

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat / RIKZ

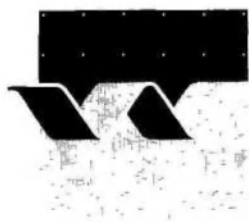
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Baggeren en storten in de monding, fase 1

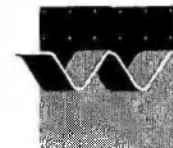
M. van Helvert

Verslag

juni 2002



wL | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER: Rijkswaterstaat / RIKZ

TITEL: ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002; baggeren en storten in de monding: fase 1

SAMENVATTING:

Fase 1 van het project 'ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002' heeft tot doel de effecten van grootschalige ingrepen in de monding met ESTMORF 3.0 te onderzoeken. Het gemeenschappelijke doel van deze ingrepen is het bestrijden van de kusterosie langs de zuidwestkust van Walcheren. Verder spelen nautische doeleinden zoals het verdiepen van de Walvischstaart en de Wielingen - Scheur.

Deze grootschalige ingrepen in de monding bevatten de volgende scenario's:

- og1: Over de gehele lengte verflauwen van de Oostelijke geulwandhelling van het Oostgat.
- wa1: Verdiepen Walvischstaart.
- wa2: Combinatie verflauwen oostelijk geulwandhelling Oostgat en verdiepen Walvischstaart. Het sediment uit de Walvischstaart kan worden gebruikt voor in het Oostgat.
- ws1: Verdiepen vaargeul Wielingen - Scheur.
- cb1: Een berekening waarin alle hierboven beschreven ingrepen worden gecombineerd en tegelijk worden uitgevoerd.

Van alle drie de maatregelen, die als gemeenschappelijke doel hebben het tegengaan van de kusterosie langs de zuidwestkust van Walcheren, heeft de directe maatregel in het Oostgat het meeste effect.

Het verdiepen van de Walvischstaart ten gunste van de scheepvaart zal een maatregel zijn die constant onderhoud nodig heeft.

Het verdiepen van de Wielingen - Scheur heeft de meeste invloed in het mondingsgebied en de Westerschelde.

Uit de berekeningen is gebleken dat uitvoeren van de drie maatregelen elkaar niet tegenwerken om de bereikte doelen te handhaven, mits er onderhoudswerkzaamheden worden uitgevoerd. Het voornaamste baggerbezwaar zal dan gelden voor het Oostgat en de Walvischstaart.

REFERENTIES: Contract No. RKZ-1141

VER.	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
	M. van Helvert	6 juni 2002		Z.B. Wang	T. Schilperoort
	M. van Helvert	19 juni 2002		Z.B. Wang	T. Schilperoort
PROJECTNUMMER		Z3246.20			
TREFWOORDEN:		Estuariene morfologie, Westerschelde			
AANTAL BLADZIJDEN		29			
VERTROUWELIJK		☐ JA, tot (datum)		☒ NEE	
STATUS:		☐ VOORLOPIG		☐ CONCEPT	
				☒ DEFINITIEF	

Dit document is een concept rapport, niet een definitief rapport, en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

1	Inleiding	1-5
1.1	Algemeen	1-5
1.2	Opdracht en opzet project	1-6
1.3	Doel en belang van fase 1	1-6
1.4	Korte terugblik ontwikkeling ESTMORF	1-6
2	Nadere beschrijving werkzaamheden fase 1	2-1
3	Opzet berekeningen	3-2
3.1	Algemeen	3-2
3.2	De referentieberekening, run rf1	3-2
3.3	Verflauwen oostelijke geulwandhelling Oostgat, run og1	3-3
3.4	Verdiepen Walvischstaart gehele onttrekking sediment uit systeem, run wal	3-3
3.5	Verdiepen Walvischstaart storten sediment oostelijke geulwandhelling Oostgat, run wa2	3-4
3.6	Verdiepen vaargeul Wielingen - Scheur, run ws1	3-4
3.7	Combinatie van alle ingrepen, run cb1	3-4
4	Resultaten	4-1
4.1	Opzet presentatie van resultaten	4-1
4.2	Resultaat run rf1	4-2
4.2.1	Zandbalans rf1	4-2
4.2.2	Morfologie rf1	4-3
4.2.3	Dwarsprofielen rf1	4-3
4.2.4	Getijvolumes rf1	4-4
4.2.5	Binnengebied rf1	4-4
4.3	Resultaat run og1	4-5
4.3.1	Zandbalans og1	4-5
4.3.2	Morfologie og1	4-5
4.3.3	Dwarsprofielen og1	4-6

4.3.4	Getijvolumes og1	4-6
4.4	Resultaat run wal	4-6
4.4.1	Zandbalans wal	4-6
4.4.2	Morfologie wal	4-7
4.4.3	Dwarsprofielen wal	4-7
4.4.4	Getijvolumes wal	4-7
4.5	Resultaat run wa2	4-8
4.5.1	Zandbalans wa2	4-8
4.5.2	Morfologie wa2	4-8
4.5.3	Dwarsprofielen wa2	4-9
4.5.4	Getijvolumes wa2	4-9
4.6	Resultaat run ws1	4-9
4.6.1	Zandbalans ws1	4-9
4.6.2	Morfologie ws1	4-10
4.6.3	Dwarsprofielen ws1	4-10
4.6.4	Getijvolume ws1	4-10
4.7	Resultaat run cb1	4-11
4.7.1	Zandbalans cb1	4-11
4.7.2	Morfologie cb1	4-11
4.7.3	Dwarsprofielen cb1	4-11
4.7.4	Getijvolumes cb1	4-12
4.8	Overzicht resultaten scenario's	4-12
4.8.1	Zandbalans	4-12
4.8.2	Morfologie	4-13
4.8.3	Dwarsprofielen	4-13
4.8.4	Getijvolumina	4-14
5	Conclusies	5-1
5.1	Algemeen	5-1
5.2	Erosie langs de zuidwestkust van Walcheren	5-1
5.3	Nautisch maatregel, verdiepen Walvischstaart	5-1
5.4	Verdiepen Wielingen - Scheur, aansluiten derde verdieping Westerschelde	5-2
5.5	Slotconclusie	5-2
6	Aanbevelingen	6-1
7	Referenties	7-2

Bijlagen

A	ESTMORF dwarsprofiel.....	A-1
B	Principe zandbalans.....	B-1

I Inleiding

I.1 Algemeen

In de Westerschelde wordt op grote schaal gebaggerd en gestort. Deze activiteiten hebben effect op de hydrodynamica en de morfologie van het estuarium. In de toekomst zullen de activiteiten worden uitgebreid met een mogelijke derde verdieping in de Westerschelde en grootschalige ingrepen in de Westerscheldemond. Naast menselijke activiteiten spelen natuurlijke forceringen zoals zeespiegelstijging en de 18,6-jarige cyclus ook een rol in de ontwikkeling van de morfologie en de hydrodynamica.

De projecten ZEEKENNIS en KUST2005 van de Rijkswaterstaat/RIKZ hebben tot doel het onderzoeken en voorspellen van de effecten als gevolg van de eerder genoemde grootschalige ingrepen en natuurlijke forceringen. Om een deel van de onderzoeksvragen die voortkomen uit ZEEKENNIS en KUST2005 zo goed mogelijk te beantwoorden en/of te onderbouwen, wordt o.a. gebruik gemaakt van Estmorf 3.0. Er zijn hiervoor drie clusters gecreëerd:

- Cluster 1: baggeren en storten in de monding van de Westerschelde.
- Cluster 2: doorrekenen verdiepingen in de Westerschelde.
- Cluster 3: autonome morfologische ontwikkeling als gevolg van natuurlijke forcering.

Cluster 1 bevat drie grootschalige ingrepen in de monding, namelijk:

- het verflauwen van de oostelijke geulwandhelling van het Oostgat;
- het verdiepen van de Walvischstaart (doorsteken van de Vlakte van de Raan);
- het verdiepen van de geul Wielingen - Scheur.

Het gemeenschappelijke doel van de grootschalige ingrepen in de monding is het tegengaan van de kusterosie langs de zuidwestkust van Walcheren. Het verflauwen van de oostelijke geulwandhelling in het Oostgat is een directe aanpak. Het verdiepen van de Walvischstaart en de Wielingen - Scheur een indirecte. Middels het verdiepen van de Walvischstaart en de Wielingen - Scheur zou een debietverdeling in de monding moeten ontstaan. Deze debietverdeling houdt in dat het debiet door de Walvischstaart en Wielingen - Scheur toeneemt en door het Oostgat afneemt. Het beoogde effect is dat de kusterosie langs de zuidwestkust van Walcheren zal afnemen.

Verder heeft het verdiepen van de van Walvischstaart een nautisch en veiligheids aspect. Door het verdiepen van de Walvischstaart hoeven schepen met gevaarlijke stoffen niet langs de zuidwestkust van Walcheren te varen. Het verdiepen van de Wielingen - Scheur ligt in het verlengde van de derde verdieping die mogelijk zal worden uitgevoerd in de Westerschelde.

In cluster 2 gaat het om de volgende werkzaamheden:

- Herberekenen van de effecten op de morfologie als gevolg van de tweede verdieping.
- Het berekenen van de effecten op de morfologie als gevolg van een mogelijke derde verdieping.

De herberekening van de tweede verdieping zal worden uitgevoerd met een gemeten baggerbezwaar i.p.v. een geprognoseerd baggerbezwaar waarmee voorheen de tweede verdieping is berekend (Helvert, 1999). Hierbij is het gemeten baggerbezwaar van 1999 t/m 2001 gemiddeld en geëxtrapoleerd. De derde verdieping betreft de wens van de Belgische autoriteiten om de vaargeul in de Westerschelde minimaal naar 13,1 m getijonafhankelijk te verdiepen. Nieuwe of extra effecten op de morfologie, zijn hiervan het gevolg.

Cluster 3 betreft het berekenen van de effecten op de morfologie in de Westerschelde en de monding a.g.v. natuurlijke forceringen zoals zeespiegelstijging en de 18,6-jarige cyclus. Bij zeespiegelstijging gaat het om de zandbehoefte die kan ontstaan in de Westerschelde-monding en de Westerschelde. Bij de 18,6-jarige cyclus gaat het om waargenomen fluctuaties van zand- en waterinhoud vanaf 1968.

1.2 Opdracht en opzet project

Het WL | Delft Hydraulics heeft van Rijkswaterstaat/RIKZ (25 april 2002, Overeenkomst RKZ 1141) opdracht gekregen om de effecten van de grootschalige ingrepen en natuurlijke forceringen uit de clusters 1 t/m 3, met ESTMORF 3.0 te onderzoeken.

Voor het project 'ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002' zijn de drie clusters verdeeld in twee fasen:

- Fase één heeft betrekking op KUST2005 en bestaat uit cluster 1.
- Fase twee heeft betrekking op ZEEKENNIS en bestaat uit cluster 2 en 3.

Dit rapport gaat over fase 1 van het project.

1.3 Doel en belang van fase 1

De opdrachtgever (RIKZ) wil weten wat de gevolgen zijn van deze grootschalige ingrepen in de Westerschelde-monding. Het gaat haar daarbij om het effectief bestrijden van de kusterosie langs de zuidwestkust van Walcheren en het effect van verdiepen van de Walvischstaart en de Wielingen - Scheur op de lange termijn morfologie en de hydraulica. De focus ligt hierbij op de interactie tussen het Oostgat en de zuidwestkust van Walcheren. Op grond van de modelresultaten en interpretatie ervan in dit rapport, kunnen plannen voor grootschalige ingrepen in de Westerschelde-monding mogelijk worden bijgesteld.

1.4 Korte terugblik ontwikkeling ESTMORF

In 1992 is begonnen met het ontwikkelen en bouwen van het ESTMORF model. De ontwikkeling van ESTMORF is gedaan door WL-Delft in opdracht van het RIKZ. Een van de eerste versies van ESTMORF is in 1998 opgeleverd aan het RIKZ in Middelburg (Fokkink, 1998).

Op basis van ervaringen met ESTMORF (opgedaan in de projecten MOVE en LTV) zijn er vanaf 1998 een aantal aanpassingen uitgevoerd. Deze aanpassingen bestaan uit verbeteringen van de software en het toevoegen van nieuwe functionaliteiten zoals de

strategie-functionaliteit (Wang, 1999) en het storten van sediment op helling van de geulwand (Wang, 2000 en 2001).

Vervolgens is het ESTMORF-Westerscheldemodel uitgebreid met de monding van de Westerschelde. De eerste aanzet voor de uitbreiding is uitgevoerd in 1999 (Jeuken, 1999). De eerste versie van de monding was gebaseerd op het oude IMPLIC model die de algehele waterbeweging in ESTMORF verzorgde. Intussen is IMPLIC vervangen door SOBEK (Wang, 1999). In 2001 is het ESTMORF-Westerschelde model inclusief de monding gecalibreerd en operationeel gemaakt (Wang, 2001).

Het nieuwe ESTMORF-Westerschelde model is versie 3.0 geworden. Deze versie zal worden gebruikt voor het berekenen van de scenario's in dit project. De modelschematisatie is afgebeeld in figuur 1.1.

2 Nadere beschrijving werkzaamheden fase I

Fase één van het project 'ESTMORF Westerschelde berekeningen 2000' bestaat enkel en alleen uit het baggeren en storten in de Westerschelde-monding en komt overeen met het eerder beschreven Cluster 1.

De scenario's die in deze fase met ESTMORF 3.0 berekend moeten worden zijn:

1. *Het verflauwen van de oostelijke geulwandhelling van het Oostgat.*

Over de gehele lengte verflauwen van de oostelijke geulwandhelling van het Oostgat van 1:3 naar 1:13. Voor het creëren van een verflauwing langs de oostelijke geulwand is 14,3 Mln m³ zand nodig. De benodigde hoeveelheid sediment zal van buiten het modelgebied komen.

2. *Het verdiepen van de Walvischstaart.*

Het verdiepen van de geul Walvischstaart van NAP -7m naar NAP -10m (voor alle duidelijkheid de geul Walvischstaart ligt op de vlakte van de Raan. Dit kan ook opgevat worden als het doorsteken van de vlakte van Raan). Het gebaggerde materiaal dat vrijkomt moet op twee manieren worden verwerkt.

- In een som wordt het materiaal uit het systeem onttrokken.
- In een andere som moet het materiaal ten zuid-westen van Westkappelle langs de geulrand van het Oostgat worden gestort waarbij de oostelijke geulwandhelling van het Oostgat van 1:3 naar 1:13 wordt gebracht.

3. *Het verdiepen van de geul Wielingen – Scheur.*

Het verdiepen van de vaargeul Wielingen - Scheur (ten zuiden van de vlakte van de Raan) met 3 m. Het bij de verdieping vrijkomende materiaal wordt uit het systeem onttrokken.

4. *Combinatie van scenario 1, 2 en 3*

Dit scenario is een combinatie van de hiervoor beschreven scenario's. Voor het aanbrengen van de verflauwing van de Oostelijk geulwandhelling wordt sediment gebruikt dat vrijkomt uit de Walvischstaart. Het sediment dat vrijkomt bij verdiepen Wielingen-Scheur wordt onttrokken. Het tekort moet worden aangevuld uit gebieden buiten het modelgebied.

3 Opzet berekeningen

3.1 Algemeen

Uit de nadere beschrijving van de werkzaamheden kan worden afgeleid dat er vijf scenarioberekeningen uitgevoerd moeten worden. Deze is uitgebreid met één berekening namelijk een referentieberekening. In de referentieberekening worden geen ingrepen uitgevoerd in de monding en deze dient als (basis)vergelijk voor de scenarioberekeningen.

De scenarioberekeningen en de referentieberekening worden over een periode van 30 jaar berekend. De start van alle berekeningen is de situatie na de tweede verdieping in het Westerschelde). Dit is vanaf 1999. Voor alle berekeningen is de modelschematisatie van de Westerschelde, die aan het eind van de calibratieberekening (1968 t/m 1998) van ESTMORF 3.0 wordt weggeschreven, het uitgangspunt.

Gedurende de scenarioberekeningen worden er in de Westerschelde wel onderhoudsbaggerwerkzaamheden en zandwinning uitgevoerd. Na het aanbrengen van de ingrepen/werken in het mondingsgebied, worden er in de scenarioberekeningen geen onderhoudswerkzaamheden in het mondingsgebied uitgevoerd. Zandwinning in de monding is niet meeberekend. Dit om het effect van de ingrepen op de autonomen ontwikkeling van de morfologie en hydraulica in het mondingsgebied goed te kunnen bestuderen.

Alle scenarioberekeningen zijn uitgevoerd met opgelegde bagger- en storthoeveelheden met de bijbehorende bagger- en stortlocaties. Zo ook het baggerbezwaar voor de Westerschelde dat in ieder scenario wordt meeberekend. Hiervoor zijn de hoeveelheden van 1999 t/m 2001 gemiddeld en geëxtrapoleerd tot 2030.

Alle scenario's zijn berekend zonder zespiegelstijging.

3.2 De referentieberekening, run rfl.

Deze berekening is nodig om alle scenario's te kunnen vergelijken. In deze berekening worden geen ingrepen in de monding uitgevoerd. Wel in de Westerschelde. Hiervoor zijn voor de eerste drie jaar vanaf 1999 de gemeten bagger-, stort en zandwinhoeveelheden gebruikt. Vanaf 2002 tot 2030 zijn de hoeveelheden over 1999 t/m 2001 gemiddeld en geëxtrapoleerd. Vervolgens wordt in ieder scenario het baggerbezwaar in de Westerschelde meeberekend.

De referentieberekening kan worden beschouwd als een voortzetting van de autonome situatie. Want afgezien van wat zandwinning gebeurt er in de huidige situatie in de monding namelijk vrij weinig.

3.3 Verflauwen oostelijke geulwandhelling Oostgat, run og1

Over de gehele lengte verflauwen van de oostelijke geulwandhelling van het Oostgat van 1:3 naar 1:13. Voor aanbrengen verflauwing langs de oostelijke geulwand is 14,3 Mln m³ zand nodig. De benodigde hoeveelheid sediment zal van buiten het modelgebied vandaan komen.

De 14,3 Mln m³ is bepaald aan de hand van JARKUS raaien. Voor iedere raai is bekeken met hoeveel sediment de helling aangevuld dient te worden om een helling van 1:13 te maken.

Het aanbrengen van sediment gebeurt vanaf raai 21800 en gaat door tot raai 35000. In de ESTMORF-schematisatie overlapt dit met de vakken 362 t/m 366 (zie figuur 1.1). Door interpolatie tussen de raaien en de modelvakken is de benodigde aan te vullen hoeveelheid berekend. In de onderstaande tabel zijn ze als volgt.

Tabel 3.1: Aan te vullen storthoeveelheden op de geulwandhelling.

362	363	364	365	366	totaal
5.911.742	4.971.053	1.989.368	511.428	965.520	14.349.109

De bovenkant van de helling bevindt zich onder laagwater (NAP-2m). Dit betekent dat gebruik kan worden gemaakt van de ESTMORF-functionaliteit, waar het sediment op de geulwand kan worden gestort i.p.v. op de bodem (Wang, 2000 en 2001).

Het aanvullen van de helling wordt in één jaar uitgevoerd namelijk in 1999. Daarna wordt geen onderhoud gepleegd aan de helling. In de Westerschelde wordt het onderhoudsbaggerwerk wel meeberekend (zie run rf1).

Voor de berekening is gebruik gemaakt van een data input file met opgelegde storthoeveelheden voor de monding en de Westerschelde (data9929.og1)

3.4 Verdiepen Walvischstaart gehele onttrekking sediment uit systeem, run wa1

Verdiepen geul Walvischstaart van NAP-7m naar NAP-10m. Het gebaggerde materiaal, 9,4 Mln m³, moet uit het systeem worden onttrokken.

De exacte ligging van de geul is door RIKZ aangeleverd. Deze is afgebeeld in figuur 3.2.

De geul overlapt de modelvakken 343, 344, 351, 352, 347, 341 en 324. Het deel van de geul dat het modelvak overlapt is uitgedrukt in percentages. Deze percentages worden toegepast als verdeelsleutel op de baggerhoeveelheid in de data invoer file. De percentages zijn berekend m.b.v. lengtes van de modelvakken t.o.v. de totale lengte van de baggergeul. De percentages die in de data file zijn ingevoerd staan in de onderstaande tabel.

Tabel 3.2: Verdeling geul over modelvakken Walvischstaart

343	344	351	352	347	341	324	Totaal
15,84%	13,30%	16,80%	10,30%	13,53%	13,12%	17,10%	100%

De hoeveelheid is berekend op 9,4 Mln m³. Deze hoeveelheid verdwijnt uit het systeem. Het verdiepen van de geul wordt in één jaar (1999) uitgevoerd. Van 2000 t/m 2029 wordt er geen onderhoud gepleegd aan de geul.

3.5 Verdiepen Walvischstaart storten sediment oostelijke geulwandhelling Oostgat, run wa2

Verdiepen geul Walvischstaart van NAP-7m naar NAP-10m. Het gebaggerde materiaal moet worden gebruikt om de helling van het Oostgat van 1:3 naar 1:13 aan te vullen (zie run og1).

Voor het aanvullen van helling langs het Oostgat is 14,3 Mln m³ sediment nodig. De 9,4 Mln m³ die vrijkomt bij de verdieping van de Walvischstaart is niet voldoende. Het verschil van 4,9 Mln m³ moet van buiten het modelgebied vandaan worden gehaald.

Ook hier wordt beide werken in één jaar (1999) uitgevoerd. Van 2000 t/m 2029 wordt er geen onderhoud gepleegd aan de geul en de helling.

3.6 Verdiepen vaargeul Wielingen - Scheur, run ws1

Verdiepen vaargeul Wielingen-Scheur (ten zuiden van de vlakte van de Raan) met 3 m. Het bij de verdieping vrijkomende materiaal, 10,4 Mln m³, wordt uit het systeem onttrokken.

Het RIKZ heeft de locatie waar gebaggerd moet worden aangeleverd (zie figuur 3.3).

De geul overlapt de modelvakken 310, 311, 312 en 313. Het deel van de geul dat het modelvak overlapt is uitgedrukt in percentages. Deze percentages worden toegepast als verdeelsleutel op de baggerhoeveelheid in de data invoer file. De percentages zijn berekend m.b.v. lengtes van de modelvakken t.o.v. de totale lengte van de baggergeul. De percentages die in de data file zijn ingevoerd staan in de onderstaande tabel.

Tabel 3.3: Verdeling geul over modelvakken Wielingen - Scheur

310	311	312	313	Totaal
22,10%	24,78%	22,21%	30,92%	100%

Er moet 10,4 Mln m³ worden onttrokken uit het systeem. Het kan niet worden gebruikt voor het aanvullen van de helling langs het Oostgat want het bestaat voornamelijk uit klei. De verdieping wordt in één jaar (1999) uitgevoerd. Van 2000 t/m 2029 wordt er geen onderhoud gepleegd aan de geul.

De hierboven vermelde modelvakken in ESTMORF komen overeen met de kust van Zeeuws-Vlaanderen.

3.7 Combinatie van alle ingrepen, run cb1

Een combinatie van de hiervoor beschreven berekeningen. Het sediment dat vrijkomt bij verdiepen Wielingen-Scheur wordt onttrokken. Het sediment dat vrijkomt uit de Walvisch

staart kan beschikbaar worden gesteld voor het aanvullen van de helling langs het Oostgat. Het tekort moet worden aangevuld uit gebieden buiten het modelgebied.

Alle werkzaamheden worden in één jaar (1999) uitgevoerd. Van 2000 t/m 2029 worden er geen onderhouds werkzaamheden gepleegd. Dat alle ingrepen in één jaar worden uitgevoerd is geen realistisch aanpak. Dit is alleen ter vergelijking van met de voorgaande scenarioberekeningen.

4 Resultaten

4.1 Opzet presentatie van resultaten

Zandbalansen in de vorm van export/import van de Westerschelde naar de monding en van de monding naar de Noordzee enerzijds en tussen het totale profiel en de geul anderzijds, worden in een tabel gepresenteerd. Het verschil tussen het gehele profiel (zie bijlage A t.o.v. de hoogwaterlijn) en de geul (t.o.v. laag water) zegt iets over de erosie/sedimentatie van het plaat-areaal (intergetijdengebied). Het principe van de zandbalans wordt in bijlage B nader uitgelegd.

Het Oostgat, de Walvischstaart en de Wielingen - Scheur overlappen in de modelschematisatie een aantal ESTMORF-vakken (zie paragraaf 3.3, 3.4 en 3.6). Voor de presentatie van de morfologische resultaten van het Oostgat, Walvischstaart en Wielingen - Scheur worden deze ESTMORF-vakken bij elkaar 'opgeteld'. Het gaat om de volgende ESTMORF-vakken:

- Oostgat: 362, 363, 364, 365 en 366;
- Walvischstaart: 324, 341, 343, 344, 347, 351 en 352;
- Wielingen - Scheur: 310, 311, 313, 313.

De zuidwestkust van Walcheren en de kust van Zeeuws-Vlaanderen komen overeen met respectievelijk het Oostgat en de Wielingen - Scheur.

De resultaten worden gepresenteerd in grafieken waarin de cumulatieve volumeverandering van de geulen en van de plaat-arealen worden afgebeeld. Het plaat-areaal of intergetijdengebied is het verschil tussen het areaal bij hoogwater (NAP +2m) en laagwater (NAP -2m). De hoogwaters en laagwaters zijn vaste waarden.

Gebieden zoals het Oostgat (de zuidwestkust van Walcheren), de Walvischstaart en de geul Wielingen - Scheur (kust van Zeeuws-Vlaanderen) worden eruit gelicht en de effecten ervan beschreven. De interactie tussen de verschillende ingrepen wordt beschreven.

Dwarsprofielen worden gepresenteerd m.b.v. ESTMORF-dwarsprofielen bestaande uit de zeven punten schematisatie zoals in bijlage A (Fokkink, 1998). Er moet rekening mee worden gehouden dat ESTMORF-dwarsprofielen geen goed representatief beeld opleveren van de vorm van de geul. Bovendien wordt in 1D-modellering de dwarsdoorsnede geschematiseerd. Voor de Walvischstaart bijvoorbeeld heeft dit tot gevolg dat dit als een 'bak' wordt gepresenteerd. Dit komt omdat de Walvischstaart op de Vlakte van de Raan ligt en de aanwezige kleine geul daar door het schematiseren wordt uitgevlakt.

Verwacht wordt dat de voornaamste ontwikkelingen zich in de geulen zullen plaatsvinden. Daarom zal naast het gehele dwarsprofiel tevens de ontwikkeling in de tijd van de onderwateroever t.o.v. laagwater worden weergegeven. De onderwateroever is vanaf de bodem tot aan de laagwaterlijn (zie bijlage A).

Voor het Oostgat, Walvischstaart en de Wielingen zal vanaf begin 1999, 2000, 2001, 2005, 2010, 2020 en 2030 de ontwikkeling in de tijd van de dwarsprofielen en onderwateroevers worden afgebeeld. Tevens zal de ontwikkeling van de dwarsoppervlakte van de geul in de tijd worden gepresenteerd.

Getijvolumina worden gepresenteerd aan het begin en aan het eind van de berekening van het Oostgat, Walvischstaart en de Wielingen - Scheur. Bij de presentatie van de getijvolumina moet rekening worden gehouden dat geen gebruik wordt gemaakt van de nummers uit de modelschematisatie van ESTMORF maar van de modelschematisatie uit SOBEK. Bovendien worden de nummers nog eens gerangschikt van laag naar hoog wat niet conform de volgorde is in de modelschematisatie. In de onderstaande tabel worden de modelvaknummers van ESTMORF naast die van SOBEK weergegeven.

Tabel 4.1: Vakken ESTMORF-schematisatie conform SOBEK-schematisatie

	Oostgat	Walvischstaart	Wielingen - Scheur
ESTMORF	362, 363, 364, 365, 366	324, 341, 343, 344, 347, 351, 352	310, 311, 312, 313
SOBEK	232, 233, 234, 235, 236	194, 211, 213, 214, 217, 221, 222	180, 181, 182, 183

4.2 Resultaat run rfl

4.2.1 Zandbalans rfl

De zandbalans over de periode 1999 - 2030 in figuur 4.1a laat zien dat er in de monding sediment wordt afgezet. De Westerschelde exporteert 51 miljoen m³ sediment over 30 jaar ($51/30 = 1,7$ miljoen m³/jaar). Vanuit de Noordzee wordt sediment naar het mondingsgebied getransporteerd. Dit is 127 miljoen m³ ($127/30 = 4,23$ miljoen m³/jaar). Totaal wordt er in de monding 178 miljoen m³ ($5,93$ miljoen m³/jaar) sediment afgezet. In de onderstaande tabel wordt summier de zandbalans weergegeven van het gebied.

Tabel 4.2: Zandbalans rfl.

rfl	Westerschelde	mondig
t.o.v. HW (totaal)	-51	127
t.o.v. LW (geulen)	-48	130
platen	-3	-3

Zowel in de monding als in de Westerschelde ondergaan de platen een geringe afname. Vanuit de Westerschelde verdwijnt er 51 Mln m³ naar de monding waarvan 48 Mln m³ afkomstig is uit de geulen (t.o.v. LW) en 3 Mln m³ van de platen. Het sediment wat wordt afgezet in de monding gaat voornamelijk naar de geul. Want 127 Mln m³ t.o.v. HW betekend dat er 3 Mln m³ extra verdwijnt van de platen om tot 130 Mln m³ in de geulen te komen.

4.2.2 Morfologie rfi

Oostgat / Zuidwestkust van Walcheren, figuur 4.1b: De eerste zeven jaar vanaf 1999 neemt het geulvolume toe door erosie. Daarna treedt er sedimentatie op. Het plaat-areaal of intergetijdegebied vertoont een dip aan het begin. Aan het begin is te zien dat het plaat-areaal groeit. Uiteindelijk is het plaat-areaal afgenomen. Gezien de afname van het plaat-areaal en de sedimentatie van de geul kan er vanuit worden gegaan dat sediment van de platen naar de geul verdwijnt. Opmerkelijk is dat het volume in 2030 weer even groot is als in 1999.

Walvischstaart, figuur 4.1c: Vanaf het begin sedimenteert de Walvischstaart. Het geulvolume neemt af. Het plaat-areaal verandert niet. De ontwikkeling van het plaat-areaal is te wijten aan de schematisatie van de Walvischstaart.

Wielingen - Scheur, figuur 4.1d: Tot 2009 treedt er erosie op. Daarna sedimentatie. Het uiteindelijke geulvolume en areaal is kleiner dan in 1999.

4.2.3 Dwarsprofielen rfi

In de figuren 4.1e t/m 4.1g worden de dwarsprofielen, onderwateroevers en de dwarsoppervlakte afgebeeld van het Oostgat, Walvischstaart en de Wielingen (= kust van Zeeuws-Vlaanderen).

Voor het Oostgat zijn de verschillen klein. Het gehele dwarsprofiel laat weinig zien. De onderwateroever laat zien dat deze uiteindelijk flauwer is geworden terwijl er nog niets is gestort. Vanaf het begin in 1999 wordt de onderwateroever van de geul flauwer. Vanaf 2001 tot 2010 wordt de onderwateroever weer iets steiler. Uiteindelijk is in 2030 de onderwateroever t.o.v. 1999 zowel aan de bodem als ter hoogte van laagwater verschoven waardoor deze flauwer is geworden. Het verschil t.o.v. 1999 is ongeveer 40 cm. De ontwikkeling van de oppervlakedoorsnede is hetzelfde als de sedimentatie/erosie grafieken. Vanaf 2005 wordt er sediment afgezet en dit gebeurt voornamelijk aan de bodem van de geul. Ter hoogte van laagwater wordt de geul breder maar aan de bodem smaller. Uit de grafiek blijkt dat de doorsnede in 2030 weer bijna net zo groot is als in 1999. Dit is aan de onderwateroever niet te zien.

De Walvischstaart laat zien wat is beschreven in paragraaf 4.1. De geulwanden staan verticaal waardoor er geen verandering is te zien in het profiel. Ondanks het sedimenteren in de Walvischstaart blijven de geulwanden verticaal. Met dit beeld is het moeilijk iets te zeggen over de dwarsdoorsnede. Alleen de diepte is afgenomen door het sedimenteren.

In de Wielingen - Scheur wordt de onderwateroever ter hoogte van laagwater steeds breder en aan de bodem smaller (resp. 75 cm en 30 cm in 2030). Er is een kantelpunt te zien ter hoogte van NAP -11m. Uiteindelijk is het verschil t.o.v. 1999 zo'n 105 cm. De doorsnede is in 2030 t.o.v. 1999 afgenomen. De erosie en sedimentatie ontwikkeling van de dwarsdoorsnede van de geul is moeilijk te herkennen in de ontwikkeling van de onderwateroever. Hiermee wordt bedoeld dat de onderwateroever ter hoogte van NAP -11m kantelt, waardoor het lijkt alsof de geul dwarsdoorsnede groter wordt. Uiteindelijk is dit te wijten aan het ondieper worden van de geul wat moeilijk te zien is in de figuur.

4.2.4 Getijvolumes rfi

Door het Oostgat is het eb- en het vloedvolume afgenomen t.o.v. 1999. Netto hoeft dit geen afname van het getijvolume te betekenen. Het getijvolume in 2030 kan nog altijd groter zijn dan in 1999. Het geulvolume is groter in verhouding tot het getijvolume omdat tot 2007 het geulvolume door erosie is toegenomen. Het gevolg is een afname van het geulvolume door sedimentatie.

Ondanks het sedimenteren van de Walvischstaart zijn de getijvolumes daar niet afgenomen. Dit verklaart mogelijk het sedimentatie gedrag want het getijvolume blijft gelijk en het geulvolume is te groot.

De getijvolumes door de Wielingen - Scheur zijn duidelijk afgenomen. Zowel bij het vloedvolume als het ebvolume is dit te zien. Het netto getijvolume in 2030 zal iets groter zijn dan 1999. Het geulvolume is groter in verhouding tot het getijvolume omdat de eerste tien jaar vanaf 1999 een toename door erosie van het geulvolume heeft plaatsgevonden. Het gevolg is dat het geulvolume zal afnemen door sedimentatie.

De getijvolumes staan in figuur 4.1h afgebeeld.

4.2.5 Binnengebied rfi

In de figuren 4.1i en 4.1j worden de sedimentatie/erosie grafieken afgebeeld van de monding en de Westerschelde. In de Westerschelde wordt onderscheid gemaakt in het westen, midden en oosten. Deze grafieken vertonen hetzelfde beeld als de resultaten uit het Verdiep-scenario uit het MOVE-project (Helvert, 1999). In het westen wordt voornamelijk gestort. Ondanks de afname van het geulvolume door storten eroderen deze toch. Namelijk een deel van het gestorte sediment verdwijnt. Uiteindelijk is het geulvolume t.o.v. 1999 afgenomen. Het gestorte sediment verdwijnt voornamelijk richting monding (zie ook zandbalans).

Het midden van de Westerschelde sedimenteert in eerste instantie voornamelijk door het storten. Daarna neemt het volume toch weer toe door erosie. Echter eindigt het volume in het midden door sedimentatie toch met een kleine afname t.o.v. 1999.

In het oosten van de Westerschelde wordt veel gebaggerd. Echter de morfologische respons a.g.v. het baggeren levert niet het effect op dat het volume evenredig toeneemt. Het effect is dat een deel van de volumetoename a.g.v. baggeren door sedimentatie afneemt.

Het proces van sedimentatie en erosie staat uitvoerig beschreven in deel twee van het onderzoek naar de effecten van baggeren, storten en zandwinning in de Westerschelde m.b.v. het ESTMORF-model (Helvert, 2000), de zogenaamde standaard analysegrafieken.

In de volgende scenarioberekeningen worden de resultaten van de Westerschelde achterwege gelaten. Het effect van de verschillende ingrepen in de monding op de Westerschelde is klein en zal alleen via de zandbalans duidelijk worden gemaakt.

4.3 Resultaat run ogI

4.3.1 Zandbalans ogI

De zandbalans over de periode 1999 - 2030 in figuur 4.2a laat zien dat er in de monding sediment wordt afgezet. Het storten van ruim 14 Mln m³ in de monding heeft tot gevolg dat er minder sediment vanuit de Noordzee wordt geïmporteerd.

De Westerschelde exporteert 50 miljoen m³ sediment over 30 jaar ($50/30 = 1,67$ miljoen m³/jaar). Vanuit de Noordzee wordt sediment naar het mondingsgebied getransporteerd. Dit is 121 miljoen m³ ($121/30 = 4,03$ miljoen m³/jaar). Totaal wordt er in de monding 171 miljoen m³ ($5,70$ miljoen m³/jaar) sediment afgezet. In de onderstaande tabel wordt summier de zandbalans weergegeven van het gebied.

Tabel 4.3: Zandbalans ogI.

	Westerschelde		monding	
	ogI	rfl	ogI	rfl
t.o.v. HW (totaal)	-50	-51	121	127
t.o.v. LW (geulen)	-47	-48	124	130
platen	-3	-3	-3	-3

De zandbalans levert eenzelfde beeld op als in de referentieberekening. De platen in beide gebieden hebben een geringe afname. Vanuit de Westerschelde verdwijnt er 50 Mln m³ naar de monding waarvan 47 Mln m³ afkomstig is uit de geulen (t.o.v. LW) van de Westerschelde en 3 Mln m³ van de platen. Het sediment wat wordt afgezet in de monding gaat voornamelijk naar de geulen. Want 121 Mln m³ t.o.v. HW en 124 Mln m³ t.o.v. LW, betekent dat er nog eens 3 Mln m³ extra verdwijnt van de platen.

4.3.2 Morfologie ogI

Oostgat / Zuidwestkust van Walcheren, figuur 4.2b: Het aanbrengen van de helling wordt in een jaar uitgevoerd. Dit is goed te zien in de figuur. Zodra het sediment is aangebracht begint het erosieproces. Het lijkt erop dat al het aangebrachte sediment wordt verwijderd uit het Oostgat. Dit gebeurt zeer snel. Na 2007 treedt zelfs een licht erosie op t.o.v. 1999. De erosiesnelheid is even groot als in de rfl-berekening. Uiteindelijk, na 30 jaar, is de totale doorsnede van het Oostgat weer even groot als in 1999 aan het begin van de berekening. Dat er is gestort op de geulwandhelling van het Oostgat, is te zien aan het eind van 1999. Ten opzichte van de referentieberekening is het areaal op dat tijdstip is toegenomen (beter te zien in figuur 4.2e). Vervolgens verdwijnt de aangevulde helling. Het plaat-areaal neemt vanaf 2000 snel af daarna geleidelijk. Ten opzicht van de referentieberekening is het plaat-areaal afgenomen.

Walvischstaart, figuur 4.2c: Het verflauwen van de helling langs het Oostgat heeft een kleine invloed op het sedimentatie/erosie proces in de Walvischstaart. Er is een klein verschil met de referentieberekening. De ontwikkeling van het plaat-areaal is nul.

Wielingen - Scheur, figuur 3.2d: De verschillen die zijn te zien t.o.v. de referentie berekening zijn klein. De ingreep in het Oostgat beïnvloedt de snelheid van het sedimentatie proces in de Wielingen - Scheur. Namelijk de 0-lijn wordt een jaar eerder gepasseerd. Het eind volume van de Wielingen - Scheur wordt iets kleiner t.o.v. de referentieberekening. Het verflauwen van het Oostgat heeft effect.

De ontwikkeling van het plaat-areaal langs de Wielingen is hetzelfde als in de referentieberekening.

4.3.3 Dwarsprofielen ogI

De ontwikkeling van de onderwateroever laat zien dat in 2000 het plaat-areaal is toegenomen door storten op de geulwand van het Oostgat (figuur 4.2e). Vervolgens door erosie wordt de geul ter hoogte van laagwater breder en neemt het plaat-areaal af. Ondanks dat het aangevulde sediment door erosie verdwijnt van de geulwandhelling, is deze in 2030 t.o.v. 1999 toch flauwer geworden. Ter hoogte van laagwater is de geul 35 cm breder geworden en aan de bodem 10 cm, totaal 45 cm. Dit beeld is ook te herkennen in het rfl-scenario. De toename t.o.v rfl is 5 cm.

4.3.4 Getijvolumes ogI

In figuur 4.2f staan de getijvolumes afgebeeld. Omdat aan het eind van de berekening t.o.v. de referentie berekening maar kleine veranderingen zijn opgetreden, zijn in de figuren geen spectaculaire veranderingen te herkennen. Het verschil tussen begin en eind van de berekening is overeenkomstig met de referentieberekening.

