



Creating new landscapes
for flood risk management (CFM)

141480

Case study Durmevallei en Prosperpolder

Deelopdracht 5:

Procesondersteunende tools

2D morfologische modellering van Durme

Versie 3.0 dd. 18 januari 2007 Eindrapport

Opdrachtgever

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Admin. Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Zeeschelde

Studie uitgevoerd in het kader van



Interreg IIIB

Opdrachthouders



in samenwerking met Ecoconsult en het Instituut voor Natuurbehoud

Documentcontroleblad

Document Identificatie

Titel:	2D morfologische modellering van de Durme
Project:	Creating new landscapes for flood risk management. Case study Durmevallei en Prosperpolder.
Opdrachtgever	AWZ Afdeling Zeeschelde
Referentienummer:	I/RA/11258/06.026/SME

Revisies

Versie	Datum	Auteur	Omschrijving
1.0	30/06/2006	SME	Draft
1.1	23/10/2006	SME	Aanvulling met nieuwe simulatieresultaten
2.0	3/11/2006	SME	Opmerkingen BND/GVH verwerkt
3.0	18/1/2007	SME	Opmerkingen WL verwerkt

Verdeellijst

Naam	# ex.	Bedrijf/overheid	Functie m.b.t. het project
Wim Dauwe	5	W&Z afdeling Zeeschelde	Opdrachtgever
KCO,JPA,MHU	3x1	RA, Soresma, Haecon	Studiepartners

Goedkeuring

Versie	Datum	Auteur	Projectleider	Diensthofd
2.0	3/11/2006	SME	BND	BND
3.0	18/1/2007	SME	BND	BND

INHOUDSTAFEL

1.	INLEIDING.....	1
1.1.	SITUERING.....	1
1.2.	CONCLUSIES HYDRODYNAMISCH MODEL.....	1
1.3.	GEBRUIKTE SOFTWARE MIKE 21FM.....	2
1.4.	DOELSTELLINGEN	2
2.	ZANDTRANSPORT.....	3
2.1.	MODELPARAMETERS.....	3
2.2.	RANDVOORWAARDEN	3
2.3.	CALIBRATIE ZANDTRANSPORTMODEL	3
2.4.	DOORGEREKENDE SIMULATIES ZANDTRANSPORT	4
2.5.	INTERPRETATIE VAN DE RESULTATEN	5
2.5.1.	<i>Inleiding</i>	5
2.5.2.	<i>Volledig studiegebied</i>	7
2.5.3.	<i>Schelde</i>	9
2.5.4.	<i>Durme</i>	14
2.5.5.	<i>Polders</i>	21
2.6.	CONCLUSIES EN ONZEKERHEDEN	23
3.	COHESIEF TRANSPORT	25
3.1.	MODELPARAMETERS.....	25
3.2.	RANDVOORWAARDEN	26
3.3.	CALIBRATIE	27
3.4.	SIMULATIES EN INTERPRETATIEMETHODE.....	28
3.5.	INTERPRETATIE VAN DE RESULTATEN	29
3.5.1.	<i>Algemeen</i>	29
3.5.2.	<i>Schelde</i>	32
3.5.3.	<i>Durme</i>	35
3.5.4.	<i>Polders</i>	37
3.6.	CONCLUSIES EN ONZEKERHEDEN.....	39
4.	REFERENTIES	41

LIJST VAN FIGUREN

FIGUUR 2-1:	OVERZICHT BESCHOUWDE ZONES VOOR DE INTERPRETATIE VAN DE MODELRESULTATEN	6
FIGUUR 2-2:	VOORSTELLING METHODE VOOR EXTRAPOLATIE MODELRESULTATEN	6
FIGUUR 2-3:	SEDIMENTATIE/EROSIE (M) VOOR VOLLEDIG MODEL IN DE HUIDIGE TOESTAND EN BIJ EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ, NA 0.5 JAAR.....	8
FIGUUR 2-4:	SEDIMENTATIE/EROSIE (M) VOOR VOLLEDIG MODEL IN SCENARIO 1 EN BIJ EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ, NA 0.5 JAAR.....	8
FIGUUR 2-5:	VERSCHIL (SCENARIO 1 – HUIDIGE TOESTAND) IN SEDIMENTATIE/EROSIE VAN ZAND (M PER JAAR) VOOR EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ VOOR HET VOLLEDIGE MODEL.....	9
FIGUUR 2-6:	LOCALISATIE PUNTEN SCHELDE	10
FIGUUR 2-7:	VERSCHIL IN SEDIMENTATIE/EROSIE TUSSEN SCENARIO 1 EN DE HUIDIGE TOESTAND IN FUNCITE VAN DE TIJD VOOR 6 PUNTEN OP DE SCHELDE	11
FIGUUR 2-8:	SEDIMENTATIE/EROSIE VAN ZAND IN DE SCHELDE IN DE HUIDIGE TOESTAND BIJ EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ NA EEN LANGE PERIODE.....	12
FIGUUR 2-9:	SEDIMENTATIE/EROSIE VAN ZAND IN DE SCHELDE IN SCENARIO 1 BIJ EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ	13
FIGUUR 2-10:	VERSCHIL (SCENARIO 1 – HUIDIGE TOESTAND) IN SEDIMENTATIE/EROSIE VAN ZAND (IN M PER JAAR) OP DE SCHELDE NA 1 JAAR VOOR EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ.....	14
FIGUUR 2-11:	BODEMPEIL VOOR (LINKS) EN NA (RECHTS) SIMULATIE MET NIET-COHESIEF MODEL MET EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ VOOR DE HUIDIGE TOESTAND.....	17
FIGUUR 2-12:	BODEMPEIL VOOR (LINKS) EN NA (RECHTS) SIMULATIE MET NIET-COHESIEF MODEL MET EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ VOOR SCENARIO 1	18
FIGUUR 2-13:	LOCATIES WAAR BODEMPEILVERANDERING IN FUNCTIE VAN TIJD WORDT GETOOND ..	19
FIGUUR 2-14:	SEDIMENTATIE/EROSIE VAN ZAND IN DURMEMONDING BIJ EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ	20
FIGUUR 2-15:	VERSCHIL IN SEDIMENTATIE/EROSIE TUSSEN HUIDIGE TOESTAND EN SCENARIO 1 (UITGEDRUKT IN M PER JAAR).....	20
FIGUUR 2-16:	LOCATIE PUNTEN IN BRESOPENINGEN ONTPOLDERDE GEBIEDEN DURME	21
FIGUUR 2-17:	AANZANDING IN DE OPENINGEN VAN DE ONTPOLDERDE GEBIEDEN.....	22
FIGUUR 2-18:	GEEXTRAPOLEERD VERSCHIL (SCENARIO 1 – HUIDIGE TOESTAND) IN SEDIMENTATIE/EROSIE VAN ZAND IN DE BUNT NA 1 JAAR VOOR EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ	23
FIGUUR 2-19:	GEEXTRAPOLEERD VERSCHIL (SCENARIO 1 – HUIDIGE TOESTAND) IN SEDIMENTATIE/EROSIE VAN ZAND IN DE BUNT NA 1 JAAR VOOR EEN REPETITIEF GEMIDDELD GETIJ	23
FIGUUR 3-1:	SAMENVATTENDE SCHEMATISATIE VAN MODELSTRUCTUUR COHESIEF TRANSPORT MIKE21FM (UIT HANDBOEK M21FM).....	26
FIGUUR 3-2:	SCHEMATISCHE VOORSTELLING RANDVOORWAARDEN SLIBTRANSPORT	27
FIGUUR 3-3:	GEMIDDELDE (OVER DOOD, GEMIDDELD EN SPRINGTIJ) SEDIMENTATIE VOOR DE HUIDIGE TOESTAND OP HET EINDE VAN EEN SIMULATIE (70 TIJCYCLI).....	30
FIGUUR 3-4:	GEMIDDELDE (OVER DOOD, GEMIDDELD EN SPRINGTIJ) SEDIMENTATIE VOOR SCENARIO 1 OP HET EINDE VAN EEN SIMULATIE (70 TIJCYCLI)	30
FIGUUR 3-5:	GEMIDDELDE (OVER DOOD, GEMIDDELD EN SPRINGTIJ) SEDIMENTATIE VOOR DE HUIDIGE TOESTAND OP HET EINDE VAN EEN SIMULATIE (70 TIJCYCLI) VOOR EEN DEEL VAN DE DURME EN SCHELDE.	31
FIGUUR 3-6:	GEMIDDELDE (OVER DOOD, GEMIDDELD EN SPRINGTIJ) SEDIMENTATIE VOOR SCENARIO 1 OP HET EINDE VAN EEN SIMULATIE (70 TIJCYCLI) VOOR EEN DEEL VAN DE DURME EN SCHELDE	31
FIGUUR 3-7:	GEMIDDELDE SEDIMENTATIE/EROSIE (CM/JAAR) OP SCHELDEIN EERSTE JAAR NA INRICHTING POLDERS, ALS HET VERSCHIL TUSSEN SCENARIO 1 EN HUIDIGE TOESTAND (POSITIEVE WAARDEN = MEER, NEGATIEVE WAARDEN = MINDER SEDIMENTATIE)	33
FIGUUR 3-8:	CONCENTRATIE EN DEBIETEN AAN DE OPWAARTSE RAND VAN HET MODEL OP DE SCHELDE VOOR HUIDIGE TOESTAND EN SCENARIO 1	34
FIGUUR 3-9:	CONCENTRATIE EN DEBIETEN AAN DE AFWAARTSE RAND VAN HET MODEL OP DE SCHELDE VOOR HUIDIGE TOESTAND EN SCENARIO 1	34

FIGUUR 3-10:	GEMIDDELDE SEDIMENTATIE/EROSIE (CM/JAAR) IN OPWAARTS DEEL VAN DE DURME IN EERSTE JAAR NA INRICHTING POLDERS, ALS HET VERSCHIL TUSSEN SCENARIO 1 EN HUIDIGE TOESTAND (POSITIEVE WAARDEN = MEER, NEGATIEVE WAARDEN = MINDER SEDIMENTATIE)	36
FIGUUR 3-11:	GEMIDDELDE SEDIMENTATIE/EROSIE (CM/JAAR) IN AFWAARTS DEEL VAN DE DURME IN EERSTE JAAR NA INRICHTING POLDERS, ALS HET VERSCHIL TUSSEN SCENARIO 1 EN HUIDIGE TOESTAND (POSITIEVE WAARDEN = MEER, NEGATIEVE WAARDEN = MINDER SEDIMENTATIE)	37
FIGUUR 3-12:	SEDIMENTATIE IN ONTPOLDERDE GEBIEDEN GEDURENDE HET EERSTE JAAR VOOR VERSCHILLENDE TYPES GETUJ.....	39

LIJST VAN BIJLAGEN

- BIJLAGE 1: SEDIMENTATIE/EROSIE OP DE DURME VOOR GEMIDDELD, DOOD EN SPRINGTIJ
BIJLAGE 2: MAXIMALE WATERPEILEN LANGS DE DURME VOOR HUIDIGE TOESTAND EN SCENARIO MET ONTPOLDERINGEN

1. INLEIDING

1.1. Situering

In het kader van een lopend EU-programma 'FLOODSCAPE' gesitueerd binnen het INTERREG IIIb-programma, is de Durme uitgekozen als één van de pilootprojecten in België. De voornaamste doelstellingen van het FLOODSCAPE-project "Creating new landscapes for flood risk management" is om, aan de hand van 7 pilootprojecten (waarvan 2 in ons land), aan te tonen dat overstromingen beheersbaar kunnen gemaakt worden door het creëren van ruimte voor water en het betrekken van mensen bij de planning.

Binnen het project werden een aantal procesondersteunende tools ontwikkeld. Voor wat betreft de Durme werd met behulp van Mike 21C een 2 dimensioneel numeriek model van de Durme en haar aanpalende overstromingsgebieden opgebouwd. Het doorrekenen van enkele scenario's met dit model lieten toe een eerste kwalitatieve impressie van het overstromingsbeeld in de Durmevallei te maken. (TV IMDC-RA-Soresma-Haecon, 2006, R0000145: 2D hydrodynamische modellering van de Durme)

In een 2^{de} fase werd een morfologisch sedimenttransportmodel voor de Durme opgezet. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een andere software Mike21FM (flexible mesh, eindige volumes) die ook 2-dimensionale berekeningen uitvoert maar die beter met complexe vormen in de modelschematisatie omkan. Voor de opbouw van dit model werd vertrokken van het bestaande Mike21C model, waarvan grote delen van de rivierbedding zelf overgenomen werd, en werden de overstromingsgebieden en de verbindingen tussen rivier en overstromingsgebied meer gedetailleerd ingebouwd. Daarna werd dit model gehercalibreerd. Voor wat betreft de sedimenttransportmodellering werden zowel simulaties voor niet-cohesief transport (zand) als cohesief (slib) transport apart doorgerekend. In alle simulaties werd gebruik gemaakt van een morfologische module, die de bodemveranderingen uit het sedimenttransportmodel doorgeeft aan het hydrodynamisch, en zo voor een dynamische koppeling zorgt.

1.2. Conclusies Hydrodynamisch model

In het rapport van deelopdracht 5: Procesondersteunende Tools: 2D hydrodynamische modellering van de Durme werd een 2D model opgebouwd, gecalculeerd en werden een aantal scenario's doorgerekend. Onderstaande paragraaf herneemt de conclusies uit dit rapport.

- *Tengevolge van de ontpolderingen langs de Durme verhogen de snelheden langs de linkeroever van de Durme in de buurt van de monding in de Schelde. Hierdoor ontstaat er een mogelijk risico van erosie op de punt van de schorre nabij de monding.*
- *Ontpolderen van een aantal gebieden langs de Durme zorgt voor een verlaging van de waterstand in het Durmepand opwaarts van de ontpoldering. Naarmate meer gebieden ontpolderd worden daalt de hoogwaterstand.*
- *Bij het meest wenselijk alternatief wordt de stroming in de Schelde, ter hoogte van de durmemonding, beïnvloed tot nagenoeg in het midden van de Schelde. De stroomrichting bij vloed is in deze omgeving duidelijk gericht naar de durmemonding en de snelheden zijn merkbaar hoger dan in de bestaande toestand. Ook bij ebstroom stelt zich hetzelfde probleem maar dan in de andere richting. Er dient dan ook nagegaan te worden of deze snelheden en stroomrichtingen nog aanvaardbaar zijn voor de schepen die op maximale eb- en vloedstroom voorbijvaren.*

- *De watersnelheden in de Durme stijgen afwaarts van de ontpolderde gebieden. De verschillen met de bestaande toestand lopen op naarmate er meer gebieden opwaarts van de beschouwde dwarsdoorsnede ontpolderd worden. De pieksnelheden worden zowel bij eb- als bij vloedstroom hoger.*

1.3. Gebruikte software MIKE 21FM

De FM in Mike 21 FM staat voor "Flexible Mesh" wat betekent dat er een grote vrijheid bestaat in het opbouwen van het grid, zowel in vorm als in ligging. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de standaard Mike21 waar de elementen van het grid rechthoeken (of vierkanten) moeten zijn, of Mike21C waar de elementen moeten voldoen aan de curvilineariteit, dus ook 4 hoekige elementen waar de hoeken tussen de zijden van een element steeds 90° horen te zijn.

De hydrodynamische module van Mike 21 FM is gebaseerd op de 2D ondiep water vergelijking – diepte geïntegreerde onsamendrukbare Reynolds gemiddelde Navier-Stokes vergelijkingen. Dit bevat dus continuïteits-, moments-, temperatuurs- en dichtheidsvergelijkingen. De discretisatie van de vergelijkingen wordt gedaan door een cell-centered eindige volumes methode. De elementen binnen deze methode mogen zowel driehoeken als vierhoekige elementen zijn. Belangrijkste voordelen aan het gebruik van de software zijn:

- doordat zowel driehoekige als willekeurige vierhoekige elementen gebruikt worden kunnen complexe vormen (zoals bijvoorbeeld mondingen van rivieren of instroomopeningen) op een relatief eenvoudige manier geschematiseerd worden
- de eindige volume methode is minder onderhevig aan numerieke instabiliteiten en fouten.
- De oplossingsnelheid van het gebruikte eindige volumeschema wordt ook niet bepaald door de volgorde waarin de elementen worden geordend (dit in tegenstelling tot klassieke eindige elementen methodes)

Inactieve cellen in valleigebieden hoeven niet gemodelleerd te worden dank zij de zeer flexibele gridopbouw, wat een positieve invloed heeft op de rekensnelheid en de stabiliteit.

Voor wat betreft sedimenttransport worden de gebruikte modelconcepten en vergelijkingen meer in detail beschreven in hoofdstuk 2.1 en 3.1.

1.4. Doelstellingen

De doelstelling van deze studie over het sedimenttransport is de invloed van de ontpoldering van een aantal gebieden op het sedimentatiegedrag van de Schelde, de Durme en polders te evalueren.

Zowel voor zand- als slibtransport zou deze studie een antwoord moeten bieden op ondermeer volgende vragen:

1. Is er als gevolg van de ontpolderingen extra sedimentatie te verwachten op de Schelde en Durmemonding? Zijn hierdoor extra baggerwerken nodig? (hoeveelheden, frequenties)
2. Wat zal gebeuren met het sedimentatiegedrag op de Durme ? (sneller; trager, op andere locaties)
3. Hoeveel zand/slib zal er zich afzetten in de polders en waar zal dit gebeuren?

2. ZANDTRANSPORT

2.1. Modelparameters

De zandtransportmodule van M21FM berekent sedimenttransport gebaseerd op de hydrodynamische omstandigheden en sedimenteigenschappen, met sedimenttransport formules gebaseerd op empirische of deterministische principes.

De modellering is onderverdeeld in bodemtransport en suspensief transport wegens hun verschillende natuur. Het bodemtransport, dat voornamelijk gecontroleerd wordt door de bodemschuifspanning, reageert direct op veranderingen van de stroming. Dit komt overeen met evenwichtstransport. Het suspensief transport aan de andere kant wordt gekarakteriseerd door een tijdsvertraging tussen het sedimenttransport en de stroming, omdat er soms tijd of afstand overgaat om het verticale concentratie profiel aan te passen aan de stroming. Modelleringsconcepten die hiermee rekening houden werken met niet-evenwichtstransport.

2.2. Randvoorwaarden

Een hydrodynamisch model en een sedimenttransportmodel hebben nood aan randvoorwaarden. Het Mike21 FM model heeft randvoorwaarden nodig aan:

- Durme ter hoogte van Dam te Lokeren
- Schelde afwaarts van de brug van Temse (sectie 45186 in 1D-model Zeeschelde)
- Schelde opwaarts van veer te Driegoten (sectie 53801 in 1D-model Zeeschelde)

De hydrodynamische randvoorwaarden zijn identiek aan deze die gebruikt werden bij de hydrodynamische modellering. Deze randvoorwaarden zijn afkomstig van simulaties met het 1D Mike11 model van de Zeeschelde. Voor de randvoorwaarden van de huidige toestand is gerekend met het zogenaamde "nulalternatief", dat verschilt van de huidige toestand door de aanwezigheid van KBR als GOG/GGG en een verhoging van alle dijken tot Sigma-hoogte. Voor normale tijden (niet voor stormtijden) geeft dit quasi identieke resultaten als de huidige toestand. Voor de randvoorwaarden van Scenario 1 werden resultaten genomen van simulaties voor het zogenaamde meest wenselijk alternatief (MWEA). Hierin zitten een groot aantal overstromingsgebieden waarvan een deel ingericht is als GGG. Globaal leidt dit aan de randen van het 2D model tot iets lagere hoogwaterstanden en hogere laagwaterstanden in vergelijking met de huidige toestand.

Voor wat betreft het zandtransport werd op de Durme een nulconcentratie aan zand opgelegd. Voor de randvoorwaarden op de Schelde werd gewerkt met de zogenaamde "Zero Sediment Flux Gradient", wat overeenkomt met het veronderstellen van evenwichtsomstandigheden aan de randen.

2.3. Calibratie zandtransportmodel

Om sedimenttransportmodellen te calibreren en valideren zijn gedetailleerde gegevens nodig ivm de evolutie van de bodem, bodemsamenstelling en de eigenschappen van het sediment. Deze gegevens zijn wel beschikbaar maar zijn veelal niet specifiek toegespitst op het type sediment. De moeilijkheid in het geval van een modellering van de Durme is dat er zich hier een mix voordoet van zandtransport en slibtransport. Een echte calibratie van het model is daardoor zeer moeilijk.

Voor het doorrekenen van het zandtransport zijn in Mike21FM verschillende modelformuleringen beschikbaar, waarvan de resultaten onderling nogal kunnen verschillen. Een sensitiviteitsanalyse hierop behoorde niet tot de doelstellingen van deze studie. In deze studie werd gebruik gemaakt van de formulering van Van Rijn voor bodemtransport en suspensietransport. Meer details hierover zijn terug te vinden in de handleidingen van mike21FM (DHI, 2006). Deze werden ook gebruikt in de modellering met Mike11 voor de LTV (IMDC&DHI, 2006)

Het zandtransportmodel is betrekkelijk eenvoudig voor wat betreft de input parameters (zie Tabel 2-1) Voor porositeit en relatieve densiteit werden de standaard parameters genomen, die min of meer overeenkomen met wat in andere gelijkaardige modellen (op de Schelde) genomen wordt.

De d_{50} is een belangrijke eigenschap van het zand en wordt gedefinieerd als de mediane grootte van de zandkorrels. Alhoewel in realiteit een hele range aan korreldiameters voorkomt, worden in de meeste modellen toch slechts 1 (of enkele) waarden gebruikt. Deze parameter is dan ook een te calibreren parameter. In de praktijk is deze parameter moeilijk te calibreren wegens het ontbreken van geschikte gegevens. Databanken ivm met korreldiameters (zoals de databank opgebouwd in het kader van MOVE) en eigen metingen (TV Soresma-Technum-Haecon, 2004) geven richtwaarden voor de d_{50} van tussen 0.1 en 0.35 mm aan. De gekozen waarde van 0.25 ligt hier ongeveer midden in.

Tabel 2-1: Parameters zandtransport

Parameter	Waarde	Eenheid
Porositeit	0.35	-
d_{50}	0.25	mm
Relatieve densiteit	2.65	-

2.4. Doorgerekende simulaties zandtransport

Tabel 2-2 geeft een overzicht van de uitgevoerde simulaties voor het zandtransport en de doorgerekende periode. Voor 3 types getij (dood, gemiddeld en spring) werd een repetitief getij doorgerekend voor de in de tabel vermelde periode.

