



# Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'



## MOVE Hypothesendocument 2003

Onderliggende rapportage bij  
*MOVE rapport 8 (deel A en B) Evaluatierapport 2003*

**MOVE Rapport 7**  
RIKZ/2003.009

Juni 2003

E. Stikvoort (ed.), C. Berrevoets, M. Kuijper,  
F. Lefèvre, G.-J. Liek, M. Lievaart,  
D. van Maldegem, P. Meininger, B. Peters,  
A. Pouwer, H. Schippers, & J. Wijsman

---

## Colofon

### **Uitgave van:**

Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

### Redactie:

M. Kuijpers, B. Peters, E. Stikvoort (ed.) & J. Wijsman

### Auteurs:

E. Stikvoort (ed.), C. Berrevoets, M. Kuijper, F. Lefèvre, G-J. Liek, M. Lievaart, D. van Maldegem, P. Meininger, B. Peters, A. Pouwer, H. Schippers, & J. Wijsman

### Met medewerking van:

A. Hesselink, H. van Pagee, T. Prins, P. Roelse & F. Twisk

### Aanbevolen referentie:

Stikvoort E. (ed.), C. Berrevoets, M. Kuijper, F. Lefèvre, G-J. Liek, M. Lievaart, D. van Maldegem, P. Meininger, B. Peters, A. Pouwer, H. Schippers & J. Wijsman, 2003. Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'. MOVE-rapport 7: MOVE Hypothesendocument 2003. Onderliggende rapportage bij MOVE-rapport 8 (deel A en B) Evaluatierapport 2003. Rapport RIKZ/2003.009, Middelburg

# Inhoud

---

<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2. Fysische hypothesen</b>	<b>15</b>
2.1 Inleiding fysica	15
2.2 Waterstanden en getijverschillen	17
2.3 Getijvolume	32
2.4 Stroomsnelheden	39
2.5 Zout	46
2.6 Zandtransporten	52
2.7 Inhouden en volumes	63
2.8 Arealen	81
2.9 Bodemsamenstelling	103
2.10 Ontwikkeling kust	111
2.11 Sedimentatie op schorren	115
2.12 Morfologische dynamiek	125
2.13 Ontwikkeling geulwandverdedigingen	136
<b>3. Biologische hypothesen</b>	<b>145</b>
3.1 Inleiding biologie	145
3.2 Primaire productie fytoplankton	150
3.3 Primaire productie microfytobenthos	162
3.4 Bodemdieren	169
3.5 Kraam- en kinderkamerfunctie vis en garnaal	179
3.6 Broedgebied sterns Hooge Platen	188
3.7 Ruifunctie Bergeend	194
3.8 Foerageergebied steltlopers	198
3.9 Foerageergebied sterns	204
<b>4. Chemische hypothesen</b>	<b>215</b>
4.1 Inleiding chemie	215
4.2 Bodemkwaliteit	216
4.3 Waterkwaliteit	221
<b>5. Discussie en conclusies</b>	<b>233</b>
<b>6. Aanbevelingen</b>	<b>243</b>
<b>Referenties</b>	<b>251</b>

Bijlage A: Overzichtstabel met resultaten van de toetsing van de hypothesen en de betrouwbaarheid van de uitspraak





# Voorwoord

---

Het voor u liggende MOVE Hypothesendocument 2003 is door RIKZ in opdracht van directie Zeeland van Rijkswaterstaat opgesteld. Aan de basis van dit rapport staan zeer vele gegevens die in de loop van soms al tientallen jaren in de Westerschelde verzameld zijn en nog verzameld worden. Het betreft fysische, biologische en chemische informatie, met vele tientallen parameters. Bij het verzamelen en verwerken van al deze informatie zijn een groot aantal partijen betrokken. In de eerste plaats natuurlijk de Meetinformatiedienst van directie Zeeland, maar ook andere afdelingen van de directie, vele medewerkers van het RIKZ in Middelburg, maar ook particuliere (onderzoeks)bureaus en instituten. Het voert te ver om die hier allemaal te benoemen.

De kern van het rapport vormen de hoofdstukken 2, 3 en 4 waarin getoond wordt welke resultaten en conclusies de meetgegevens uit de Westerschelde opleveren. Dat is gedaan aan de hand van de lijst MOVE-hypothesen. Hierbij komen velerlei disciplines aan bod. De subhoofdstukken zijn dan ook geschreven door vele specialisten. Daartoe is ook expertise van WL I Delft Hydraulics ingehuurd. Voor de verschillende disciplines hebben de volgende auteurs teksten aangeleverd:

Fysica: G-J. Liek, D. van Maldegem, B. Peters, H. Schippers, E. Stikvoort

Biologie: M. Kuijper, M. Lievaart, P. Meininger, A. Pouwer, J. Wijsman

Chemie: F. Lefèvre

Om met zoveel auteurs een zo uniform mogelijk rapport te maken is in de hoofdstukken 2 t/m 4 met een zogenaamd template gewerkt. Daarnaast was er een redactie ingesteld.

### *Kwaliteitsborging*

Tijdens het schrijven van de teksten is er veelvuldig gebruik gemaakt van collegiale toetsing binnen en buiten de schrijversgroep. Zowel vakgenoten als niet-vakgenoten becommentarieerden daar elkaars teksten. Buiten de auteursgroep betroffen dat A. Hesselink, H. van Pagée, Th. Prins, P. Roelse en F. Twisk. De heer Wang van WL I Delft Hydraulics is tijdens de realisatiefase geconsulteerd om de aanpak conceptueel te toetsen.

Het conceptrapport als geheel is zowel intern als extern RIKZ becommentarieerd door B. van Eck (RIKZ), J. Graveland (RIKZ), C. Jeuken (WL I Delft Hydraulics), D. de Jong (RIKZ), B. Kornman (RIKZ), P. Meire (Universiteit van Antwerpen) en J. Wijsman (WL I Delft Hydraulics/RIKZ). Namens de opdrachtgever is het conceptrapport becommentarieerd door A. de Swaaf.



# 1. Inleiding

---

## 1.1 Monitoring Verruiming (MOVE)

Nederland en Vlaanderen hebben in 1995 een verdrag gesloten inzake het verruimen van de vaargeul in de Westerschelde naar Antwerpen (de zogenoemde 48'/43' verruiming). Om de fysische, chemische en ecologische effecten van deze verruiming op de Westerschelde te kunnen signaleren is door directie Zeeland van Rijkswaterstaat het project MOVE (MONitoring VErruiming Westerschelde) in het leven geroepen. Dit monitoringproject voorziet informatie die nodig is om beleidsmakers te kunnen informeren over de gevolgen van de verruiming 48'/43' en te adviseren over de te hanteren bagger-, stort- en zandwinstrategie, die natuurlijk nauw samenhangt met de verruiming zelf.

De directie Zeeland van Rijkswaterstaat is formeel opdrachtgever voor MOVE. Het RIKZ treedt op als opdrachtnemer. Beide partijen werken nauw samen en hebben beide uitvoerende taken binnen MOVE. Ook zijn beide partijen in het projectteam van MOVE vertegenwoordigd. Het zwaartepunt van de RIKZ-taken ligt bij:

- 1 Het maken van de evaluatierapporten;
- 2 Het maken van jaarlijkse datarapportages;
- 3 Het ontwerpen en onderhouden van de MOVE intranetsite die voornamelijk op het datamanagement gericht is.

## 1.2 Doelstelling MOVE evaluatie 2003

De MOVE evaluatie 2003 heeft de volgende doelstellingen:

- 1) Het signaleren van ontwikkelingen in de Westerschelde en daarmee de effecten van de tweede verruiming in kaart te brengen.
- 2) Het evalueren van het bagger-, stort- en zandwinstrategie.

De eerste doelstelling: het evalueren van de effecten, gaat vooral in op de vraag wat waren de effecten van de tweede verruiming. Daarbij staan hypothesen centraal die in 1996 zijn geformuleerd met betrekking tot de verwachte effecten van de verruiming 48'/43' op het gebied van fysica, chemie en ecologie in de Westerschelde. De tweede doelstelling: het evalueren van de gevolgen van baggeren, storten en zandwinnen en gaat vooral in op de vraag in hoeverre bagger-, stort- en zandwinactiviteiten doorwerken op de fysische kenmerken van het systeem, met name het meergeulen karakter.

Om bovenstaande doelstellingen te realiseren, is een aantal studies uitgevoerd. Voorliggend document is een weergave van de resultaten van de toetsing van de hypothesen en de daaraan onderliggende studies. Zij dragen vooral bij aan de eerste doelstelling van de MOVE evaluatie 2003.

De MOVE evaluatie 2003, bestaat uit de volgende rapporten:

- Het hypothesen document (MOVE rapport 7), dit is een onderliggende rapportage bij MOVE rapport 8 (deel A en B) het Evaluatierapport 2003. In

dit hypothesen document staat de toetsing van de in 1996 opgestelde MOVE hypothesen aan de hand van de in het monitoringsprogramma verzamelde meetgegevens (De Jong et al, 1997) dus centraal.

- MOVE evaluatierapport deel A (MOVE rapport 8), is de beleidssamenvatting van het MOVE evaluatierapport deel B;
- MOVE evaluatierapport deel B (MOVE rapport 8). Dit rapport geeft de belangrijkste bevindingen van de MOVE evaluatie 2003 weer.

De gebruikersgroep van het MOVE evaluatierapport 2003 is zeer divers en bestaat uit overheden, bedrijven, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten. Vanwege het karakter van de doelgroep van het evaluatierapport is gekozen voor een technisch inhoudelijk hoofdrapport op hoofdlijnen met daarin de belangrijkste resultaten (deel B) en een beleidssamenvatting van dit rapport (deel A).

### 1.3 Doel Hypothesendocument

Dit hypothesendocument is een belangrijk onderliggend basisrapport, dat toelevert aan de hoofd rapporten van de 'MOVE evaluatie 2003' deel A en deel B. Doel van dit hypothesen document is:

het beschrijven van de ontwikkelingen in de Westerschelde aan de hand van de monitoringsgegevens en het signaleren van effecten van de verruiming 48'/43'. Dit is gedaan middels het toetsen van de geformuleerde hypothesen uit het MOVE rapport 2 (De Jong et al., 1997)

Daarmee bevat dit document de belangrijkste basisinformatie om de effecten van de verruiming te kunnen evalueren en te kunnen voldoen aan een de eerste doelstelling van de MOVE evaluatie 2003. De tweede doelstelling, namelijk het evalueren van het bagger, stort- en zandwinbeleid maakt ook gebruik van de resultaten van een aantal hypothesen uit dit document maar vindt zijn belangrijkste basis in de studies naar het onderhoudsbaggerwerk (Kornman et al., 2002) en het cellenconcept (Jeuken et al., 2003). Voor deze laatst genoemde studies is geen gebundeld document gemaakt.

### 1.4 Toetsing van de hypothesen

#### 1.4.1 Het opstellen van de hypothesen en het monitoringsprogramma

Het probleem waar de opstellers van de oorspronkelijke hypothesen bij aanvang van de MOVE studie mee kampten was om het complexe - en op het eerste gezicht ondoorgrondelijke - gedrag van de Westerschelde als natuurlijk systeem te herleiden tot een overzichtelijke set van kenmerken/parameters die onder invloed van de verruiming 48'/43' zouden (kunnen) veranderen. Deze parameters moeten het mogelijk maken om bepaalde gedragspatronen te beschrijven en met elkaar te vergelijken en door de onderlinge samenhang een goed totaalbeeld scheppen. Daarbij werd ook nog eens geprobeerd recht te doen aan de verschillende informatiebehoeften die er speelden. Voor elk van de gekozen parameters zijn concrete hypothesen opgesteld die de verwachte ontwikkeling tot 2011 of tot 2021 omschreef. De opgedane kennis tijdens de Oostwest-studie (Vroon et al., 1997) heeft een grote rol hierbij gespeeld.

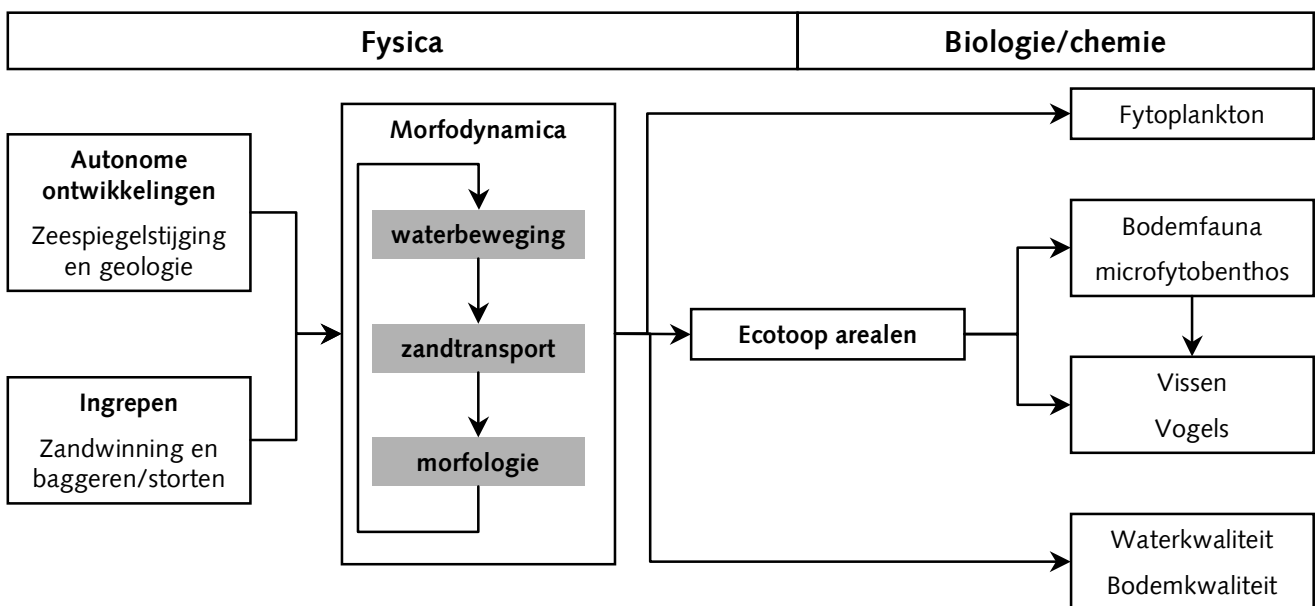
Om de fysische, chemische en biologische veranderingen tijdens en na de verruiming te kunnen volgen is een metingplan opgesteld. De in dit plan opgenomen metingen bestonden voor een groot deel uit metingen die reeds in een ander kader (bijvoorbeeld MWTL, BIOMON) plaatsvinden. In enkele gevallen zijn naast deze bestaande metingen aanvullende metingen in het plan opgenomen.

**1.4.2 Theoretische basis van de MOVE hypothesen**

De MOVE hypothesen zijn opgesteld vanuit een bepaalde visie over hoe de Westerschelde als systeem functioneert en hoe het systeem zich zal ontwikkelen na de verruiming 48'/43'. Deze visie is geschematiseerd weergegeven in figuur 1.1.1. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat veranderingen in de fysica als gevolg van de verruiming sturend zijn voor veranderingen in de biologie en chemie, waardoor het mogelijk is om een koppeling naar de verruimingswerken te maken.

Het zogenaamde 'fysische MOVE denkmodel' (Arends et al., 1999; Liek, 2001, zie inleiding fysica) wordt gebruikt om de fysische effecten van de verruiming 48'/43 in te schatten. Dit denkmodel is voornamelijk gebaseerd op kennis over de verruiming uit de jaren '70 (Vroon et al., 1997). Om te kunnen bepalen hoe de fysische effecten doorwerken in de biologische kenmerken wordt in het MOVE project de ecotoopbenadering gebruikt (De Jong, et al. 1997). Deze veronderstelt een rechtstreekse relatie tussen het type ecotoop en de geschiktheid van het gebied voor dieren en planten die erop, erin of ervan leven. Dit uitgangspunt maakt het mogelijk om op basis van veranderingen van de ecotooparealen uitspraken te doen over veranderingen in potentiële leefgebieden van planten en dieren en daarmee uitspraken te doen over het vòorkomen van planten en dieren. Meer informatie over de ecotoopbenadering is te vinden in de inleiding van het hoofdstuk biologie.

.....  
**Figuur 1.1.1**  
 Schematische voorstelling van de effectketen, mede gebaseerd op (Hoeksema et al., 2002)



**1.4.3 Afbakening die volgt uit de hypothesen**

In de hypothesen zijn grootschalige veranderingen geformuleerd en dit is dus ook het niveau waarop de MOVE evaluatie 2003 gerapporteerd zal worden. Met grootschalige veranderingen worden veranderingen in de deelgebieden oost, midden, west bedoeld. Aanvullend zijn er ook nog hypothesen geformuleerd die zich op een kleinschalig of lokaal niveau afspelen. Soms zijn

die geformuleerd omdat men verwacht dat de kleinschalige veranderingen een representatief beeld geven van de grootschalige veranderingen zodat ze doorvertaald kunnen worden naar het in MOVE gehanteerde grootschalige niveau. Soms is zo'n hypothese ook geformuleerd omdat men wel degelijk de ontwikkelingen van dat specifieke gebied in kaart willen brengen, omdat zo'n gebied belangrijk is voor bijvoorbeeld een bepaalde vogelsoort.

In de MOVE hypothesen is een verwachting uitgesproken over de volgende parameters:

Fysica (hoofdstuk 2):

- Waterstanden, getijvolume, stroomsnelheden
- Zoutgehalten
- Zandtransporten
- Arealen en inhouden
- Bodemsamenstelling
- Sedimentatiesnelheid op schorren
- Morfologische dynamiek

Biologie (hoofdstuk 3):

- Primaire productie fytoplankton
- Primaire productie microfytobenthos
- Biomassa aan bodemdieren
- Potentieel beschikbare opgroeigebieden vis en garnaal
- Foerageermogelijkheden en gebieden voor vogels

Chemie (hoofdstuk 4):

- Waterbodemkwaliteit
- Waterkwaliteit

#### **1.4.4 Parameter omzetten in toetsingsgrootheid**

In veel gevallen leent de in de hypothese geformuleerde parameter zich niet voor directe toetsing. Daarvoor is deze te globaal beschreven, of sluit deze niet of onvoldoende aan op de bestaande meetcampagne. In plaats daarvan worden dan één of meerdere toetsgrootheden gebruikt, die representatief zijn voor de geschetste ontwikkeling van de parameter en die wel gemeten is/zijn. Tussen de parameter die de verwachte ontwikkeling kenschetst en de grootheid waaraan uiteindelijk getoetst wordt, wordt dan ook een eenduidig verband verondersteld. De keuze van de toetsgrootheid hangt uiteraard ook af van de verschillende metingen die in MOVE of een ander kader werden uitgevoerd.

#### **1.4.5 Toetsing van de hypothesen**

De effecten van de laatste verruiming zijn ingeschat door de waargenomen veranderingen in het systeem na de verruiming 48'/43' af te zetten tegen een inschatting van hoe het systeem zich na de verruiming 48'/43' zou hebben ontwikkeld als deze verruiming niet had plaatsgevonden<sup>1</sup>. Dat betekent dus dat de situatie van het systeem voorafgaand aan 1996 als referentiesituatie is genomen. Om een hypothese te kunnen toetsen, moet de situatie van voor de verruiming goed gedefinieerd zijn. Omdat de vastgelegde situatie (Mol et al, 1997) niet altijd toereikend is, is tijdens deze evaluatie in dit hypothesendocument vastgelegd welke situatie wordt gebruikt als referentiesituatie. Afhankelijk van de eigenschappen van de betreffende parameter en de aanwezige meetgegevens is dit deels de gemeten situatie in 1996, deels de situatie in 1996 op een trendlijn die de situatie van voor de verruiming goed weerspiegelt. De toetsing van de hypothesen is hoofdzakelijk uitgevoerd aan de hand van een tijdreeksanalyse van de gemonitorde

---

<sup>1</sup> Dit laatste wordt in dit document ook wel de 0(nul)-ontwikkeling genoemd. De  $T_0$  is de waarde die gevonden wordt voor de 0-ontwikkeling in 1996.

parameters, eventueel na een nadere bewerkingslag. Wanneer meetgegevens zich daartoe lenen is bovendien een statistische toets uitgevoerd.

**1.4.6 Procedure gevolgd bij toetsing**

Voor elk van de opgestelde hypothesen heeft een team van onderzoekers een procedure uitgewerkt die het mogelijk maakt de hypothese te toetsen. Hierbij is ingegaan op de vragen welke gegevens verzameld moeten worden en hoe de gegevens vervolgens bewerkt moeten worden voor een eventuele toetsing. Deze staan uitvoerig beschreven in elk van de komende hoofdstukken.

Toetsing op basis van de gegevens leidt tot een uitspraak of een bepaalde hypothese moet worden verworpen of niet verworpen. Deze toetsing is zowel gebaseerd op data-analyse als op expert judgement. Dit houdt in dat de kennis adviseurs de gegevens en gegevensanalyse nog eens kritisch doornemen en op basis van de huidige proceskennis de getrokken conclusie proberen te begrijpen. Er worden dan passende verklaringen gezocht waarom een bepaalde trend zich voltrekt, en of deze overeenstemt met de ontwikkelingsrichting zoals die beschreven staat in de hypothese. Dit toetst men aan de proceskennis waarover men nu, vijf jaar na het opstellen van de oorspronkelijke hypothesen, beschikt. Het kan zijn dat het expert judgement de eerder getrokken conclusie ten aanzien van de meetgegevens - al dan niet verwerpen van de hypothese - tegensprekt. Er worden dus in feite twee uitspraken gedaan voor elke hypothese, een op basis van de gegevensanalyse en een op basis van de beschikbare proceskennis (expert judgement).

**1.4.7 Betrouwbaarheid van uitspraken**

De gegevens die binnen het project MOVE verkregen zijn, lenen zich om verschillende redenen meestal niet voor een geavanceerde statistische analyse. In dit onderzoek zijn onzekerheden daarom kwalitatief aangegeven (zie bijlage A). De mate van betrouwbaarheid van een uitspraak is hier gedefinieerd als 'groot (zie tabel 1.1.1.) indien:

1. de kwaliteit van de meetgegevens goed is (zie intermezzo)
2. de analyse van de meetgegevens leidt tot een duidelijke (=slechts één interpretatie mogelijk) uitspraak betreffende de hypothese: verwerpen of niet verwerpen)
3. de resultaten van de meetgegevensanalyse overeenkomen met de verwachtingen over de ontwikkeling van een parameter, met andere woorden: is de ontwikkeling verklaarbaar?

**Tabel 1.1.1**  
De gehanteerde sleutel om de betrouwbaarheid van een bepaalde uitspraak over de hypothesen te definiëren.

In bijlage A is in een overzicht weergegeven wat de belangrijkste resultaten van de toetsing zijn. Hierin is ook terug te vinden welke mate van betrouwbaarheid de uitspraak (verwerpen of aannemen) betreffende de hypothese heeft.

Oordeel op basis van expert judgement	Oordeel op basis van gegevensanalyse	
	Kwaliteit meet-gegevens goed en gegevensanalyse levert duidelijke uitspraak op	Kwaliteit meet-gegevens niet goed en/of gegevensanalyse levert geen duidelijke uitspraak op
<b>Kennisniveau 2003</b>		
Oordeel op basis van gegevensanalyse is in overeenstemming met kennis en inzichten 2003	groot	klein
Oordeel op basis van gegevensanalyse is niet in overeenstemming met kennis en inzichten 2003	klein	klein

#### Kwaliteit meetgegevens

Om een goede gegevens analyse te kunnen uitvoeren, is het van groot belang dat de kwaliteit van de meetgegevens goed is.

De kwaliteit van de meetgegevens is afhankelijk van:

- het meten van de voor de doelstelling van het onderzoek juiste parameters met voldoende meetnauwkeurigheid en representativiteit
- meten op de juiste locaties
- meten op de juiste tijdstippen
- voldoende hoeveelheid gegevens

In dit hypothesendocument worden waar mogelijk per hypothese concrete aanbevelingen gedaan om bij de volgende evaluatie in 2006 met een grote(re) mate van betrouwbaarheid uitspraken te kunnen doen (bijvoorbeeld vaker meten, andere locaties, of proceskennis verder ontwikkelen).

#### **1.4.8 Het nut van het aangeven van de betrouwbaarheid van de uitspraken**

Deze MOVE evaluatie 2003 geeft bij iedere uitspraak aan welke mate van betrouwbaarheid kan worden toegeschreven aan de uitspraak. Hiermee kunnen beheerders en beleidsmakers groter inzicht krijgen in de noodzaak van eventuele investeringen in monitoring en/of kennisontwikkeling. Bij het nemen van beslissingen hierover spelen drie factoren een rol:

- (1) wat is het belang van een bepaald onderzochte parameter (zowel belang voor beleid als belang voor natuurlijk systeem);
- (2) is de waargenomen richting van de ontwikkeling gewenst dan wel ongewenst en
- (3) is de betrouwbaarheid van een bepaalde uitspraak over een waargenomen ontwikkelingsrichting klein of groot?

Een uitspraak doen over de eerste twee factoren behoort tot de taak van de beleidsmaker en/of beheerder van de Westerschelde. Echter, het wordt wel aanbevolen om bij de beoordeling van het belang van een parameter de kennis adviseur in te schakelen voor advies. Dit omdat sommige parameters indirect of binnen een ander kader of voor een andere vraagstelling van groot belang kunnen zijn terwijl ze voor de beleidsmaker op het eerste gezicht niet belangrijk lijken te zijn. Het is de taak en uitdaging voor de kennis adviseur om de parameter zo te vertalen dat de beleidsmaker een goede inschatting kan maken van het belang van de parameter. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het belang van de parameter gebonden is aan de tijdgeest. Daarom moet worden nagegaan of de parameters die gekozen zijn voor het onderzoek, nog steeds de Westerschelde problematiek voldoende dekken.

Indien alle drie de factoren bepaald zijn, dan kan aan de hand van tabel 1.1.2 de vraag beantwoord worden of en welke vervolgactie noodzakelijk is. De tabel 1.1.2 laat zien dat, afhankelijk van de ernst van de situatie, mogelijk mitigerende beheersmaatregelen nodig zijn (dat kan ook zijn het voorzorgsprincipe) en dat nader onderzoek en of monitoring gewenst is om de betrouwbaarheid van de uitspraak te vergroten. Het verbeteren van de betrouwbaarheid van de uitspraak kan duurder blijken te zijn dan het nemen van mitigerende beheersmaatregelen. Een kosten-baten analyse op basis van



**Tabel 1.1.2**  
De betekenis van de uitspraken voor beheerders en beleidsmakers.

deze informatie kan dan dus duidelijkheid verschaffen over de vraag wat te doen en of het verbeteren van kennis en/of monitoring kosten-effectief werkt.

<b>Taak beleidsmaker en/of beheerder</b>						
		<b>Belang van de parameter</b>				
		Groot		Klein		
		<b>Ontwikkelingsrichting</b>		<b>Ontwikkelingsrichting</b>		
		Gewenst	Ongewenst	Gewenst	Ongewenst	
<b>Taak onderzoeker: RIKZ</b>	<b>Betrouwbaarheid uitspraak</b>	Groot	Geen beheersmaatregelen nodig	Beheersmaatregelen nodig en/of voorzorgsprincipe toepassen	Geen beheersmaatregelen, geen nader onderzoek, geen monitoring nodig	
	Klein	Geen beheersmaatregelen nodig, nader onderzoek en/of monitoring gewenst	Beheersmaatregelen en/of voorzorgsprincipe gewenst nader onderzoek en/of monitoring nodig			

### 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit hypothesen document zijn de resultaten van de toetsing van de fysische hypothesen weergegeven. Hoofdstuk 3 behandelt vervolgens de ecotoopbenadering en de biologische hypothesen. De chemische hypothesen worden in hoofdstuk 4 behandeld. Het hypothesendocument sluit af met de hoofdstukken 5 'discussie en conclusies' en 6 'aanbevelingen'.

