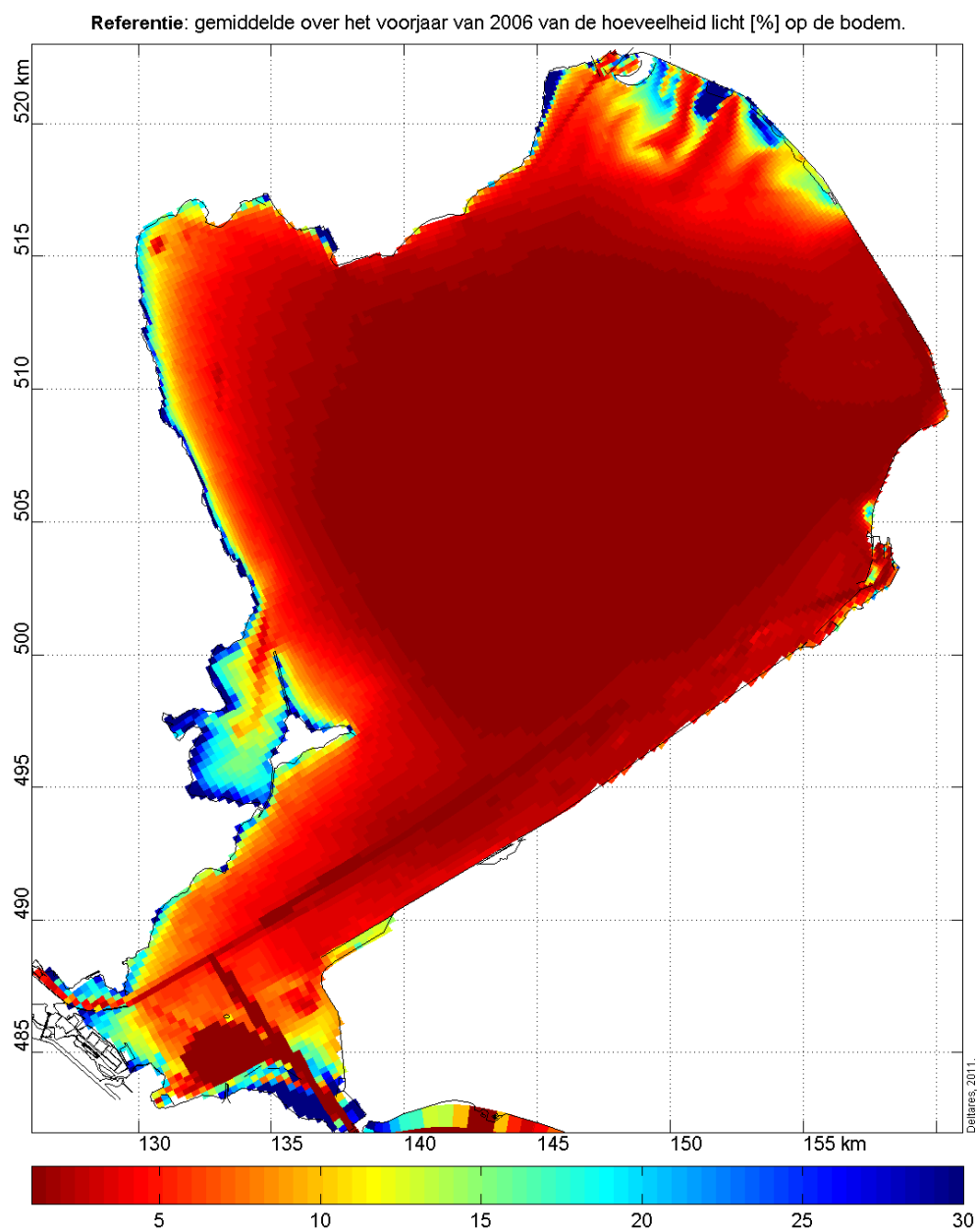
B Modelresultaten: referentie



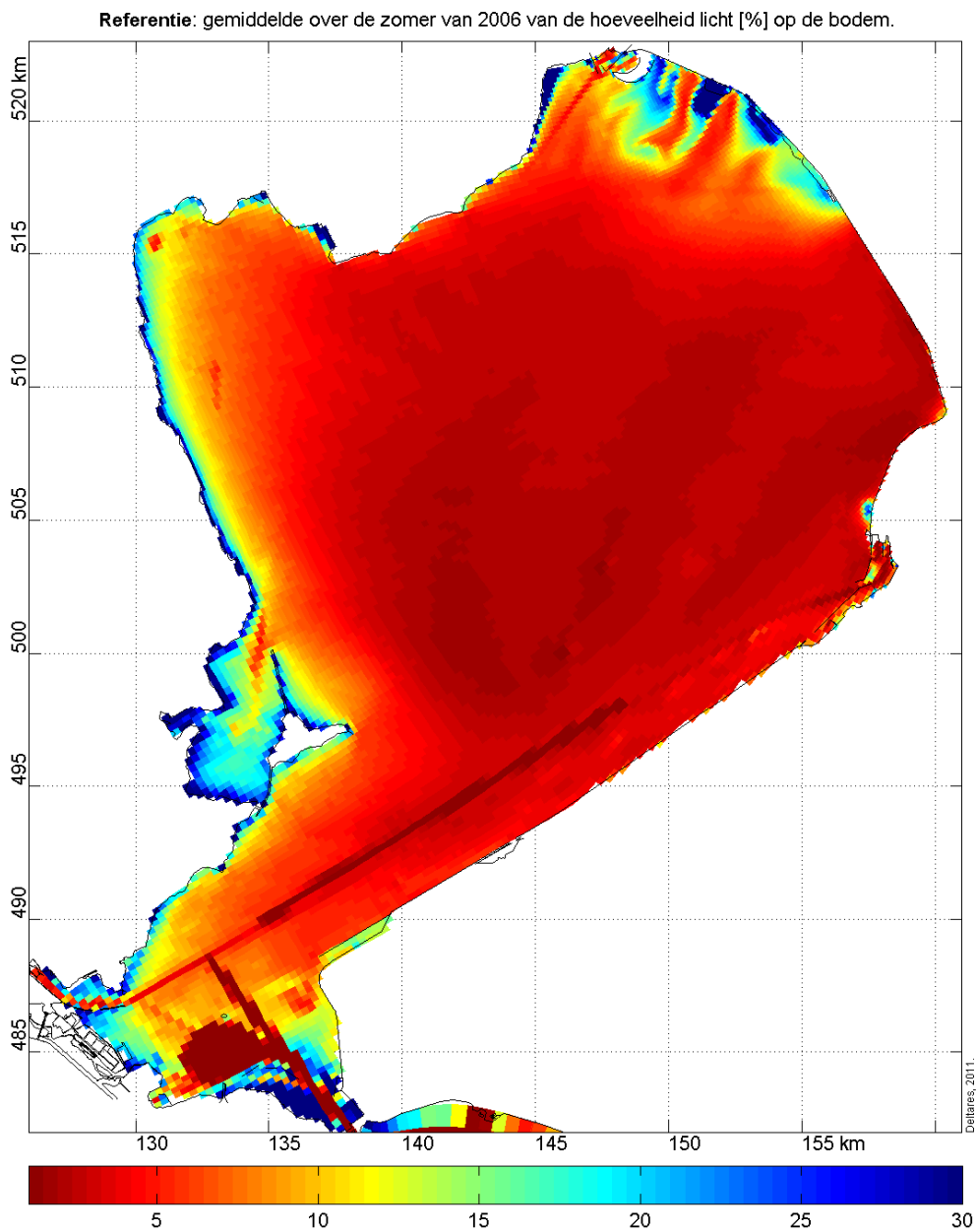
Figuur B.1 Referentie: gemiddelde over 2006 van de sedimentconcentratie [mg/l] in de onderste waterlaag.



Figuur B.2 Referentie: toename van sediment op de bodem [kg/m²] gedurende 2006.