Tabel 2-2: Uitgevoerde simulaties en duur voor zandtransport

Toestand	Dood tij	Gemiddeld tij	Springtij
Huidige toestand	6 maand	12 maand	6 maand
Scenario 1	6 maand	18 maand	6 maand
Scenario 1 put opgevuld	6 maand	18 maand	6 maand

In het rapport betreffende de hydrodynamische 2D modellering zijn 3 scenario's doorgerekend:

- Ontpoldering van Bunt, Klein Broek, Groot Broek en Sombeekse Meersen. Dit is het meest wenselijk scenario en is in het 1D-model reeds doorgerekend. (Scenario 1)
- Ontpoldering van de Bunt met behoud van schorre tussen Bunt en Durme. (Scenario 2)

- Idem als eerste scenario maar met weggeschuorde schorre naast Bunt en ter hoogte van monding van de Durme (op LO Durme). (Scenario 3)

Vermits momenteel Scenario1 als het meest wenselijke alternatief beschouwd wordt, werden alle morfologische simulaties in eerste instantie voor dit scenario gedaan. Ook omwille van de lange reketijden van het morfologisch model was het praktisch onmogelijk om vele verschillende scenario's door te rekenen.

2.5. Interpretatie van de resultaten

2.5.1. Inleiding

De resultaten van de simulaties worden eerst globaal voor het hele modelgebied besproken. Daarna wordt in detail ingegaan op de resultaten in een aantal zones, nl de Schelde, de Durmemonding, de Durme zelf en de ontpolderde gebieden. Vergelijkingen werden gemaakt tussen simulaties voor verschillende scenario's door de resultaten van beide apart te tonen of door verschilkaarten te maken tussen beide. Naast figuren worden de resultaten ook gekwantificeerd door middel van volumes aanzanding of erosie, of door een gemiddeld aantal cm aanzanding/erosie.

Het sedimentatievolume/erosie per jaar werd bepaald op basis van de modelresultaten op het einde van de simulatie. Op 2 tijdstippen, die exact 16 tijcycli (iets meer dan 8 dagen) uit elkaar liggen, werden resultaten uit het model gehaald. Het verschil tussen deze 2 resultaten in elke cel werd dan vermenigvuldigd met een factor om het volume sedimentatie/erosie per jaar te bekomen. De beschouwde opwarmingsperiode bedroeg 6 maand.

Om de modelresultaten te kwantificeren werd het modelgebied opgedeeld in een aantal zones, die relevant geacht worden voor de interpretatie van de resultaten. Deze worden getoond in Figuur 2-1. Volgende zones werden beschouwd:

Zone 1: Schelde opwaarts de Durmemonding tot ongeveer 600 m opwaarts van Branst

Zone 2: Schelde afwaarts de Durmemonding tot 1 km afwaarts van de brug van Temse

Zone 3: Schelde ter hoogte van Durmemonding

Zone 4: Durmemonding

Zone 5: Durme van aan monding tot het veer van Tielrode

Zone 6: Durme van Tielrode tot Waasmunster brug

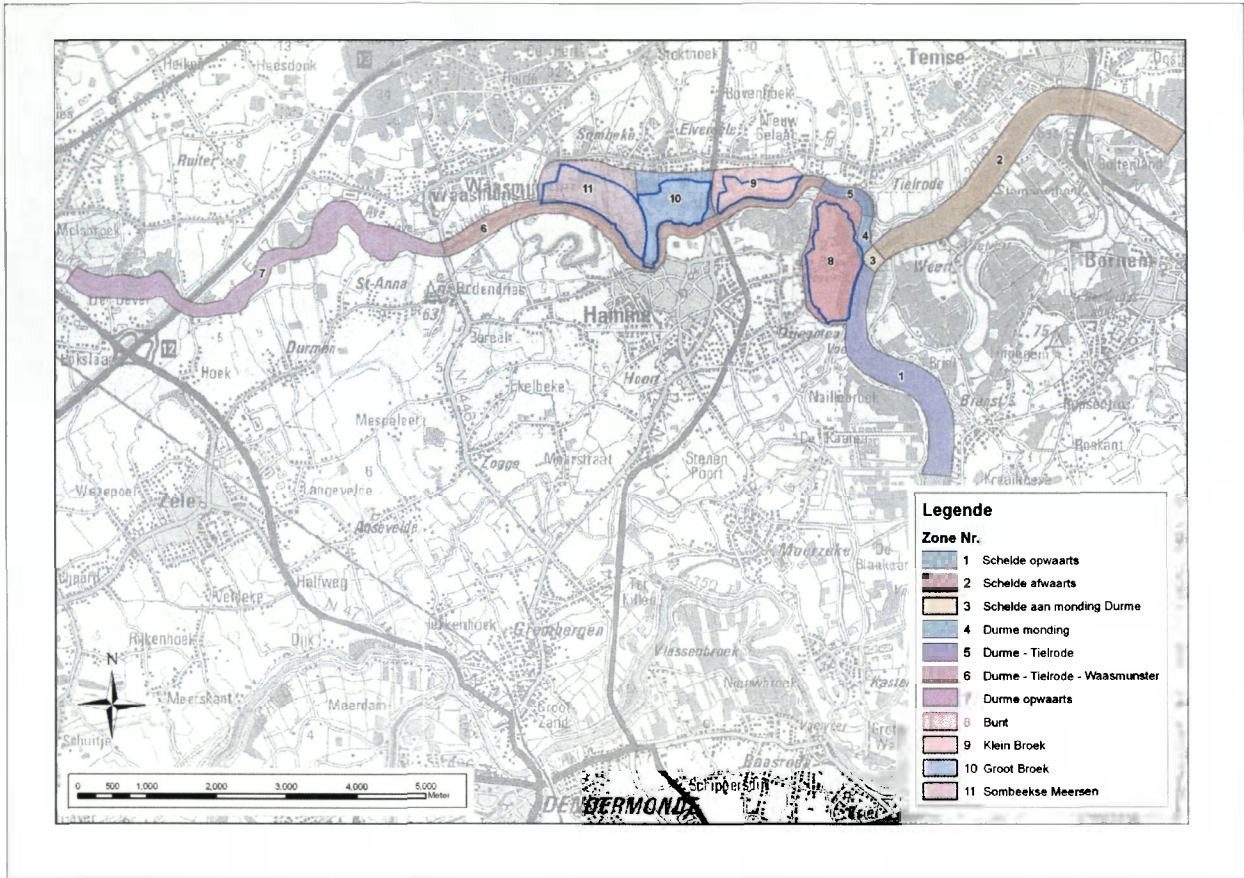
Zone 7: Durme van Waasmunster brug tot aan opwaartse rand van model

Zone 8: Bunt

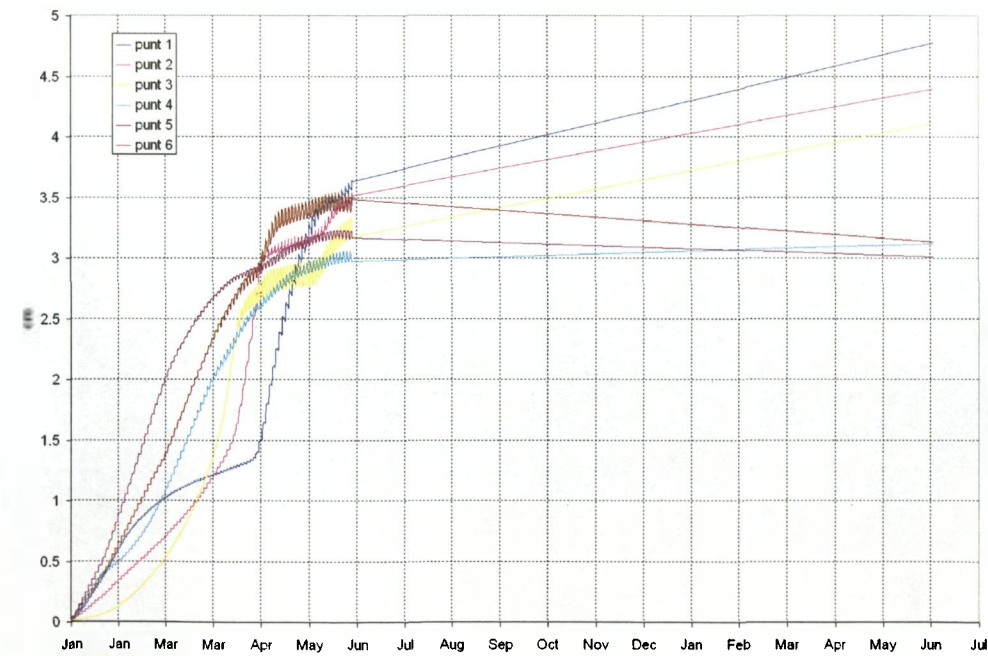
Zone 9: Klein Broek

Zone 10: Groot Broek

Zone 11: Sombeekse Meersen



Figuur 2-1: Overzicht beschouwde zones voor de interpretatie van de modelresultaten



Figuur 2-2: Voorstelling methode voor extrapolatie modelresultaten

2.5.2. Volledig studiegebied

Figuur 2-3 en Figuur 2-4 tonen het resultaat van zandtransportsimulaties voor respectievelijk de huidige toestand en Scenario 1. Globaal kan hierover opgemerkt worden:

- dat op de Schelde er zowel zones met erosie als sedimentatie zijn en er visueel weinig verschil te merken is tussen de huidige toestand en Scenario 1;
- dat in de ontpolderde gebieden (behalve misschien voor de Bunt) zeer weinig sedimentatie optreedt;
- dat in Scenario 1 er een aanzienlijke sedimentatie optreedt in de Durmemonding.

In Figuur 2-5 wordt het verschil tussen de eindresultaten van beide vorige simulaties getoond. Op de Schelde zijn duidelijk geen significante aanzandingen merkbaar. Enkel op de Durmemonding is een signifiante aanzanding merkbaar en in beperkte mate ook in de buurt van de openingen in de dijken voor de ontpolderde gebieden.

In Tabel 2-3 worden de volumes aanzanding/erosie weergegeven berekend, over het volledige modelgebied, en geëxtrapoleerd naar 1 jaar. Gemiddeld gezien is er duidelijk meer aanzanding in Scenario 1 dan in de huidige toestand. Een meer gedetailleerde localisatie van deze extra aanzanding wordt beschreven in de volgende paragrafen. De aanzanding is ook groter bij een repetitief springtij dan bij gemiddeld en dood tij, wat te verklaren is door de grotere aanvoer van sediment bij springtij.

Tabel 2-4 geeft het totale volume sedimentatie (in m³/jaar) voor het volledige modelgebied op verschillende tijdstippen gedurende de simulatie. Naarmate de modelsimulaties vorderen, daalt het totaal volume dat aanzandt, wat erop wijst dat naar een morfologisch evenwicht toegegaan wordt.

Een meer gedetailleerde verdeling van de hoeveelheden wordt beschreven in de volgende hoofdstukken.

Tabel 2-3: Volume sedimentatie/erosie van zand voor verschillende types tijen en scenario's voor het volledige model (extrapolatie na 6 maand simulatie)

Toestand	Sedimentatie/erosie (1000 m ³ zand/jaar)			
	dood tij	gemiddeld tij	springtij	gemiddelde
huidige toestand	106	139	167	137
scenario 1	139	305	450	298
<i>Vershil</i>	33	165	283	161

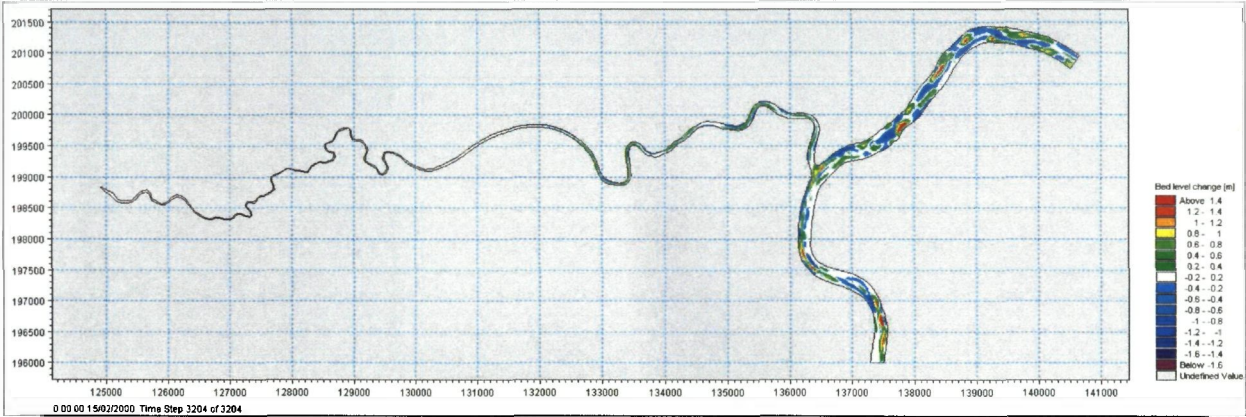
Tabel 2-4: Volumes sedimentatie/erosie van zand op basis van extrapolatie van modelresultaten na verschillende duurtijden van de simulatie (met repetitief gemiddeld getij)

Toestand	Sedimentatie/erosie (1000 m ³ zand/jaar)		
	Na 6 maand	Na 12 maand	Na 18 maand
huidige toestand	139	127	-
scenario 1	305	283	201

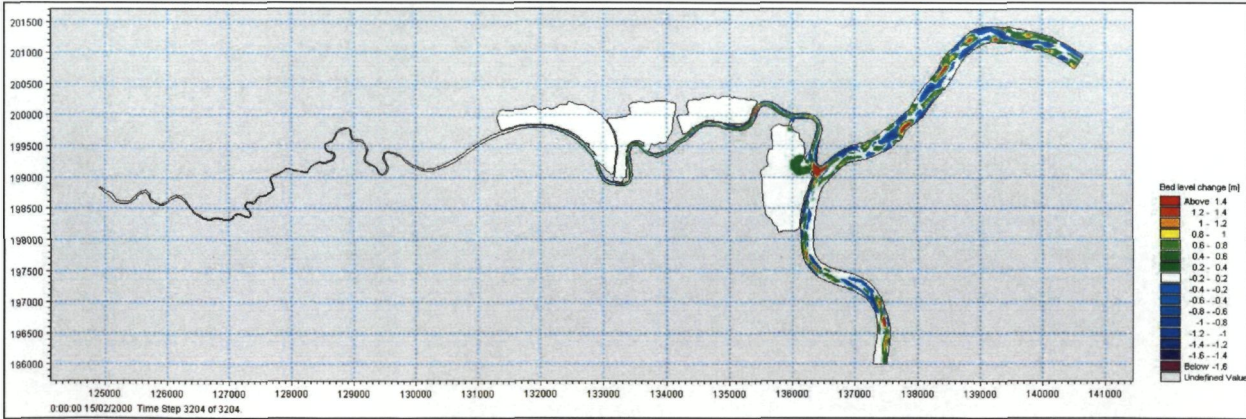
Tabel 2-5: Sedimentbalans voor huidige toestand en Scenario 1

		Sedimentatie/erosie (1000 m ³ zand/jaar)	
		Huidige toestand	Scenario 1

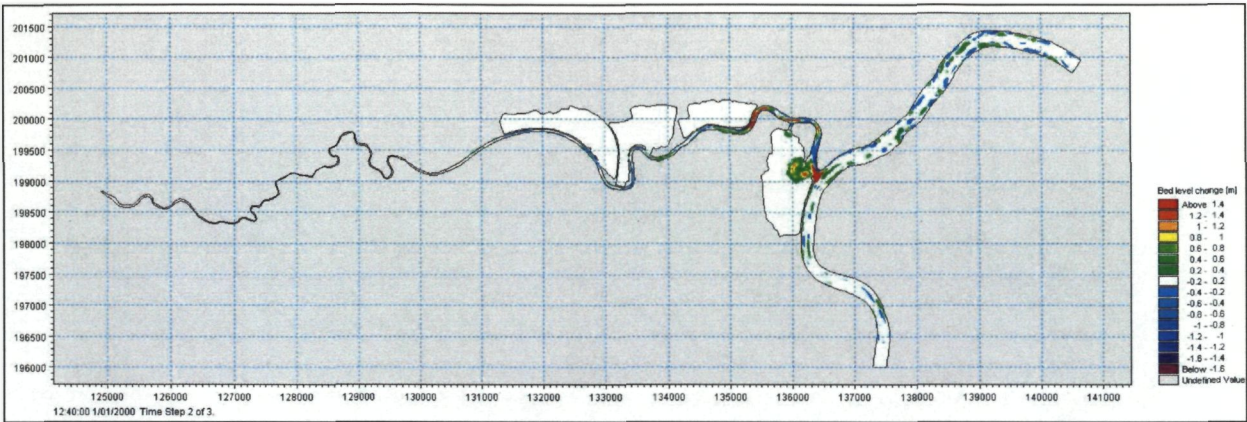
Zone 3	Schelde ter hoogte van monding durme	31	123
Zone 4	monding Durme	4	37
Zone 5	Monding durme-Tielrode	2	-2
Zone 6	Waasmunster brug en opwaarts	1	0
Zone 7	Tielrode tot Waasmunster brug	-2	-24
Zone 1	Wchelde opwaarts	77	74
Zone 2	Schelde afwaarts	24	8
Zone 8	Bunt		83
Zone 9	Klein broek		1
Zone 10	Groot broek		-1
Zone 11	Sombeekse meersen		-1
	Totaal	137	298



Figuur 2-3: Sedimentatie/erosie (m) voor volledig model in de huidige toestand en bij een repetitief gemiddeld getij, na 0.5 jaar



Figuur 2-4: Sedimentatie/erosie (m) voor volledig model in Scenario 1 en bij een repetitief gemiddeld getij, na 0.5 jaar



Figuur 2-5: Verschil (Scenario 1 – huidige toestand) in sedimentatie/erosie van zand (m per jaar) voor een repetitief gemiddeld getij voor het volledige model, na 0.5 jaar

2.5.3. Schelde

Figuur 2-8 en Figuur 2-9 tonen de sedimentatie/erosie, respectievelijk voor de huidige toestand en Scenario 1 voor een repetitief gemiddeld getij na een simulatie van 6 maand. In beide simulaties zijn zowel sedimentatie als erosievlekken merkbaar, maar een duidelijke trend hierin is niet te zien. De te verwachten volumes sedimentatie/erosie op de Schelde worden getoond in Tabel 2-6, terwijl deze in Tabel 2-7 omgezet werden naar gemiddelde bodempeilveranderingen.

In absolute waarde worden relatief grote aanzandingen worden gesimuleerd op- en afwaarts van de Durmemonding op de Schelde, wat verrassend is aangezien men kan verwachten dat de Schelde relatief in morfologisch evenwicht is. Dit is waarschijnlijk te wijten aan een aantal onzekerheden inherent aan het gebruik van sedimenttransportmodellen. Deze modellen zijn zeer gevoelig aan de gebruikte resolutie van het grid, bathymetrie, en modelparameters. Een grote onzekerheid op de absolute waarden van de resultaten van dit soort modellen is dus het gevolg.

Daarom kunnen interpretaties/conclusies van de resultaten best gebeuren op de vergelijking van de modelresultaten van verschillende toestanden/scenario's of randvoorwaarden. Figuur 2-7 toont voor de punten aangeduid in Figuur 2-6 per tijdstap het verschil tussen de aanzanding (of erosie) in Scenario 1 en de huidige toestand. Positieve waarden betekenen dus meestal meer aanzanding in Scenario 1 dan in de huidige toestand en negatieve waarden betekenen minde aanzanding in Scenario 1 dan in de huidige toestand. Figuur 2-7 en Figuur 2-10 tonen het geëxtrapoleerde verschil in sedimentatie/erosie van zand van Scenario 1 en de huidige toestand. Wat opvalt voor de Schelde op- en afwaarts van de Durmemonding is dat de verschillen tussen beide toestanden zeer klein zijn (verschillen tussen +20 en -20 cm worden niet getoond). Hieruit kan men concluderen dat de ontpolderingen op de Durme niet tot significante verschillen in sedimentatie/erosie leiden op de Schelde op- en afwaarts van de Durmemonding. Ter hoogte van de Durme is op de Schelde wel een relatief belangrijke aanzanding te merken, welke zich volledig concentreert dichtbij de Durmemonding, waar de Schelde zeer diep is.