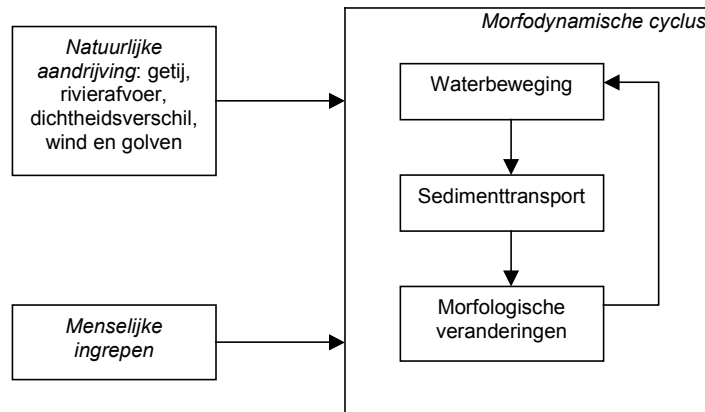


## 2. Fysische hypothesen

### 2.1 Inleiding fysica

Op iedere schaal in de Westerschelde vinden fysische processen plaats die invloed op elkaar uitoefenen. De kern achter deze fysische processen is de morfodynamische cyclus. Deze cyclus houdt in dat het sediment getransporteerd wordt als gevolg van de waterbeweging en daardoor morfologische veranderingen plaatsvinden. Deze morfologische veranderingen hebben op hun beurt weer invloed op de waterbeweging. Bij het in gang zetten van de morfodynamische cyclus speelt de getijbeweging een hele belangrijke rol. Naast de natuurlijke aandrijving hebben menselijke ingrepen, zoals verruiming, ook invloed op de cyclus. De morfodynamische cyclus kan samen met de natuurlijke aandrijving en menselijke ingrepen schematisch als volgt (figuur 2.1.1) worden weergegeven:

**Figuur 2.1.1**  
Schematisch overzicht van morfodynamische cyclus in de Westerschelde.

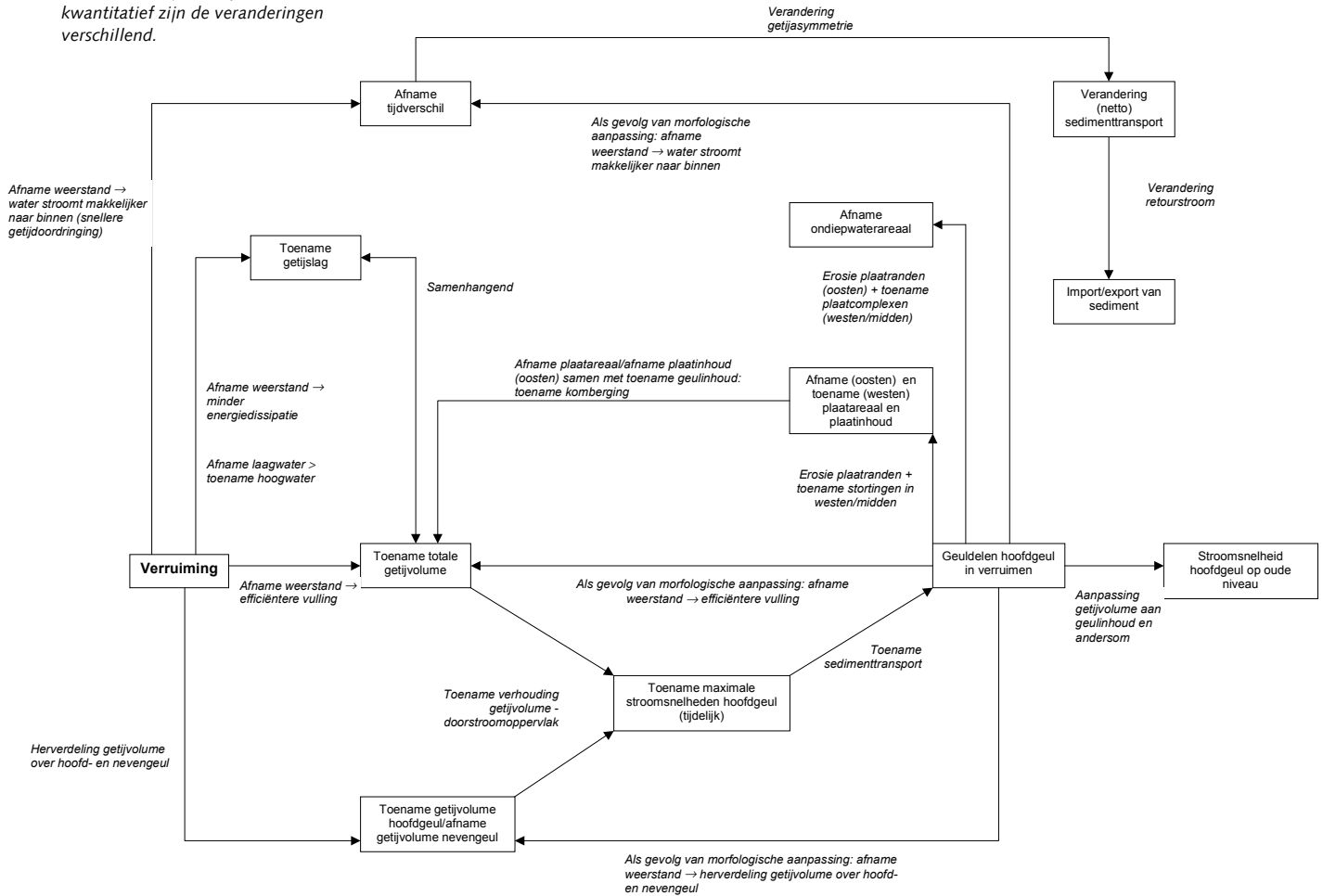


Op basis van gedachtegang van de Oostweststudie is door Arends e.a. (1999) het MOVE denkmodel opgezet. Dit fysisch denkmodel is een kwalitatieve gedachtegang over hoe de Westerschelde kan veranderen na verruiming. Het denkmodel blijkt echter alleen voor het westelijk deel op te gaan. De fysische hypothesen die zijn opgesteld zijn een weerspiegeling van deze gedachtegang in combinatie met het huidige bagger- en stortbeleid. Ze zijn specifiek dan wat beschreven is in het MOVE denkmodel. Op basis van de hypothesen en het denkmodel is een schematisch overzicht gemaakt van de veronderstelde verschillende fysische processen en relaties (zie figuur 2.1.2).

De fysische processen en relaties uit de hypothesen worden getoetst in dit hoofdstuk.

**Figuur 2.1.2**

Schematisch overzicht van de verschillende fysische processen en relaties  
 Voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde gelden over het algemeen dezelfde kwalitatieve veranderingen (uitgezonderd de veranderingen in het plaatvolume en de plaatinhoud) en relaties tussen de verschillende fysische processen, alleen kwantitatief zijn de veranderingen verschillend.



## 2.2 Waterstanden en getijverschillen

### 2.2.1 Inleiding

Veranderingen in waterstanden en getijverschillen<sup>2</sup> zijn van invloed op de veiligheid van de waterkering en worden dan ook kritisch gevolgd. Ook voor de scheepvaart is dit van belang. Indien er veranderingen in getijverschil en voortplantingssnelheid van het getij (relatie faseverschil<sup>3</sup>) optreden zal dit leiden tot een ander getijvenster<sup>4</sup>. Dit getijvenster is belangrijk voor de bereikbaarheid van de haven van Antwerpen. Ook voor het ecologische functioneren van de Westerschelde zijn waterstanden van groot belang; veranderingen in waterstanden betekent immers veranderingen in overspoelingsduur van platen, slikken en schorren. Dit zal gevolgen hebben voor het voorkomen van bepaalde diersoorten.

Er wordt verwacht dat de gevolgen van de verruiming het snelst merkbaar zijn in de waterstanden, getijverschillen en faseverschillen. Met het oog op de veiligheid, de bereikbaarheid van de haven van Antwerpen en de ecologie is het belangrijk om deze parameters goed te volgen.

### 2.2.2 Hypothesen

Op basis van modelberekeningen wordt in het rapport van de Technische Scheldec commissie (1984) een verwachting opgesteld over de veranderingen in laagwaterstanden en hoogwaterstanden. Daarin wordt vermeld dat de getijverschillen als gevolg van de nieuwe verdiepingswerken in stroomopwaartse richting zullen toenemen van ca. 0 cm bij Vlissingen tot 10 à 15 cm bij Bath, voornamelijk door verlaging van het laagwaters met ca. 10 cm en een stijging van de gemiddelde hoogwaters met enkele centimeters. De berekeningen met het Scaldis100 model in het rapport van Dekker (1994) laten overeenkomsten zien met de modelberekeningen van de Technische Scheldec commissie.

In het rapport van de Jong e.a (1996) worden ook overeenkomstige verwachtingen genoemd: in Bath is na 25 jaar ten gevolge van de verruiming sprake van een toename van de hoogwaterstanden met ongeveer 5 cm, terwijl de laagwaterstanden dalen met ongeveer 10 cm.

In het datarapport van Liek *et al.* (2002), zijn de verschillende hypothesen van MOVE over waterstanden, getijverschillen en faseverschillen al kwalitatief onder de loep genomen en zijn ontwikkelingsrichtingen geschetst. Een kwantitatieve toetsing van de hypothesen is echter in het verleden nog niet uitgevoerd.

In het plan van aanpak (de Jong *et al.*, 1997) zijn een aantal hypothesen genoemd. De verwoorde veranderingen worden verwacht in de eerste 15 jaar op te treden (in tegenstelling tot de 25 jaar in de Jong e.a (1996)). De hypothesen luiden als volgt:

---

<sup>2</sup> Getijverschil (= getijslag): verschil tussen gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW).

<sup>3</sup> Faseverschil: de tijd die de getijgolf erover doet om van een bepaald punt naar een ander punt te lopen. Een grotere voortplantingssnelheid betekent een kleiner faseverschil en andersom.

<sup>4</sup> Getijvenster is de tijdsduur dat schepen de haven van Antwerpen kunnen bereiken.

**Hypothese W1: Het getij in het mondingsgebied (westelijk van de lijn Vlissingen-Breskens) verandert niet als gevolg van de verdieping.**

*Toelichting: Door de onnauwkeurigheid van het model kan wel afwijking tot 5 cm optreden.*

De verandering van het (verticale) getij in het mondingsgebied zal op dezelfde manier verlopen als ergens anders aan de kust in Nederland. Niet alleen door de onnauwkeurigheid van het model, maar ook door andere onzekerheden zoals ruwheid, kan een afwijking optreden.

**Hypothese W2: Het getijverschil neemt op de Westerschelde, als gevolg van de verdieping, extra toe met 0 cm ter plaatse van Vlissingen tot 10-20 cm ter plaatse van Bath.**

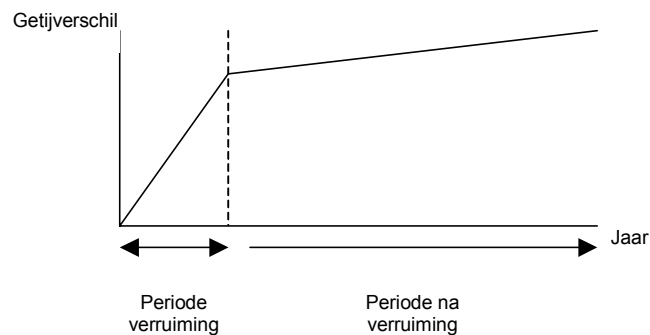
*Toelichting: Door een snellere getijdoordringing én vergroting van het getijvolume in het oostelijk deel zullen de hoogwaterstanden in het oostelijk deel van de Westerschelde verhogen en de laagwaterstanden verlagen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.*

De veranderingen in waterstanden vallen te verklaren uit het feit dat de getijgolf minder weerstand ondervindt van de bodem. Hierdoor vindt er minder energiedissipatie plaats wat resulteert in een kleinere demping van de getijgolf. Omdat in het oostelijk deel van de Westerschelde weerstand een belangrijkere rol speelt dan in het westelijk deel (verticale waterstandsfluctuaties zijn daar het grootst ten opzichte van de waterdieptes), zal verandering in weerstand door vaarwegverruiming daar ook de grootste invloed hebben op de waterbeweging. (Witteveen+Bos, 1999)

De veranderingen in het getijverschil zullen overeenkomstig de veranderingen in getijvolumes zijn en kunnen worden opgesplitst in veranderingen tijdens en veranderingen na verruiming. De laatste verandering is als gevolg van de morfologische aanpassing. Beide veranderingen zullen ongeveer lineair verlopen als in onderstaande figuur.

**Figuur 2.2.1**

Schematische weergave van de verwachte ontwikkeling in het getijverschil



Een andere verklaring voor de toename van de getij-amplitude kan te maken hebben met resonantie. In de buurt van Bath treedt een sterke vernauwing op van het bekken: hier reflecteert de inkomende getijgolf (deels) en de inkomende en teruglopende golf kunnen gaan interfereren. Het voorkomen van resonantie is afhankelijk van de verhouding tussen getijgolfenlengte en de lengte van het estuarium. De systeemplengte van het estuarium weten we niet precies, maar daarvan kan wel een inschatting gemaakt worden. De verwachting is ook, dat als gevolg van de verruiming deze lengte niet zoveel zal veranderen. De getijgolfenlengte neemt daarentegen wel toe als gevolg van een toename in voortplantingssnelheid. Indien de getijgolfenlengte de waarde van 4x de systeemplengte van het estuarium dichterbij zal benaderen, kan het zijn dat de getij-amplitude sterk toeneemt als gevolg van resonantie.

**Hypothese W3: De laagwaterstanden verlagen, als gevolg van de verdieping, t.o.v. de laagwaterstand bij Vlissingen bij normale getijomstandigheden vanaf Hansweert (0 cm) tot 5-15 cm bij Bath.**

*Toelichting: Zie toelichting W2.*

**Hypothese W4: De hoogwaterstanden nemen, als gevolg van de verdieping, bij normale getijomstandigheden toe vanaf Vlissingen (0 cm) tot 0-10 cm bij Bath.**

*Toelichting: Zie toelichting W2.*

**Hypothese W5: De hoogwaterstanden bij extreme stormvloednemen, als gevolg van de verdieping, toe vanaf Vlissingen (0 cm) met 0-5 cm bij Terneuzen tot 0-10 cm bij Hansweert en Bath.**

*Toelichting: Zie toelichting W2.*

De extreme hoogwaters (stormvloedstanden) worden bepaald door de combinatie van het getij en het windveld. Omdat stormen behoorlijk van elkaar verschillen en er relatief weinig stormen zijn, zijn uit metingen nauwelijks trends te bepalen (Liek en Lefèvre, 2002).

**Hypothese W6: Het faseverschil tussen Vlissingen en Bath wordt, als gevolg van de verdieping maximaal 10-20 minuten kleiner.**

*Toelichting: Door de verruiming van de vaargeul zal de weerstand die de getijgolf ondervindt afnemen. Dit resulteert in een snellere voortplanting van de getijgolf.*

Aangezien faseverschil een minder gebruikelijke term is voor de tijd die een getijgolf erover doet van het ene punt naar het andere te komen, wordt faseverschil in de hypothese vervangen door de term tijdverschil. Daarnaast is de term 'maximaal' verwarrend, omdat het suggereert dat in de hypothese wordt verwacht dat het tijdverschil ook 0 (tot 10) minuten kleiner kan worden. Dit komt niet overeen met de fysische theorie achter deze hypothese, die zegt dat de looptijd van de getijgolf moet veranderen met de waterdiepte

( $c = \sqrt{gh}$ ) en dus wordt de term 'maximaal' uit de hypothese verwijderd.

Hypothese W6 luidt met deze aanpassingen als volgt:

**Hypothese W6a: Het tijdverschil tussen Vlissingen en Bath wordt, als gevolg van de verdieping 10-20 minuten kleiner.**

### 2.2.3 Methode

#### Interpretatie van hypothesen

De interpretatie van de afzonderlijke hypothesen wordt hieronder apart besproken.

Hypothese W1 beschrijft de ontwikkelingen van het verticale getij in de monding. Voor het toetsen van deze hypothese gebruiken we de parameters hoogste hoogwater [cm t.o.v. NAP], (jaargemiddeld) getijverschil [cm], (jaargemiddeld) hoogwater [cm t.o.v. NAP], (jaargemiddeld) laagwater [cm t.o.v. NAP], (jaargemiddelde) waterstand [cm t.o.v. NAP] en laagste laagwater [cm t.o.v. NAP] gemeten op de getijstations Westkapelle en Cadzand. Deze parameters geven een goed beeld van de volledige getijbeweging in de monding.

Voor het bepalen van de nul-ontwikkeling<sup>5</sup> van een parameter, wordt als uitgangspunt alle bekende gegevens van de betreffende parameter tot aan 1996 gebruikt. De nul-ontwikkeling voor de parameters zijn lineaire trendlijnen.

Hypothese W2 beschrijft het getijverschil op de Westerschelde. Daarom wordt voor het toetsen van deze hypothese ook de parameter (jaargemiddeld) getijverschil genomen, gemeten op de getijstations Vlissingen en Bath. Onder getijverschil wordt verstaan het verschil tussen gemiddeld hoogwater en gemiddeld laagwater.

De formulering van de hypothese bevat de term 'extra toename', als gevolg van de verruiming. Dit is de extra toename boven op de nul-ontwikkeling. Als uitgangspunt voor de nul-ontwikkeling wordt de periode 1986 – 1996 genomen, omdat verwacht wordt dat de effecten van de eerste verruiming dan grotendeels zijn uitgewerkt. Daarnaast zijn er ook voldoende metingen gedaan in de periode 1986 – 1996, zodat op die metingen een nul-ontwikkeling gebaseerd kan worden. Als referentie wordt het jaar 1996 gebruikt, maar de verandering in getijverschil wordt ten opzichte van de nul-ontwikkeling bekeken. Voor de nul-ontwikkeling van het getijverschil in zowel Vlissingen als Bath is een lineaire trendlijn gekozen.

Voor het toetsen van hypothese W3 over de ontwikkeling van de laagwaterstanden, gebruiken we de parameter (jaargemiddelde) laagwaterstanden, gemeten op de getijstations Vlissingen, Hansweert en Bath. De laagwaterstanden bij Hansweert en Bath worden genormaliseerd op Vlissingen.

De formulering van deze hypothese bevat de term 'extra' niet. Er wordt aangenomen dat de totale verandering (huidige trend + effecten van verruiming) wordt bedoeld. Het is onduidelijk waarom W3 de enige hypothese is die gebruik maakt van een parameter die genormaliseerd wordt (op Vlissingen).

Als uitgangspunt voor de nul-ontwikkeling wordt, de periode 1986 – 1996 genomen. De nul-ontwikkeling voor de laagwaterstanden t.o.v. Vlissingen is een lineaire trendlijn. Als referentie wordt het jaar 1996 gebruikt. De  $T_0$  is gelijk aan de gefitte waarde van de lineaire trendlijn bij 1996. Deze waarde wordt bepaald met behulp van de vergelijking van de trendlijn.

Hypothese W4 beschrijft de hoogwaterstanden en voor het toetsen van W4 gebruiken we daarom de parameter (jaargemiddelde) hoogwaterstanden, gemeten op de getijstations Vlissingen en Bath.

Omdat deze formulering ook niet de term 'extra' bevat, wordt ook in dit geval aangenomen dat de totale verandering wordt bedoeld. Daarom wordt ook dezelfde periode voor het bepalen van de nul-ontwikkeling gekozen als bij W3 en wordt  $T_0$  op dezelfde manier bepaald.

De hypothese W5 beschrijft wat er zal gebeuren met de hoogwaterstanden bij extreme stormvloed<sup>6</sup>. De hoogwaterstand bij extreme stormvloed is echter een moeilijk te voorspellen parameter die bovendien erg veranderlijk kan zijn.

<sup>5</sup> Deze ontwikkeling wordt gebaseerd op een aantal gegevens voorafgaand aan de verruiming en kan worden geëxtrapoleerd om een beeld te krijgen van de ontwikkeling van de betreffende parameter wanneer er geen ingreep zou zijn geweest.

<sup>6</sup> Eens in de 100 tot 1000 jaar (Flameling, 2002) wordt Nederland getroffen door een hoge stormvloed, een hoge stormvloed is gedefinieerd als 430 tot 495 cm t.o.v. N.A.P. (RWS, classificatie Stormvloed n.a.v. nieuwe grenspleinen 1981, uit 10 jarig overzicht 1971-1980). Middelbare stormvloed (375 tot 430 cm t.o.v. N.A.P.) komen eens in de 10-100 jaar voor (Flameling, 2002). Gemiddeld eens in de twee jaar (Flameling, 2002) is er langs de kust een lage stormvloed (340 tot 375 cm t.o.v. N.A.P.). Een buitengewoon hoge stormvloed zijn gedefinieerd als 495 tot 565 cm t.o.v. N.A.P. en extreme stormvloed als > 565 cm t.o.v. N.A.P.. In 1984 is het grenspeil opnieuw bepaald en bedroeg 345 cm t.o.v. N.A.P. (tienjarig overzicht 1981-1990) en daarmee is de classificatie enigszins opgeschoven.



Daarnaast zijn noch na de verruiming, noch in het verleden, uitgezonderd van de watersnood van 1 februari 1953, extreme stormvloed en gewoest waaraan de hypothese W5 getoetst kan worden.

Het is meer voor de hand liggend dat voor de toetsing van de hypothese niet een extreme stormvloed bedoeld werd, maar een middelbare stormvloed (1990, 1993 en 1994 opgetreden). Maar ook dan is het onmogelijk om de hypothese te toetsen, omdat er na de laatste verruiming geen middelbare stormvloed is opgetreden.

Modelberekeningen (met behulp van Scalwest) kunnen moeilijk uitkomst bieden, omdat de huidige bodem in de Westerschelde nog teveel op de bodem lijkt waarmee met het Scalwest-model is gerekend toen de verwachting voor de hoogwaterstanden bij extreme stormvloed werd bepaald. In het Scalwest-model zit immers geen morfologische terugkoppeling vanuit de (berekende) veranderde waterbeweging naar de bodem.

Voor het toetsen van hypothese W6 gebruiken we de parameter (jaargemiddelde) tijdverschillen [min]. Het tijdverschil kan bepaald worden met behulp van de waterstandsmetingen van de getijstations Vlissingen en Bath. Bij tijdverschillen wordt onderscheid gemaakt tussen tijdverschil laagwater en tijdverschil hoogwater.

Als uitgangspunt voor de nul-ontwikkeling wordt de periode 1970 – 1996 genomen, omdat deze periode de trend beter laat zien dan de periode 1986 – 1996. De nul-ontwikkelingen voor de tijdverschillen zijn lineaire trendlijnen. Als referentie wordt het jaar 1996 gebruikt en de  $T_0$  is weer gelijk aan de gefitte waarde van de lineaire trendlijn bij 1996.

#### **Data gebruikt voor toetsing**

De waterstanden die gemeten worden en gebruikt voor toetsing van de hypothesen worden continu en eens in de 10 minuten gemeten. Dit gebeurt op 2 getijstations in de voordelta van de Westerschelde en 6 getijstations in de Westerschelde zelf.

De metingen voor gemiddelde hoogwaterstanden, gemiddelde laagwaterstanden en getijverschillen, worden gecorrigeerd voor de 18,6 jarige getijcyclus (belangrijke cyclus in het getij). De waarden van deze cyclus op de verschillende stations zijn bepaald door Witteveen+Bos (1999). De gemeten waterstanden worden gecorrigeerd voor de cyclus door de waarden van de metingen en van de cyclus van elkaar af te trekken. Met de gecorrigeerde waterstanden wordt verder gewerkt in deze toetsing van de hypothese W2, W3 en W4. Op deze manier wordt uitgesloten dat eventuele uitschieters in de waterstanden worden gezien als gevolg van verruiming.

De waarden van de parameters die bekeken zijn bij hypothese W1 worden niet gecorrigeerd voor de 18,6 jarige getijcyclus, omdat de waarden van deze cyclus niet bekend zijn voor de parameters hoogste hoogwaterstand, gemiddelde waterstand en laagste laagwaterstand.

De waarden van W6 worden ook niet gecorrigeerd voor de 18,6 jarige cyclus, omdat (nog) niet bekend is in welke mate (amplitude) deze cyclus invloed heeft op de tijdverschillen.

Voor het berekenen van het getijverschil wordt de gemiddelde hoogwaterstand afgetrokken van de gemiddelde laagwaterstand. Voor het berekenen van het tijdverschil wordt het verschil uitgerekend tussen tijdstippen dat het op verschillende locaties hoogwater of laagwater was.

#### **Methode van toetsing**

De hypothese W1 is op de volgende manier getoetst:

De hypothese W1 voorspelt dat er geen verandering is opgetreden in het getij in het mondingsgebied, waardoor er geen sprake is van een ondergrens en

bovengrens. De beschikbare datareeks betreffende verschillende getij karakteristieken geeft geen aanleiding om de data op een uitgebreide manier te toetsen.

Daarom wordt voor elke te onderzoeken parameter de gegevens van na de verruiming vergeleken met de lineaire trend die gebaseerd is alle beschikbare gegevens van voor de verruiming, waarna er geconcludeerd wordt of er veranderingen zijn opgetreden ten opzichte van deze trend.

De hypothesen W2, W3, W4 en W6a zijn op de volgende manier getoetst: Voor het fitten van een trendlijn wordt in alle gevallen een lineaire lijn gekozen met behulp van de kleinste kwadraten methode. Daarnaast worden betrouwbaarheidsintervallen gezet om de gegevens van de gekozen perioden (W2-W4: 1986-1996, W6: 1970-1996). Het betrouwbaarheidsinterval wordt, net als de trendlijn, doorgetrokken tot aan het jaar 2001. Gezien de onnauwkeurigheden in de meetgegevens is een 85% betrouwbaarheidsinterval<sup>7</sup> een natuurlijk gekozen interval. Een breed interval kan betekenen dat er in de meetgegevens een grote spreiding zit ten opzichte van de trendlijn én dat het betrouwbaarheidsinterval te groot gekozen is. Met behulp van het interval wordt duidelijk of de metingen na 1996 ook daadwerkelijk veel verschillen van de metingen voor 1996 en dus of de verruiming invloed heeft gehad op de onderzochte parameters.

Om de hypothese te toetsen worden de bewerkte metingen vergeleken met de verwachte verandering. Vanuit de nul-ontwikkeling (W2) en  $T_0$  (W3, W4 en W6) worden de waarden van de bovengrens en ondergrens van deze verwachting bepaald. De bovengrens is het maximale scenario, dat wordt geschetst als een abrupte verandering (blokfuntie). De ondergrens is het minimale scenario, dat geleidelijk verloopt (lineaire functie). Het bereik van de hypothese is alles tussen deze grenzen en bevat alle mogelijke scenario's. De hypothesen W2 t/m W4 en W6 zullen getoetst worden door te kijken of de gemeten data in de periode 1997-2001 binnen het bereik van de hypothese vallen.

Wanneer bij het toetsen van een hypothese de metingen buiten het hypothesebereik liggen, zou de hypothese verworpen moeten worden. Echter, wanneer het hypothesebereik binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval ligt, kan er eigenlijk niets gezegd worden over de veranderingen als gevolg van verruiming. Het kan dan ook toevallig zijn dat de gegevens binnen het bereik van de hypothese liggen.

In geval er een verandering in de hypothese voorspeld werd, zal de hypothese worden aangenomen als de metingen binnen het hypothesebereik liggen, daarnaast ook buiten het betrouwbaarheidsinterval of een trend vertonen buiten het interval te gaan liggen én consequent na de verruiming aan dezelfde kant van de trendlijn liggen. Wanneer dat niet het geval is kan de hypothese niet worden aangenomen, maar ook niet worden verworpen. Om hypothesen over waterstanden te kunnen verwerpen zullen er van een langer tijdsinterval gegevens bekend moeten zijn.

In sommige hypothesen wordt juist geen verandering voorspeld en is er dus geen sprake van een hypothesebereik. In dat geval wordt de hypothese aangenomen als de metingen binnen het betrouwbaarheidsinterval liggen.

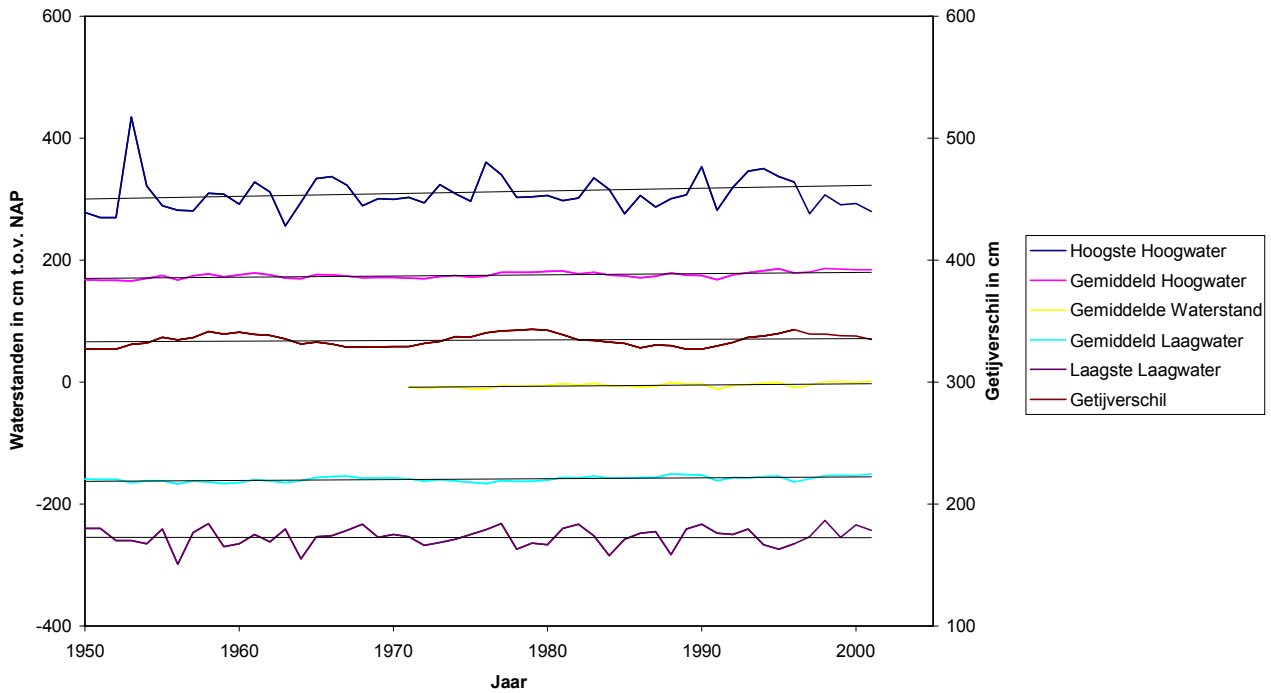
---

<sup>7</sup> Een 85% betrouwbaarheidsinterval houdt in dat 85% van de metingen binnen het interval liggen en 15% van de metingen er buiten. Het interval wordt bepaald ten opzichte van een bepaalde gekozen trendlijn.