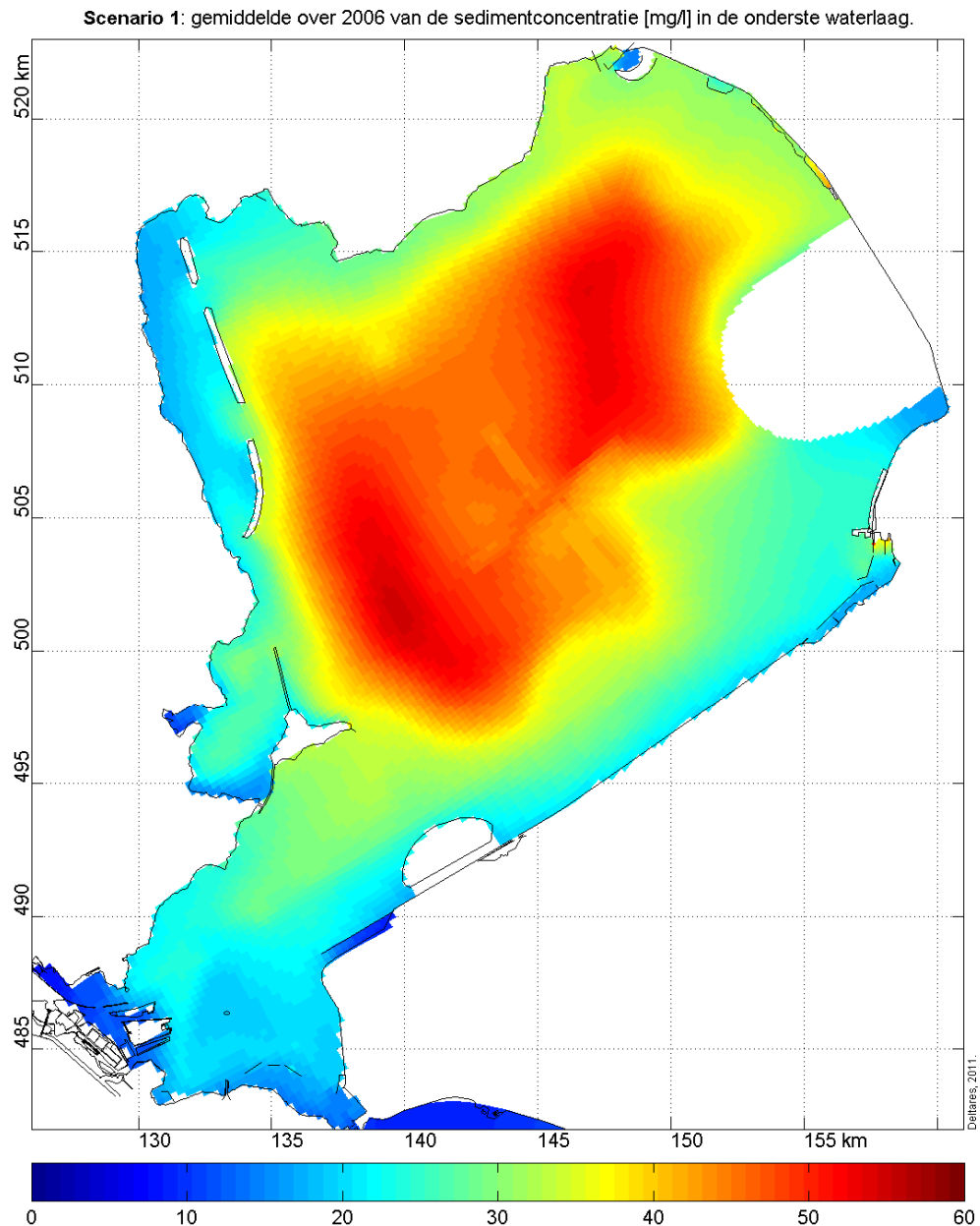


Figuur B.3 Referentie: gemiddelde over het voorjaar van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

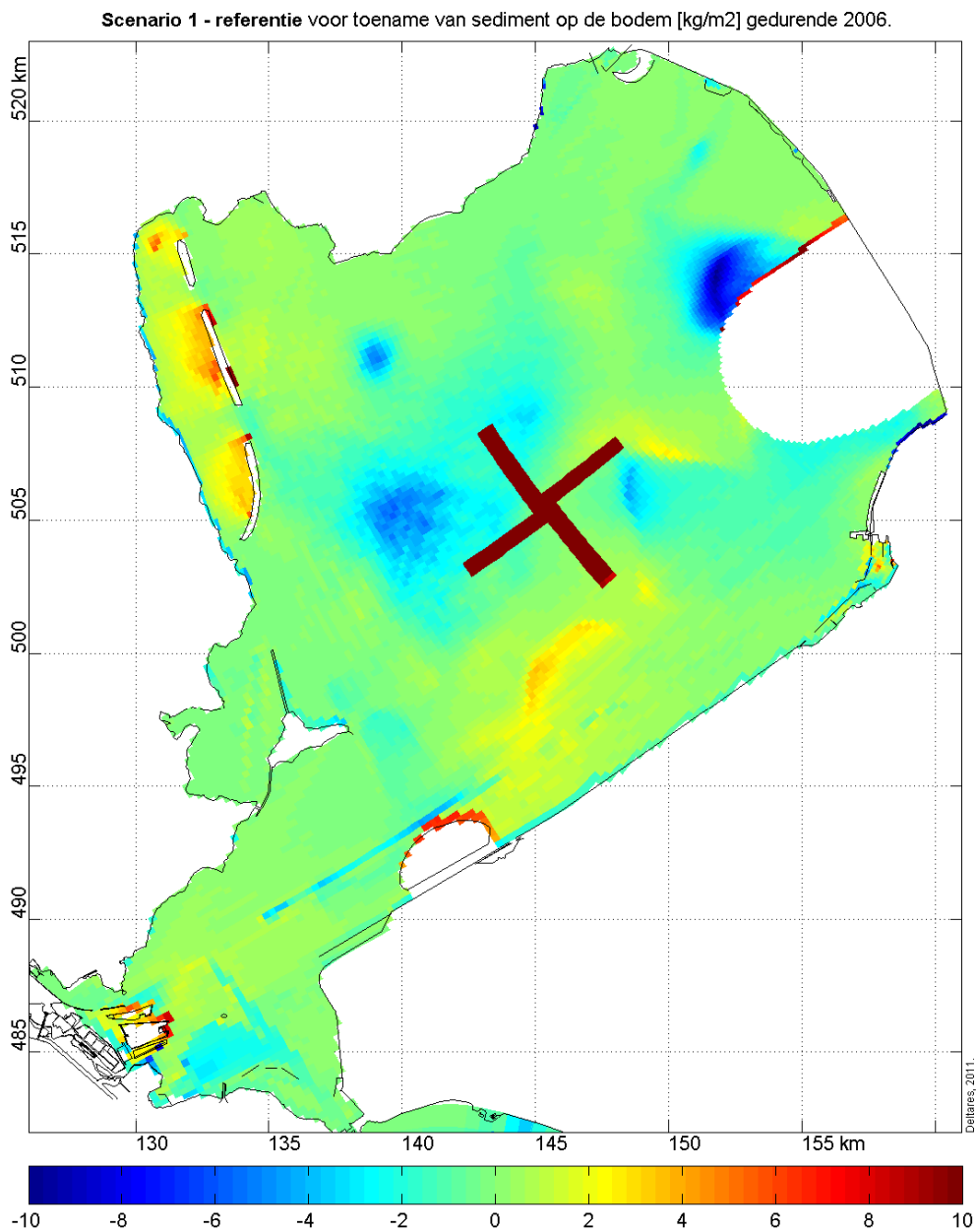


Figuur B.4 Referentie: gemiddelde over de zomer van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