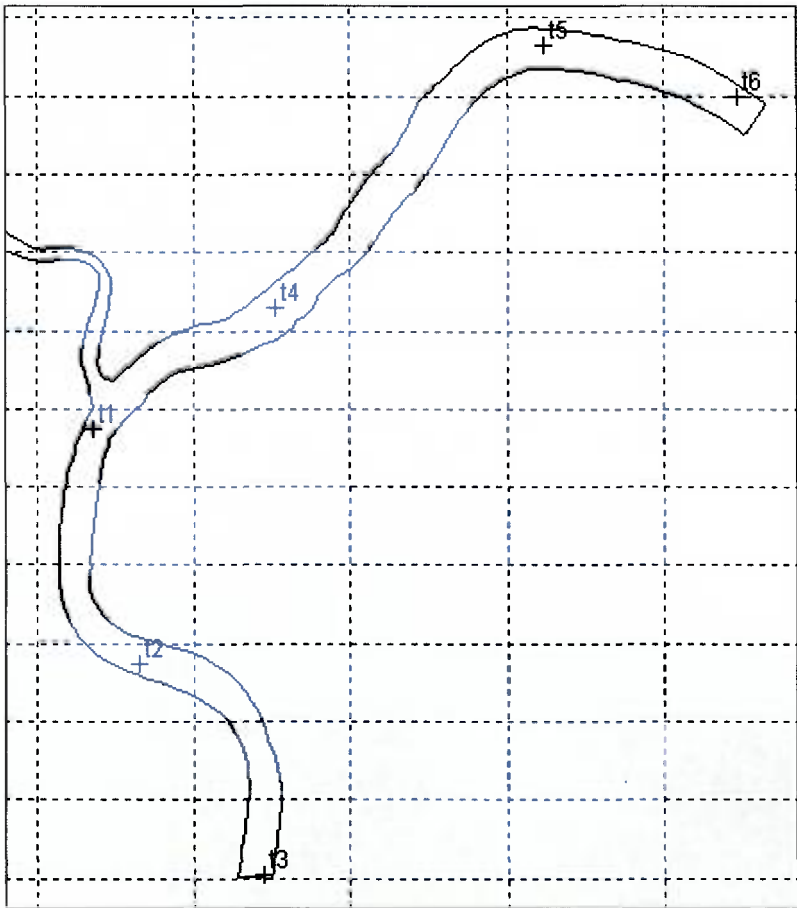
Tabel 2-6: Gemiddeld volume sedimentatie/erosie van zand voor verschillende scenario's voor de Schelde

Sedimentatie/erosie (1000 m ³ zand/jaar)	
---	--

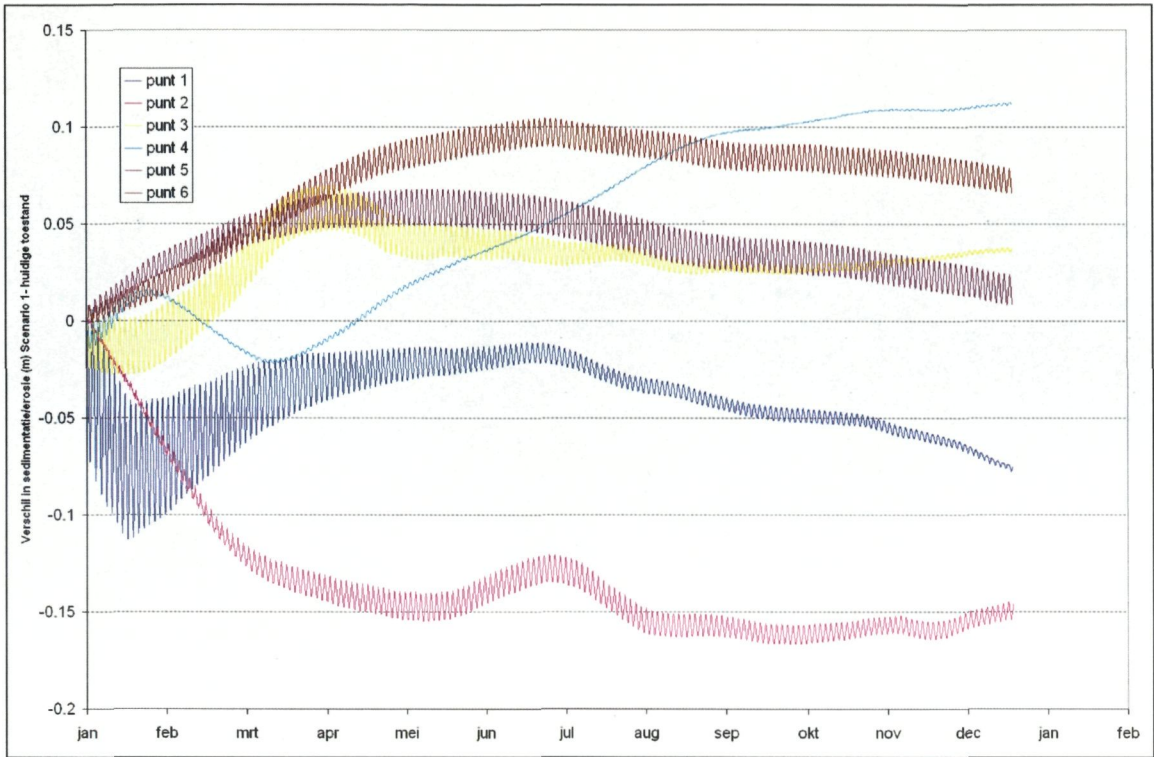
	Sedimentatie/erosie (1000 m ³ zand/jaar)	
Schelde aan Durmemonding	Huidige toestand	Scenario 1
Schelde opwaarts	31 77	123 72
Schelde afwaarts	24	8

Tabel 2-7: Gemiddelde bodemverandering door sedimentatie/erosie van zand voor verschillende types tijen en scenario's voor de Schelde

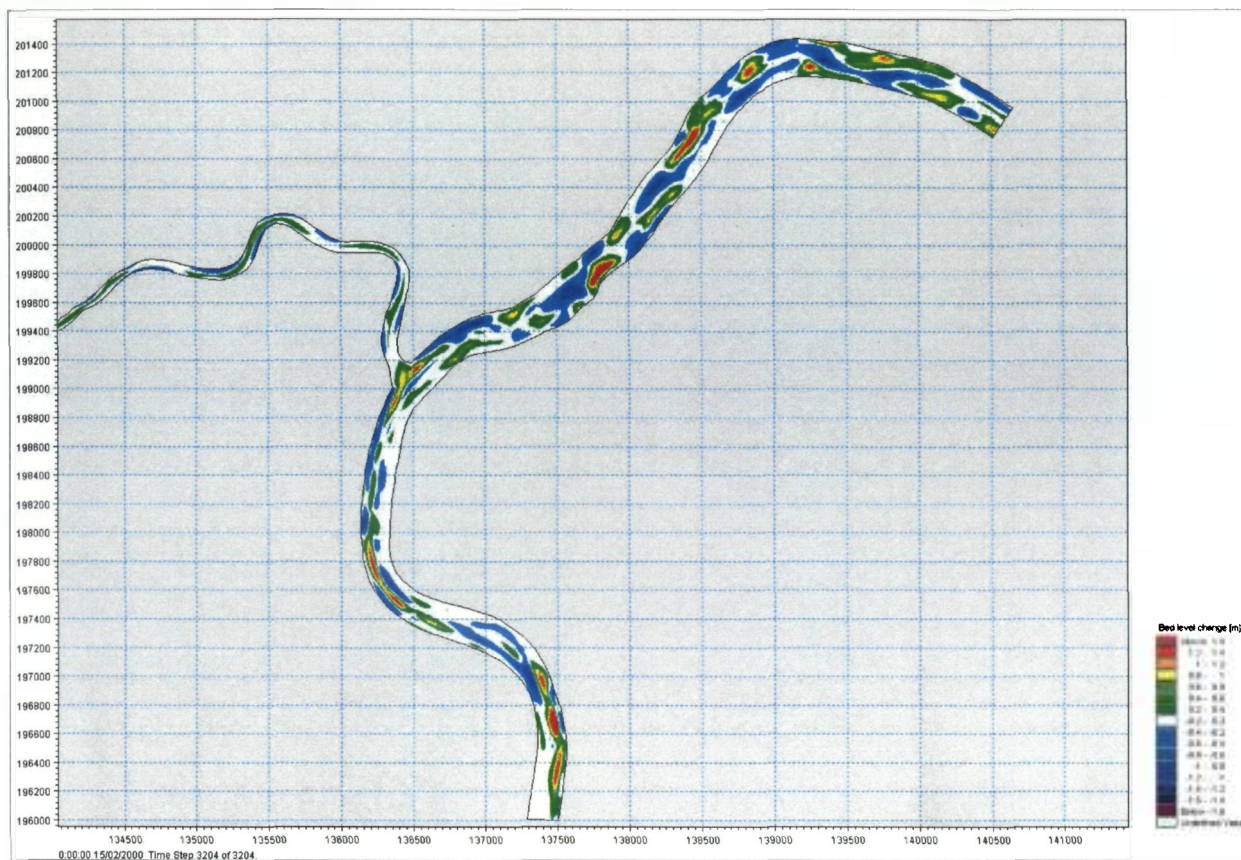
	Sedimentatie/erosie (m zand/jaar)	
	Huidige toestand	Scenario 1
Schelde monding	0.15	0.61
Schelde opwaarts	0.11	0.11
Schelde afwaarts	0.02	0.01



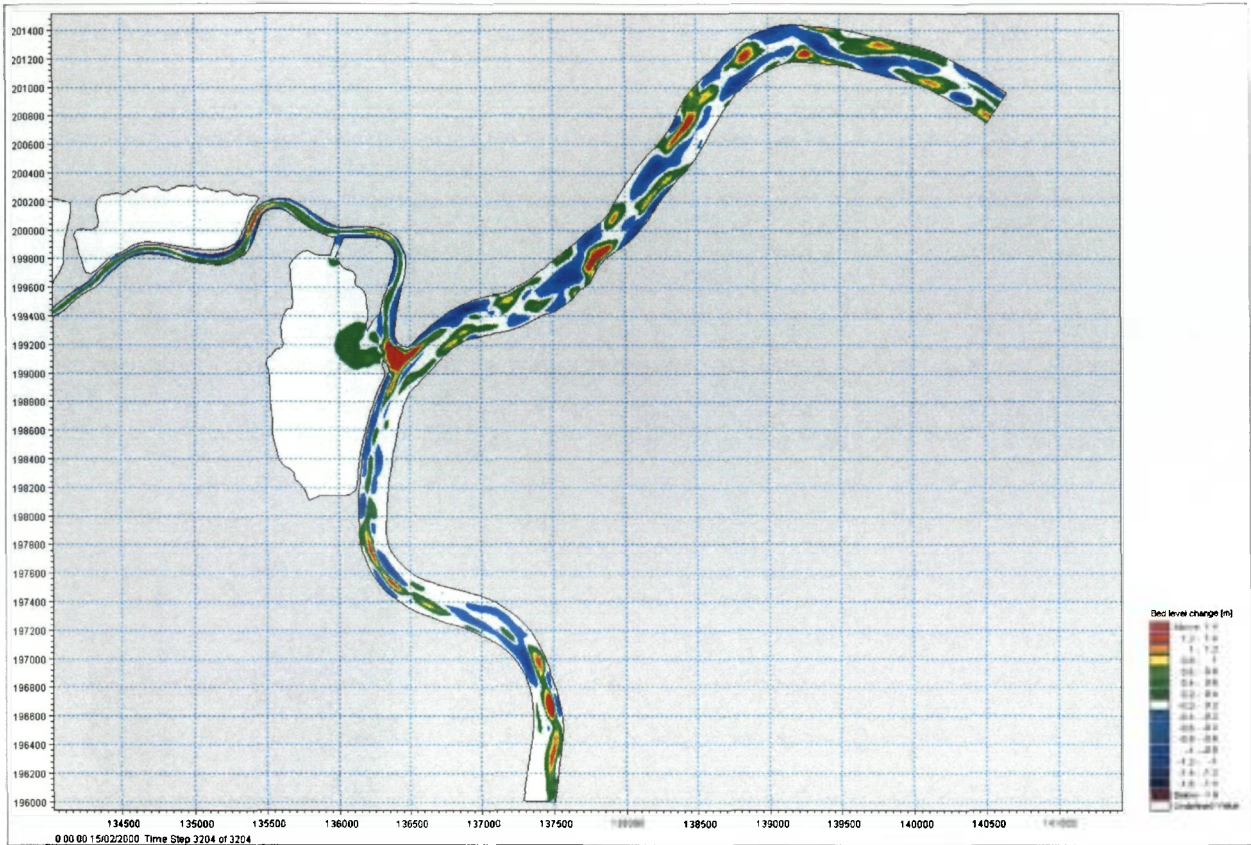
Figuur 2-6: Localisatie punten Schelde



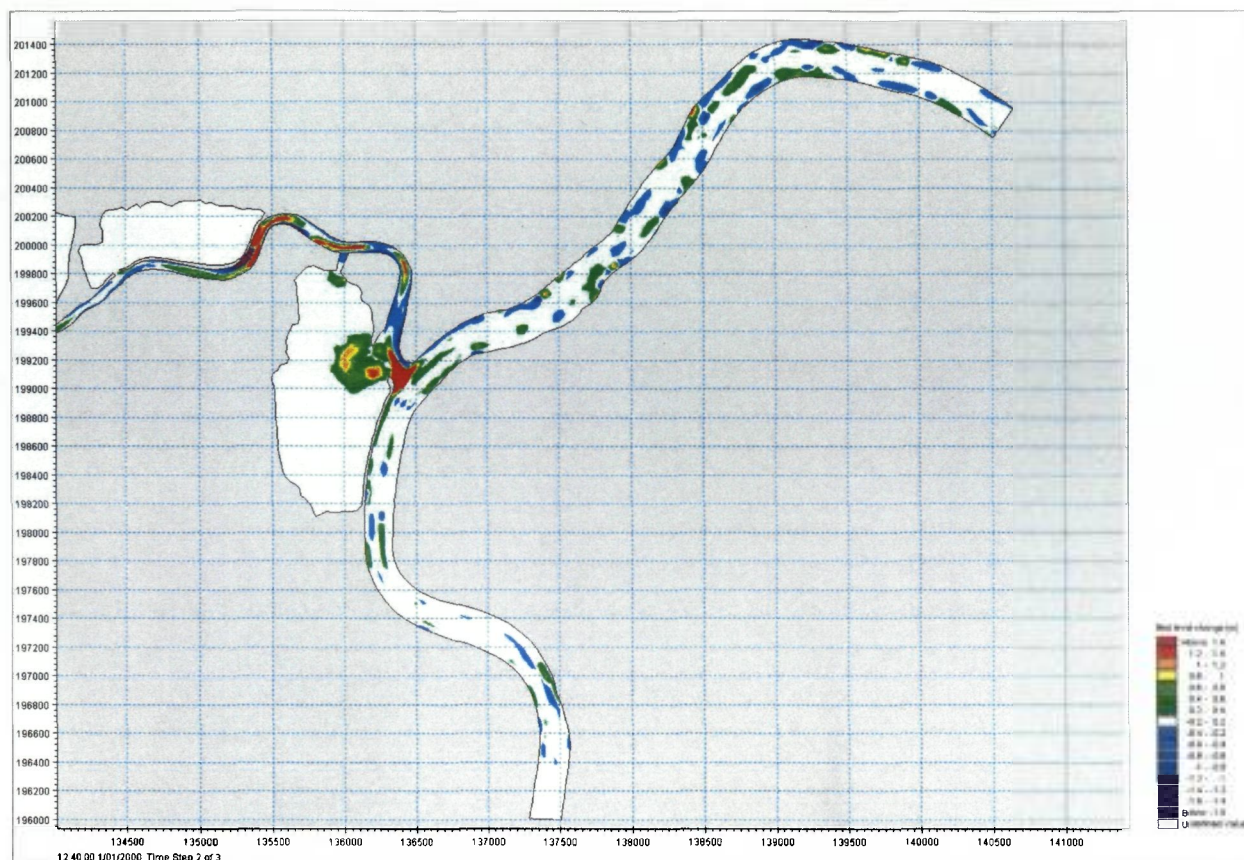
Figuur 2-7: Verschil in sedimentatie/erosie tussen Scenario 1 en de huidige toestand in functie van de tijd voor 6 punten op de Schelde



Figuur 2-8: Sedimentatie/erosie van zand in de Schelde in de huidige toestand bij een repetitief gemiddeld getij na een lange periode



Figuur 2-9: Sedimentatie/erosie van zand in de Schelde in Scenario 1 bij een repetitief gemiddeld getij



Figuur 2-10: Verschil (Scenario 1 – huidige toestand) in sedimentatie/erosie van zand (in m per jaar) op de Schelde na 1 jaar voor een repetitief gemiddeld getij

2.5.4. Durme

Voor de bespreking van de resultaten werd de Durme opgedeeld in 4 zones (zie Figuur 2-1).

Tabel 2-8 toont de aanzanding/erosie in de 4 zones van de Durme voor huidige toestand en Scenario 1. In de huidige toestand is in de Durme weinig sedimentatie/erosie van zand op te merken. Tussen Tielrode en Waasmunster brug is een zeer kleine erosie merkbaar, maar dit is binnen de nauwkeurigheidsgrenzen van het model, waardoor hieraan geen conclusies mogen gekoppeld worden. In Scenario 1 is in de Durmemonding alleszins initieel meer aanzanding gesimuleerd. Dit zand is afkomstig van enerzijds de Durme zelf en anderzijds van de extra aanvoer van zand vanuit de Schelde. Op de Durme tussen de monding en Waasmunster brug is in Scenario 1 een iets grotere erosie op te merken dan in de huidige toestand. Het verschil in sedimentatie/erosie in de Durmemonding tussen huidige toestand en Scenario 1 wordt getoond in Figuur 2-15. Duidelijk te merken is een aanzanding in de Durmemonding en op de Schelde ter hoogte van de Durmemonding. Op de Durme tussen de monding en Tielrode geven de volumes een lichte erosie terwijl de figuur naast duidelijke zones met erosie ook zones met sedimentatie laat zien. De oorzaken voor de sedimentatie in de Durmemonding in Scenario 1 zijn verscheiden en complex:

- de randvoorwaarden die gebruikt werden voor Scenario 1 zijn afkomstig van een simulatie met het 1D-model met het zogenaamde Meest Wenselijke alternatief. Dit bevat naast de

hier beschouwde ontpolderingen in de Durme ook andere overstromingsgebieden. Globaal gezien zijn de laagwaterstanden enkele cm hoger en de hoogwaterstanden op de Schelde iets lager. De ontpolderde gebieden zorgen er voor dat bij vloed meer debiet wordt aangetrokken, wat in de berekening ook meer sediment met zich mee kan brengen. Deze stijgende totale sedimentmassa kan dus ook leiden tot meer sedimentatie;

- in de Durmemonding bevindt zich ook een soort van lokale diepe zone (een put), waar de stroomsnelheden lager zijn. De combinatie van meer sediment en lagere stroomsnelheden kan leiden tot een extra sedimentatie;
- de vorm van de bresopening en de morfologische ontwikkelingen ervan spelen ook een belangrijke rol. Wegens de grote onzekerheid op de karakteristieken van de ondergrond ter hoogte van de bres, en wegens onzekerheden op de bouwwijze van de bresopening werd gekozen om in het model geen erosie toe te staan van de initiële bresopening. Deze opening bevat wel een kleine geul die ervoor moet zorgen dat bij opkomend tij het water geleidelijk de polder binnenloopt. Daar het bodempeil van de bresopening ongeveer gelijk is aan het maaipeil van de achterliggende Bunt is het vrij logisch dat de diepere Durmemonding probeert in evenwicht te geraken met de polder.

De sedimentatie in de Durmemonding in Scenario 1 vermindert na verloop van tijd. In Tabel 2-10 worden de gesimuleerde volumes sedimentatie/erosie van zand getoond na verschillende tijdstippen. De sedimentatie in de Durmemonding neemt daarin duidelijk af. Dit is ook te zien in Figuur 2-14, waar voor 5 locaties (zie Figuur 2-13) de bodempeilverandering in functie van de tijd getoond wordt.

Tussen Tielrode en Waasmunster brug wordt zowel in de huidige toestand als Scenario 1 gemiddeld over de hele zone erosie zone. In Scenario 1 is er iets meer erosie van zand dan in de huidige toestand.

Tabel 2-8: Gemiddeld volume sedimentatie/erosie van zand voor verschillende scenario's voor de Durme

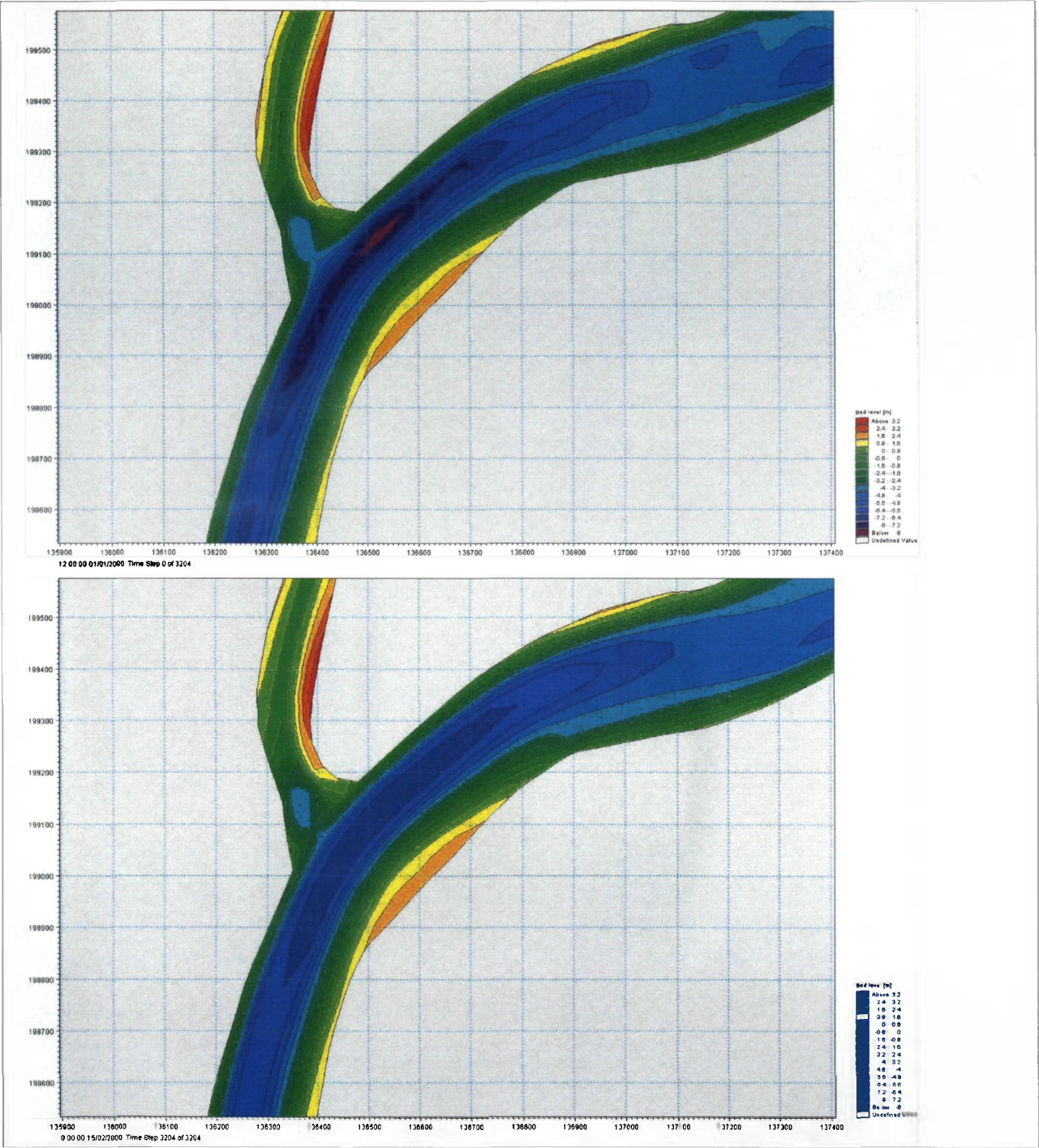
Toestand	Sedimentatie/erosie (1000 m ³ zand/jaar)	
	Huidige toestand	Scenario 1
Monding Durme	4	37
Monding tot Tielrode	2	-2
Tielrode tot Waasmunster brug	-2	-24
Waasmunster-brug tot opwaarts	1	0

Tabel 2-9: Gemiddelde bodemverandering door sedimentatie/erosie van zand voor verschillende scenario's voor de Durme