4.4 Resultaat run wal

4.4.1 Zandbalans wal

De zandbalans over de periode 1999 - 2030 in figuur 4.1a laat zien dat er in de monding sediment wordt afgezet. De Westerschelde exporteert 51 miljoen m³ sediment over 30 jaar ($52/30 = 1,73$ miljoen m³/jaar). Vanuit de Noordzee wordt sediment naar het mondingsgebied getransporteerd. Dit is 132 miljoen m³ ($132/30 = 4,40$ miljoen m³/jaar). Totaal wordt er in de monding 184 miljoen m³ ($6,13$ miljoen m³/jaar) sediment afgezet. In de onderstaande tabel wordt summier de zandbalans weergegeven van het gebied.

Tabel 4.4: Zandbalans wal.

	Westerschelde		mondig	
	wal	rfl	wal	rfl
t.o.v. HW (totaal)	-52	-51	132	127
t.o.v. LW (geulen)	-49	-48	135	130
platen	-3	-3	-3	-3

De zandbalans levert eenzelfde beeld op als in de referentieberekening. De platen in beide gebieden hebben een geringe afname. In het geval van de Westerschelde verdwijnt er 52

Mln m³ naar de monding waarvan 49 Mln m³ afkomstig is uit de geulen (t.o.v. LW) van de Westerschelde en 3 Mln m³ van de platen. Het sediment wat wordt afgezet in de monding gaat voornamelijk naar de geul. Want 132 Mln m³ t.o.v. HW en 135 Mln m³ naar de geulen (t.o.v. LW), betekent dat er nog eens 3 Mln m³ extra verdwijnt van de platen.

4.4.2 Morfologie wal

Oostgat / Zuidwestkust van Walcheren, figuur 4.3b: Het effect op de zuidwestkust van Walcheren is te zien na zeven jaar. Ten opzichte van de referentieberekening erodeert er meer sediment. Vervolgens zet zich weer sediment af in het Oostgat. Aan het eind is het en is het geulvolume net zo groot als in 1999 maar wel iets groter t.o.v. de referentieberekening.

Ontwikkeling van het plaat-areaal is nagenoeg hetzelfde als in de referentieberekening.

Walvischstaart, figuur 4.3c: Nadat in een korte tijd de geul in volume is toegenomen treedt na de ingreep meteen sedimentatie op. Opmerkelijk is dat van de verruiming van 9,4 Mln m³ in de Walvischstaart, niets overblijft. De sedimentatie snelheid waarmee dit gepaard gaat is nagenoeg even groot als in de referentieberekening. De hoeveelheid gesedimenteed materiaal tussen deze berekening en de referentieberekening zijn aan het eind nagenoeg even groot. Na 30 jaar is van de aangebrachte verruiming niets meer te zien.

Met het plaat-areaal gebeurt er niet veel t.o.v. de referentieberekening. Ontwikkeling is nul. Het sediment moet van buiten de Walvischstaart komen.

Wielingen - Scheur, figuur 4.3d: In vergelijking met de referentie berekening, erodeert er de eerste tien jaar uit Wielingen - Scheur iets meer. Daarna treedt er sedimentatie op. Na 30 jaar is het volume van de geul iets minder groot dan aan het eind van de referentieberekening. Ten opzichte van de referentieberekening is na 30 jaar het geulvolume iets groter geworden. De ontwikkeling van het plaat-areaal verschilt niet t.o.v. de referentieberekening.

4.4.3 Dwarsprofielen wal

Door de verticale geulwanden is er weinig te herkennen in de dwarsprofielen (figuur 4.3e). Het verdiepen van de Walvischstaart heeft ook weinig effect op de profielen. Alleen aan de diepte verandering is te zien dat deze aan het eind niet is gewijzigd t.o.v. de referentieberekening. Verder valt op te maken dat in 2010 de diepte weer op hetzelfde niveau zit als in de referentieberekening op hetzelfde tijdstip.

4.4.4 Getijvolumes wal

Omdat alle sedimentatie en erosie ontwikkelingen nagenoeg hetzelfde verloop hebben en de profielen even groot eindigen t.o.v. van het begin in 1999, is er in het getijvolume niet veel verandert t.o.v. de referentieberekening. Zie figuur 4.3f

4.5 Resultaat run wa2

4.5.1 Zandbalans wa2

De zandbalans over de periode 1999 - 2030 in figuur 4.4a laat zien dat er in de monding sediment wordt afgezet. De Westerschelde exporteert 51 miljoen m³ sediment over 30 jaar ($51/30 = 1,7$ miljoen m³/jaar). Vanuit de Noordzee wordt sediment naar het mondingsgebied getransporteerd. Dit is 126 miljoen m³ ($126/30 = 4,2$ miljoen m³/jaar). Totaal wordt er in de monding 177 miljoen m³ (5,90 miljoen m³/jaar) sediment afgezet. In de onderstaande tabel wordt summier de zandbalans weergegeven van het gebied.

Tabel 4.5: Zandbalans wa2.

	Westerschelde		mondig	
	wa2	rfl	wa2	rfl
t.o.v. HW (totaal)	-51	-51	126	127
t.o.v. LW (geulen)	-48	-48	129	130
platen	-3	-3	-3	-3

De zandbalans levert eenzelfde beeld op als in de referentieberekening. De platen in beide gebieden hebben een geringe afname. In het geval van de Westerschelde verdwijnt er 51 Mln m³ naar de monding waarvan 48 Mln m³ afkomstig is uit de geulen (t.o.v. LW) van de Westerschelde en 3 Mln m³ van de platen. Het sediment wat wordt afgezet in de monding gaat voornamelijk naar de geul. Want 126 Mln m³ t.o.v. HW en 129 Mln m³ naar de geulen (t.o.v. LW), betekent dat er nog eens 3 Mln m³ extra verdwijnt van de platen.

Ten opzichte van wal is de import van sediment vanuit de Noordzee naar de monding afgenomen. Dit is vanwege de 4,9 miljoen m³ sediment die moet worden aangevoerd voor het aanvullen van de helling in het Oostgat. De export van sediment vanuit het estuarium naar de monding is t.o.v. wal iets afgenomen.

4.5.2 Morfologie wa2

Oostgat / Zuidwestkust van Walcheren, figuur 4.4b: Het aanvullen van de helling in het Oostgat levert hetzelfde resultaat op als in og1. Na aanvullen van de helling begint het erosieproces meteen. Na ongeveer zeven jaar ontstaat zelfs een lichte erosie t.o.v. het begin in 1999. Uiteindelijk eindigt de geuldoorsnede iets kleiner t.o.v. 1999. Ten opzichte van de referentieberekening is het verschil kleiner dan bij het og1-scenario. De combinatie Walvischstaart Oostgat heeft als effect dat het geulvolume door het Oostgat iets is toegenomen aan in 2030.

De ontwikkeling van het plaat-areaal verloopt hetzelfde als in og1. Opvallend is ook hier dat het plaat-areaal hetzelfde eindigt als in de referentieberekening. Er is geen effect te ontdekken van de ingreep in de Walvischstaart op het Oostgat.

Walvischstaart, figuur 4.4c: Het effect van de verdieping in de Walvischstaart en storten in het Oostgat is klein t.o.v. het scenario wal.

Wielingen - Scheur, figuur 4.4d: Het verdiepen van de Walvischstaart en aanvullen van de helling in het Oostgat heeft op de geul Wielingen - Scheur weinig tot geen effect. De sedimentatie/erosie ontwikkeling is hetzelfde als in scenario wal. En ook t.o.v. scenario rfl is er weinig verschil. Het geulvolume is iets kleiner geworden.

4.5.3 Dwarsprofielen wa2

Het effect van storten op de geulwandhelling van het Oostgat heeft hetzelfde effect als in de ogl-berekening (figuur 4.4e). In 2000 is te zien dat het plaat-areaal iets is toegenomen ter hoogte van laagwater. Na 2000 is ondanks de erosie de helling toch flauwer geworden. Het plaat-areaal is afgenomen.

De Walvischstaart laat hetzelfde beeld zien als in het wal-scenario (figuur 4.4f). Echter is door de combinatie verdiepen Walvischstaart en storten Oostgat de bodem van de geul ondieper t.o.v. de wal en rfl berekening. Aan het eind is de geulbodem weer hetzelfde als in wal en rfl.

4.5.4 Getijvolumes wa2

Omdat alle sedimentatie en erosie ontwikkelingen nagenoeg hetzelfde verloop hebben en de profielen even groot eindigen t.o.v. van het begin in 1999, is er in het getijvolume niet veel veranderd t.o.v. de referentieberekening (figuur 4.4g).

4.6 Resultaat run wsl

4.6.1 Zandbalans wsl

De zandbalans over de periode 1999 - 2030 in figuur 4.5a laat zien dat er in de monding sediment wordt afgezet. De Westerschelde exporteert 53 miljoen m³ sediment over 30 jaar ($53/30 = 1,77$ miljoen m³/jaar). Vanuit de Noordzee wordt sediment naar het mondingsgebied getransporteerd. Dit is 122 miljoen m³ ($122/30 = 4,07$ miljoen m³/jaar). Totaal wordt er in de monding 175 miljoen m³ (5,83 miljoen m³/jaar) sediment afgezet. In de onderstaande tabel wordt summier de zandbalans weergegeven van het gebied.

Tabel 4.6: Zandbalans wsl.

	Westerschelde		monding	
	wsl	rfl	wsl	rfl
t.o.v. HW (totaal)	-53	-51	122	127
t.o.v. LW (geulen)	-50	-48	125	130
platen	-3	-3	-3	-3

De zandbalans levert eenzelfde beeld op als in de referentieberekening. De platen in beide gebieden hebben een geringe afname. In het geval van de Westerschelde verdwijnt er 53 Mln m³ naar de monding waarvan 50 Mln m³ afkomstig is uit de geulen (t.o.v. LW) van de Westerschelde en 3 Mln m³ van de platen. Het sediment wat wordt afgezet in de monding

gaat voornamelijk naar de geul. Want 122 Mln m^3 t.o.v. HW en 125 Mln m^3 naar de geulen (t.o.v. LW), betekent dat er nog eens 3 Mln m^3 extra verdwijnt van de platen.

4.6.2 Morfologie wsl

Oostgat / Zuidwestkust van Walcheren, figuur 4.5b: Het effect op de zuidwestkust van Walcheren is te zien na zeven jaar. Ten opzichte van de referentieberekening erodeert er meer sediment. Vervolgens zet zich weer sediment af in het Oostgat. Echter is het volume t.o.v. de referentie berekening en t.o.v. 1999, in 2030 groter geworden. Hieruit blijkt dat het effect van het verdiepen van de geul Wielingen - Scheur groter is op het Oostgat dan bij het verdiepen van de Walvischstaart. Verandering van het plaat-areaal t.o.v. de referentieberekening is klein.

Walvischstaart, figuur 4.5c: Het sedimentatieproces in de Walvischstaart heeft hetzelfde verloop zoals we dat bij alle voorgaande scenario's al hebben gezien. Ten opzichte van de referentieberekening sedimenteert er minder in de Walvischstaart. Echter het verschil is klein. Het effect van het verdiepen van de Wielingen - Scheur op de Walvischstaart is klein. De ontwikkeling van het plaat areaal verloopt niet anders dan in alle voorgaande berekeningen.

Wielingen - Scheur, figuur 4.5d: Het verdiepen van de Wielingen - Scheur met $10,4 \text{ Mln m}^3$ heeft als effect dat de Wielingen - Scheur het gebaggerde sediment weer compenseert d.m.v. sedimentatie. Wat betreft de hoeveelheid gaat dit sneller omdat de geul weer bijna even groot is t.o.v. 1999. In 2030 is het volume groter dan aan het eind van de referentieberekening. Het verdiepen heeft effect gehad.

Het plaat-areaal neemt af. Afname is minder groot als uit de referentieberekening.

4.6.3 Dwarsprofielen wsl

Het verdiepen van de Wielingen - Scheur heeft het effect dat in 2000 het plaat-areaal is toegenomen (de geul wordt smaller ter hoogte van laagwater). Dit is van korte duur want daarna wordt de onderwateroever flauwer. Ter hoogte van laagwater wordt de geul breder met ongeveer 70 cm. De breedte van de geulbodem wordt smaller met ongeveer 25 cm. Totaal is de verschuiving zo'n 95 cm. (zie figuur 4.5e). T.o.v. de referentieberekening is het eind volume groter geworden a.g.v. het verdiepen van de geul. Het verschil in de verschuiving van de onderwateroever met de referentieberekening is dan 10 cm.

4.6.4 Getijvolume wsl

Omdat alle sedimentatie en erosie ontwikkelingen nagenoeg hetzelfde verloop hebben en de profielen even groot eindigen t.o.v. van het begin in 1999, is er in het getijvolume niet veel veranderd t.o.v. de referentieberekening (figuur 4.5f).

4.7 Resultaat run cb1

4.7.1 Zandbalans cb1

De zandbalans over de periode 1999 - 2030 in figuur 4.6a laat zien dat er in de monding sediment wordt afgezet. De Westerschelde exporteert 51 miljoen m³ sediment over 30 jaar ($52/30 = 1,73$ miljoen m³/jaar). Vanuit de Noordzee wordt sediment naar het mondingsgebied getransporteerd. Dit is 121 miljoen m³ ($121/30 = 4.03$ miljoen m³/jaar). Totaal wordt er in de monding 173 miljoen m³ ($5,76$ miljoen m³/jaar) sediment afgezet. In de onderstaande tabel wordt summier de zandbalans weergegeven van het gebied.

Tabel 4.7: Zandbalans cb1.

	Westerschelde		monding	
	cb1	rfl	cb1	rfl
t.o.v. HW (totaal)	-52	-51	121	127
t.o.v. LW (geulen)	-49	-48	124	130
platen	-3	-3	-3	-3

De zandbalans levert eenzelfde beeld op als in de referentieberekening. De platen in beide gebieden hebben een geringe afname. In het geval van de Westerschelde verdwijnt er 52 Mln m³ naar de monding waarvan 49 Mln m³ afkomstig is uit de geulen (t.o.v. LW) van de Westerschelde en 3 Mln m³ van de platen. Het sediment wat wordt afgezet in de monding gaat voornamelijk naar de geul. Want 121 Mln m³ t.o.v. HW en 124 Mln m³ naar de geulen (t.o.v. LW), betekent dat er nog eens 3 Mln m³ extra verdwijnt van de platen.

4.7.2 Morfologie cb1

Oostgat / Zuidwestkust van Walcheren, figuur 4.6b: In dit scenario worden alle ingrepen tegelijk uitgevoerd. Het effect op het Oostgat is zo langzaamaan bekend. Het sedimentatie/erosie proces verloopt hetzelfde als in og1. Ook in het combinatiescenario is in 2030 de doorsnede weer net zo groot als in 1999. De ontwikkeling van het plaat-areaal levert hetzelfde beeld op.

Walvischstaart, figuur 4.6c: Het sedimentatieproces is hetzelfde als in de wal en wa2 scenario. De aangebrachte verdieping wordt geheel teniet gedaan. Het sedimentatieproces gaat zo snel dat de einddoorsnede net zo groot is als aan het eind van de rfl-berekening. De ontwikkeling van het plaat areaal verloopt niet anders t.o.v. de referentie.

Wielingen - Scheur, figuur 4.6d: In deze berekening is het sedimentatie/erosie proces voor het volume en het areaal hetzelfde als in het wsl-scenario.

4.7.3 Dwarsprofielen cb1

De dwarsprofielen, onderwateroevers en dwarsdoorsneden worden afgebeeld in de grafieken 4.6 e t/m 4.6g.

In het Oostgat wordt ter hoogte van laagwater de geul breder t.o.v. de referentieberekening. De diepte is hetzelfde in 2030. Gedurende de tijd is de bodem wel ondieper t.o.v. de referentieberekening.

In de Walvischstaart zijn weer de verticale geulwanden te herkennen waardoor het moeilijk is een ontwikkeling te zien van het profiel. De diepte in de Walvischstaart is na 2005 weer net zo diep als in de referentieberekening in 2005. Het sedimenteren gaat snel.

Het verdiepen van de Wielingen in combinatie met de overige ingrepen heeft het effect dat de geulbreedte ter hoogte van laagwater is afgenomen. Ook aan de bodem is dit te zien. Aan het eind van de berekening is de geul dieper geworden t.o.v. de referentieberekening.

4.7.4 Getijvolumes cb1

Omdat alle sedimentatie en erosie ontwikkelingen nagenoeg hetzelfde verloop hebben en de profielen even groot eindigen t.o.v. van het begin in 1999, is er in het getijvolume niet veel veranderd t.o.v. de referentieberekening (figuur 4.6h).

4.8 Overzicht resultaten scenario's

4.8.1 Zandbalans

Uit metingen van RIKZ blijkt dat de monding van de Westerschelde sediment exporteert naar de Noordzee. Uit de zandbalansen van de scenarioberekeningen blijkt dat juist het omgedraaide te zien is, namelijk de monding importeert sediment vanuit de Noordzee. Dit is te verklaren doordat het baggerbezwaar wat door de België is uitgevoerd niet is meegerekend in de berekeningen. Het baggerbezwaar wat is uitgevoerd door België is over de periode van 1999 t/m 2001 onbekend. Over de periode 1960 t/m 1997 is er netto gestort in de monding. Dit verklaart dat de monding exporterend is. De scenarioberekeningen bevestigen dit beeld in tabel 4.8 waarin een overzicht van de zandbalansen van alle scenarioberekeningen is gegeven.

Tabel 4.8: Overzicht zandbalansen scenario's.

scenario's	Netto	Transport vanuit Westerschelde naar monding [Mln m ³]	Transport vanuit Noordzee naar monding [Mln m ³]	Totale import monding [Mln m ³]
	ingreep	t.o.v. HW	t.o.v. HW	t.o.v. HW
rfl	-	-51	127	178
ogl	-14,3	-50	121	171
wal	9,4	-52	132	184
wa2	-4,9	-51	126	177
ws1	10,4	-53	122	175
cb1	5,5	-52	121	173

In scenario ogl wordt het meeste sediment gestort in de monding. De import vanuit de Noordzee naar de monding is dan van alle scenarioberekeningen het kleinst. Echter is het effect van de ingrepen in de monding op de Noordzee niet consequent. Dit komt waarschijnlijk doordat de ingrepen in de scenarioberekeningen kort en eenmalig zijn. De

verwachting is dat bij een jaarlijkse netto stort in de monding er export zal ontstaan van de monding naar de Noordzee.

Het effect van de ingrepen in de monding op de Westerschelde heeft een consequent verloop. Namelijk als er veel wordt gebaggerd in de monding (ws1) is de export van sediment vanuit de Westerschelde naar de monding het grootst. Als er veel wordt gestort is de export het laagst (og1). Waarschijnlijk hebben ingrepen in de monding in eerste instantie een groter effect op de Westerschelde dan op de Noordzee.

4.8.2 Morfologie

Uit de figuren 4.1 t/m 4.6 blijkt dat voor de afzonderlijke gebieden zoals het Oostgat, Walvischstaart en de Wielingen, er weinig verandert in de morfologie t.o.v. de referentiesituatie. Alle aangebrachte ingrepen of uitgevoerde werken worden meteen na de aanleg teniet gedaan. In de figuren 4.7a en 4.7b is dit nog eens goed te zien. Daarin zijn de cumulatieve volumeveranderingen van het Oostgat, de Walvischstaart en in de Wielingen-Scheur t.o.v. de referentieberekening voor de geul (t.o.v. LW) uitgezet. De drie grafieken (behalve de monding) laten zien dat de ontwikkeling terug gaat naar de oorspronkelijke toestand.

De grafiek waarin het verschil van de cumulatieve volumeveranderingen worden afgebeeld voor de gehele monding (figuur 4.7a bovenaan), laat zien dat de geul Wielingen - Scheur een sterke invloed heeft op het systeem. In de scenario's ws1 en cb1 is dit goed te zien. Het verschil is namelijk het grootst en neemt toe. Blijkbaar treedt er een permanente verandering op in het systeem a.g.v. ingrepen in de Wielingen - Scheur. Het aanvullen van de oostelijk helling in het Oostgat en het verdiepen van de Walvischstaart hebben ook invloed op de monding al zijn deze klein(er).

4.8.3 Dwarsprofielen

Het storten in het Oostgat heeft tot gevolg dat de onderwateroever flauwer is geworden. Al blijkt uit de referentieberekening dat deze ontwikkeling ook is te herkennen als er niet wordt gestort. Het aanvullen van de helling heeft tot gevolg dat de geulbreedte maar 5 cm breder wordt ofwel het plaat-areaal neemt af. Uiteindelijk is de geul weer net zo diep als aan het eind van de referentieberekening. De combinatie berekeningen wa1 en cb1 laten voor het Oostgat zien dat er weinig verschil is tussen de scenario's. Alleen in de cb1-scenario is de geul in het Oostgat dieper geworden en de breedte ter hoogte van laagwater smaller. Het gaat echter om verschillen van enkele centimeters.

Voor de Walvischstaart is moeilijk een ontwikkeling te herkennen omdat hier alleen maar verticale geulwanden zijn. Alleen in de geuldieptes is een ontwikkeling te herkennen. In alle scenarios waarin de Walvischstaart wordt verdiept (wa1, wa2 en cb1) is de ontwikkeling in de geuldiepte nagenoeg hetzelfde. In 2010 zijn de geuldieptes weer op het nivo van de referentieberekening. In 2005 is dit verschil al heel klein, enkele centimeters.

In de geul Wielingen - Scheur is in de ontwikkeling van de onderwateroever in de ws1 en cb1 scenario's t.o.v. de referentieberekening wel een ontwikkeling te zien. De geulbodem is

dieper geworden. De onderwateroever is steiler geworden. De toename van het geulvolume door het verdiepen is echter klein, maar wel degelijk te herkennen in tegenstelling tot de voorgaande ingrepen.

4.8.4 Getijvolumina

In figuur 4.8a en 4.8b zijn respectievelijk de verschillen in de vloed- en eb getijvolumina van de scenario's t.o.v. de referentieberekening, nu iedere vijf jaar, afgebeeld. In de eerder gepresenteerde figuren is alleen het verschil tussen begin en eind van de berekening te zien. En daaruit lijkt het of er weinig is gebeurd. De grafieken in figuur 4.8a en 4.8b laten zien dat het verschil t.o.v. de referentieberekening in 2030 klein is en rond 2005 groot.

Bij het Oostgat is in 2030 het getijvolume weer zoals bij aanvang in 1999. De 'dip' rond 2005 in het Oostgat is te wijten door het gestorte sediment. Het getijvolume neemt af omdat de doorsnede is afgenomen. Daarna neemt het getijvolume weer toe en gaat naar de oorspronkelijke waarde. Ondanks het aanvullen van de helling in het Oostgat blijkt dat er nauwelijks een permanente debietwijziging heeft plaatsgevonden in het Oostgat.

De Walvischstaart vertoont een omgedraaid beeld. Door verdiepen/verruimen van de geul stijgt het getijvolume. Rond 2005 is deze het grootst. Vanaf 2005 daalt het getijvolume met als gevolg dat de aangebrachte verdieping teniet wordt gedaan door sedimentatie. Waarschijnlijk zal door de plotselinge verruiming van de doorsnede een debietverdeling plaatsvinden. Dit betekent dat ergens anders in de monding het getijvolume zal afnemen. Het effect is van korte duur. Het toegenomen getijvolume neemt weer af. Het gevolg is een toegenomen doorsnede met een afnemend getijvolume, met als resultaat sedimentatie.

In de Wielingen nagenoeg hetzelfde beeld. Alleen zijn bij de scenario's wsl en cb1 aan het einde een permanente debietverdeling ontstaan. Het getijvolume, voor zowel eb als vloed, is t.o.v. de referentieberekening toegenomen.

5 Conclusies

5.1 Algemeen

De grootschalige ingrepen in de monding hebben effect op het hele gebied. Al zijn deze klein, in deze studie gaat het om de initiële effecten. De grootschalige ingrepen in de monding moeten een indruk hoe effectief ze zijn, zowel afzonderlijk als in combinatie. Bovendien kan een inschatting gemaakt worden van het baggerbezwaar om de grootschalige ingrepen te onderhouden.

5.2 Erosie langs de zuidwestkust van Walcheren

Het verflauwen van de oostelijke geulwandhelling langs het Oostgat is een effectieve maatregel. Dit is het beste te herkennen in een permanent opgetreden debietverdeling na 30 jaar. Bij het verflauwen van de geulwandhelling is het getijvolume na 30 jaar afgenomen met 0,16 %. Dit betekent dat door deze maatregel minder water door het Oostgat stroomt wat gunstig is t.a.v. de kusterosie.

De combinatie van verdiepen Walvischstaart en verflauwen van de geulwandhelling langs het Oostgat geeft een positief resultaat t.a.v. het bestrijden van de kusterosie. Namelijk het getijvolume is met 0,10 % afgenomen t.o.v. de autonome situatie.

De combinatie van verflauwen van de geulwandhelling langs het Oostgat, verdiepen Walvischstaart en Wielingen - Scheur levert na 30 jaar een toename van het getijvolume op door het Oostgat van 0,07 %. Echter treedt de toename van het getijvolume pas na 2025 op. Daarvoor is een duidelijke afname van het getijvolume te zien. Wellicht dat met onderhoud aan deze drie maatregelen het effect kan omslaan naar een permanente afname van het getijvolume door het Oostgat.

De aangebrachte verflauwing is na 30 jaar nagenoeg verdwenen door erosie. Het geulvolume onder laagwater is door sedimentatie afgenomen.

5.3 Nautisch maatregel, verdiepen Walvischstaart

Het verdiepen van de Walvischstaart ten gunste van de scheepvaart zal een maatregel zijn die constant onderhoud nodig heeft. In alle scenario's verdwijnt de aangebrachte verdieping door sedimentatie. In 2030 is het geulvolume weer net zo groot als in de autonome situatie. Opmerkelijk is wel het erosie-effect in de Walvischstaart a.g.v. het verflauwen van de oostelijke geulwandhelling langs het Oostgat. Dit komt niet overeen met de herverdeling van het debiet a.g.v. het aanbrengen van de verflauwing. In de Walvischstaart is een afname van het getijvolume te herkennen met 0,13 %.

De grootste toename van het getijvolume door de Walvischstaart komt door het verdiepen van de Wielingen. De toename is 0,17 % in 2030. Het effect wanneer alle maatregelen worden uitgevoerd in de Walvischstaart is een toename van het getijvolume met 0,11 %. Echter is dit gunstige effect niet te herkennen in de morfologische ontwikkeling van de Walvischstaart.

5.4 Verdiepen Wielingen - Scheur, aansluiten derde verdieping Westerschelde

Dit is de meest invloedrijke geul in de monding van de Westerschelde. Bij het verdiepen van de Wielingen - Scheur treedt er de grootste debiet herverdeling op in de monding. Het getijvolume door de Wielingen neemt toe met 0,15 %. In het gecombineerde scenario is het getijvolume toegenomen met 0,13 %. Alleen de maatregel in het Oostgat geeft een afname van het getijvolume door de Wielingen - Scheur.

De aangebrachte verdieping door de Wielingen - Scheur verdwijnt niet door sedimentatie. Dit zou betekenen dat het baggerbezwaar voor de geul niet groot hoeft te zien. Zoals al is geschreven is dit een invloedrijke geul. De Wielingen - Scheur trekt veel water aan. Het effect is niet alleen te herkennen in de monding maar ook in de Westerschelde getuige de zandbalans.

Het verdiepen van de Wielingen - Scheur heeft voor het Nederlandse deel van de kust van Zeeuws Vlaanderen tot gevolg dat de stroomsnelheden zullen toenemen. Verder blijkt uit de morfologische resultaten dat het intergetijdegebied langs de toeneemt.

5.5 Slotconclusie

Van alle drie de maatregelen, die als gemeenschappelijke doel hebben het tegengaan van de kusterosie langs de zuidwest van Walcheren, heeft de directe maatregel in het Oostgat het meeste effect. Afgezien van het gemeenschappelijke doel spelen de afzonderlijke doelen ook een belangrijke rol die elkaar ongunstig kunnen beïnvloeden. Uit de berekeningen is gebleken dat uitvoeren van de drie maatregelen elkaar niet tegenwerken om het bereikte doel te handhaven. Alleen in het Oostgat zal bij het uitvoeren van alle drie de maatregelen het getijvolume vanaf 2025 toenemen wat ongunstig is t.a.v. de kusterosie. Om de afzonderlijke doelen te handhaven zullen onderhoudswerkzaamheden uitgevoerd moeten worden. Het verwachte baggerbezwaar voor het Oostgat en de Walvischstaart zal daarbij groter zijn als voor de Wielingen - Scheur.

6 Aanbevelingen

De effecten van de grootschalige ingrepen zijn nu berekend zonder baggerbezwaar. Om de kusterosie tegen te gaan en de aangebrachte verdiepingen te onderhouden, zou het realistischer zijn als het baggerbezwaar mee zou worden berekend. Het is dan de vraag of de effecten, met name op de zuidwestkust van Walcheren, gunstiger zouden kunnen zijn. Bovendien kunnen de berekeningen dan uitgevoerd worden met zeespiegelstijging.

Tot slot moet worden opgemerkt dat de ontwikkeling van plaat-arealen door ESTMORF niet goed worden gereproduceerd. Daarom is het uitgebreider presenteren van de plaatarealen achterwege gelaten.

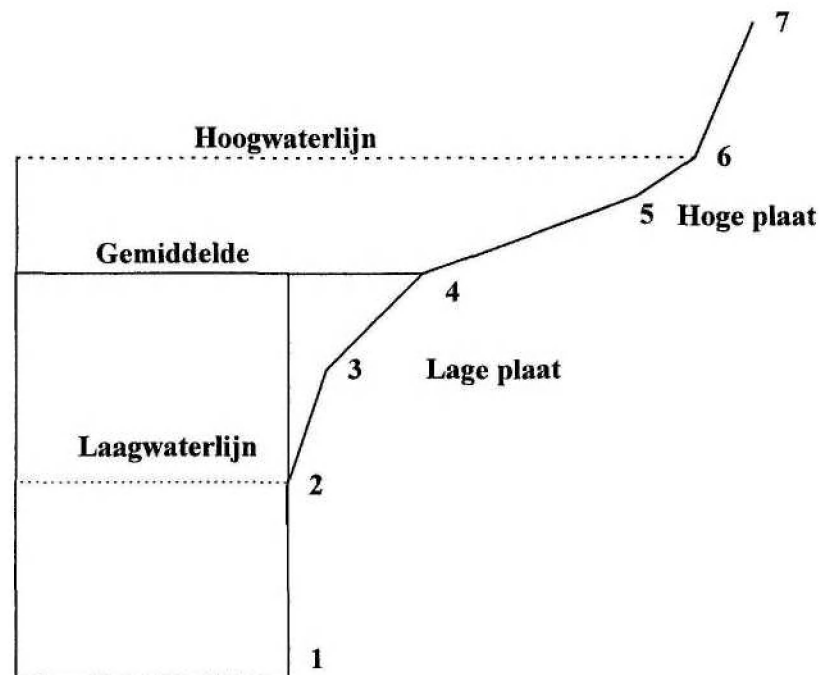
In 1999 (Wang, 1999) is een studie gedaan naar verbetering van de weergave van de platen in ESTMORF. Dit werd uitgevoerd toen ESTMORF nog met IMPLIC de waterbeweging berekende. In die studie zijn de invoerparameters die invloed hebben op de platen verbeterd.

In ESTMORF 3.0 wordt de waterbeweging met SOBEK berekend. Er is niet onderzocht of de verbeterde invoerparameters voor de platen kunnen worden toegepast in ESTMORF 3.0. Om in het vervolg de plaatarealen beter te kunnen presenteren zou onderzocht moeten worden of de verbeterde invoerparameters uit 1999 geschikt zouden zijn voor Estmorf 3.0.

7 Referenties

- Fokkink, R, juni 1998, Final version of the ESTMORF-model, final version, WL|Delft Hydraulics, Z2262
- Jeuken, M.C.J.L en Weck, A.W. van de, december 1999, Uitbreiding ESTMORF-model Westerschelde; Afregelen van het waterbewegingsmodel IMPLIC, WL|Delft Hydraulics, Z2701.
- Wang, Z.B. en Bruinsma, R., december 1999, Verbetering ESTMORF, WL|Delft Hydraulics, Z2760.
- Helvert, M.A.G. van, juli 1999, Onderzoek naar de effecten van baggeren, storten en zandwinning in de Westerschelde m.b.v. het ESTMORF-model in het kader van MOVE, RIKZ Rijkswaterstaat, werkdocument RIKZ/OS-99.817x
- Helvert, M.A.G. van, augustus 2000, Lange Termijnvisie Schelde-estuarium cluster morfologie, WL|Delft Hydraulics Z2878.
- Helvert, M.A.G. van, september 2000, Onderzoek naar de effecten van baggeren, storten en zandwinning in de Westerschelde m.b.v. het ESTMORF-model in het kader van MOVE, deel 2, RIKZ Rijkswaterstaat, werkdocument RIKZ/OS-2000.810x
- Thoolen, P.M.C., oktober 2000, Uitbreiding en verbetering ESTMORF, WL|Delft Hydraulics, Z2934.
- Wang, Z.B. en Helvert, M.A.G. van, november 2000, Verbetering intergetijdengebied in ESTMORF; implementatie van diverse maatregelen, WL|Delft Hydraulics, Z3002
- Wang, Z.B. en Helvert, M.A.G. van, september 2001, ESTMORF-model voor de Westerschelde inclusief de monding; Verbeteringen software en uitbreiding /calibratiemodel, WL|Delft Hydraulics, Z3105.
- Wang, Z.B. en Helvert, M.A.G. van, november 2001, ESTMORF, a model for long term morphological development of estuaries and tidal lagoons, WL|Delft Hydraulics, Z3105.

A ESTMORF dwarsprofiel



B Principe zandbalans

Schets en berekening erosie/sedimentatie proces per vak.

De relatie tussen transport en sedimentatie kan als volgt worden omschreven:

$$\Delta V = \sum_i T_i$$

waarin de volgende termen zijn te verklaren:

T = Netto transport sediment verplaatsing door de grens van de vakken;

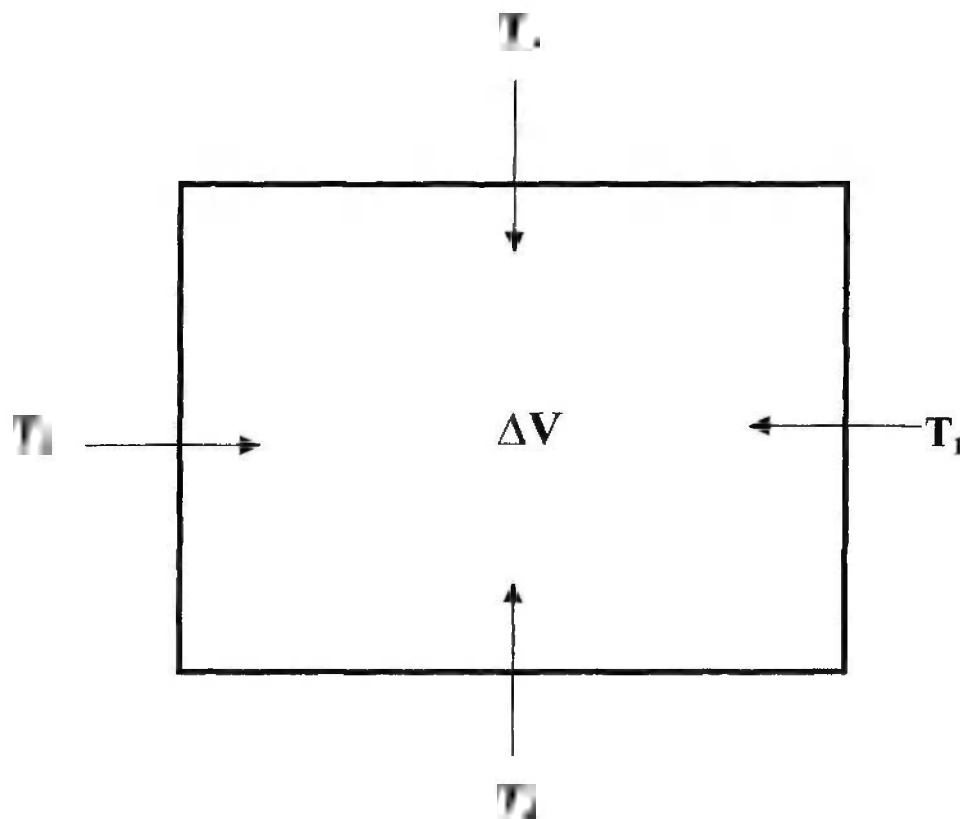
ΔV = Natuurlijke volumeverandering kan ook berekend worden door $\Delta V = I - E$

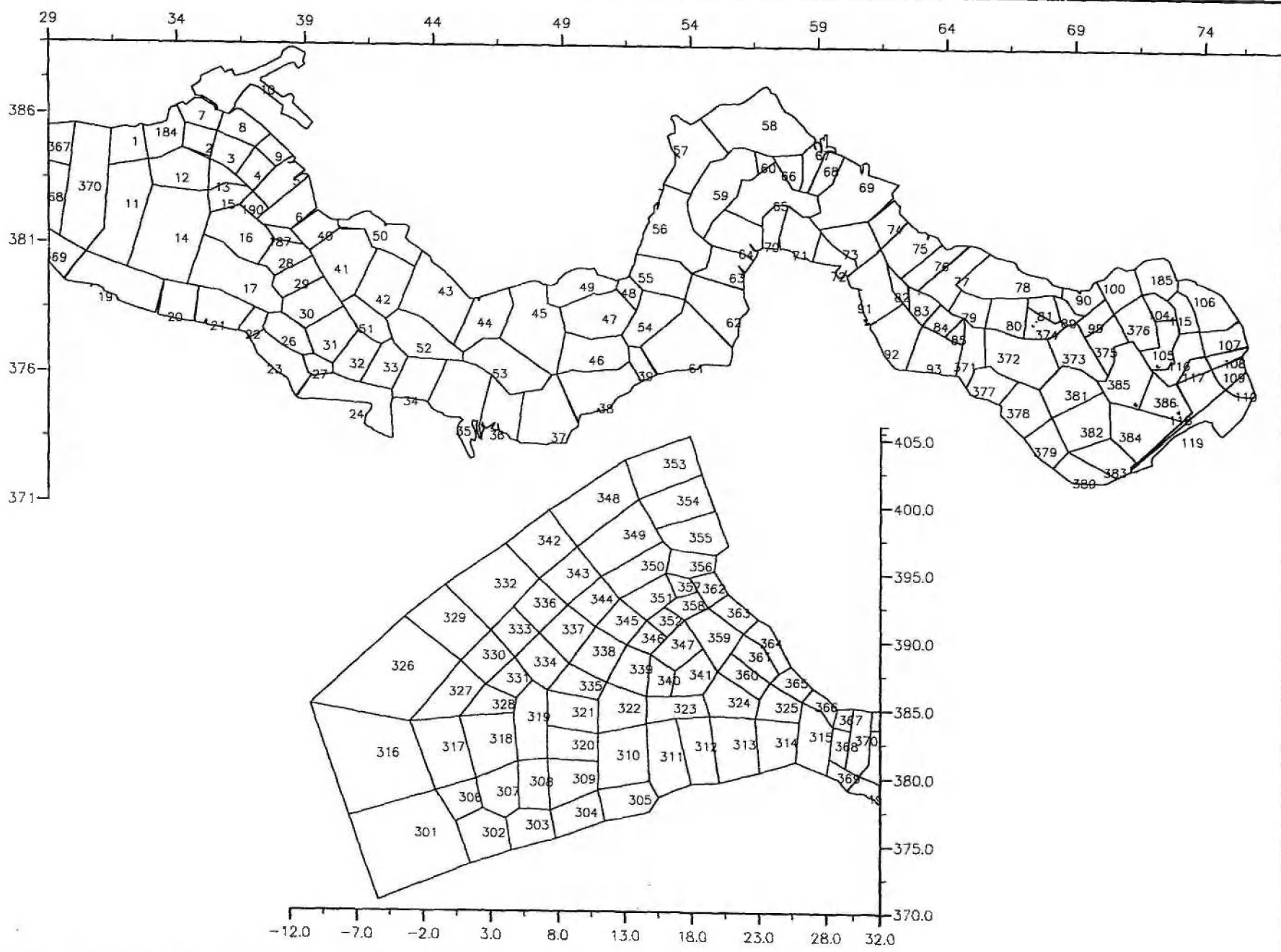
waarin I de ingreep voorstelt (baggeren/zandwinning -storten) en E de volumeverandering
(+ = erosie, - = sedimentatie) berekend door ESTMORF

De relatie kan als volgt worden beschreven:

$$(\Delta V) = I - E$$

T_i = positief als het naar het vak toegericht is.