### 2.2.4 Resultaten

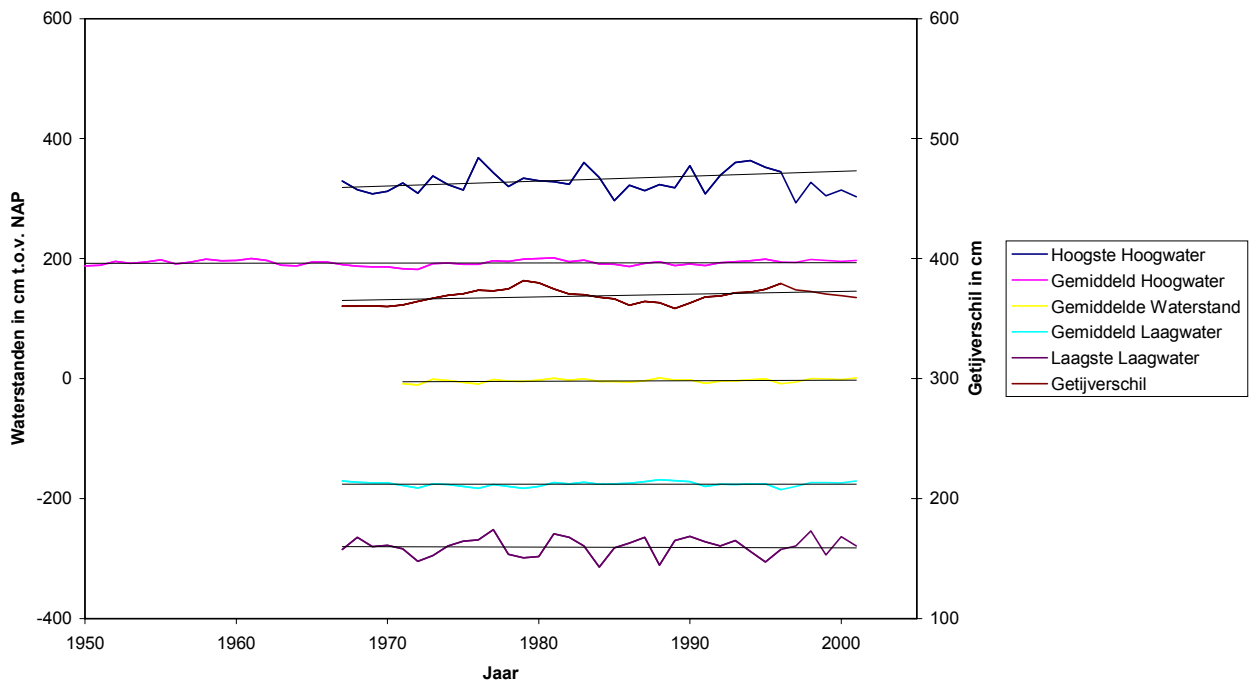
**Figuur 2.2.2**  
Jaargetallen getijkenmerken Westkapelle.

Op basis van de figuren 2.2.2 en 2.2.3 kan geconcludeerd worden dat de ontwikkeling die is ingezet bij alle verschillende getijkenmerken in Westkapelle



**Figuur 2.2.3**  
Jaargetallen kenmerken Cadzand.

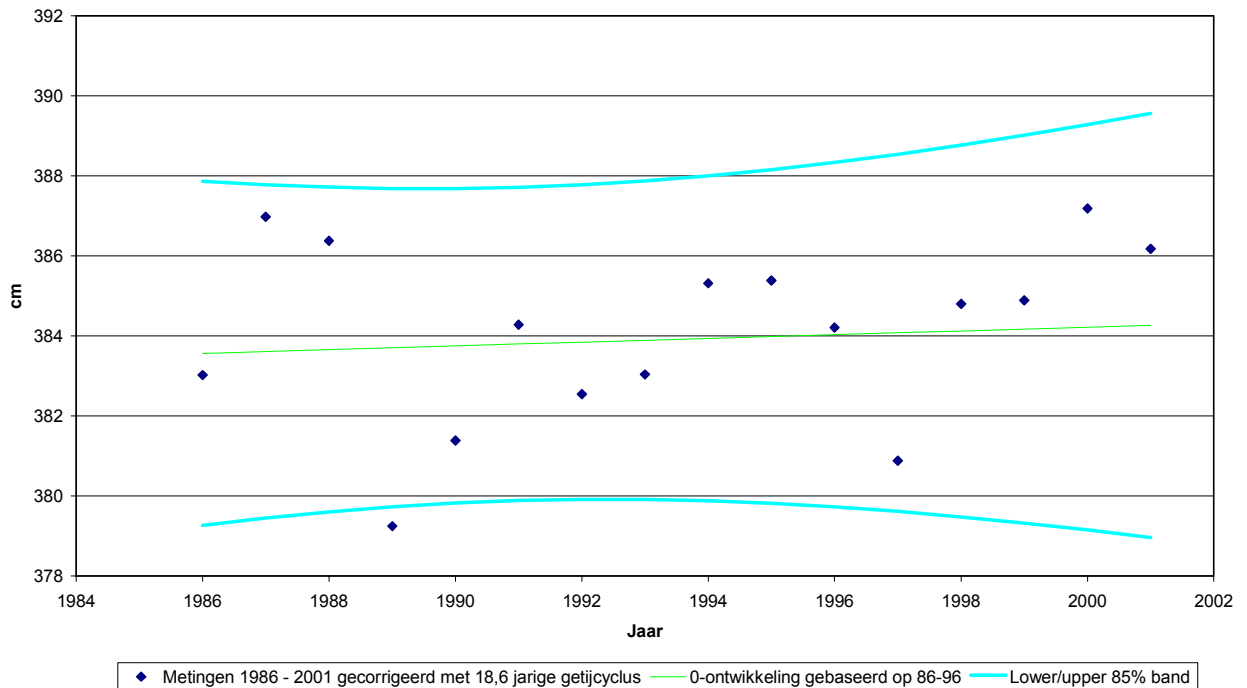
en Cadzand vanaf 1997, globaal gezien niet afwijkt van de periode daarvoor: de waarden van de verschillende onderzochte parameters liggen rond de trendlijn. Alleen de hoogste hoogwaterstanden lijken iets te zijn afgenomen.



In Figuur 2.2.4 is te zien dat het gemeten getijverschil in Vlissingen na 1996 binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval ligt. Hiermee is aangetoond is dat het getijverschil in Vlissingen als gevolg van verruiming niet significant is veranderd.

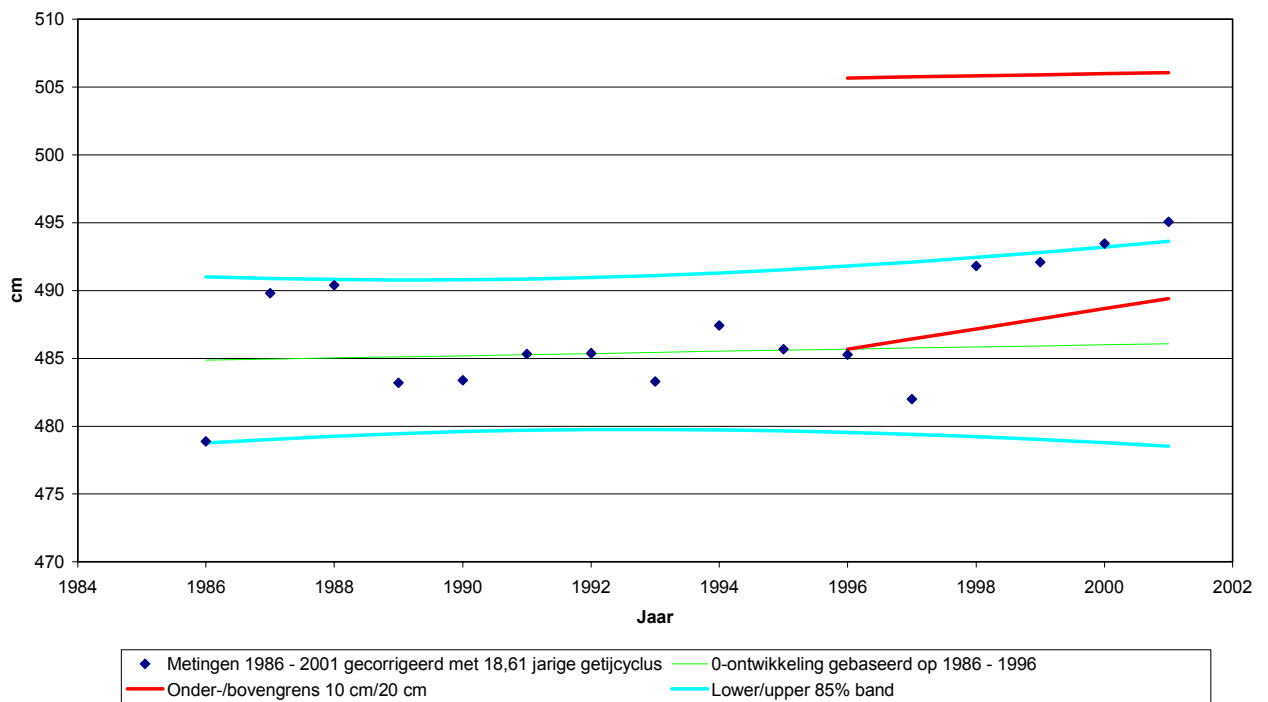
**Figuur 2.2.4**  
Getijverschil Vlissingen.

In Figuur 2.2.5 is te zien dat het gemeten getijverschil in Bath na 1996 in het hypothesebereik ligt. Daarnaast is ook te zien dat na de verruiming de



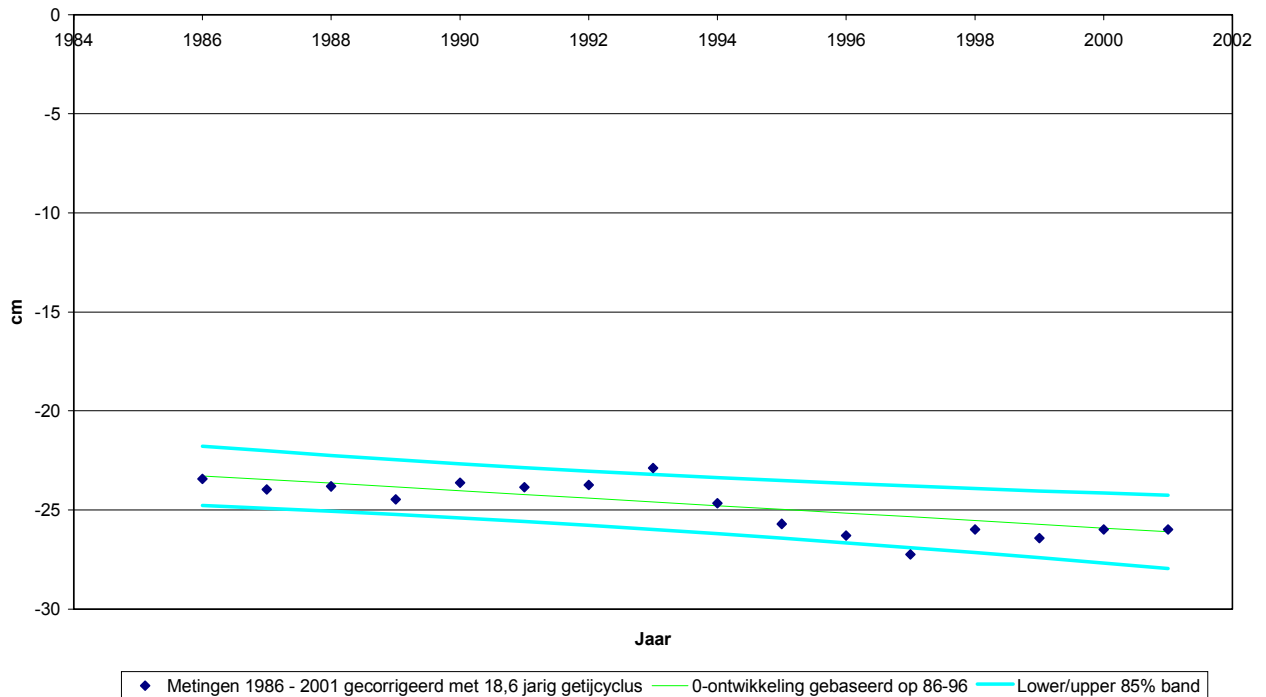
metingen consequent boven de trendlijn liggen en een deel van de metingen buiten het 85% betrouwbaarheidsinterval zijn komen te liggen. Op basis van de metingen tot 2001, lijkt het er dus op dat het gemiddeld getijverschil verder zal gaan toenemen ten opzichte van de nul-ontwikkeling en dat daarmee het voorspelde verband tussen verruiming en het getijverschil in Bath aangetoond zou kunnen worden.

**Figuur 2.2.5**  
Getijverschil Bath.



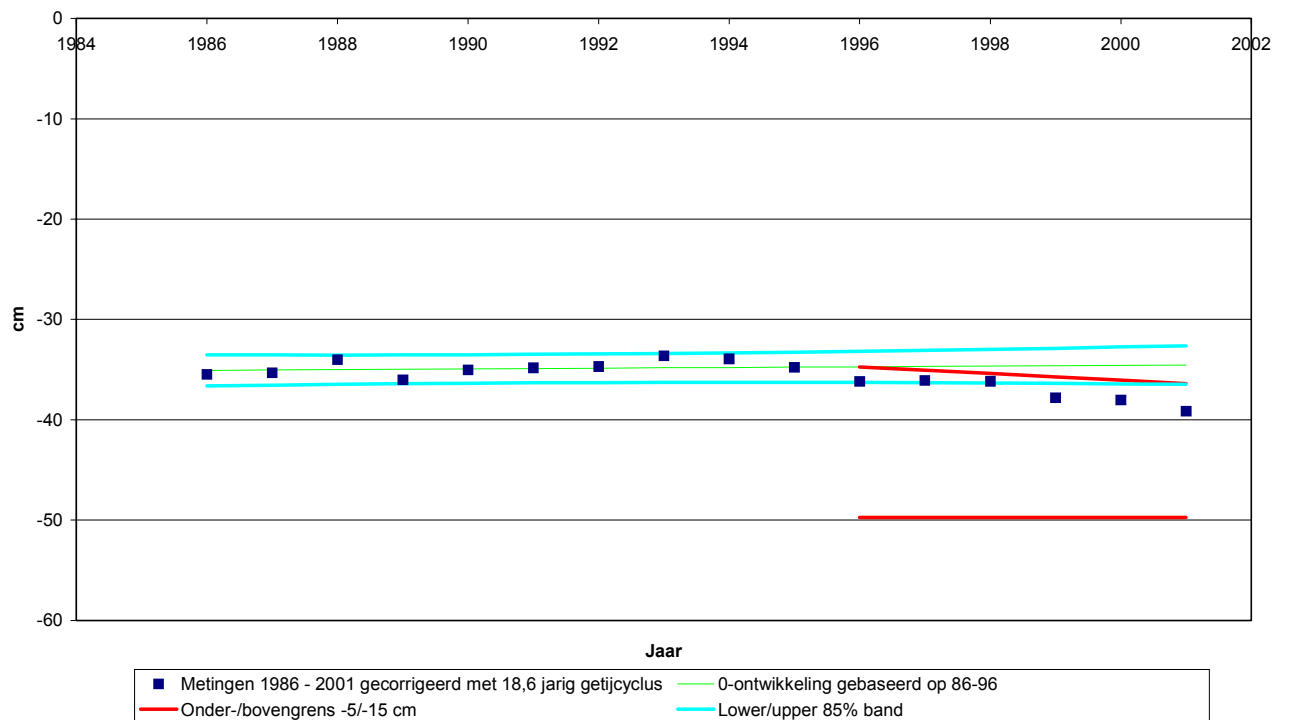
In figuur 2.2.6 is te zien dat de laagwaterstanden in Hansweert ten opzichte van Vlissingen na 1996 bijna allemaal binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval liggen. De twee metingen die er wel buiten vallen, elk aan een andere kant van het betrouwbaarheidsinterval, geven geen aanleiding tot het verwerpen van de hypothese. Met deze figuur is aangetoond dat de laagwaterstanden in Hansweert ten opzichte van de laagwaterstanden in Vlissingen als gevolg van verruiming niet significant zijn veranderd.

**Figuur 2.2.6**  
Laagwaterstanden Hansweert t.o.v. Vlissingen bij normale getijomstandigheden.



In Figuur 2.2.7 is te zien dat de laagwaterstanden in Bath ten opzichte van Vlissingen na 1996 in het hypothesebereik liggen. Daarnaast is ook te zien dat na de verruiming de metingen consequent onder de trendlijn liggen en een deel

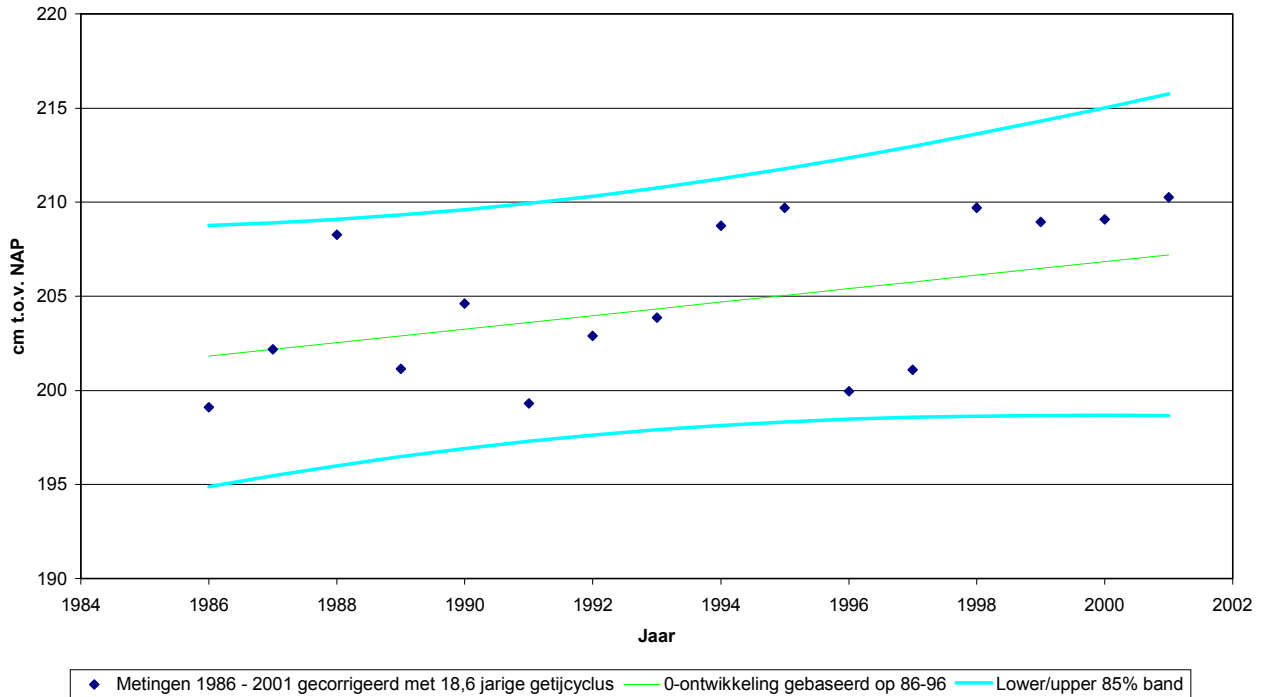
**Figuur 2.2.7**  
Laagwaterstanden Bath t.o.v. Vlissingen.



van de metingen buiten het 85% betrouwbaarheidsinterval. De waarden buiten het betrouwbaarheidsinterval vertonen ook een dalende trend (volgens de hypothese).

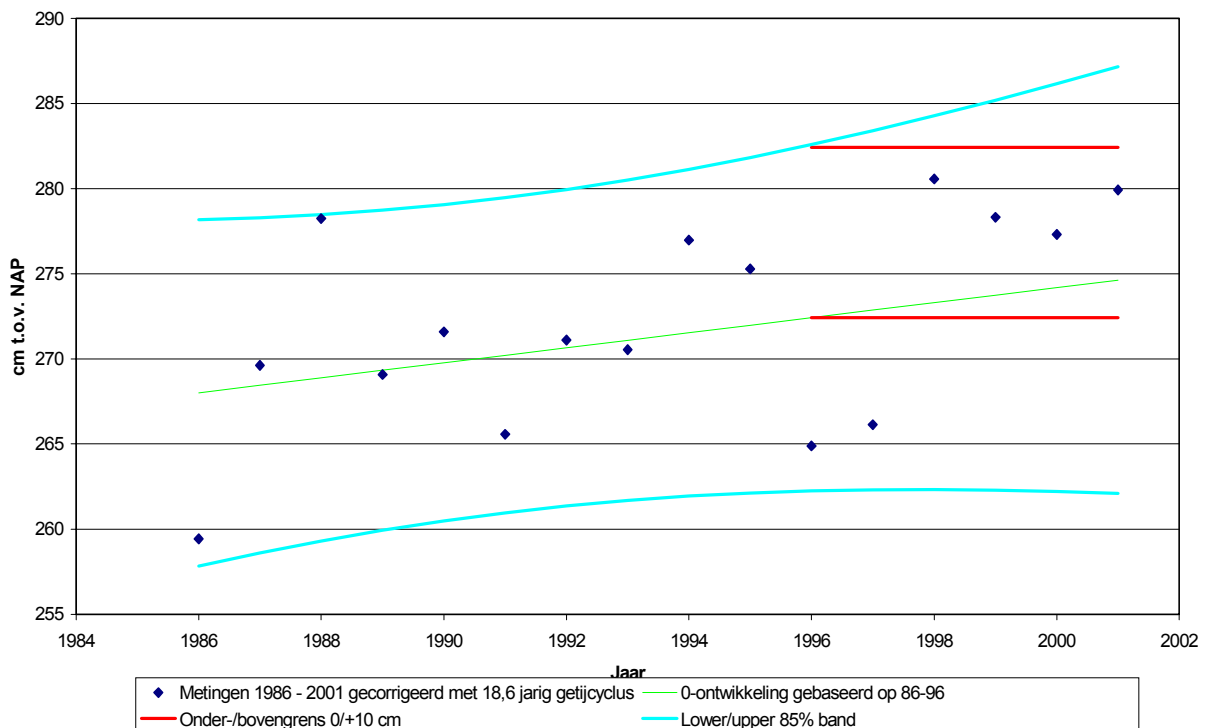
De laagwaterstanden in Bath ten opzichte van de laagwaterstanden in Vlissingen lijken dus te zijn afgenomen als gevolg van verruiming. Daarmee kan het voorspelde verband tussen verruiming en de afname van de laagwaterstand Bath ten opzichte van Vlissingen aangetoond worden.

**Figuur 2.2.8**  
Hoogwaterstanden Vlissingen bij normale getijomstandigheden.



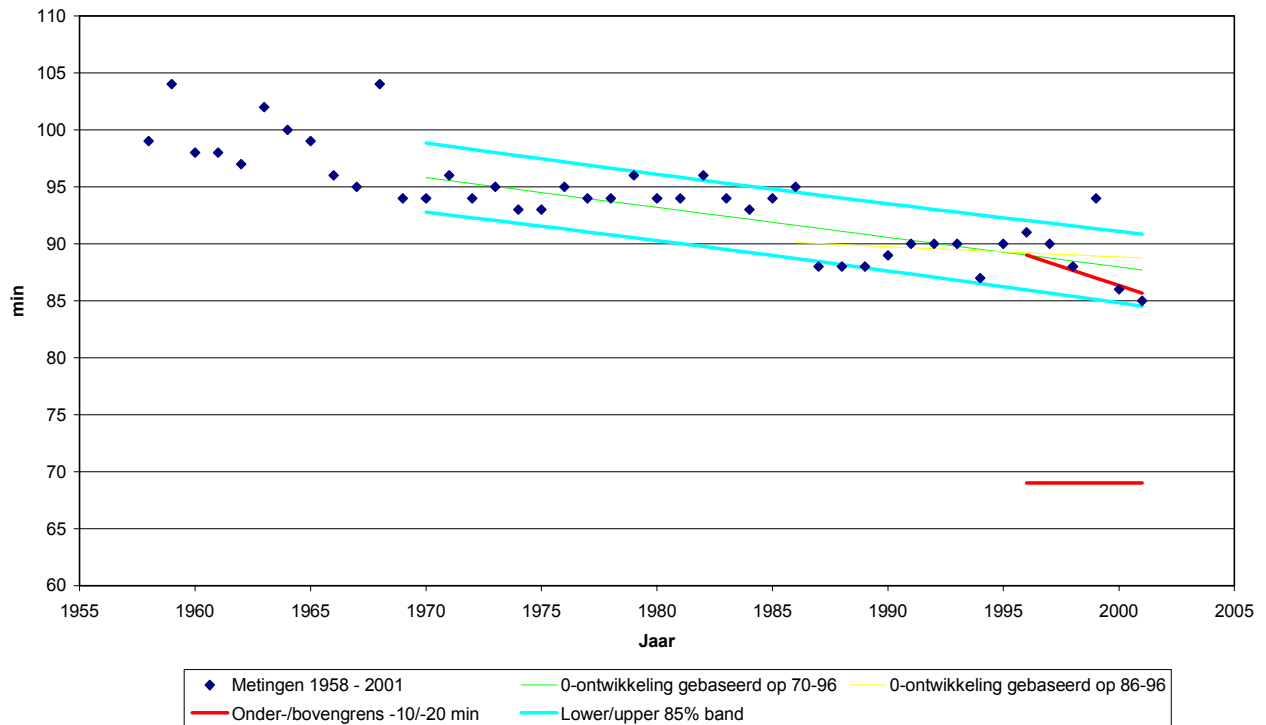
Figuur 2.2.8 laat zien dat hoogwaterstanden in Vlissingen na 1996 allemaal binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval liggen. Hiermee is aangetoond is dat de hoogwaterstanden in Vlissingen als gevolg van verruiming niet significant zijn veranderd.

**Figuur 2.2.9**  
Hoogwaterstanden Bath bij normale getijomstandigheden.



Figuur 2.2.9 laat zien dat de laatste 4 metingen van de hoogwaterstanden bij Bath boven de trendlijn liggen en binnen het hypothesebereik. Op basis van deze twee argumenten zou geconcludeerd kunnen worden dat de hoogwaterstanden bij Bath lijken toe te nemen als gevolg van verruiming. Echter een belangrijk tegenargument is dat het hypothesebereik ook binnen het betrouwbaarheidsinterval ligt. Dit betekent dat de hypothese niet getoetst kan worden, omdat het toevallig kan zijn dat de waarden in het hypothesebereik liggen.

**Figuur 2.2.10**  
Tijdverschil Laagwater Bath t.o.v. Vlissingen.



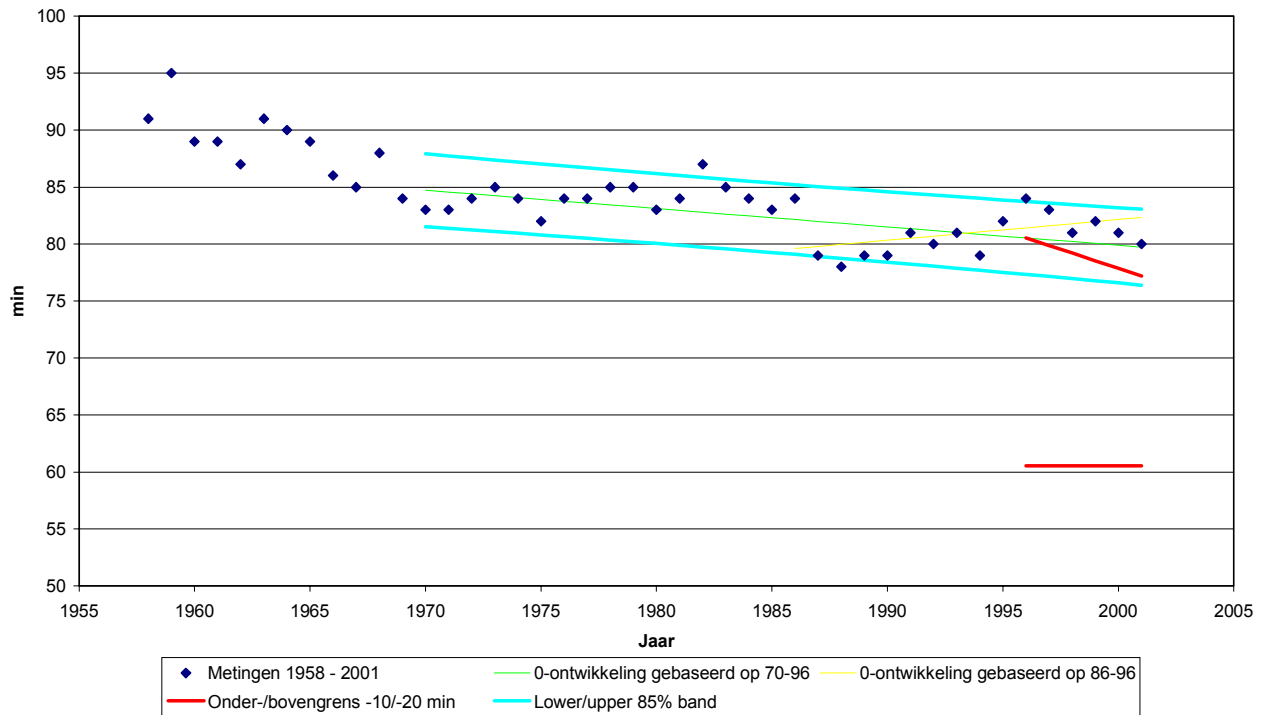
Figuur 2.2.10 laat zien dat de meeste van metingen van het tijdverschil laagwater Bath t.o.v. Vlissingen na 1996 buiten het hypothesebereik liggen, alleen de laatste twee liggen er net binnen. Daarnaast liggen ze allemaal, met uitzondering van de meting in 1999, binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval. De meting van 1999 is een opvallende meting, omdat verwacht wordt dat het tijdverschil af zou nemen, maar in 1999 neemt het toe. Er zijn geen aanwijzingen waarom het tijdverschil juist in dat jaar is toegenomen. Daarom wordt ervan uitgegaan dat dit geen representatieve meting is en wordt deze meting buiten beschouwing gelaten. Samenvattend kan gezegd worden dat het tijdverschil van laagwater tussen Bath en Vlissingen als gevolg van verruiming niet (extra) is afgenomen.