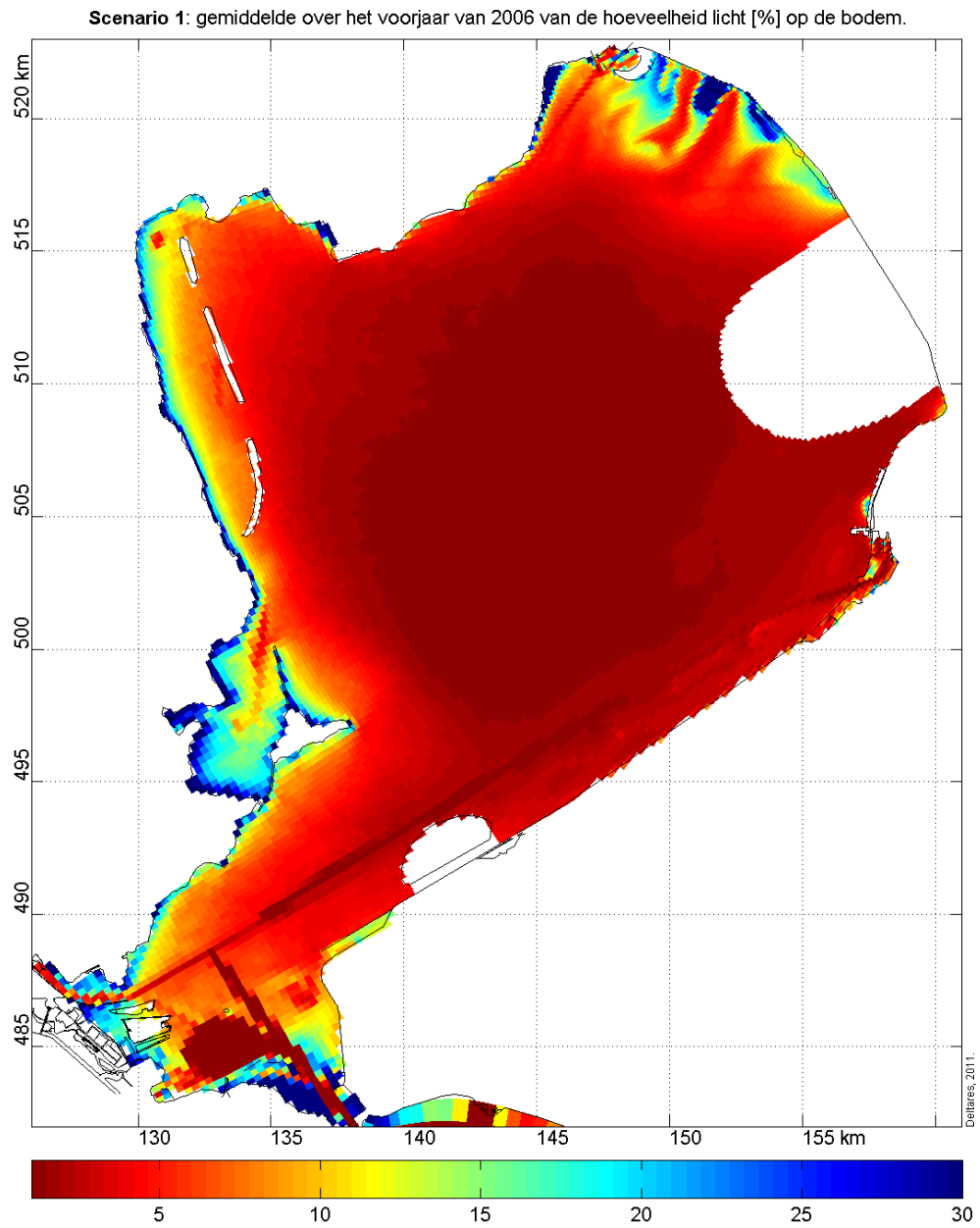
C Modelresultaten: scenario 1



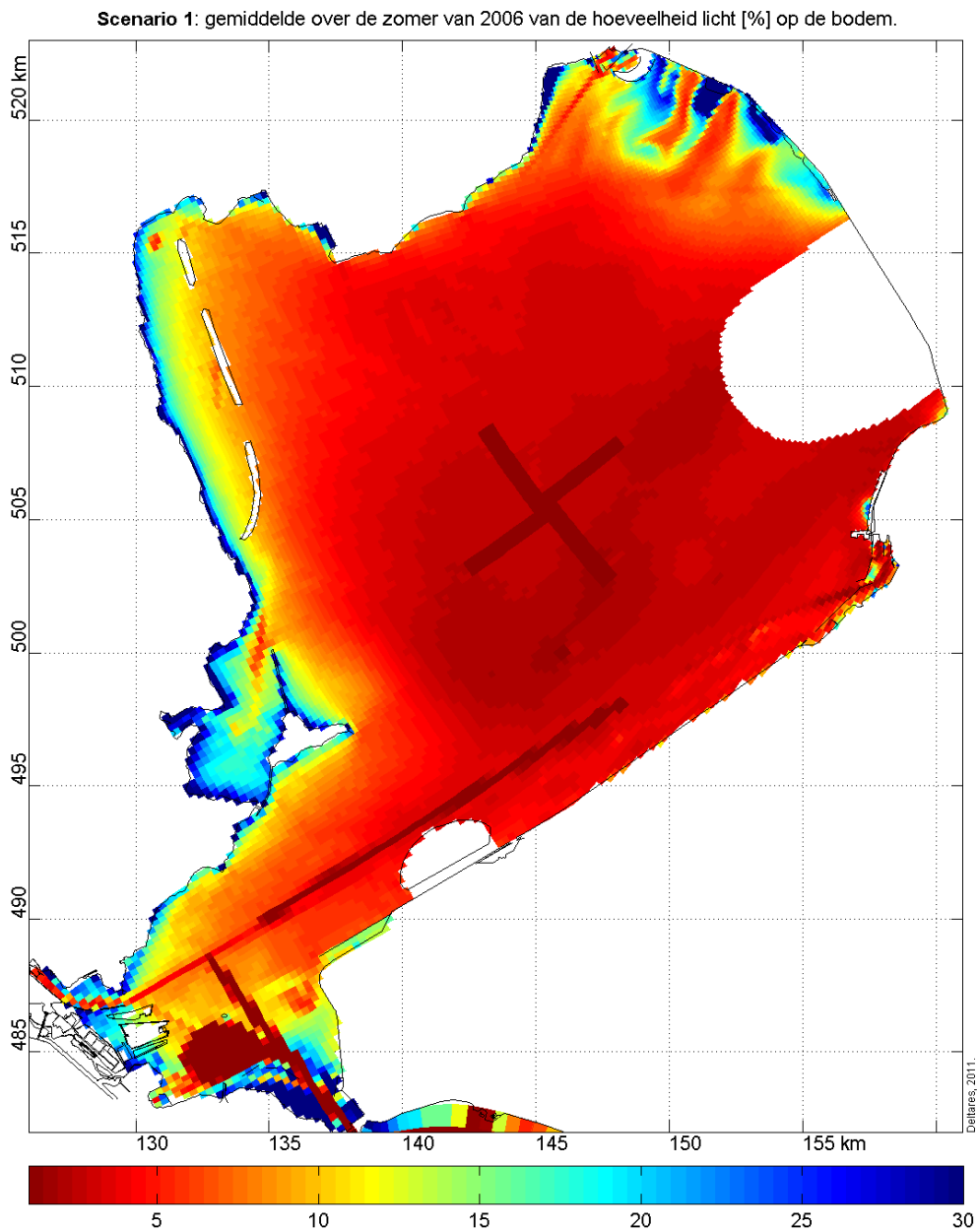
Figuur C.1 Scenario 1: gemiddelde over 2006 van de sedimentconcentratie [mg/l] in de onderste waterlaag.



Figuur C.2 Verschil tussen scenario 1 en referentie voor toename van sediment op de bodem [kg/m²] gedurende 2006.

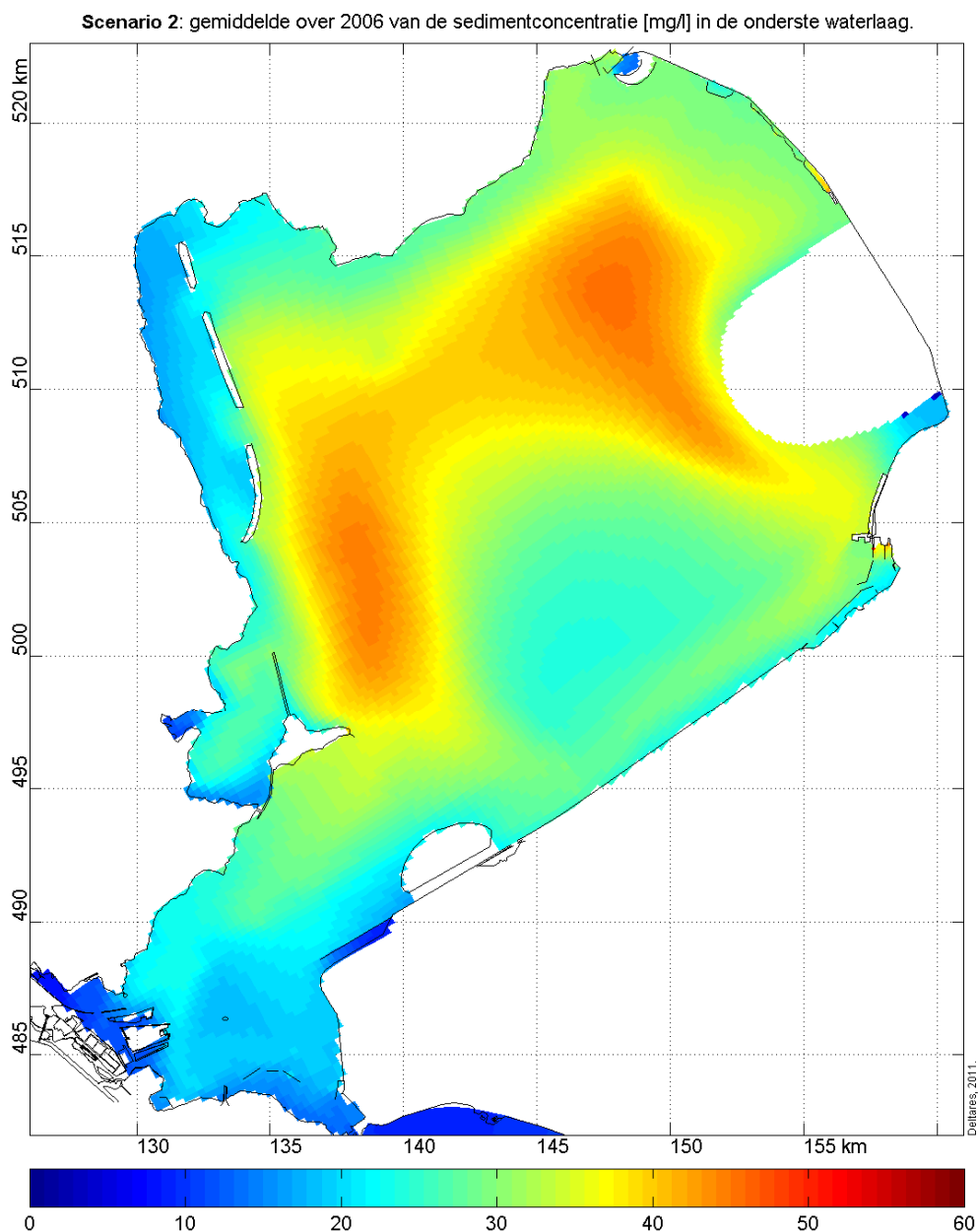


Figuur C.3 Scenario 1: gemiddelde over het voorjaar van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

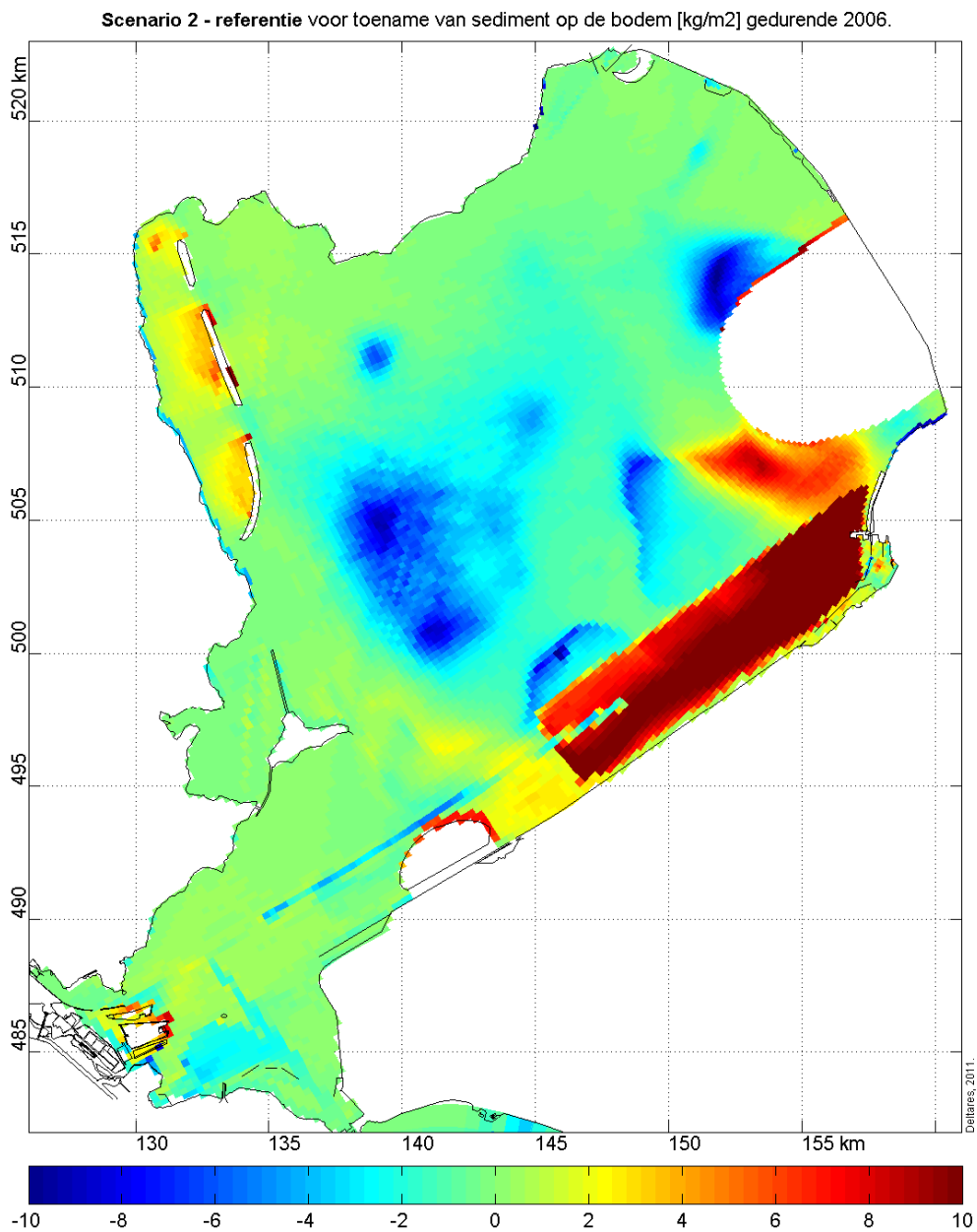


Figuur C.4 Scenario 1: gemiddelde over de zomer van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