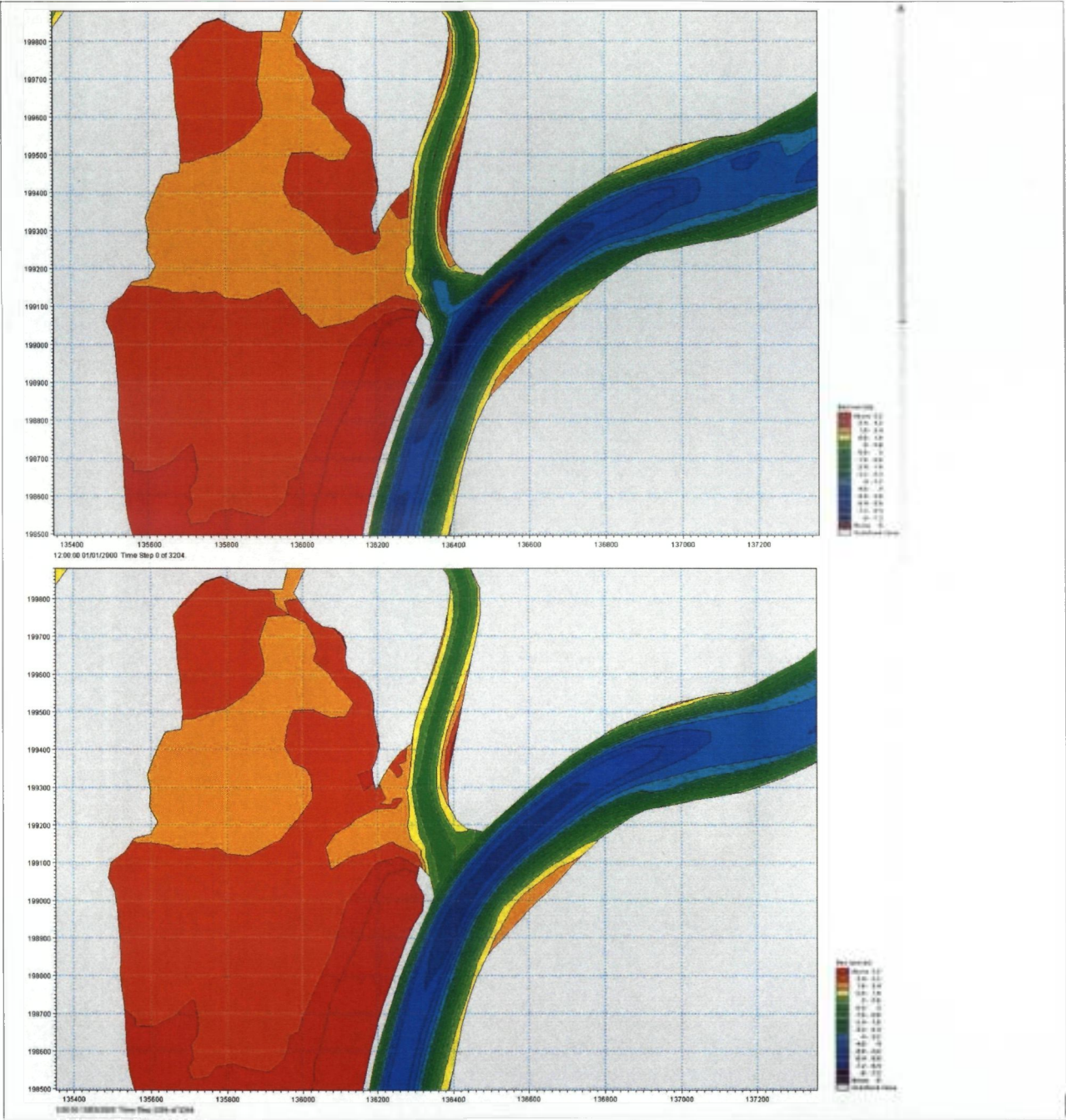
Toestand	Sedimentatie/erosie (m zand/jaar)		
	Huidige toestand	Scenario 1	Scenario 1 (put opgevuld)
Monding Durme	0.15	0.84	0.42
Monding tot Tielrode	0.03	-0.03	-0.05
Tielrode tot Waasmunster brug	-0.01	-0.06	-0.04
Waasmunster-brug tot opwaarts	0.01	0.00	0.00

Tabel 2-10: Volumes sedimentatie/erosie van zand in de Durme op basis van extrapolatie van modelresultaten na verschillende duurtijden van de simulatie (met repetitief gemiddeld getij)

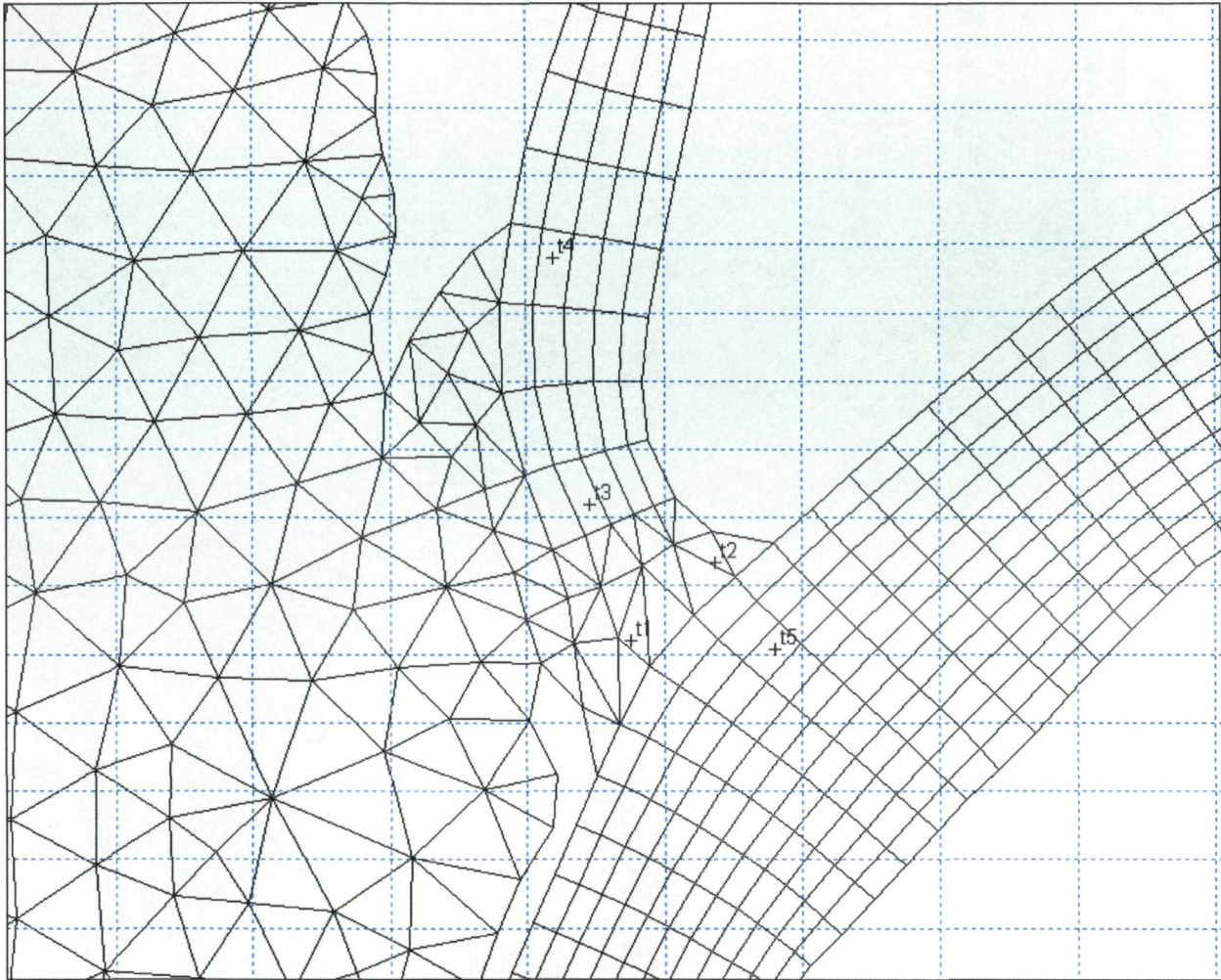
Toestand	Sedimentatie/erosie (1000 m ³ zand/jaar)				
	Huidige toestand na 6 m	Huidige toestand na 12 m	Scenario 1 na 6m	Scenario 1 na 12m	Scenario 1 na 18m
Monding Durme	2	9	43	20	7
Monding tot Tielrode	4	5	-11	-13	-6
Tielrode tot Waasmunster brug	-3	-6	12	-47	-35
Waasmunster-brug tot opwaarts	1	1	0	-1	-2



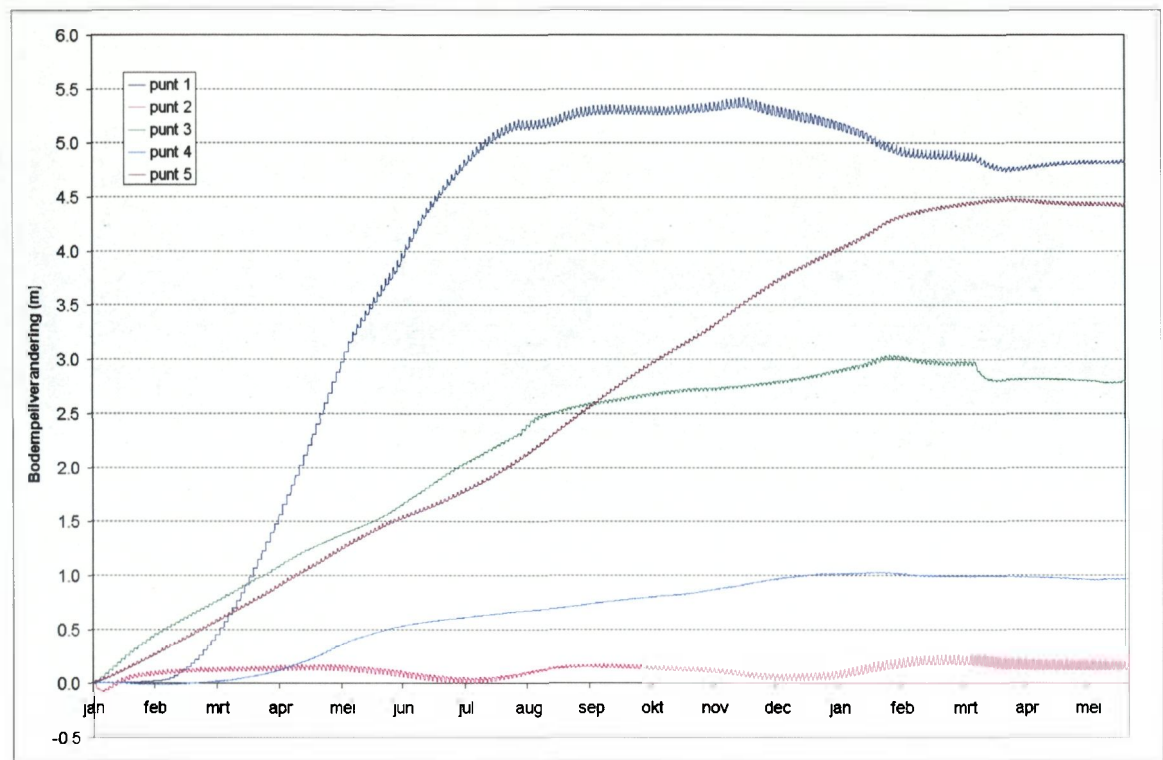
Figuur 2-11: Bodempeil voor (links) en na (rechts) simulatie met niet-cohesief model met een repetitief gemiddeld getij voor de huidige toestand



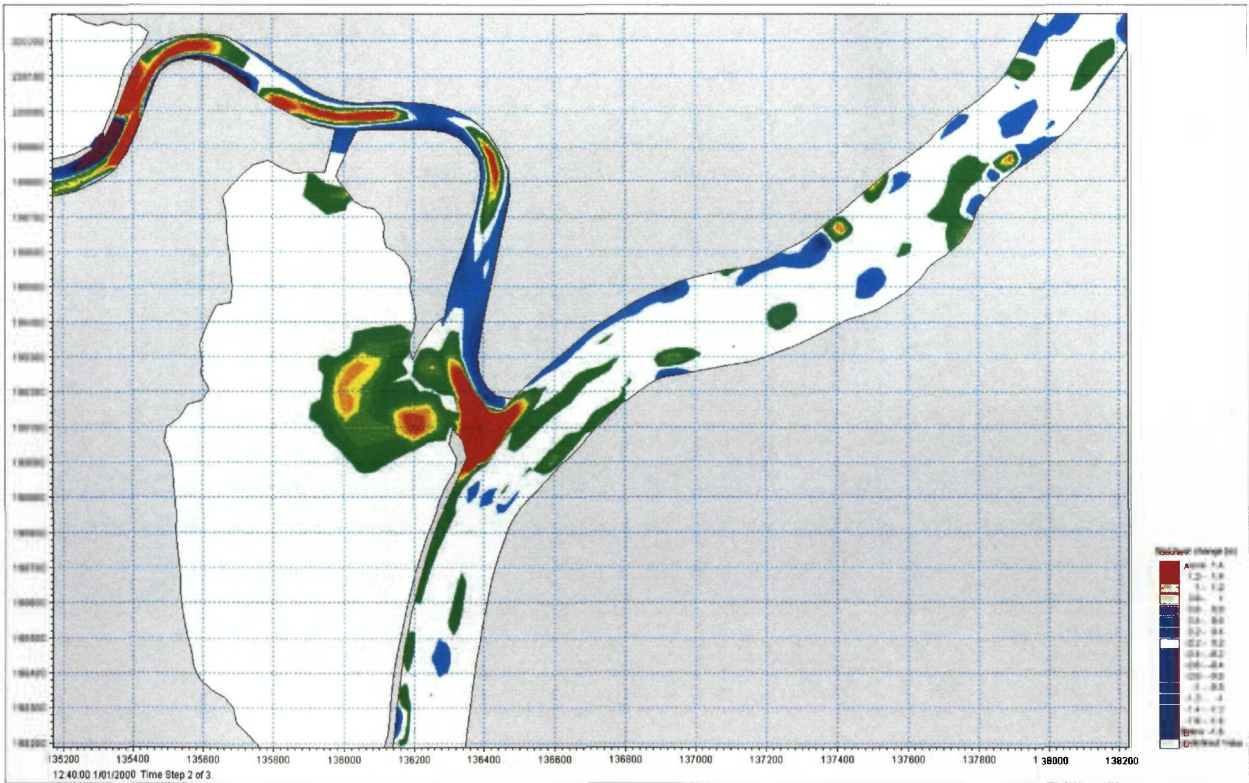
Figuur 2-12: Bodempeil voor (boven) en na (onder) simulatie met niet-cohesief model met een repetitief gemiddeld getij voor Scenario 1



Figuur 2-13: Locaties waar bodempelverandering in functie van tijd wordt getoond



Figuur 2-14: Sedimentatie/erosie van zand in Durmemonding bij een repetitief gemiddeld getij



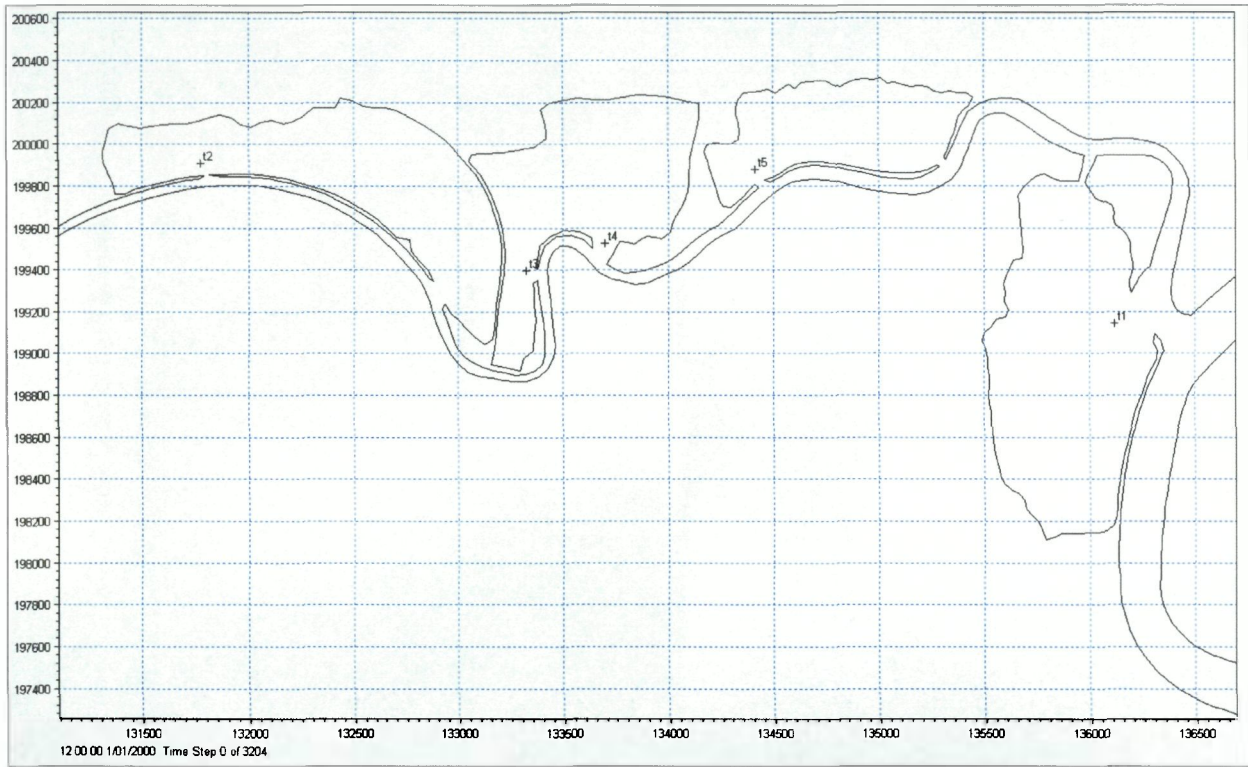
Figuur 2-15: Verschil in sedimentatie/erosie tussen huidige toestand en Scenario 1 (uitgedrukt in m per jaar)

2.5.5. Polders

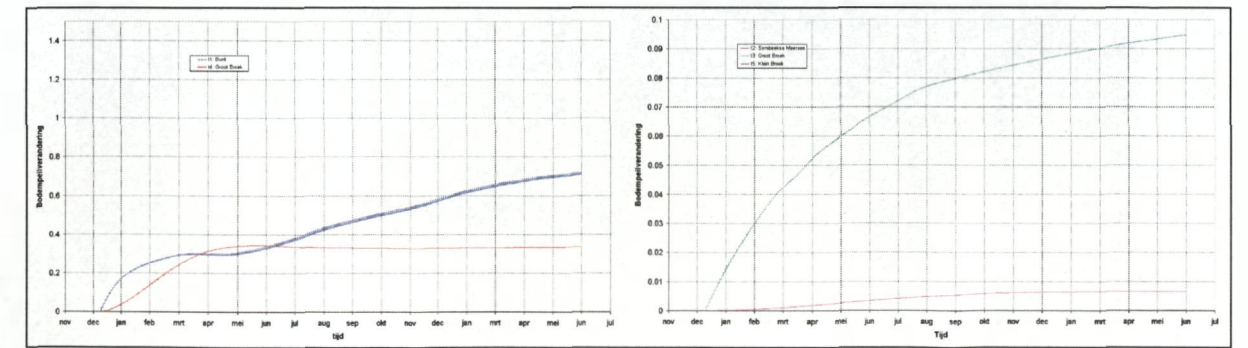
Figuur 2-18 en Figuur 2-19 tonen de aanzanding in de ontpolderde gebieden. De aanzanding in de Bunt beperkt zich tot de zone in de buurt van de openingen in de dijk en strekt zich helemaal niet uit over de volledige oppervlakte van de polder. Voor de andere ontpolderde gebieden geldt hetzelfde maar nog uitgesprokener. De aanzanding komt daar meestal niet veel verder dan de bresopening.

De volumes en bodemveranderingen uit Tabel 2-11 en Tabel 2-12 geven hetzelfde beeld. Enkel in de Bunt is een min of meer significante initiële aanzanding merkbaar gedurende het eerste jaar.

Figuur 2-17 toont de aanzanding in functie van de tijd op een aantal locaties (zie Figuur 2-16) in de bresopeningen van de ontpolderde gebieden. De initiële aanzanding in de openingen stabiliseert of vertraagt minstens.



Figuur 2-16: Locatie punten in bresopeningen ontpolderde gebieden Durme



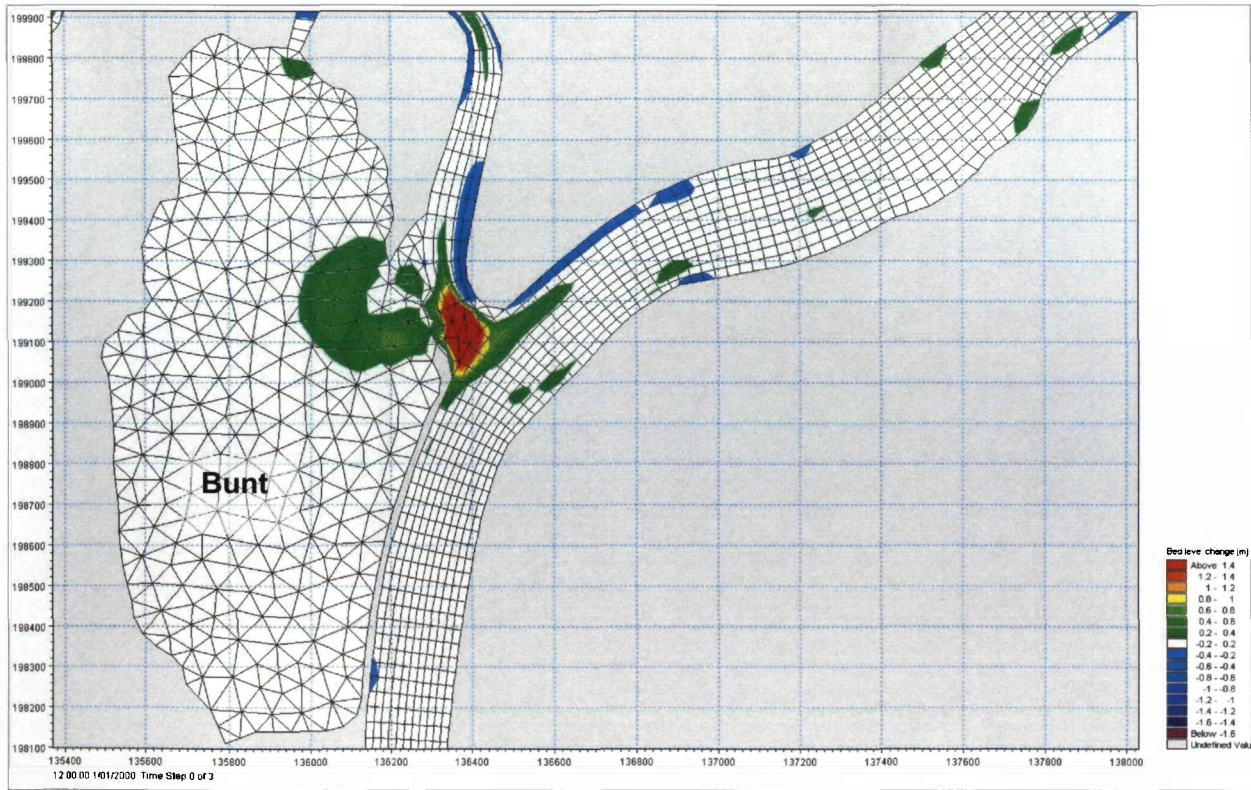
Figuur 2-17: Aanzanding in de openingen van de ontpolderde gebieden

Tabel 2-11: Gemiddeld volume sedimentatie/erosie van zand voor verschillende types tijen en scenario's voor de ontpolderde gebieden