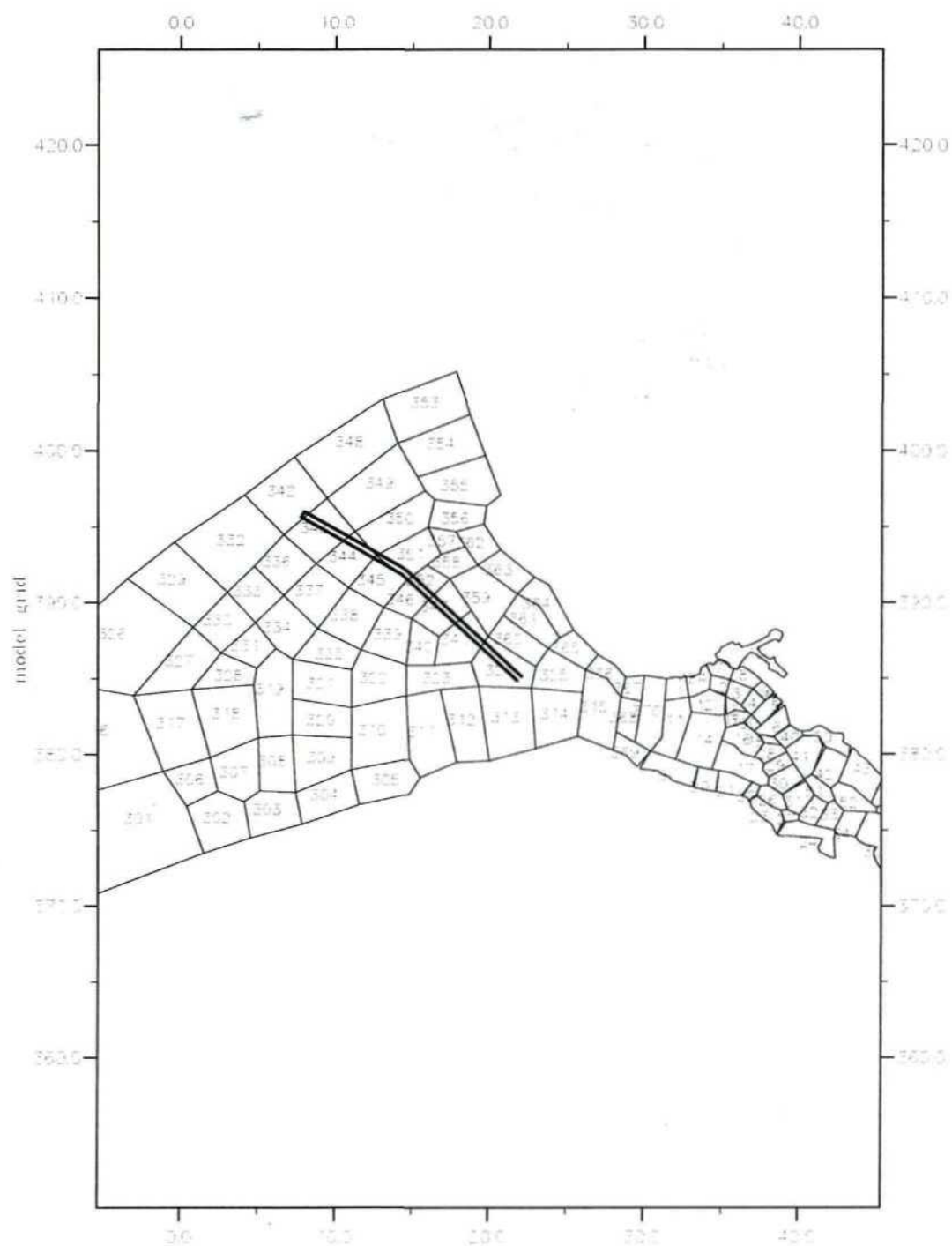


ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Overall model Estmorf 3.0

WL | DELFT HYDRAULICS

Z3246

Fig. 1.1



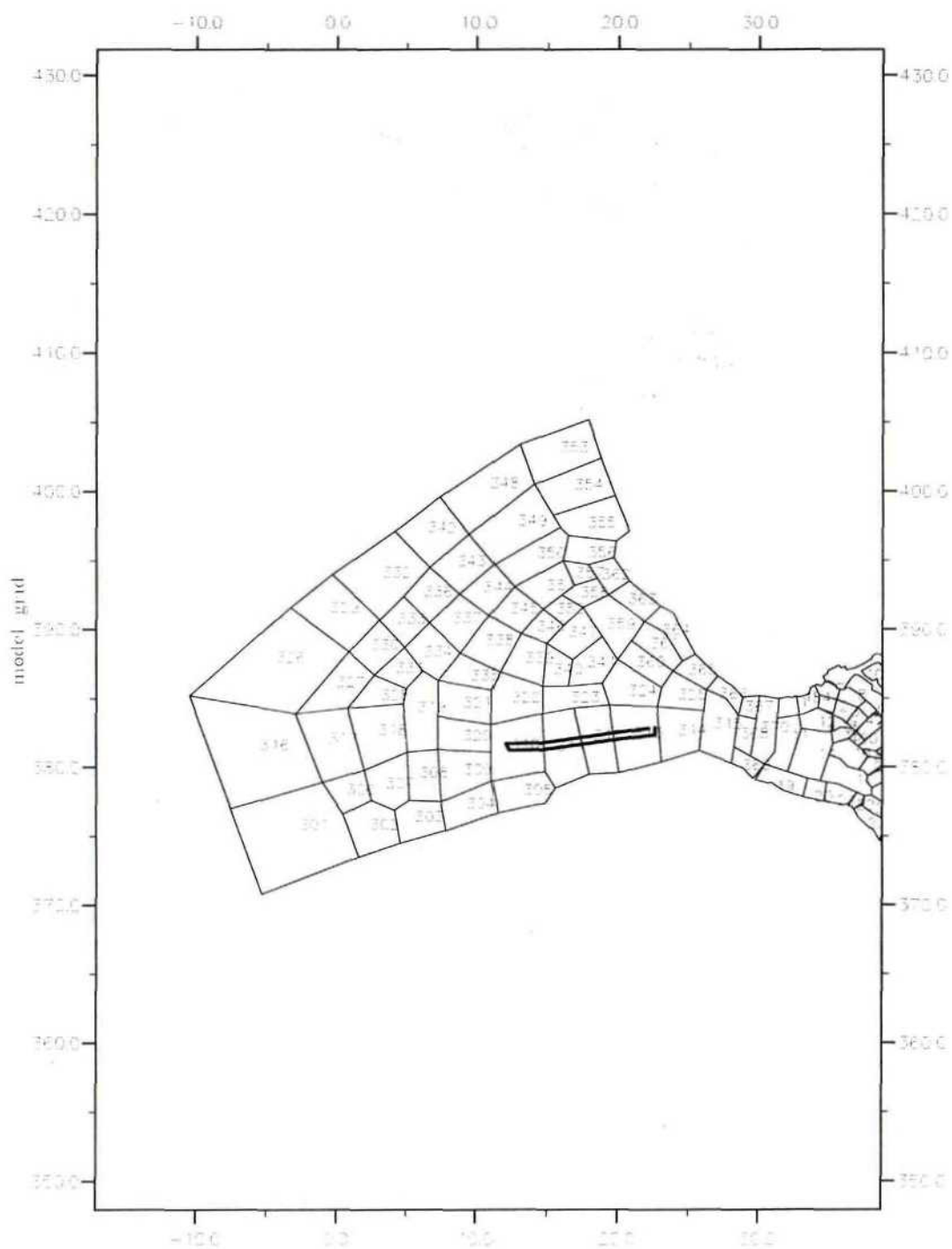
ESTMARP Westerschelde berekeningen 2002

Gemiddelde Waaier staat op de Aankomst van de Boor

13046

13046

Fig. 1.1



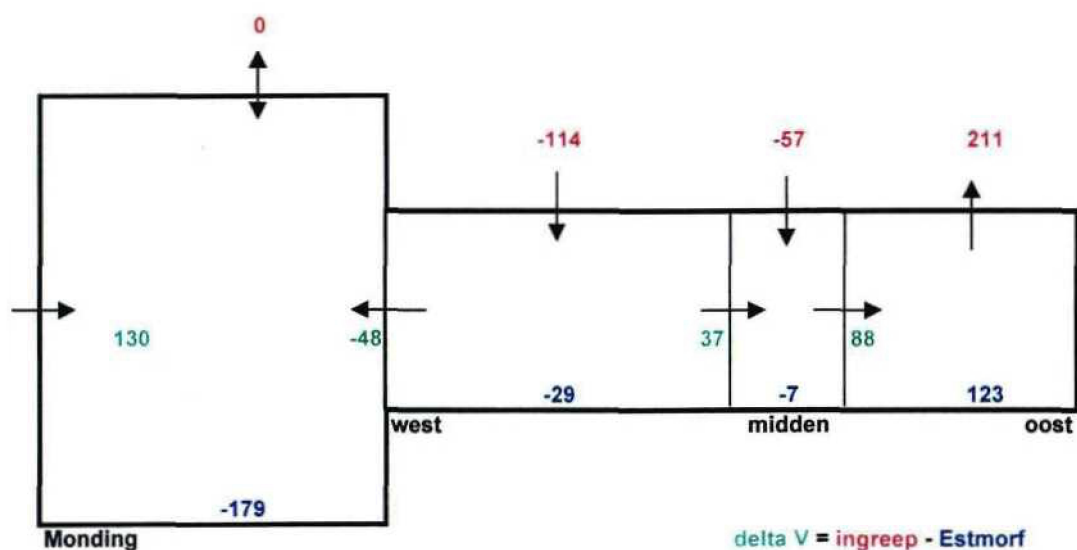
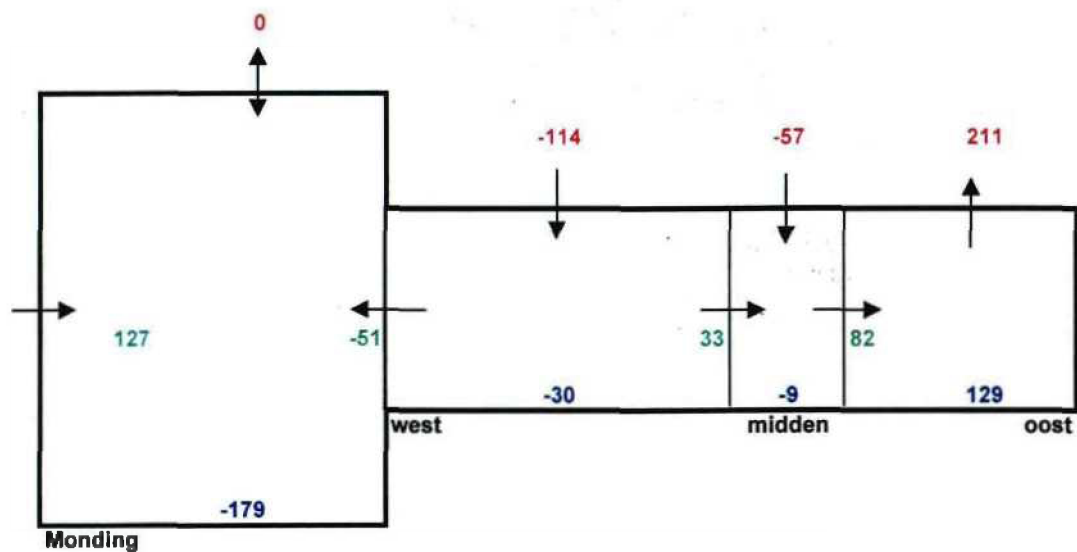
ESTIMAP Westerschelde zandkernen 2002
 Geol. Weingen - Schenk

Z3246

Z. - ZELP - 1000000

2002

Fig. 13



delta V = ingreep - Estmorf

ingreep: pos. = baggeren
neg. = storten

Estmorf: pos. = erosie
neg. = sedimentatie

delta V = pos. = importerend
neg. = exporterend

ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Zandbalans, boven t.o.v. HW onder t.o.v. LW
Run rfl: Geen ingrepen

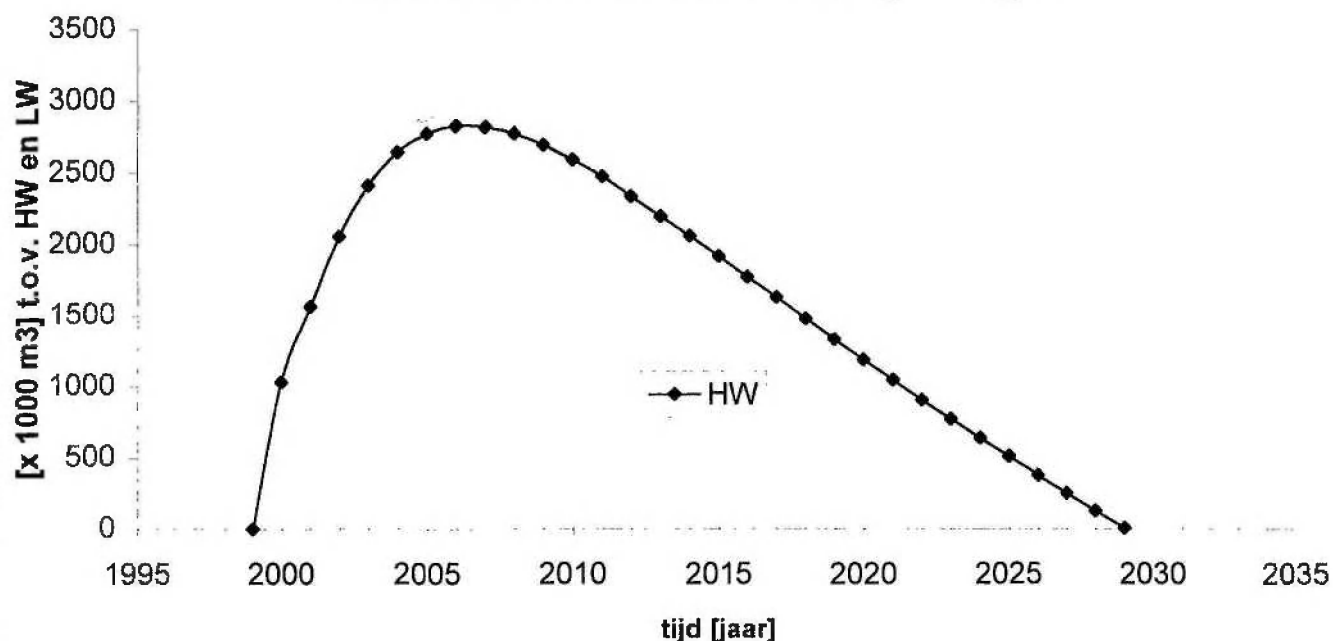
Z3246

2002

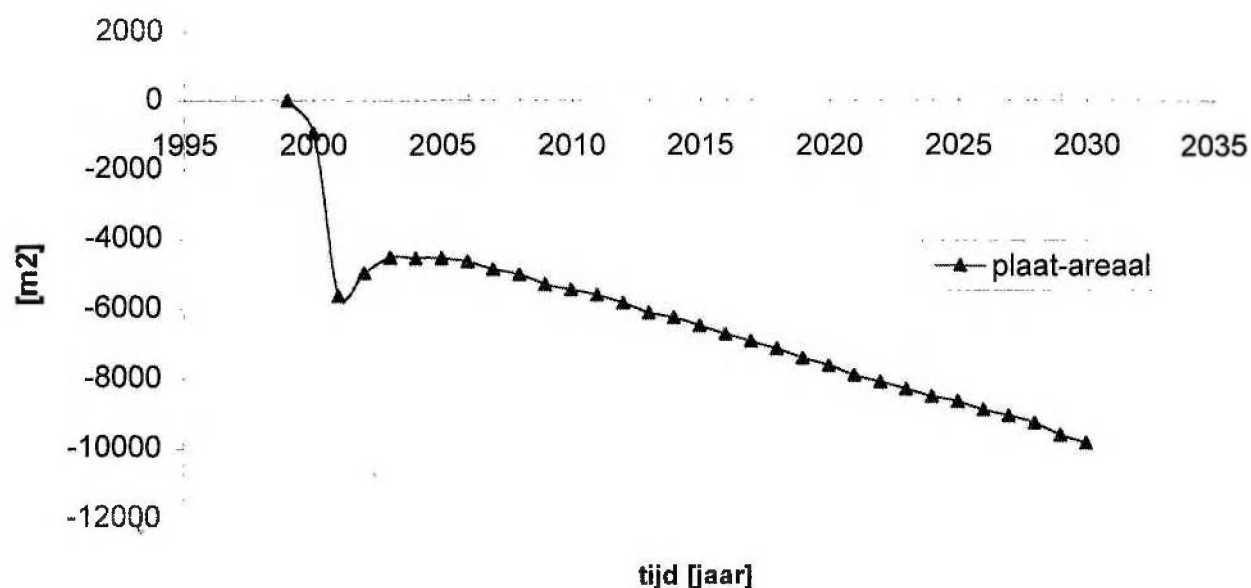
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1a

Cumulative volumeverandering Oostgat



Cumulative plaat-areaal verandering Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Oostgat langs de zuidwest kust van Walcheren
 Run rfl: Referentie berekening geen ingrepen in monding

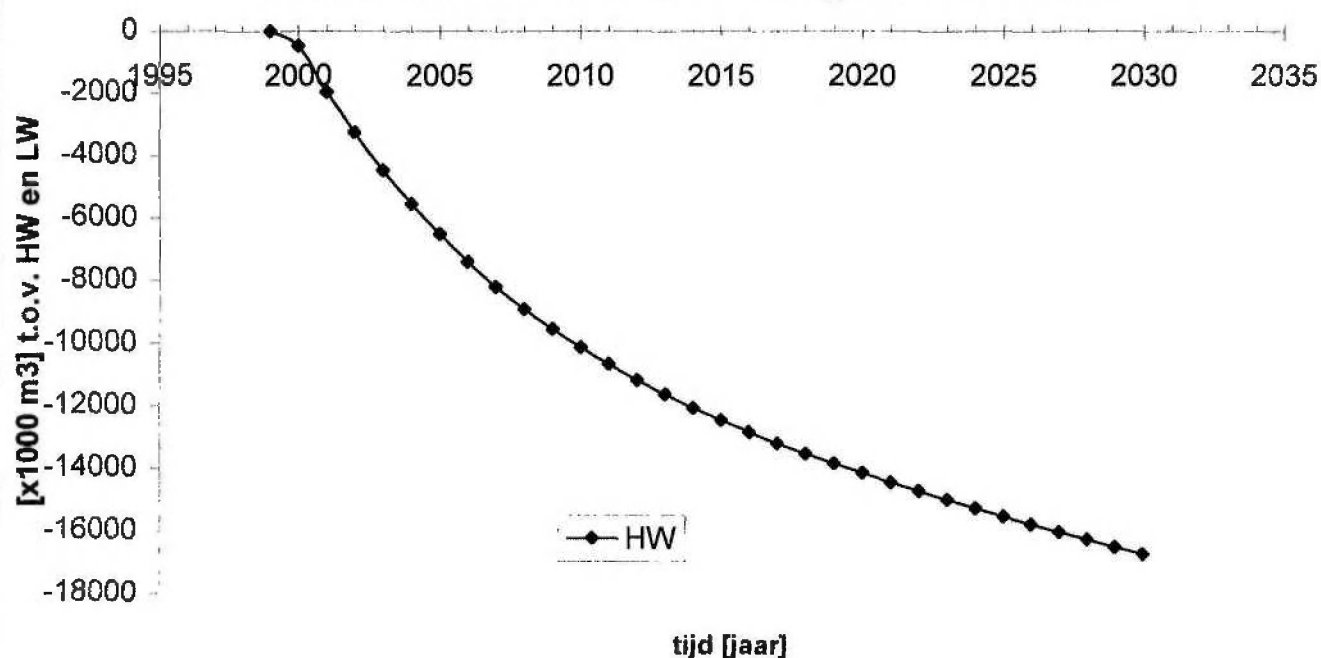
Z3246

2002

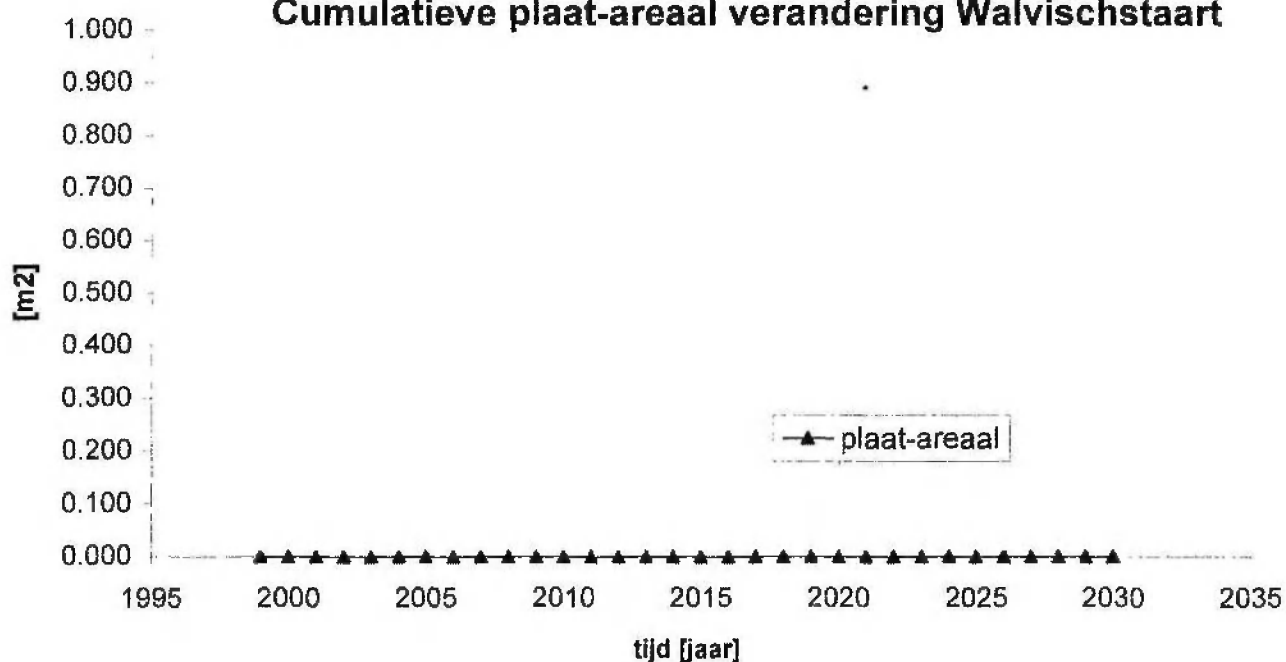
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1b

Cumulative volumeverandering Walvischstaart



Cumulative plaat-areaal verandering Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Ontwikkeling Walvischstaart

Run r1: Referentie berekening geen ingrepen in monding

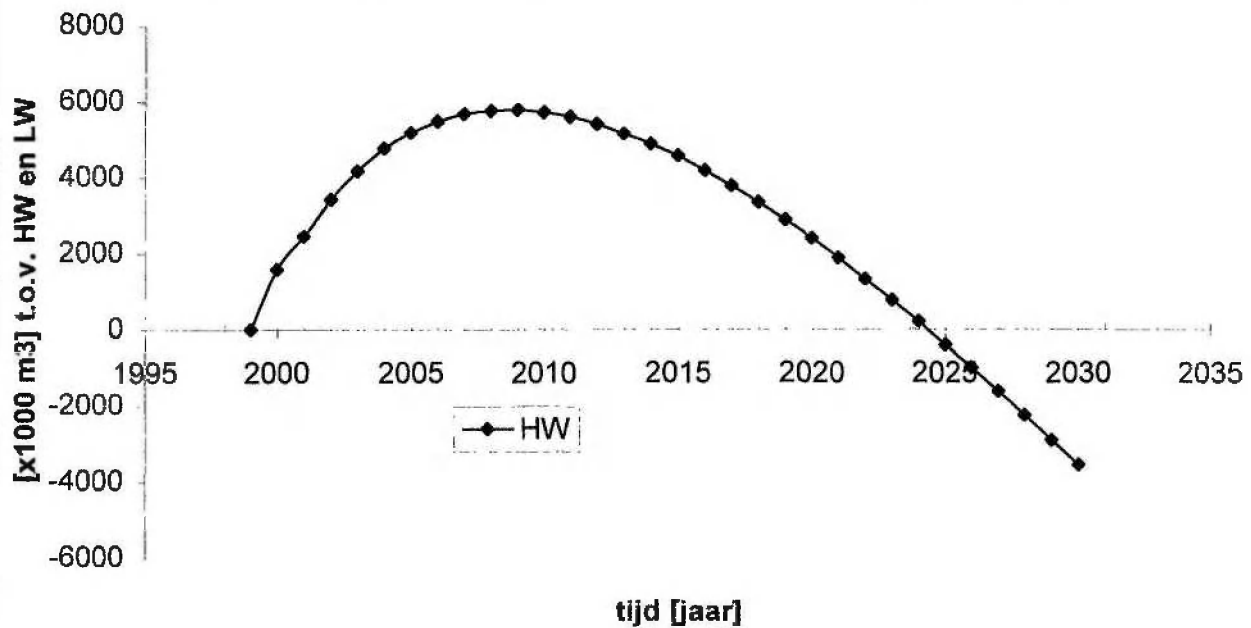
Z3246

2002

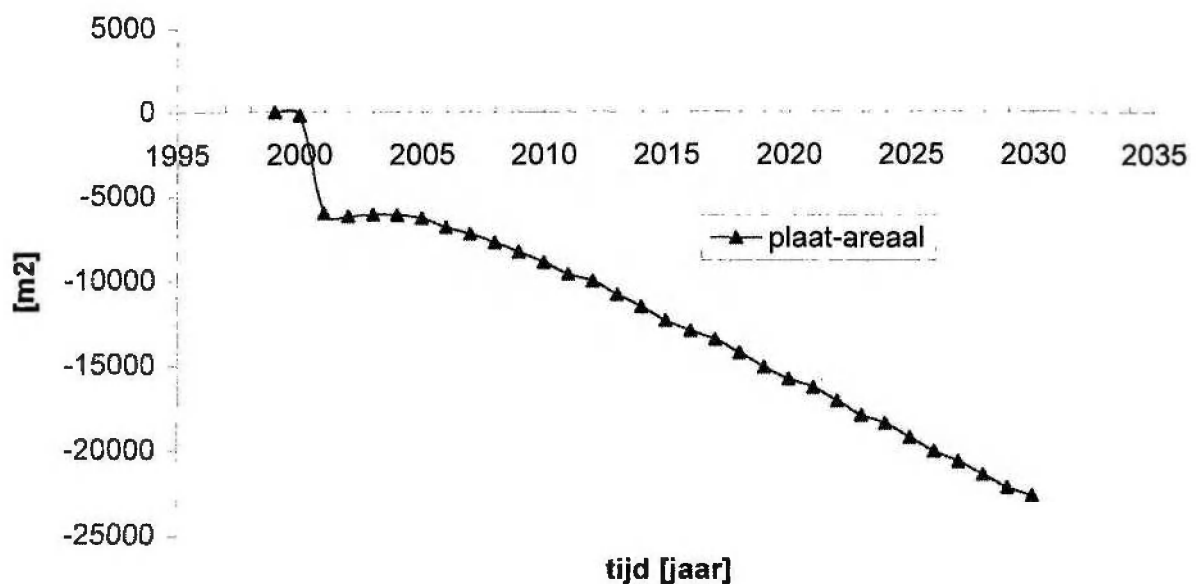
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1c

Cumulative volume change Wielingen-Scheur



Cumulative plate area change Wielingen-Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Wielingen-Scheur
 Run rf1: Referentie berekening geen ingrepen in monding

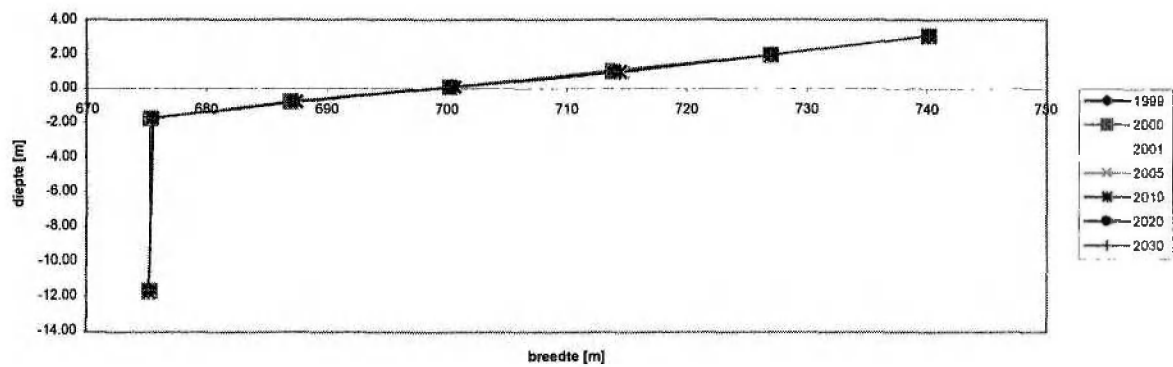
Z3246

2002

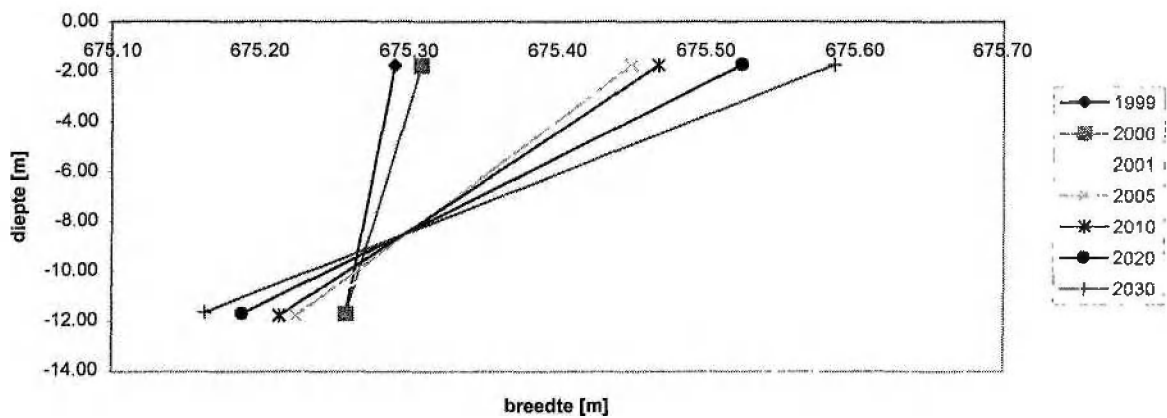
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1d

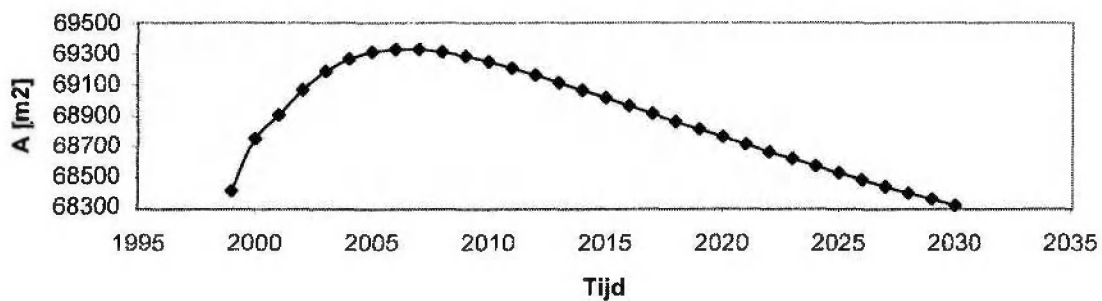
Totale dwarsprofiel Oostgat



Onderwateroever Oostgat



Dwarsoppervlakte geul Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Run r1: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en
dwarsopp. geul Oostgat t.o.v. laagwater.

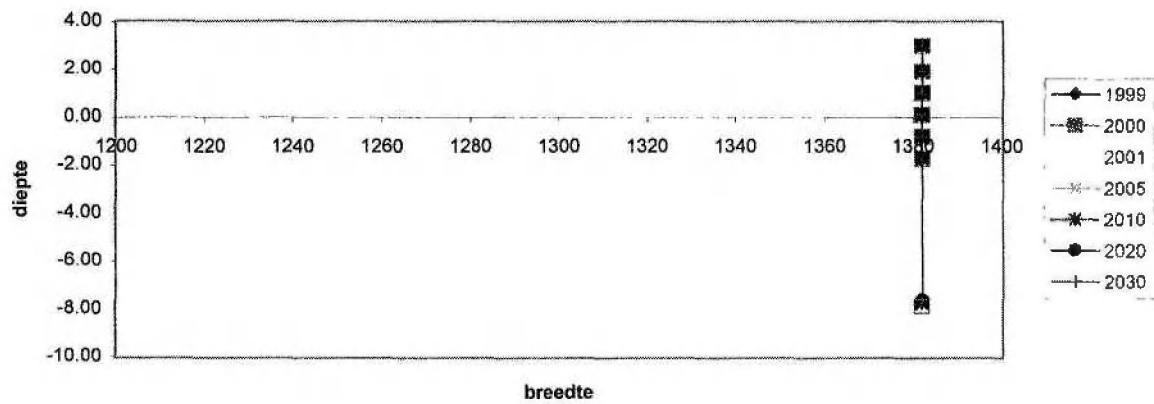
Z3246

2002

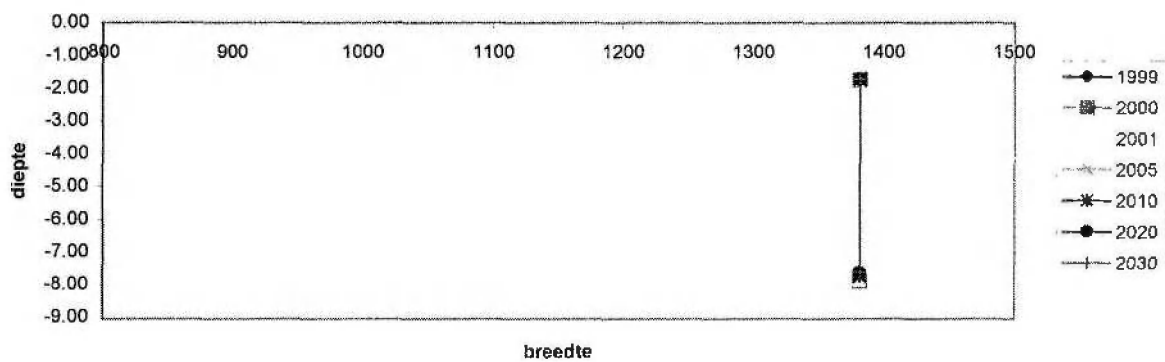
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1e

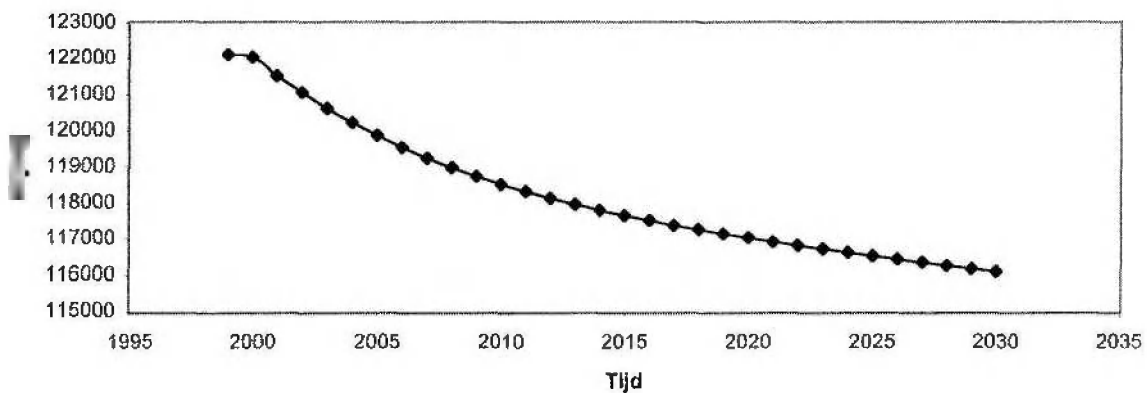
Totale dwarsprofiel Walvischstaart



Onderwateroever Walvischstaart



Dwarsoppervlakte geul Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Run r1: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en
dwarsopp. geul Walvischstaart t.o.v. laagwater.

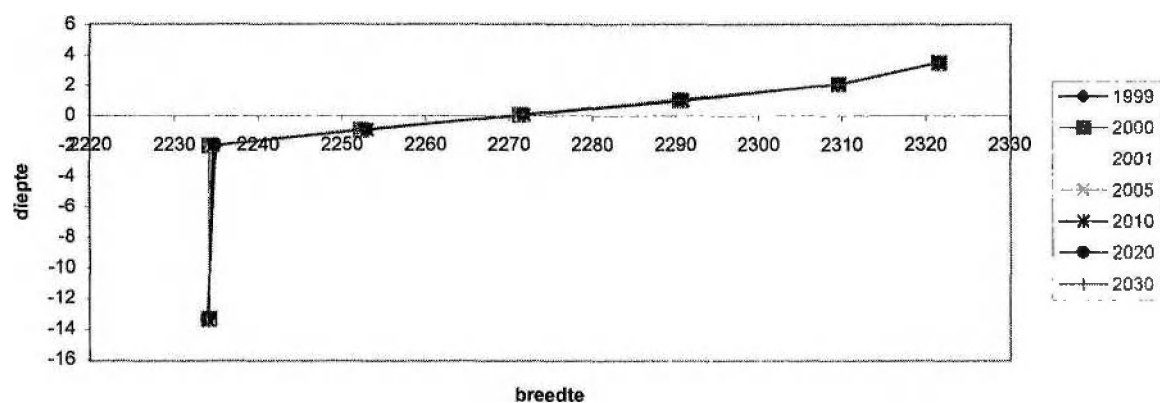
Z3246

2002

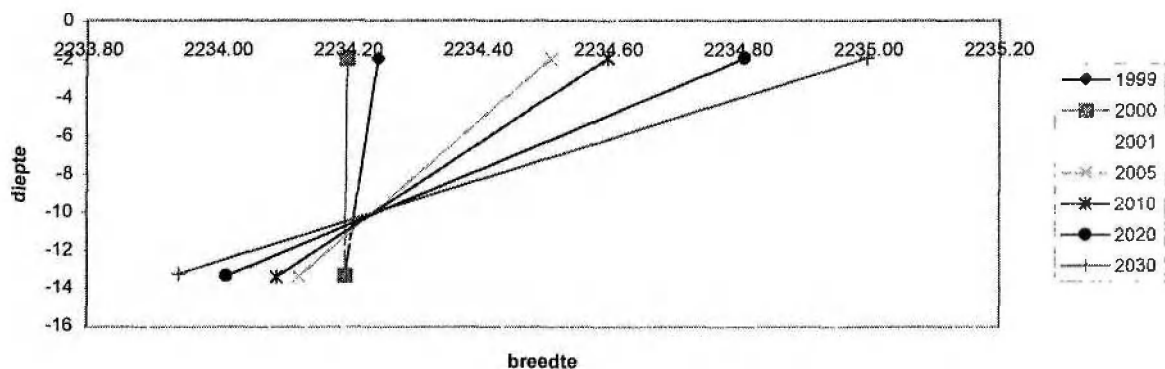
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1f

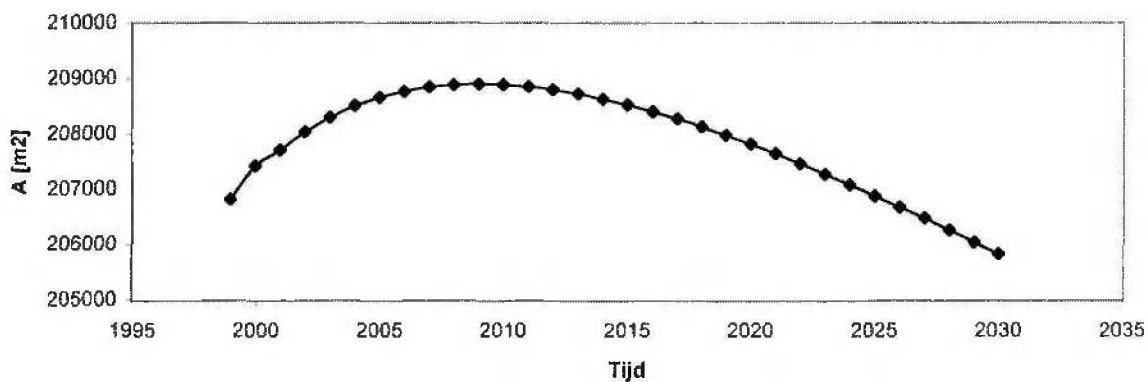
Totale dwarsprofiel Wielingen - Scheur



Onderwateroever Wielingen - Scheur



Dwarsoppervlakte geul Wielingen - Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Run rfl: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en dwarsopp. geul Wielingen - Scheur t.o.v. laagwater.