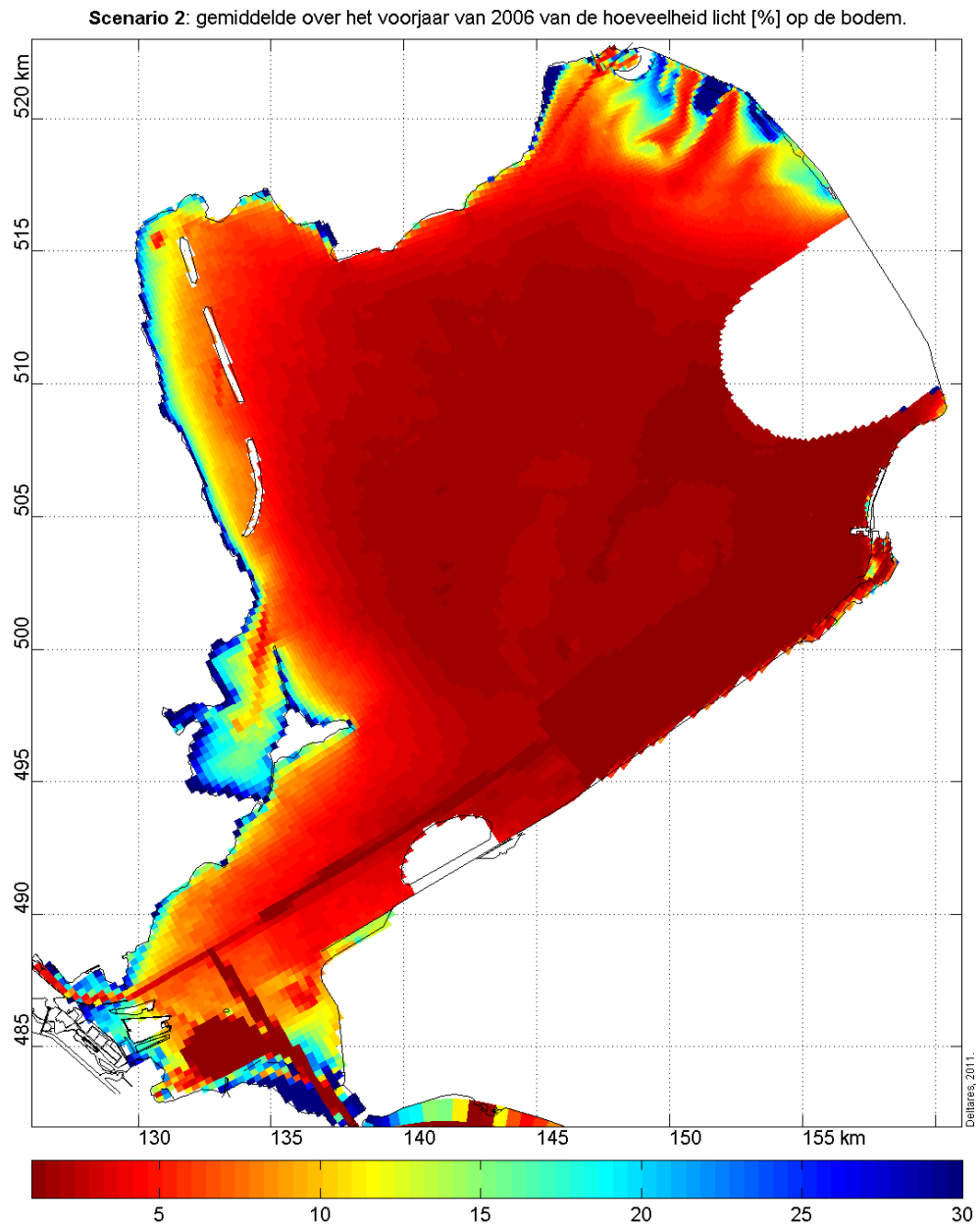
D Modelresultaten: scenario 2



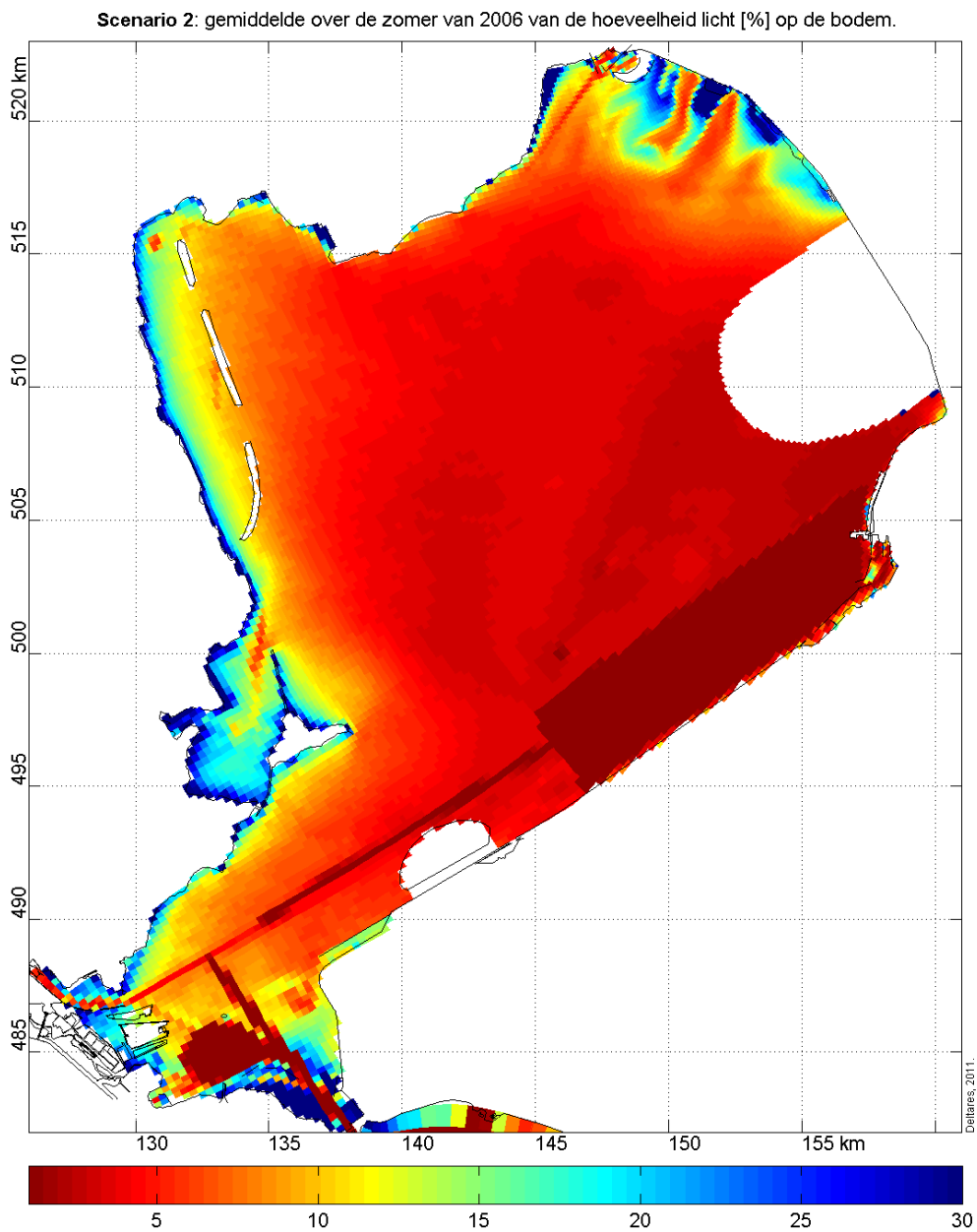
Figuur D.1 Scenario 2: gemiddelde over 2006 van de sedimentconcentratie [mg/l] in de onderste waterlaag.



Figuur D.2 Verschil tussen scenario 2 en referentie voor toename van sediment op de bodem [kg/m²] gedurende 2006.