De hypothese is getoetst met behulp van de nul-ontwikkeling, die gebaseerd is op 1970 – 1996. De nul-ontwikkeling met basis 1986 – 1996 is ook in de figuur geplot. Met behulp van deze tweede nul-ontwikkeling zouden geen andere conclusies worden getrokken dan nu is gedaan, omdat de gefitte waarde van deze nul-ontwikkeling bij 1996 bijna overeenkomt de waarde van de nul-ontwikkeling 1970 – 1996.

Figuur 2.2.11 laat zien dat alle gemeten waarden van het tijdverschil laagwater Bath t.o.v. Vlissingen na 1996 buiten het hypothesebereik liggen. Daarnaast liggen ze allemaal binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval. Het tijdverschil tussen hoogwater in Bath en hoogwater in Vlissingen is als gevolg van verruiming niet (extra) afgenomen.

De hypothese is getoetst met behulp van de nul-ontwikkeling, die gebaseerd is op 1970 – 1996. De nul-ontwikkeling met basis 1986 – 1996 is ook in de figuur geplot. Met behulp van deze tweede nul-ontwikkeling zouden geen andere conclusies worden getrokken dan nu is gedaan, omdat de werkelijke metingen na 1996 nog steeds buiten de marge zouden vallen. Daarnaast is de nul-ontwikkeling op basis van 1986 – 1996 ook niet waarschijnlijk, omdat er een stijgende lijn in deze trend zit en dit is tegenstrijdig met de verwachte dalende trend.

.....  
**Figuur 2.2.11**  
 Tijdverschil Hoogwater Bath t.o.v. Vlissingen.



### 2.2.5 Conclusie

Uit de resultaten is gebleken dat alleen het gemiddeld getijverschil in Bath (W2) lijkt te zijn toegenomen en de gemiddelde laagwaterstand in Bath ten opzichte van Vlissingen (W3) lijkt licht te zijn afgenomen als gevolg van verruiming en conform de hypothesen. Om hier nog meer zekerheid over te krijgen zal een langere meetperiode na de verruiming nodig zijn. Er kan in ieder geval uit geconcludeerd worden dat het belangrijk is om de waterbeweging in het oostelijk deel goed in de gaten te houden. Verder laten de andere resultaten zien dat de metingen niet tegenstrijdig zijn met de verwachte ontwikkelingen uit te hypothese, uitgezonderd de tijdsverschillen Bath ten opzichte van Vlissingen. De resultaten van de toetsingen zullen bij de conclusies per hypothese worden samengevat.

De trend van bijna alle onderzochte parameters van de getijbeweging in Westkapelle en Cadzand is na de verruiming niet zichtbaar veranderd. Alleen de hoogste hoogwaterstanden en het getijverschil lijken voor beide getijstations iets te zijn afgenomen. Echter, de parameter hoogste hoogwaterstanden is een parameter die gebaseerd wordt op één meting per jaar en is dus erg gevoelig voor externe invloeden. Daarnaast zijn de gegevens niet gecorrigeerd voor de 18,6 jarige cyclus, waardoor een vertekend beeld kan ontstaan. Er kan dus niet geconcludeerd worden dat de afname direct een gevolg is van verruiming.  
**Hypothese W1 wordt niet verworpen.**



Alle waarden van het gemiddeld getijverschil in Vlissingen liggen binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval, wat betekent dat het gemiddeld getijverschil gelijk is gebleven. De waarden van het gemiddeld getijverschil in Bath lijken in overeenstemming met de hypothese toe te nemen als gevolg van verruiming, maar de tijdreeks is nog niet lang genoeg om dit statistisch te kunnen aantonen.

**Hypothese W2 wordt niet verworpen.**

De waarden van de gemiddelde laagwaterstand in Hansweert ten opzichte van Vlissingen liggen binnen het 85% betrouwbaarheidsinterval en volgen de trend. De gemiddelde laagwaterstand in Hansweert is, zoals verwacht, ten opzichte van Vlissingen dus niet afgenomen als gevolg van de verruiming. De laagwaterstanden in Bath lijken ten opzichte van de laagwaterstanden in Vlissingen wel te zijn afgenomen als gevolg van de verruiming, maar de tijdreeks is nog niet lang genoeg om dit statistisch te kunnen aantonen. Deze afname komt ook overeen met de verwachting in de hypothese.

**Hypothese W3 wordt niet verworpen.**

Voor de gemiddelde hoogwaterstanden in Vlissingen en de gemiddelde laagwaterstanden in Bath kan niet worden aangetoond dat deze veranderen ten opzichte van de trend. De hypothese kan zelfs (nog) niet getoetst worden, omdat de verwachting van hypothese W4 binnen het betrouwbaarheidsinterval valt. Dit betekent dat de verwachting ten opzichte van de variabiliteit in de meetgegevens te klein is om te onderzoeken.

**Hypothese W4 wordt niet verworpen.**

Deze hypothese kan niet getoetst en dus ook niet verworpen worden.

**Hypothese W5 wordt niet verworpen.**

Alle representatieve tijdverschillen van de hoogwaterstanden en de laagwaterstanden tussen Bath en Vlissingen liggen binnen het betrouwbaarheidsinterval, wat betekent dat er geen verandering ten opzichte van de trend valt waar te nemen. Daarnaast volgen de waarnemingen ook niet de verwachting van de hypothese. Gezien de korte meetperiode na verruiming kan de hypothese echter (nog) niet verworpen worden. Een ander argument tegen verwerpen is dat de oorspronkelijke hypothese een maximale afname van het tijdverschil voorspelde, zodat geen afname als gevolg van verruiming ook gedekt zou worden door deze hypothese.

**Hypothese W6a wordt (nog) niet verworpen.**

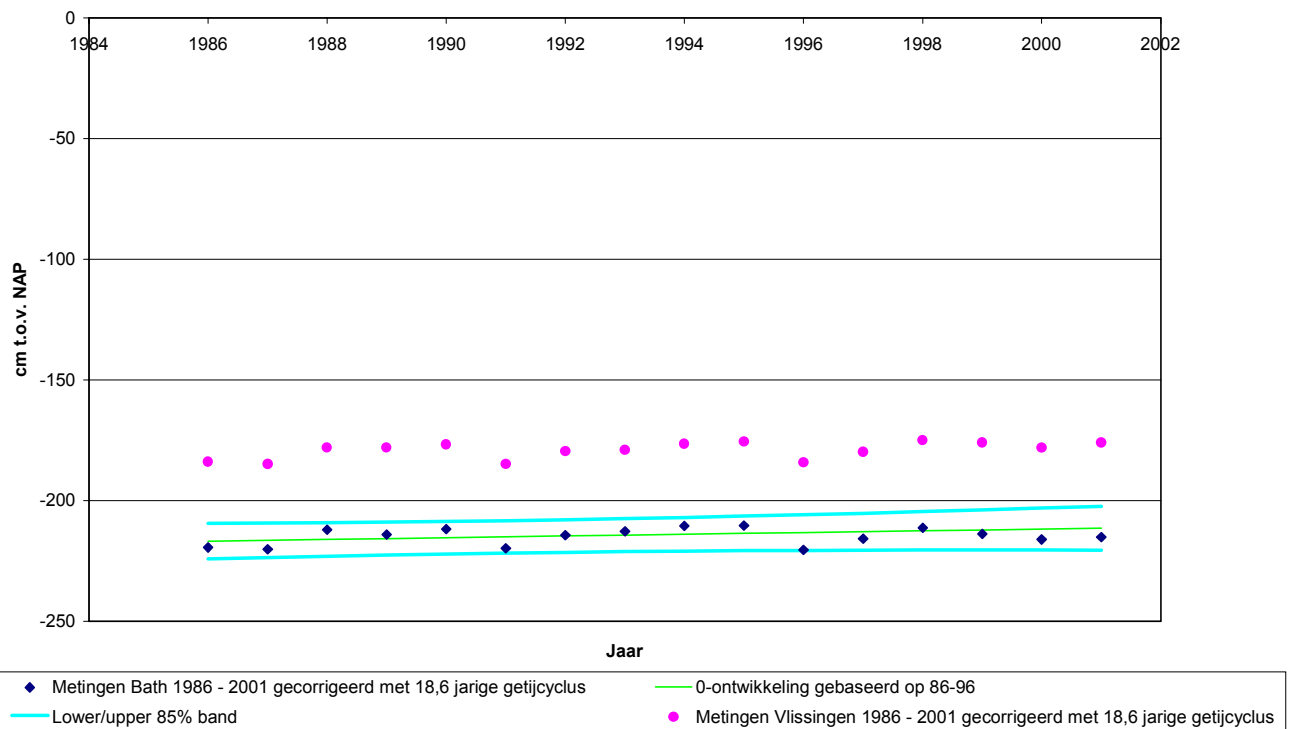
### 2.2.6 Discussie

De toetsing van de hypothesen was vrij moeilijk, omdat er niet altijd een hele duidelijke trend aanwezig was. De variatie rond de gekozen lineaire trend was vrij groot. Dit is ook af te lezen aan de soms brede 85% betrouwbaarheidsintervallen. Waarschijnlijk komt dit doordat de waterstanden erg gevoelig zijn voor invloeden van buiten, zoals morfologische veranderingen, maar ook weercondities. Deze invloeden kunnen er niet altijd makkelijk worden uitgefilterd.

De waarden voor de tijdverschillen Bath t.o.v. Vlissingen zijn niet gecorrigeerd voor de 18,6 jarige getijcyclus, terwijl de gegevens wel degelijk een effect van deze cyclus laten zien. Daarom wordt aanbevolen om de gegevens wel te corrigeren voor deze cyclus en daarna opnieuw de toetsing uit te voeren.

Een conclusie van de toetsing van W2 was dat het getijverschil in Bath lijkt te zijn toegenomen als gevolg van verruiming. Theoretisch gezien zou een toename van de hoogwaterstand en/of een afname van de laagwaterstand bij Bath hiervoor moeten zorgen. Volgens de toetsing van W4 zijn de hoogwaterstanden bij Bath niet zichtbaar toegenomen, daarom is het interessant om ter vergelijking ook de gemiddelde laagwaterstanden bij Bath, zonder normalisatie op Vlissingen, te bekijken. Figuur 2.2.12 laat hiervan het resultaat zien.

.....  
**Figuur 2.2.12**  
 Gemiddelde laagwaterstanden bij Bath.



Opvallend is dat de gemiddelde laagwaterstanden in Bath niet lijken te zijn afgenomen. Daarnaast wordt uit deze figuur ook duidelijk dat de gemiddelde laagwaterstanden in Bath en in Vlissingen dezelfde variatie vertonen. Dit verklaart de kleine waargenomen variatie in de laagwaterstandsverschillen Bath ten opzichte van Vlissingen.

Zowel in de laagwaterstanden als de hoogwaterstanden in Bath is er dus geen verandering zichtbaar. Daarentegen laat het getijverschil in Bath (verschil hoogwaterstand en laagwaterstand) wel een toename zien in de periode na de verruiming. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er in de laagwaterstanden en/of de hoogwaterstanden dus blijkbaar wel een kleine verandering is, maar dat deze alleen zichtbaar worden door het getijverschil te bekijken.

Aanbevolen wordt om zowel de laagwaterstanden als voor de hoogwaterstanden genormaliseerd ten opzichte van Vlissingen te bekijken, omdat veranderingen in waterstanden over de hele Westerschelde, als gevolg van bijvoorbeeld zeespiegelstijging, dan niet meegenomen worden in de analyse.

De invloed van verruiming op de waterstanden is ook onderzocht door Stoorvogel en Habets (2002). In dit onderzoek zijn de veranderingen in de tijd van de amplitudes van de verschillende getijcomponenten geanalyseerd. In de bestudeerde amplitudeverlopen zijn effecten van de bagger- en stortwerkzaamheden niet op overtuigende wijze aangetoond. Het enige twijfelgeval is het getij MU2 (en in mindere mate 2MN2). Echter, om die

veranderingen echt vast te stellen zal men nog een aantal jaren moeten wachten om de gegevens van die jaren mee te kunnen nemen in de analyse. Volgens Parker (1991) kunnen veranderingen in amplitudeverloop van het MU2 en 2MN2 getij wel mogelijke indicatoren zijn voor veranderingen in het estuarium (zoals verruiming). Het volgen van deze getijcomponenten verdient dus aandacht voor in de toekomst.

Naast de invloed van verruiming op de waterstanden, is door Rosca (2003) met behulp van een tijdreeksanalyse onderzocht wat de invloed is op de tijdsverschillen tussen alle verschillende getijstations. Ook hieruit volgt dat er geen aanwijzingen zijn om aan te nemen dat de relatie tussen verruiming en tijdsverschillen aanwezig is.

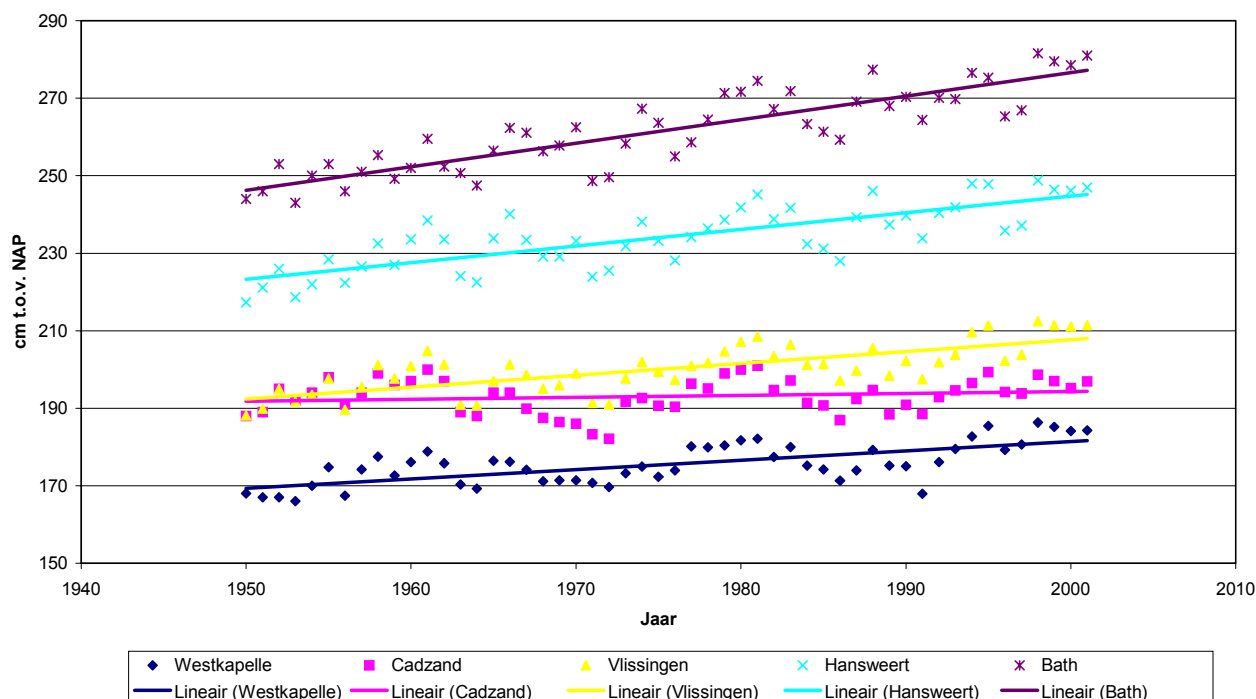
Daarom wordt aanbevolen om de term 'maximaal' in hypothese W6a weer toe te voegen, zodat de mogelijkheid geen verandering in tijdsverschil als gevolg van verruiming, ook weer door de hypothese wordt beschreven. De hypothese wordt daardoor:

**Het tijdsverschil tussen Vlissingen en Bath wordt, als gevolg van de verdieping maximaal 10-20 minuten kleiner.**

Over het algemeen kan gezegd worden dat de relatie van de meeste parameters met verruiming niet duidelijk aangetoond kan worden. Toch is het interessant om de gemiddelde hoogwaterstanden over de totale periode te bekijken, in verband met de veiligheid en het overstromen van de platen (relatie met ecologie). Figuur 2.2.13 laat deze (ongecorrigeerde) waterstanden voor een aantal getijstations zien.

**Figuur 2.2.13**

Ontwikkeling van de gemiddelde (ongecorrigeerde) hoogwaterstanden op verschillende locaties langs de Westerschelde



Uit figuur 2.2.13 kan geconcludeerd worden dat de hoogwaterstanden een sterk stijgende trend vertonen. De stijging in het westen van de Westerschelde is een gevolg van de zeespiegelstijging. De stijging in het oosten is echter nog sterker. De komende jaren zal deze stijgende lijn, mede in het licht van de zeespiegelstijging, goed in de gaten moeten worden gehouden.

## 2.3 Getijvolume

### 2.3.1 Inleiding

Getijvolumes<sup>8</sup> zijn van groot belang voor de ontwikkeling van de Westerschelde. Morfologische en hydraulische processen hebben een interactie met elkaar, wat betekent dat de bodemligging door de waterbeweging wordt beïnvloed en andersom. De grootte van het doorstroomoppervlak van de geulen en daardoor de inhoud, wordt in hoofdzaak bepaald door de hoeveelheid water die er doorheen stroomt. Veranderingen in het getijvolume van een geul zullen dus in de regel worden gevolgd door een verkleining of vergroting van het doorstroomprofiel. Andersom, door (lokale) veranderingen in het doorstroomprofiel van één geul, kan het totale getijvolume in de Westerschelde zich wijzigen en kunnen de verhoudingen tussen getijvolumes in de eb- en vloedgeulen zich wijzigen, doordat door een geul meer of minder water gaat stromen.

Het totale getijvolume is voornamelijk een parameter die morfologische grootschalige lange termijn veranderingen kan tweewegbrengen. Zo betekent bijvoorbeeld de afname van getijvolume verlanding en daarmee gepaard gaande verkleining van de komberging<sup>9</sup>; verlanding heeft grote gevolgen voor de ecologie. Door het getijvolume per geuldeel te beschouwen kunnen ook de veranderingen op kleinere tijd- en ruimteschaal worden waargenomen. Bij gelijkblijvend getijvolume van de totale dwarsraai, kan immers de verdeling over de geulen wel veranderen. Zo kan, bij een steeds groter wordend getijvolume in de ene geul en een kleiner wordend getijvolume in de andere geul, het meergeulenkarakter in gevaar komen. Het meergeulensysteem is karakteristiek voor de Westerschelde en is in belangrijke mate bepalend voor een duurzame vervulling van de functies veiligheid, natuurlijkheid en toegankelijkheid.

Door de verruiming van de vaargeul kan het water in die geul makkelijker naar binnen en naar buiten stromen. Voor het getijvolume betekent dit dat zowel het totale getijvolume als de verdeling over de geulen (ene geul trekt meer water dan andere) kan veranderen. Met oog op de ontwikkeling van het morfologisch systeem is het dus belangrijk om deze parameters goed te volgen.

### 2.3.2 Hypothesen

Voorafgaand aan de uitvoering van verruiming zijn uitspraken gedaan over de te verwachten veranderingen in de getijvolumes (Technische Scheldecommissie, 1984). Hierin werd geconcludeerd, dat het totale getijvolume niet zal veranderen als gevolg van verruiming en dat ten oosten van Terneuzen de getijvolumes in de hoofdgeulen met 5-15% van het totaal volume zullen toenemen ten koste van de getijvolumes in de nevengeulen. De resultaten van het Scaldis100-model in het rapport van Dekker (1994) laten deze laatste tendens ook zien, alleen dan in mindere mate. Het Scaldis100-model laat daarnaast ook een verandering van het totale getijvolume zien, in tegenstelling tot de Technische Scheldecommissie (1984). Deze verandering is ongeveer 3% in het oostelijk deel.

<sup>8</sup> Getijvolume: som van het vloedvolume en het ebvolume; de totale hoeveelheid water die bij eb een bepaalde doorsnede passeert en bij vloed weer terugstroomt.

<sup>9</sup> Komberging (= getijprisma): het volume water tussen de gemiddelde hoogwaterstand en de gemiddelde laagwaterstand; gelijk aan de helft van het getijvolume.

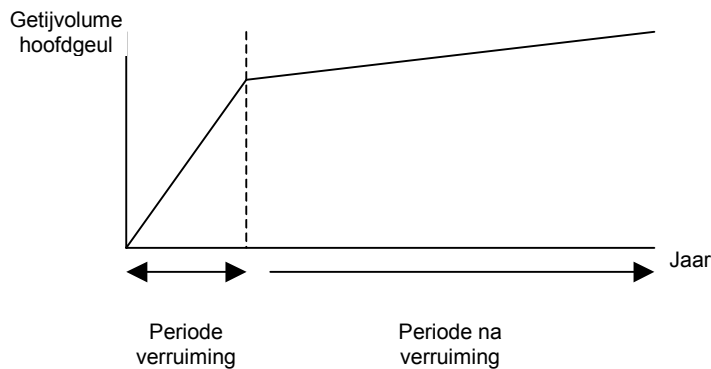
Er zijn twee hypothesen, die de ontwikkelingen in het getijvolume beschrijven. De veranderingen in de hypothesen worden verwacht de eerste 15 jaar op te treden. De hypothesen luiden als volgt.

**Hypothese V1: Het getijvolume in de hoofdgeul zal ten oosten van Hansweert met 5-15% toenemen. Deze toename gaat ten koste van de nevengeulen.**

*Toelichting: Door de verdieping van de drempels wordt de weerstand in de hoofdgeulen minder. Hierdoor gaat er relatief meer water door de hoofdgeulen, ten koste van de nevengeulen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.*

De veranderingen in het getijvolume zijn op te delen in veranderingen tijdens en veranderingen na de verruiming. Tijdens de verruiming zal de verdeling over de geulen snel lineair gaan veranderen. Wanneer de verruiming is gestopt, zullen de geulen nog steeds eroderen, waarop de getijvolumes zich aanpassen, totdat de geulen zich hebben aangepast aan de getijvolumes en andersom. In een grafiek ziet het verloop er schematisch als volgt uit.

**Figuur 2.3.1**  
Verloop getijvolume hoofdgeul.



In werkelijkheid zal de overgang tussen de periode van de verruiming zelf en de periode erna iets natuurlijker verlopen en zal het getijvolume uiteindelijk een maximale waarde bereiken.

**Hypothese V2: Het getijvolume in de raai Schaar van Waarde-Zuidergat (raai 5a) zal 2-5% toenemen.**

*Toelichting: Door verlaging van de platen en vergroting van de getijslag<sup>10</sup> zal de komberging in het oostelijk deel toenemen. Door deze grotere komberging zal het getijvolume in raai 5a toenemen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.*

Bij het opstellen van de hypothesen is uitgegaan van de nieuwe bagger- en stortstrategie. Deze strategie houdt in dat het zand dat gebaggerd wordt in het oostelijk deel, voornamelijk gestort wordt in het westelijk deel van de Westerschelde. Hierdoor neemt de totale hoeveelheid zand in het oostelijk deel af. Door de afname in weerstand als gevolg van verruiming kan het water makkelijker naar binnen en weer naar buiten stromen. Dit zorgt voor een efficiëntere vulling van het bekken en daarmee ook voor een toename van de getijslag (met name in het oostelijk deel), wat resulteert in een toename van het getijvolume.

<sup>10</sup> Getijslag: verschil tussen de gemiddelde hoogwaterstand en de gemiddelde laagwaterstand.

Een toename van het getijvolume in het oosten moet overigens een absoluut *minstens* even grote toename van het getijvolume in het westen betekenen, omdat het extra water in het oosten afkomstig moet zijn uit het westen. Het totale getijvolume zal ook lineair veranderen op de manier die getoond is in figuur 2.3.1.

### 2.3.3 Methode

#### Interpretatie van hypothesen

Voor het toetsen van de hypothesen wordt de parameter getijvolume gebruikt. Ten behoeve van het getijvolume worden stroomsnelheden gemeten en debieten berekend op verschillende locaties (raaien) in de Westerschelde.

In hypothese V1 wordt gezegd dat het getijvolume in de hoofdgeul 5-15% zal toenemen. In het rapport van de Technische Scheldec commissie (1984) staat dat het getijvolume in de hoofdgeul 5-15% *van het totale getijvolume* zal toenemen. Voor hypothese V1 worden de meetgegevens van de hoofdgeul én van de nevengeul van alle aanwezige raaien (met voldoende bijbehorende gegevens) ten oosten van Hansweert gebruikt. De hoofdgeul is de geul die als hoofdvaarwater gebruikt worden; de nevengeul is de geul die geen hoofdgeul is. De raaien ten oosten van Hansweert zijn 5/5a, 3, 2 en 1. De hoofdgeulen in die raaien zijn het Zuidergat, de Overloop van Valkenisse en het Nauw van Bath. De nevengeulen zijn Schaar van Waarde, Zimmermangeul en Schaar van de Noord. De gegevens van raai 1 en 2 worden niet gebruikt omdat voor raai 1 geen metingen van na 1996 beschikbaar zijn en van raai 2 slechts een meting beschikbaar is in 1998.

Door het getijvolume in zowel de hoofdgeul als de nevengeul te bekijken kan meer zekerheid over het verloop van de trend verkregen worden. Het verloop van de trend voor het getijvolume in de hoofdgeul en het getijvolume in de nevengeul hebben namelijk een relatie met elkaar: als het totale getijvolume gelijk blijft zal bij een toename van het getijvolume in de hoofdgeul, het getijvolume in de nevengeul met dezelfde hoeveelheid af moeten nemen. Deze hypothese heeft betrekking op de totale verandering: de huidige trend + de gevolgen van de verruiming.

Voor hypothese V2 worden alle meetgegevens van de gehele raai 5/5a gebruikt. De gegevens bestaan uit de afzonderlijke waarden van de metingen in de hoofd- en nevengeul. Voor het berekenen van het totale getijvolume worden deze waarden gesommeerd. Deze hypothese heeft betrekking op de totale verandering: de huidige trend + de gevolgen van de verruiming. Voor de fysica is het uitgangspunt voor de nul-ontwikkeling de periode 1986 – 1996. De keuze voor deze periode is gemaakt, omdat er vanuit gegaan wordt dat de effecten van de eerste verruiming dan zijn uitgewerkt. Bij het toetsen van V1 en V2 wordt er echter geen nul-ontwikkeling bepaald, omdat er onvoldoende gegevens zijn om een trendlijn te fitten en de onzekerheid in deze trendlijn dus vrij groot zal zijn. Daarom wordt voor de waarde van  $T_0$  de gemeten waarde van het jaar 1996 als referentie gebruikt.

#### Data gebruikt voor toetsing

Ten behoeve van het getijvolume wordt met behulp van een ADCP meter de stroomsnelheden op verschillende locaties in de horizontaal en verticaal gemeten op verschillende raaien in de Westerschelde. De raaien liggen loodrecht op de stroomrichting en meestal zo, zodat er een verdeling aanwezig is tussen de verschillende geulen. De stroomsnelheden worden direct vermenigvuldigd met het doorstroomoppervlak waarvoor ze geldig zijn.

Vervolgens worden deze waarden gesommeerd en dit levert het debiet<sup>11</sup> [m<sup>3</sup>/s] op. Om het getijvolume [m<sup>3</sup>] te bepalen worden ze vermenigvuldigd met het tijdsinterval (waarover gevaren is). De getijvolumes worden herleid naar een gemiddeld getij<sup>12</sup>.

Er zit een grote onnauwkeurigheid in de gemeten waarden. Als regel wordt aangenomen dat door integratie van de stroomsnelheden in tijd en ruimte en meetfouten rekening moet worden gehouden met een onnauwkeurigheid van 10% in de meetgegevens. Het toetsen van hypothesen zal dus moeilijk zijn, omdat de verwachte veranderingen dermate klein zijn dat de binnen de meetonnauwkeurigheden vallen.

De meting van het getijvolume in de hoofdgeul en in de nevengeul van 1988 is onnauwkeurig, omdat de verdeling tussen de twee geulen op de raai toen niet meer aanwezig was. In 1990 is raai 5 verlegd naar raai 5a, zodat de raai loodrecht op de geulen zou staan en omdat de verdeling van de 2 geulen weer hersteld zou worden.

### Methoden van toetsing

Voor het toetsen van hypothese V1 worden de raaien 3 en 5/5a apart bekeken. Om de hypothese te toetsen worden de metingen vergeleken met de verwachte verandering. Deze verwachte verandering ligt voor de hoofdgeul tussen een toename van 5%-10% t.o.v. de referentiewaarde en voor de nevengeul is deze verwachte verandering een afname. Om alle mogelijkheden voor de hoofdgeul (in het bereik) te dekken wordt de ondergrens (5%) lineair genomen en de bovengrens (10%) abrupt.

Wanneer de gemeten waarden voor getijvolumes van de hoofdgeul tussen bovengrens en ondergrens liggen en het getijvolume in de nevengeul afneemt, wordt de hypothese niet verworpen. Wanneer deze waarden niet in het bereik liggen, moet worden nagegaan hoe groot de fout is in de metingen, voordat de hypothese verworpen zou kunnen worden.

Voor het toetsen van hypothese V2 wordt dezelfde methode gebruikt.

### 2.3.4 Resultaten

In figuur 2.3.2 zijn de getijvolumes in hoofd- en nevengeul in raai 3 uitgezet tegen de tijd. In de periode na de tweede verruiming, 1997 – 2001, is maar 1 meting gedaan. Deze waarde laat een toename van het getijvolume in de hoofdgeul zien. De meting ligt binnen het genoemde bereik in de hypothese (bereik: tussen de twee rode lijnen). Uit de figuur wordt ook duidelijk dat het getijvolume in de nevengeul afneemt. Bovendien laat de figuur zien dat het onmogelijk is dat het getijvolume in de hoofdgeul 15% van het totale getijvolume toeneemt, ten koste van de nevengeul, omdat het getijvolume in de nevengeul in dat geval negatief zou worden.