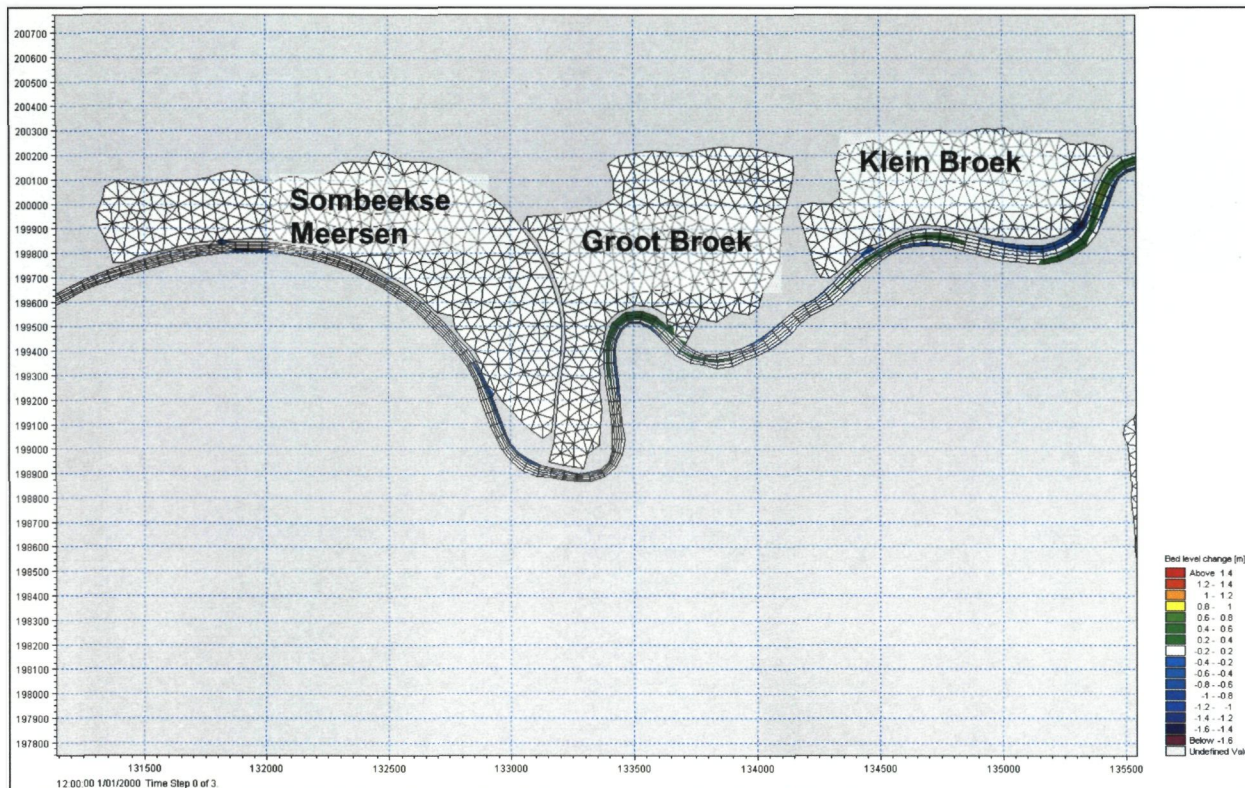
Gebied	Sedimentatie/erosie (1000 m³ zand/jaar)			
	Dood tij	Gemiddeld tij	Springtij	Gemiddelde
Bunt	33.98	74.35	139.57	82.63
Klein Broek	0.02	0.66	2.98	1.22
Groot Broek	0.00	-0.34	-1.37	-0.57
Sombeekse Meersen	-0.05	-0.13	-2.86	-1.01

Tabel 2-12: Gemiddelde bodemverandering door sedimentatie/erosie van zand voor verschillende types tijen en scenario's voor de ontpolderde gebieden

Gebied	Sedimentatie/erosie (m zand/jaar)			
	Dood tij	Gemiddeld tij	Springtij	Gemiddelde
Bunt	0.03	0.07	0.14	0.08
Klein broek	0.00	0.00	0.01	0.00
Groot broek	0.00	0.00	0.00	0.00
Sombeekse meersen	0.00	0.00	0.00	0.00



Figuur 2-18: Geextrapoleerd verschil (Scenario 1 – huidige toestand) in sedimentatie/erosie van zand in de Bunt na 1 jaar voor een repetitief gemiddeld getij



Figuur 2-19: Geextrapoleerd verschil (Scenario 1 – huidige toestand) in sedimentatie/erosie van zand in de Bunt na 1 jaar voor een repetitief gemiddeld getij

2.6. Conclusies en onzekerheden

Voor het zandtransport zijn een aantal relatief lange simulaties uitgevoerd (6 maand continu simulatie) voor de huidige situatie en een Scenario met ontpolderde gebieden. Deze simulaties zijn uitgevoerd voor een repetitief dood, gemiddeld en springtij. Met de resultaten van deze 3 types tij is een gemiddelde toestand berekend, representatief voor een tijcyclus.

Uit de simulatieresultaten kunnen volgende conclusies getrokken worden met betrekking tot de effecten van de ontpolderingen in de Durme:

- Op de Schelde op- en afwaarts van de Durme is weinig verschil merkbaar tussen de resultaten voor de huidige toestand en die voor het Scenario.
- Aan de Durmemonding, zowel op de Schelde als op de Durme wordt aanzanding verwacht als gevolg van de opening in de dijk voor de ontpoldering van de Bunt, waarbij de bodem van de rivier zich aanpast aan het "plotse" ontstaan van een opening, met als gevolg totaal andere stromingspatronen. Deze aanzanding neemt echter wel af, en lijkt zich al te stabiliseren na 18 maand, maar zal in de praktijk mee beïnvloed worden door de evolutie van de bodem van de bres;

- Op de rest van de Durme zijn de absolute hoeveelheden zandafzetting/erosie veel kleiner. Opwaarts Waasmunster brug is zelfs quasi geen zandafzetting/erosie te merken. Tussen de monding en waasmunster brug lijkt er een lichte trend naar minder afzetting (of zelfs erosie) van zand te zijn als gevolg van de ontpolderingen.
- In de ontpolderde gebieden wordt enkel een significante hoeveelheid zand aangetroffen in de Bunt. Deze zandafzetting situeert zich vooral dichtbij de opening in de dijk en lijkt zich net zoals de monding van de Durme enigszins te stabiliseren.

Deze conclusies geven een aanwijzing van de mogelijke effecten van de ontpolderingen op de zandafzettingen. Niettemin zijn er een aantal onzekerheden, leemtes in de kennis die deze conclusies kunnen beïnvloeden:

- De simulaties met het MIKE21 FM 2D eindige volumes model zijn slechts doorgerekend voor maximaal de eerste 18 maand nadat het scenario gerealiseerd is. Simulaties over een veel langere tijd (bijv. 20 jaar) zijn met de huidige vrij gedetailleerde modelschematisatie, het gebruikte model, en de huidige reken capaciteit, niet mogelijk op een eenvoudige manier. Extrapolatie van de huidige simulatieresultaten naar een veel langere periode is wel mogelijk, maar de onzekerheden zijn dusdanig groot dat dit beter niet wordt gedaan;
- De huidige modellen maken gebruik van min of meer uniforme sedimentkarakteristieken 1 waarde voor de d50 in het volledige model). De gekozen waarde (0.25 mm) heeft een invloed op de resultaten, vooral op de volumes afzetting/erosie, eerder dan op de globale trends; een calibratie van het zandtransportmodel is zeer moeilijk aangezien weinig tot geen detailinformatie beschikbaar is omtrent bijvoorbeeld gebaggerde hoeveelheden zand, historische zandafzettingen.
- In de huidige simulaties wordt niet-cohesief (zand) en slibtransport apart doorgerekend. In realiteit doet zich in de Durme een mix van beide voor. Zo zal waarschijnlijk op de Schelde en aan de monding van de Durme zandtransport redelijk belangrijk zijn, terwijl opwaarts op de Durme waarschijnlijk uitsluitend slibtransport van belang is. De interactie van beide op de resultaten wordt niet mee in rekening gebracht;
- De bekomen resultaten gaan uit van een modelschematisatie waarin een bepaalde afbakening van de te ontpolderde gebieden is ingebouwd en waarin aannames zijn gedaan voor de locatie, grootte en diepte van de openingen. Andere afbakeningen of dimensies van openingen kunnen aanleiding geven tot andere resultaten.

3. COHESIEF TRANSPORT

3.1. Modelparameters

De beschrijving van de parameters voor het cohesief transport kunnen in grote lijnen onderverdeeld worden in 2 groepen: parameters gerelateerd aan de waterkolom en parameters gerelateerd aan de bodem van de rivier.

Bij de waterkolom gerelateerde parameters dienen de valsnelheid en de kritische schuifspanning voor depositie gespecificeerd te worden. Voor de modellering van de valsnelheid zijn formuleringen beschikbaar binnen Mike21fm, waartussen een keuze dient gemaakt te worden in functie van de beschikbare hoeveelheid data en in functie van de te verwachten sedimentconcentraties. Bij hoge sedimentconcentraties, de kans op botsingen tussen verschillende deeltjes is groter en de cohesieve eigenschappen van de deeltjes zullen dan resulteren in flocculatie, waarvoor andere formuleringen dienen gebruikt te worden dan bij lage sedimentconcentraties.

Wegens het ontbreken van gedetailleerde basisgegevens hieromtrent werd in deze studie gebruik gemaakt van een constante valsnelheid. Voorafgaand werd een kleine gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Op basis hiervan werd gekozen voor een valsnelheid van 0.0001 m/s

De depositie van suspensief sediment zal plaatsvinden indien de schuifspanning kleiner is dan de kritische schuifspanning voor depositie. Deze kritische schuifspanning dient gecalibreerd te worden en is meestal kleiner dan de kritische schuifspanningen voor erosie.

De parameters gerelateerd aan de bodemeigenschappen van de rivier hebben vooral betrekking op de erosiekaracteristieken zoals: erosieconstantes en kritische schuifspanningen, densiteit van de verschillende lagen, ruwheid, transitiekaracteristieken tussen de verschillende lagen.

De sedimentbodem binnen de cohesiefransport module gaat uit van 1 of meer lagen. Iedere laag wordt gedefinieerd door de sedimentmassa in de laag en door de droge densiteit en erosiekaracteristieken van de laag. Verschillende fracties kunnen per laag gespecificeerd worden. Tijdens een simulatie berekent het model continu de aanwezige massa sediment, terwijl de droge densiteit en de erosiekaracteristieken constant gehouden worden gedurende de simulatie.

Het consolidatieproces tussen verschillende lagen is momenteel simpelweg gedefinieerd als een transfer van sediment van 1 laag naar een andere.

De verschillende bodemlagen zijn georganiseerd zodanig dat de "zwakste" laag (meestal nieuw afgezet sediment) is gedefinieerd als de bovenste laag. De lagen daaronder hebben typisch een hogere densiteit en hogere sterkte, met een hogere kritische schuifspanning voor erosie. Tijdens een simulatie kunnen 1 of meerdere lagen compleet geërodeerd worden op bepaalde locaties, zodat de laag "leeg" wordt. De actieve bodemlaag op een bepaald moment op een bepaalde plaats wordt gedefinieerd als de eerste laag (gezien van bovenaf) die niet "leeg" is. Erosie heeft altijd plaats op de actieve bodemlaag terwijl depositie altijd op de bovenste sedimentlaag. Erosie zal trouwens pas kunnen plaatsvinden op het moment dat de schuifspanning op een bepaald moment en plaats de kritische schuifspanning voor erosie van de actieve laag heeft overschreden. Figuur 3-1 geeft een schematische weergave van de gemodelleerde processen voor een systeem met 3 lagen.

Binnen deze studie werd geopteerd voor een simpele voorstelling met slechts 2 lagen. Dit omwille van een gebrek aan basisgegevens omtrent de bodemkaracteristieken.

Er werd dus gebruik gemaakt van 1 “Fluid Mud” laag en 1 “Hard mud” laag, waartussen consolidatie mogelijk was. De erosiekaracteristieken van de “Hard mud” laag werden zodanig gekozen dat deze bijna nooit zou eroderen en er slechts zeer traag consolidatie gebeurt vanuit de bovenliggende laag. De Erosieconstante en kritische schuifspanning zijn in principe te calibreren parameters.

Tabel 3-1: Belangrijkste bodemparameters cohesief transport model

Parameter	Bovenste laag	Onderste Laag	Eenheid
Erosieconstante	0.000005	0.0001	Kg/m ² /s
Kritische schuifspanning	0.6	2.2	N/m ²
Droge densiteit	244	800	Kg/m ³

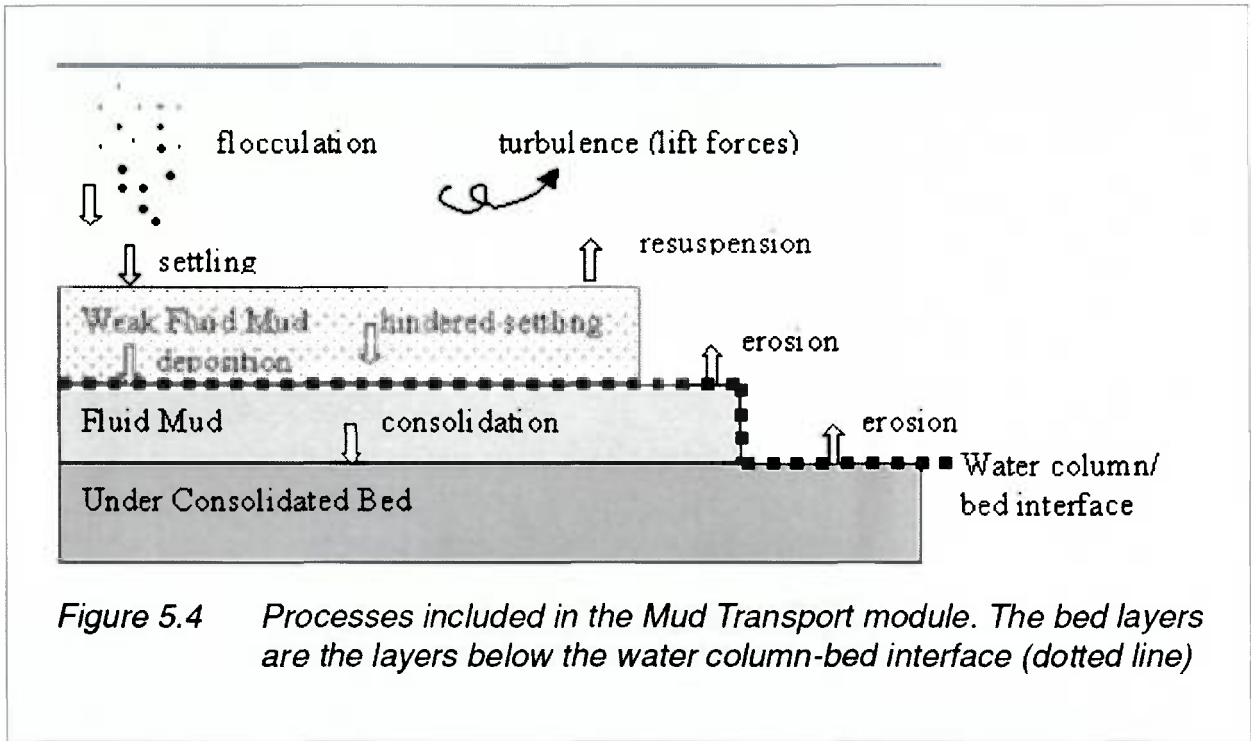


Figure 5.4 Processes included in the Mud Transport module. The bed layers are the layers below the water column-bed interface (dotted line)

Figuur 3-1: Samenvattende schematisatie van modelstructuur cohesief transport mike21FM (bron: manual M21FM)

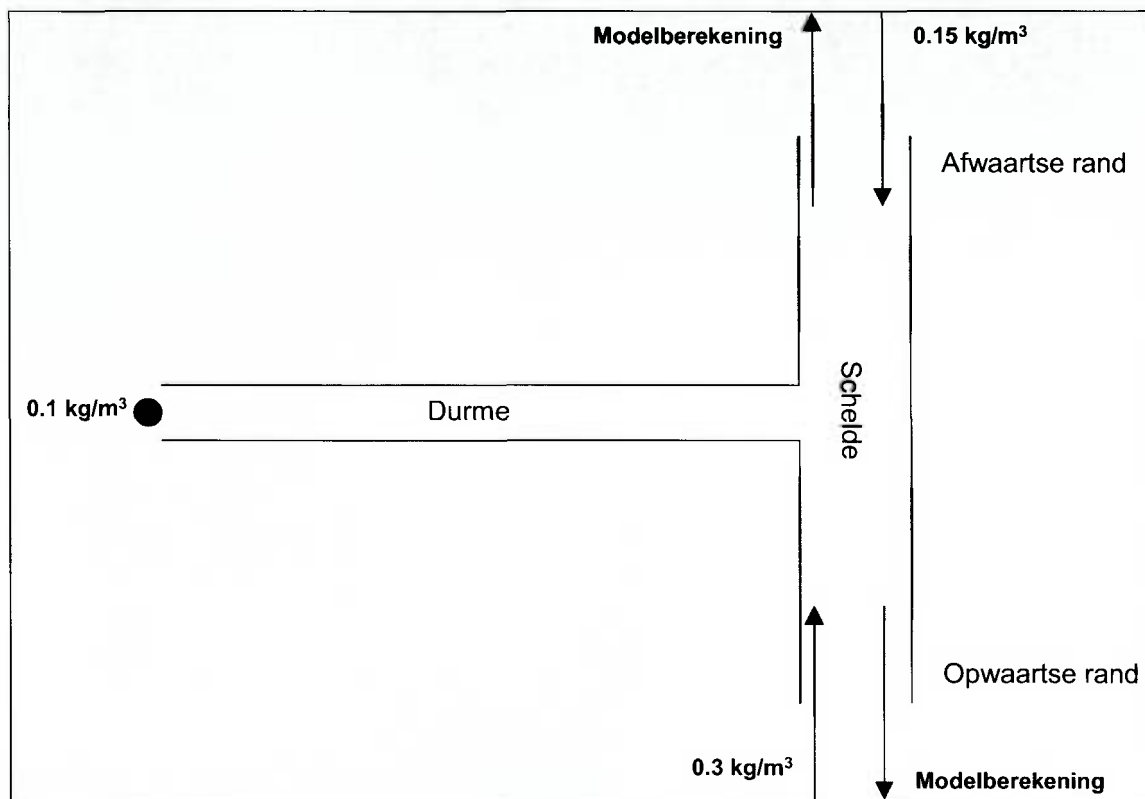
3.2. Randvoorwaarden

Een hydrodynamisch model en een sedimenttransportmodel hebben nood aan randvoorwaarden. Het Mike21 FM model heeft randvoorwaarden nodig aan:

- Durme ter hoogte van Dam te Lokeren
- Schelde afwaarts van de brug van Temse (sectie 45186 in 1D-model Zeeschelde)
- Schelde opwaarts van veer te Driegoten (sectie 53801 in 1D-model Zeeschelde)

De hydrodynamische randvoorwaarden zijn identiek aan dewelke gebruikt werden bij de hydrodynamische modellering en bij de modellering van het zandtransport.

Voor wat betreft de randvoorwaarden van het slibtransportmodel werd opwaarts op de Durme een constante concentratie opgelegd van 0.1 kg/m^3 . Als randvoorwaarden op de Schelde werd bij het binnenstromen van water in het modelgebied een constante concentratie aangenomen, terwijl bij het buitenstromen van water de concentratie door het model berekend werd. Schematisch voorgesteld komt dat neer op:



Figuur 3-2: Schematische voorstelling randvoorwaarden slibtransport

3.3. Calibratie

Net zoals bij het zandtransportmodel zijn er voor het modelleren van het slibtransport niet veel specifieke gegevens aanwezig. De uitgevoerde meetcampagnes leveren als resultaat een aantal punctuele bodemkarakteristieken, sedimentconcentraties (meestal via turbiditeiten) gedurende welbepaalde tijden, maar dit is eerder richtinggevend dan een bron van gegevens om het model mee te calibreren. De parameters die in het slibtransportmodel gebruikt worden zijn niet direct meetbaar. Gegevens omtrent historische aanslibbing en baggerwerken zijn wel beschikbaar maar zijn enerzijds moeilijk interpreteerbaar en zijn anderzijds is het door de zeer lange rekentijden van de 2D modellen ook niet mogelijk om zeer lange periodes door te rekenen. De waardes voor de modelparameters werden bepaald naar analogie met de parameters van slibmodelleringen op de Schelde (TV RA-IMDC-Soresma-Haecon, 2006, deelopdracht 5, Hydrodynamische en morfologische studies ontpoldering Noordelijke Gebieden) en 1D morfologische modellering van

de Durme (TV Soresma-Haecon-Technum, 2004, Planstudie rivierherstelproject Durme, Maatschappelijke impactstudie, Morfologische modelstudie , van de Durme, Volume 2: Ontwikkeling en ijking van morfologisch model van de Durme).

3.4. Simulaties en interpretatiemethode

In het rapport betreffende de hydrodynamische 2D modellering zijn 3 scenario's doorgerekend:

- Ontpoldering van Bunt, Klein Broek, Groot Broek en Sombeekse Meersen. Dit is het meest wenselijk scenario en is in het 1D-model reeds doorgerekend. (Scenario 1)
- Ontpoldering van de Bunt met behoud van schorre tussen Bunt en Durme. (Scenario 2)
- Idem als eerste scenario maar met weggeschuurde schorre naast Bunt en ter hoogte van monding van de Durme (op LO Durme). (Scenario 3)

Vermits momenteel Scenario 1 als het meest wenselijke alternatief beschouwd wordt, werden alle simulaties in eerste instantie voor dit scenario gedaan. Ook omwille van de lange rekentijden van het morfologisch model was het praktisch onmogelijk om meerdere scenario's door te rekenen.

Om de resultaten van Scenario 1 te kunnen interpreteren werd ook de huidige toestand doorgerekend.

De modellen werden doorgerekend voor een typisch dood, gemiddeld en springtij dat gedurende een lange periode herhaald werd (1 maand of ongeveer 70 tijcycli) zodat een aantal initiële instabiliteiten uit het model verdwijnen en meer betrouwbare interpretaties gemaakt konden worden.

Om de resultaten te interpreteren werden enkele bewerkingen uitgevoerd op de resultaten. Met de resultaten van de simulaties voor een typisch dood, gemiddeld en springtij werd een gewogen gemiddelde berekend. In een volledige tijcyclus komen theoretisch dubbel zoveel gemiddelde getijden voor als er spring en dood tijden voorkomen. Voorts werd voor elk modellement het verschil gemaakt tussen de aanslibbing/erosie in de toekomstige toestand (scenario 1) en de huidige toestand. Hierdoor vergemakkelijkt men de interpretatie van de resultaten, aangezien een aantal modeltechnische onnauwkeurigheden (modelschematisatie, modelvergelijkingen, parameters) zowel in de huidige toestand als in het scenario voorkomen, en deze dus bij het verschil tussen beide niet meer meegerekend worden.