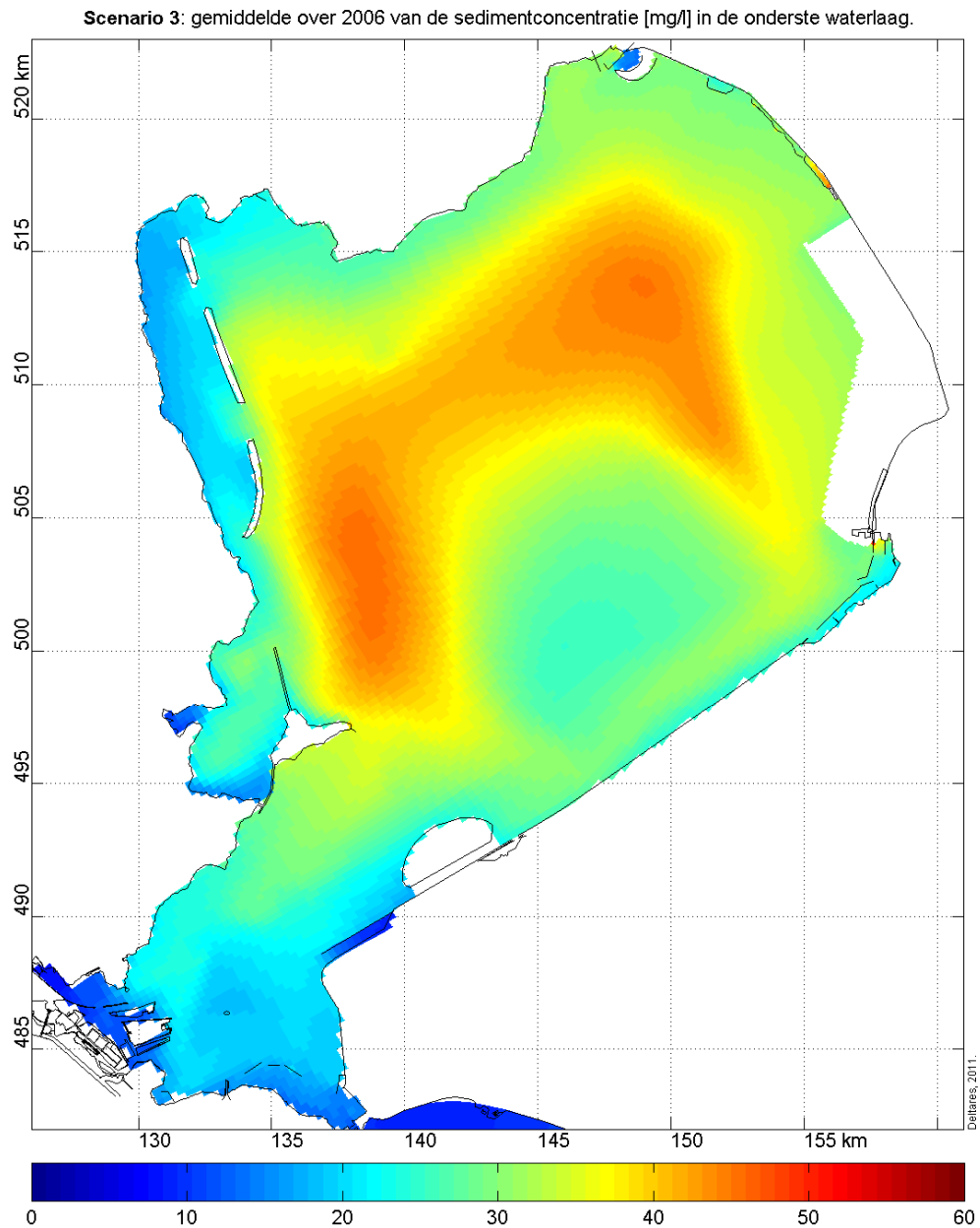


Figuur D.3 Scenario 2: gemiddelde over het voorjaar van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

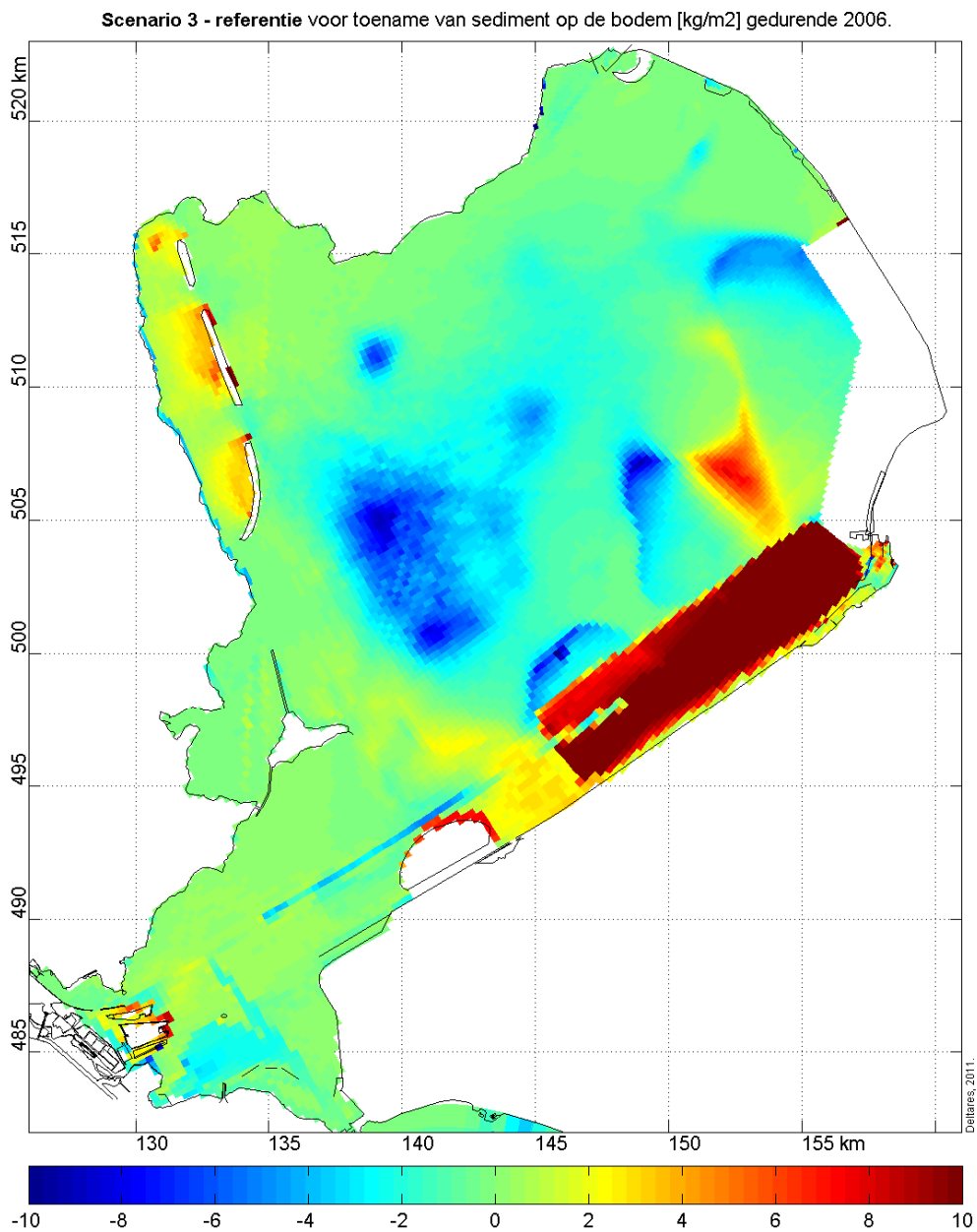


Figuur D.4 Scenario 2: gemiddelde over de zomer van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