<sup>11</sup> De debietmetingen worden door de meetdienst Zeeland verwerkt. De resultaten van elke debietmeting worden vastgelegd in een rapport. Ten behoeve van de verdere analyse worden o.a. de getijgegevens, de getijvolumes (gemeten en herleid naar gemiddeld getij) en het doorstroomoppervlak op een standaardformulier dat achteraf verstrekt wordt. De reden waarom dit formulier achteraf verstrekt wordt is gelegen in het feit dat de herleiding plaatsvindt naar de gemiddelde getijamplitude van het betreffende jaar. Wanneer in een debietraai meerdere geulen voorkomen, worden de getijvolumes, van die geulen, opgesplitst in eb- en vloedvolumes ook weergegeven.

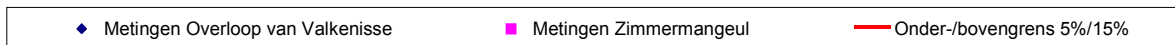
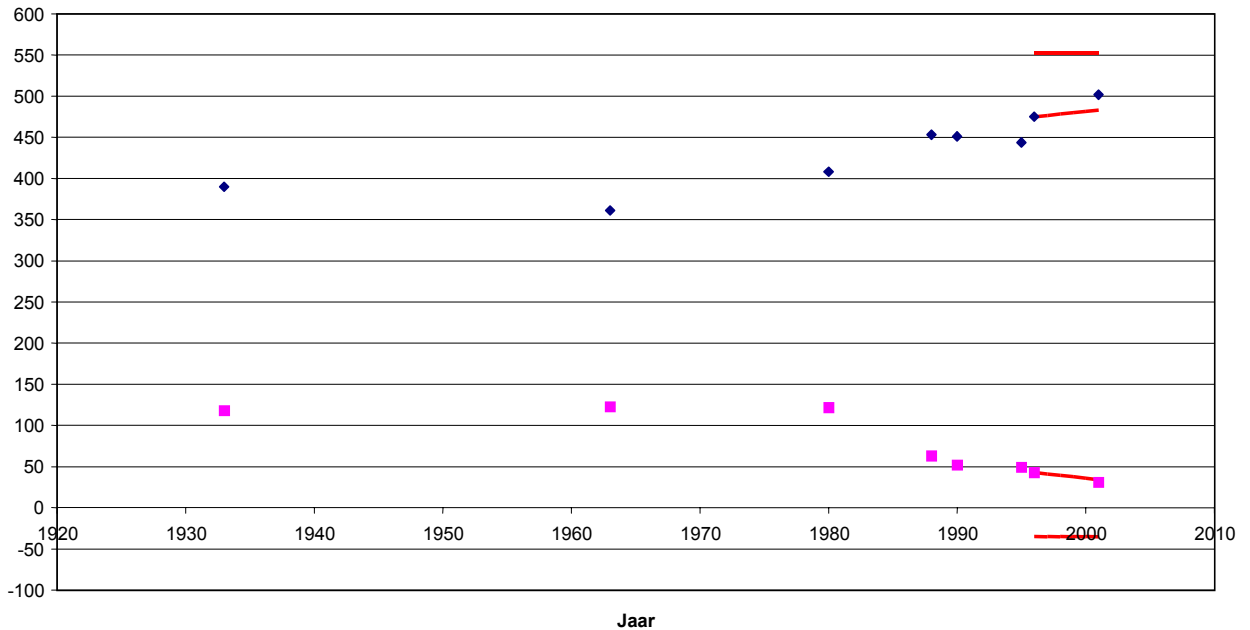
<sup>12</sup> Het getijvolume herleiden naar een gemiddeld getij wordt gedaan met behulp van de verhouding tussen het gemeten getijverschil en het gemiddeld getijverschil (getijcoëfficiënt) (mondellings communicatie C. van der Male). Het gemeten getijvolume wordt gedeeld door deze coëfficiënt.

**Figuur 2.3.2**

Getijvolume door hoofdgeul (Overloop van Valkenisse) en nevengeul Zimmermangeul van raai 3

In figuur 2.3.3 zijn de getijvolumes in hoofd- en nevengeul in raai 5/5a uitgezet tegen de tijd. In de periode na de tweede verruiming, 1997 – 2001, zijn 5 metingen gedaan. De waarden van deze metingen laten, afgezonderd van de meting in 1997, een lichte toename van het getijvolume in de hoofdgeul zien.

Getijvolume \*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

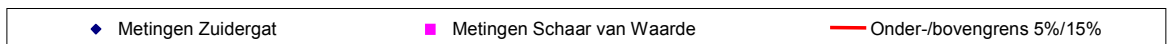
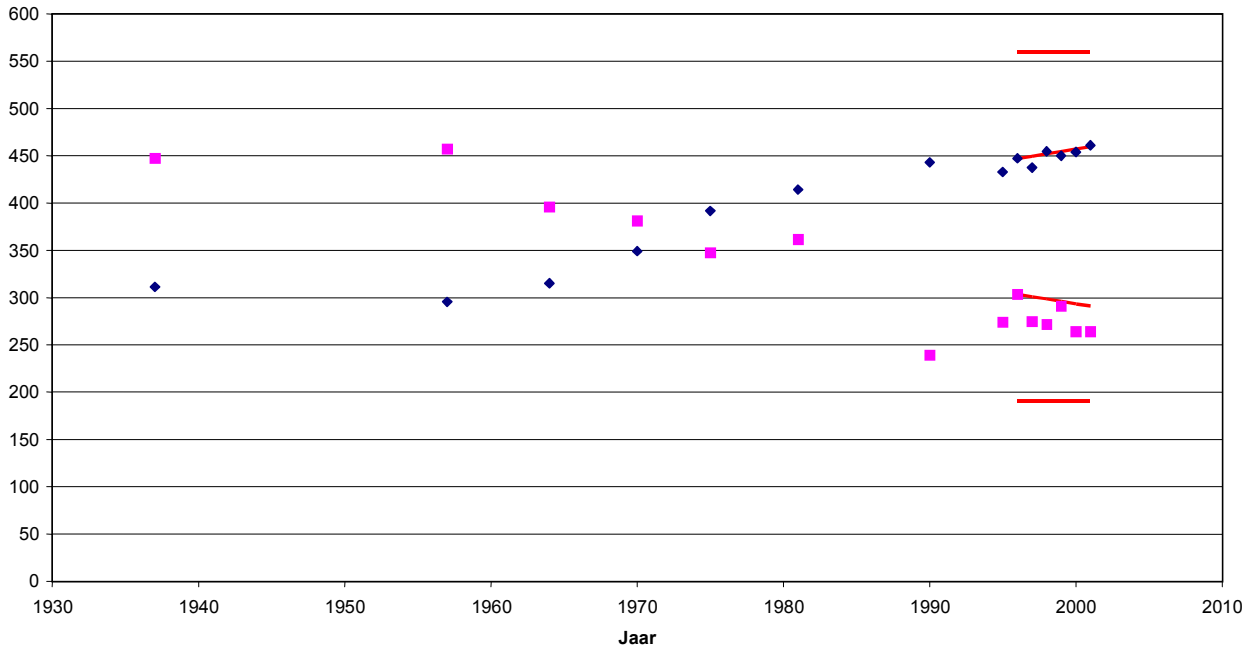


De metingen liggen allemaal rond de ondergrens (5% toename) van de hypothese. De metingen van de getijvolumes in de nevengeul liggen wel allemaal binnen het bereik van de hypothese en daarmee kan de toename van het getijvolume in de hoofdgeul beter onderbouwd worden.

**Figuur 2.3.3**

Getijvolume door hoofdgeul (Zuidergat) en nevengeul (Schaar van Waarde) van raai 5/5a

Getijvolume \*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

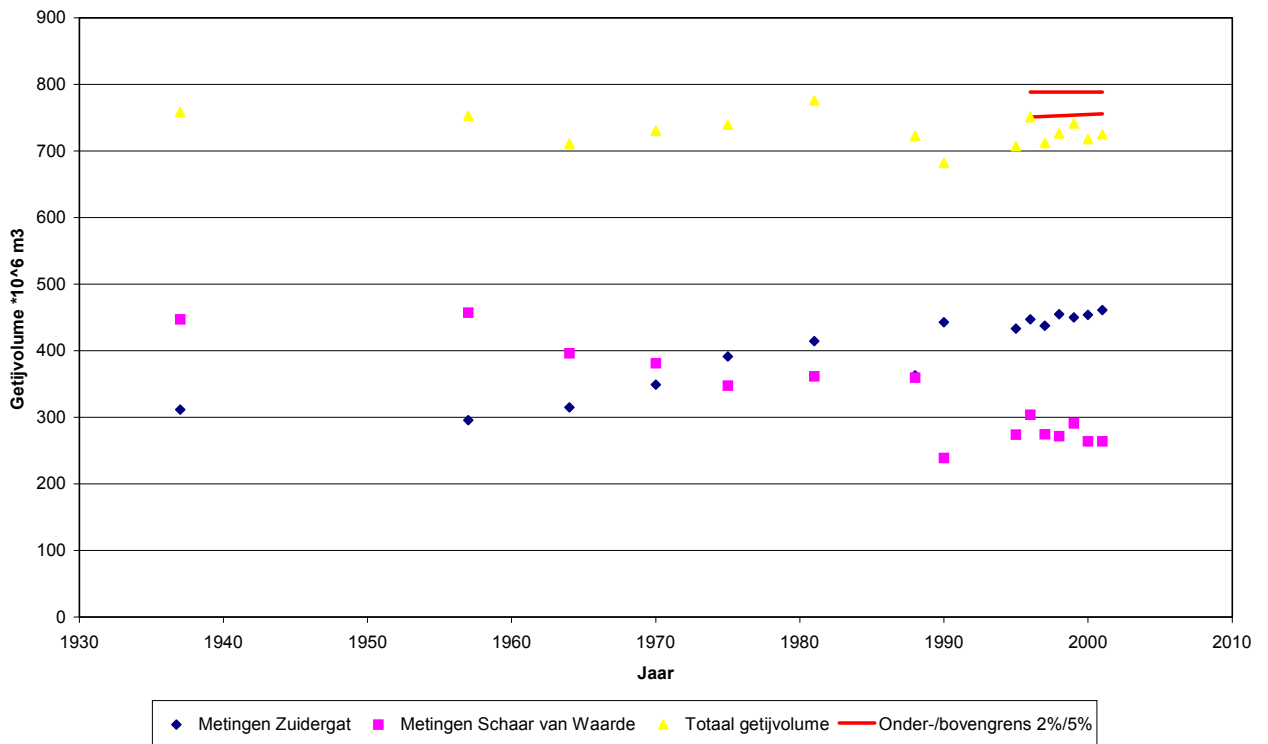




.....  
**Figuur 2.3.4**

Getijvolume door hoofdgeul (Zuidergat) en nevengeul (Schaar van Waarde) en totaal getijvolume van raai 5 (t/m 1988)/5a (na 1988)

In figuur 2.3.4 zijn het getijvolume in de hoofd-, nevengeul en het totale getijvolume in raai 5/5a uitgezet tegen de tijd. Van de periode na de tweede verruiming, 1997 – 2001, zijn 5 metingen bekend. Het totale getijvolume is ongeveer gelijk gebleven. Deze waarden de metingen zijn allemaal kleiner dan de referentiewaarde van 1996 en liggen buiten het bereik van de hypothese.



### 2.3.5 Conclusie

Uit de resultaten is gebleken dat vooral de verdeling van getijvolumes over de geulen veranderd is in de loop der jaren. Door middel van deze toetsing is het moeilijk conclusies te trekken over een directe relatie tussen de gevolgen van verruiming en de verandering in getijvolumes. Hier wordt in de hypothese ook geen uitspraken over gedaan. Het ligt echter wel voor de hand dat de verandering in de debietsverdeling over de hoofd- en nevengeul een gevolg is van verruiming, gezien de motivatie achter de hypothese.

De figuren 2.3.2 en 2.3.3 laten over het algemeen een toename zien van de getijvolumes in de hoofdgeul en een afname van de getijvolumes in de nevengeul ten oosten van Hansweert. De toename van de getijvolumes in de hoofdgeul liggen in het bereik van de hypothese, uitgezonderd enkele waarden van raai 5a die iets kleinere waarden geven dan verwacht. Deze afname is echter te weinig, in verhouding tot de mogelijke meetfout, om de hypothese te kunnen verwerpen. Daarnaast laat het getijvolume in de nevengeul wel een afname binnen het bereik zien. Het is nog onduidelijk of het verloop lineair is of eventueel abrupt. Hiervoor is de periode na de 2<sup>e</sup> verruiming nog te kort.  
**Hypothese V1 wordt niet verworpen.**

Figuur 2.3.4 laat zien dat de gemeten getijvolumes in raai 5a ongeveer gelijk zijn gebleven en onder het hypothesebereik liggen. De waarden komen niet overeen met de verwachte toename die voorspeld was in hypothese V2.

Kwalitatief lijkt de hypothese dus onjuist. Echter er moet rekening mee worden gehouden dat de 18,6 jarige getijcyclus invloed kan hebben op de grootte van het totale getijvolume. Zo kan er in 1997 hogere waarden worden verwacht, omdat de waterstanden volgens de cyclus in 1997 maximaal zijn en in 2007 lagere waarden, omdat de waterstanden dan minimaal zouden zijn. De variatie in getijvolumes volgens deze cyclus is ongeveer 8 %. Daarnaast moet natuurlijk ook altijd rekening worden gehouden met de onnauwkeurigheid van de waarden. Nog een ander argument om de gemeten waarden in twijfel te trekken is het feit dat bij de toetsing van de waterstanden, in het getijverschil in het oosten wel een toename is geconstateerd. Theoretisch gezien zou het betekenen dat het getijvolume in het oosten ook zou moeten toenemen.  
**Hypothese V2 wordt niet verworpen.**

### 2.3.6 Discussie

De toetsing van de hypothesen was vrij moeilijk, omdat er weinig metingen gedaan zijn. Daardoor zit er een vrij grote onnauwkeurigheid in de  $T_0$  en als gevolg daarvan ook in de uiteindelijke toetsing. Deze onnauwkeurigheid wordt versterkt door de grote onnauwkeurigheid in de gemeten waarden zelf (ongeveer 10%). De voorspelde verandering in getijvolumes (V1: 5-15%, V2: 2-5%) ligt daardoor binnen de onnauwkeurigheid van de meetgegevens. Bovendien moet rekening worden gehouden met natuurlijke fluctuaties in de tijd (18,6 jarige cyclus). (Mol e.a., 1997)

De gemeten getijslagen op de Westerschelde kunnen gebruikt worden om de verandering in getijvolumes kwalitatief te toetsen. Wanneer de getijslag toeneemt, zal het getijvolume ook toenemen. Andersom, als het getijvolume toeneemt, heeft dit ook invloed op de getijslag.

Met betrekking tot de formulering van de hypothesen zou het beter zijn om hypothese V1 te herformuleren om misverstanden over de grootte van de toename te voorkomen. Op basis van de bevindingen van het rapport van de Technische Scheldec commissie (1984) wordt daarom aanbevolen om in de hypothese te vermelden dat met de toename, een percentage van het *totale* getijvolume wordt bedoeld. Hypothese V1 wordt daarom als volgt geherformuleerd:

**Het getijvolume in de hoofdgeul zal ten oosten van Hansweert met 5-15% van het totale getijvolume toenemen. Deze toename gaat ten koste van de nevengeulen.**

Daarnaast zou overwogen kunnen worden om hypothese V2 te schrappen, omdat met de huidige onnauwkeurigheid van de meetgegevens het onmogelijk is de in de hypothese voorspelde veranderingen betrouwbaar te kunnen aantonen.

## 2.4 Stroomsnelheden

### 2.4.1 Inleiding

De stroomsnelheid is afhankelijk van het doorstroomoppervlak, het getijvolume en de getijperiode. Toename van de stroomsnelheid kan leiden tot een grotere erosie en grotere sedimenttransporten. Het is de verwachting dat de aan drempels grenzende geuldelen na de verdieping van diezelfde drempels zich zullen aanpassen aan de nieuwe (grotere) getijvolumes. Tijdens dit aanpassingsproces speelt de stroomsnelheid een belangrijke rol, het is daarom tevens een indicator voor een eventueel veranderende morfologie. Bijvoorbeeld als de stroomsnelheden in een hoofdgeul toenemen (door baggeren van de drempels in de hoofdgeul en het als reactie daarop uitruimen van de aangrenzende geuldelen) en tegelijkertijd in de nevengeul afnemen (door een combinatie van afname van de debieten in die nevengeul eventueel in combinatie met storten van baggerspecie), dan zal de nevengeul sedimenteren en de hoofdgeul eroderen. Dit kan consequenties hebben voor het voortbestaan van het meergeulensysteem. Daarnaast kunnen te grote stroomsnelheden een bedreiging opleveren voor de veiligheid. Dit betreft zowel de veiligheid van de dijken als een verhoogde kans op scheepsaanvaringen.

Tevens zijn de stroomsnelheden belangrijk voor de ecologie: hoge stroomsnelheden betekenen een hoogdynamische leefomgeving en minder kans voor slib om neer te slaan. Dit kan dan weer negatieve gevolgen hebben voor de geschiktheid (en dus ook het voorkomen) van een bepaalde locatie voor de bodemdieren, hetgeen weer gevolgen heeft voor de foerageermogelijkheden voor vogels.

De hypothesen S1 en S2 gaan inhoudelijk in op verwachte ontwikkelingen in de stroomsnelheden in de Westerschelde.

### 2.4.2 Hypothesen

Er is zijn twee hypothesen die de ontwikkelingen in de stroomsnelheden beschrijven:

**Hypothese S1: De maximum stroomsnelheden in de hoofdgeul oostelijk van Hansweert nemen na de verdieping toe met 10-20%. Na 15 jaar zullen de snelheden weer op het oude niveau zijn teruggekeerd.**

*Toelichting: De hoofdgeulen zijn nog niet aangepast aan de verhoogde getijvolumes. Hierdoor zullen de stroomsnelheden toenemen met een maximum direct na afloop van de verdieping. Na verloop van tijd heeft de geul zich aangepast aan de nieuwe getijvolumes, waardoor de snelheden na 15 jaar weer teruggekeerd zijn naar het oude niveau. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.*

**Hypothese S2: De maximum stroomsnelheden westelijk van Hansweert nemen niet toe.**

*Toelichting: In het westen vindt geen grootschalige verruiming van de geulen plaats. Hierdoor zullen het getijvolume en daarmee de stroomsnelheden niet toenemen.*

### 2.4.3 Methode

#### Interpretatie van hypothesen

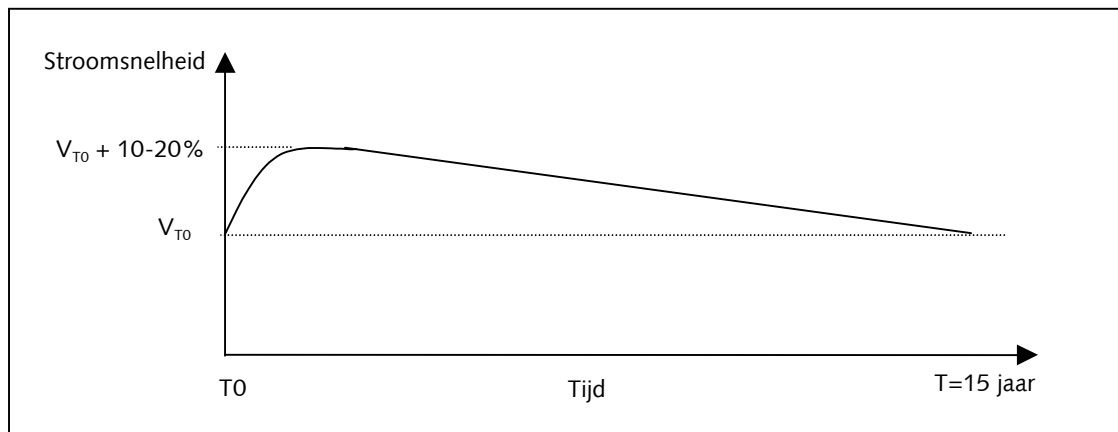
In de hypothesen wordt een onderscheid gemaakt naar de ontwikkelingen ten oosten van Hansweert, waar de stroomsnelheden tijdelijk wel verwacht worden toe te nemen en ten westen van Hansweert, waarvan verondersteld wordt dat de stroomsnelheden niet toenemen.

De hypothesen hebben als achtergrond het denkmodel van MOVE. Dit denkmodel stelt dat als gevolg van het verlagen van de drempels in de hoofdgeul de getijgolf minder weerstand ondervindt en er meer water door de hoofdgeul kan stromen. Door deze herverdeling van water, zal er dus een groter debiet en dus ook een groter getijvolume door de hoofdgeul gaan. Voorts stelt het denkmodel dat de aan de drempels grenzende geuldelen ten gevolge van dit grotere debiet zullen gaan verdiepen en verbreden, totdat er een nieuwe (dynamisch) evenwicht is ontstaan.

Bij de hypothesen wordt er van uitgegaan dat vlak na het verlagen van de drempels een groter debiet en dus ook een groter getijvolume door de hoofdgeul zal gaan, maar dat de aan de drempels grenzende geuldelen zich morfologisch nog niet hebben aangepast aan dit grotere volume. Wanneer een groter debiet door een morfologisch nog nauwelijks veranderde aangrenzende geul wordt gedwongen, zal dus de stroomsnelheid toe moeten nemen. Deze grotere stroomsnelheid zal dan weer grotere sedimenttransporten veroorzaken, waardoor de aan de drempels grenzende geuldelen eroderen. Verwacht wordt dat voornamelijk in het oostelijke deel van de Westerschelde de drempelverlaging zal leiden tot uitruiming van de aangrenzende geuldelen, aangezien in dit deel van de Westerschelde de meeste baggerinspanning wordt geleverd op de drempels en veranderingen in weerstand daar relatief de grootste uitwerking op de waterbeweging hebben (oosten: weerstandsgedomineerd). Naast de herverdeling van de getijvolumes over de geulen heeft ook een verandering in het totale getijvolume invloed op de stroomsnelheden.

Het proces van breder en dieper worden van de hoofdgeul zal echter niet instantaan plaatsvinden maar een aantal jaren in beslag nemen, waardoor de hypothese dan ook stelt dat de snelheden in het oostelijke deel eerst toe zullen nemen, waarna ze na 15 jaar weer teruggekeerd zijn naar hun oude niveau. Uit de hypothese is echter niet op te maken wanneer de stroomsnelheden in het oostelijke deel hun maximum zullen bereiken, om vervolgens lineair af te nemen naar het oude niveau. De in de hypothese geschetste ontwikkeling voor de stroomsnelheden in het oostelijke deel van de Westerschelde ziet er in een grafiek als volgt uit:

.....  
**Figuur 2.4.1**  
 De in de hypothese gestelde  
 snelheidsveranderingen gevisualiseerd.



In het oostelijke deel van de Westerschelde is dus een herverdeling van het zelfde getijvolume over de hoofd- en nevengeul (meer debiet door de hoofdgeul ten koste van de nevengeul) en een verandering in het totale getijvolume verantwoordelijk voor de tijdelijke toename van de stroomsnelheden in de hoofdgeul.

Er moet worden opgemerkt dat niet bekend is of de in de hypothese genoemde ontwikkelingen de totale ontwikkeling beschrijven (dus de ontwikkeling ten gevolge van autonome ontwikkelingen en ingrepen samen), of ten gevolge van enkel de verruiming. Wel is bekend dat de stroomsnelheden in de periode voor de tweede verdieping reeds een ontwikkeling laten zien (op basis van modelberekeningen), namelijk ze nemen iets toe in de loop der jaren. Aangenomen wordt dan ook dat de in de hypothese verwoorde ontwikkelingen een extra effect beschrijven ten opzichte van de trend die voor de verdieping al te zien was. De trend voor de tweede verdieping kan veroorzaakt zijn door de reeds sinds het begin van de vorige eeuw continu uitgevoerde baggerwerkzaamheden, de eerste verdieping, maar ook door de zeespiegelstijging.

#### **Data gebruikt voor toetsing**

Er worden in het kader van MOVE wel debietmetingen uitgevoerd, maar geen specifieke stroommetingen. Deze debietmetingen kunnen natuurlijk gedeeld worden door het doorstroomprofiel, dat ook gemeten wordt, waardoor een soort van diepte- en breedtegemiddelde snelheid gevonden wordt. Van deze gemiddelde snelheid kan een tijdreeks gemaakt worden en zodoende kan de ontwikkeling bekeken worden. Nadeel van deze methode is dat er slechts een beperkt aantal debietraaien in de Westerschelde ligt. Bijkomend nadeel is natuurlijk dat deze debietmetingen altijd bij andere meteorologische en getijcondities opgenomen worden. Voorts zit op deze metingen ook een grote foutenmarge.

De beschouwing met betrekking tot de stroomsnelheden in de Westerschelde in de periode 1988-1996-2001 is gebaseerd op de Scalwest<sup>13</sup> simulaties. Het Scalwest model is een waterbewegingmodel voor de Westerschelde dat gebruikt is om de bodemveranderingen te vertalen naar veranderingen in waterstanden, getijvolume en stroomsnelheden. Het Scalwest model is dus geen morfologisch model: er zijn geen terugkoppelingen vanuit de (berekende) veranderde waterbeweging naar de bodem zodat daarmee opnieuw de waterbeweging kan worden berekend. Indien er dus een bodemliggingskaart van 2001 in het model wordt gebracht, kan met het model voor heel de Westerschelde berekenen worden welke waterstanden, getijvolumen en stroomsnelheden hierbij horen op een bepaald moment in de getijperiode. De gegenereerde waterstanden, getijvolumen en stroomsnelheden zijn daarom dan ook sterk afhankelijk van in hoeverre de waargenomen morfologie in 2001 reeds veranderd (aangepast) is.

De waterbeweging is voor een drietal jaren berekend: 1988, 1996 en 2001. Voor deze drie jaren zijn de lodingen van elk jaar omgezet naar een bodemschematisatie en in het afgeregelde Scalwest 1996 model. Alle variabelen, behalve de bodem, worden in de verschillende modelberekeningen constant gehouden. Hierdoor is het mogelijk de ontwikkelingen in de periode

---

<sup>13</sup> het SCALWEST model is een numeriek waterbewegingsmodel van het Schelde-estuarium (inclusief monding), dat gebaseerd is op WAQUA in SIMONA. Het model strekt zich uit van het mondingsgebied van de Westerschelde tot en met de Zeeschelde in België. Het model is gekalibreerd en gevalideerd voor de groot-schalige waterbeweging.

na de verdieping (1996-2001) te vergelijken met de ontwikkelingen die in de stroomsnelheden en getijvolumes reeds aanwezig waren in de periode voor de verdieping (1988-1996). De resultaten van deze Scalwest berekeningen zijn samengevat in verschilkaarten van de stroomsnelheden tussen de verschillende jaren bij maximale vloed (hoogste stroomsnelheden) ter plaatse van Hansweert. Zodoende zijn de maximale stroomsnelheidsverschillen in kaart gebracht. Voor de daadwerkelijke toetsing zal echter het verschil tussen 1996 en 2001 beschouwd worden. De ontwikkelingen in de periode voor de verdieping zullen echter gebruikt worden om iets te zeggen over het extra effect van de verdieping t.o.v. de autonome ontwikkelingen zoals die voor de verdieping reeds plaatsvonden. De resultaten van Scalwestberekeningen worden voor het eerst beschreven in de datarapportage fysica uit 2001 (Liek, 2001) en zijn vervolgens in Liek & Lefevre (2002) weergegeven in de vorm zoals ze ook hier gepresenteerd zijn.

Om de stroomsnelheidveranderingen duidelijk weer te geven is een filter op de resultaten toegepast: er worden slechts drie kleuren weergegeven: geel voor veranderingen tussen de -10 en +10 cm/s, rood voor stroomsnelheidtoenames van meer dan 10 cm/s en groen voor stroomsnelheidsafnames van meer dan 10 cm/s.

#### **Methode van toetsing**

In de stroommetingen (d.m.v. debiet metingen) zijn veel van de met Scalwest bepaalde veranderingen (nog) niet te zien, enerzijds vanwege te korte meetreeksen na de verdieping, meetonnauwkeurigheden, meteo effecten etc. en anderzijds omdat op een beperkt aantal locaties stroomsnelheden gemeten worden. Voor de toetsing wordt dan ook bekeken hoe de stroomsnelheden in de hoofdgeulen zich hebben ontwikkeld, voornamelijk middels de resultaten van de Scalwest simulaties. Deze simulaties laten eigenlijk puur de veranderingen in de stroomsnelheden en getijvolumes zien t.o.v. een andere bodemgeometrie (voor elk jaar een andere bodem, die gemaakt is aan de hand van de lodingen, dus in die bodem zitten ook morfologische veranderingen). Aangezien hypothese S1 een nogal kwantitatief karakter heeft, maar aan de hand van de modelberekeningen moeilijk iets te zeggen valt over de stroomsnelheidontwikkelingen in heel de hoofdgeul ten westen van Hansweert (stroomsnelheden hebben een sterk lokaal karakter), zal de toetsing dus meer een kwalitatief dan een kwantitatief karakter hebben.