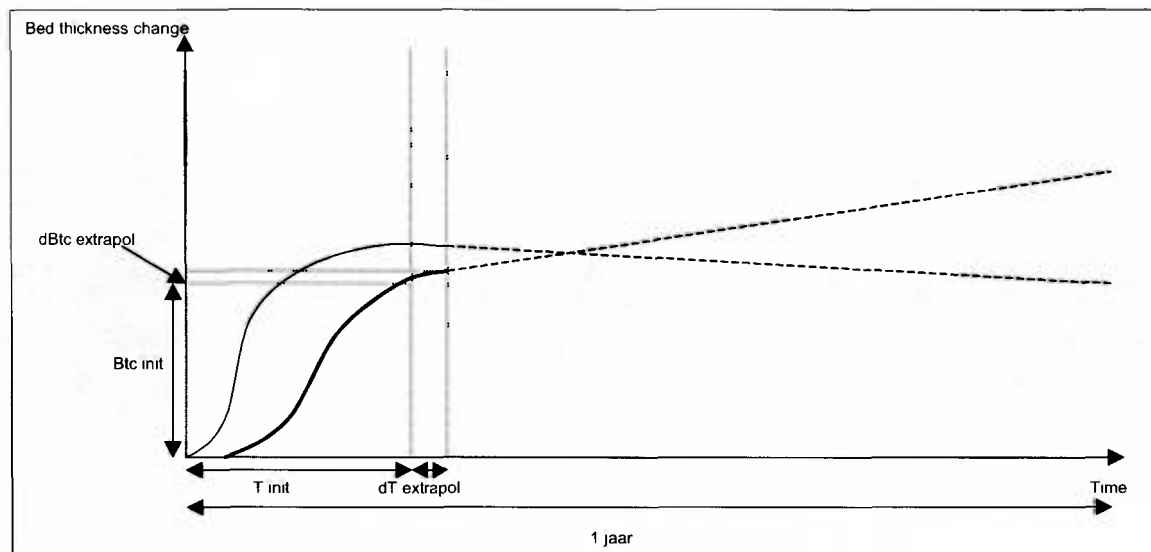
Het gewogen gemiddelde resultaat werd dan bekomen door volgende formule:

Btc gewogen gemiddelde = 0.25 x btc spring + 0.50 x btc gemiddeld + 0.25 x btc dood

Met:

Btc: bodempeilverandering ten opzichte van huidige toestand

De simulatieresultaten, op basis van 1 maand lange simulaties, werden geëxtrapoleerd naar resultaten voor 1 jaar. De hoeveelheid sedimentatie/erosie na 1 jaar werd berekend



$$Btc \text{ 1 jaar} = Btc \text{ init} + dBtc \text{ extrapol} \times (1 \text{ jaar} - tinit) / dt \text{ extrapol}$$

Met:

Btc: bodempeilverandering

Dtbc extrapol: bodempeilverandering over extrapolatieperiode

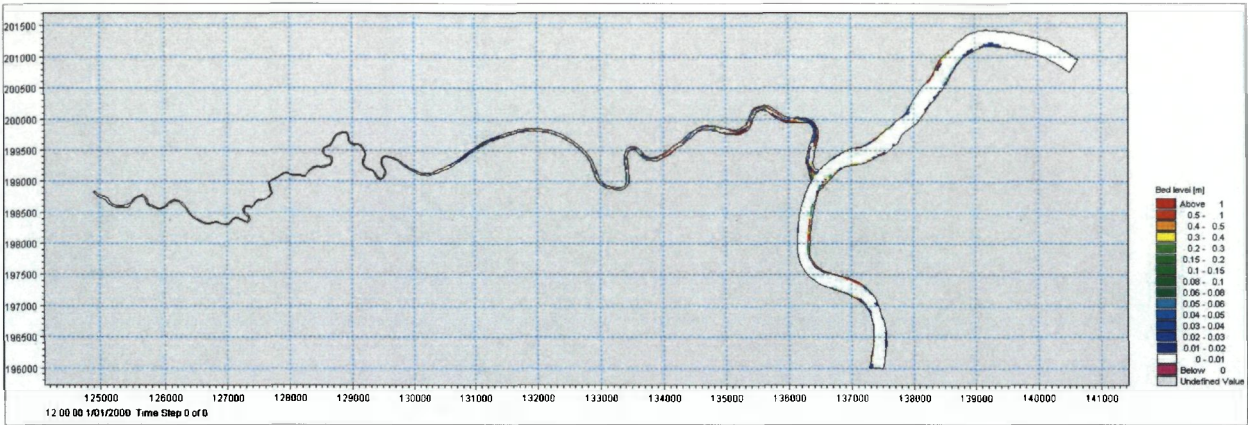
Tinit: duur initialisatieperiode

Dt extrapol: extrapolatieperiode

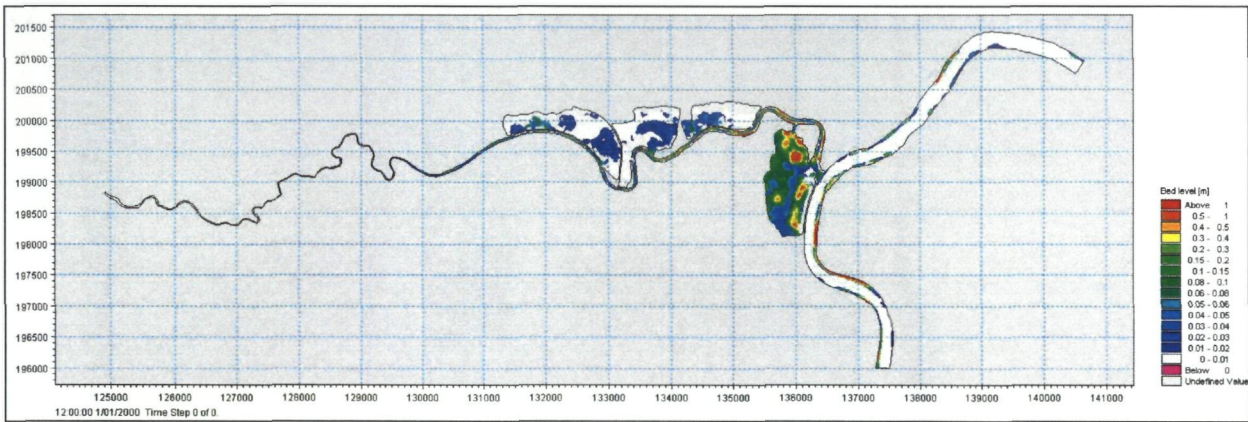
3.5. Interpretatie van de resultaten

3.5.1. Algemeen

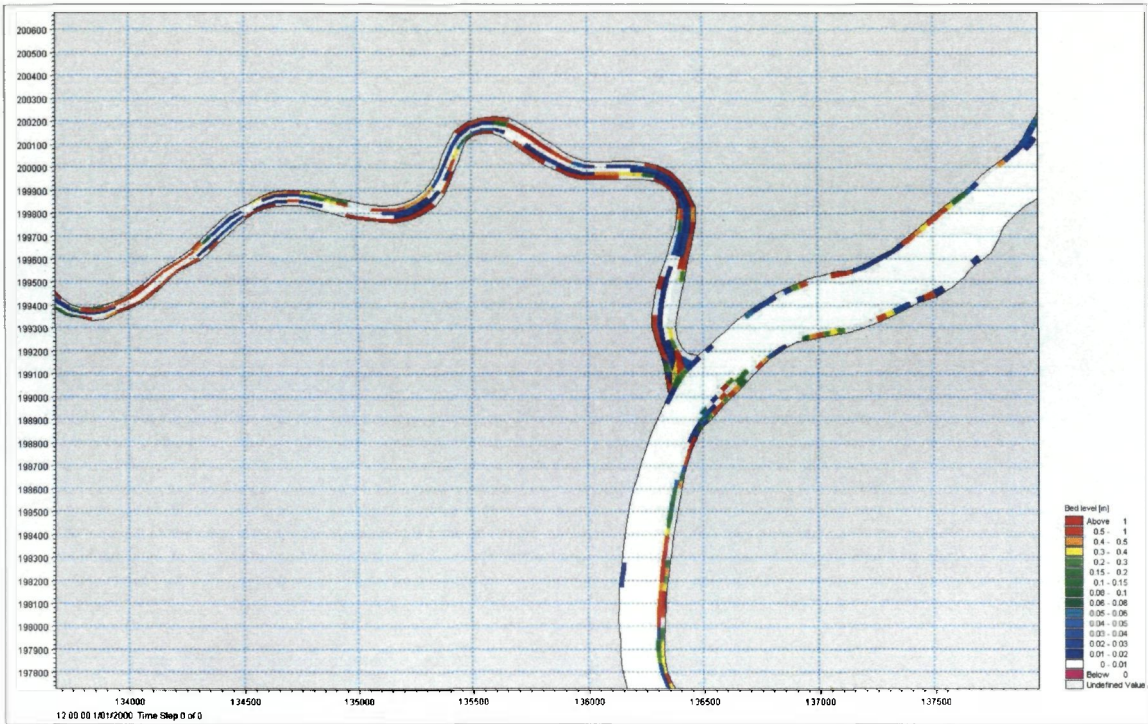
Zowel in de huidige toestand als Scenario 1 wordt voor de doorgerekende tijen globaal telkens sedimentatie gesimuleerd. In de Schelde is deze sedimentatie echter zeer klein, enkel langs de oevers worden grotere waarden gesimuleerd. Het model is daar echter zeer gevoelig aan de gebruikte bathymetrie en modelschematisatie. Figuur 3-3 tot Figuur 3-6 tonen de sedimentatie op het einde van de simulaties. De eerste 2 figuren tonen de resultaten voor huidige toestand en Scenario 1 voor het volledige model, terwijl de laatste 2 meer gedetailleerd de resultaten tonen voor de Durmemonding en het afwaartse deel van de Durme. Op de Schelde is zowel in de huidige toestand als Scenario 1 gemiddeld gezien weinig aanslibbing. Op de Durme en in de polders is dit echter wel duidelijk te merken.



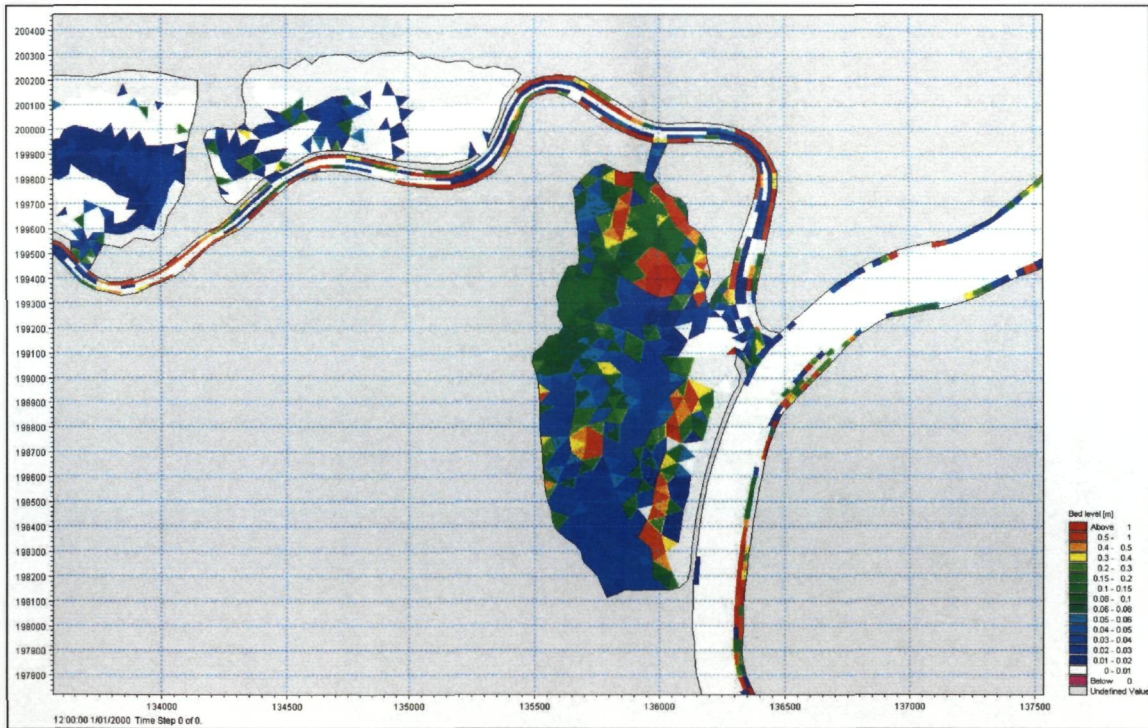
Figuur 3-3: Gemiddelde (over dood, gemiddeld en springtij) sedimentatie voor de huidige toestand op het einde van een simulatie (70 tijcycli)



Figuur 3-4: Gemiddelde (over dood, gemiddeld en springtij) sedimentatie voor Scenario 1 op het einde van een simulatie (70 tijcycli)



Figuur 3-5: Gemiddelde (over dood, gemiddeld en springtij) sedimentatie voor de huidige toestand op het einde van een simulatie (70 tijcycli) voor een deel van de Durme en Schelde



Figuur 3-6: Gemiddelde (over dood, gemiddeld en springtij) sedimentatie voor Scenario 1 op het einde van een simulatie (70 tijcycli) voor een deel van de Durme en Schelde

3.5.2. Schelde

Figuur 3-7 toont het verschil in sedimentatie/(erosie) tussen Scenario 1 en de huidige toestand op de Schelde in het 1^{ste} jaar voor respectievelijk dood, gemiddeld, springtij, en voor een gemiddelde over een volledige tijcyclus. Gemiddeld gezien zijn de verschillen op de Schelde zeer klein. Voor een springtij kan echter afwaarts van de Durmemonding op de Schelde negatieve waarden. Dit komt overeen met minder sedimentatie, of zelfs lichte erosie op termijn. De oorzaak hiervoor is waarschijnlijk het feit dat bij springtij de stroomsnelheden in Scenario 1 dusdanig toenemen even afwaarts van de Durmemonding door de grotere hoeveelheid water die in de polders en de Durme kan/zal stromen. Deze grotere stroomsnelheden resulteren in grotere schuifspanningen en dus mogelijk meer erosie.

Figuur 3-8 en Figuur 3-9 tonen de debieten en concentraties aan de op- en afwaartse rand van het model. Als gevolg van de slibtransportrandvoorwaarden, zoals beschreven in 3.2, is er aan de afwaartse rand bij vloeddebiet (inkomend in het model) een constante “inkomende” concentratie, terwijl bij ebdebiet een “uitgaande” concentratie berekend wordt. Aan de opwaartse rand gebeurt juist het omgekeerd. Bij ebdebiet wordt een constante “inkomende” concentratie opgelegd en bij vloeddebiet wordt de “uitgaande” concentratie berekend.

Aan de opwaartse rand is het piek vloed- en ebdebiet groter in de huidige toestand dan bij het Scenario met de ontpolderingen. Aan de afwaartse rand van het model is het piek vloed- en ebdebiet echter groter in Scenario 1 dan in de huidige toestand. Uit deze 2 vaststellingen samen kan men concluderen dat er meer water in de Durme en zijn ontpolderde gebieden geborgen zal worden dan wat er in de huidige toestand geborgen wordt. Globaal komt er aan de afwaartse rand gemiddeld 9% volume meer binnen en stroomt er 5% meer uit in Scenario 1 dan in de huidige toestand. Aan de opwaartse rand stijgt het vloedvolume (“uitgaand uit het model”) met 1% en daalt het ebvolume (dat terug in het model komt) met 4%.

Tabel 3-2: Eb- en vloedvolumes aan de randen van het 2D model voor een gemiddeld getij en voor zowel de huidige toestand als Scenario 1

Type	Toestand	Opwaartse rand	Afwaartse rand
Ebvolume (x1000 m3)	Scenario 1	13295	27279
Vloedvolume (x1000 m3)		11527	25407
Ebvolume (x1000 m3)	Huidige toestand	13815	25970
Vloedvolume (x1000 m3)		11429	23348
Ebvolume (%)	Verschil Sc1-HT	-4%	5%
Vloedvolume (%)		1%	9%

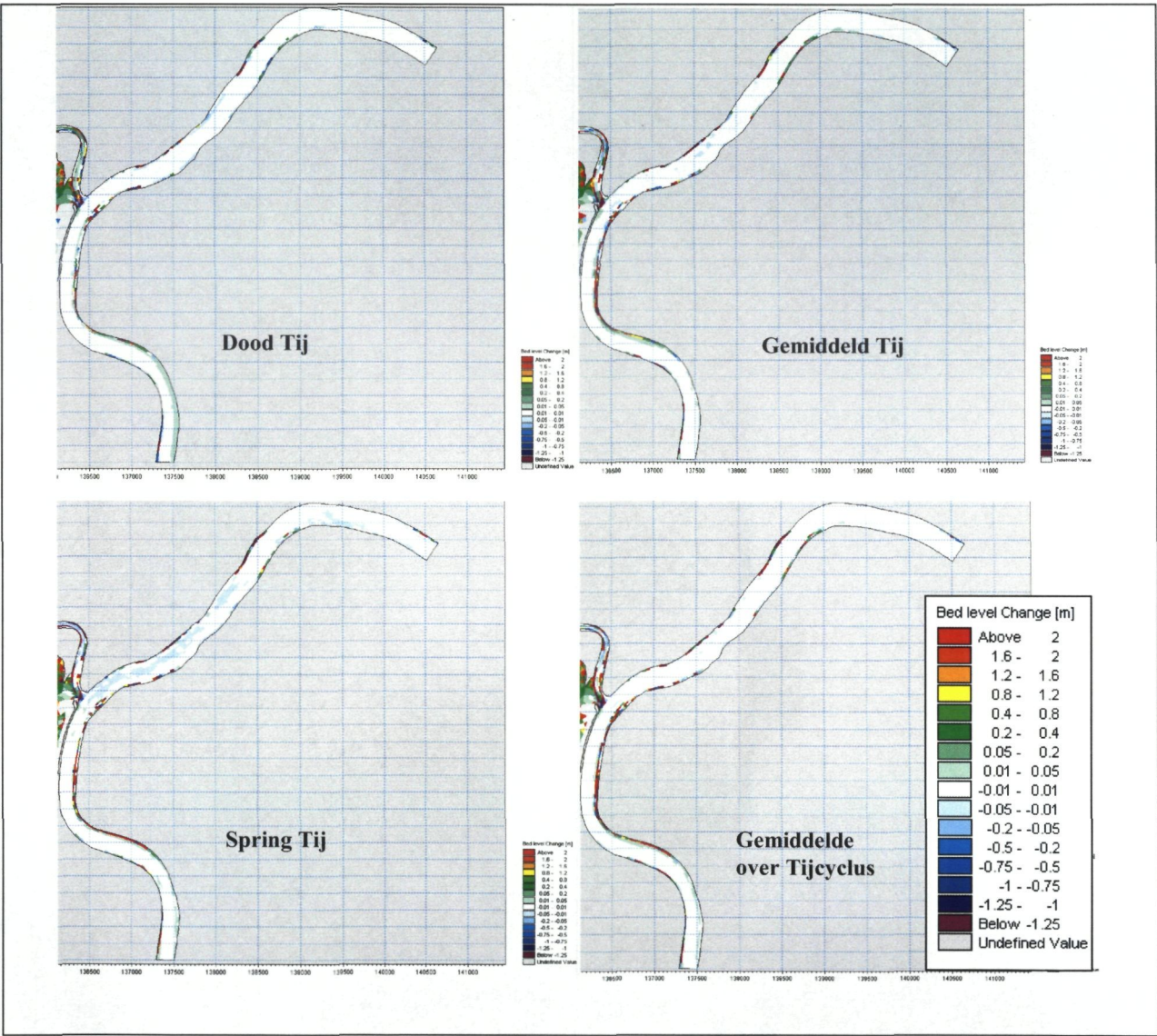
De hoeveelheid water die extra in de polders en Durme geborgen wordt in Scenario 1 zorgt ervoor dat er minder water naar opwaarts op de Schelde gaat.

Het effect hiervan op het sedimenttransport op- en afwaarts van het modelgebied is echter moeilijk te voorspellen. Hoogstens kan men de invloed ter hoogte van de randen weergeven, maar hieraan mogen geen verdere conclusies verbonden worden over het sedimentatie/erosie gedrag op de Schelde.

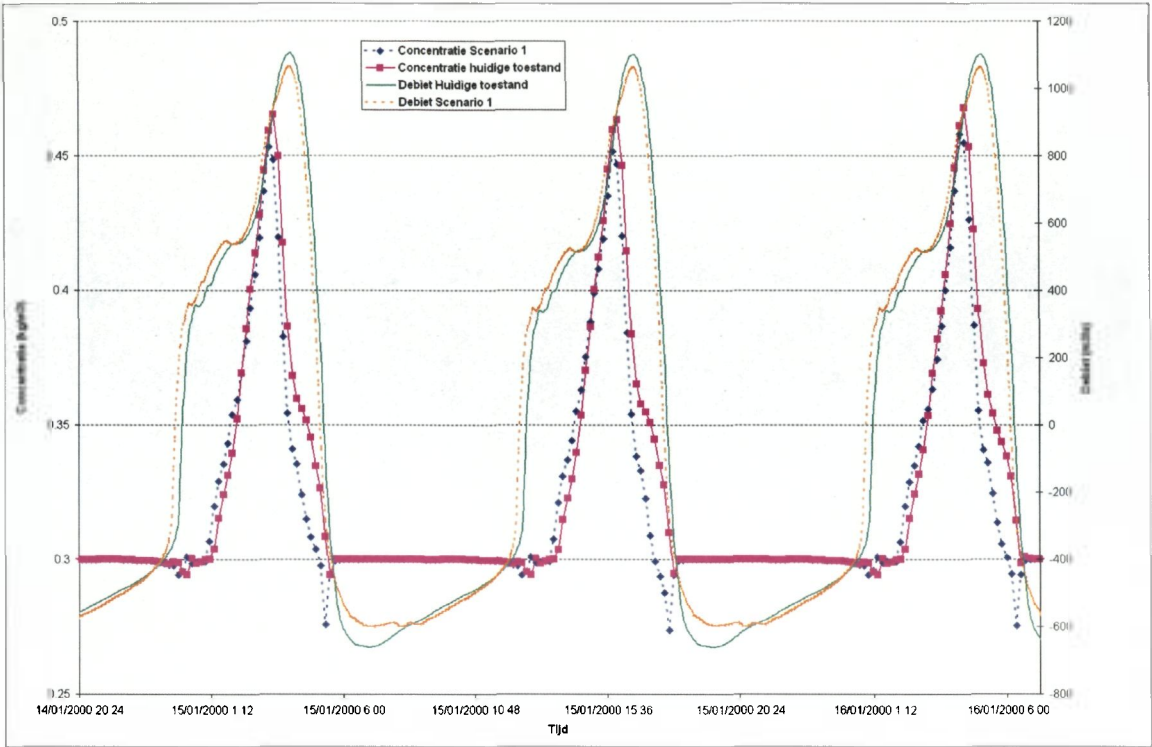
De piekconcentratie aan de afwaartse rand is hoger in de huidige toestand dan in Scenario 1. Dit wijst erop dat er minder sediment terug uit het model stroomt. Aan de opwaartse rand zijn de

piekconcentraties ook hoger in de huidige toestand dan in het scenario met de ontpolderingen. Deze concentraties worden zeker beïnvloed door de opgelegde randvoorwaarden, maar dit effect is zowel in de huidige toestand als in het scenario aanwezig.