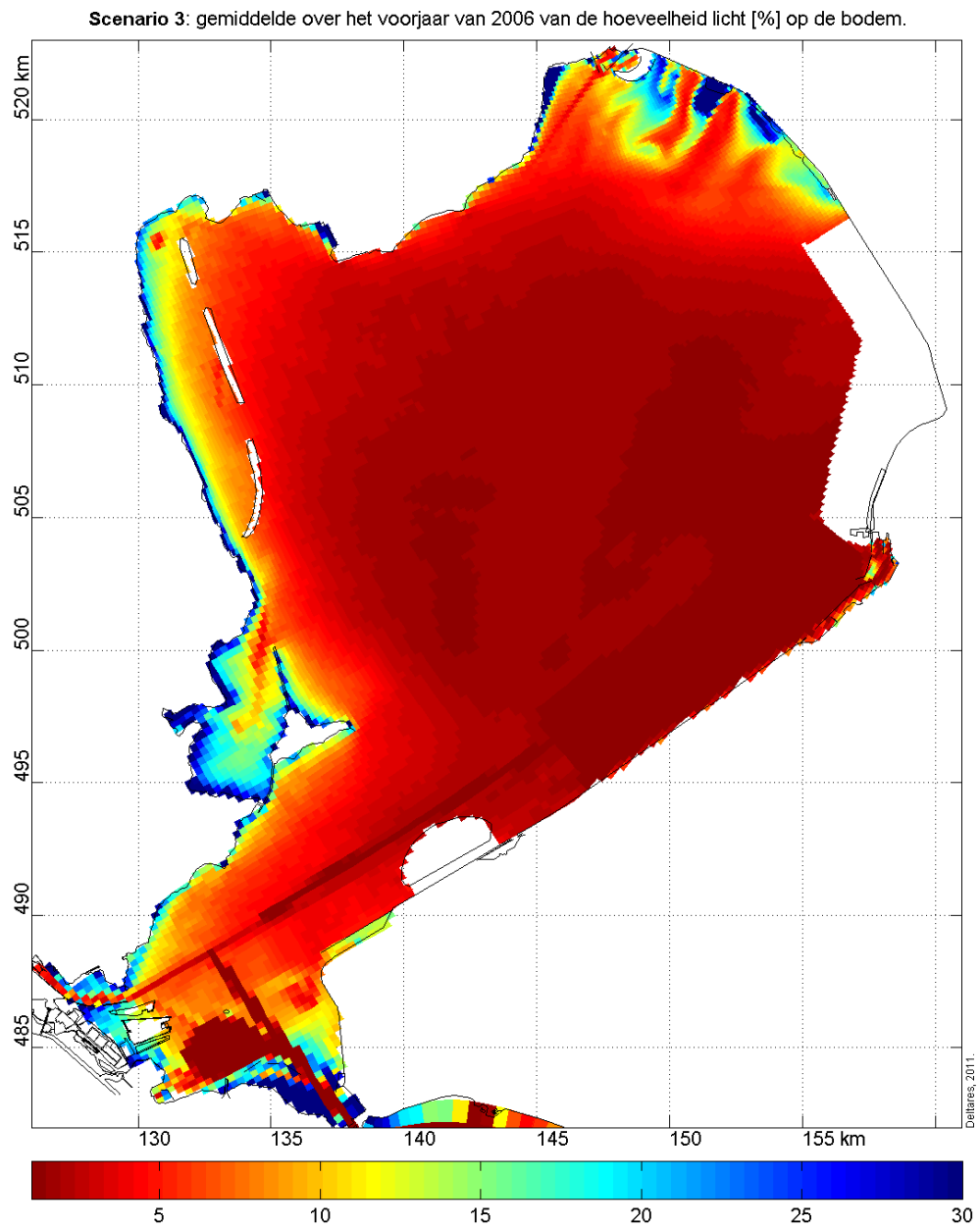
E Modelresultaten: scenario 3



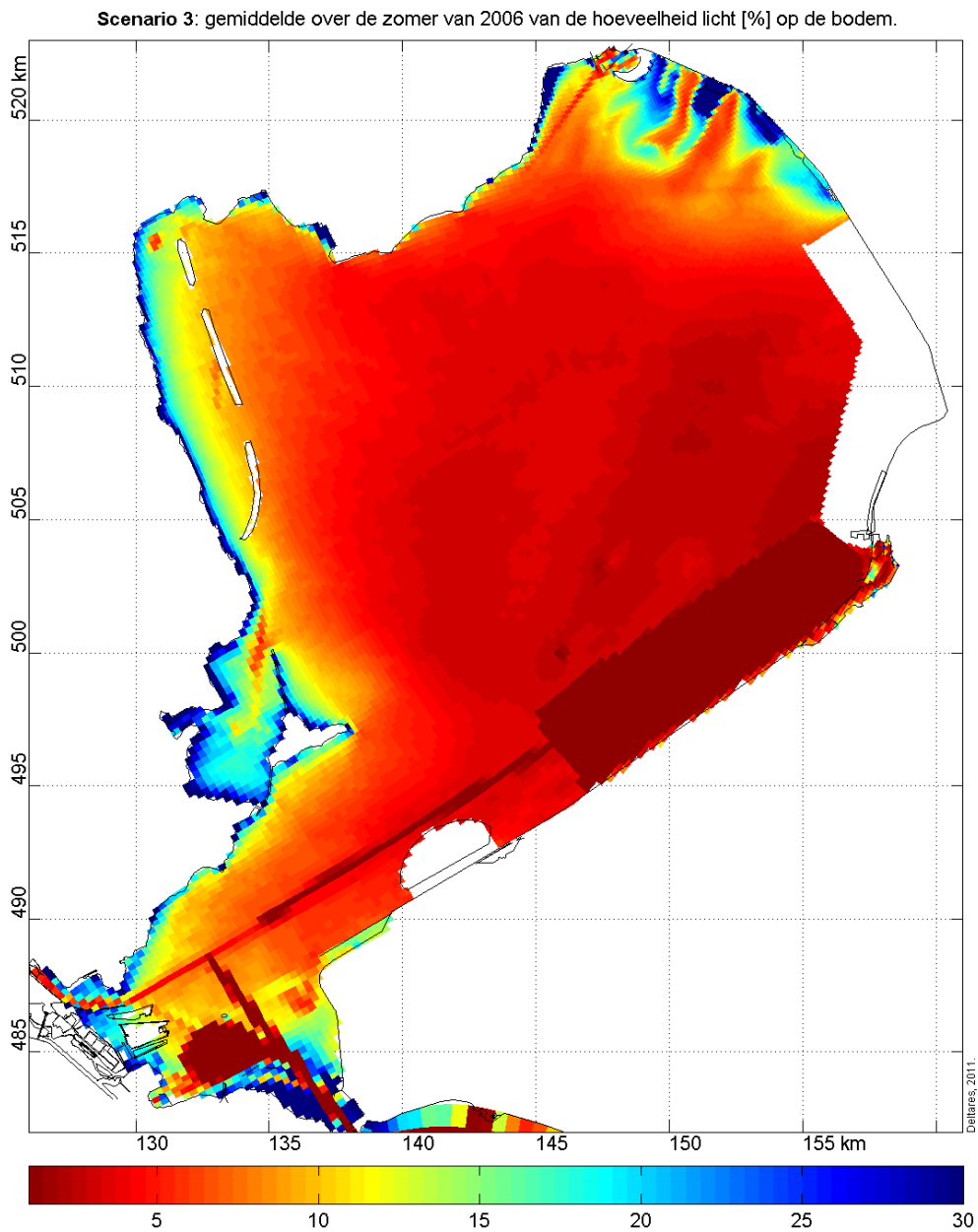
Figuur E.1 Scenario 3: gemiddelde over 2006 van de sedimentconcentratie [mg/l] in de onderste waterlaag.



Figuur E.2 Verschil tussen scenario 3 en referentie voor toename van sediment op de bodem [kg/m²] gedurende 2006.

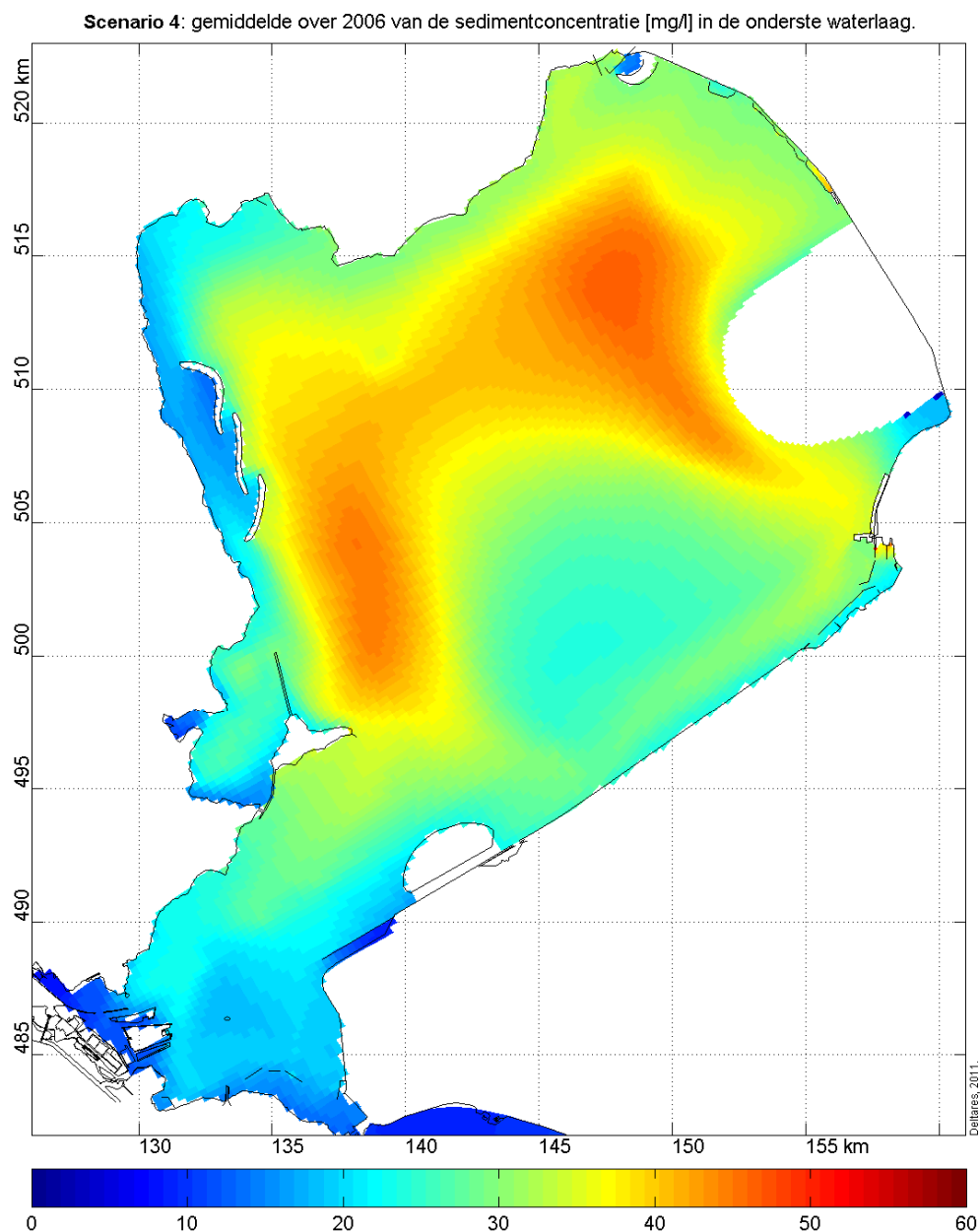


Figuur E.3 Scenario 3: gemiddelde over het voorjaar van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