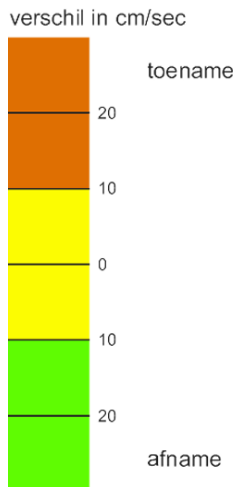
#### **2.4.4 Resultaten**

In de hoofdscheepvaartgeul zijn de stroomsnelheden sinds 1996 niet wezenlijk veranderd (veranderingen < 0.1 m/s), met uitzondering van een klein gebied in de overgang van Honte naar Drempel van Borssele en met name aan de plaat/noordzijde van Gat van Ossense/Overloop van Hansweert. De stroomsnelheidtoename in de raai Gat van Ossense-Overloop van Hansweert bedraagt maximaal ca. 40 cm/s bij vloed en hangt samen met de toename van het getijvolume.

Voorts nemen, net zoals in de periode van voor de verruiming (1988-1996), de stroomsnelheden in het Zuidergat/Overloop van Valkenisse nog steeds af. Uit de figuren 2.4.2 en 2.4.3 kan geconcludeerd worden dat in de hoofdgeul de verandering in stroomsnelheden eigenlijk zowel ten oosten als ten westen van Hansweert zeer gering zijn. De grootste veranderingen zijn zeer lokaal en voornamelijk in de buurt van plaatranden en stortgebieden. Dit stemt ook overeen met stroommetingen die speciaal nabij deze gebieden zijn verricht.

**Figuur 2.4.2**

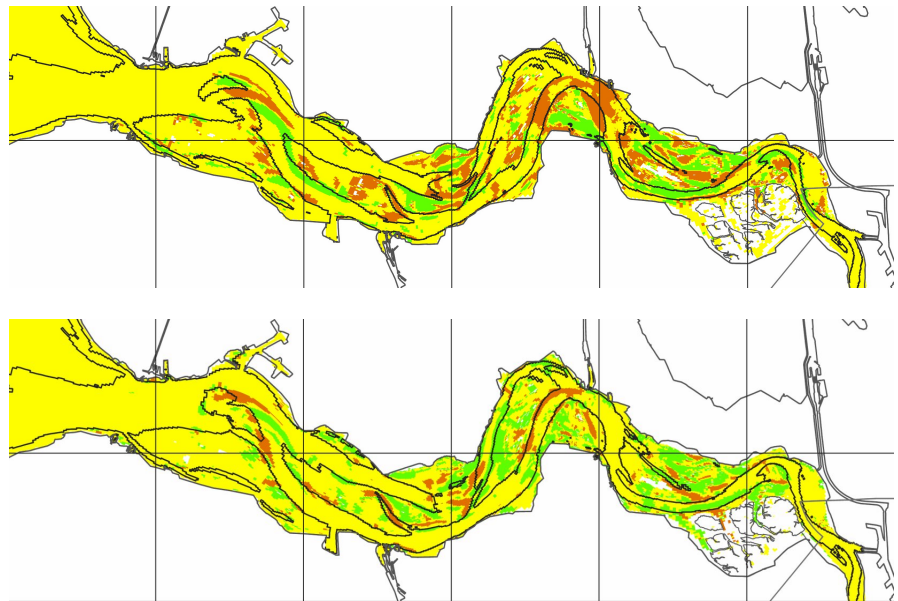
Stroomsnelheidsverschil 1988-1996 (voor de verruiming) bij maximale vloedstroom ter plaatse van Hansweert.



**Figuur 2.4.3**

Stroomsnelheidsverschil 1996 (voor de verruiming) - 2001 bij maximale vloedstroom ter plaatse van Hansweert.

Opvallend is wel dat juist ten westen van Hansweert de meeste veranderingen in stroomsnelheden te zien zijn, maar ook hier niet zo zeer in de hoofdgeul als wel in de buurt van plaatranden.



Uit bovenstaande resultaten is niet af te leiden of de in de hypothese voorspelde snelheidstoename nog moet optreden of dat deze reeds is opgetreden of deze helemaal niet zal optreden/is opgetreden. Omdat de hypothese geen uitspraak doet over wanneer de stroomsnelheidstoename zal optreden, kunnen daarom de hypothesen voorlopig nog niet worden verworpen.

#### 2.4.5 Conclusie

**Hypothese S1 kan nog niet verworpen worden**, want alhoewel we op enkele zeer lokale toenames nabij plaatranden en stortlocaties na, nog geen significant toename in snelheden in de hoofdgeul ten oosten van Hansweert zien, is het d.m.v. de modelberekeningen niet bekend over welke periode na de verruiming de voorspelde stroomsnelheidstoename op zal treden.

**Hypothese S2 lijkt te kloppen en wordt dus niet verworpen**, omdat de stroomsnelheden in de hoofdgeul ten westen van Hansweert, op enkele zeer lokale toenames nabij plaatranden en stortlocaties, niet significant veranderd zijn.

#### 2.4.6 Discussie

Uit de resultaten is gebleken dat de stroomsnelheden lokaal zeer kunnen variëren, terwijl de hypothese S1 zeer globaal is opgesteld: de stroomsnelheden in de hoofdgeul ten oosten van Hansweert zullen met 10-20 % toenemen. Uit de resultaten van de Scalwest simulaties valt echter wel op te maken dat ze globaal in de hoofdgeul als geheel zijn toegenomen, maar dit is moeilijk in een getal uit te drukken.

Dat er ten oosten van Hansweert minder veranderingen in stroomsnelheden zijn te zien dan in het westen komt met name omdat de nevengeulen daar al

10 jaar aan het eroderen zijn en meer debiet trekken. Daarnaast zijn de aangrenzende geuldelen verruimd door baggeren (zie ook Jeuken e.a., 2003)

Hypothese S2 zegt dat doordat het getijvolume in het westen niet toeneemt, de maximale stroomsnelheden westelijk van Hansweert ook niet toenemen. Dit is echter niet juist, want het totale getijvolume neemt wel toe (absoluut *minstens* evenveel als in het oosten). Daarnaast kan door verdiepen van de drempels en grote stortingen in de nevengeulen ook een herverdeling plaatsvinden. Hypothese I4 bevestigt dit ook door te zeggen dat de geulinhouden in de hoofdgeulen in het westen veranderen. Hiervoor is ook erosie en dus een toename van de stroomsnelheden noodzakelijk. De verandering in stroomsnelheden is afhankelijk van de grootte van de absolute toename ten opzichte van het totale getijvolume en de herverdeling.

Verder worden voor de toetsing van de resultaten voornamelijk de resultaten van modelberekeningen gebruikt. Alhoewel deze berekeningen wel goed de ontwikkelingen in de stroomsnelheden laten zien ten gevolge van alleen een bodemverandering, zit er natuurlijk altijd een onnauwkeurigheid in de berekening en zullen de werkelijke stroomsnelheden altijd iets afwijken. Wanneer je echter de resultaten voor de verschillende perioden relatief t.o.v. elkaar beschouwd, zoals in de toetsing gedaan is, zal daardoor de invloed van de meetfouten voor een deel verdisconteerd worden.

Ook moet nog vermeld worden dat de plaatjes een momentopname uit de berekening weergeven. Het is niet zo dat de maximale eb- of vloedstroom in de gehele Westerschelde tegelijkertijd optreedt. De weergegeven verschilkaarten zijn bepaald voor het moment dat de stroomsnelheden ter plaatse van Hansweert maximaal zijn. Wanneer je kaarten met absolute stroomsnelheden bekijkt, zullen de stroomsnelheden ten oosten en westen van Hansweert dus niet maximaal zijn. Hoewel dit min of meer wordt verdisconteerd door naar het relatieve beeld te kijken, wordt toch aanbevolen om 3 verschillende situaties te onderzoeken: bij Vlissingen (westen) maximale stroomsnelheid, bij Hansweert (midden) maximale stroomsnelheid en bij Bath (oosten) maximale stroomsnelheid.

Vervolgens wordt aanbevolen om in het vervolg ook de gemeten debieten te gebruiken voor een verdere analyse van deze hypothesen, dus om de modelresultaten te staven. In de rapporten die de Meet en Informatiedienst te Vlissingen uitgeeft wanneer in een bepaalde debietraai metingen zijn gedaan, wordt namelijk ook altijd een samenvatting van de resultaten gegeven. Zo zijn er gegevens over de maximale debieten bij eb en bij vloed door die debietraai, die herleid zijn naar een gemiddeld getij. Tevens is ook het doorstroomoppervlak van die debietraai ten opzichte van N.A.P. gegeven. Wanneer die twee op elkaar gedeeld worden, verkrijgt je een nieuwe parameter: de dwarsdoorsnede gemiddelde snelheid. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat wanneer het maximale debiet bij vloed op een doorstroomoppervlak bij N.A.P wordt gedeeld, een overschatting optreedt, omdat het doorstroomoppervlak bij vloed groter is dan bij N.A.P. Aanbevolen wordt om het doorstroomoppervlak bij vloed en bij eb met behulp van GIS te berekenen. Door de ontwikkeling van de parameter dwarsdoorsnede gemiddelde snelheid in de tijd te beschouwen, kan op basis van meetgegevens in een meer kwantitatieve zin iets gezegd worden van de ontwikkeling van de stroomsnelheden. Je moet dan wel voor zowel het westelijke deel als het oostelijke deel een aantal debietraaien als representatief voor de hoofdgeul aanwijzen. Concreet kan voor de bestudering van de ontwikkelingen in de stroomsnelheden in de hoofdgeul ten westen van Hansweert de ontwikkeling



in de raaien 6, 7 en 9 beschouwd worden en voor de bestudering van de ontwikkelingen in het deel ten oosten van Hansweert de raaien 2, 3 en 5A.

## 2.5 Zout

### 2.5.1 Inleiding

Een belangrijke karakteristiek van een estuarium, en dus ook van de Westerschelde, is de zoutgradiënt. Vooral voor de natuurwaarden is deze gradiënt van belang. Veel organismen zijn gebonden aan een bepaalde bandbreedte in het zoutgehalte. Indien het zoute(re) zeewater als gevolg van de verruiming verder het estuarium binnendringt, zal dit gevolgen hebben voor de aan de Westerschelde toegedichte functie 'natuur'.

De zoutgradiënt in de Westerschelde is het gevolg van de ontmoeting tussen zoet rivierwater, hoofdzakelijk afkomstig uit het stroomgebied van de Schelde, en het zoute water van de Noordzee. Behalve de variaties hierin bepalen mengingsprocessen in de Westerschelde de vorm en ligging van deze gradiënt. De mate waarin het water in de Westerschelde wordt gemengd, wordt grotendeels bepaald door de geometrie van de Westerschelde. Ingrepen in deze geometrie, zoals de bagger- en stortactiviteiten ten behoeve van de verruiming, kunnen gevolgen hebben voor de mate waarin het zoute zeewater en het zoete rivierwater worden gemengd. De mogelijkheid bestaat dat door de verruiming het getij verder de Westerschelde binnen kan dringen, waardoor het zoute water verder stroomopwaarts kan komen dan in de situatie vóór de verruiming.

Om de gevolgen voor de zoutconcentraties in de Westerschelde van genoemde baggeractiviteiten ten behoeve van de verruiming aan te kunnen geven is één hypothese opgesteld. Deze wordt getoetst aan de gevonden ontwikkelingen van de zoutconcentraties in de Westerschelde.

### 2.5.2 Hypothesen

De hypothese Z1, die is opgesteld om de gevolgen van de verruiming voor de zoutgradiënt in de Westerschelde te toetsen, is beschreven in het Plan van aanpak [Jong, J. de et al, 1997].

#### **Hypothese Z1: de extreme zoutgehalten veranderen niet als gevolg van de verdieping.**

*Toelichting: De extreme zoutgehalten zijn veel meer afhankelijk van een geringe rivierafvoer van de Westerschelde dan van een grotere getijdoordringing door de verdieping. Deze hypothese zal worden getoetst aan de hand van meetgegevens van de meetstations, eventueel aangevuld met modelberekeningen.*

In de oorspronkelijke definitie van deze hypothese en de bijgevoegde toelichting wordt ervan uitgegaan dat de 'extreme' zoutconcentraties als gevolg van de verruiming niet zullen veranderen. In de toelichting is tevens aangegeven dat het voorkomen van extreme zoutconcentraties veel meer het gevolg is van geringe rivierafvoeren dan van mogelijke gevolgen van de verruiming. Naar de letter zou dit betekenen dat extreem lage concentraties als gevolg van erg hoge rivierafvoeren niet beschouwd zouden moeten worden. Echter, ook extreem lage concentraties kunnen een negatieve invloed hebben op de biologie in de Westerschelde.

Aangenomen is dat de hypothese is opgesteld vanuit de zorg om mogelijk negatieve effecten voor de biologie in de Westerschelde door veranderingen in de zoutconcentraties, die het gevolg kunnen zijn van de bagger- en stortactiviteiten, die ten behoeve van de verruiming zijn uitgevoerd. Daarom is niet

gekeken naar de extreme zoutconcentraties, die tenslotte slechts incidenteel voorkomen, maar zijn de 10-daags gemiddelde chlorideconcentraties beschouwd, die uit beschikbare gegevens zijn berekend. De hypothese is geherformuleerd in:

**Hypothese Z1: de decadegemiddelde chlorideconcentraties in de Westerschelde veranderen niet als gevolg van de verzuiming.**

### 2.5.3 Methode

Als referentie voor de toetsing van de hypothese wordt de situatie tijdens de periode 1988 - 1996 aangehouden. Binnen deze periode is 1996 het meest recente jaar waarin de chlorideconcentraties nog niet door eventuele effecten van de verzuiming kunnen zijn beïnvloed.

Voor de toetsing zijn chloridegegevens gebruikt van de periode 1988 tot en met 2001. Deze gegevens zijn afkomstig van de meetlocaties op de Vlakte van de Raan in de Westerscheldemonding en in de Westerschelde bij Hoofdplaat, de Overloop van Hansweert en Baalhoek (zie figuur 2.5.1.).

De toetsing vindt plaats aan de hand van de vergelijking van de tendensen in de chlorideconcentraties in genoemde meetlocaties in de  $T_0$ -situatie en in de periode 1997 - 2001.

Verder is getracht een statistisch voldoende betrouwbare relaties te vinden tussen de zoetwateraanvoer en de chlorideconcentraties in genoemde periodes.

Er wordt van uitgegaan dat eventuele effecten van de verzuiming op de chlorideconcentraties een periode van maximaal 25 jaar zullen bestrijken. Indien er effecten zijn zullen die zich voor het grootste deel kort na de bagger- en stortwerkzaamheden manifesteren.

.....  
**Figuur 2.5.1.**  
 Meetlocaties chloride in de Westerschelde en de Westerscheldemonding.



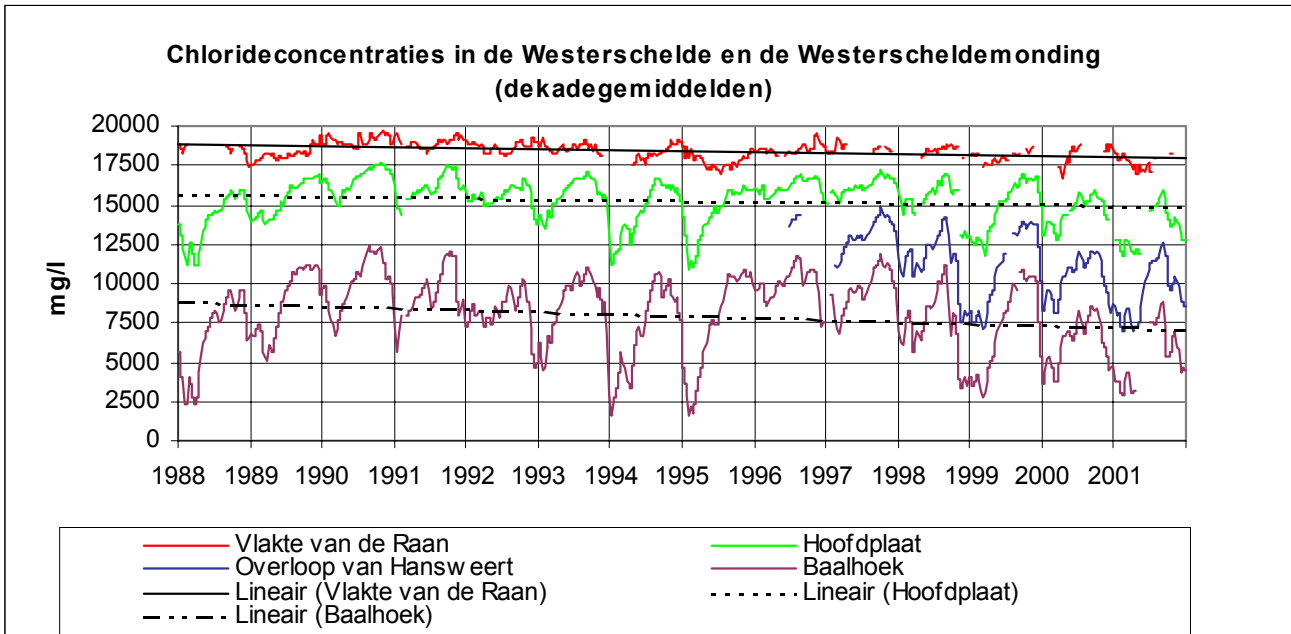
### 2.5.4 Resultaten

De chlorideconcentraties in de Westerschelde worden voor het grootste deel bepaald door de rivierafvoer en de geometrie van de Westerschelde. Een poging om deze relatie voor de periodes vóór en na de verzuiming – dus enige wijziging in de geometrie - met behulp van een multiple regressiemodel aan te geven, en daaruit een eventuele invloed van de verzuiming op de chlorideconcentraties aan te geven, bleef steken op de onnauwkeurigheid van dit model. Om de waarschijnlijk kleine gevolgen van de verzuiming voor de chlorideconcentraties aan te kunnen geven is een nauwkeurig model een vereiste.

De chlorideconcentraties die in de periode 1988 t/m 2001 zijn gemeten in de locaties op de Vlakte van de Raan, Hoofdplaat, Overloop van Hansweert en Baalhoek zijn in figuur 2.5.2 opgenomen. Figuur 2.5.3 geeft een beeld van de chlorideconcentraties in die locaties in de periode 1988 – 1996, figuur 2.5.4 geeft een beeld hiervan in de periode 1997 – 2001.

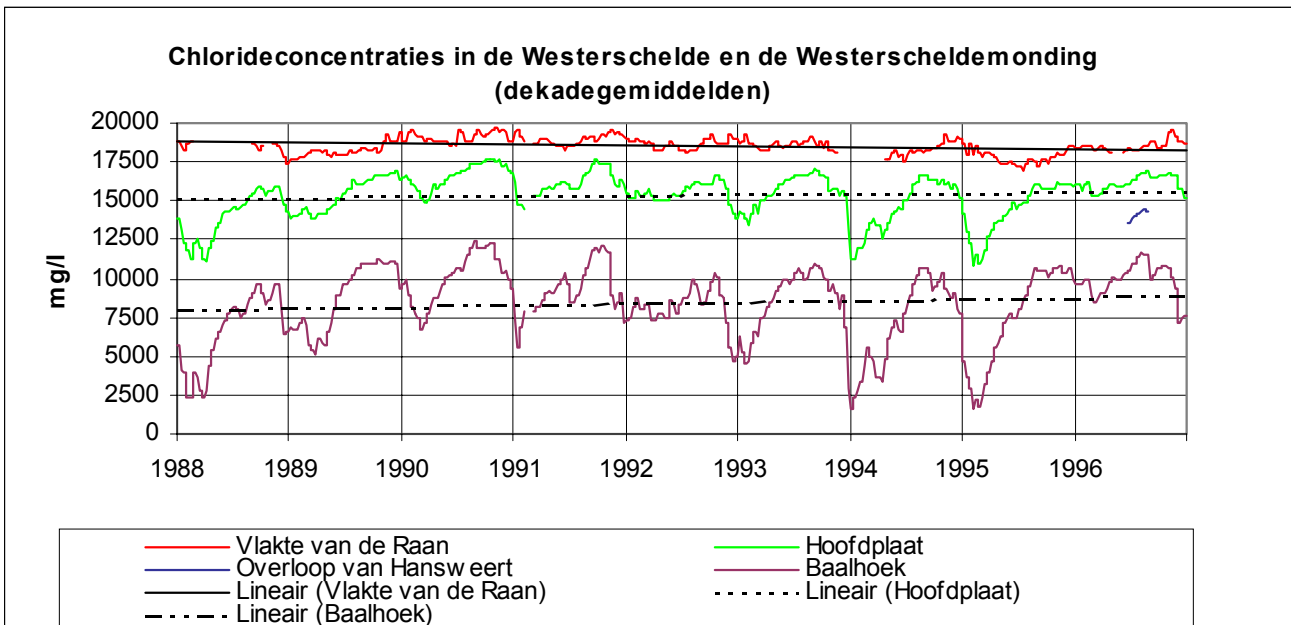
**Figuur 2.5.2**

Decadegemiddelde chlorideconcentraties in de Westerschelde en de Westerscheldemonding in de periode 1988 – 2001.



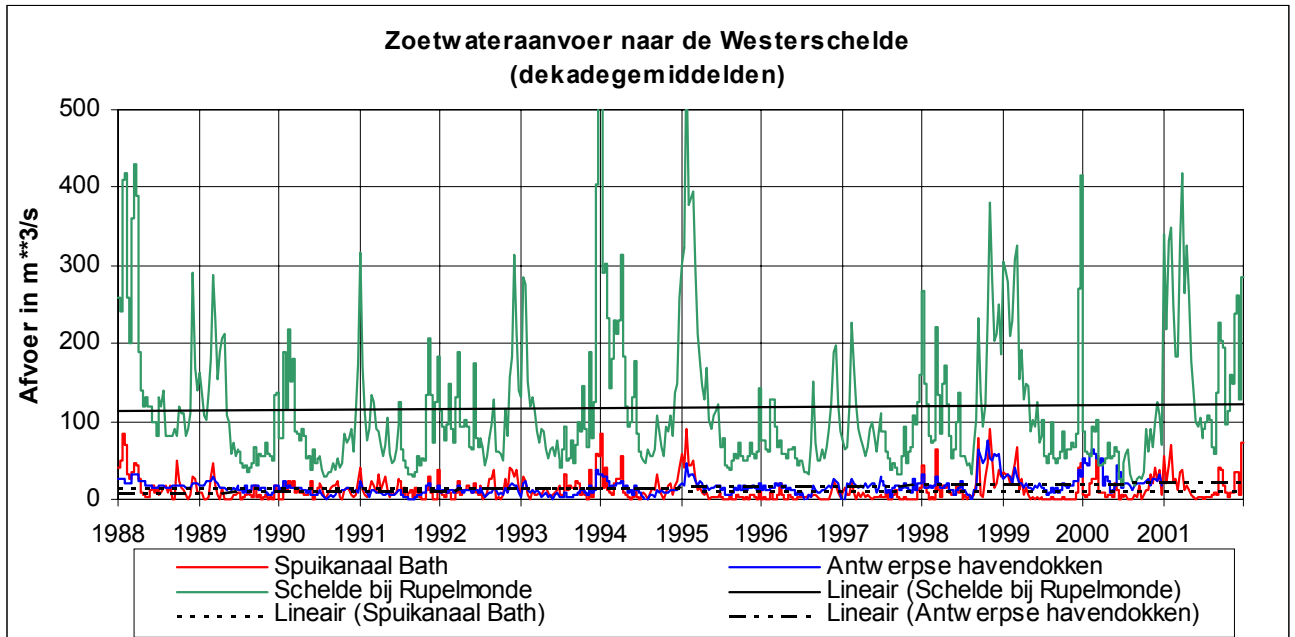
**Figuur 2.5.3**

Decadegemiddelde chlorideconcentraties in de Westerschelde en de Westerscheldemonding in de periode 1988 – 1996.



**Figuur 2.5.4.**

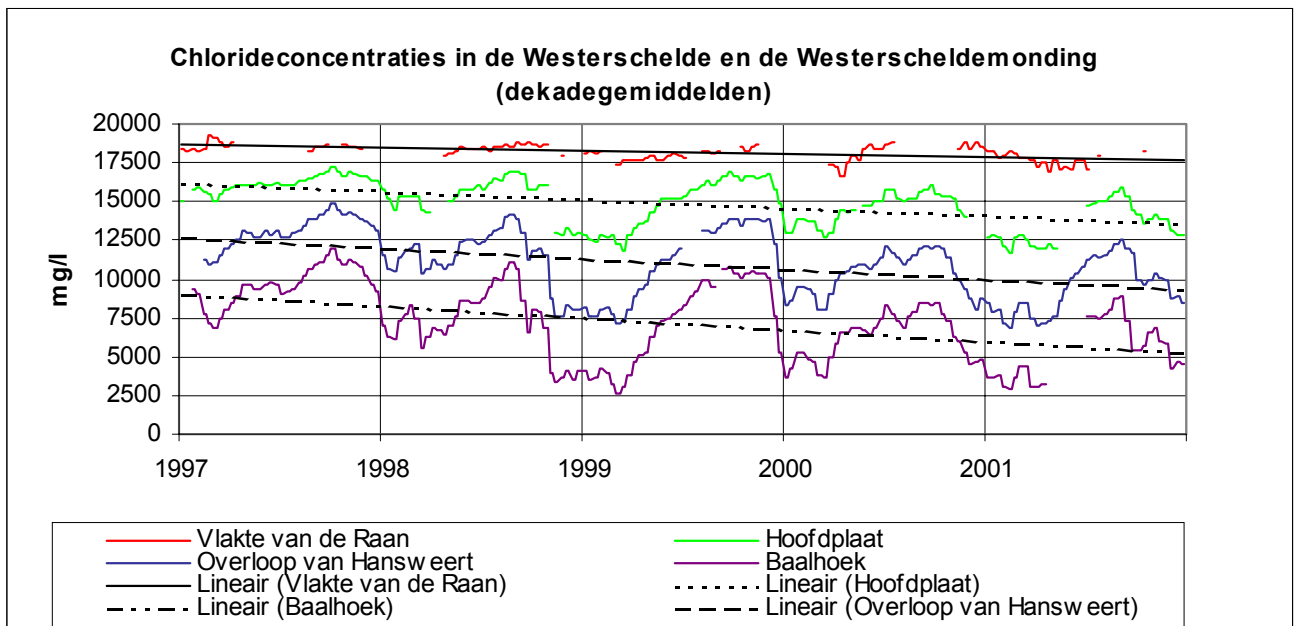
Decadegemiddelde chlorideconcentraties in de Westerschelde en de Westerscheldemonding in de periode 1997 – 2001.



Uit deze figuren blijkt dat de decadegemiddelde chlorideconcentraties in de Westerschelde in de periode 1998 – 2001 enigszins dalen, in de periode 1988 – 1996 iets stijgen en in de periode na de verruiming dalen. Deze variaties zijn echter in hoofdzaak het gevolg van variaties in de toevoer van zoet rivierwater uit het stroomgebied van de Schelde. Ook de aanvoer uit de stroomgebieden van de Maas, via de Antwerpse havens en van de Rijn, via het Spuikanaal Bath hebben hierop ook enige invloed. Figuur 2.5.5 geeft een beeld van de ontwikkeling van een belangrijk deel van de zoetwatertoevoer uit het stroomgebied van de Schelde in de periode 1988 – 2001, figuur 2.5.6 geeft een beeld van de zoetwatertoevoer in de periode 1988 – 1996 en figuur 2.5.7 geeft daarvan een beeld in de periode 1997 – 2001.

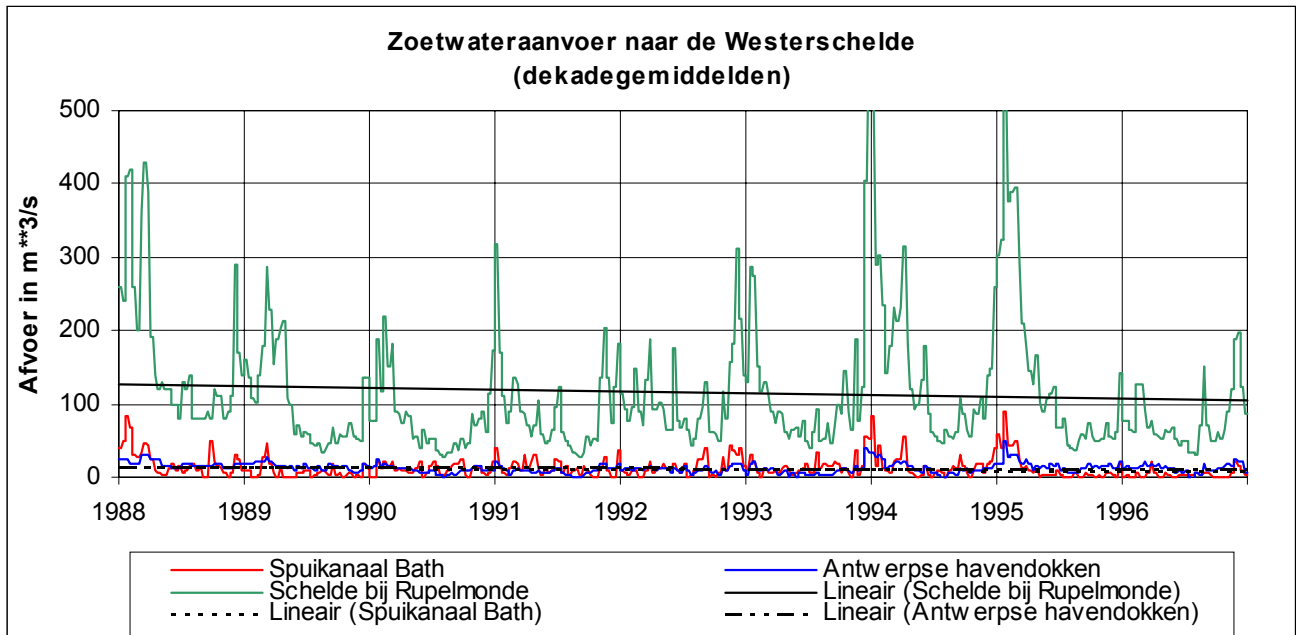
**Figuur 2.5.5**

Zoetwateraanvoer naar de Westerschelde in de periode 1988 – 2001.