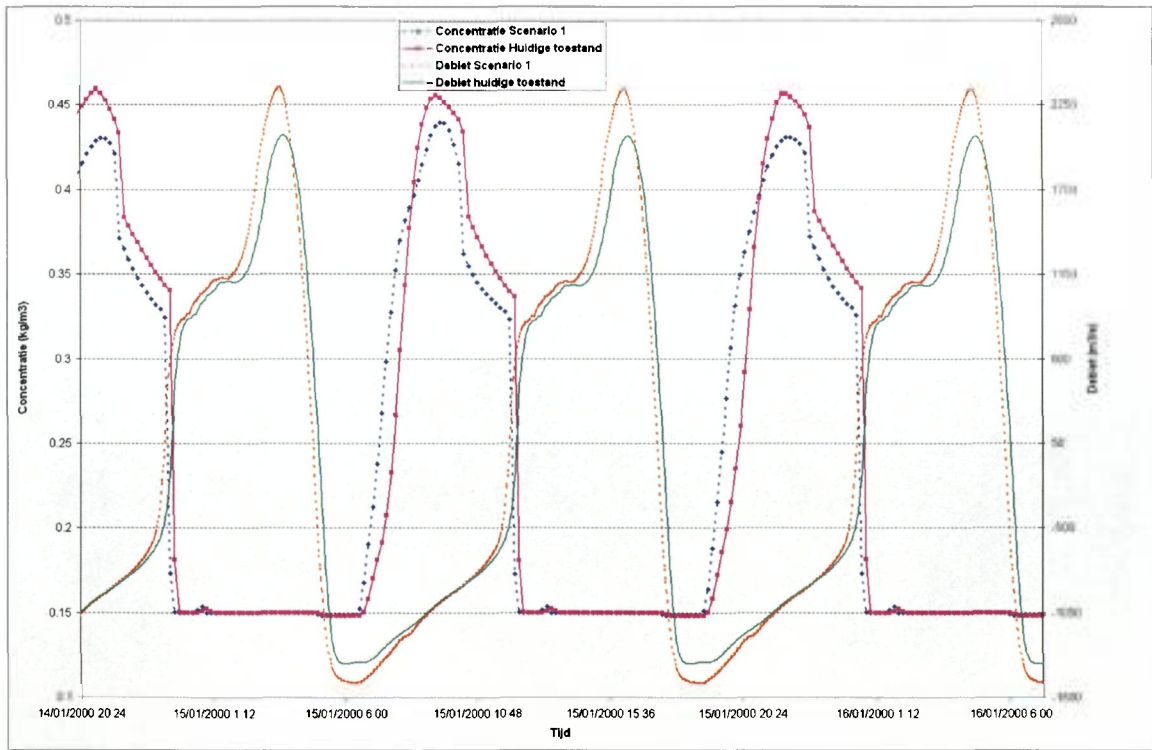
Alhoewel aan de afwaartse rand grotere ebdebieten voorkomen in het Scenario dan in de huidige toestand, zijn de piekconcentraties lager



Figuur 3-7: Gemiddelde sedimentatie/erosie (cm/jaar) op Schelde in eerste jaar na inrichting polders, als het verschil tussen Scenario 1 en huidige toestand (positieve waarden = meer, negatieve waarden = minder sedimentatie)



Figuur 3-8: Concentratie en debieten aan de opwaartse rand van het model op de Schelde voor huidige toestand en Scenario 1



Figuur 3-9: Concentratie en debieten aan de afwaartse rand van het model op de Schelde voor huidige toestand en Scenario 1

3.5.3. Durme

De interpretatie van de simulatieresultaten op de Durme is een complexe aangelegenheid. Enerzijds zijn verschillen tussen de verschillende types getij, anderzijds zijn er ook verschillen tussen een aantal panden op de Durme.

Figuur 3-10 en Figuur 3-11 tonen het verschil in de totale hoeveelheid sedimentatie/erosie van Scenario 1 en de huidige toestand na het eerste jaar voor het gewogen gemiddelde van dood, spring en gemiddeld tij. De figuren voor respectievelijk dood, gemiddeld en springtij zijn terug te vinden in Bijlage 1

Voor wat betreft de vergelijking van de resultaten voor de verschillende types getij kunnen volgende zaken opgemerkt worden:

- Bij dood tij zal er opwaarts van Hamme op de Durme gemiddeld gezien minder aanslibbing zijn dan bij springtij, waarschijnlijk omdat bij doottij de waterstanden lager zijn, de stroomsnelheden lager en sedimentatie minder ver doordringt dan bij springtij
- Tussen de monding van de Durme en Hamme zijn er visueel geen duidelijke verschillen voor de verschillende types getij.
- Opwaarts van Waasmunster brug worden in het scenario met de ontpolderingen nooit grote veranderingen waargenomen ten opzichte van de huidige toestand. De absolute waarden van de sedimentatie zijn zowel in huidige toestand als Scenario 1 zeer klein

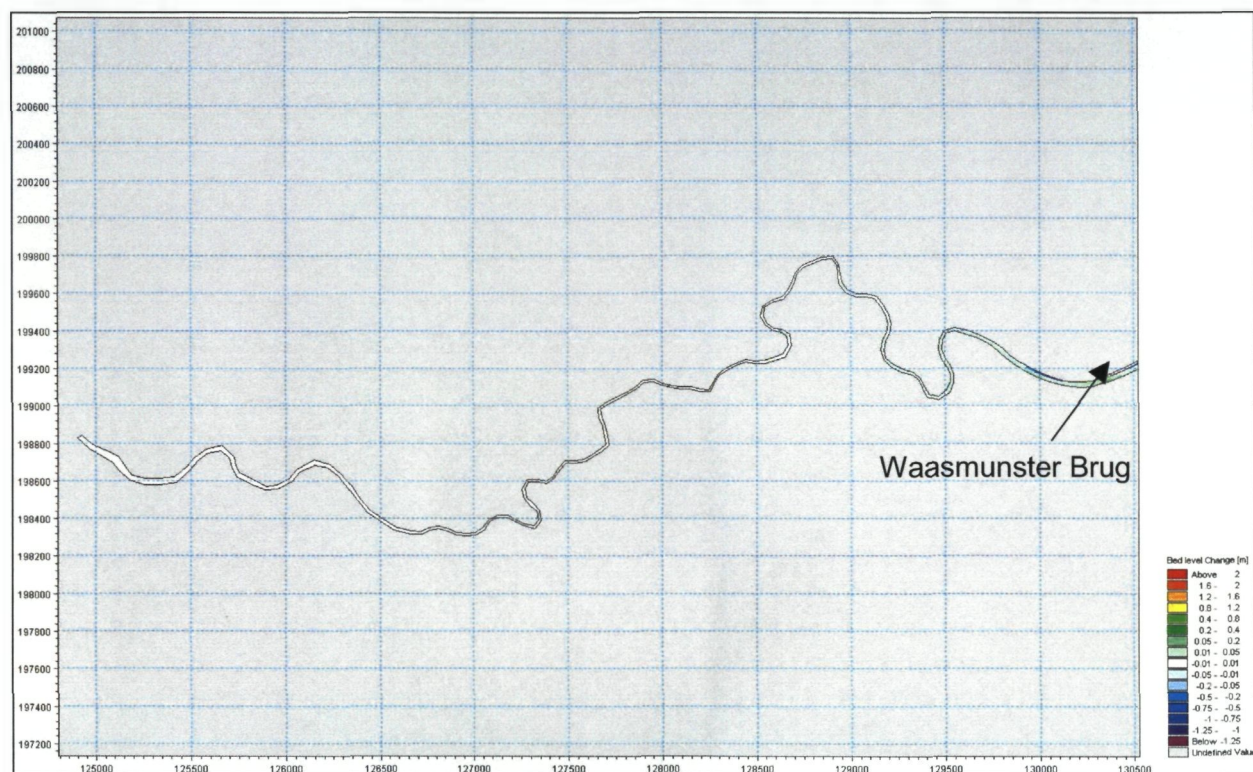
De stromingspatronen ter hoogte van de monding zijn in de huidige toestand al vrij complex. Door het creëren van een opening in de dijk naar de Bunt wordt de situatie nog complexer, niet alleen naar stromingspatronen, maar ook naar sedimenttransport. In vergelijking met de huidige toestand zullen er door de opening grote veranderingen optreden in de sedimentatie/erosie patronen. Zo zullen er lokaal plaatsen zijn waar er meer sedimentatie zal zijn maar ook zullen er locaties waar er zich erosie zal voordoen. Deze sedimentatiepatronen hangen samen met een aantal veronderstellingen:

- de vorm, diepte, grootte van de opening bepalen voor een groot deel de stromingspatronen en het sedimentatie/erosie gedrag. In de modelsimulaties is verondersteld dat de opening van de polder op de hoogte van het maaiveld juist achter de dijk gelegd wordt;
- in de modelsimulaties is de veronderstelling gemaakt dat de bodem van de opening niet kan eroderen. Deze veronderstelling was nodig om te voorkomen dat het meest zuidelijke hoofd van de opening volledig weg zou eroderen. In realiteit zullen hier vanuit bouwkundig oogpunt bodembeschermingen aangelegd moeten worden om dit te voorkomen.

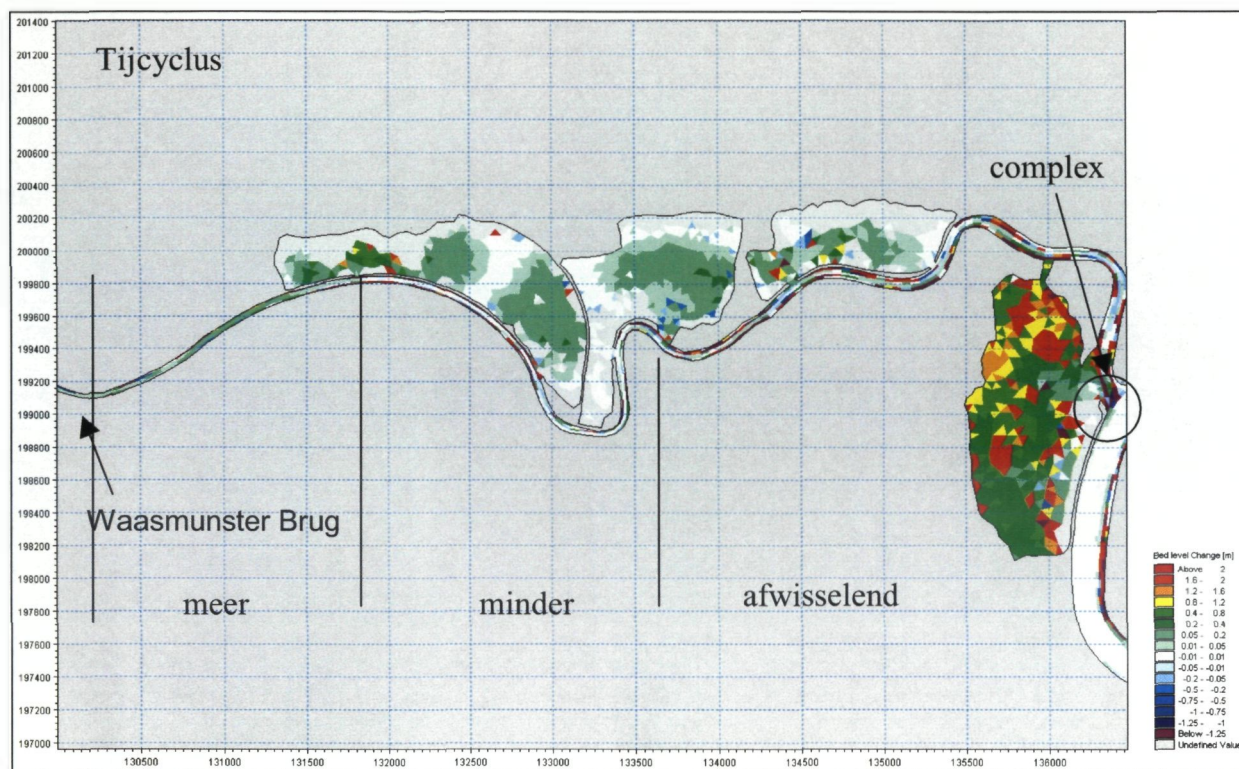
Wat dit globaal voor de Durmemonding betekent op lange termijn is moeilijk in te schatten. Initieel lijkt er alleszins meer sedimentatie te zijn, maar dit zou een initiele aanpassing kunnen zijn van de bodem rond de Durmemonding aan de opening voor de Bunt.

Opwaarts van Waasmunster brug op de Durme is weinig tot geen extra aanslibbing op te merken als gevolg van de ontpolderingen. Dit is het gevolg van het feit dat de simulaties uitgevoerd in deze studie uitgaan van een bathymetrie in de Durme zoals die was anno 2001. Het opwaartse deel van de Durme was toen al dichtgesedimenteerd waardoor de stroming meestal sowieso niet ver kan doordringen.

De sedimentatiepatronen op de Durme tussen de monding en Waasmunster brug veranderen drastisch als gevolg van de ontpolderingen. Lokaal door de openingen in de dijken om water toe te laten in de te ontpolderen gebieden en globaal door de resulterende verlaging van de waterpeilen, debieten en schuifspanningen. Samen zorgen zij ervoor dat er een afwisseling ontstaat van zones met meer of minder sedimentatie dan de huidige toestand. Tussen de monding en de Durme ter van de meest stroomafwaartse geplande opening van Groot broek wordt is er een duidelijke afwisseling van zones met meer en minder sedimentatie. Meer stroomopwaarts, tot aan de meest stroomopwaartse opening voor de Sombeekse meersen, lijkt er zich minder sedimentatie voor te doen. Tussen deze opening en ongeveer Waasmunster brug doet er zich dan weer wat meer sedimentatie voor, vooral bij springtij.



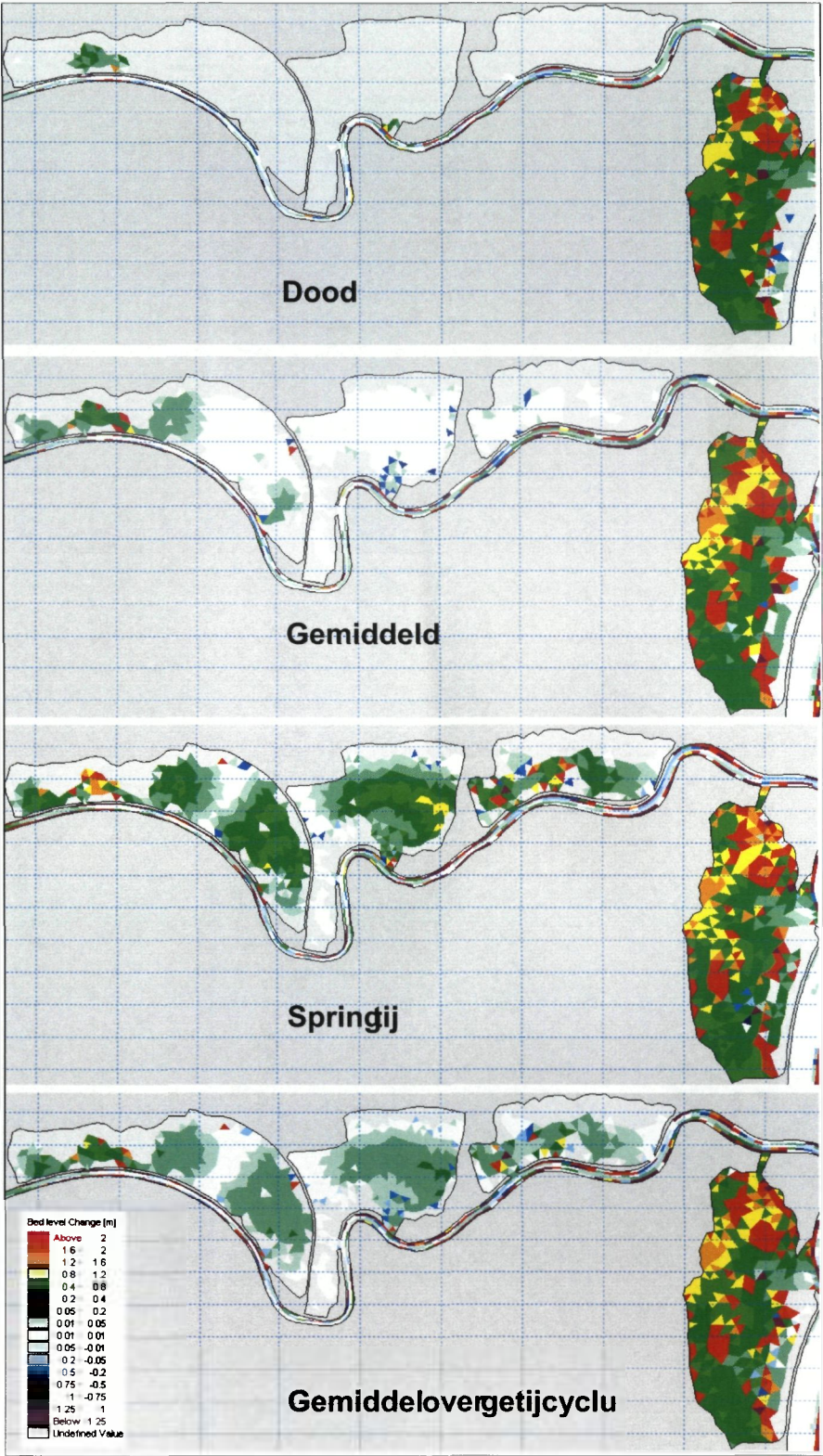
Figuur 3-10: Gemiddelde sedimentatie/erosie (cm/jaar) in opwaarts deel van de Durme in eerste jaar na inrichting polders, als het verschil tussen Scenario 1 en huidige toestand (positieve waarden = meer, negatieve waarden = minder sedimentatie)



Figuur 3-11: Gemiddelde sedimentatie/erosie (cm/jaar) in afwaarts deel van de Durme in eerste jaar na inrichting polders, als het verschil tussen Scenario 1 en huidige toestand (positieve waarden = meer, negatieve waarden = minder sedimentatie)

3.5.4. Polders

Figuur 3-12 toont sedimentatie in de verschillende ontpolderde gebieden na het eerste jaar. Voor dood, gemiddeld en springtij zijn dit extrapolaties van simulatieresultaten waarin enkel dood, gemiddeld of springtij voorkomen, wat niet realistisch is, maar wel duidelijk verschillen aantoont. Daarnaast is ook een gemiddelde gemaakt van de 3 types getij (representatief voor een getijcyclus), wat dan ook geëxtrapoleerd werd. Het is duidelijk dat zowel bij dood als gemiddeld tij er weinig tot geen sedimentatie is in Klein en Groot broek. Hiervoor zijn meerdere redenen: er stroomt niet zo heel veel water binnen in deze polders en de sedimentconcentraties nemen heel snel af na het binnenstromen in de polder. In de Sombeekse meersen (ook Potpolder I genoemd) is er zowel bij dood, gemiddeld als springtij sedimentatie waar te nemen, maar steeds zeer weinig. De situatie voor de Bunt is enigszins anders: zelfs bij dood tij kan het water voldoende in de Bunt binnenstromen, en doet er zich afzetting van sediment voor. Visueel lijken er slechts kleine verschillen te zijn tussen dood, gemiddeld en springtij. De variaties die waargenomen worden binnen de Bunt (zones met meer of minder sedimentatie) geven een eerste aanwijzing van hoe de bodem zich zou kunnen ontwikkelen, maar door onzekerheden op de initiele inrichting van het gebied en de invloed van de initiele bathymetrie op de sedimentatie (diepere gebieden gaan mogelijk initieel meer sedimenteren dan ondiepe gebieden) zegt dit weinig over de uiteindelijke ontwikkeling. Voorts is ook waar te nemen dat de instroomopeningen in de polders gedurende het eerste jaar zeker niet dichtslibben, maar dat er zich ook geen duidelijke kreekvorming voordoet. Behalve de bodem ter hoogte van de doorstromingsopening wordt nochtans verondersteld dat de bodem van de overstromingsgebieden kan eroderen/sedimenteren.



Figuur 3-12: Sedimentatie in ontpolderde gebieden gedurende het eerste jaar voor verschillende types getij

Gemiddeld gezien komt dit neer op volgende aanslibbingshoeveelheden gedurende het eerste jaar:

- Bunt: 41 cm
- Klein Broek: 1cm
- Groot Broek: 0 cm
- Sombeekse Meersen: 2 cm

3.6. Conclusies en Onzekerheden

Voor het slibtransport zijn een aantal simulaties uitgevoerd (1.5 maand continu simulatie) voor de huidige situatie en een Scenario met ontpolderde gebieden. Deze simulaties zijn uitgevoerd voor een repetitief dood, gemiddeld en springtij. Met de resultaten van deze 3 types tij is een gemiddelde toestand berekend, representatief voor een tijcyclus.

Uit de simulatieresultaten kunnen volgende conclusies getrokken worden met betrekking tot de effecten van de ontpolderingen in de Durme op het slibtransport en de afzettingen:

- Op de Schelde zijn de effecten van de ontpolderingen zeer klein. Enkel bij springtij is er een lichte afname ten opzichte van de afzettingen (of erosie) in de huidige toestand te merken op de Schelde afwaarts van de Durmemonding. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het grotere debiet (en bijgevolg ook grotere stroomsnelheden) dat naar de ontpolderde gebieden en Durme stroomt.
- Op de Durme zijn de modelresultaten niet eenduidig en is de situatie complex.
 - Door de opening voor de ontpoldering van de Bunt aan de Durmemonding veranderen de stromingspatronen drastisch. Dit heeft ook veranderende sedimentatie/erosie patronen van slib tot gevolg. In de monding zijn er dus zowel zones met meer als minder sedimentatie ten opzicht van de huidige toestand aanwezig. In het eerste jaar kan dit gemiddeld neerkomen op een extra sedimentatie als gevolg van de aanpassingen aan de nieuwe toestand;
 - Opwaarts Waasmunster brug doet er zich reeds in de huidige toestand nog maar weinig extra sedimentatie voor. De Durme is daar al dusdanig aangeslibt dat slechts weinig water naar opwaarts kan geraken. Ook de overvloedige vegetatie kan daarbij een rol spelen. Ontpolderingen veranderen hier slechts weinig aan. Ook wanneer in het afwaartse gedeelte van de Durme gebieden ontpolderd worden, treedt weinig sedimentatie op. Enkel bij springtij wordt een kleine extra sedimentatie berekend gedurende het eerste jaar;
 - De Durme tussen de monding en Waasmunster brug slijbt aan in zowel de huidige toestand als het scenario met de ontpolderingen. Als gevolg van de ontpolderingen veranderen de sedimentatie/erosie patronen drastisch. Tussen de monding en de afwaartse opening voor Groot broek zijn er afwisselend zones met extra sedimentatie en zones met minder sedimentatie. Tussen deze opening en de meest opwaartse opening voor de Sombeekse meersen is er globaal minder

sedimentatie. Opwaarts, tot aan Waasmunster brug, wordt dan weer iets meer sedimentatie merkbaar gedurende het eerste jaar;

- In de ontpolderde gebieden is alleen in de Bunt een significante aanslibbing merkbaar gedurende het eerste jaar. De andere ontpolderde gebieden ontvangen te weinig water, als gevolg van hun hogere ligging, zodat de berekende aanslibbing zeer klein is.