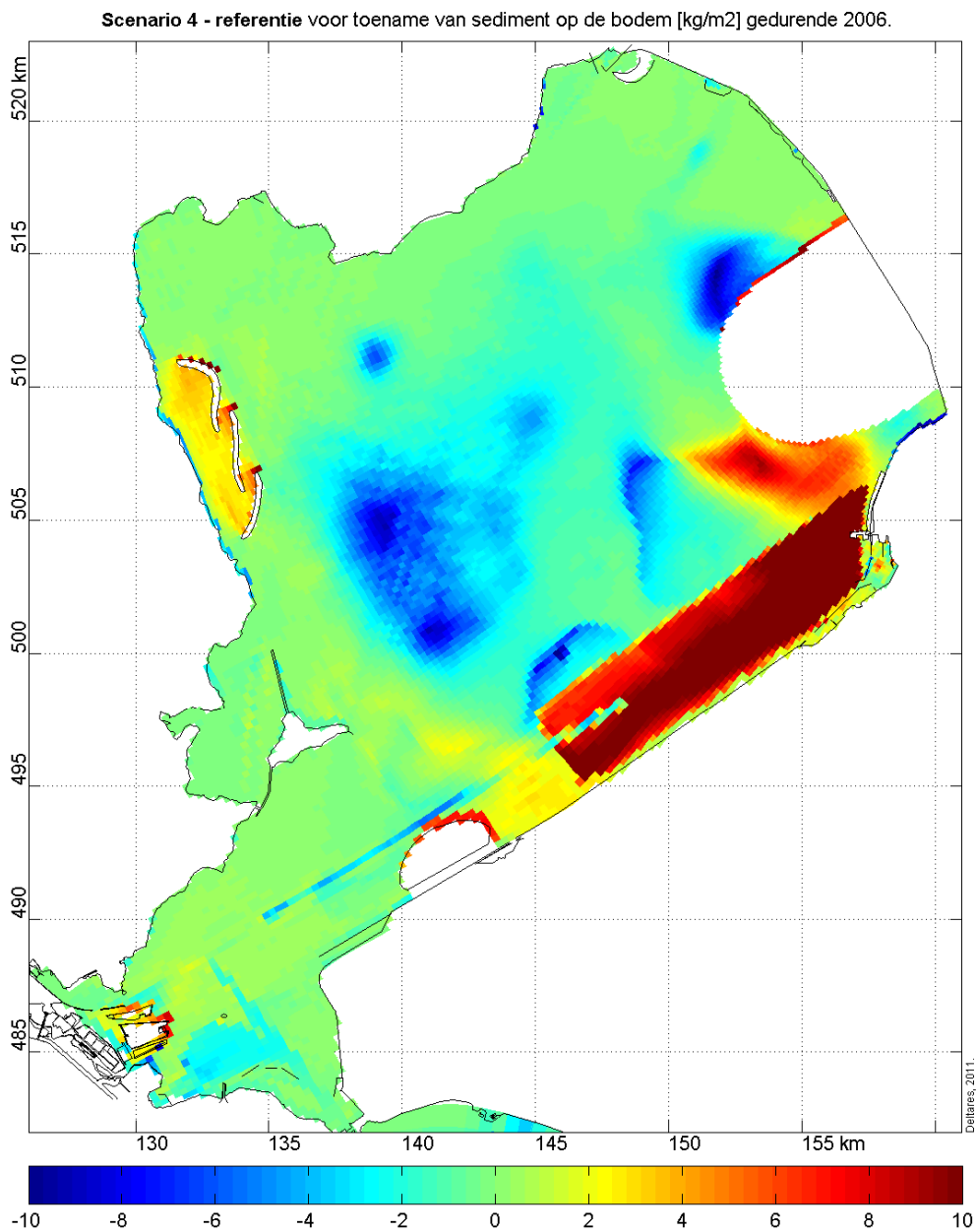


Figuur E.4 Scenario 3: gemiddelde over de zomer van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

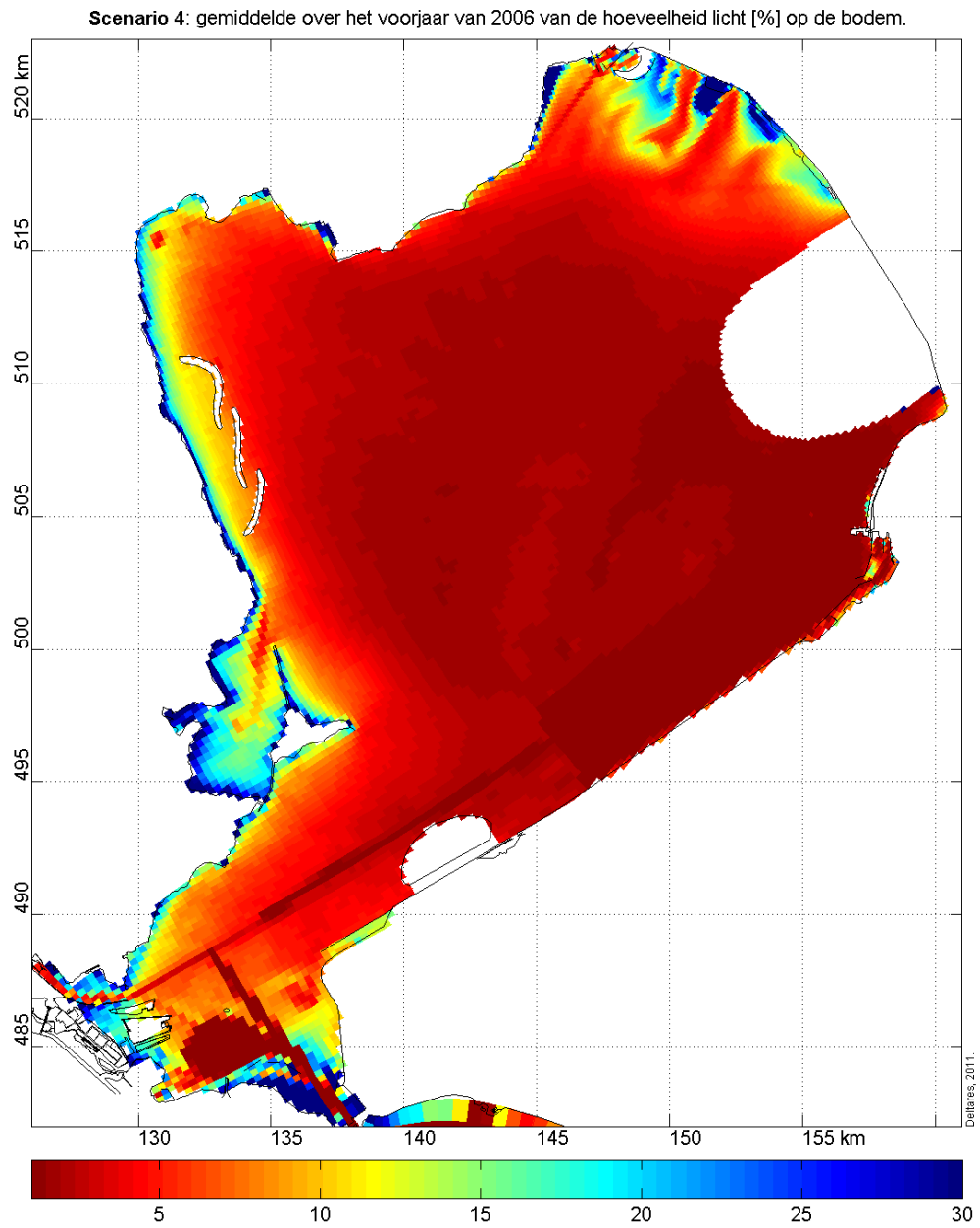
F Modelresultaten: scenario 4



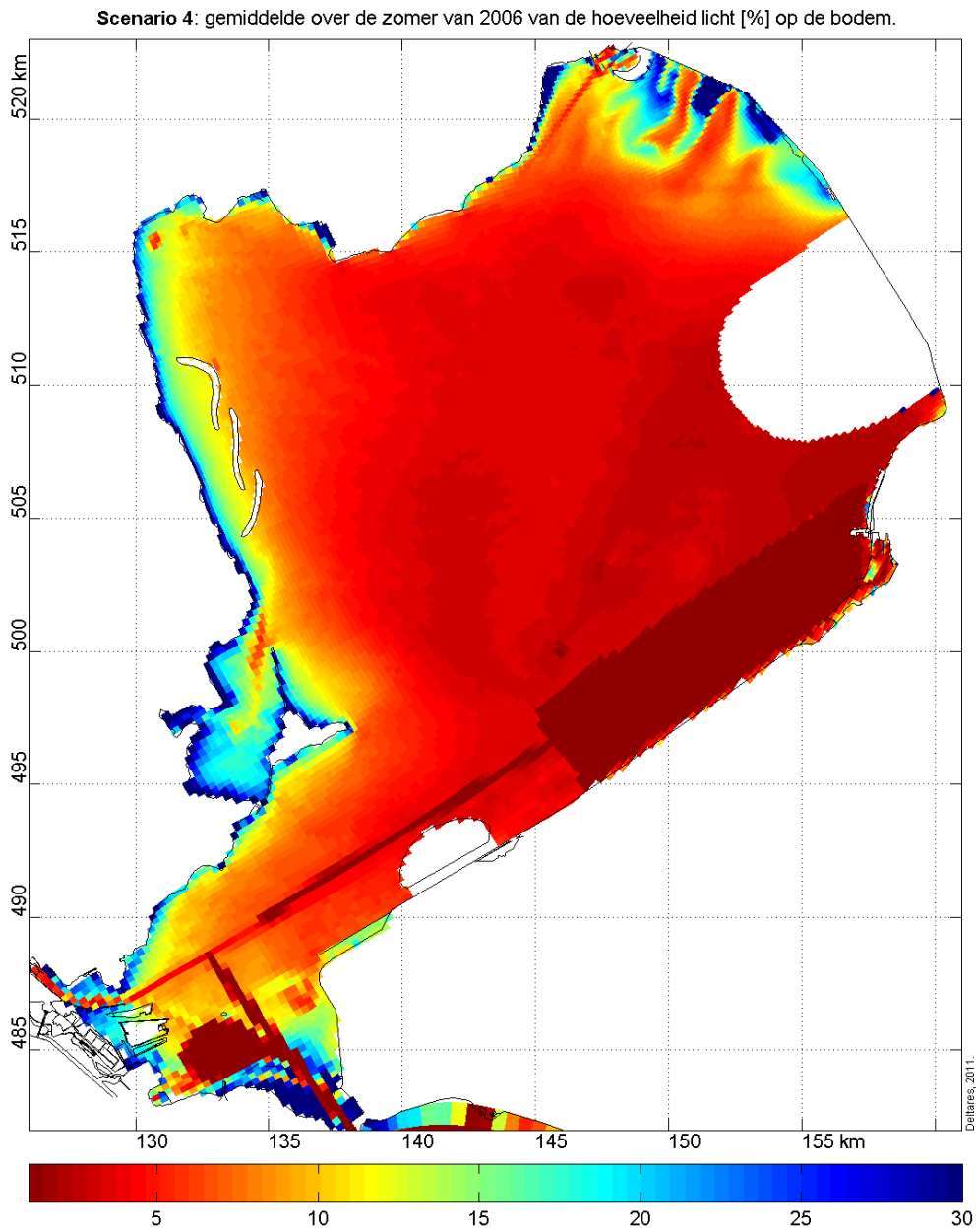
Figuur F.1 Scenario 4: gemiddelde over 2006 van de sedimentconcentratie [mg/l] in de onderste waterlaag.



Figuur F.2 Verschil tussen scenario 4 en referentie voor toename van sediment op de bodem [kg/m²] gedurende 2006.