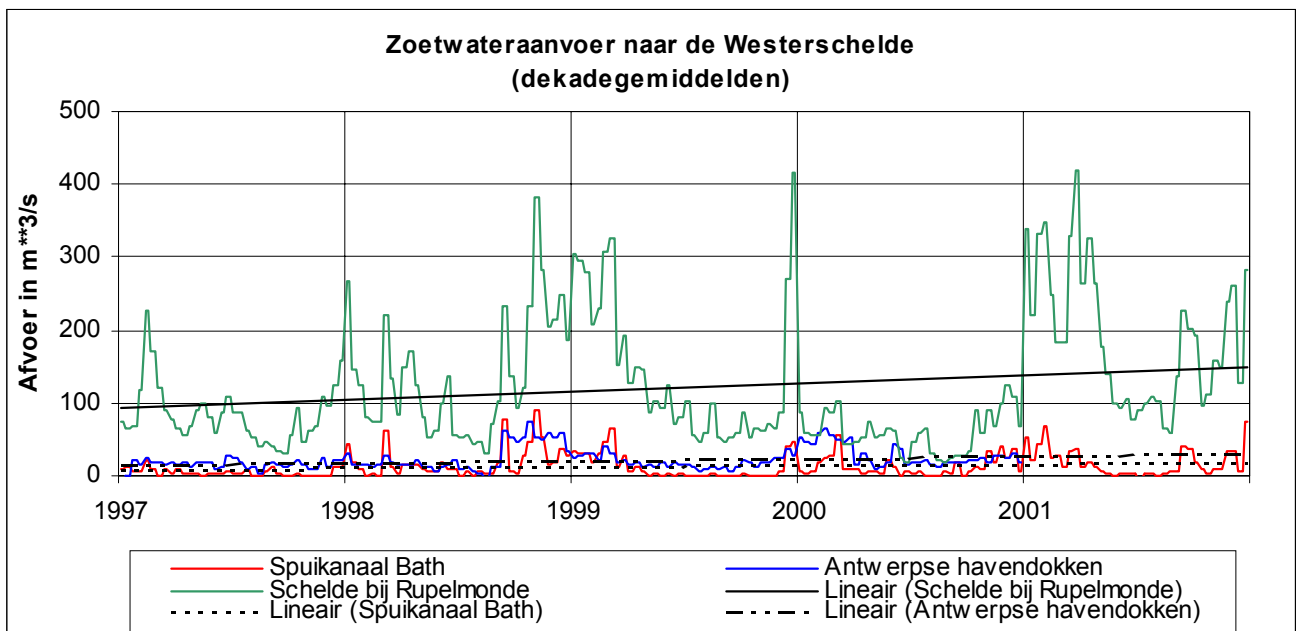


De variaties in de aanvoer van zoet water, iets stijgend in de periode 1988 – 2001, iets dalend in de periode 1988 – 1996 en stijgend in de periode 1997 – 2001, zijn voor het grootste deel het gevolg van veranderende meteorologische omstandigheden. Ook variaties in de import in het stroomgebied van de Schelde van gebiedsvreemd zoet water, dat afkomstig is uit het stroomgebied van de Maas - en dat via de Schelde én via de Antwerpse Havendokken op de Westerschelde terecht komt – en zoet water afkomstig van het stroomgebied van de Rijn - dat via het Spuikanaal Bath op de Westerschelde terecht komt - dragen daaraan bij. In [Lefèvre, 2003] is een overzicht gegeven van de factoren die de aanvoer van zoet water naar de Westerschelde bepalen en beïnvloeden.

**Figuur 2.5.6**  
Zoetwateraanvoer naar de Westerschelde in de periode 1988 – 1996.



**Figuur 2.5.7**  
Zoetwateraanvoer naar de Westerschelde in de periode 1997 – 2001.



### 2.5.5 Conclusie

Uit de beschikbare informatie wordt geconcludeerd dat de chlorideconcentraties tijdens en na de verzuimingswerkzaamheden, vanaf 1997 in de Westerschelde over het algemeen zijn gedaald. Deze daling strekt zich uit tot de Westerscheldemonding. De daling wordt toegeschreven aan de gevolgen van de in die periode toegenomen aanvoer van zoet water uit de stroomgebieden van de Schelde, de Maas en de Rijn.

Het getij dringt als gevolg van de verzuiming verder de Westerschelde binnen, en zou mogelijk een stijging van de chlorideconcentraties tot gevolg hebben. Omdat de chlorideconcentraties in de periode 1997 - 2001 dalen konden eventuele gevolgen van de verzuiming voor de chlorideconcentraties niet worden aangetoond.

De hypothese stelt dat de chlorideconcentraties in beschouwde periode als gevolg van de verzuiming niet veranderen. Uit bovenstaande **wordt geconcludeerd dat de geherformuleerde hypothese Z1 aanvaard wordt.**

### 2.5.6 Discussie

Door de verzuiming zal het getij iets verder in de Westerschelde doordringen. Enige stijging van de chlorideconcentraties in de Westerschelde is hiervan zou het gevolg kunnen zijn. Metingen in de periode vanaf de aanvang van de bagger- en stortwerkzaamheden, die t.b.v. de verzuiming plaats vonden, laten een daling van de chlorideconcentraties zien. Deze daling is voor het grootste deel - dat echter niet kon worden gekwantificeerd - het gevolg van de in dezelfde periode toegenomen aanvoer van zoet water naar vooral het oostelijke deel van de Westerschelde.

Daardoor is het onduidelijk gebleven wat de 'werkelijke' invloed van de verzuiming is op de chlorideconcentraties. Om deze invloed te kunnen kwantificeren en daarmee hypothese Z1 op een adequate manier te kunnen toetsen, is informatie en analyse over langere periode nodig van alle zoetwaterlozingen op de Westerschelde. Ook is informatie nodig van de zoetwaterlozingen op de Zeeschelde omdat de rivierafvoer vanaf het stroomgebied bij Schelle wordt berekend. Deze informatie kan vervolgens als input worden gebruikt in een fysisch model waarmee berekeningen van de chloridesituaties voor en na de verzuiming kunnen worden uitgevoerd. Vervolgens kan deze output ('chloridenvelden') worden gebruikt als input voor het nog verder te ontwikkelen ZES (Zoute Ecotopen Stelsel) voor de Westerschelde. Koppeling van de chloridesituaties voor en na de verzuiming van de Westerschelde met informatie over (eventuele wijzigingen in) de vegetatie en het voorkomen van bodemdieren (bijvoorbeeld kokkels) is noodzakelijk om aan het uitgangspunt van de hypothese, de zorg over eventuele effecten van de verzuiming voor de biologie, te kunnen voldoen. Pas als hieraan wordt voldaan is toetsing van deze hypothese echt zinvol.

Het is beter de parameter saliniteit te beschouwen in plaats van chloride, omdat deze parameter internationaal meer is geaccepteerd.

## 2.6 Zandtransporten

### 2.6.1 Inleiding

Er wordt in de hypothesen die in dit subhoofdstuk behandeld worden een onderscheid gemaakt in de zogenaamde natuurlijke zandtransporten en de baggerwerken. De natuurlijke zandtransporten worden in concreto behandeld door de import van zand vanuit de Noordzee naar de Westerschelde (estuarium is van nature zandimporterend) en het zandtransport van het westelijke naar het oostelijke gedeelte van de Westerschelde te beschouwen. De import vanuit de Noordzee wordt om twee redenen apart beschouwd. Ten eerste is de zandimport van belang voor de hoeveelheid zand die gewonnen mag worden uit de Westerschelde. Het beleid is er namelijk tot nu toe op gericht om netto zo min mogelijk zand uit de Westerschelde te halen. De zandwinning komt dan dus grotendeels overeen met de zandimport. Er wordt echter verwacht dat de toename van de import wordt gecompenseerd door de toename van de sedimentbeschikbaarheid in het westelijke gedeelte als gevolg van de toegenomen stortingen aldaar. De tweede reden komt hieruit voort. Wanneer de zandimport namelijk onveranderd blijft, wordt verwacht dat het systeem als geheel dus ook niet sneller verdrinkt of verlandt als gevolg van de ingrepen. Er moet wel opgemerkt worden dat andere processen, zoals bijvoorbeeld zeespiegelstijging, wel invloed kunnen hebben op de mate van sedimentimport vanuit de Noordzee.

Het stortbeleid dat tijdens de tweede verruiming is ingezet houdt in dat in het oosten gebaggerde sediment voornamelijk in het westen en midden gedeelte van de Westerschelde teruggestort wordt. Redenen om dit beleid te gaan uitvoeren is het terugkrijgen van de morfologische dynamiek in het oostelijke deel, maar ook de verwachting dat het onderhoudsbaggerwerk minder snel zou toenemen. De gedachte hierachter is wanneer de stortlocaties verder van de drempels in het oosten liggen daardoor minder snel zullen aanzanden. Men verwachtte dat dit zou leiden tot een meer efficiëntere uitvoering van het onderhoudsbaggerwerk. De grootte van sedimenttransport van west naar oost heeft hier invloed op en daarom is er een hypothese voor opgesteld.

De hypothesen die baggerwerken beschrijven gaan bekijken in feite of de gerealiseerde baggerhoeveelheden (zowel aanleg als onderhoud) binnen een bepaald maximum vallen dat is gesteld in de hypothese. Deze maxima uit de hypothesen zijn waarschijnlijk de maxima zoals ze ook in de baggervergunning staan. De hypothesen zijn dus bedoeld om te toetsen of de baggerhoeveelheden niet groter zijn dan verwacht werd vóór de verruiming.

De hypothesen T1 t/m T4 gaan inhoudelijk in op verwachte ontwikkelingen in de zandtransporten (door mens en natuur) in de Westerschelde.

### 2.6.2 Hypothesen

#### *Natuurlijke zandtransporten*

Er is een cluster van twee verschillende hypothesen dat de ontwikkeling van de natuurlijke sedimenttransporten in de Westerschelde beschrijft:

#### **Hypothese T1: De zandimport vanuit de Noordzee zal gelijk blijven.**

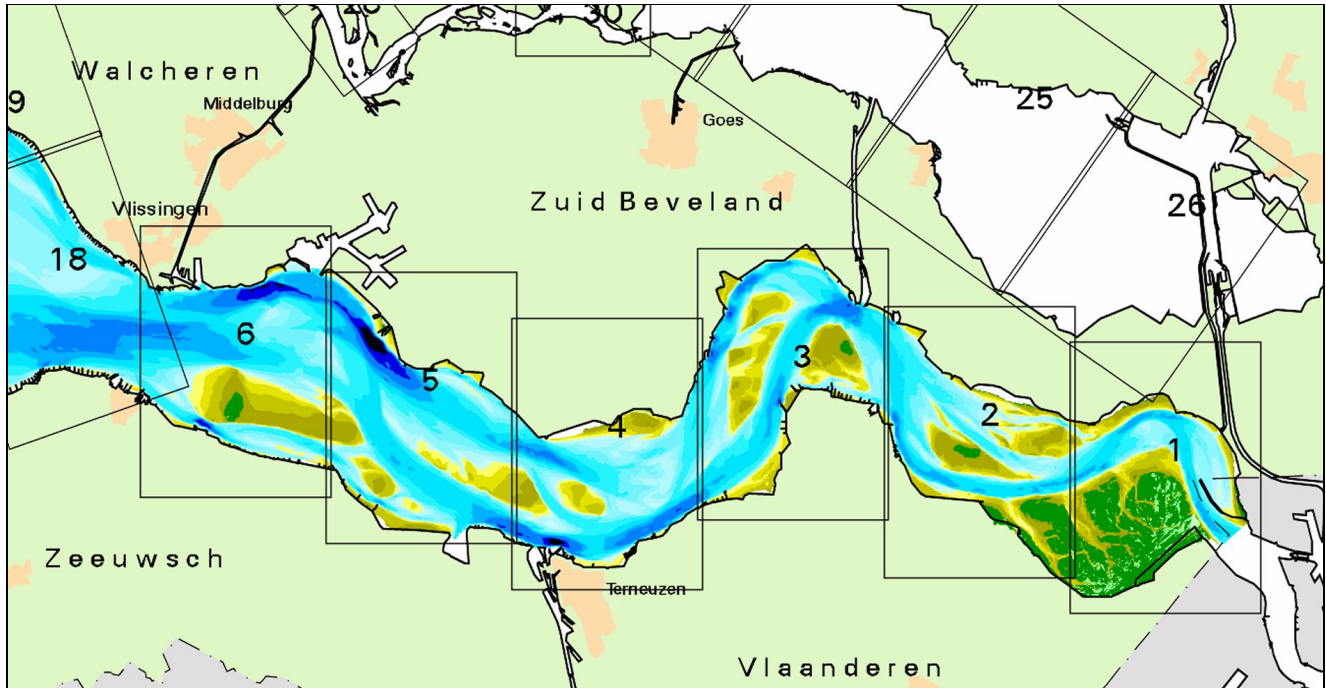
*Toelichting: Momenteel treedt een geringe import op (0,3 Mm<sup>3</sup>/j). Door de verdieping zou dit kunnen toenemen. Door sterke toename van de stortingen*



*in het westen wordt dit echter voorkomen. De import varieert tussen de -5 en +5 Mm<sup>3</sup>. Als import wordt de hoeveelheid zand verstaan die de westelijke grens van vak 6 overschrijdt. Deze hoeveelheid wordt bepaald uit de zandbalans.*

**Figuur 2.6.1**  
De vakindeling voor lodingen in de Westerschelde.

Voor het doen van de lodingen is de Westerschelde onderverdeeld in zes vakken. Deze indeling is weergegeven in de figuur 2.6.1.



Vak 1 en 2 vormen samen het oostelijke deel van de Westerschelde, vak 3 het midden en vak 4, 5 en 6 samen het westelijke gedeelte. Te zien is dat de westelijke grens van vak 6 eigenlijk precies van Vlissingen naar Breskens loopt. Zodoende is in de hypothese gesteld dat deze grens wordt gebruikt om het transport van Westerschelde naar de Noordzee of omgekeerd te berekenen.

De zandbalans is een balans, waarmee je de natuurlijke sedimenttransporten kunt bepalen. Het is eigenlijk niet meer dan een aftreksom van de gemeten inhoudsveranderingen (met behulp van de vaklodingen en GIS bepaald) en de gemeten ingreephoeveelheden (de som van baggeren, storten en zandwinning). Volgens de volgende som wordt dan de zandbalans opgesteld:

(netto) totale inhoudsverandering = inhoudsverandering t.g.v. ingrepen + natuurlijke inhoudsveranderingen.

In Mol *et al.* (1997) wordt de zandbalans gepresenteerd die destijds als  $T_0$  gebruikt werd. Vervolgens is de Jong (2000) met een andere en verbeterde methodiek voor het opstellen van de zandbalans gekomen, die in het MOVE project is overgenomen. In Paré (2002) en Liek (2002) zijn voor het eerst resultaten van deze methodiek in het licht van de hypothesen bekeken.

**Hypothese T2: Het netto sedimenttransport (getransporteerd door de natuur) van west naar oost neemt op lange termijn toe tot gemiddeld 4-6 Mm<sup>3</sup>/j.**

*Toelichting: Door het overschot aan sediment in het westelijk deel en een kleinere beschikbaarheid van sediment in het oostelijk deel, zal er transport van west naar oost (van vak 3 naar vak 2) plaatsvinden. Verwacht wordt dat*

*het jaarlijkse zandtransport tussen de 2 en de 8 Mm<sup>3</sup>/j zal liggen (gemiddeld over langere periode 4-6 Mm<sup>3</sup>/j).*

#### *Baggerwerken*

Er is een cluster van twee verschillende hypothesen dat de ontwikkeling van het aanleg- en onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde beschrijft:

**Hypothese T3: Het aanlegbaggerwerk (op Nederlands grondgebied) bedraagt ten westen van Vlissingen maximaal 4 Mm<sup>3</sup> (in situ), ten oosten van Vlissingen maximaal 15 Mm<sup>3</sup> (in beun gemeten).**

*Toelichting: Deze hoeveelheden zijn berekend uit een theoretisch profiel volgens het verdrag. In de praktijk kan een ander profiel ontstaan.*

**Hypothese T4: Het jaarlijks onderhoudsbaggerwerk na de verdieping (in beun gemeten) bedraagt ten westen van Vlissingen maximaal 1 Mm<sup>3</sup>, ten oosten van Vlissingen maximaal 14 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: Deze hoeveelheden zijn gebaseerd op ervaringen uit de vorige verdieping.*

De baggerhoeveelheden worden reeds sinds 1920 bijgehouden. In de datarapportage van 2002 (Liek, 2002), waarin voor het eerst de verzamelde data in het licht van de hypothesen werd bekeken, is reeds geconcludeerd dat het aanlegbaggerwerk niet het maximum uit hypothese T<sub>3</sub> heeft overschreden.

### 2.6.3 Methode

#### Interpretatie van hypothesen

##### *Natuurlijke zandtransporten*

In de toelichting bij hypothese T1 wordt gesteld dat momenteel een import optreedt van 0,3 Mm<sup>3</sup>/j. Deze waarde lijkt uit de appendix bij MOVE rapport 1 te komen (Mol *et al.*, 1997). Met momenteel wordt dan in de toelichting het jaar 1996 bedoeld.

De toelichting bij hypothese T2 is meer verwarrend dan verhelderend. Probleem is dat in de toelichting wordt gesproken over een toename van de zandtransporten op langere termijn. In de toelichting wordt echter nergens gesteld hoeveel jaar met die langere termijn bedoeld wordt. We kunnen er echter van uitgaan dat de transporten zich ontwikkelen in dezelfde periode als de inhouden, en dus mogen we aannemen dat de hypothese is opgesteld voor een periode van 15 jaar, met 1996 als beginjaar.

De oorspronkelijke achterliggende gedachte achter de hypothesen is dat door de gewijzigde bagger- en stortstrategie, die tijdens de 2<sup>e</sup> verruiming is ingegaan, de zandtransporten in de Westerschelde zullen veranderen. Deze gewijzigde strategie houdt in dat de vrijgekomen baggerspecie voornamelijk teruggestort wordt in het westelijk deel van de Westerschelde en niet meer in het oostelijke deel. De extra zandimport vanuit de Noordzee, die volgens de hypothesen verwacht zou mogen verwachten ten gevolge van de verdieping van de geulen, zou genivelleerd worden door de grotere stortingen in het westelijke deel van de Westerschelde. Aangezien er met de nieuwe strategie een stuk minder wordt gestort in het oostelijke deel van de Westerschelde, kan dit wel betekenen dat er een zandtransport van het westelijke deel richting het oostelijke deel op gang komt.

Als import vanuit de Noordzee wordt de hoeveelheid zand verstaan die de westelijke grens van vak 6 overschrijdt. Als transport van west naar oost wordt het transport van vak 3 naar vak 2 verstaan. Als  $T_0$  wordt het jaar 1996 gebruikt.

Voor de toetsing van de hypothesen wordt het natuurlijke sedimenttransport gebruikt ( $Mm^3/j$ ). Dit wil zeggen dat de ingrepen in de zandbalans verdisconteerd zijn. De natuurlijke sedimenttransporten zijn dus bepaald door de ingrepen van de gemeten inhoudsveranderingen af te trekken.

#### *Baggerwerken*

In de hypothese T3 worden eigenlijk twee "verschillende" soorten kuubs genoemd, de in situ kuubs ten westen van Vlissingen (ook wel profielkuubs genoemd) en de in de beun van het baggerschip gemeten kuubs ten oosten van Vlissingen (ook wel beunkuubs genoemd). De baggergegevens worden veelal in beunkuubs aangeleverd. Dit zijn twee verschillende grootheden, die verschillen in de pakkingsgraad van het zand. Als het bodemmateriaal door de zuiger omhoog wordt gezogen, zal de pakking van het zand minder worden. Met andere woorden, dezelfde hoeveelheid zand zal in de beun meer ruimte in beslag nemen dan in situ. Er wordt de volgende verhouding gebruikt: 1 profielkuub = 1,1 beunkuub (verschil in pakking is gesteld op 10%).

We zouden dus eigenlijk de waarde van 4  $Mm^3$  in situ ten westen van Vlissingen om moeten rekenen voor de toetsing, zodat alle waarden in de hypothesen beunkuubs bedragen. Dit zou dan betekenen dat ten westen van Vlissingen het baggerwerk maximaal  $4 * 1,1 = 4,4 Mm^3$ , gemeten in de beun zo mogen bedragen.

De opgestelde hypothese voor het onderhoudsbaggerwerk is gebaseerd op de gegevens van het onderhoudsbaggerwerk zoals die zijn waargenomen na de verdieping in de jaren '70. Voor het voorspellen van het onderhoudsbaggerwerk na de recente verruiming zijn de gemeten hoeveelheden onderhoudsbaggerwerk na de eerste verruiming (die behoorden bij een bepaalde aangebracht verdieping van de vaargeul) geëxtrapoleerd naar baggerhoeveelheden behorend bij de verdieping die aangebracht is tijdens de 2<sup>e</sup> verruiming. (Technische Scheldecommissie, 1984)

#### **Data gebruikt voor toetsing**

##### *Natuurlijke zandtransporten*

De methodiek van het maken van de zandbalans, zoals die wordt gebruikt in MOVE, wordt beschreven in de Jong (2000). Het komt er in het kort op neer dat eerst de inhoudsveranderingen worden berekend vanuit de database met lodingsgegevens (zie voor een beschrijving van de methodiek het hoofdstuk 'Inhouden' in dit rapport). Verder zijn alle ingreepgegevens (baggeren, storten en zandwinning) bekend en worden aannames gedaan voor zandtransport richting België en Saeftinge. Met deze "ingrediënten" is tenslotte de zandbalans opgesteld waarmee de grootte en de richting van de "natuurlijke" zandtransporten in de Westerschelde én van Westerschelde naar de monding berekend kunnen worden middels de volgende formule:

Totale inhoudsverandering = inhoudsverandering t.g.v. ingrepen + export

Met export wordt dus eigenlijk het natuurlijke zandtransport weergegeven en kan dus ook import zijn (negatieve export is import).

Voor een uitgebreidere beschrijving van de methodiek wordt verwezen naar de Jong (2000).

Verder moet opgemerkt worden dat de methodiek zoals die hierboven is beschreven en nu is toegepast voor MOVE andere resultaten oplevert dan de zandbalans uit MOVE rapport 1 (Mol *et al.*, 1997). Voorts bleken in de oorspronkelijke zandbalans veel persoonlijke afwegingen te zitten, waarvan de juistheid twijfelachtig is. Daarom is dan ook door Rijkswaterstaat, directie Zeeland, enkele jaren terug besloten de oorspronkelijke methodiek te verlaten en een nieuwe verbeterde methodiek te gebruiken.

De huidige zandbalans verschilt ten opzichte van de oorspronkelijke op de volgende punten (pers. comm. J. de Jong):

- Meer gegevens en ook betrouwbaardere gegevens (zowel lodingsgegevens als ingreepgegevens) worden gebruikt
- Er wordt een vaste schematisatie gebruikt, waardoor vergelijkingen tussen verschillende perioden beter en eerlijker gemaakt kunnen worden.
- Alle gegevens zijn met behulp van GIS gesynchroniseerd (geïnterpoleerd) naar 1 januari van elk jaar.

De getransporteerde hoeveelheden zijn middels de zandbalans berekend en in een database opgeslagen.

Deze database is dus gevuld met de zandtransportgegevens ( $m^3$ ) van de jaren 1955 t/m 2001, met een frequentie van 1/jaar. Voor de toetsing wordt echter uit deze dataset slechts de periode 1986-2001 bestudeerd. Deze data is vervolgens weergegeven in een grafiek.

Voor de toetsing worden nog twee andere reeksen in deze grafiek geplot, te weten:

Ondergrens van de hypothese, dwz de minimale toe- of afname wordt verondersteld in 15 jaar lineair vanaf de referentiewaarde in 1996 te worden bereikt.

Bovengrens van de hypothese, dwz de maximale toe- of afname wordt verondersteld direct in 1996 plaats te vinden en dan vervolgens constant te zijn.

De parameter waarop getoetst zal worden is het zandtransport in  $Mm^3/j$ .

#### *Baggerwerken*

De baggerhoeveelheden worden verkregen door bewerking van de ruwe meetgegevens (per maand en per baggervak, hoeveelheden in beunkuubs). Deze worden door de Dienstkring Noord en Midden Zeeland verkregen van de afdeling Maritieme Schelde van de Vlaamse Gemeenschap en vervolgens aan Directie Zeeland, afdeling AXA, geleverd en deze laatste afdeling bewerkt deze ook. In de toekomst zal deze bewerkingslag van afdeling AXA naar de afdeling AXM (Meet en informatiedienst Vlissingen) gaan.

Deze baggerhoeveelheden worden vervolgens per baggervak geaggregeerd tot totale hoeveelheden per jaar voor dat vak. De afzonderlijke baggervakken kunnen vervolgens weer per systeemdeel (oost, midden en west) geaggregeerd worden, waarna de totale hoeveelheid in de Westerschelde berekend kan worden. Deze geaggregeerde baggergegevens zijn voor de periode 1955 t/m 2001 in een excel-file opgeslagen. Voor de toetsing wordt echter slechts de periode 1986-2001 bestudeerd. De data voor deze periode is weergegeven in een grafiek.

Parameter waarop getoetst zal worden is de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde per jaar in Mm3.

Opgemerkt moet echter wel worden dat in hypothesen T3 en T4 uitspraken gedaan worden van het aanleg- en onderhoudsbaggerwerk ten westen van Vlissingen, dus eigenlijk in het mondingsgebied. Van dit deel zijn er tot nu toe nog geen geverifieerde data ontvangen. Er zal dus slechts een deel van deze hypothesen, namelijk dat deel dat iets zegt over de ontwikkelingen ten oosten van Vlissingen, getoetst kunnen worden.

**Methode van toetsing**

*Natuurlijke zandtransporten*

De hypothesen die gaan over de natuurlijke zandtransporten zullen getoetst worden door te bekijken of de gemeten data in de periode 1997-2001 binnen de band valt die wordt weergegeven door de boven- en ondergrens van de hypothesen.

*Baggerwerken*

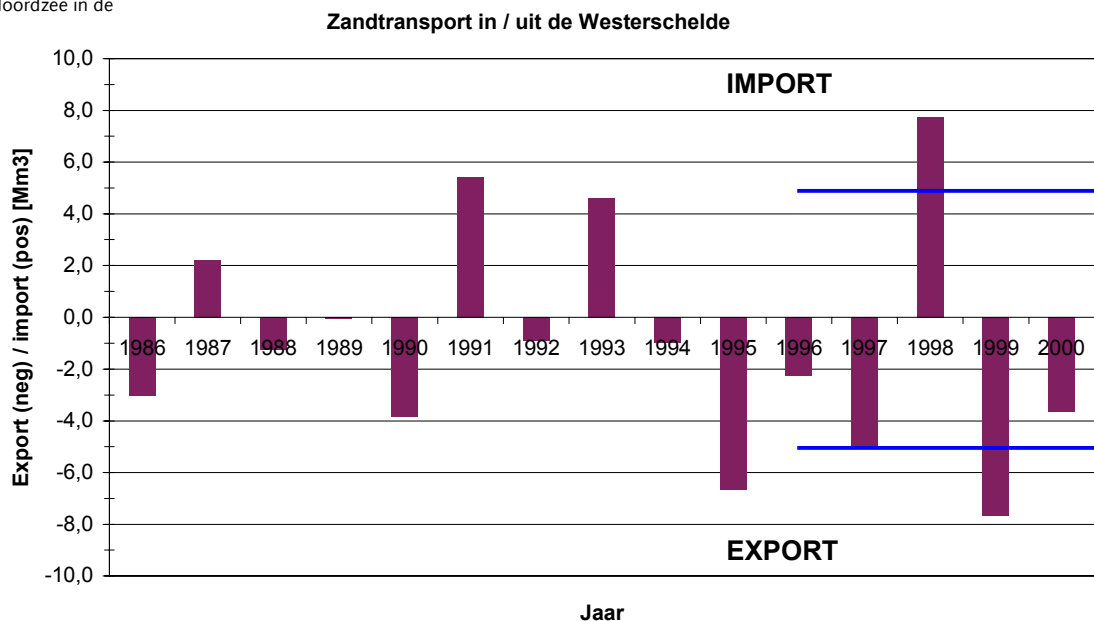
De hypothesen zullen getoetst worden door te kijken of de gemeten baggerinspanningen niet boven de in de hypothesen gestelde maxima uitkomen.