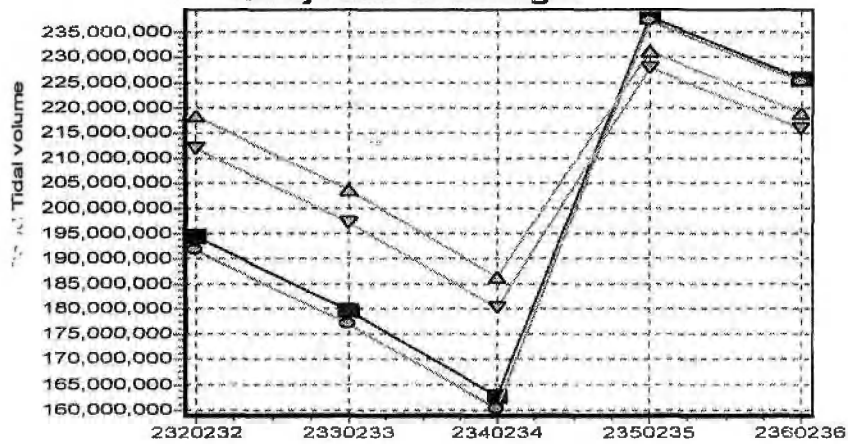
Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

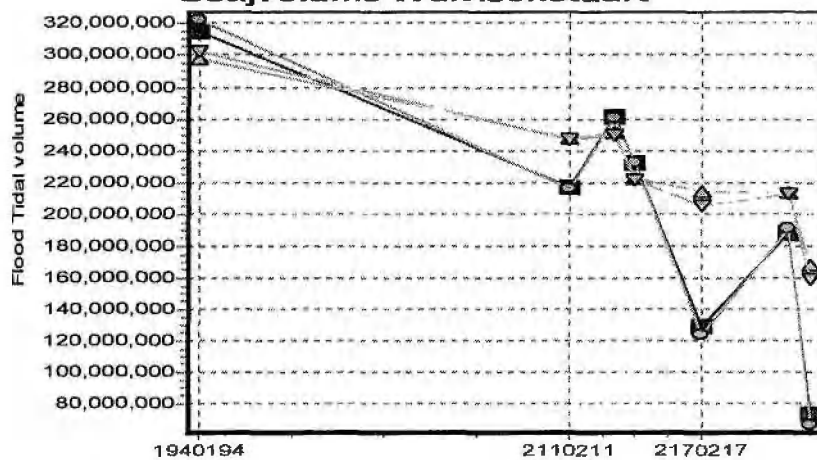
Fig. 4.lg

Getijvolume Oostgat



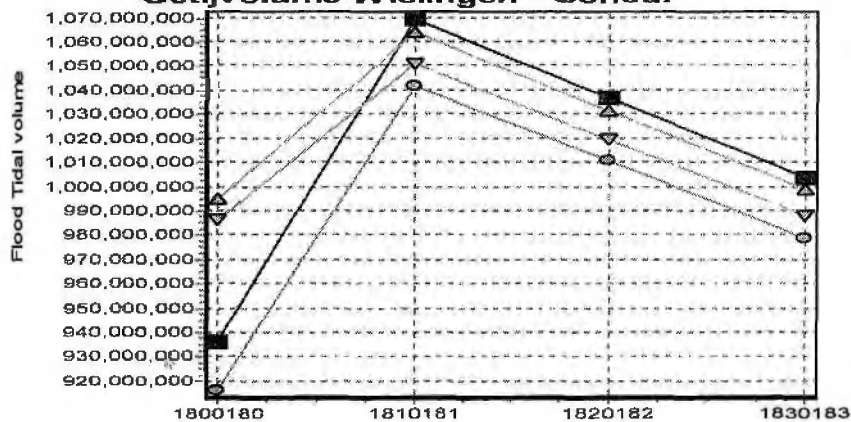
■ Flood Tidal volume 30 Jan 99 12:30
 ○ Flood Tidal volume 22 Jan 30 12:30
 ▲ Ebb Tidal volume 30 Jan 99 12:30
 ▼ Ebb Tidal volume 22 Jan 30 12:30

Getijvolume Walvischstaart



■ Flood Tidal volume 30 Jan 99 12:30
 ○ Flood Tidal volume 22 Jan 30 12:30
 ▲ Ebb Tidal volume 30 Jan 99 12:30
 ▼ Ebb Tidal volume 22 Jan 30 12:30

Getijvolume Wielingen - Scheur



■ Flood Tidal volume 30 Jan 99 12:30
 ○ Flood Tidal volume 22 Jan 30 12:30
 ▲ Ebb Tidal volume 30 Jan 99 12:30
 ▼ Ebb Tidal volume 22 Jan 30 12:30

ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Getijvolume Oostgat, Walvischstaart en Wielingen - Scheur

Run rfl: Geen ingrepen

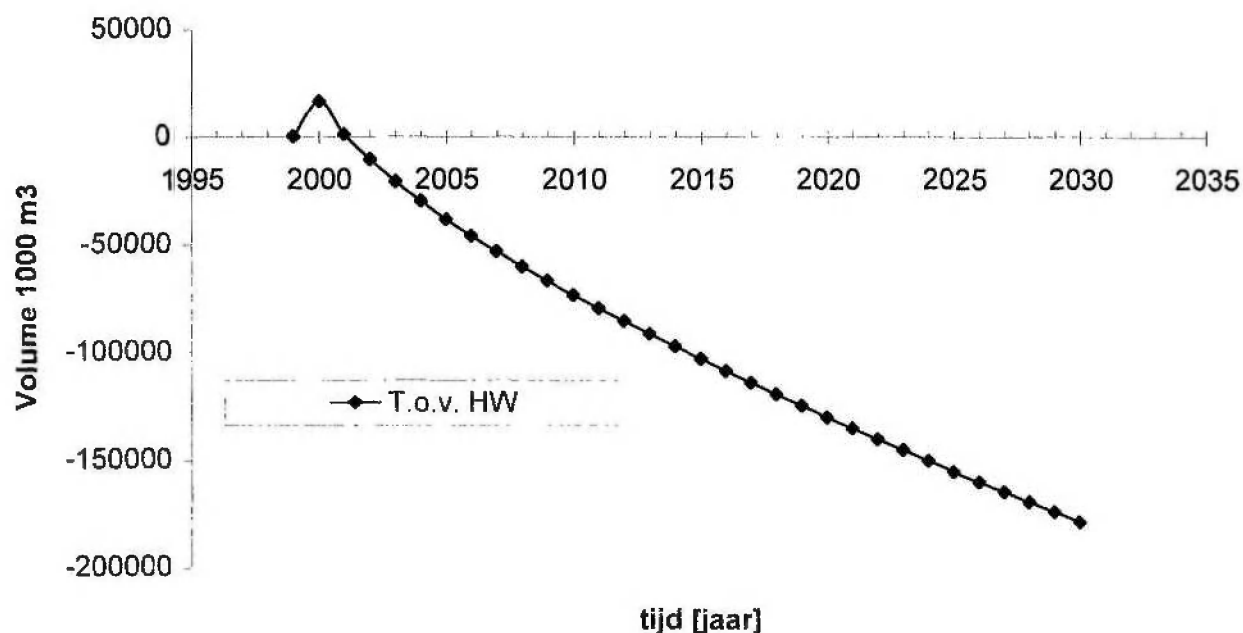
Z3246

2002

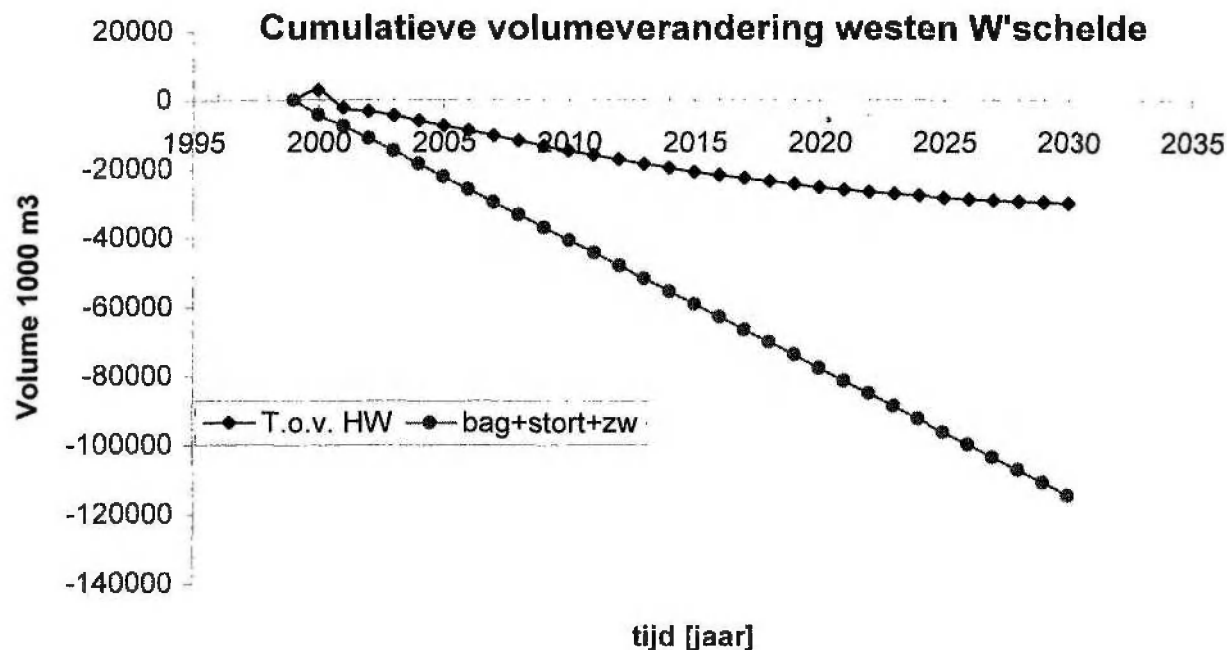
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1h

Cumulatieve volumeverandering in de monding



Cumulatieve volumeverandering westen W'schelde



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Monding en Westen van estuarium
 Run rfl: Referentie berekening geen ingrepen in monding

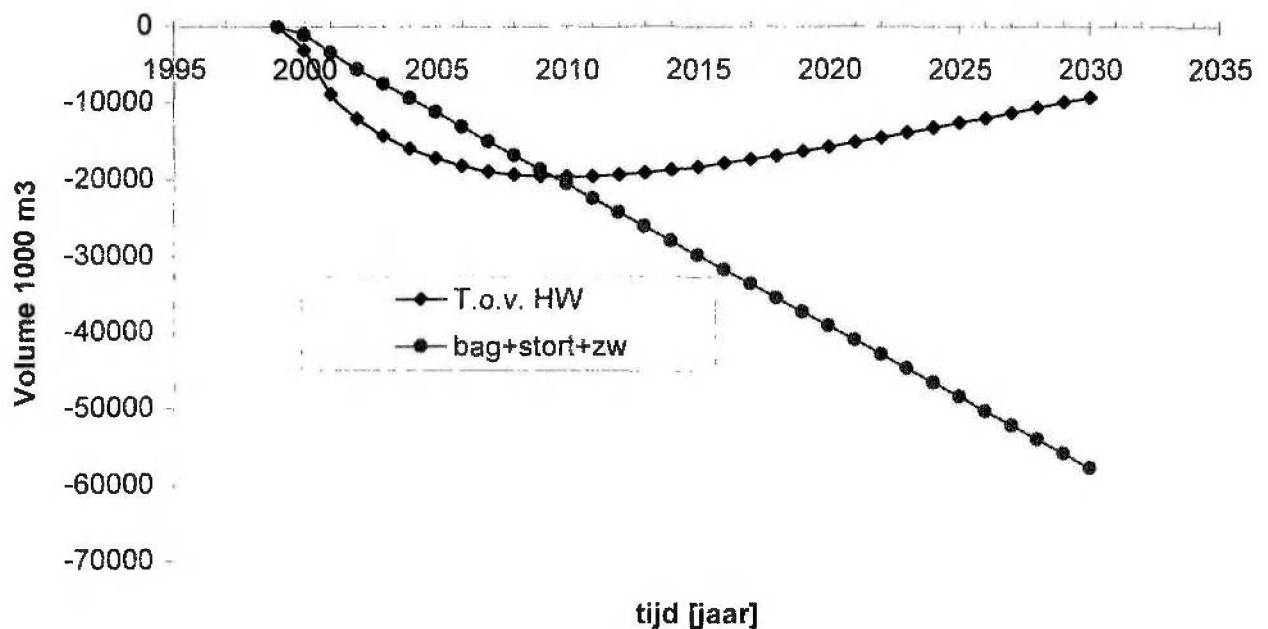
Z3246

2002

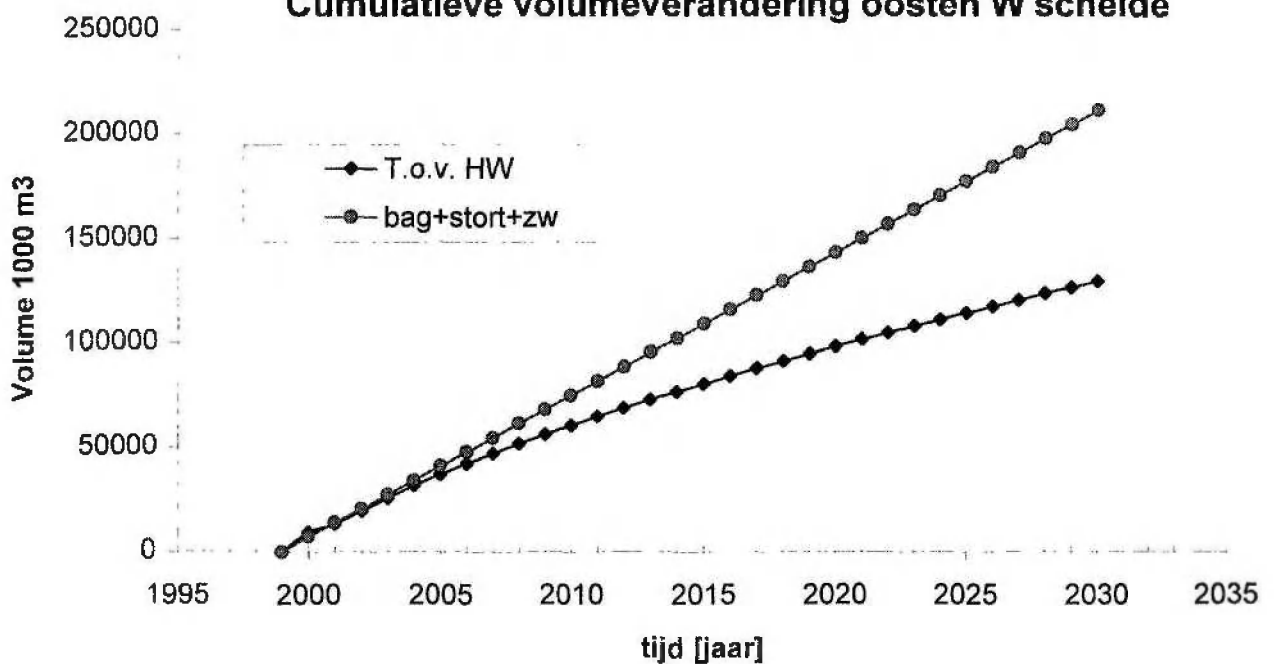
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1i

Cumulatieve volumeverandering midden W'schelde



Cumulatieve volumeverandering oosten W'schelde



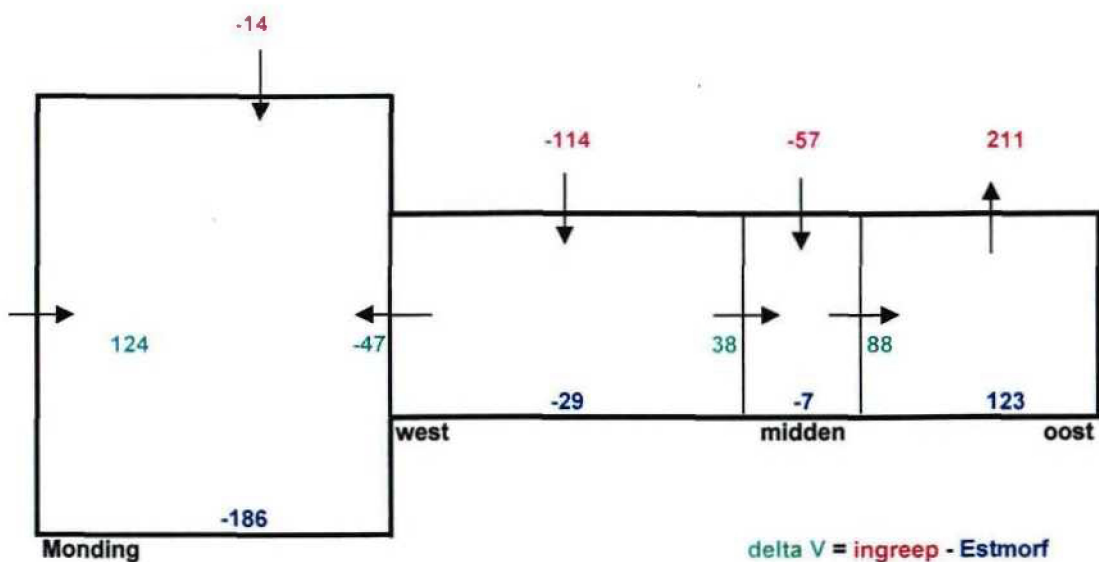
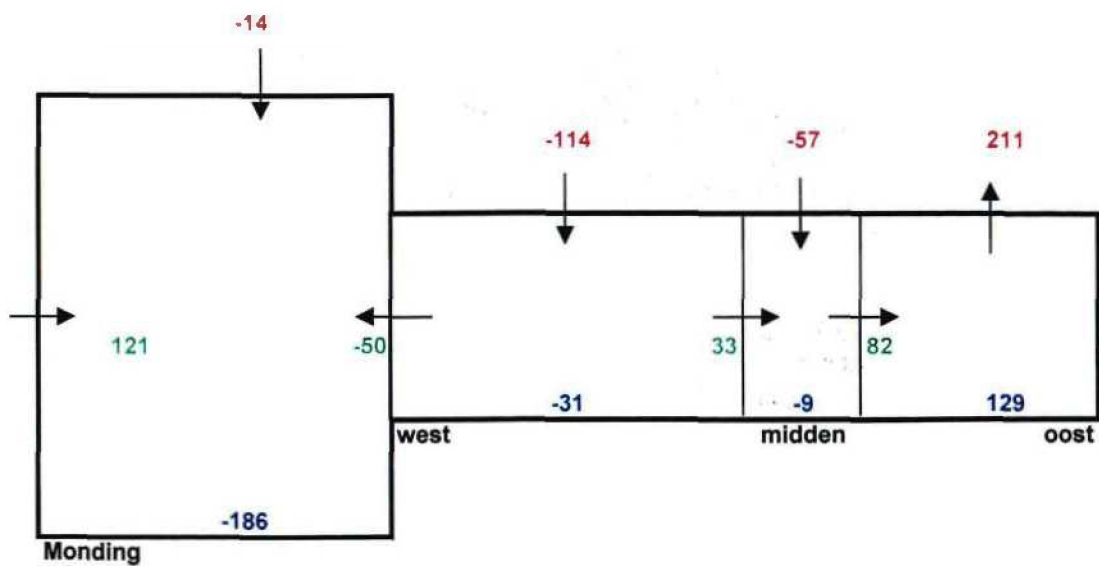
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Midden en Oosten estuarium
 Run rfl: Referentie berekening geen ingrepen in monding

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.1j



delta V = ingreep - Estmorf

ingreep: pos. = baggeren
neg. = storten

Estmorf: pos. = erosie
neg. = sedimentatie

delta V = pos. = importerend
neg. = exporterend

ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Zandbalans, boven t.o.v. HW onder t.o.v. LW

Run og1: Helling Oostgat naar 1:13, stort op de geulwand

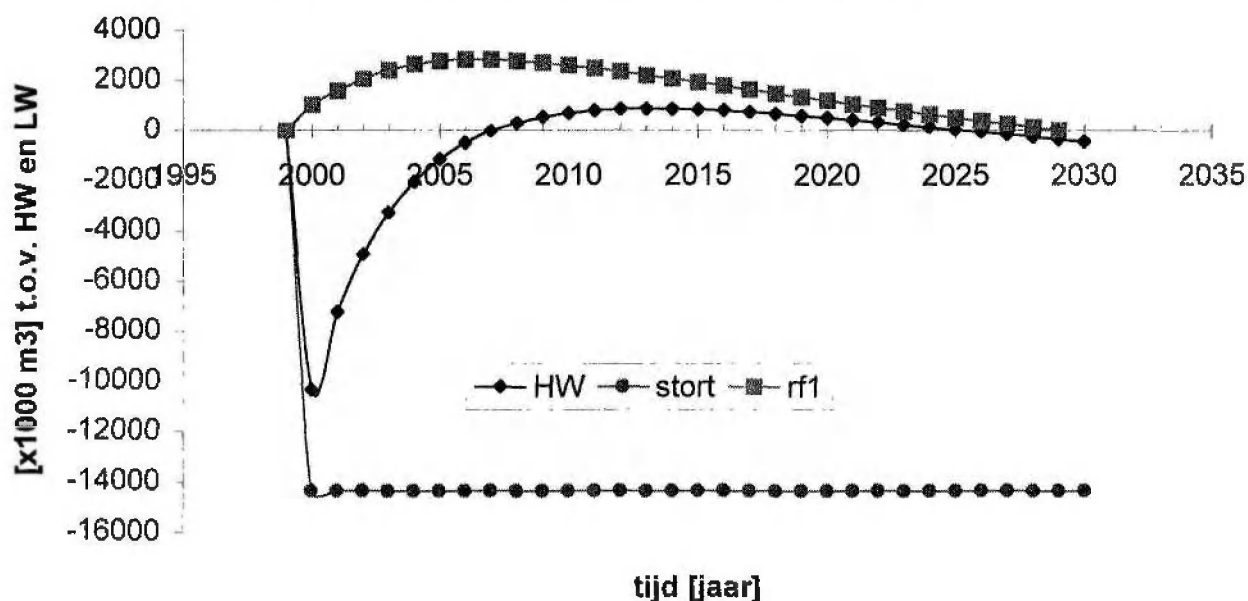
Z3246

2002

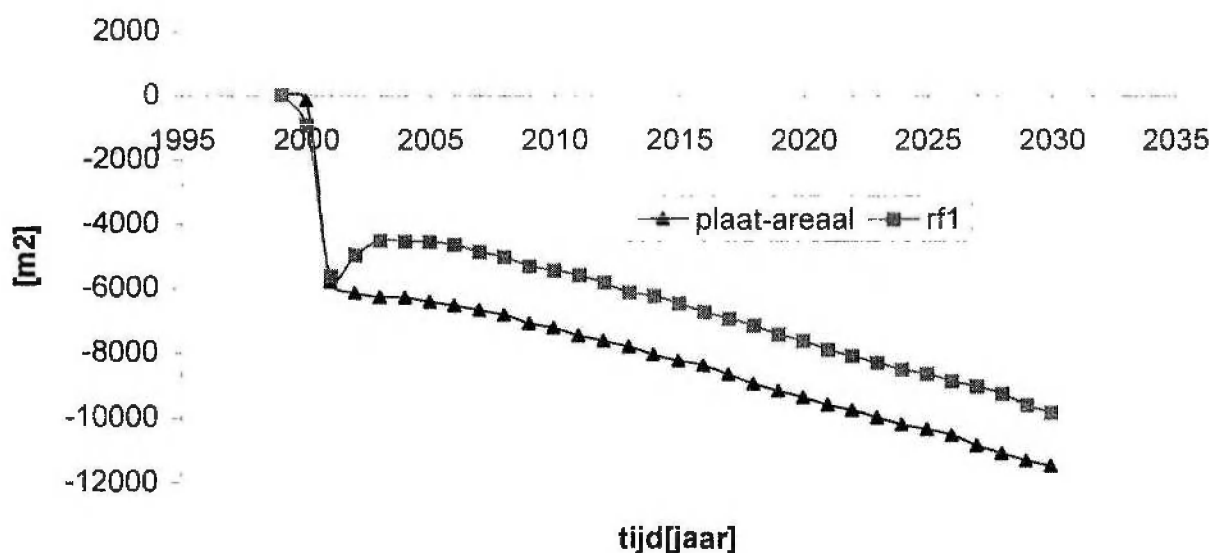
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.2a

Cumulative volumeverandering Oostgat



Cumulative plaat-areaal verandering Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Oostgat langs de zuidwest kust van Walcheren
 Run og1: Helling Oostgat naar 1:13, stort op de geulwand

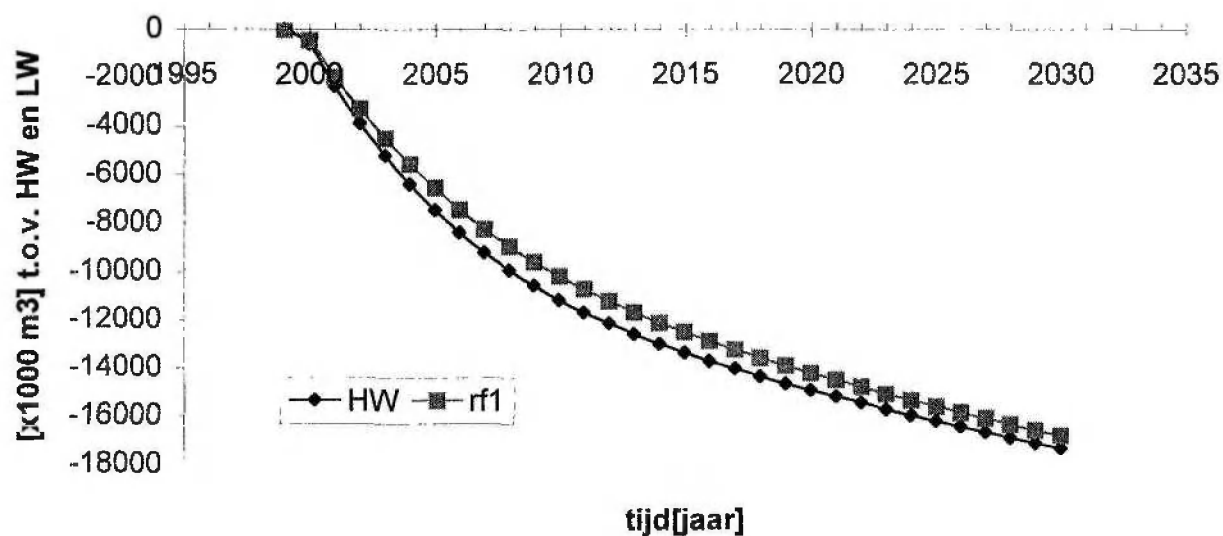
Z3246

2002

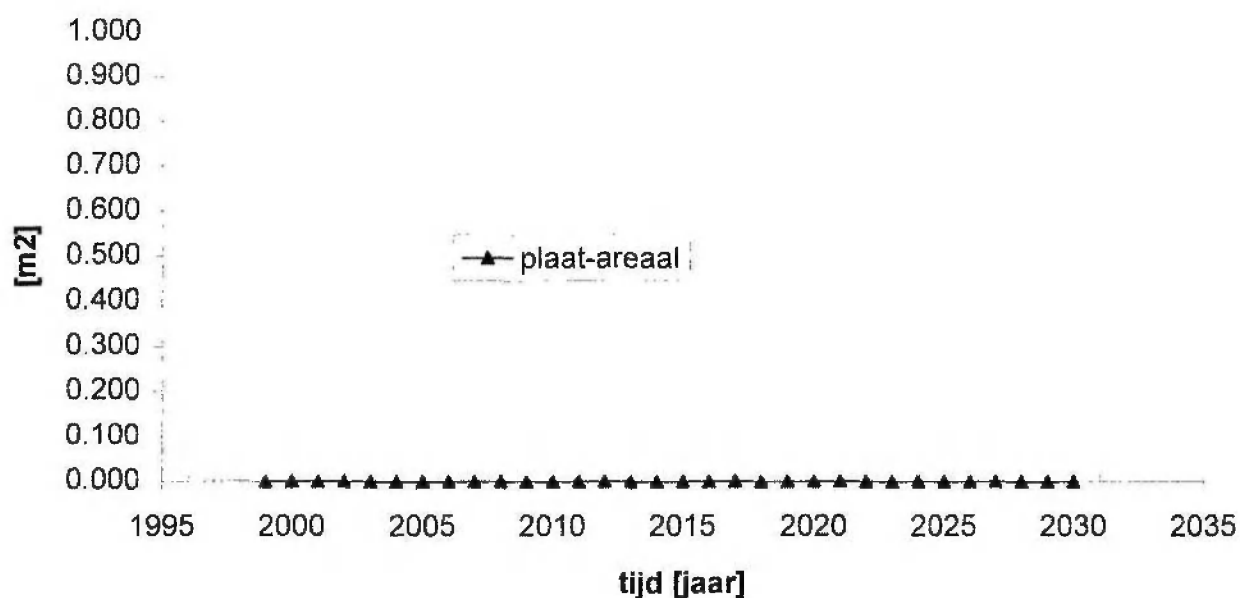
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.2b

Cumulatieve volumeverandering Walvischstaart



Cumulatieve plaat-areaal verandering Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Ontwikkeling Walvischstaart

Run og I: Helling Oostgat naar 1:13, stort op de geulwand

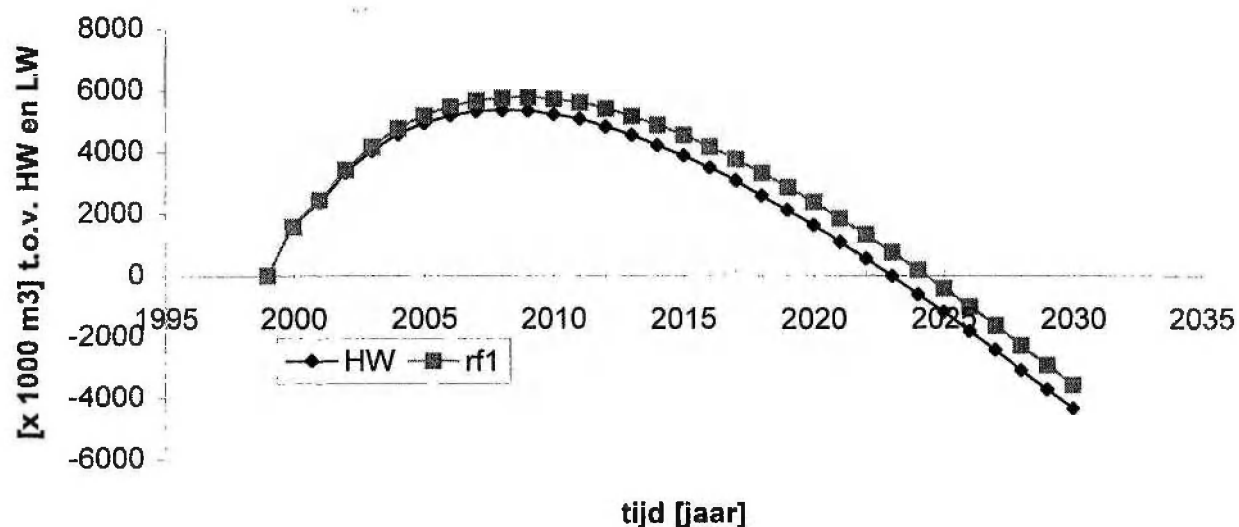
Z3246

2002

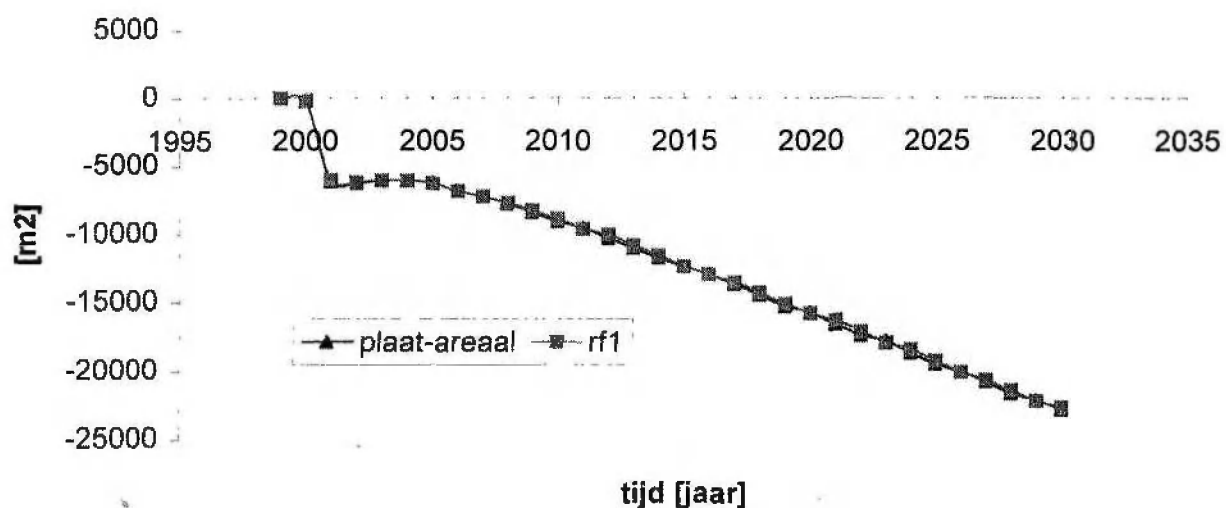
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.2c

Cumulatieve volumeverandering Wielingen-Scheur



Cumulatieve plaat-areaal verandering Wielingen-Scheur



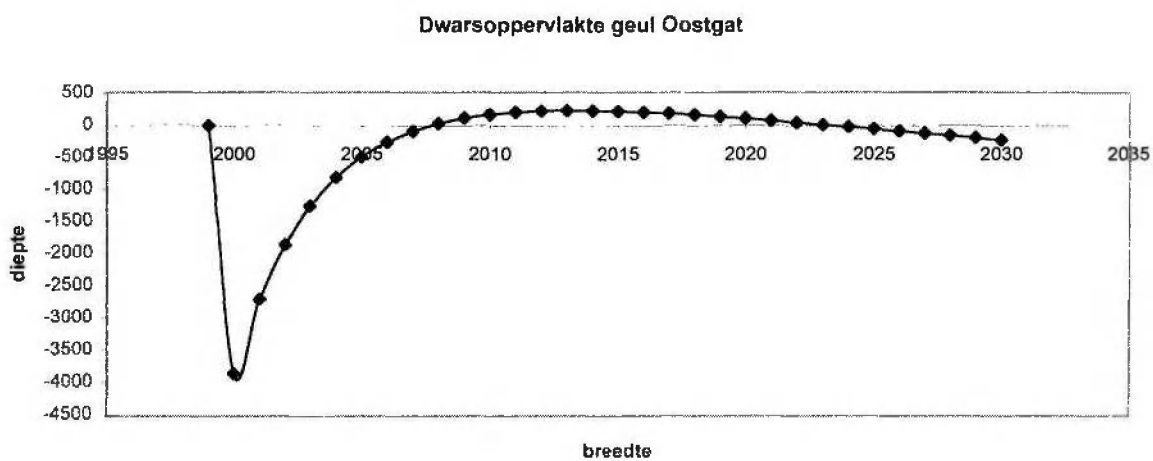
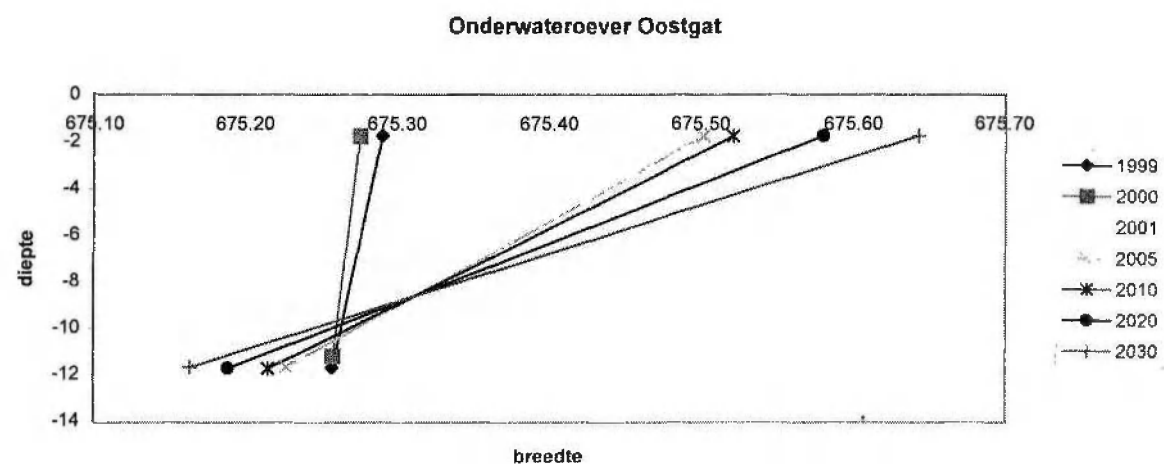
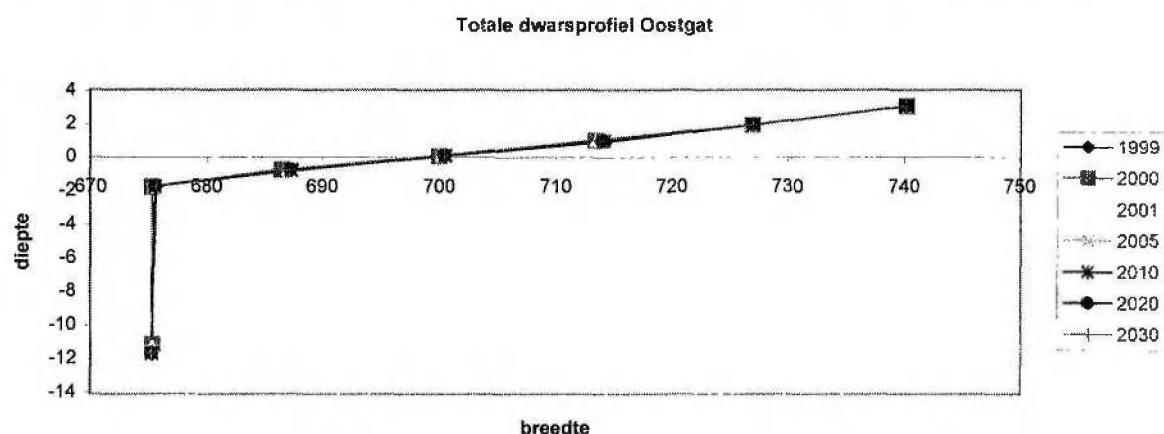
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Ontwikkeling Wielingen-Scheur
Run og1: Helling Oostgat naar 1:13, stort op de geulwand

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.2d



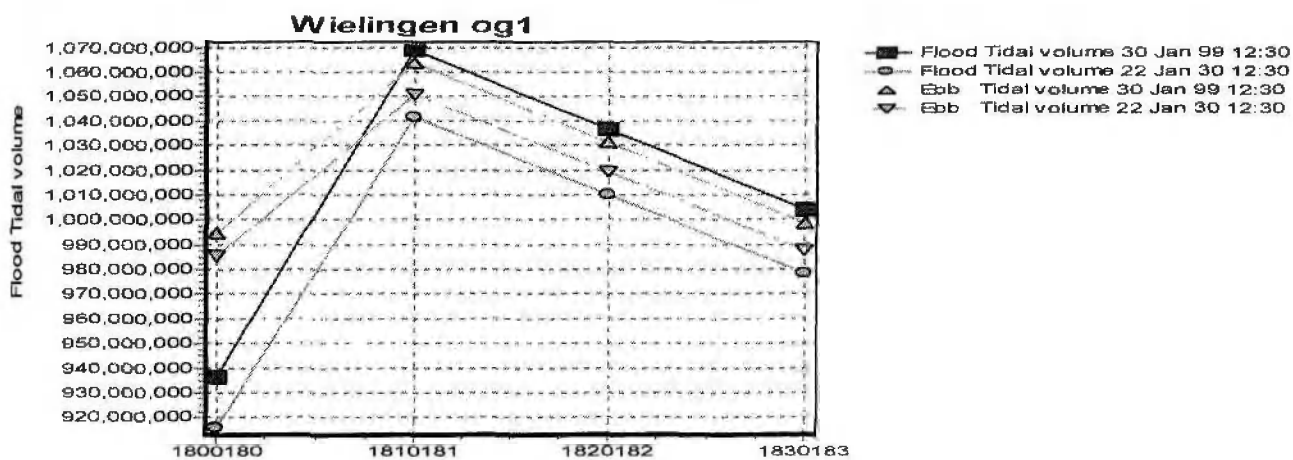
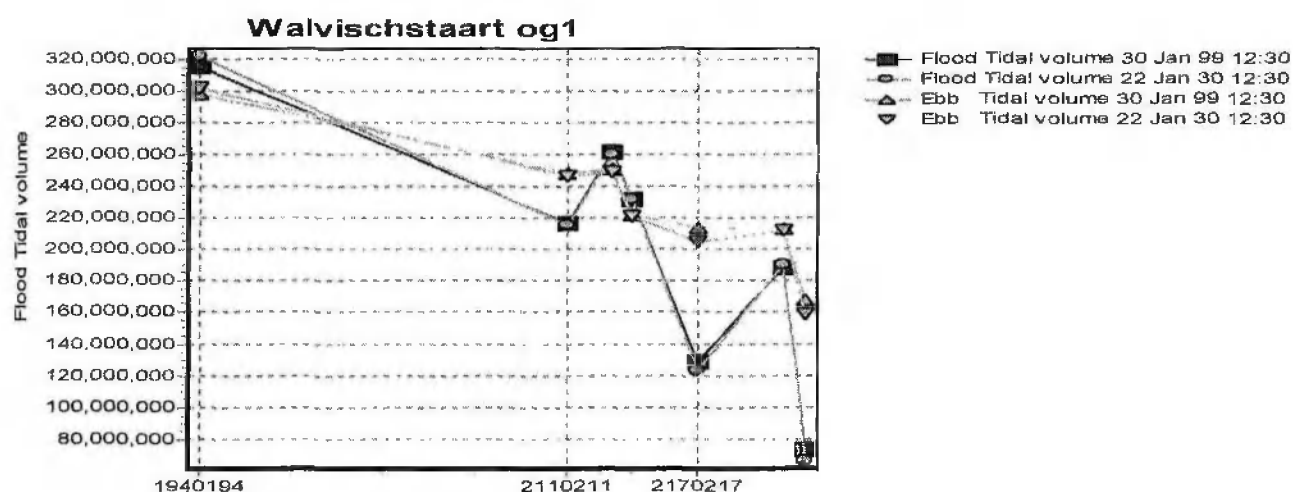
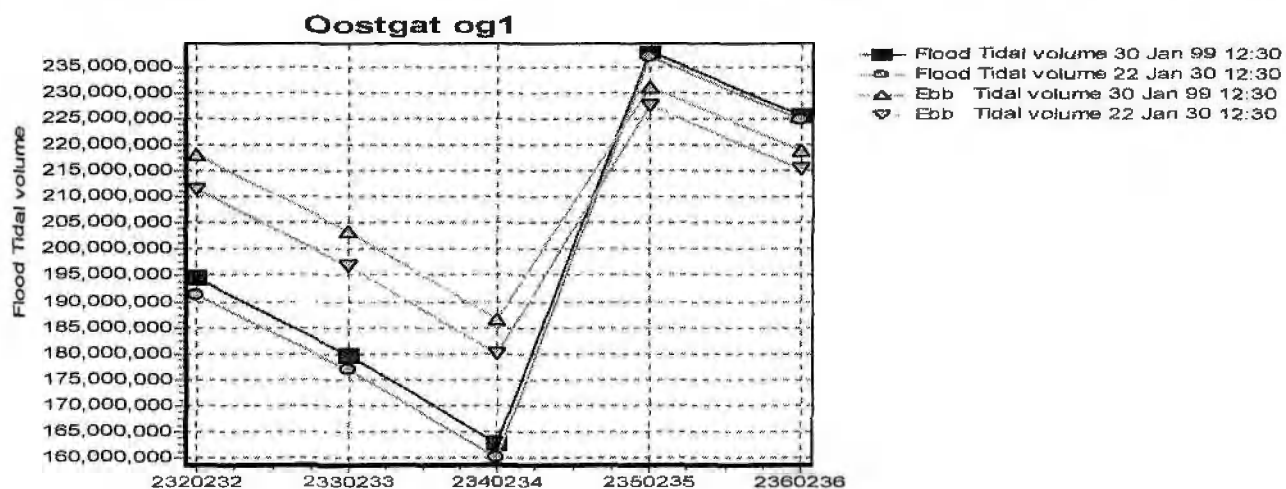
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Run og I: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en
 dwarsopp. geul Oostgat t.o.v. laagwater.