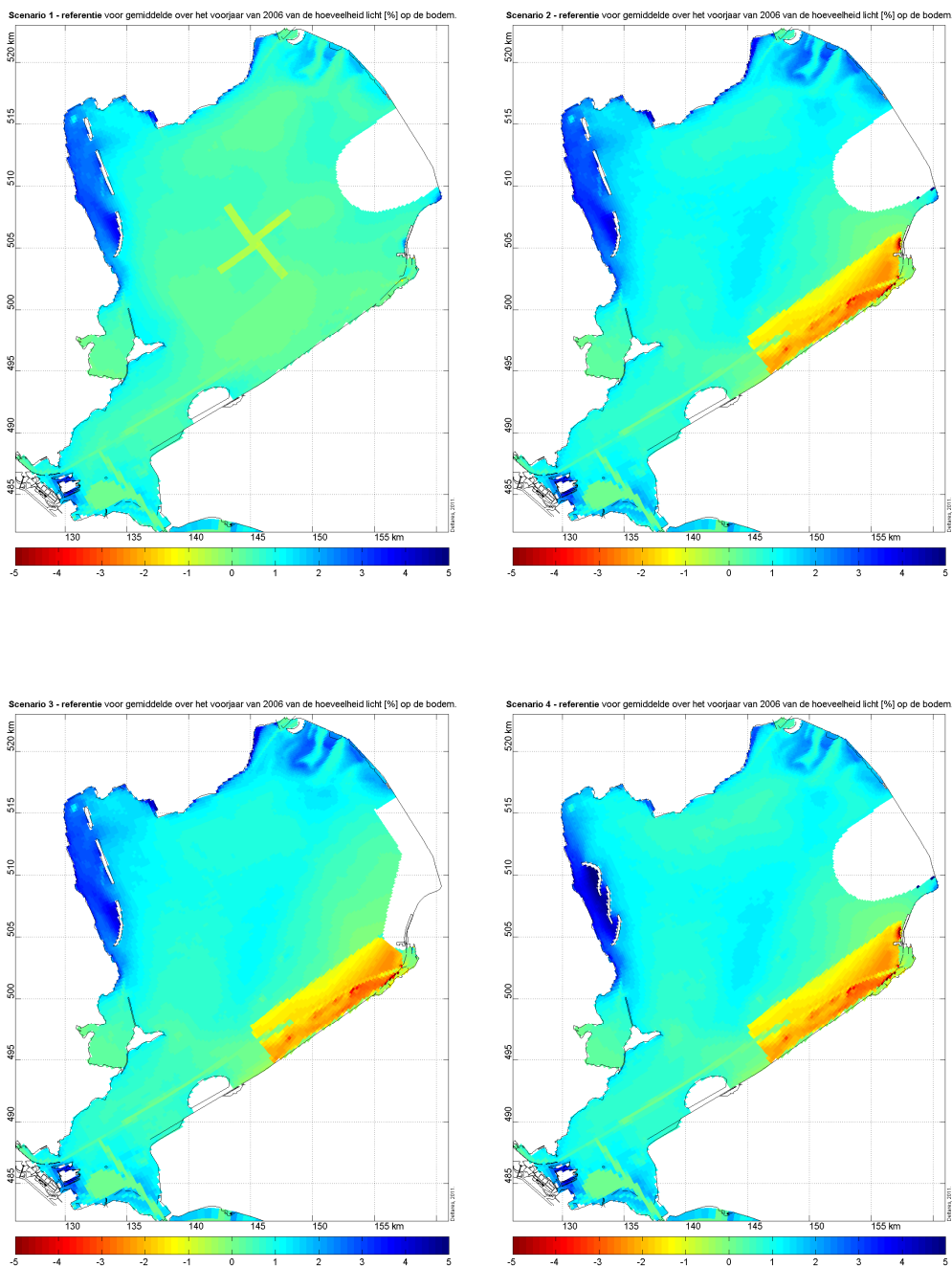


Figuur F.3 Scenario 4: gemiddelde over het voorjaar van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

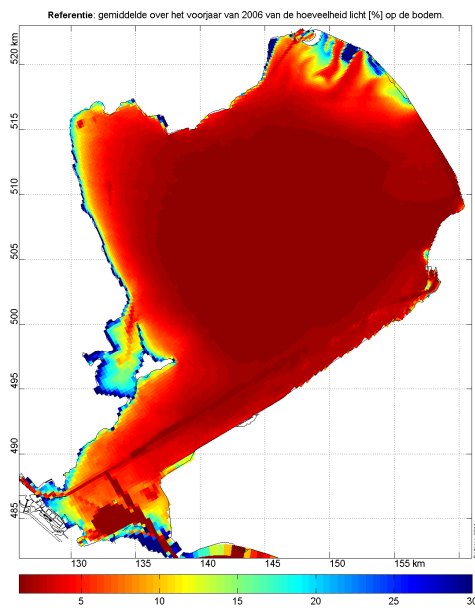


Figuur F.4 Scenario 4: gemiddelde over de zomer van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

G Vergelijking scenarioresultaten – licht voorjaar

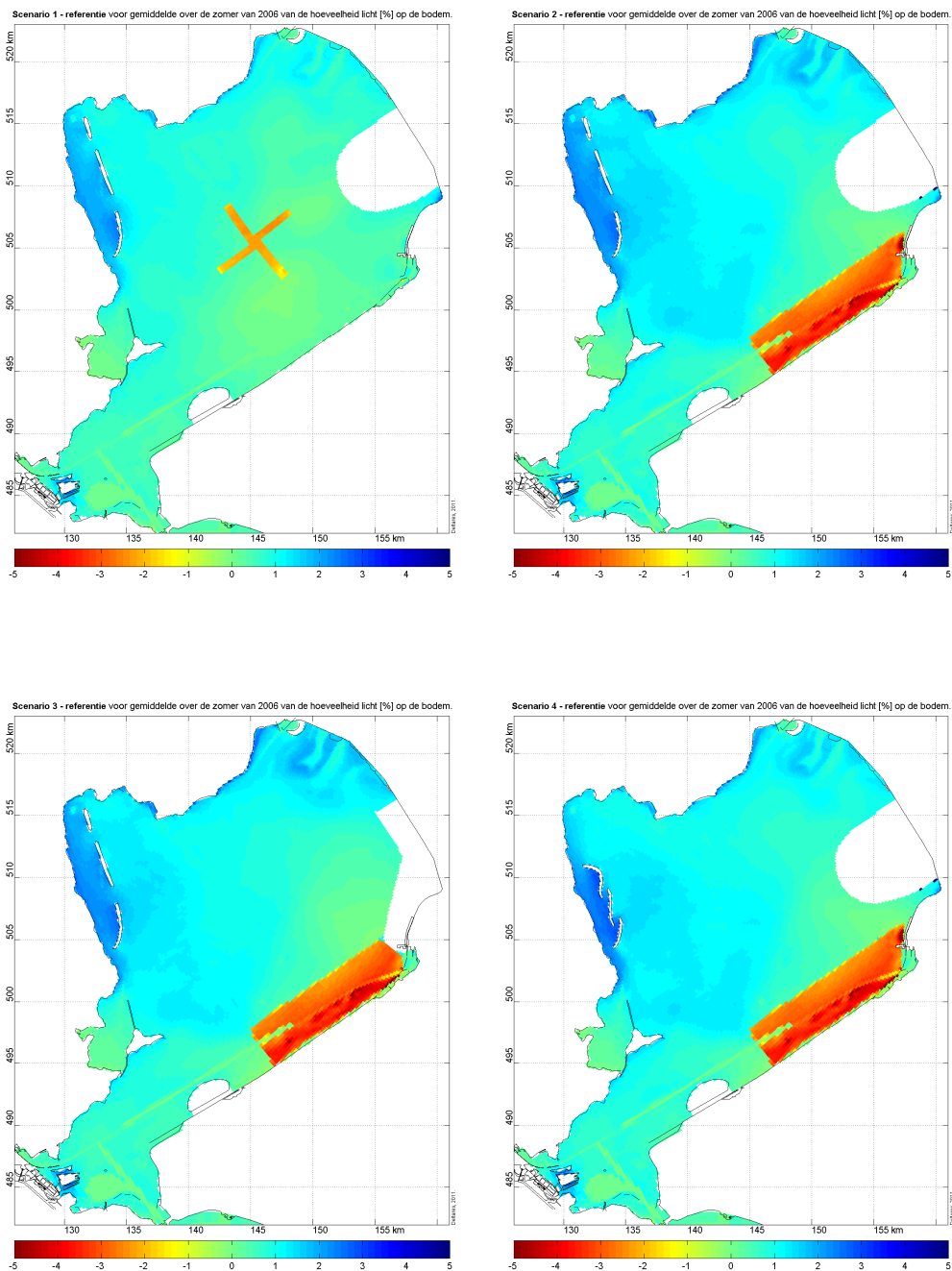


Figuur G.1 Verschil van de gemiddelde waarde voor scenario X en van de gemiddelde waarde voor de referentie over het voorjaar van de hoeveelheid licht [%] op de bodem. Met de klok mee, startend linksboven: X = 1, 2, 3 en 4.

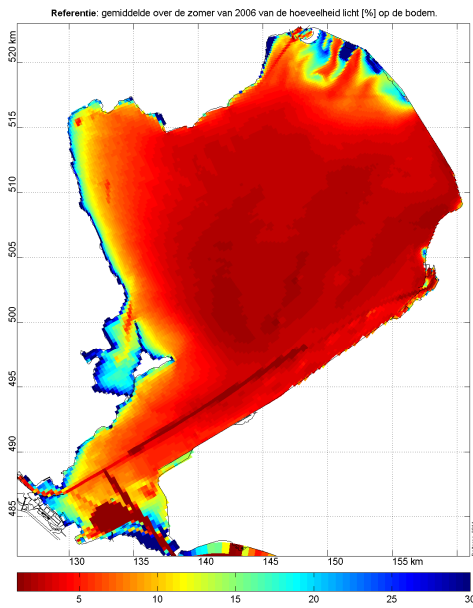


Figuur G.2 Referentie: gemiddelde over het voorjaar van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.

H Vergelijking scenarioresultaten – licht zomer



Figuur H.1 Verschil van de gemiddelde waarde voor scenario X en van de gemiddelde waarde voor de referentie over de zomer van de hoeveelheid licht [%] op de bodem. Met de klok mee, startend linksboven: X = 1, 2, 3 en 4.



Figuur H.2 Referentie: gemiddelde over de zomer van 2006 van de hoeveelheid licht [%] op de bodem.