Deze conclusies geven een aanwijzing van de mogelijke effecten van de ontpolderingen op de slibafzettingen. Niettemin zijn er een aantal onzekerheden, leemtes in de kennis die deze conclusies kunnen beïnvloeden:

- De simulaties met het MIKE21 FM 2D eindige volumes model zijn slechts doorgerekend voor maximaal de eerste 1.5 maand nadat het scenario gerealiseerd is. Simulaties over een veel langere tijd (bijv. 20 jaar) zijn met de huidige vrij gedetailleerde modelschematisatie, het gebruikte model, en de huidige reken capaciteit, niet mogelijk op een eenvoudige manier. Extrapolatie van de huidige simulatieresultaten naar een veel langere periode is wel mogelijk, maar de onzekerheden zijn dusdanig groot dat dit beter niet wordt gedaan;
- De modelparameters voor het slibtransport zijn niet echt gecalibreerd. Wel zijn waarden gebruikt overeenkomstig met andere vergelijkbare slibtransportmodellen op de Schelde (en Durme). Op de kwantiteit van de berekende aanslibbingen rust dus een grote onzekerheid. Kwalitatief (op sedimentatie/erosie patronen) kunnen de resultaten wel geïnterpreteerd worden. Gedetailleerde monitoring van de stromingspatronen in de monding en van de sedimentconcentraties zijn nodig, eerst en vooral voor de huidige toestand, maar zeker ook tijdens en na de uitvoering van het scenario.
- In de huidige simulaties worden niet-cohesief (zand) en cohesief (slib) apart doorgerekend. In realiteit doet zich in de Durme een mix van beide voor. Zo zal waarschijnlijk op de Schelde en aan de monding van de Durme zandtransport redelijk belangrijk zijn, terwijl opwaarts op de Durme waarschijnlijk uitsluitend slibtransport van belang is. De interactieve invloed van beide op de resultaten wordt niet mee in rekening gebracht;
- De bekomen resultaten gaan uit van een modelschematisatie waarin een bepaalde afbakening van de te ontpolderde gebieden is ingebouwd en waarin aannames zijn gedaan voor de locatie, grootte en diepte van de openingen. Andere afbakeningen of dimensies van openingen kunnen aanleiding geven tot andere resultaten.

4. REFERENTIES

DHI, 2006, Mike 21 Flow Model FM, Sand transport module, Scientific documentation

DHI, 2006, Mike 21 Flow Model FM, Mud Transport module, User Guide

IMDC&DHI, 2006, LTV O&M Actieplan 2004 voor morfologisch onderzoek, Modelinstrumentarium Mike11, Report 2: Morphologic model

Kuijper, C., et al. 2004, . Morphological modelling of the Western Scheldt, report Z3648 / A1198, WL | Delft Hydraulics.

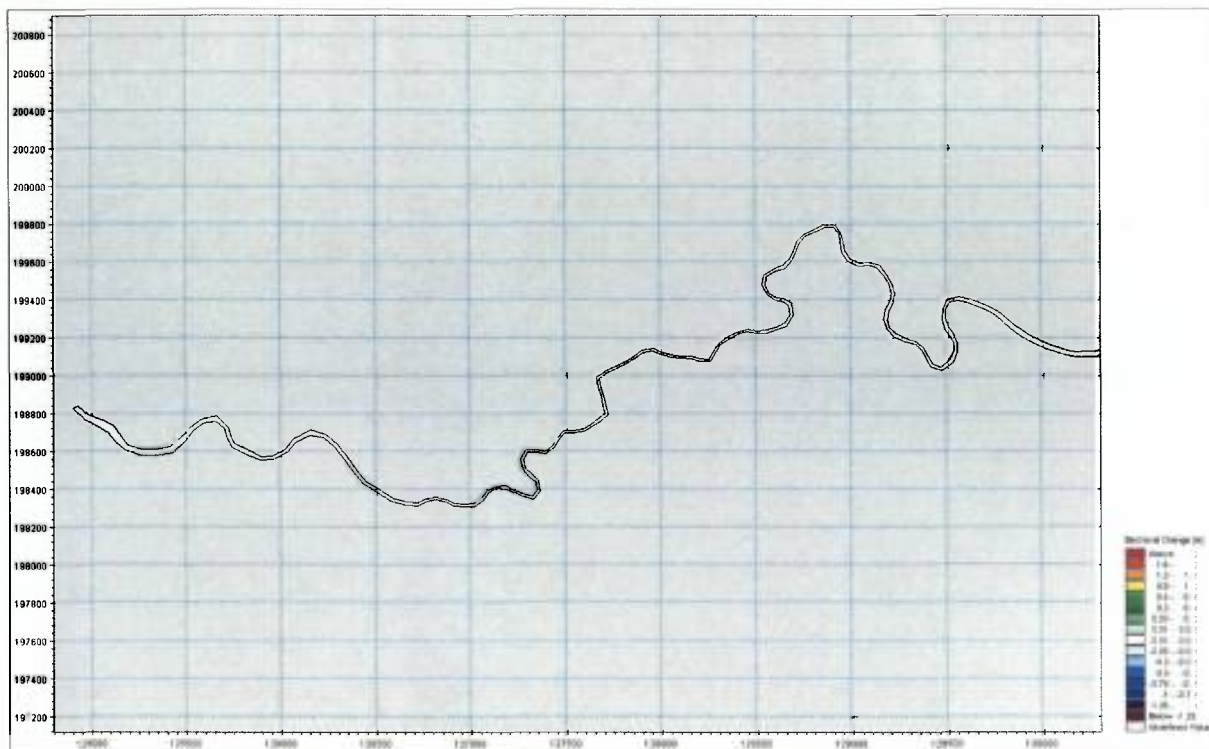
TV IMDC-RA-Soresma-Haecon, 2005, Creating new landscapes for flood risk management. Case study Durmevallei en Prosperpolder, Deeltaak 5 - Meetcampagne nabij Durmemonding

TV IMDC-RA-Soresma-Haecon, 2006, Creating new landscapes for flood risk management. Case study Durmevallei en Prosperpolder, 2D hydrodynamische modellering van de Durme

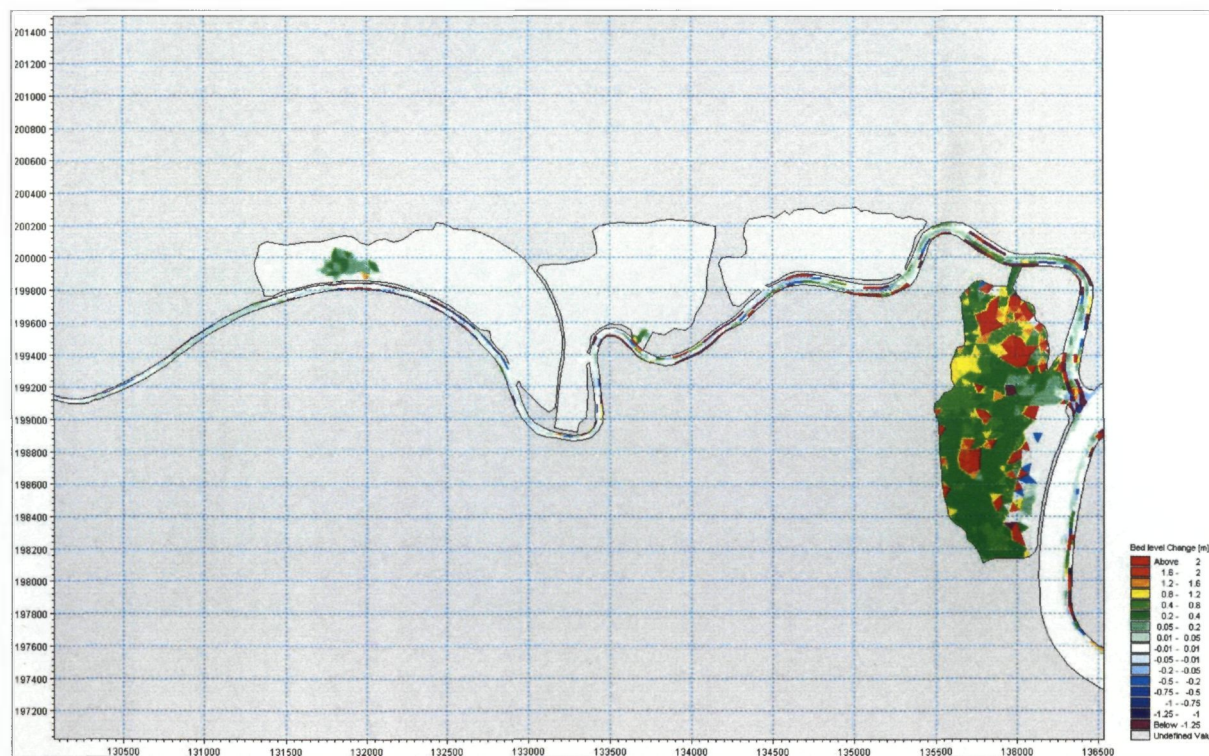
TV IMDC-RA-Soresma-Haecon, 2006, Creating new landscapes for flood risk management. Case study Durmevallei en Prosperpolder, Final report hydrodynamic and morphological studies. Depoldering northern areas

TV Soresma-Haecon-Technum, 2004, Planstudie rivierherstelproject Durme, Maatschappelijke impactstudie, Morfologische modelstudie , van de Durme, Volume 2: Ontwikkeling en ijking van morfologisch model van de Durme

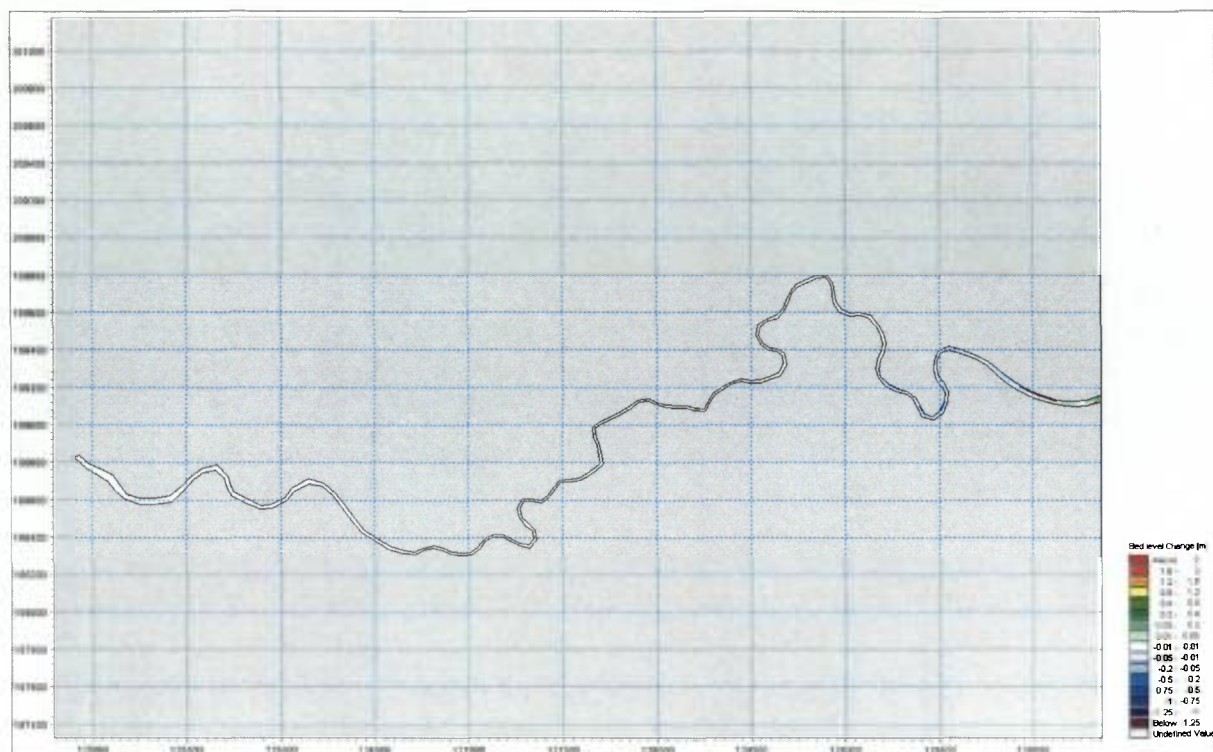
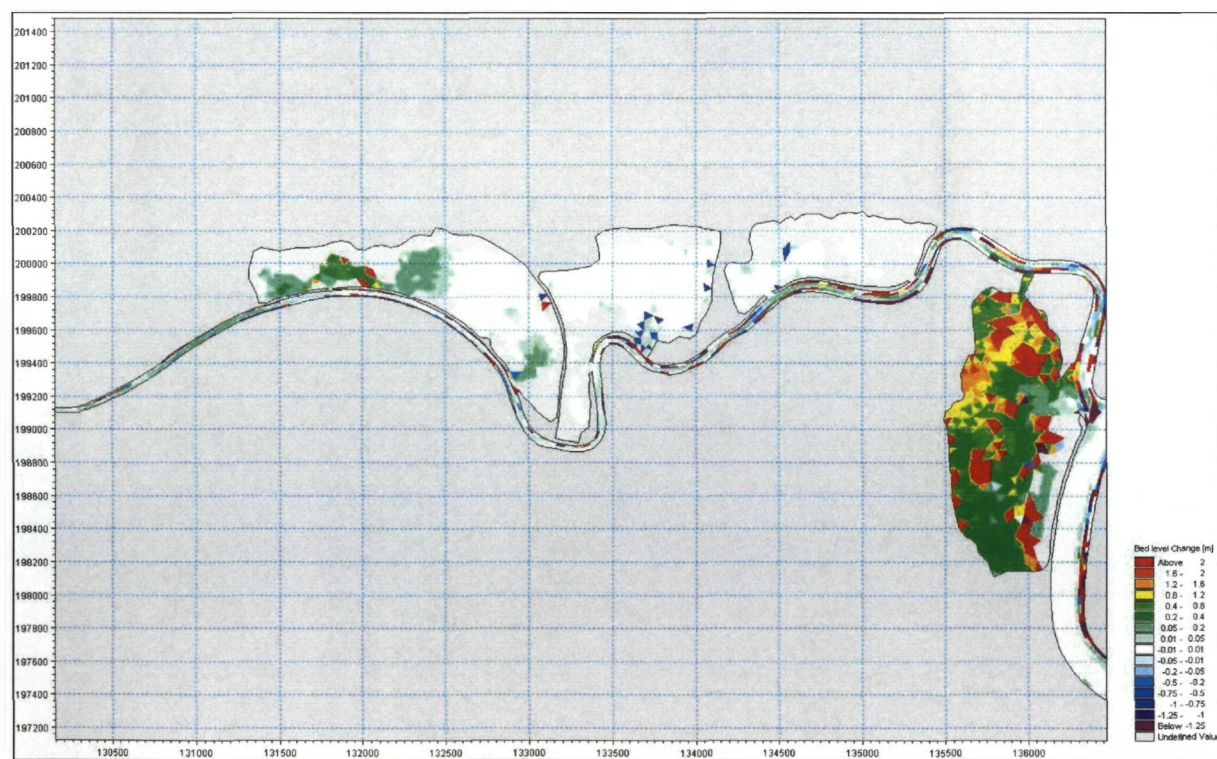
BIJLAGE 1: SEDIMENTATIE/EROSIE OP DE DURME VOOR GEMIDDELD, DOOD EN SPRINGTIJ

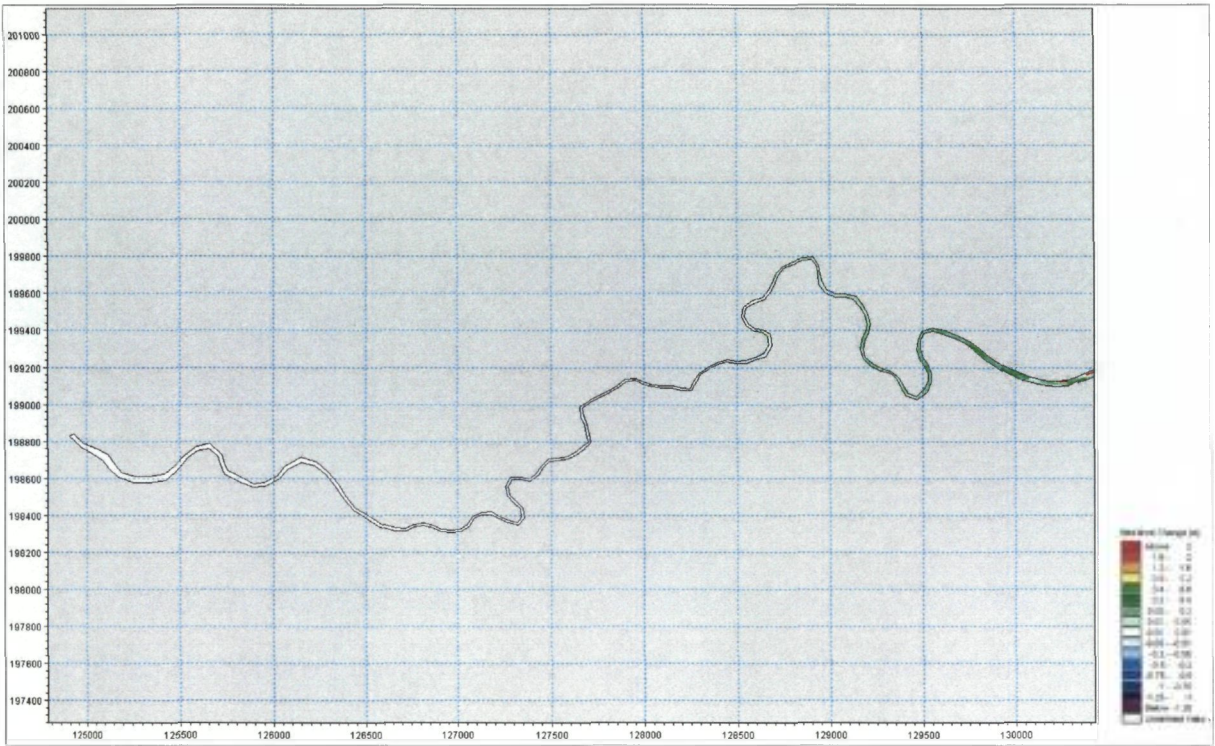


Doodtij

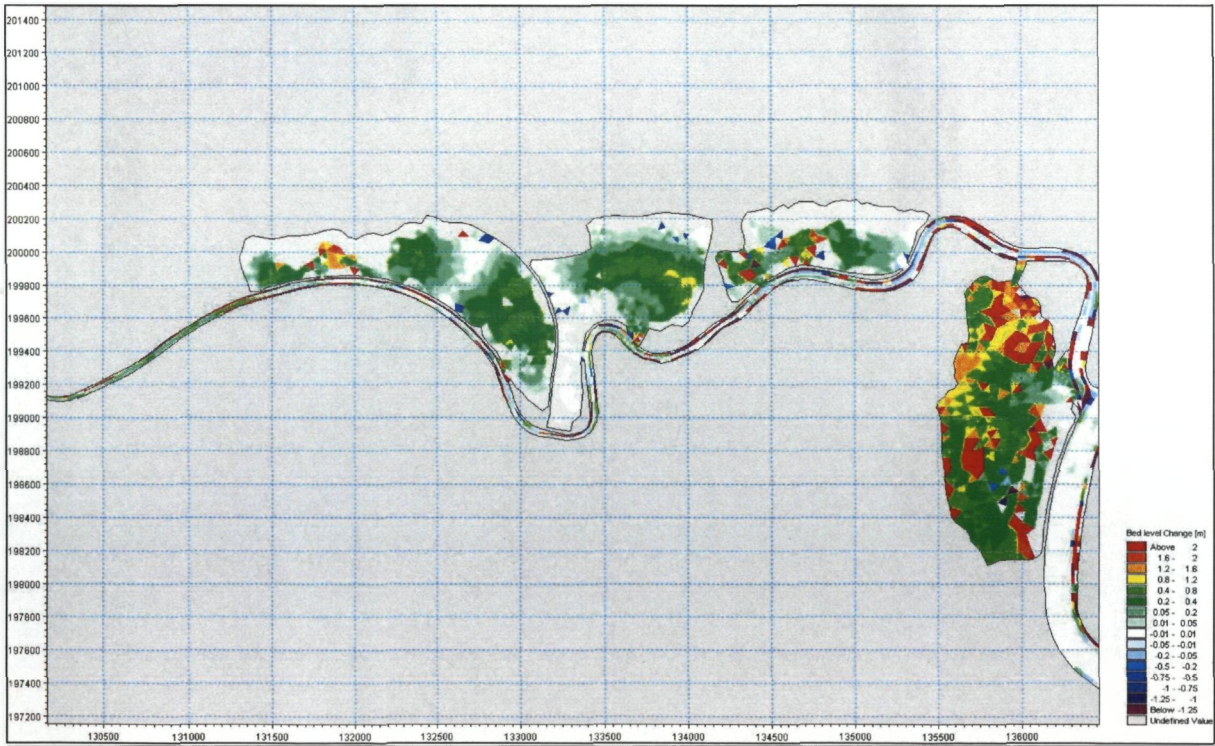


Doodtij

**Gemiddeld tij****Gemiddeld tij**



Springtij



Springtij

**BIJLAGE 2: MAXIMALE WATERPEILEN LANGS DE
DURME VOOR HUIDIGE TOESTAND EN SCENARIO
MET ONTPOLDERINGEN**

Nr	x	y	Maximaal waterpeil						Verschil (m)		
			Gemiddeld		Spring		Dood		Gemiddeld	Spring	Dood
			huidige toestand	scenario 1	huidige toestand	scenario 1	huidige toestand	scenario 1	sc1 HT	sc1 HT	sc1 HT
1	131399	199723	5.29	5.02	5.82	5.27	4.76	4.66	-0.27	-0.55	-0.10
2	131825	199822	5.29	5.01	5.81	5.25	4.75	4.64	-0.28	-0.56	-0.11
3	132592	199615	5.28	5.03	5.81	5.28	4.74	4.65	-0.25	-0.53	-0.10
4	132894	199258	5.28	5.03	5.82	5.26	4.74	4.65	-0.25	-0.56	-0.09
5	133342	198892	5.32	5.12	5.84	5.38	4.75	4.66	-0.20	-0.45	-0.09
6	133415	199383	5.32	5.13	5.84	5.39	4.75	4.66	-0.18	-0.45	-0.09
7	133841	199357	5.39	5.24	5.90	5.50	4.75	4.68	-0.15	-0.40	-0.08
8	134492	199788	5.43	5.33	5.90	5.50	4.74	4.68	-0.10	-0.40	-0.07
9	135366	199913	5.50	5.39	5.94	5.71	4.75	4.70	-0.11	-0.24	-0.05
10	136275	199982	5.51	5.41	5.96	5.74	4.75	4.71	-0.10	-0.21	-0.05
11	136327	199258	5.53	5.42	5.96	5.81	4.75	4.71	-0.11	-0.15	-0.04
12	136482	198999	5.52	5.42	5.96	5.81	4.76	4.70	-0.11	-0.15	-0.05