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.2e



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Getijvolume Oostgat, Walvischstaart en Wielingen - Scheur

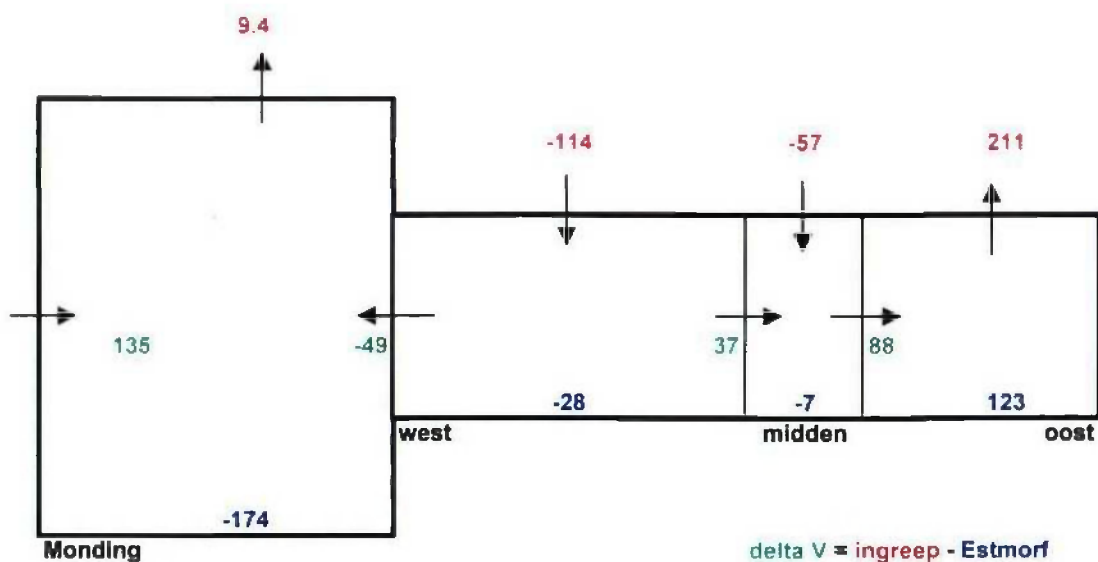
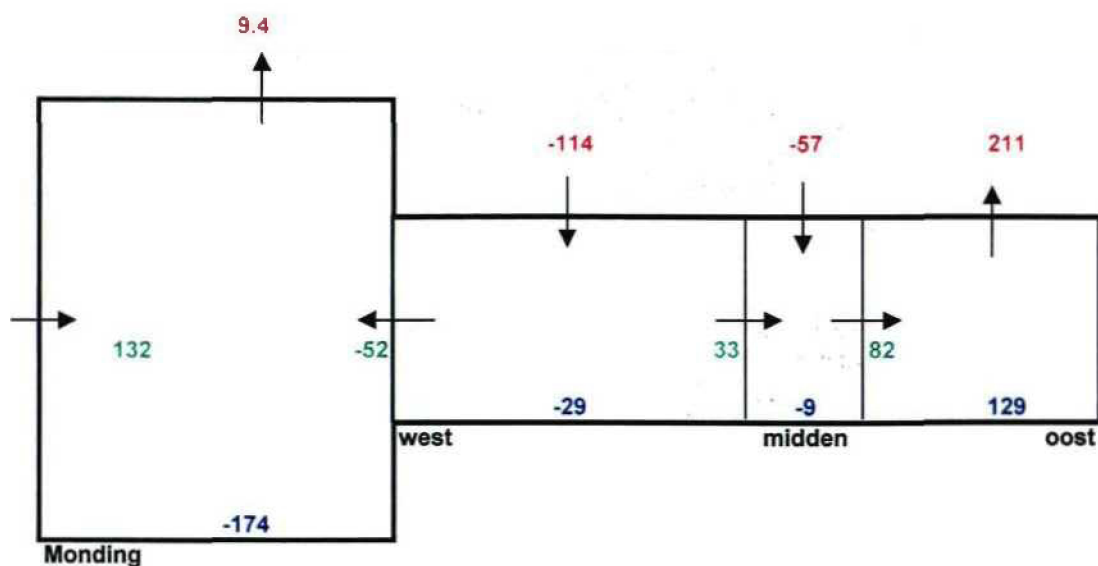
Run og1: Helling Oostgat naar 1:13, stort op de geulwand

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.2f



delta V = ingreep - Estmorf

ingreep: pos. = baggeren
neg. = storten

Estmorf: pos. = erosie
neg. = sedimentatie

delta V = pos. = importerend
neg. = exporterend

ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Zandbalans, boven t.o.v. HW onder t.o.v. LW

Run wal: Verdiepen Walvischstaart, gehele onttrekking sediment

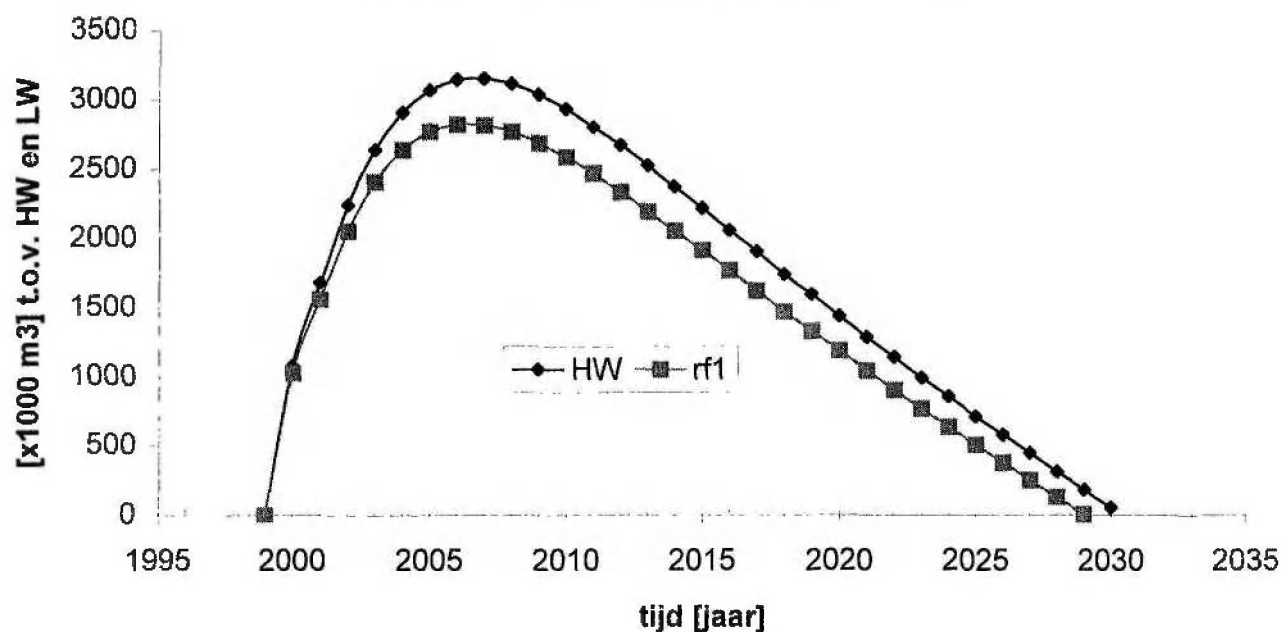
Z3246

2002

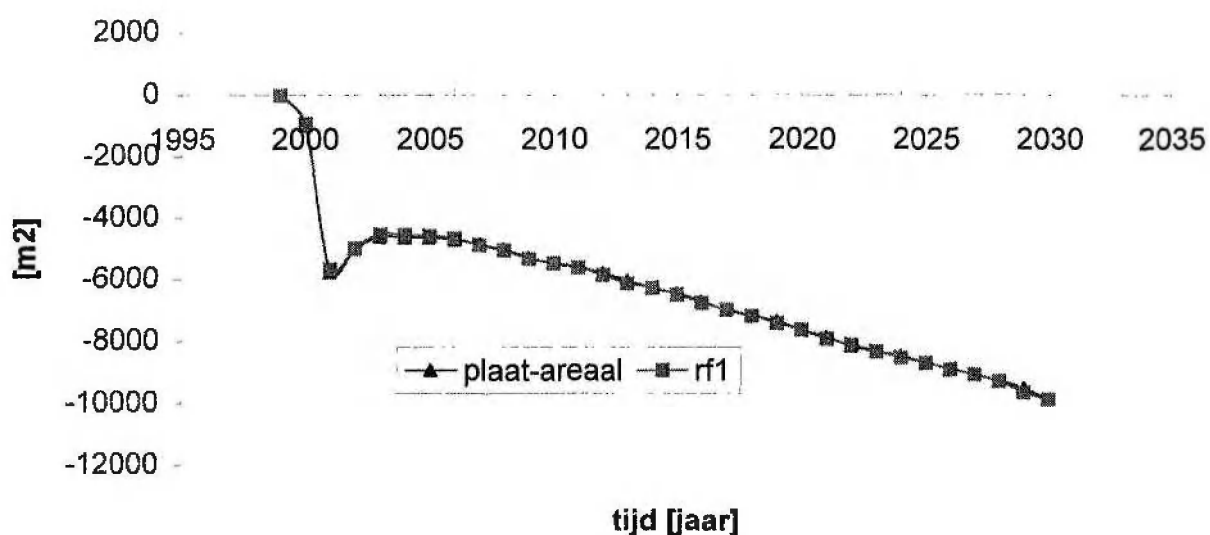
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.3a

Cumulative volumeverandering Oostgat



Cumulative plaat-areaal verandering Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Ontwikkeling Oostgat langs de zuidwest kust van Walcheren
Run wal: Verdiepen Walvischstaart, gehele onttrekking sediment

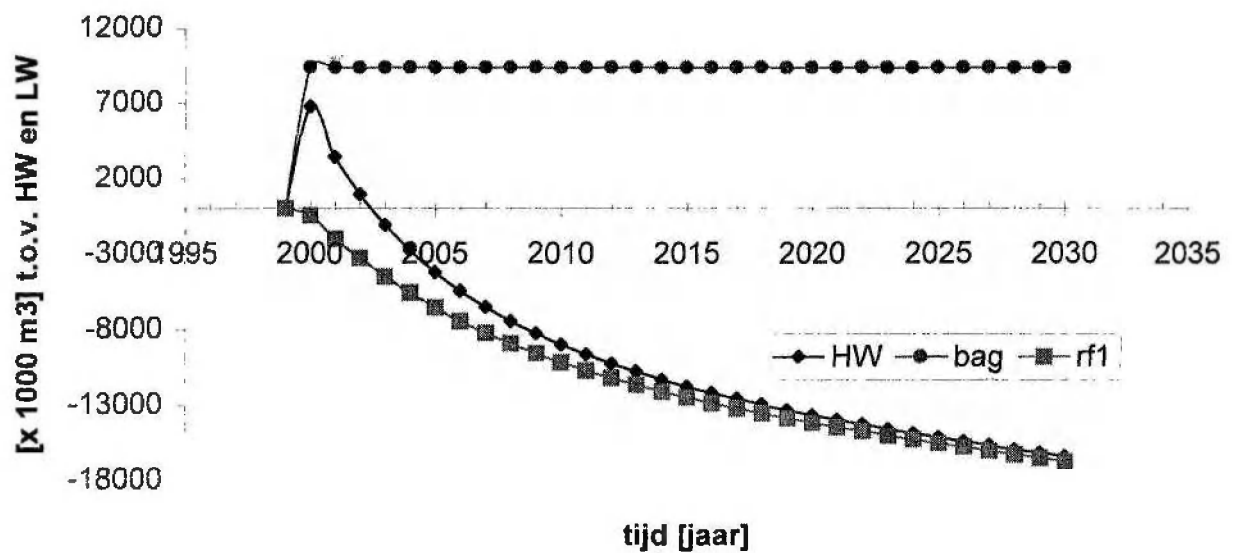
Z3246

2002

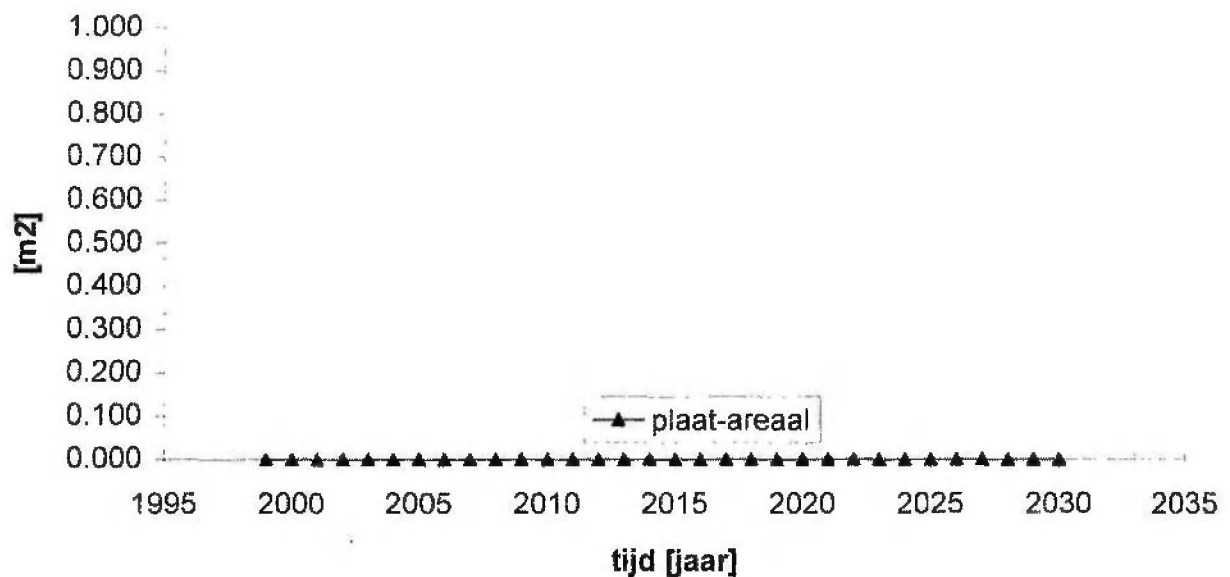
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.3b

Cumulatieve volumeverandering Walvischstaart



Cumulatieve plaat-areaal verandering Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Ontwikkeling Walvischstaart

Run wal : Verdiepen Walvischstaart, gehele onttrekking sediment

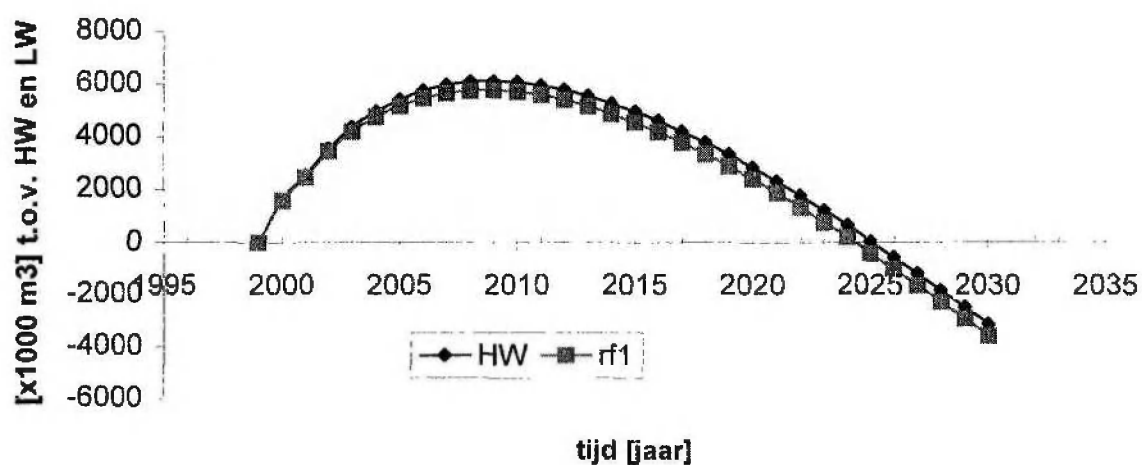
Z3246

2002

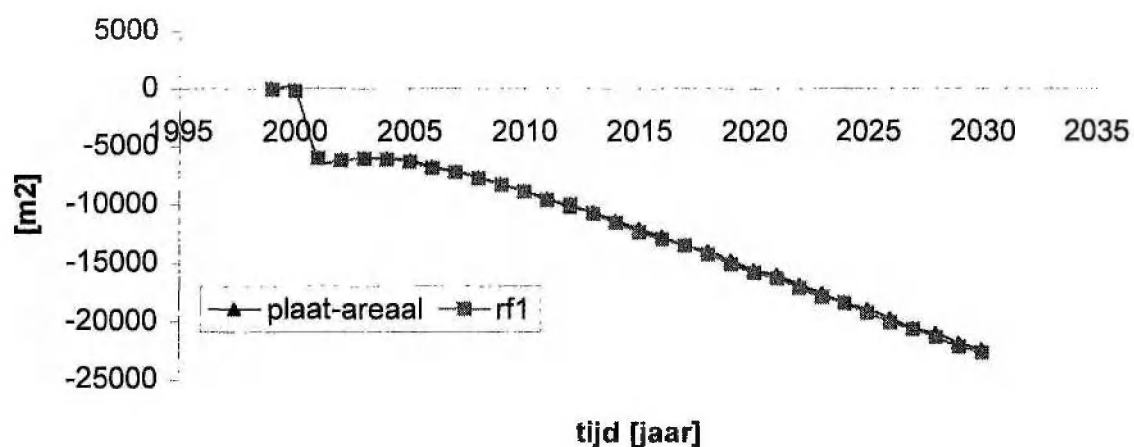
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.3c

Cumulatieve volumeverandering Wielingen-Scheur



Cumulatieve plaat-areaal verandering Wielingen-Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Wielingen-Scheur
 Run wal: Verdiepen Walvischstaart, gehele onttrekking sediment

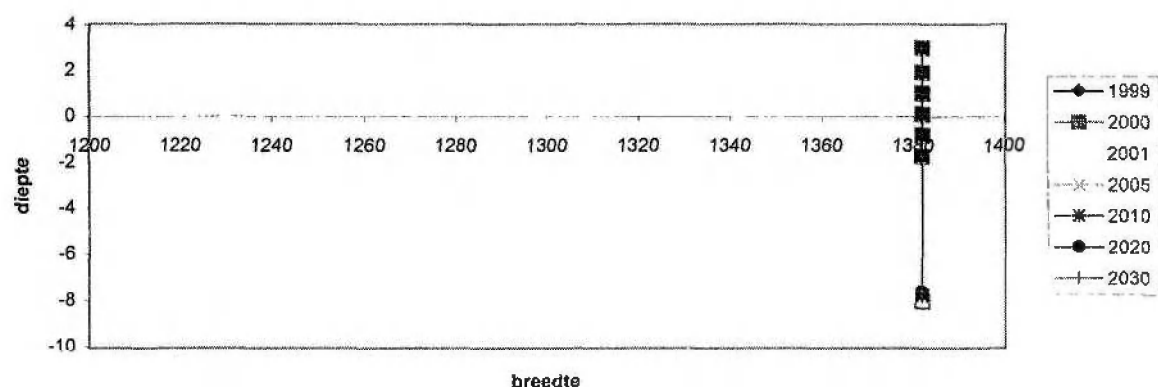
Z3246

2002

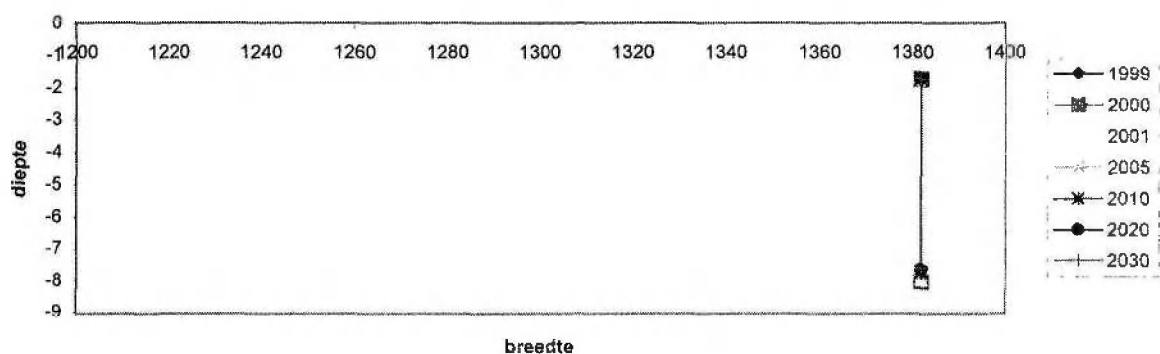
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.3d

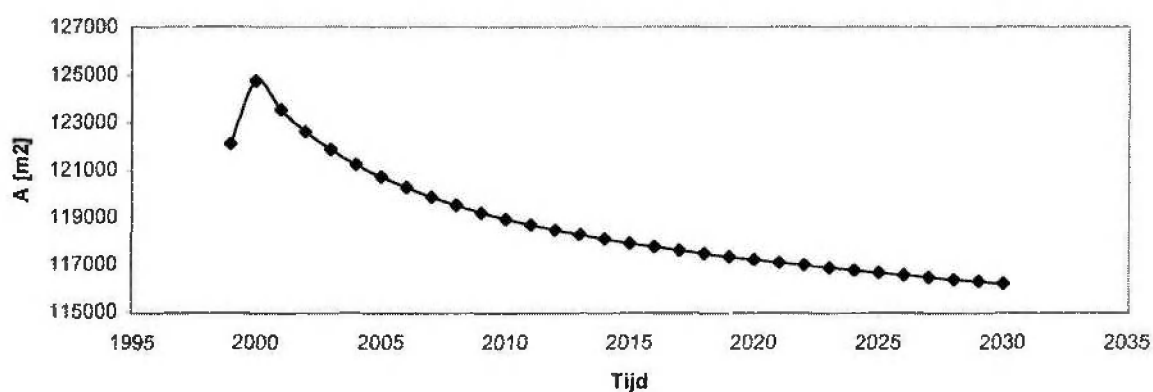
Totale dwarsprofiel Walvischstaart



Onderwateroever Walvischstaart



Dwarsoppervlakte geul Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

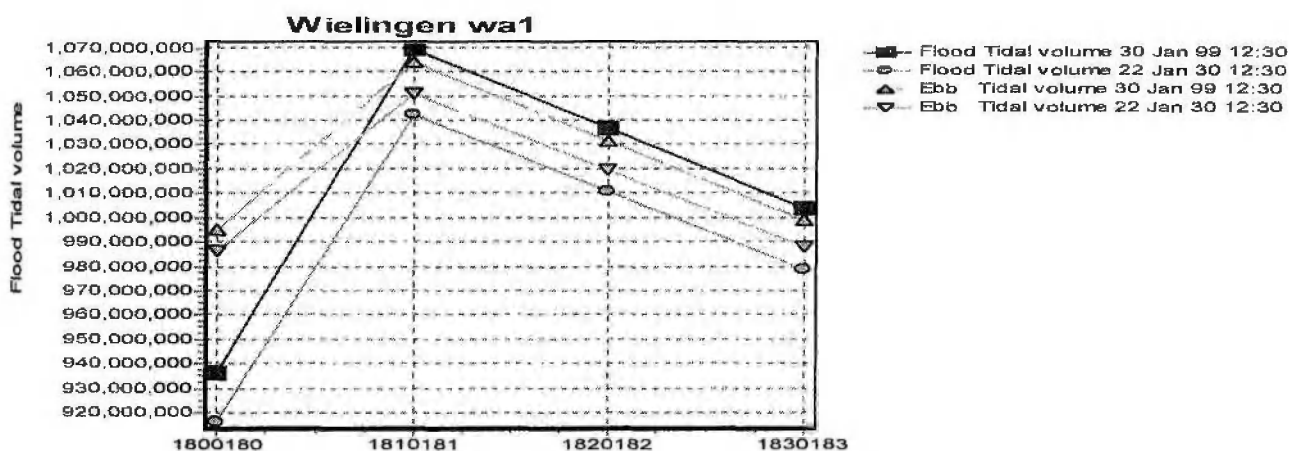
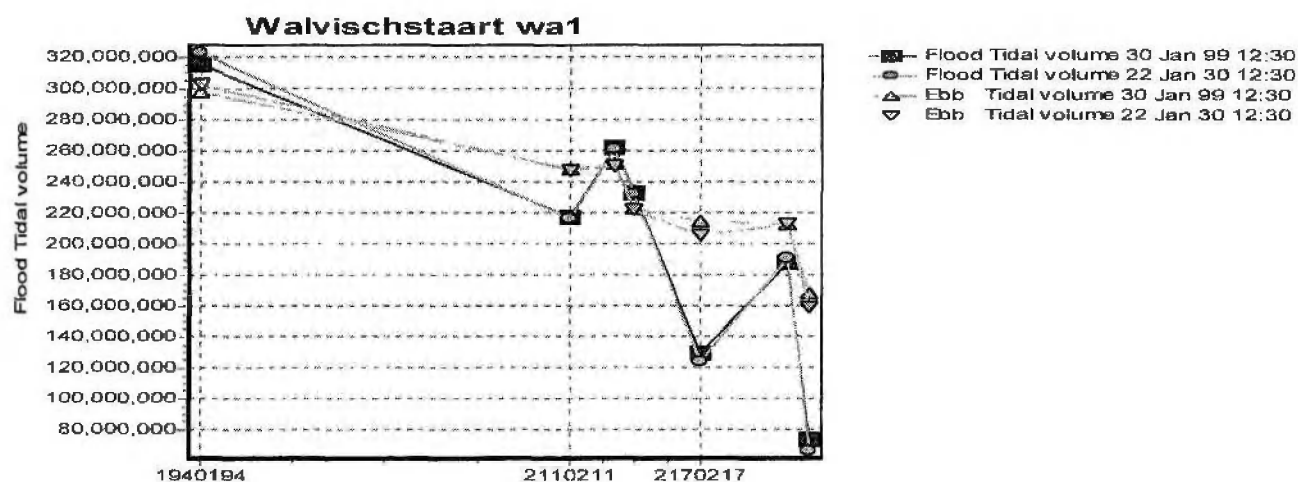
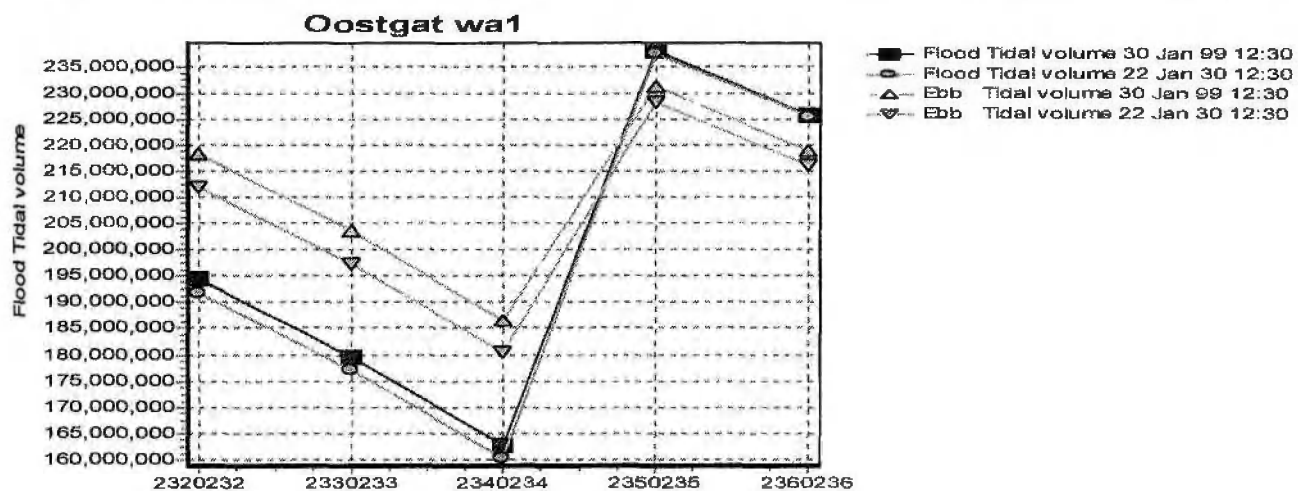
Run wal: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en dwarsopp. geul Walvischstaart t.o.v. laagwater.

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.3e



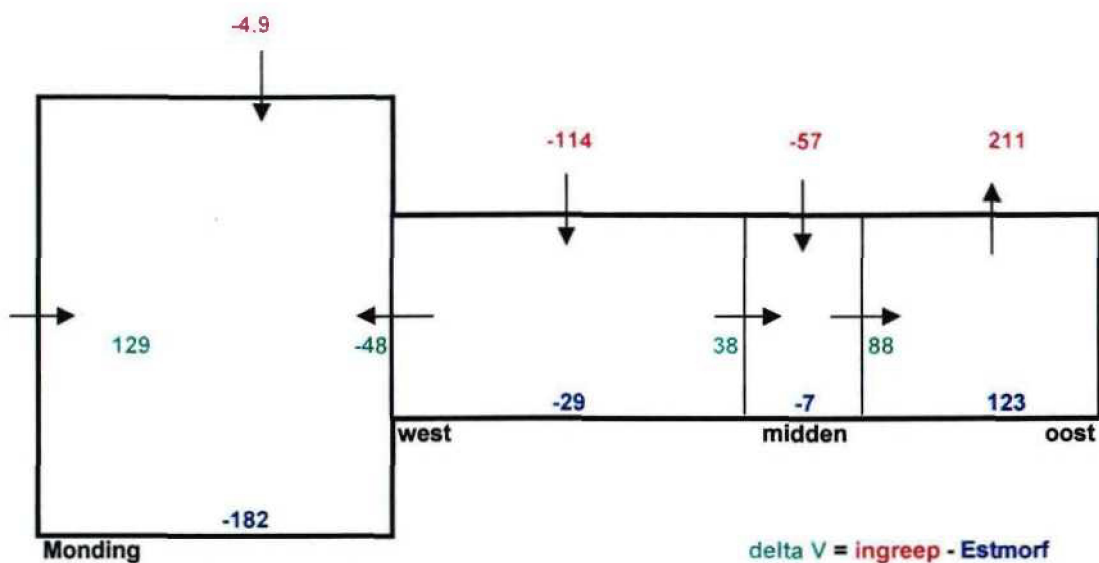
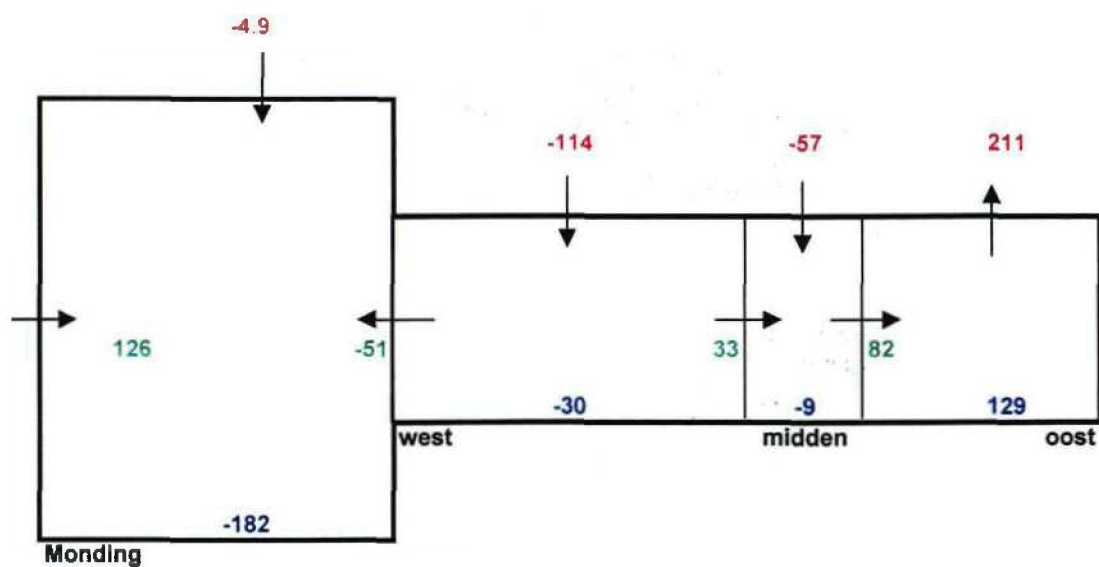
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Getijvolume Oostgat, Walvischstaart en Wielingen - Scheur
 Run wa1: Verdiepen Walvischstaart, gehele onttrekking sediment

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.3f



delta V = ingreep - Estmorf

ingreep: pos. = baggeren

neg. = storten

Estmorf: pos. = erosie

neg. = sedimentatie

delta V = pos. = importerend

neg. = exporterend

ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Zandbalans, boven t.o.v. HW onder t.o.v. LW

Run wa2: Verdiepen Walvischstaart en stort geulwand Oostgat

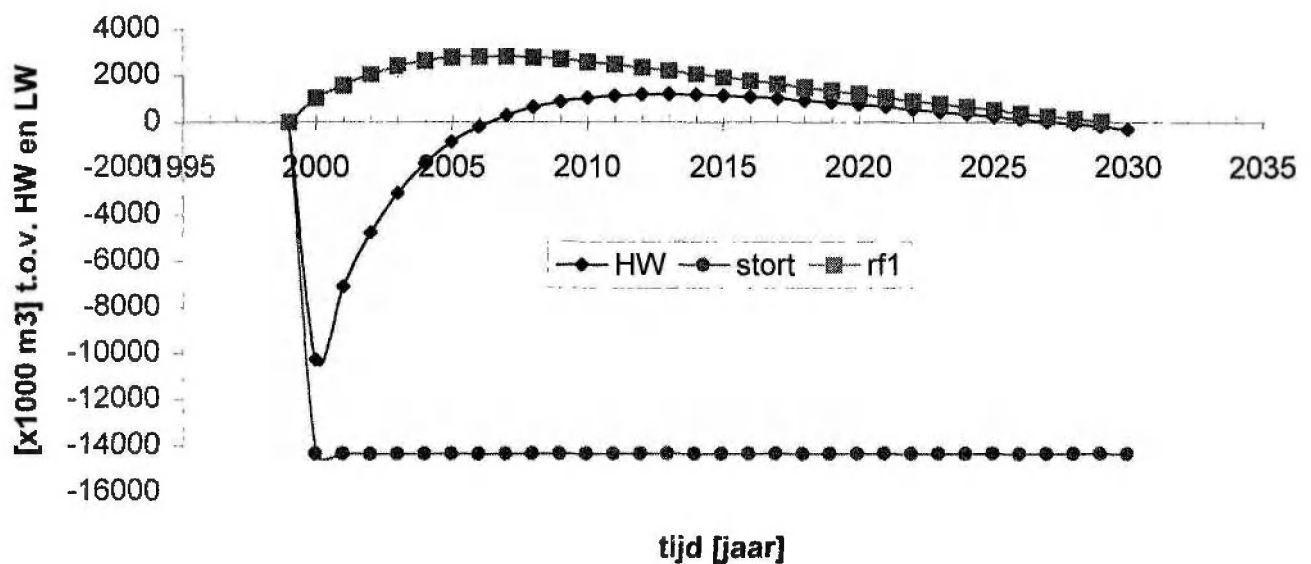
Z3246

2002

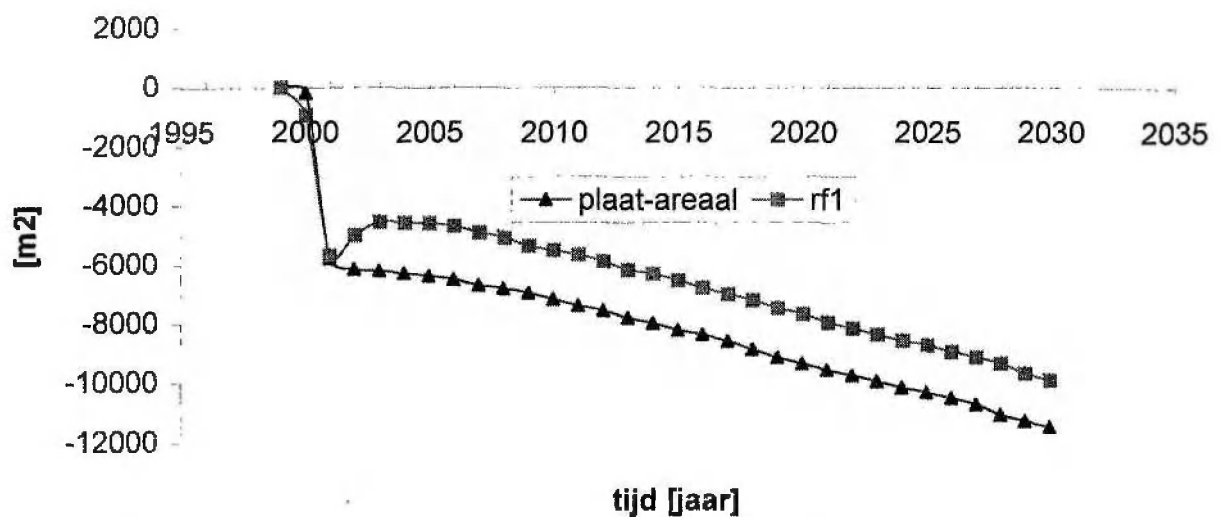
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.4a

Cumulative volumeverandering Oostgat



Cumulative plaat-areaal verandering Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Ontwikkeling Oostgat langs de zuidwest kust van Walcheren
Run wa2: Verdiepen Walvischstaart en stort geulwand Oostgat

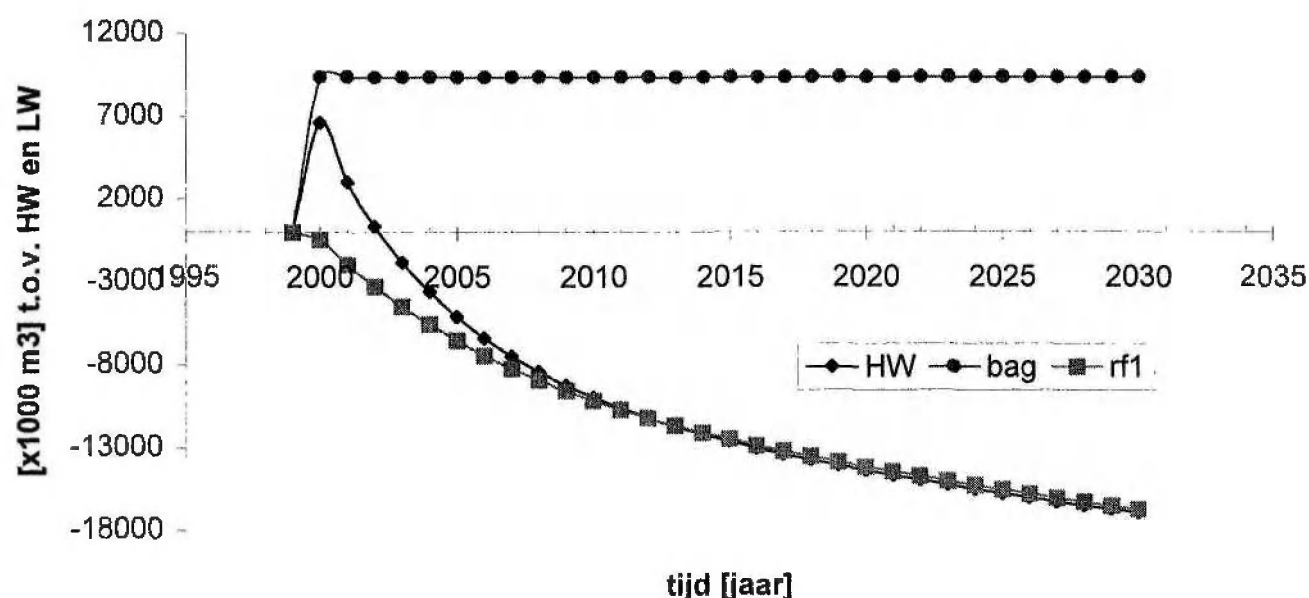
Z3246

2002

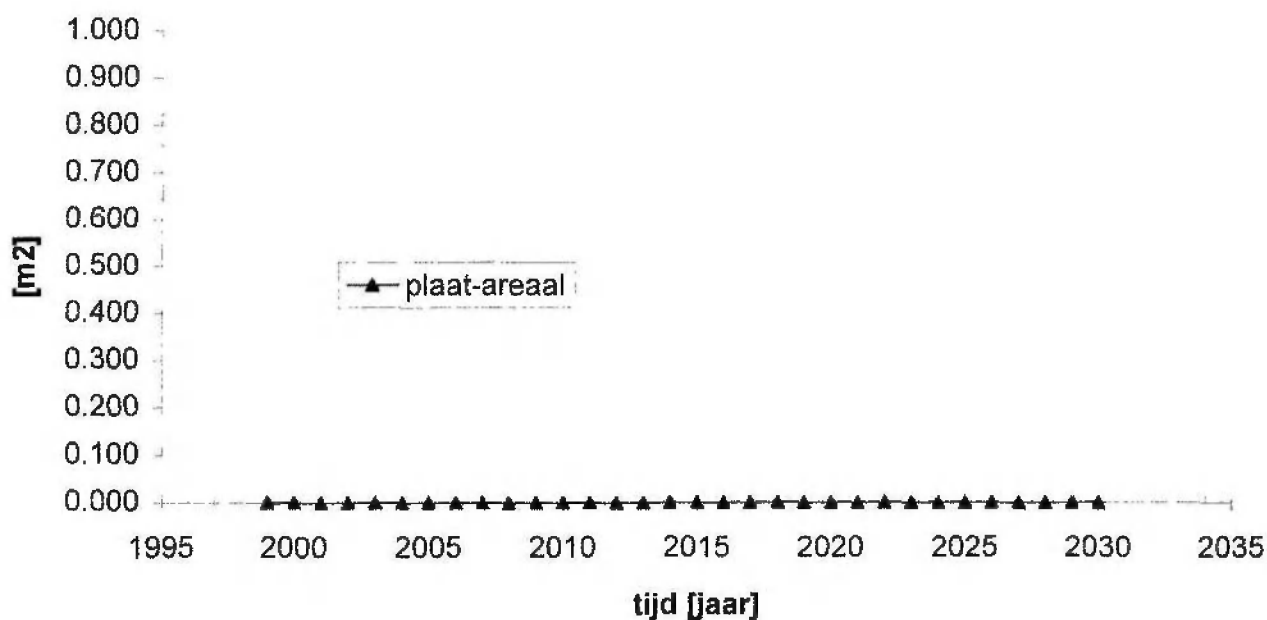
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.4b

Cumulatieve volumeverandering Walvischstaart



Cumulatieve plaat-areaal verandering Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Walvischstaart
 Run wa2: Verdiepen Walvischstaart en stort geulwand Oostgat

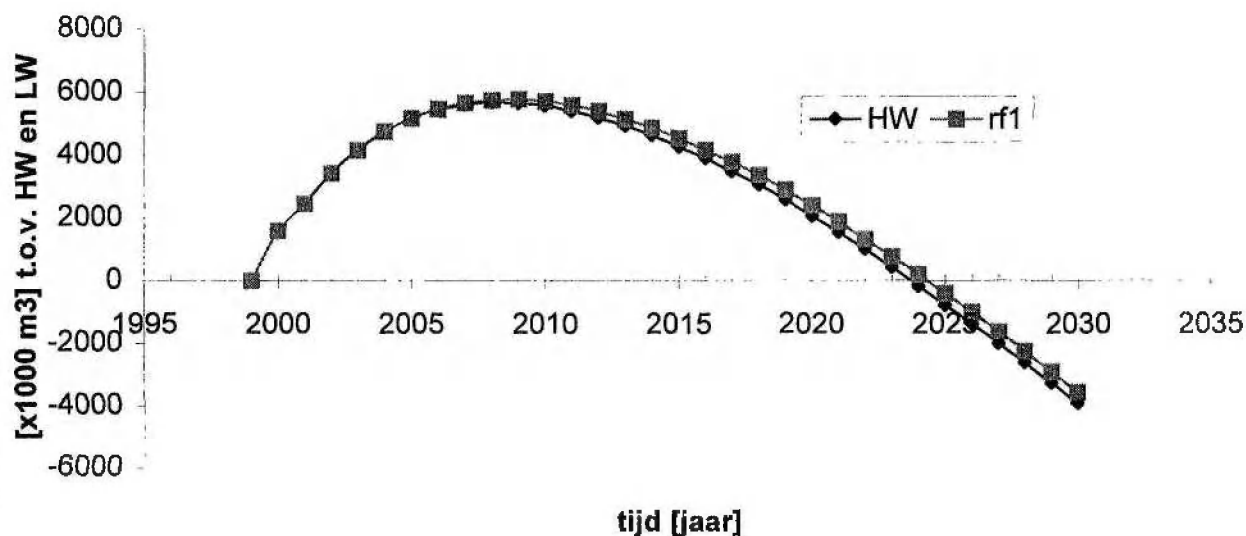
Z3246

2002

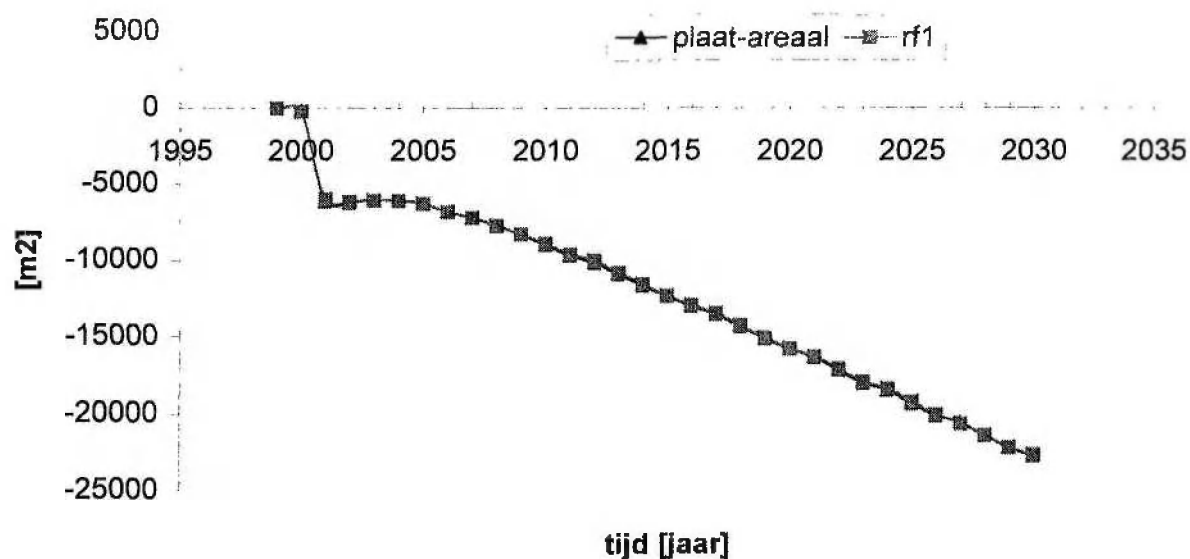
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.4c

Cumulatieve volumeverandering Wielingen-Scheur



Cumulatieve plaat-areaal verandering Wielingen-Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Ontwikkeling Wielingen-Scheur
Run wa2: Verdiepen Walvischstaart en stort geulwand Oostgat

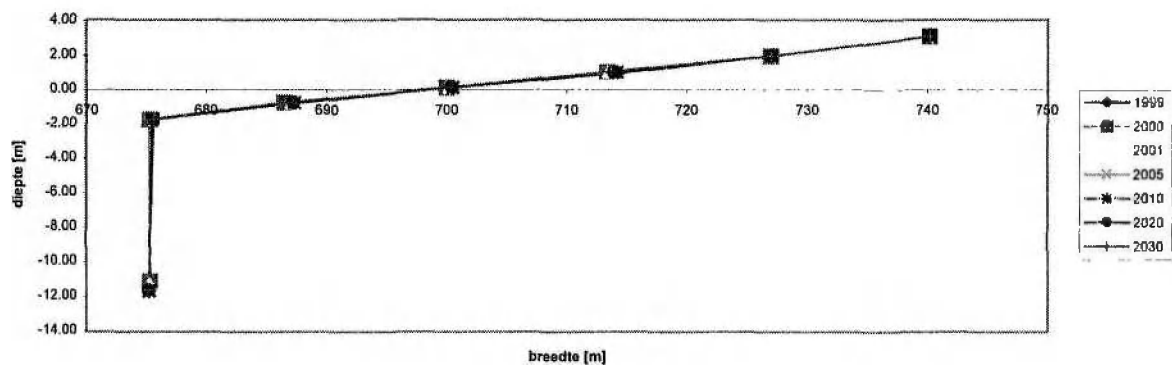
Z3246

2002

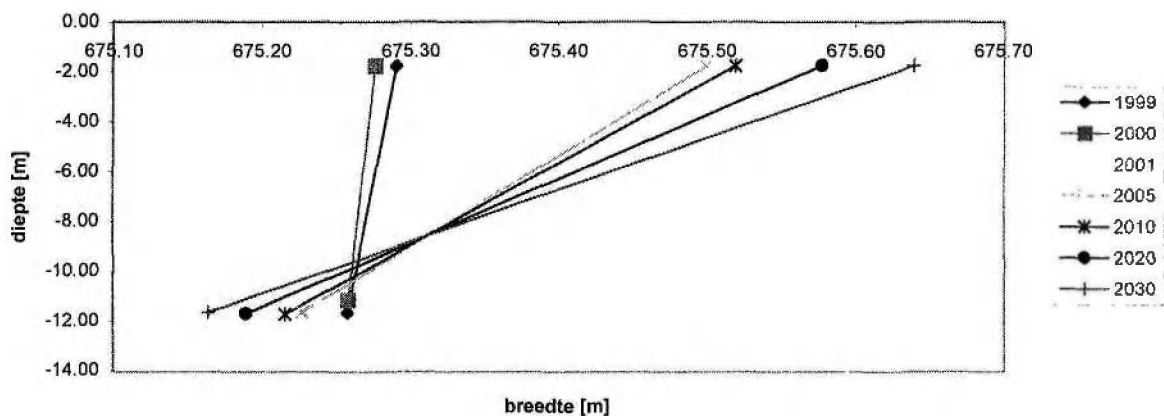
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.4d

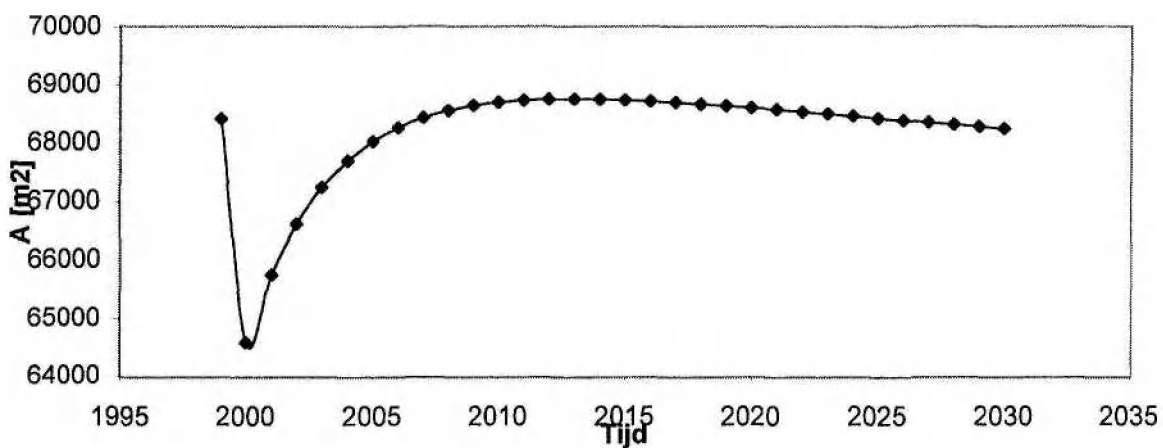
Totale dwarsprofiel Oostgat



Onderwateroever Oostgat



Dwarsoppervlakte geul Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Run wa2: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en dwarsopp. geul Oostgat t.o.v. laagwater.

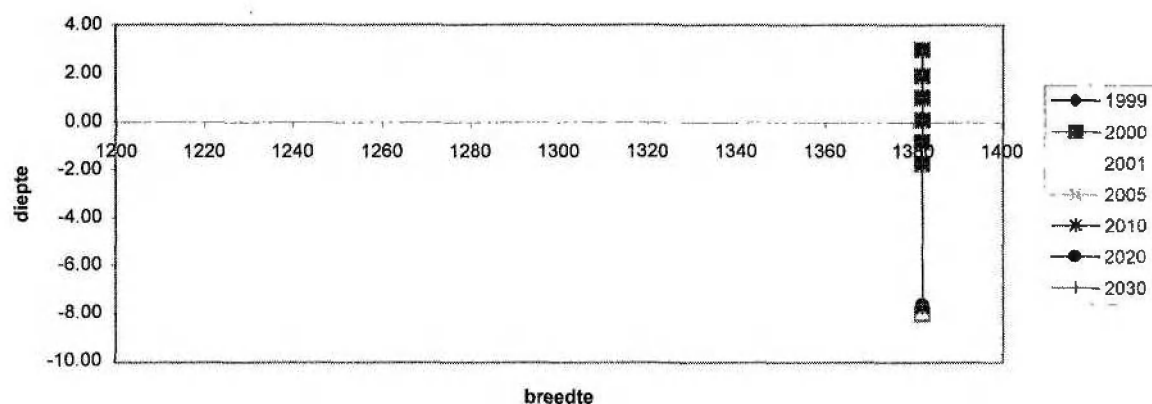
Z3246

2002

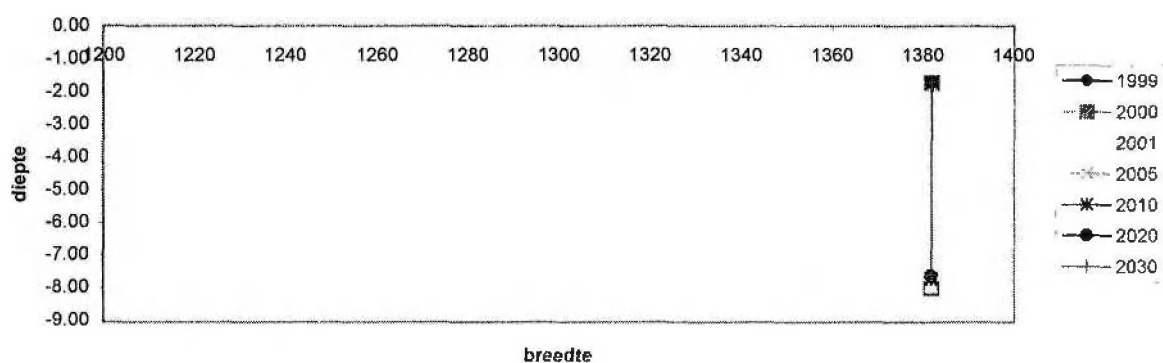
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.4e

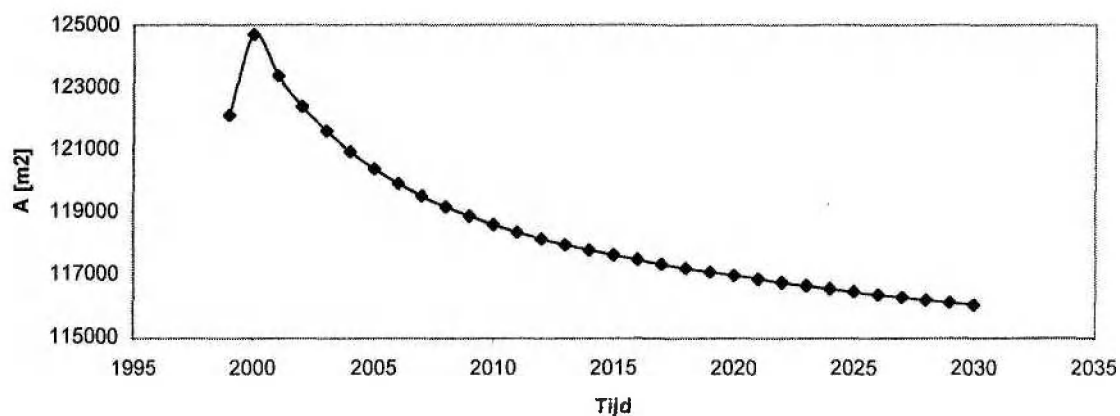
Totale dwarsprofiel Walvischstaart



Onderwateroever Walvischstaart



Dwarsoppervlakte geul Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

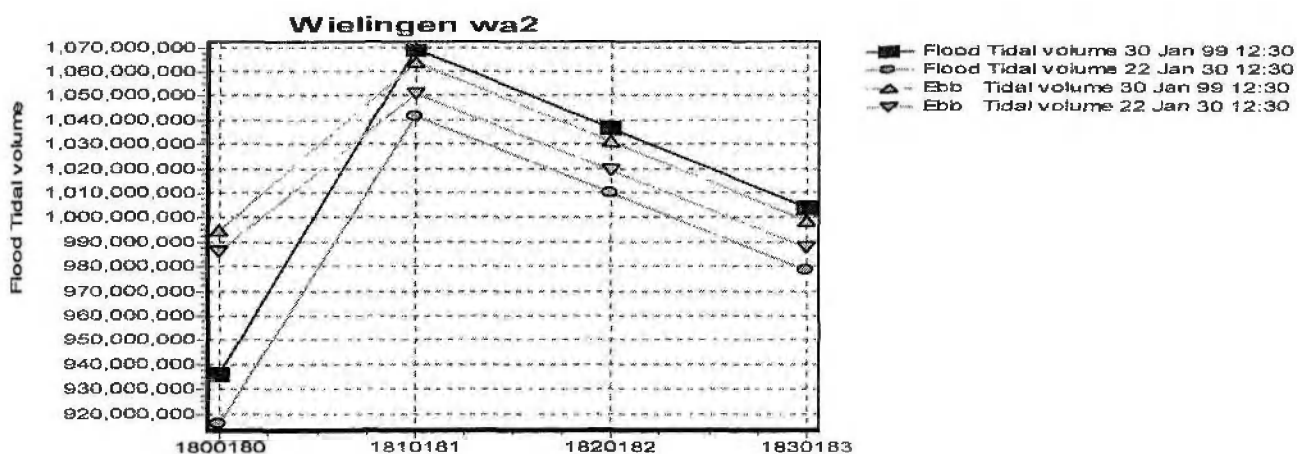
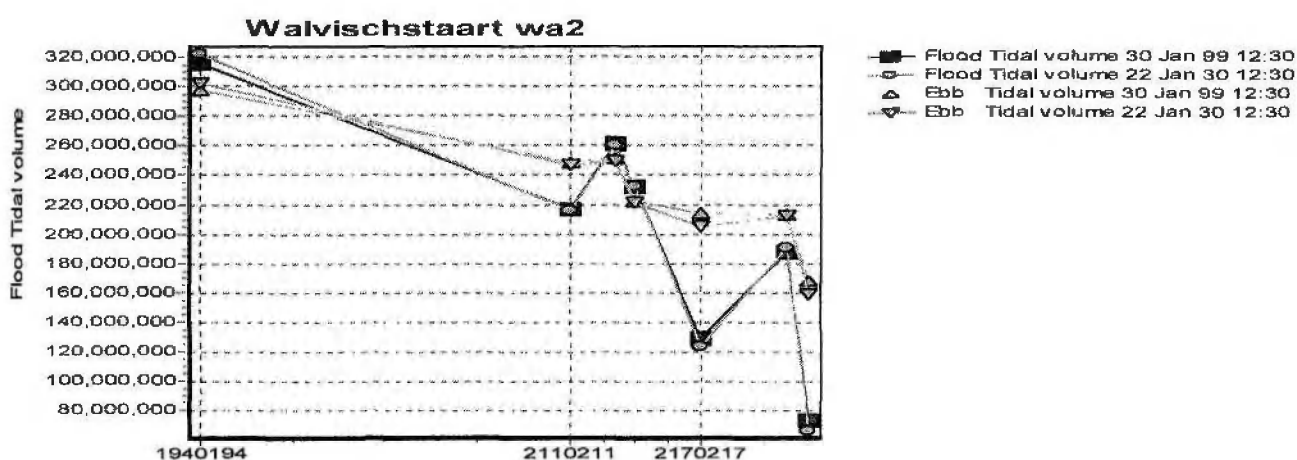
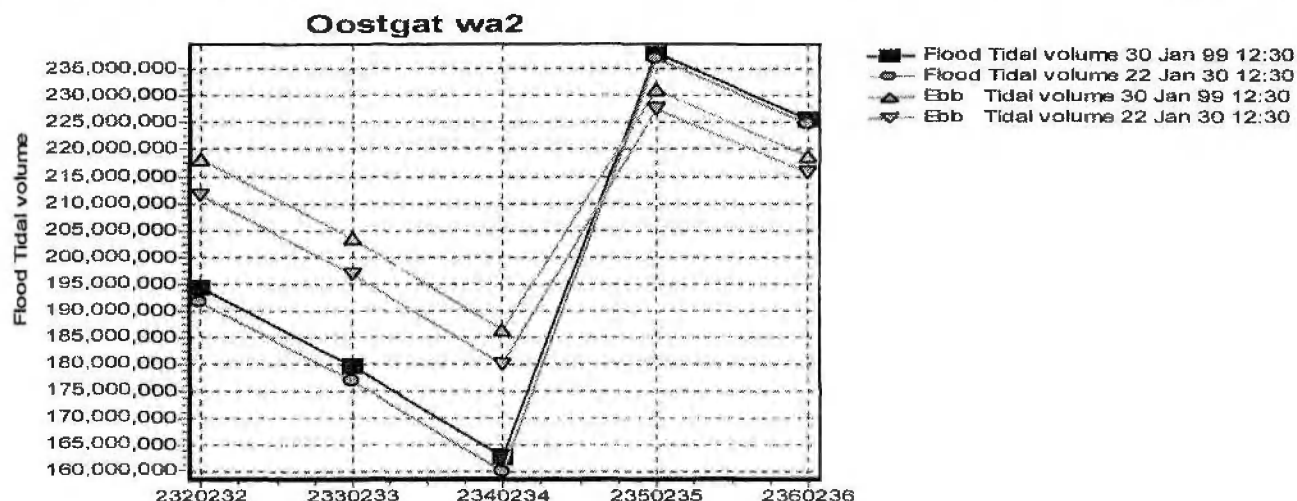
Run wa2: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en dwarsopp. geul Walvischstaart t.o.v. laagwater.

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.4f



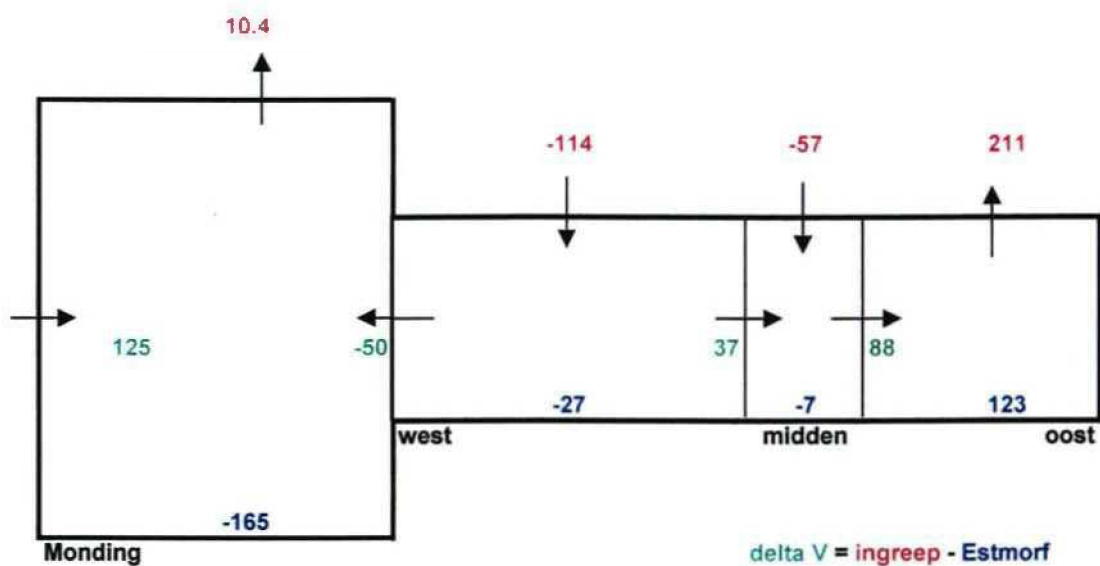
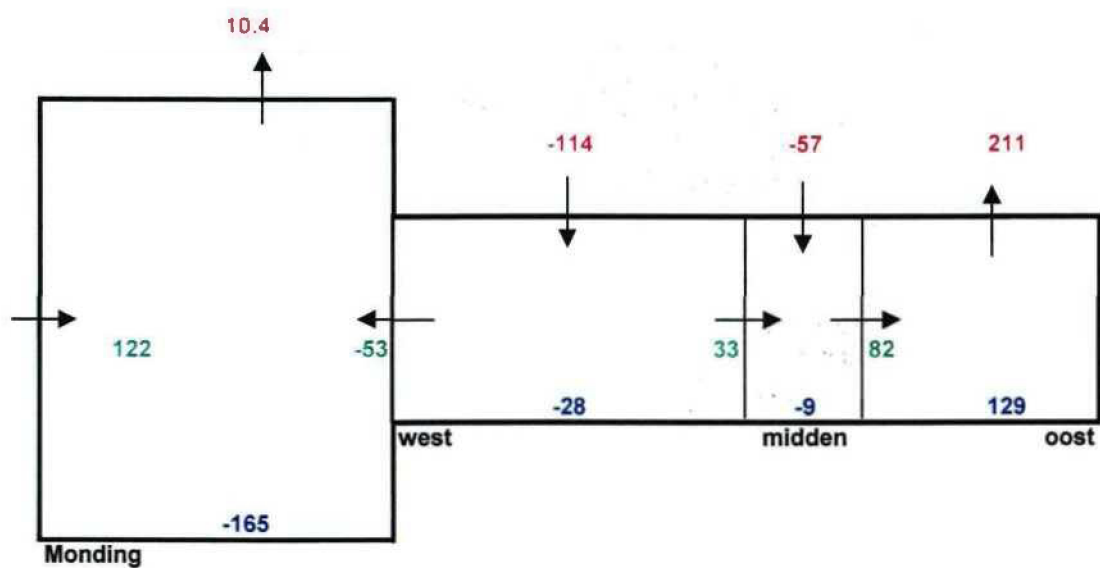
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Getijvolume Oostgat, Walvischstaart en Wielingen - Scheur
 Run wa2: Verdiepen Walvischstaart en stort geulwand Oostgat

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.4g



delta V = ingreep - Estmorf

ingreep: pos. = baggeren
neg. = storten

Estmorf: pos. = erosie
neg. = sedimentatie

delta V = pos. = importerend
neg. = exporterend

ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Zandbalans, boven t.o.v. HW onder t.o.v. LW

Run ws I: Verdiepen Wielingen-Scheur, onttrekking sediment

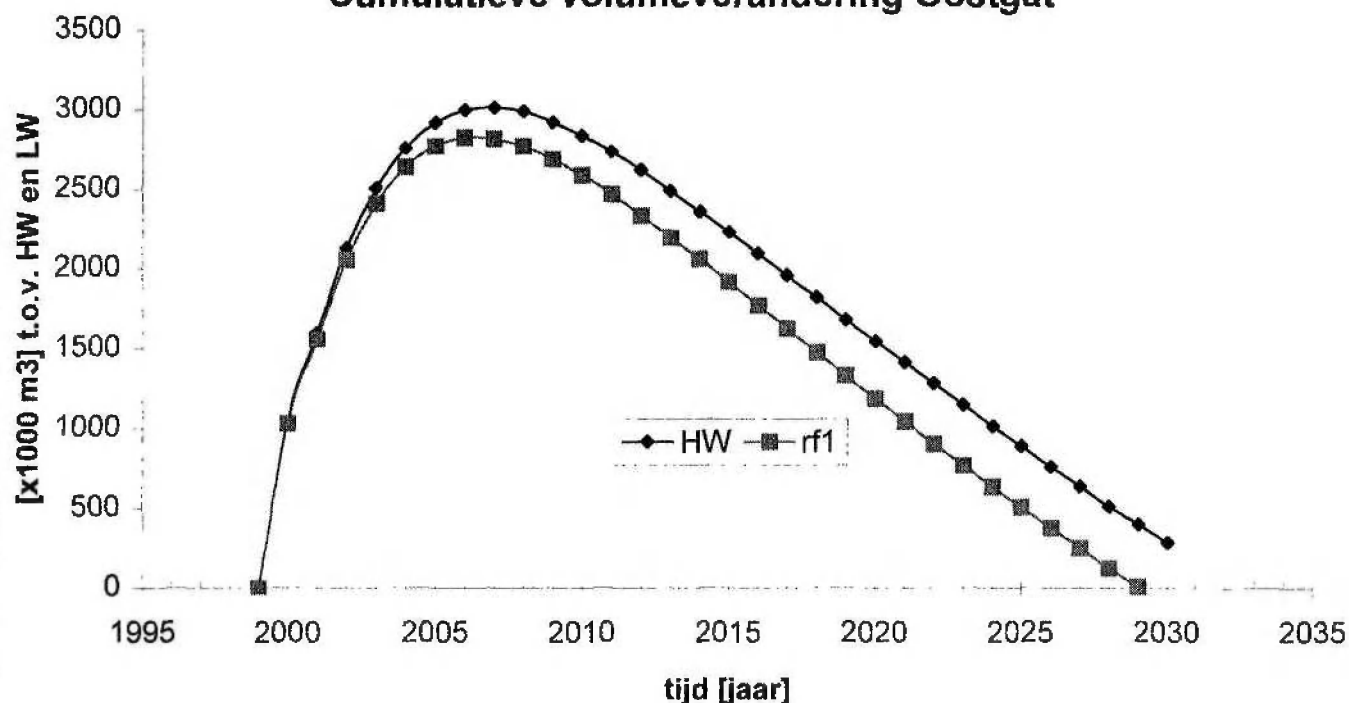
Z3246

2002

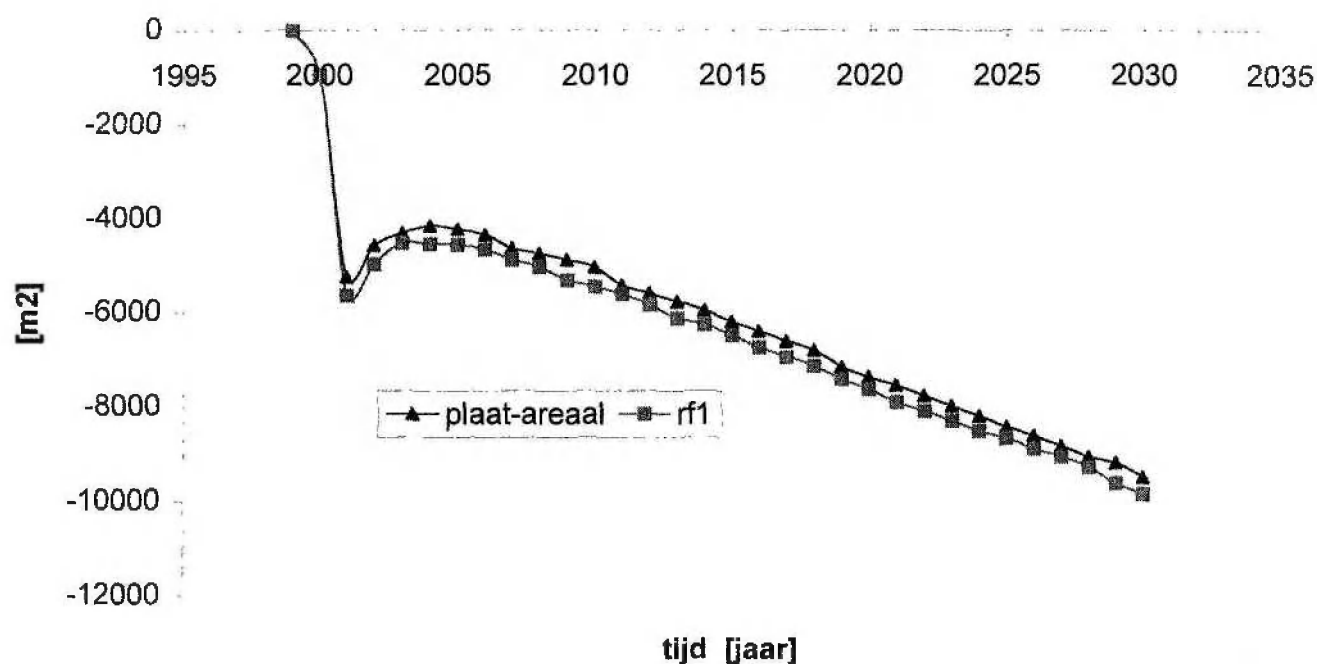
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.5a

Cumulatieve volumeverandering Oostgat



Cumulatieve plaat-areaal verandering Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Oostgat langs de zuidwest kust van Walcheren
 Run ws I: Verdiepen Wielingen-Scheur, onttrekking sediment

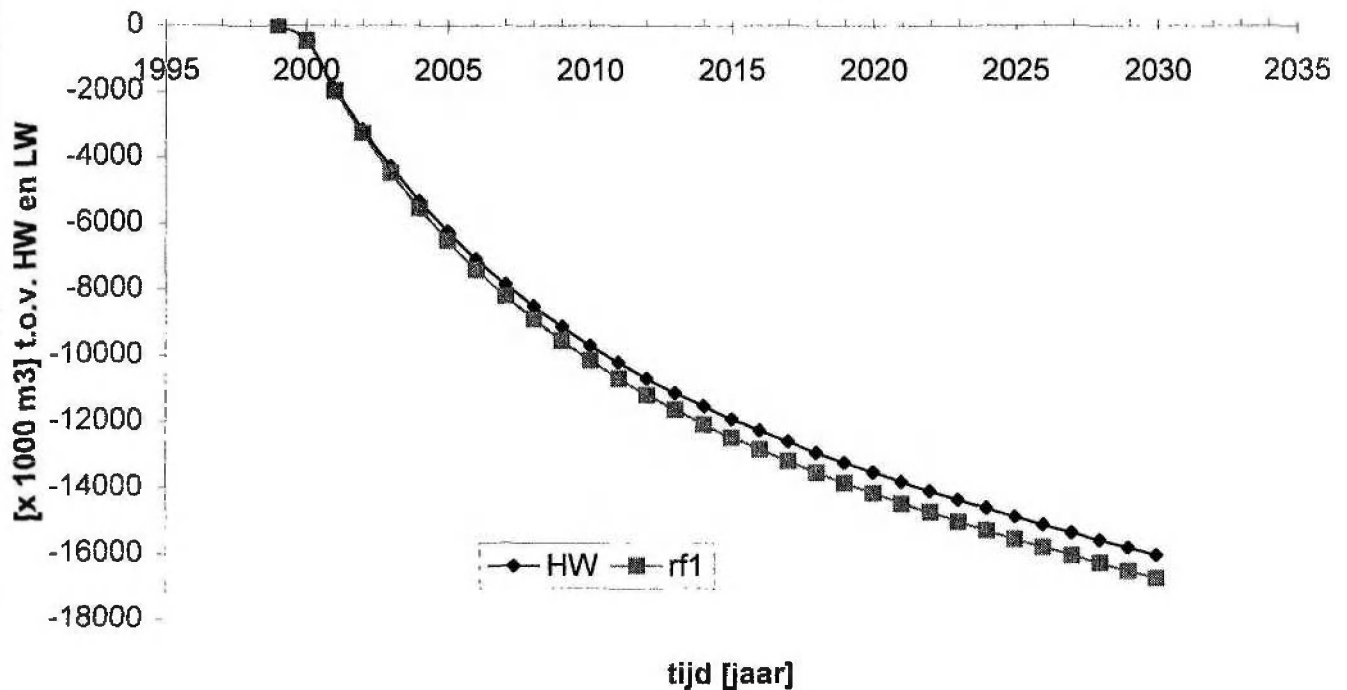
Z3246

2002

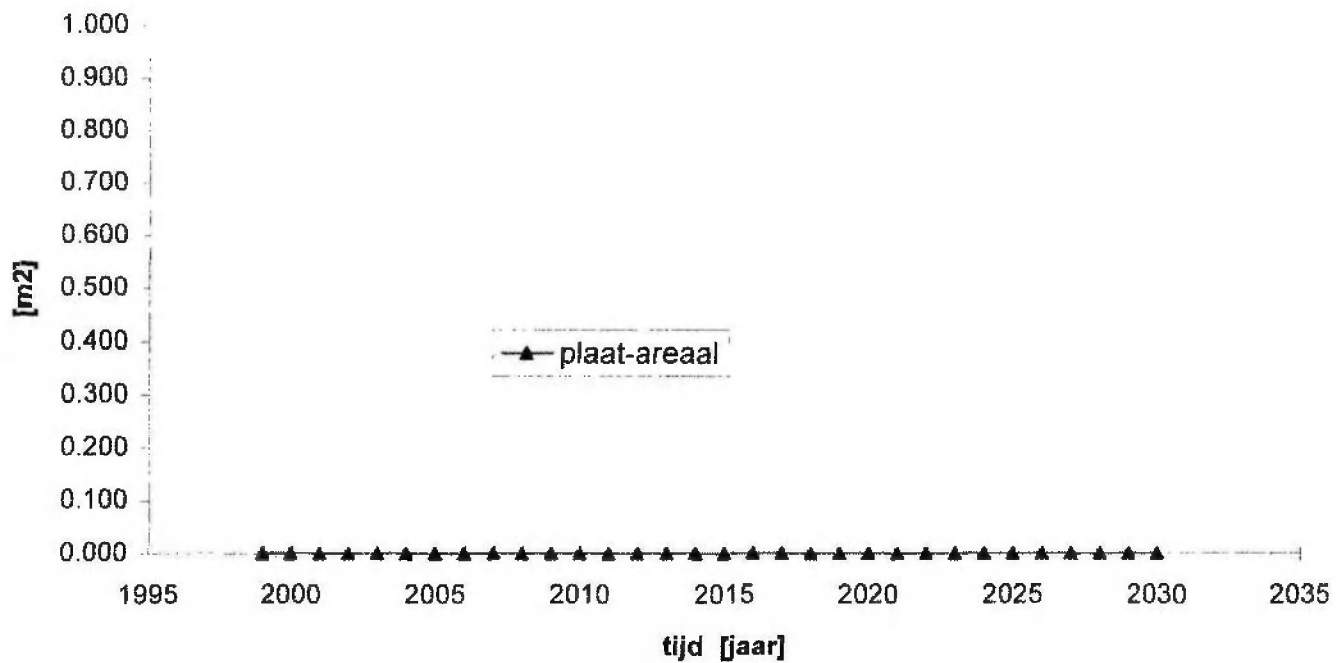
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.5b

Cumulatieve volumeverandering Walvischstaart



Cumulatieve plaat-areaal verandering Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Walvischstaart
 Run ws I: Verdiepen Wielingen-Scheur, onttrekking sediment

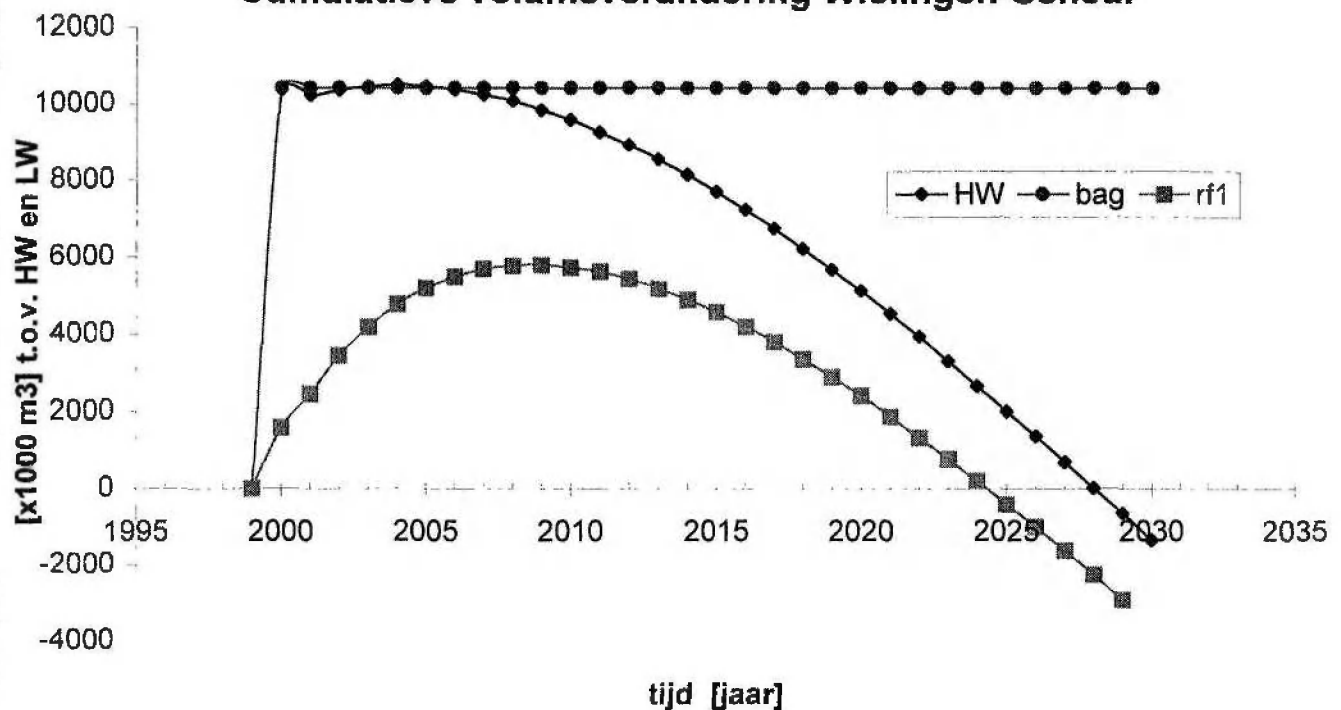
Z3246

2002

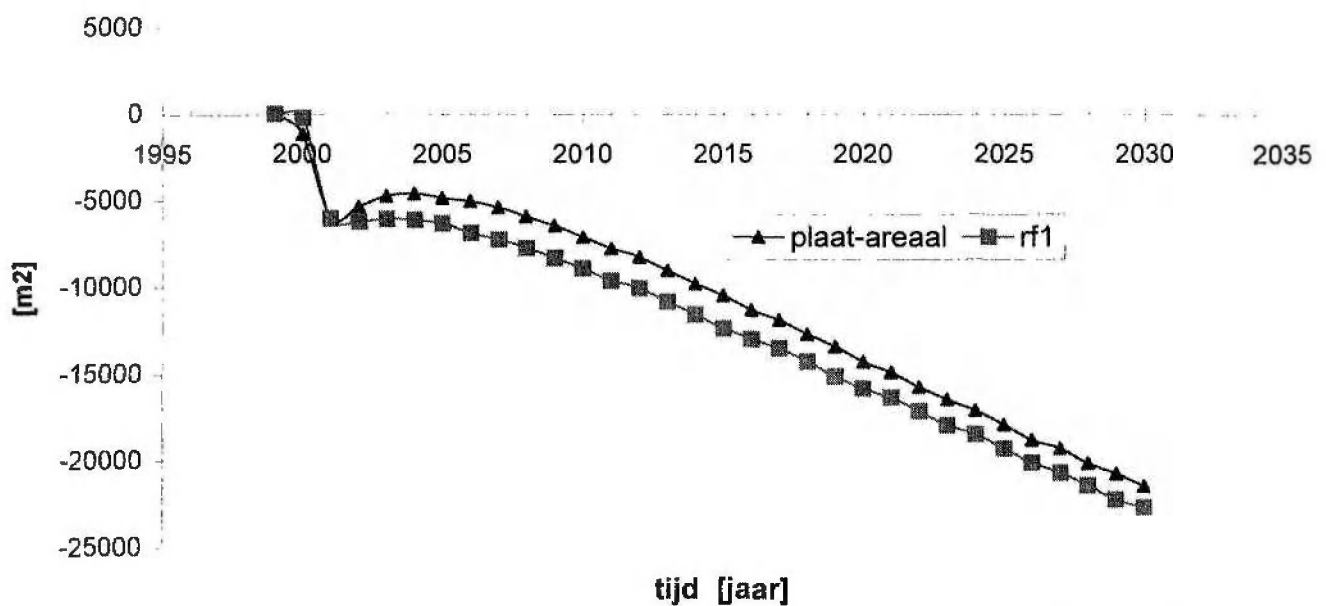
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.5c

Cumulatieve volumeverandering Wielingen-Scheur



Cumulatieve plaat-areaal verandering Wielingen-Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Wielingen-Scheur
 Run ws I: Verdiepen Wielingen-Scheur, onttrekking sediment

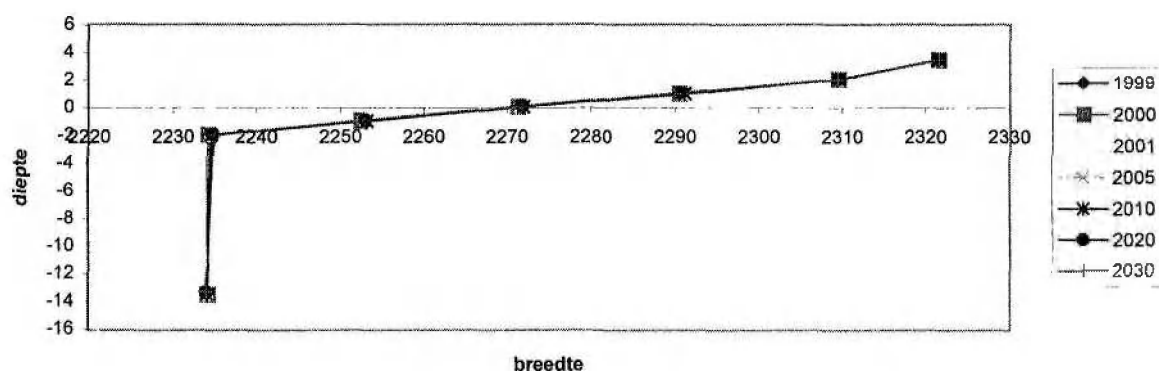
Z3246

2002

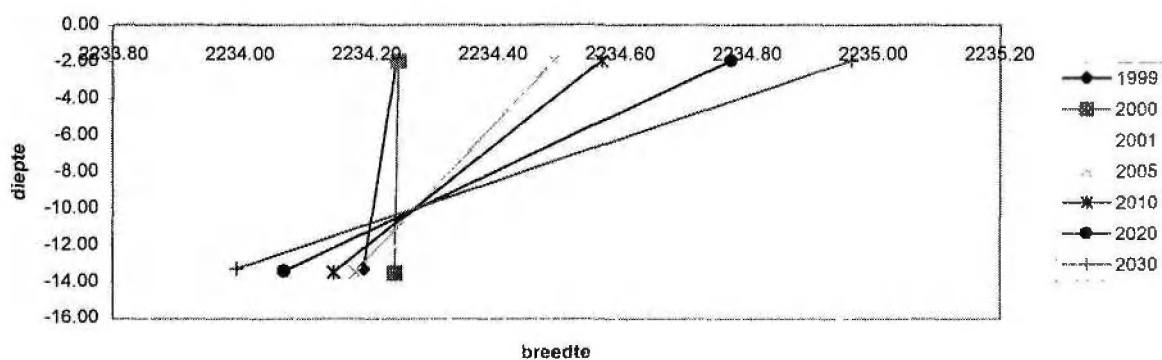
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.5d

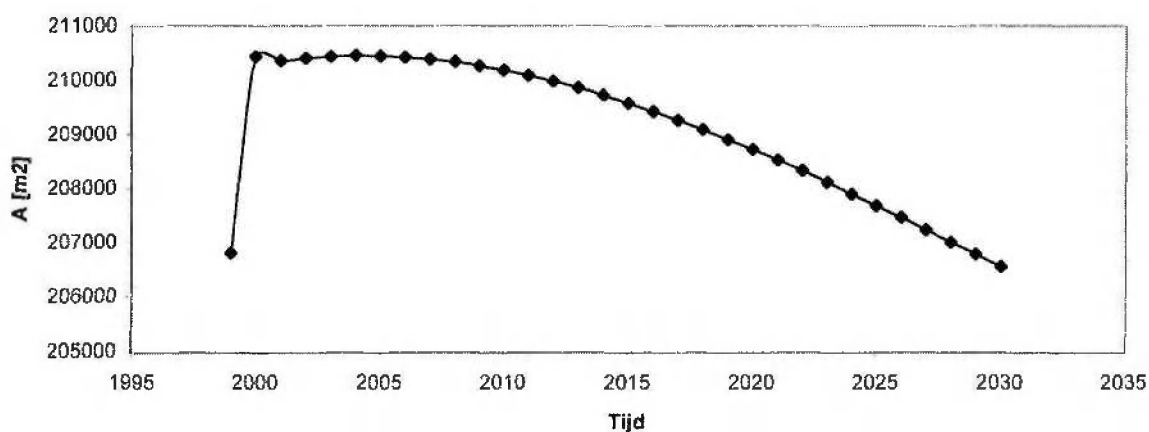
Totale dwarsprofiel Wielingen - Scheur



Onderwateroever Wielingen - Scheur



Dwarsoppervlakte geul Wielingen - Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

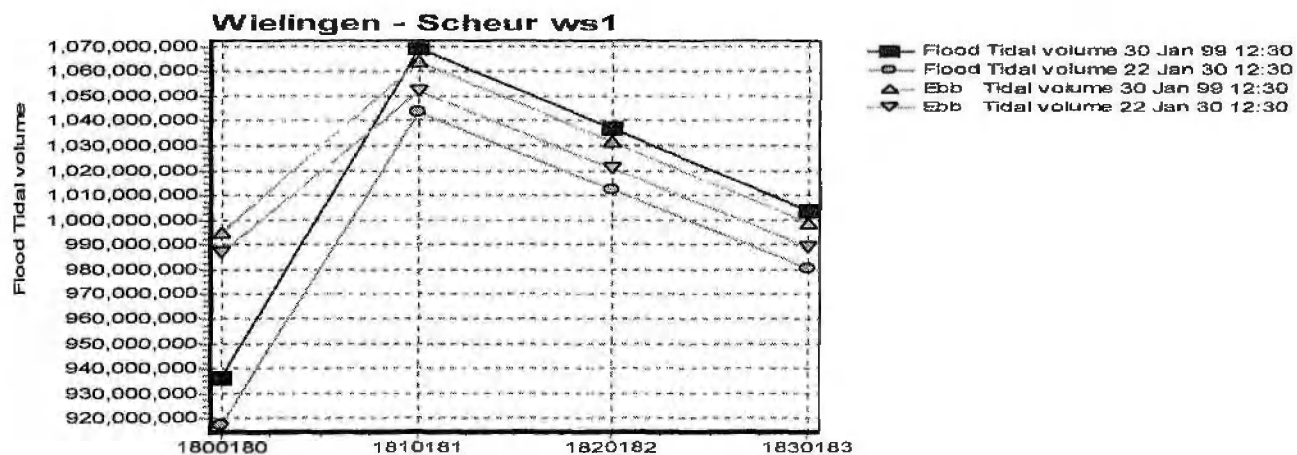
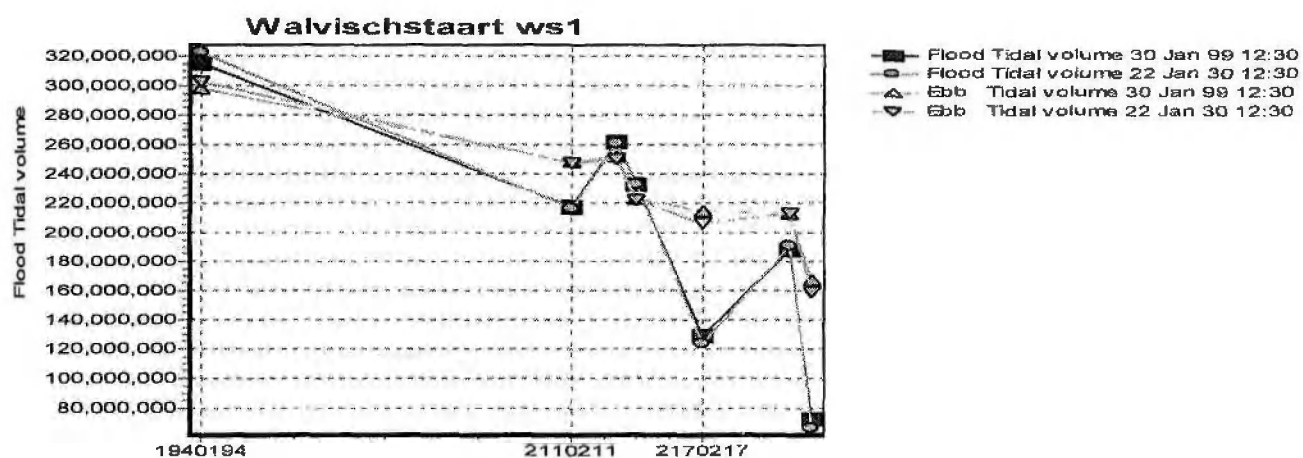
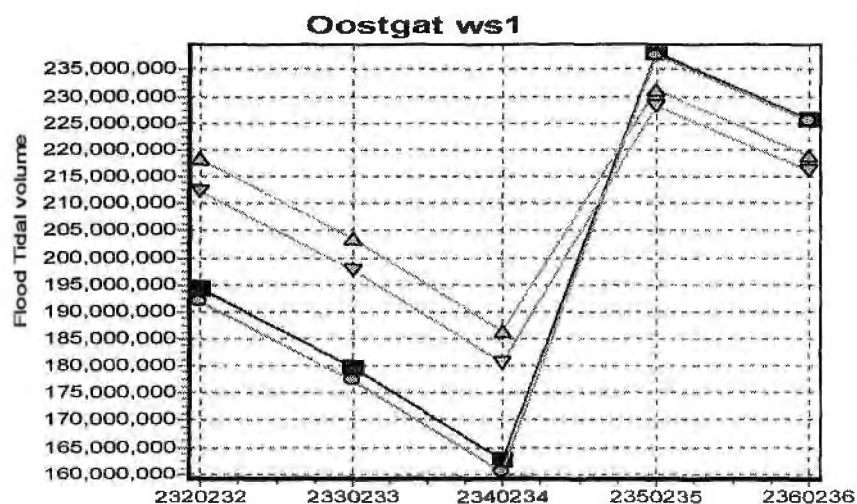
Run ws1: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en dwarsopp. geul Wielingen - Scheur t.o.v. laagwater.

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.5e



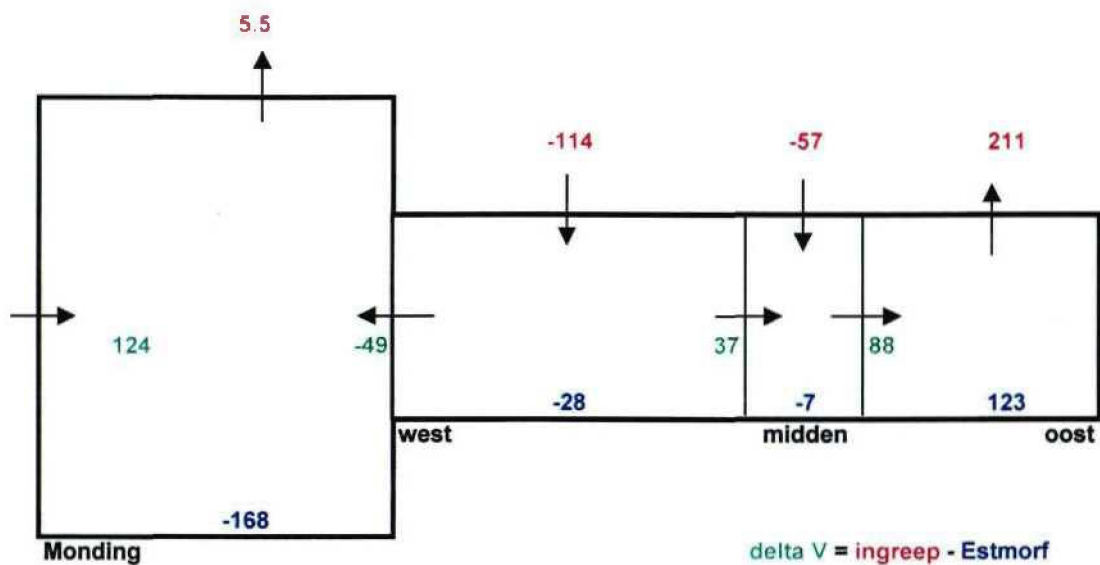
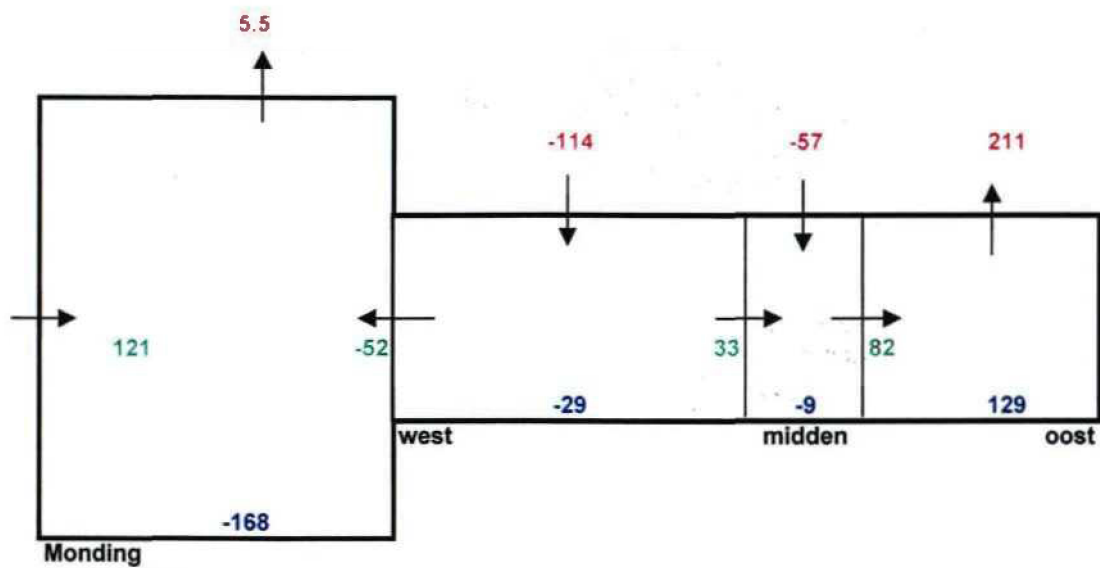
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Getijvolume Oostgat, Walvischstaart en Wielingen - Scheur
 Run ws I: Verdiepen Wielingen-Scheur, onttrekking sediment

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.5f



delta V = ingreep - Estmorf

ingreep: pos. = baggeren

neg. = storten

Estmorf: pos. = erosie

neg. = sedimentatie

delta V = pos. = importerend

neg. = exporterend

ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Zandbalans, boven t.o.v. HW onder t.o.v. LW

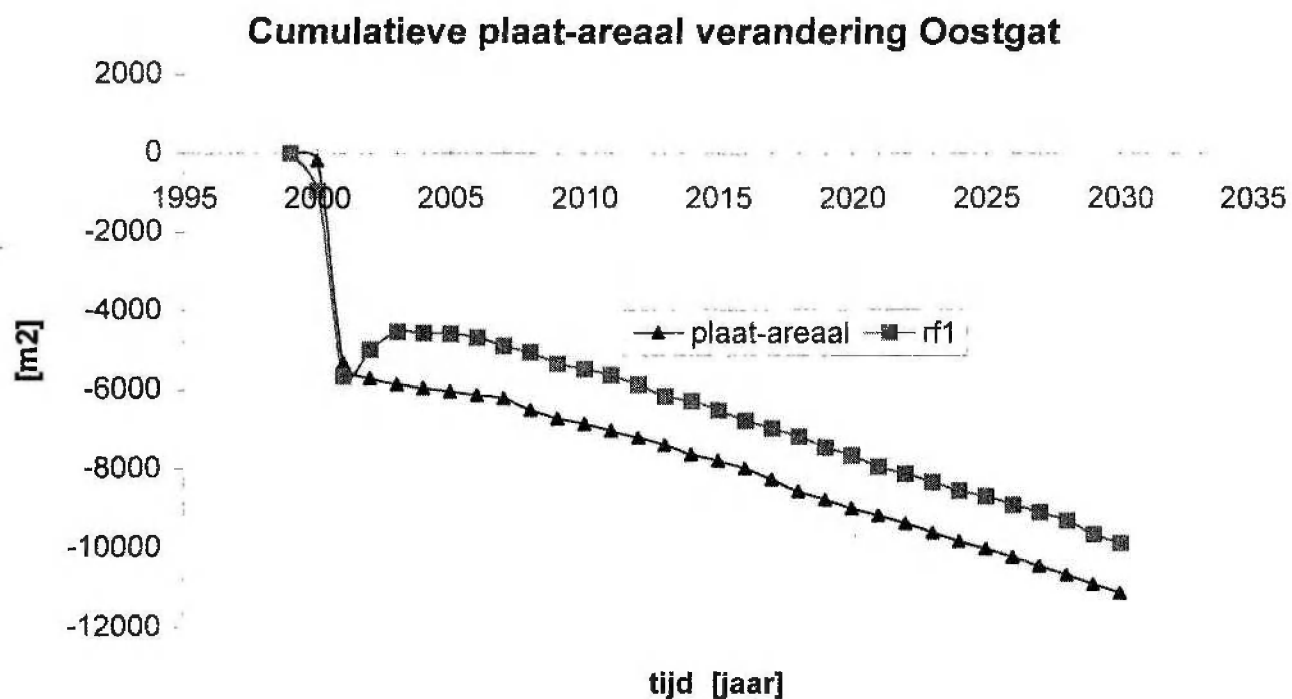
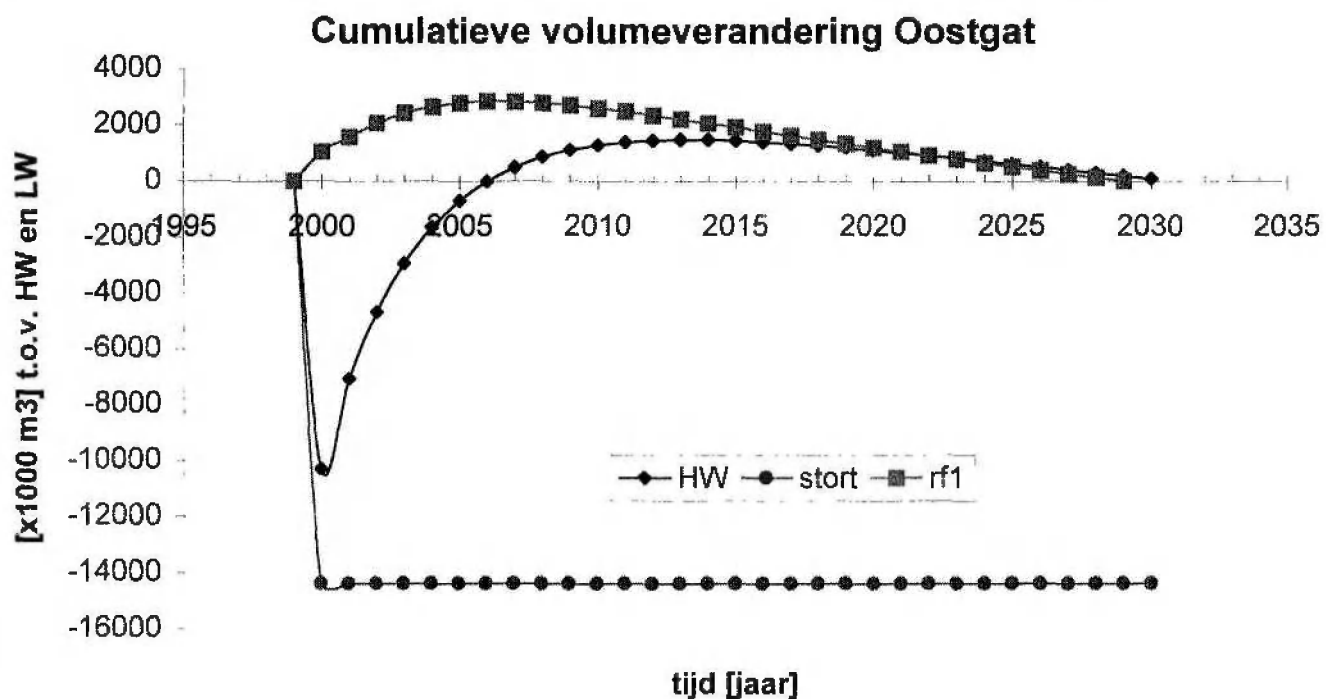
Run cbI: Verdiep Walvischst, Wielingen-Scheur, stort Oostgat

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6a



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Oostgat langs de zuidwest kust van Walcheren
 Run cb I: Verdiep Walvischst, Wielingen-Scheur, stort Oostgat

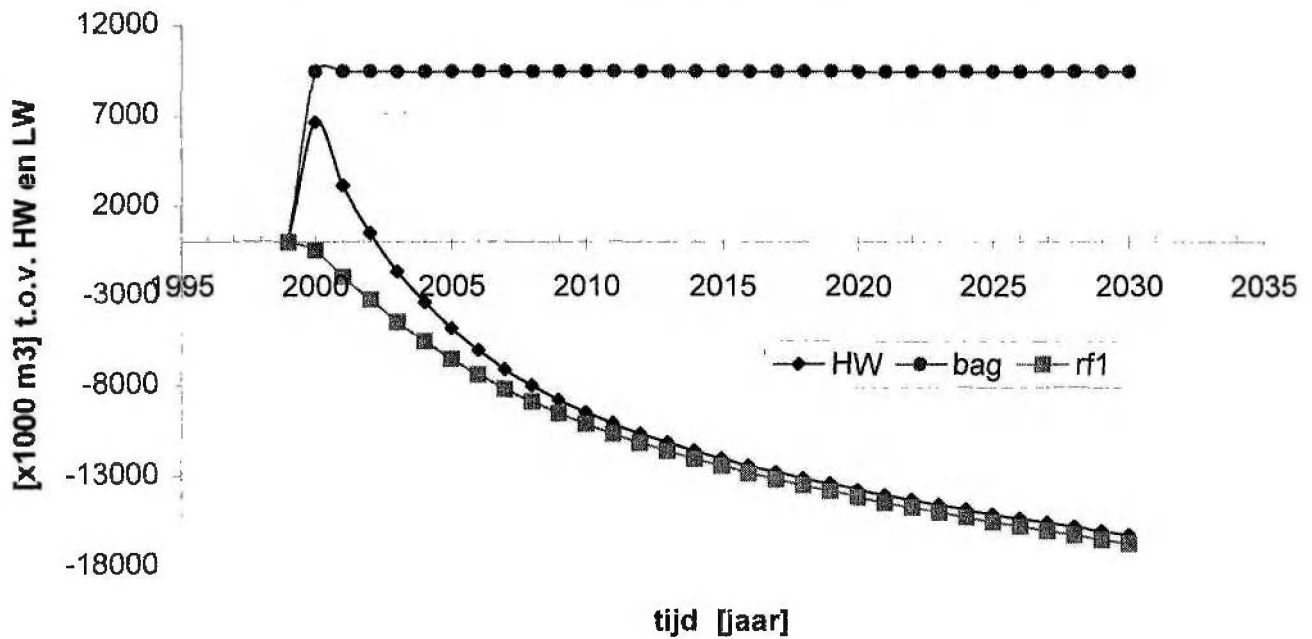
Z3246

2002

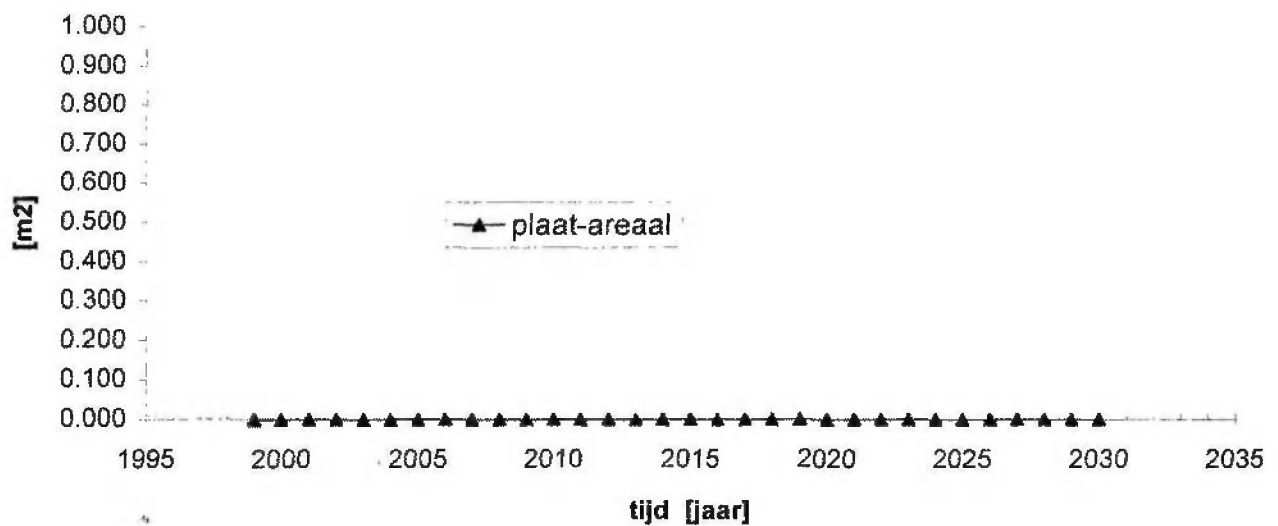
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6b

Cumulative volumeverandering Walvischstaart



Cumulative plaat-areaal verandering Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Walvischstaart
 Run cb I: Verdiep Walvischst, Wielingen-Scheur, stort Oostgat

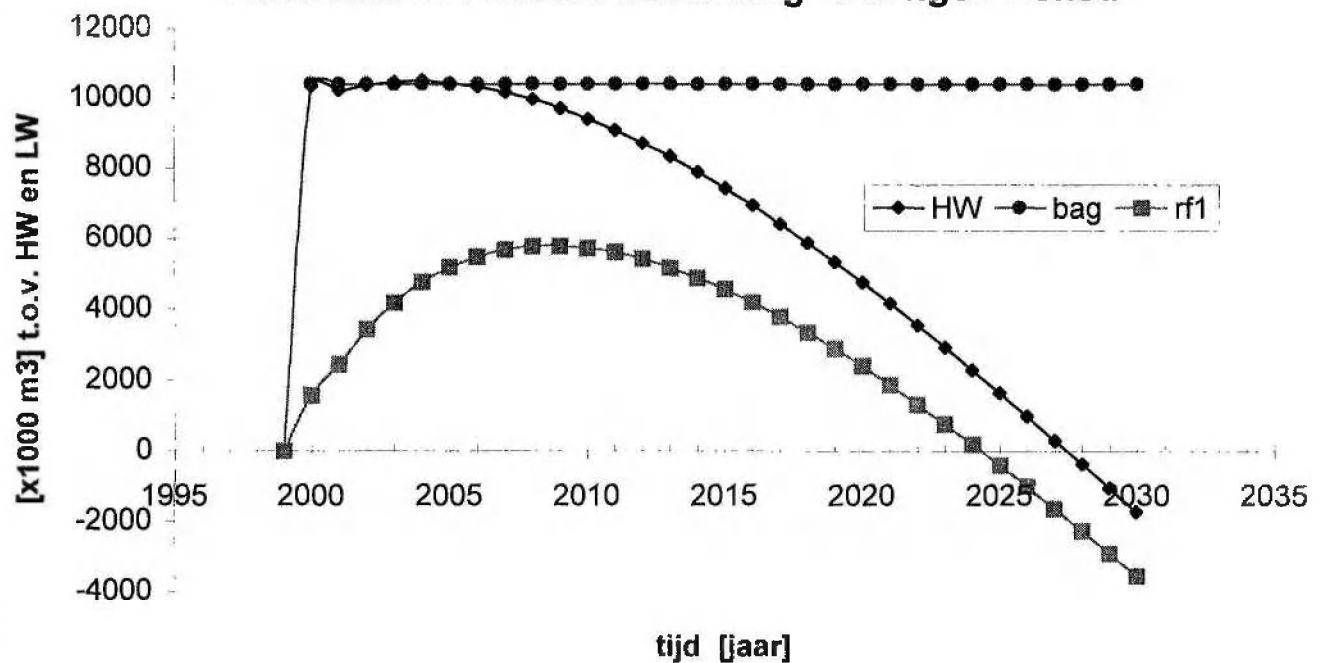
Z3246

2002

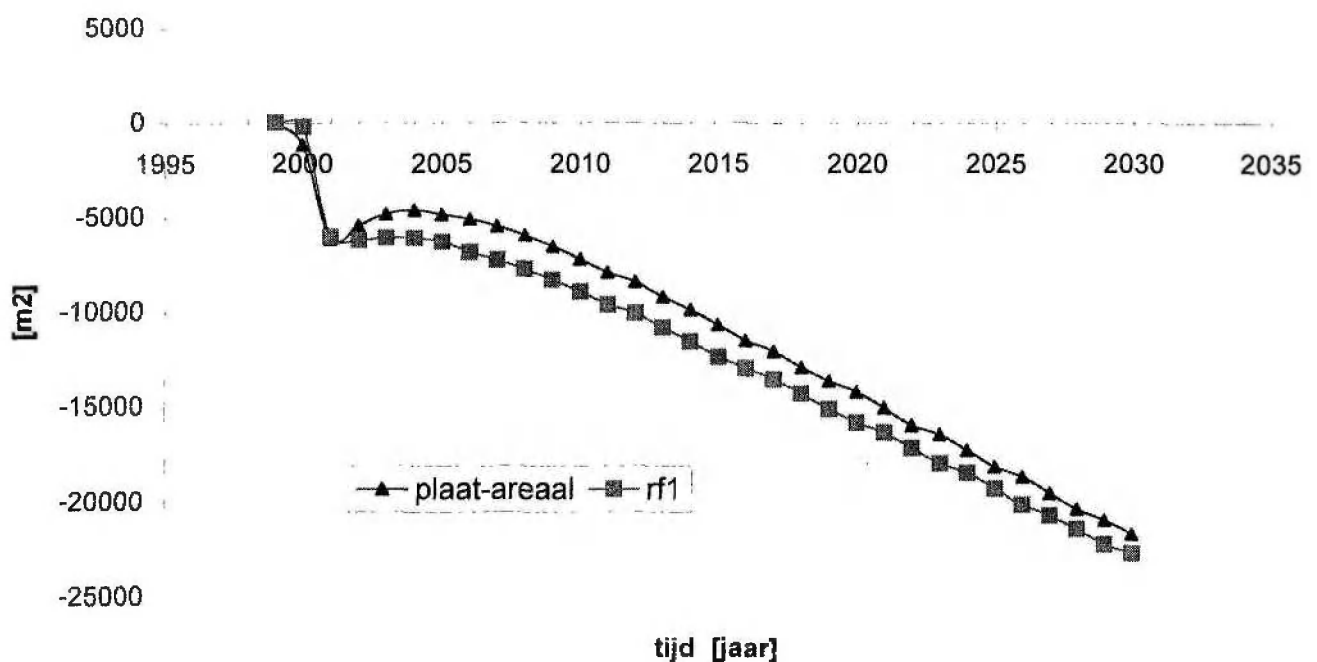
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6c

Cumulative volumeverandering Wielingen-Scheur



Cumulative plaat-areaal verandering Wielingen-Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Ontwikkeling Wielingen-Scheur
 Run cb I: Verdiep Walvischst, Wielingen-Scheur, stort Oostgat

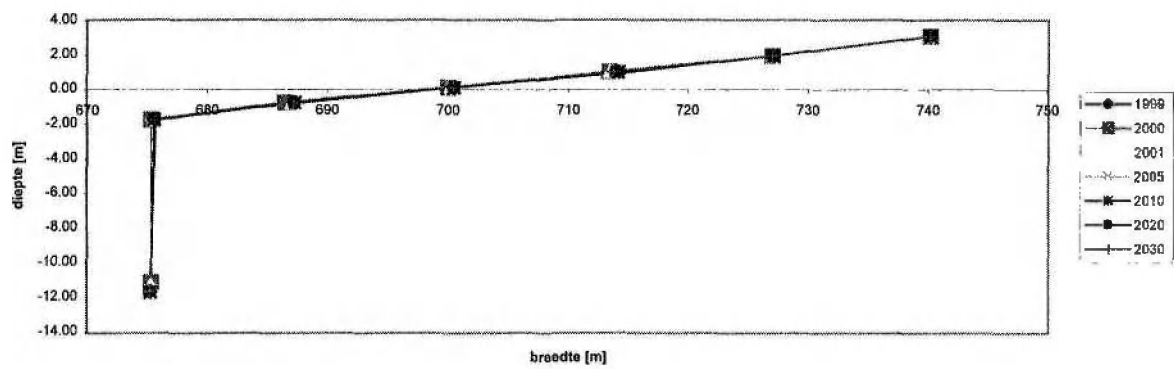
Z3246

2002

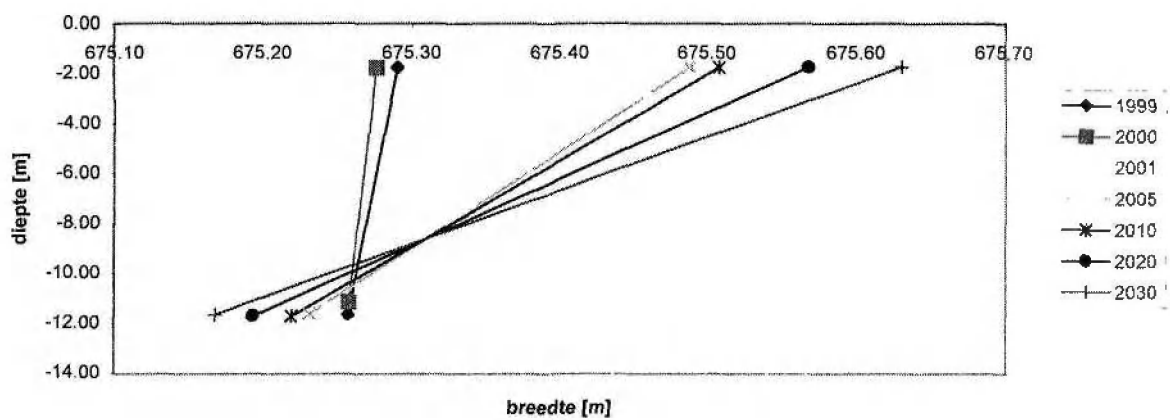
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6d

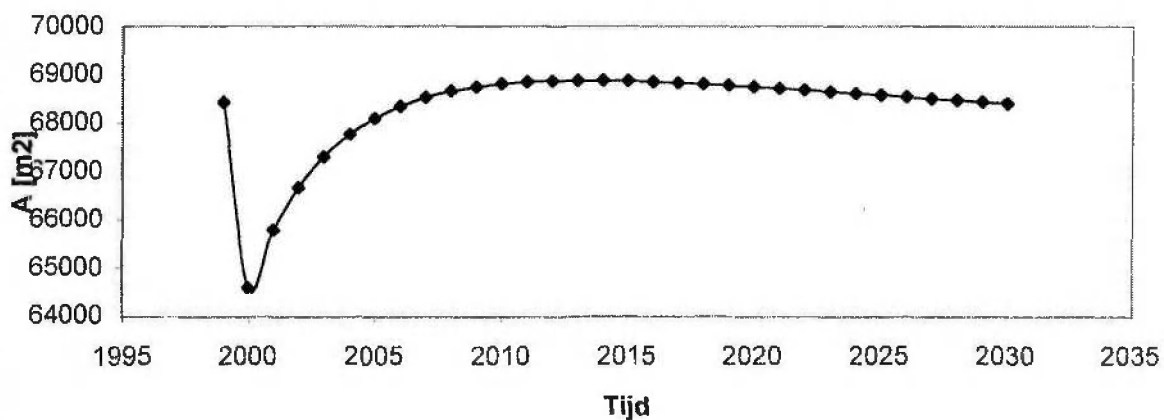
Totale dwarsprofiel Oostgat



Onderwateroever Oostgat



Dwarsoppervlakte geul Oostgat



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Run cb1: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en
dwarsopp. geul Oostgat t.o.v. laagwater.

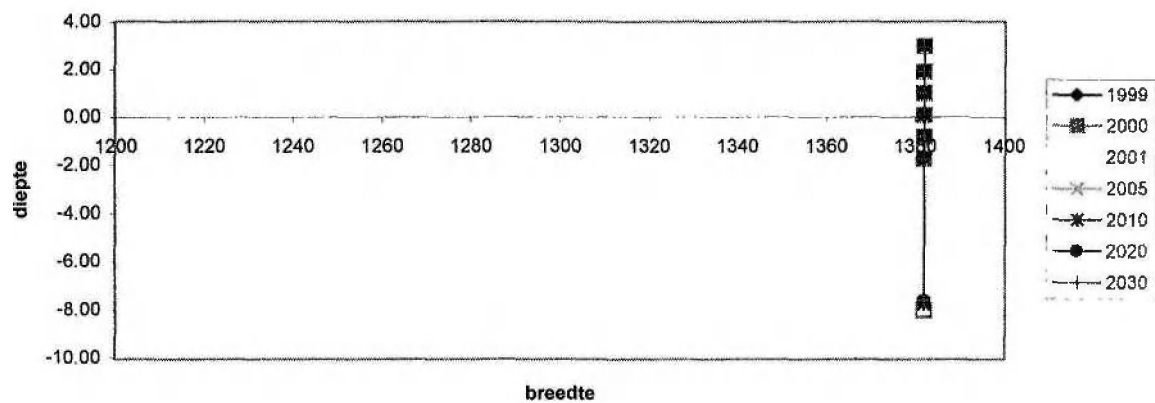
Z3246

2002

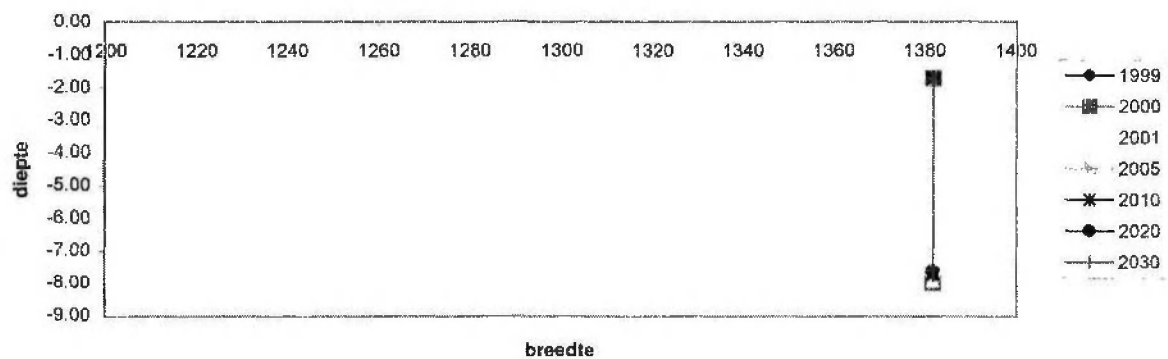
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6e

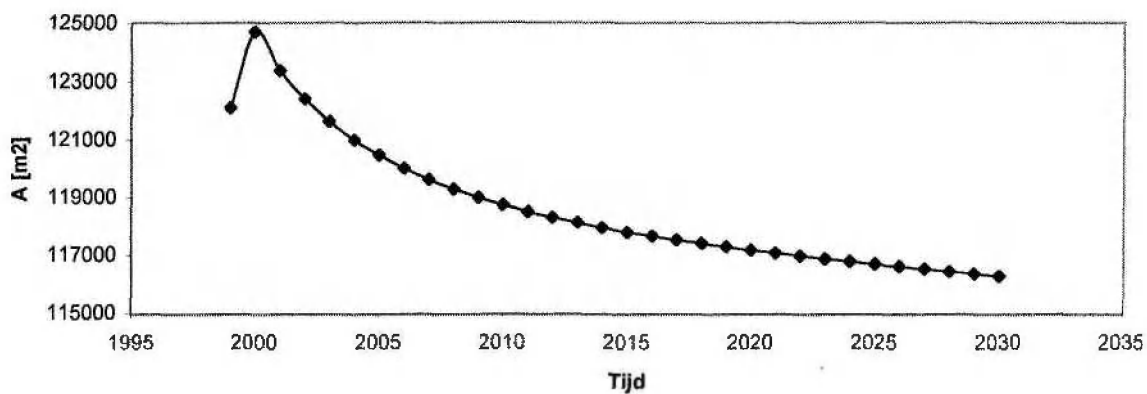
Totale dwarsprofiel Walvischstaart



Onderwateroever Walvischstaart



Dwarsoppervlakte geul Walvischstaart



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Run cbl : Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en dwarsopp. geul Walvischstaart t.o.v. laagwater.

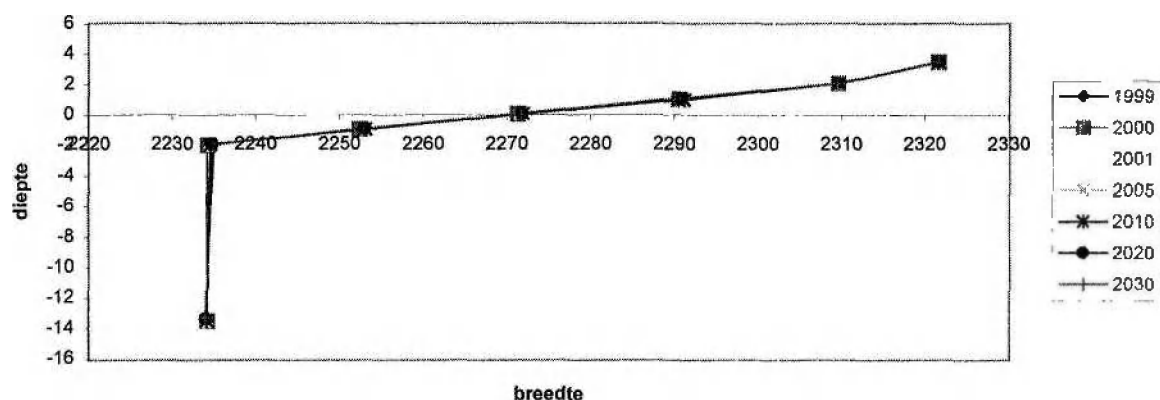
Z3246

2002

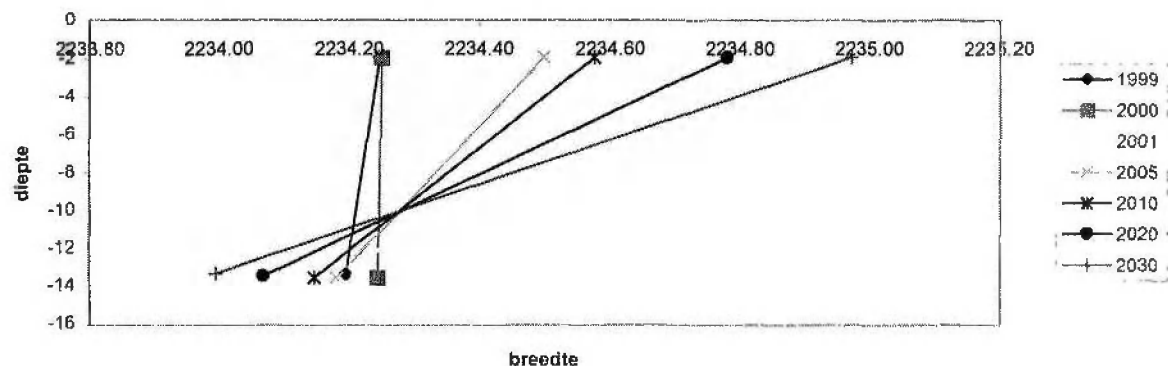
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6f

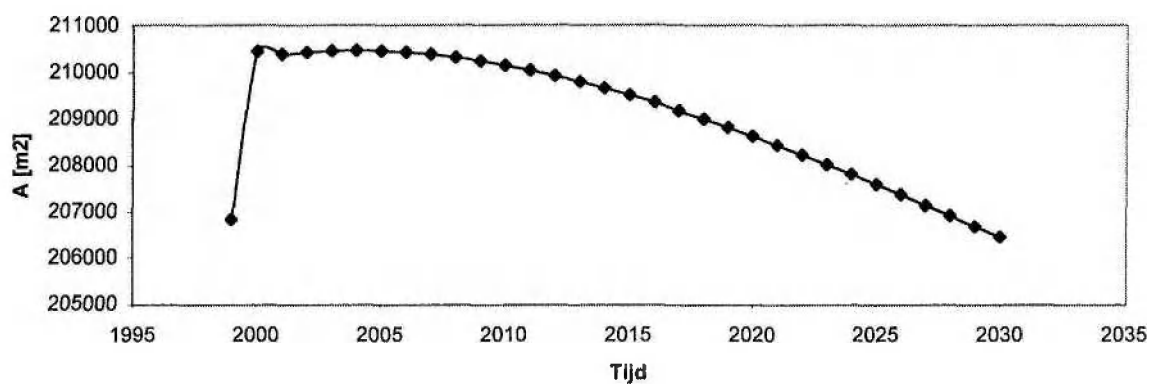
Totale dwarsprofiel Wielingen - Scheur



Onderwateroever Wielingen - Scheur



Dwarsoppervlakte geul Wielingen - Scheur



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

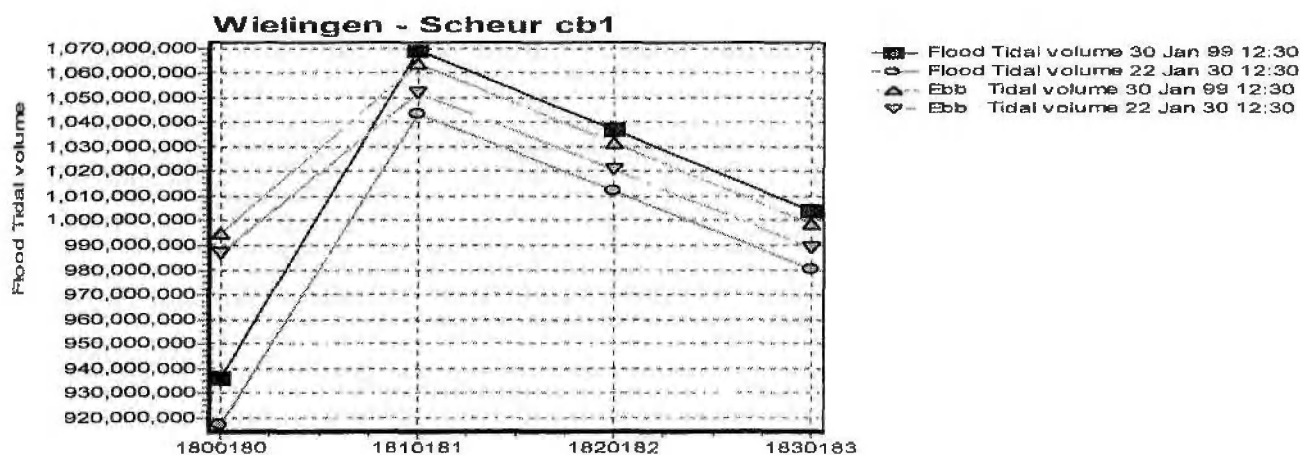
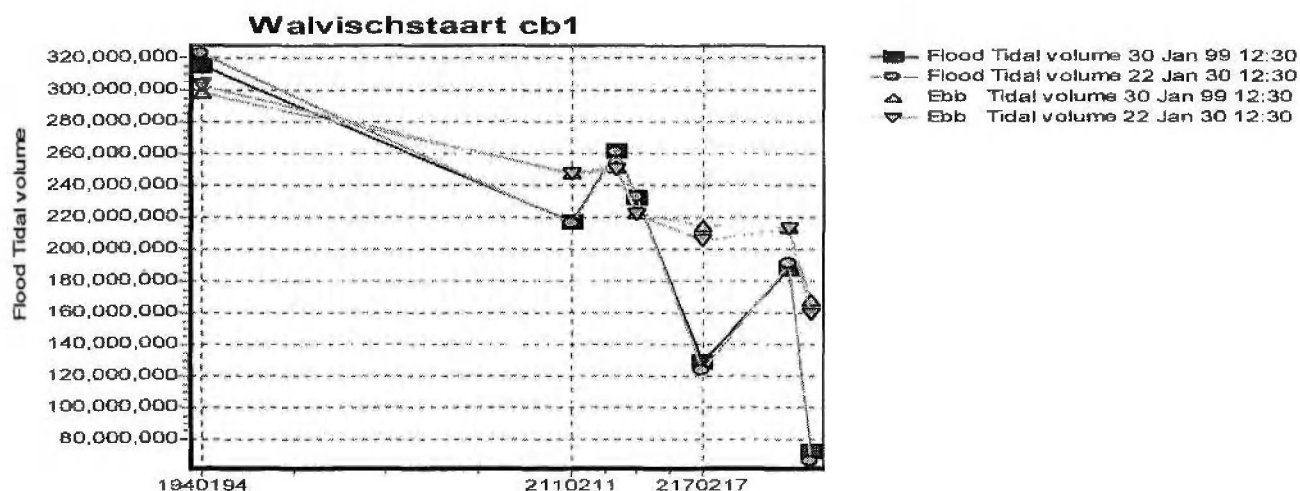
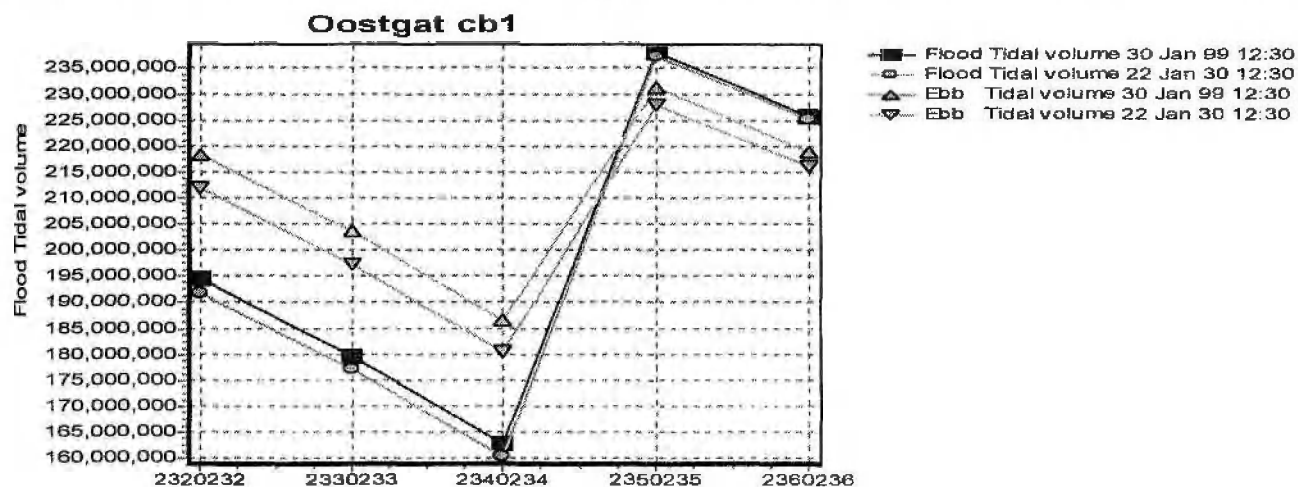
Run cb I: Totale dwarsdoorsnede, profiel onderwateroever en dwarsopp. geul Wielingen - Scheur t.o.v. laagwater.

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6g



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
 Getijvolume Oostgat, Walvischstaart en Wielingen - Scheur
 Run cb1: Verdiep Walvischst, Wielingen-Scheur, stort Oostgat

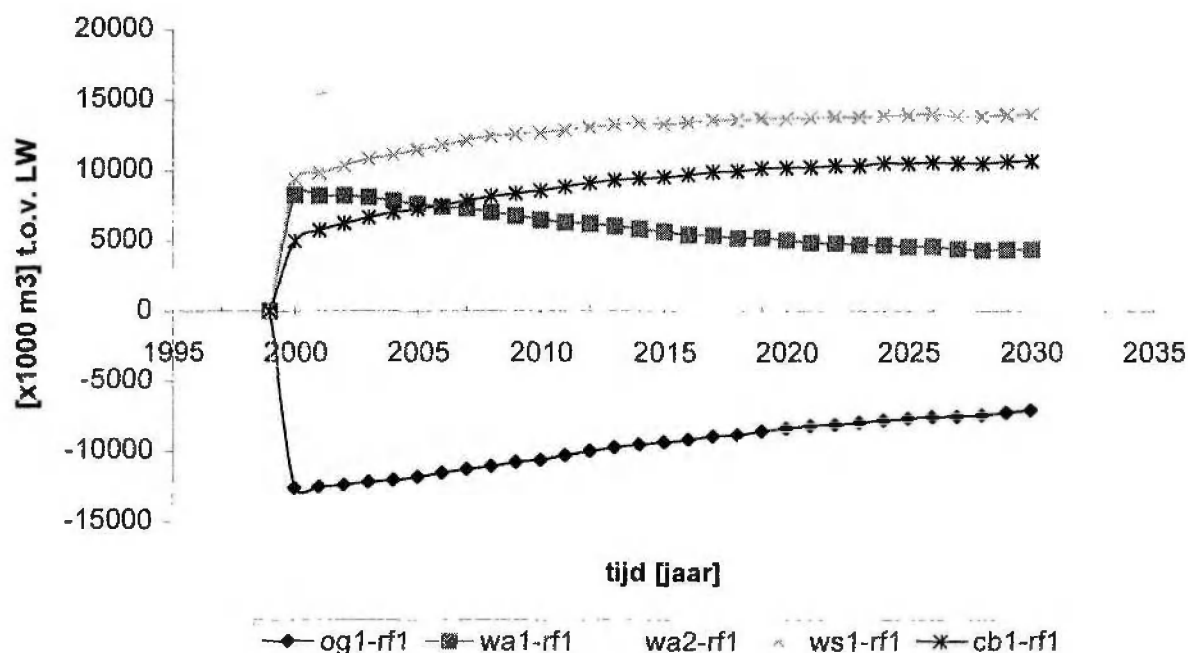
Z3246

2002

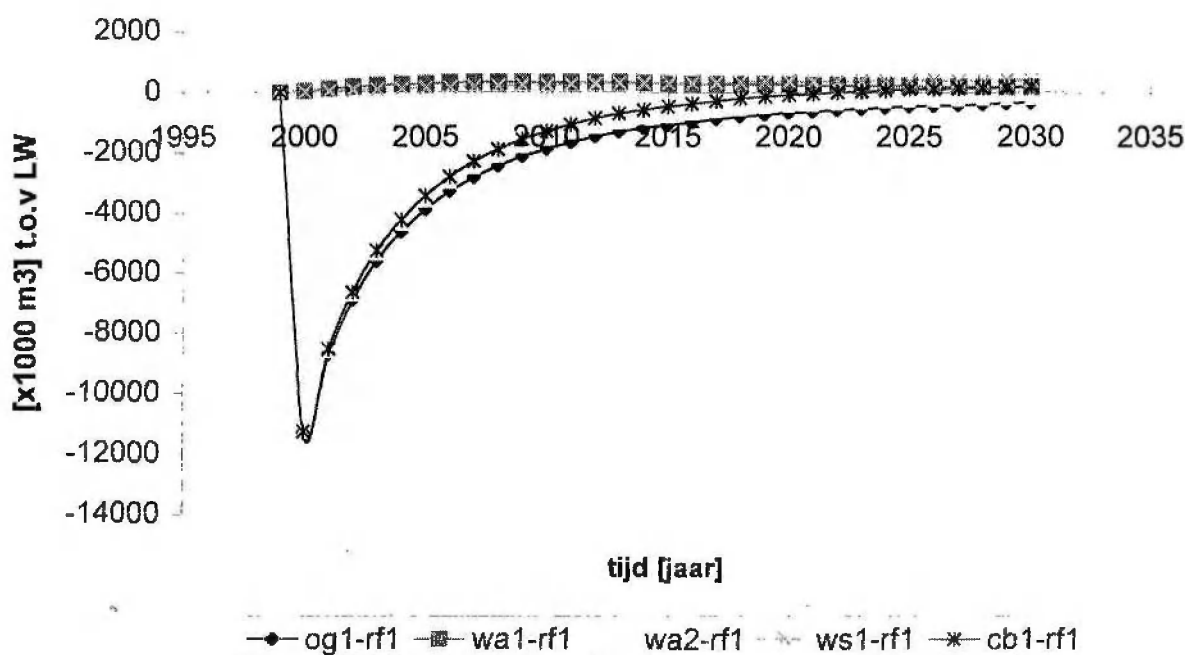
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.6h

Verschil cum.volmeverandering Monding t.o.v. rf1, geul



Verschil cum.volumeverandering Oostgat t.o.v. rf1, geul



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002

Sedimentatie/erosie verschil t.o.v referentieberekening.

Gehele monding en Oostgat t.o.v Laagwater (geul).

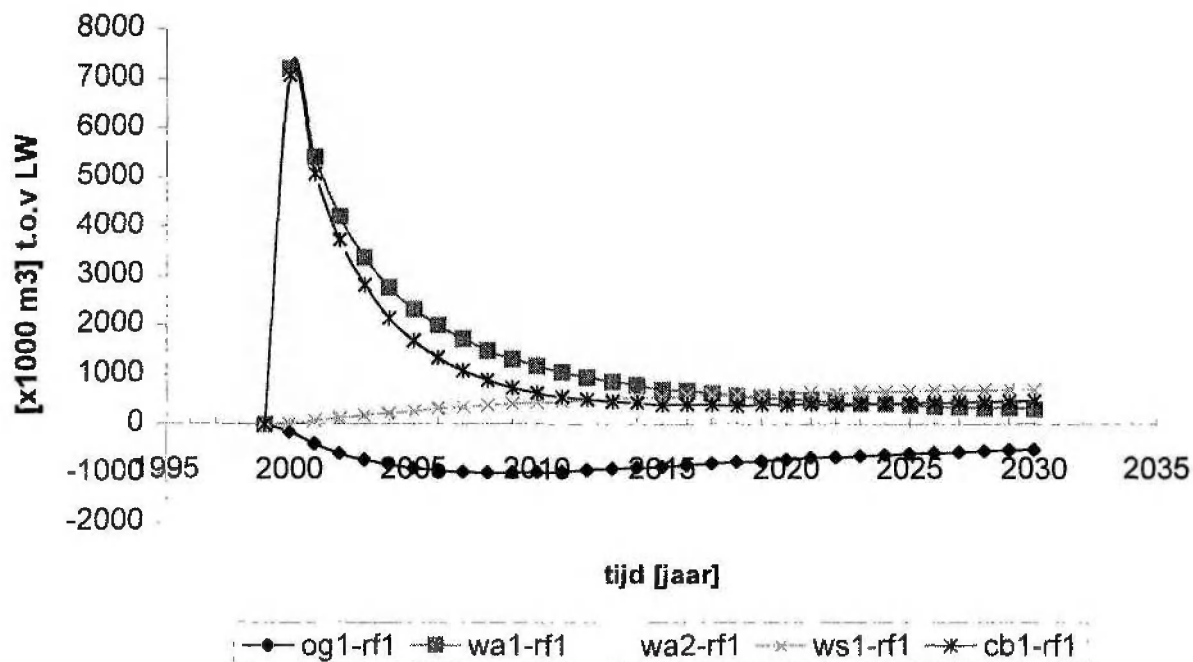
Z3246

2002

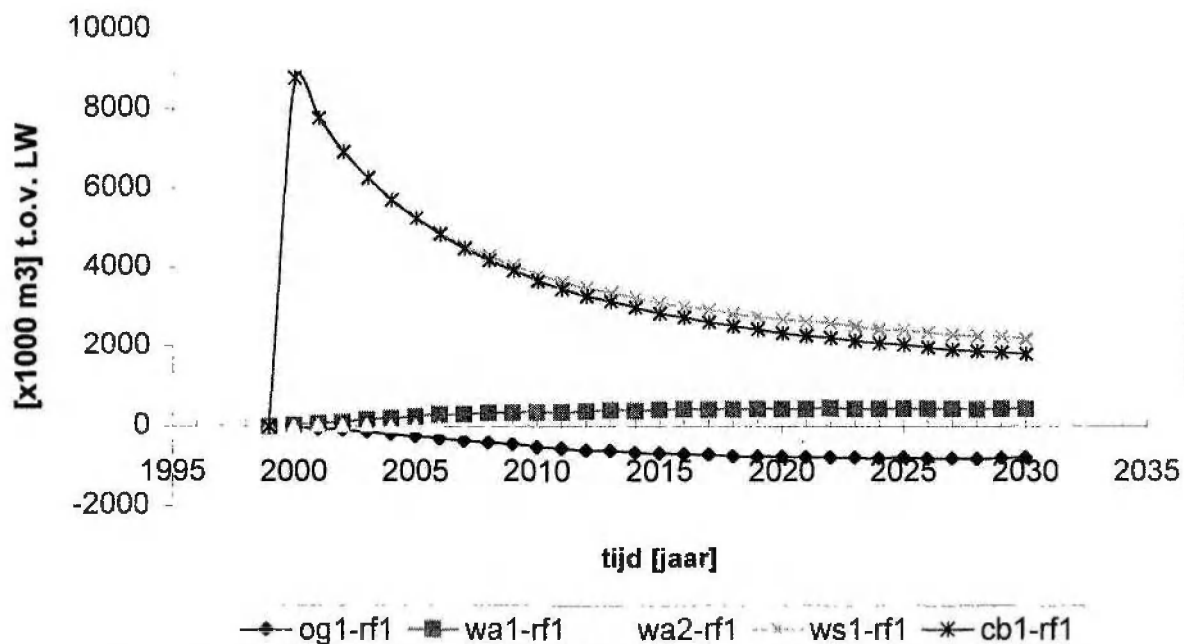
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.7a

Verschil cum.volumeverandering Walvischstrt t.o.v rf1, geul



Verschil cum.volumeverandering Wielingen-Scheur t.o.v rf1, geul



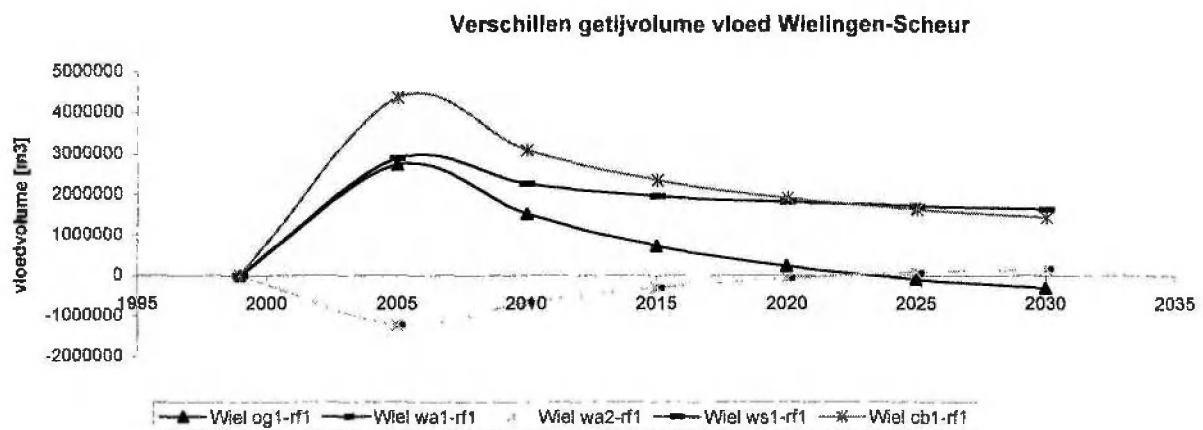
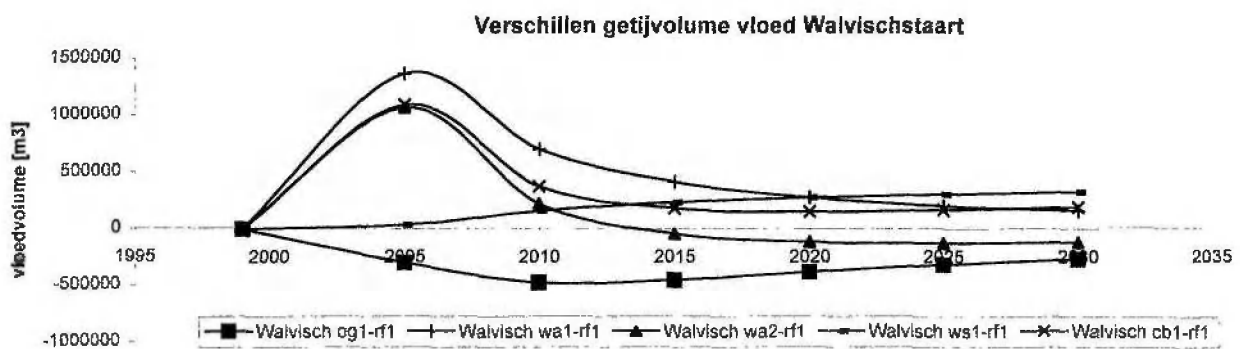
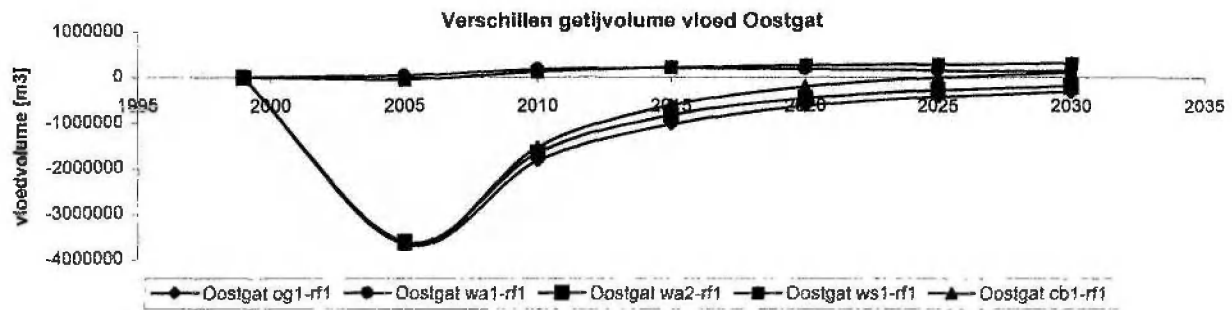
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Sedimentatie/erosie verschil t.o.v referentieberekening.
Walvischstaart en Wielingen-Scheur t.o.v Laagwater (geul).

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.7b



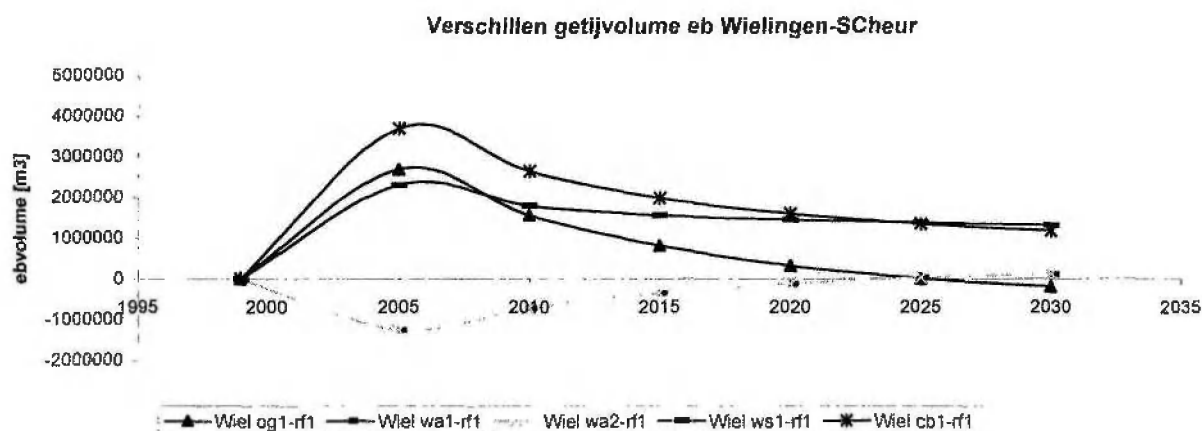
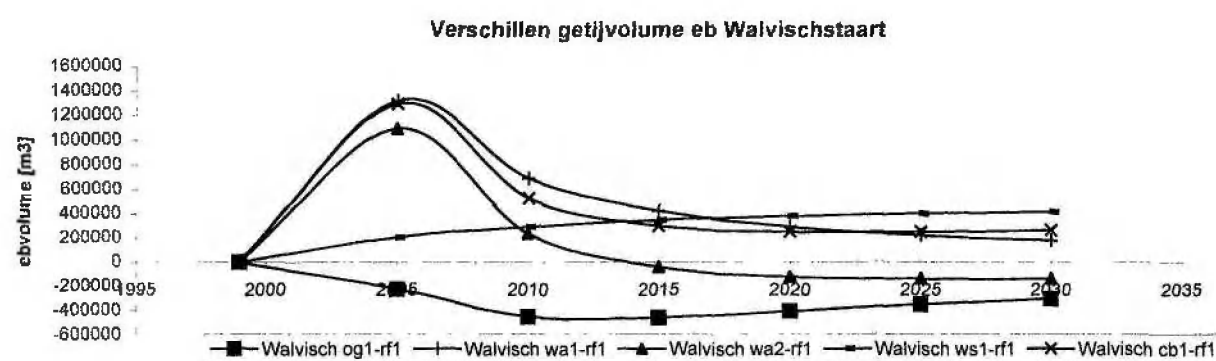
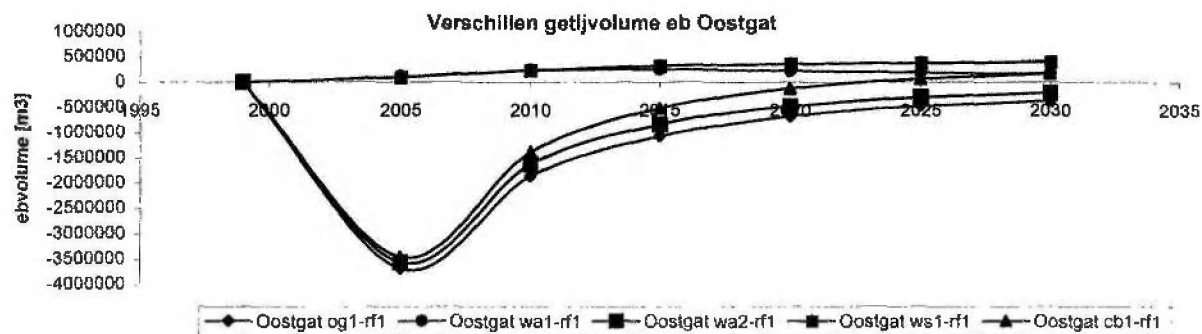
ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Verschillen in vloed-getijvolume voor Oostgat, Walvischstaart en
Wielingen - Scheur t.o.v referentieberekening rf1.

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.8a



ESTMORF Westerschelde berekeningen 2002
Verschillen in eb-getijvolume voor Oostgat, Walvischstaart en
Wielingen - Scheur t.o.v referentieberekening rf1

Z3246

2002

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 4.8b