**2.6.4 Resultaten**

*Natuurlijke zandtransporten*

Figuur 2.6.2 toont de zanduitwisseling tussen monding en Westerschelde. Een negatieve waarde in de grafiek betekent export en een positieve import. In de grafiek valt te zien dat import en export in de periode 1986 t/m 1993 elkaar afwisselen en de grootte van de transporten ligt dan grofweg tussen de -5 Mm<sup>3</sup>/j en +5 Mm<sup>3</sup>/j. Deze fluctuatie komt overeen met de fluctuatie in de zandimport veroorzaakt door de 18,6 jarige cyclus in de waterbeweging, die door Jeuken et al (2002) berekend is met behulp van Estmorf. Vanaf 1994 breekt echter een periode van export vanuit de Westerschelde aan, die slechts onderbroken wordt door één jaar van flinke import, namelijk 1998. De import/export valt in de jaren 1998 en 1999 buiten de grenzen waartussen de import varieert (+/- 5 Mm<sup>3</sup>) zoals die in de hypothesen zijn opgesteld, maar in

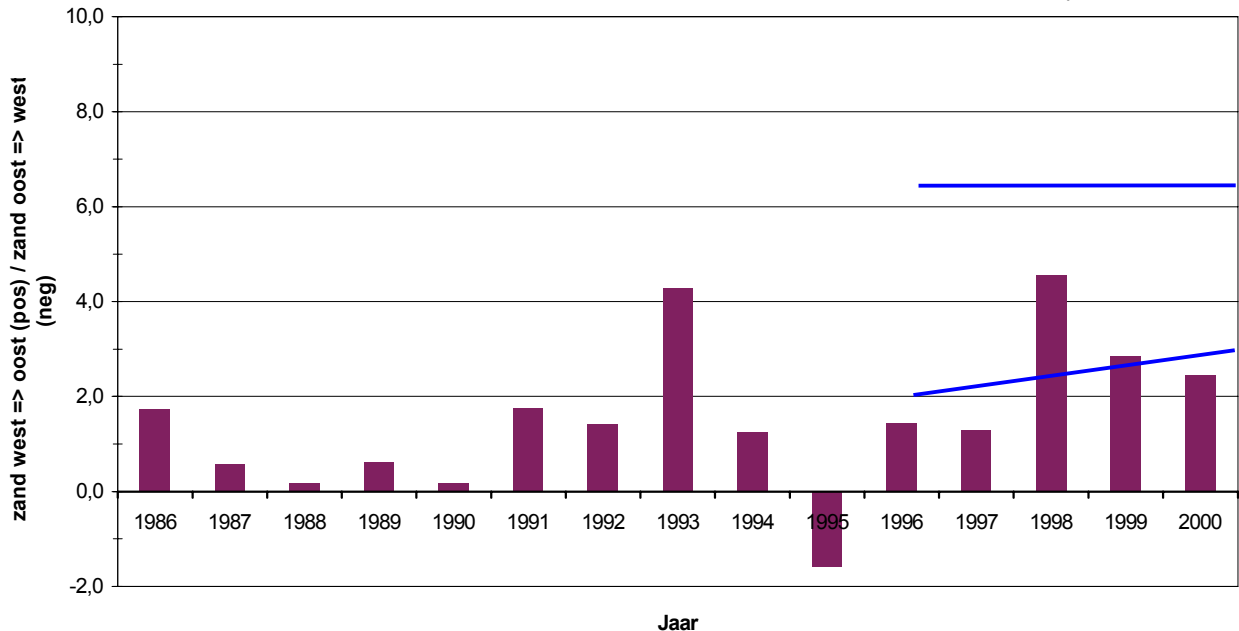
**Figuur 2.6.2**  
De zandimport en -export vanuit de Westerschelde naar de Noordzee in de periode 1986-2000.



de overige jaren van de periode 1996-2000 vallen de transporten binnen de in de hypothese vermelde grenzen voor fluctuaties. Op basis van de bovenstaande waarneming kan de hypothese T1, die stelt dat de import/export van de Westerschelde gelijk blijft (afgezien van een fluctuatie van +/- 5 Mm<sup>3</sup>/j), nog niet verworpen worden.

Figuur 2.6.3 toont de getransporteerde zandhoeveelheden van het westelijke deel van de Westerschelde naar het oostelijke deel in Mm<sup>3</sup>/j. Een positieve

**Figuur 2.6.3**  
Het zandtransport van west naar oost in de Westerschelde in de periode 1986-2000.



waarde betekent dat er zand van het westelijke deel naar het oostelijke deel wordt getransporteerd, een negatieve waarde dat er van het oostelijk deel naar het westelijke deel wordt getransporteerd. In de figuur valt duidelijk te zien dat in de gehele beschouwde periode, op 1995 na, transport is geweest van het westelijke deel naar het oostelijke deel. In de jaren 1998 t/m 2000, vlak na de verruiming, lijkt de hoeveelheid echter wel groter te zijn dan in de periode voor de verruiming, hetgeen ook verwacht werd in de hypothese T2, aangezien er in het westen een sediment overschot zou zijn, en in het oosten een sediment tekort. Maar na 1998 vertonen de getransporteerde hoeveelheden weer een daling. De waarden vallen echter nog binnen de grenzen van hypothese T2, zodat deze op basis van de huidige data nog niet verworpen kan worden. In de komende jaren zal bekeken moeten worden of de afname in het transport van west naar oost in de jaren 1999 en 2000 een trend is die doorzet.

#### *Baggerwerken*

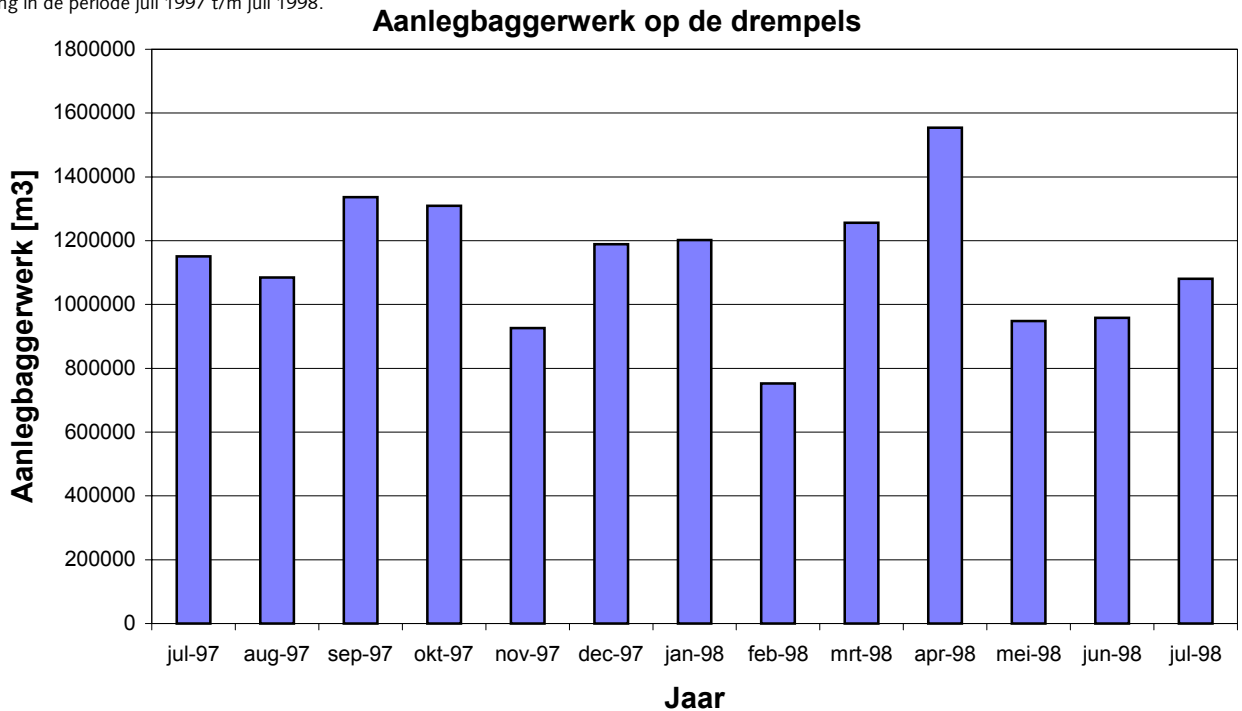
In figuur 2.6.4 staan de baggerhoeveelheden die in de periode juli 1997 tot en met juli 1998 zijn gerealiseerd om de vaargeul op de gewenste diepte te brengen, het zogenaamde aanlegbaggerwerk. Opgemerkt moet wel worden dat dit enkel de gegevens ten oosten van Vlissingen omvat.

Wanneer de maanddata uit de grafiek van figuur 2.6.4 gesommeerd worden, blijkt dat het aanlegbaggerwerk 14,7 Mm<sup>3</sup> heeft bedragen. Hypothese T3 kan dus met deze gegevens geverifieerd worden. Het aanlegbaggerwerk ten oosten van Vlissingen bedroeg minder dan 15 Mm<sup>3</sup>.

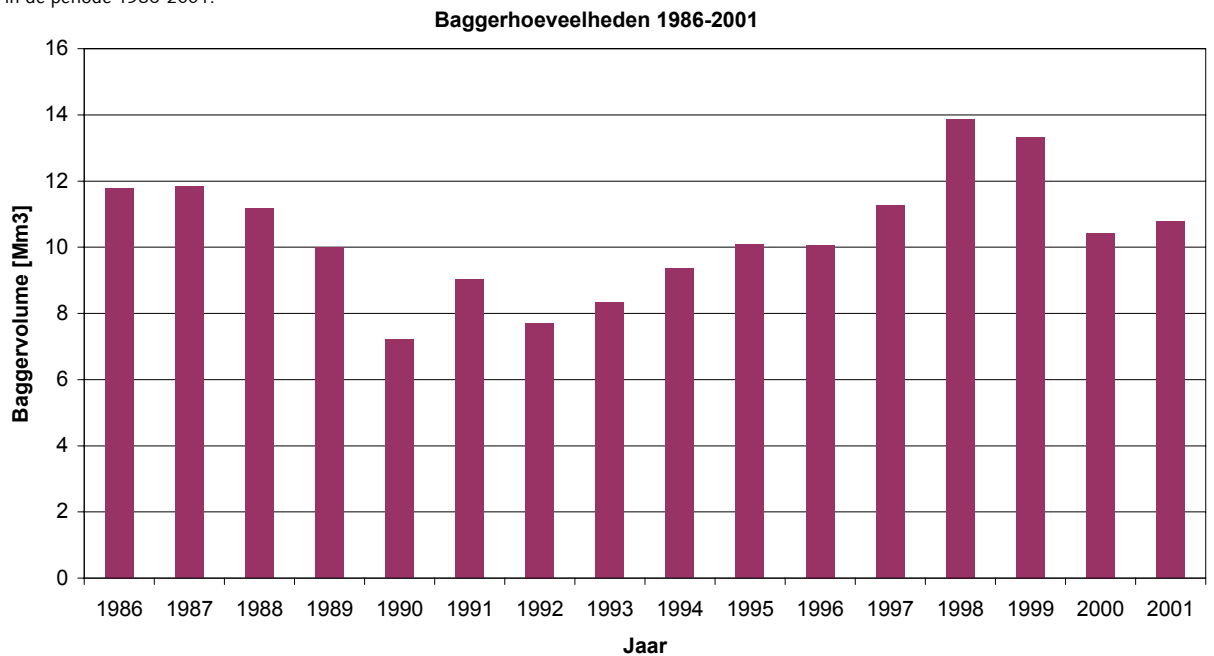
In figuur 2.6.5 is het onderhoudsbaggerwerk (het baggerwerk dat nodig is om de vaargeul op de gewenste diepte te houden) in de periode 1986-2001 weergegeven. Wel moet opgemerkt worden dat in de jaren 1997 en 1998 het

aanlegbaggerwerk samen met het in de jaren uitgevoerde onderhoudsbaggerwerk is weergegeven. Hieruit blijkt dat tot op heden nog nooit het maximum van 14 Mm<sup>3</sup> is overschreden (zelfs niet wanneer aanleg- en onderhoudsbaggerwerk was opgeteld). Daarom kan tot op heden de hypothese T4 op grond van bovenstaande data niet verworpen worden.

**Figuur 2.6.4**  
Het aanlegbaggerwerk voor de tweede verruiming in de periode juli 1997 t/m juli 1998.



**Figuur 2.6.5**  
De totale baggerhoeveelheden in de Westerschelde in de periode 1986-2001.



### 2.6.5 Conclusie

#### *Natuurlijke zandtransporten*

Aangaande de zandtransporten in en uit de Westerschelde kan geconcludeerd worden dat op basis van de beschikbare data, hypothese T1, die stelt dat de import/export van de Westerschelde gelijk blijft (afgezien van een fluctuatie van +/- 5 Mm<sup>3</sup>/j), nog niet verworpen kan worden.

**De hypothese T1 kan op basis van de nu beschikbare data niet verworpen worden, omdat de import/export in 3 van de 5 jaren in de periode 1996-2000 binnen de grenzen van natuurlijke fluctuatie valt zoals die in de hypothesen zijn opgesteld.**

Wat betreft de zandtransporten van west naar oost kan gesteld worden dat deze in de periode 1998 t/m 2000 hoger zijn dan dat ze voor de verruiming waren. Opgemerkt moet wel worden dat sinds 1998 de grootte van de zandtransporten wel weer aan het dalen is. Maar aangezien de ontwikkelingen in de zandtransporten binnen de grenzen vallen die hypothese T2 stelt, kan de hypothese op grond van de nu beschikbare data niet verworpen worden. Bij de volgende evaluatie zal bekeken moeten worden of deze waargenomen daling van de transporten vanaf 1998 doorzet, hetgeen zou betekenen dat dan de hypothese wel verworpen moet worden.

**De hypothese T2 kan op basis van de nu beschikbare data niet verworpen worden, omdat de grootte van de waargenomen transporten binnen de in de hypothese voorspelde ontwikkeling valt.**

#### *Baggerwerken*

Uit de dataset van de baggerhoeveelheden in de periode 1997 en 1998 kan afgeleid worden dat de hoeveelheid aanlegbaggerwerk ten oosten van de grens Vlissingen-Breskens ten behoeve van de 2<sup>e</sup> verruiming 14,7 Mm<sup>3</sup> heeft bedragen, hetgeen minder is dan het in hypothese T3 gestelde maximum van 15 Mm<sup>3</sup>.

**De hypothese T3 wordt op basis van de data aanvaard, aangezien het aanlegbaggerwerk volgens de hypothese maximaal 15 Mm<sup>3</sup> mocht bedragen, terwijl het in werkelijkheid 14,7 Mm<sup>3</sup> bedroeg.**

Het onderhoudsbaggerwerk dat in de periode 1999 t/m 2001 is uitgevoerd heeft nooit het maximum van 14 Mm<sup>3</sup> overschreden.

**De hypothese T4 kan op basis van de tot nu toe beschikbare data niet verworpen worden, aangezien de waargenomen hoeveelheden minder bedragen dan het in de hypothese gestelde maximum.**

### 2.6.6 Discussie

#### *Natuurlijke zandtransporten*

Aangaande de hypothesen die handelen over de natuurlijke zandtransporten kan gezegd worden dat deze worden getoetst met behulp van een grove 1-dimensionale zandbalans, welke als kleinste aggregatieniveau de lodingsvakken gebruikt. In de Westerschelde zijn 6 lodingsvakken en de grenzen van de lodingsvakken kunnen zodoende heel goed midden door een eb/vloedgeulstelsel lopen. Het toepassen van de huidige grenzen van de lodingsvakken is een arbitraire en praktische keuze geweest, die morfologisch



gezien niet logisch is. Bijvoorbeeld, de grens die gebruikt wordt om het transport van west naar oost te bepalen is nu nog de oostelijke begrenzing van vak 3. Deze grens loopt dwars door een eb/vloedgeulstelsel, namelijk het Zuidergat/Schaar van Waarde. Beter zou het dan ook zijn om een zandbalans te gebruiken die als kleinste aggregatieniveau de morfologische cellen (bochtgroepen) in de Westerschelde heeft en welke ook een schematisatie van het mondingsgebied bevat. De grenzen van deze cellen liggen in de loop der tijd redelijk vast. Zo'n meer gedetailleerde zandbalans wordt binnenkort het kader van het RIKZ project ZEEKENNIS gerealiseerd. Aanbevolen wordt om bij de volgende evaluatie deze meer gedetailleerde zandbalans te gebruiken en de grenzen van transport van Westerschelde naar monding en van het westelijke deel naar het oostelijke deel dan ook opnieuw te kiezen, afhankelijk van de gebruikte schematisatie en het aggregatieniveau.

Wat nu echter wel gezien kan worden in de zandbalans is dat vanaf 1994 eigenlijk al (bijna) continu export plaatsvindt vanuit de Westerschelde. Deze export is tot op heden aanwezig geweest. Uit de hypothese valt op te maken dat verwacht werd dat de Westerschelde (die volgens de toen gemaakte zandbalansberekening importerend was) onveranderd importerend zou blijven. De waargenomen export verandert in de periode 1994-2000 qua grootte tussen de grenzen die in de hypothese gesteld zijn, zodat de hypothese strikt genomen niet verworpen kan worden, maar het zou wellicht beter zijn om de hypothese te herformuleren tot:

**De zandexport vanuit de Westerschelde zal gelijk blijven (met een fluctuatie tussen de +5 en -5 Mm<sup>3</sup>/j).**

*Toelichting: In 1996 treedt een geringe export op (-2,2 Mm<sup>3</sup>). De export fluctueert met een amplitude van 5 Mm<sup>3</sup>/j. Als export wordt de hoeveelheid zand verstaan die de westelijke grens van vak 6 overschrijdt. Deze hoeveelheid wordt bepaald uit de zandbalans.*

Het huidige zandwinbeleid is er zoals eerder gezegd nog op gericht is om zoveel mogelijk de zandimport te volgen m.a.w er mag netto ongeveer net zo veel zand gewonnen worden als dat de Westerschelde van nature importeert. Dit idee gaat dus eigenlijk niet meer op. De gegevens laten zien dat de Westerschelde eigenlijk al sinds 1994 van een importerend naar een exporterend systeem is omgeslagen. Netto wordt er dus sediment uit de Westerschelde gehaald. Het zandwinbeleid zal zodoende dus tegen het licht gehouden moeten worden. Dit zal gebeuren in een andere aan het evaluatierapport 2003 onderliggende studie van WLIDelft hydraulics, waarin het bagger-, stort en zandwinbeleid wordt geëvalueerd met het verbeterde cellenconcept Westerschelde (Jeuken e.a., 2003). De resultaten van deze studie waren ten tijde van het schrijven van dit document echter nog niet beschikbaar.

#### *Baggerwerken*

Uit recent onderzoek van het RIKZ (Kornman et al., 2002) blijkt dat de toename van het onderhoudsbaggerwerk na de 1<sup>e</sup> verdieping voornamelijk veroorzaakt is door een sterk toegenomen onderhoud langs de plaatranden en de uitbreiding van het oppervlak van reeds bestaande baggervakken. De toename van het baggerwerk na de 2<sup>e</sup> verdieping wordt voornamelijk veroorzaakt door een sterk toegenomen onderhoud langs de plaatranden. Het onderhoudsbaggerwerk puur op de drempels blijkt voor en na de tweede verruiming van dezelfde orde van grootte te zijn. Dit pleit er ook voor dat de voorspelling van het onderhoudsbaggerwerk na de 2<sup>e</sup> verdieping gebaseerd op de waarnemingen van na de 1<sup>e</sup> verdieping waarschijnlijk niet correct is. De

voorspelling die destijds gemaakt is (een toename van het onderhoudsbaggerwerk van 6 Mm<sup>3</sup>/j) is dus een overschatting geweest.

In een memo van Wang en Jeuken (2002), gemaakt in opdracht van RIKZ in het kader van eerder genoemd RIKZ onderzoek, wordt een fysisch denkmodel gepresenteerd dat de bevindingen die uit bovengenoemd RIKZ onderzoek naar voren komen ondersteunt. Volgens de modelopzet en eerste verkennende toepassing is het onderhoudsbaggerwerk op de drempel niet meer zo zeer afhankelijk is van de overdiepte, maar meer van een verandering van het te onderhouden oppervlak. Overdiepte en te onderhouden oppervlak zijn echter geen volledige onafhankelijke variabelen. Het model moet nog wel gevalideerd worden, maar het voorspelt het onderhoud niet slechter dan een transportformule het zandtransport voorspelt.

Het zou beter zijn te kijken naar de ontwikkeling van het onderhoudsbaggerwerk op de drempels alleen, want ontwikkelingen hierin zeggen meer over eventuele ontwikkelingen van het morfologisch systeem dan wanneer het onderhoudsbaggerwerk langs de plaatranden daar bij opgeteld wordt. Verwacht wordt dat het onderhoudsbaggerwerk op de drempels, bij voortzetting van het huidige bagger- en stortbeleid, niet drastisch toe zal nemen. Het onderhoud langs de plaatranden kan daarentegen wel nog flinke fluctuaties vertonen.

Ten slotte zou het beter zijn de in-situ hoeveelheid voor het aanlegbaggerwerk ten westen van Vlissingen uit hypothese T3, om te rekenen naar een hoeveelheid in de beun. In plaats van 4 Mm<sup>3</sup> (in situ) zou in de hypothese 4,4 Mm<sup>3</sup> (in beun) moeten staan. De hypothese T3 zou als volgt geherformuleerd moeten worden:

**Het aanlegbaggerwerk (in beun gemeten en op Nederlands grondgebied) bedraagt ten westen van Vlissingen maximaal 4,4 Mm<sup>3</sup>, ten oosten van Vlissingen maximaal 15 Mm<sup>3</sup>.**

## 2.7 Inhouden en volumes

### 2.7.1 Inleiding

Voor het beoordelen van de ontwikkelingsrichting van het estuarium is in het verleden uitgegaan van de beschikbare arealen morfologische eenheden (schorren, slikken, ondiep water, platen en geulen). Al deze morfologische eenheden zijn van groot belang voor het ecologisch functioneren van de Westerschelde. Bij de bespreking van de arealen is hierop verder ingegaan.

In het plan van aanpak van de beoordeling van de effecten van verdieping 48'43' is gesteld dat de ontwikkeling van de inhouden van de verscheidene gebieden van belang is. De platen en geulen kunnen namelijk niet alleen in oppervlak toenemen, maar ook in de hoogte en diepte. De ontwikkeling van de inhouden is in het verleden niet gevolgd. Om inzicht hierin te krijgen zijn de inhouden van platen, hoofdgeulen en nevengeulen gevolgd vanaf de verdieping 48'-43'.

De inhoudsontwikkeling van hoofdgeulen (de geulen waar de grote scheepvaart zich voornamelijk door beweegt) en de nevengeulen (de geulen waar de kleinere scheepvaart zich ook door kan bewegen) heeft behalve met de ecologie een raakvlak met de functies scheepvaart, visserij en recreatie.

De verwachting is dat de inhoudsveranderingen vooral worden veroorzaakt door het baggeren en storten. Zo wordt verwacht dat de nevengeulen waarin wordt gestort in inhoud zullen afnemen en dat de platen in de delen van de Westerschelde waar gestort wordt in inhoud zullen toenemen (dit geldt voor het westelijk – en middendeel van de Westerschelde). Verwacht wordt dat de inhoud van de hoofdgeulen door de verdieping 48'-43' zullen verruimen en dus in inhoud zullen toenemen. In het oostelijke deel wordt verwacht dat de inhoud van de platen zal afnemen, aangezien in dat deel door het nieuwe stortbeleid nu juist minder gestort wordt. In het verlengde hiervan wordt van de nevengeulen in het oostelijk deel verwacht dat de inhoud toeneemt

### 2.7.2 Hypothesen

De hypothesen I1 t/m I9 gaan inhoudelijk in op de verwachte ontwikkelingen van de inhouden van de morfologische eenheden, exclusief van de slikken en de schorren. Deze hypothesen zijn opgesteld voor de gebieden westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (De Jong et al., 1997). In de hypothesen zijn de synoniemen 'inhoud' en 'volume' door elkaar gebruikt.

#### *Inhoudsontwikkeling platen*

Er is een cluster van drie verschillende hypothesen dat de ontwikkeling van de inhoud van de platen (gebieden boven N.A.P. -2m en omringd door water) in de Westerschelde beschrijft:

**Hypothese I1: Het plaatvolume (boven N.A.P. -2m) in het westelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 3-7 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: Door de toename van de stortingen in het westelijk deel wordt hier een toename van het plaatvolume verwacht.*

**Hypothese I2: Het plaatvolume (boven N.A.P. -2m) in het midden deel van de Westerschelde zal toenemen met 2-6 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: Deze toename is het vervolg van de verhoogde stortingen in het middendeel.*

**Hypothese I3: Het plaatvolume (boven N.A.P. -2m) in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 3-7 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: De verruiming van de geulen in het oostelijk deel zal leiden tot grotere erosie van de plaatranden.*

Hiermee worden zowel de hoofd- als de nevengeulen bedoeld. De hoofdgeulen verruimen voornamelijk ten gevolge van de baggerwerkzaamheden. De nevengeulen daarentegen zullen verruimen doordat er minder sediment in wordt gestort. Hierdoor wordt verwacht dat de plaatranden van de hoofdgeulen sneller zullen eroderen en dat dus het plaatvolume in dit deel van de Westerschelde af zal nemen.

*Inhoudsontwikkeling hoofdgeulen*

Er is een cluster van drie verschillende hypothesen dat de ontwikkeling van de inhoud van de hoofdgeulen (deel van de gebieden onder N.A.P. -5m) in de Westerschelde beschrijft:

**Hypothese I4: Het watervolume onder N.A.P. -2m in de hoofdgeul van het westelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 8-28 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: Hoewel geen verandering in areaal geul in het westelijk deel wordt verwacht, wordt door verdieping van de geul (en eventuele verlenging) toch een toename van de inhoud verwacht.*

**Hypothese I6: Het watervolume onder N.A.P. -2m in de hoofdgeul van het midden deel van de Westerschelde zal gelijk blijven.**

*Toelichting: Momenteel is er sprake van enige verruiming. Door stortingen in het midden deel zal deze verruiming worden tegengewerkt. Hierdoor wordt geen verdere verruiming verwacht. Door natuurlijke fluctuaties kan nog wel toe- of afname optreden van ca. 7 Mm<sup>3</sup>.*

**Hypothese I8: Het watervolume onder N.A.P. -2m in de hoofdgeul van het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 65-95 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: Allereerst zullen de drempels worden verdiept. Na het verdiepen zal het getijvolume in het oostelijk deel toenemen. De geulen zullen zich na verloop van tijd aanpassen aan deze grotere hoeveelheden en zich verruimen.*

*Inhoudsontwikkeling nevengeulen*

Er is een cluster van drie verschillende hypothesen dat de ontwikkeling van de inhoud van de nevengeulen (deel van de gebieden onder N.A.P. -2m) in de Westerschelde beschrijft:

**Hypothese I5: Het watervolume onder N.A.P. -2m in de nevengeulen in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 22-52 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: In de kortsluit- en nevengeulen in het westelijk deel zal in de toekomst meer worden gestort. Dit zal leiden tot afname van de inhoud.*

Met 'in de toekomst' wordt in de toelichting bedoeld: 'met ingang van het nieuwe bagger- en stortbeleid', dus vanaf de 2<sup>e</sup> verruiming in 1997.

**Hypothese I7: Het watervolume onder N.A.P. -2m in de nevengeulen in het midden deel van de Westerschelde zal afnemen met 3-17 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: Door toename van stortingen in het midden deel zal de inhoud van de nevengeulen afnemen.*

**Hypothese I9: Het watervolume onder N.A.P. -2m in de nevengeulen in het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 8-22 Mm<sup>3</sup>.**

*Toelichting: In het oostelijk deel wordt in de toekomst minder gestort. Hierdoor zullen de neven- en kortsluitgeulen zich verruimen.*

Deze hypothese is bijgesteld in de zin dat het watervolume zal **toenemen** in plaats van afnemen (Liek, 2002). Oorspronkelijk was namelijk gesteld dat het watervolume in het oostelijke deel zou **afnemen**. Met "in de toekomst" in de hypothese wordt bedoeld met ingang van het nieuwe bagger- en stortbeleid, dus vanaf de verruiming 48' - 43' in 1997.

### 2.7.3 Methode

#### Interpretatie van hypothesen

##### *Uitgangspunten bij de hypothesen in het plan van aanpak*

De hypothesen gaan over de verwachtingen ten aanzien van de ontwikkeling van de inhouden. Uit de opgestelde hypothesen is niet duidelijk op te maken of de verwachte veranderingen moeten worden opgeteld bij de autonome ontwikkeling, dus de trend die voor de verdieping 48' - 43' al aanwezig was. In de analyse is er vanuit gegaan dat in de hypothesen de totale ontwikkelingen ten opzichte van het referentiejaar zijn, wat overeenkomt met de aanbeveling voor de interpretatie (De Jong et al, 1997).

De Jong et al. (1997) geven geen hypothesen over de volumeveranderingen van de schorren en de slikken. Dat wil niet zeggen dat in deze gebieden geen volumeveranderingen verwacht worden. Omdat er hiervoor geen hypothesen zijn, zijn de ontwikkelingen van het volume van de schorren en slikken niet onderzocht en dus buiten beschouwing gelaten.

Bij de hypothesen van de inhouden is gesteld dat het gaat om verwachtingen voor de komende 15 jaar, waarbij de grootste veranderingen tijdens en enkele jaren na de verdieping op zullen treden (De Jong et al, 1997). Impliciet is hiermee verondersteld dat de veranderingen van de inhouden volgens het principe van een exponentiële macht verlopen. Bij morfologische ontwikkelingen wordt dit type functies vaak gebruikt. De exponentiële macht veronderstelt dat veranderingen in het begin sneller verlopen. De periode van de aangegeven verwachte veranderingen is anders dan bij de arealen. Voor de arealen zijn deze gegeven voor een periode van 25 jaar (De Jong & Van Kleef, 1996). De Jong et al. (1997) vermelden niet waarin dit verschil zit.

##### *Clustering voor westelijk, midden en oostelijk deel*

De hypothesen zijn geclusterd voor de ruimtelijke gebieden westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde. Deze aanpak impliceert dat bij de toetsing een uitmiddeling plaatsvindt van de lokale veranderingen, waardoor de werkelijke absolute effecten kunnen worden onderschat.

##### *Definitie van de typen morfologische eenheid*

De hypothesen doen uitspraken over de verwachte ontwikkelingen van de verschillende typen morfologische eenheden. Binnen het MOVE project zijn deze eenheden als volgt gedefinieerd:

De *schorren* zijn de buitendijkse gebieden, die voor meer dan 50% zijn begroeid.

De *slikken* zijn de buitendijkse gebieden boven N.A.P. -2 m en grenzend aan een dijk.

Het *ondiep watergebied* bevindt zich tussen N.A.P. -2m en N.A.P. -5m.

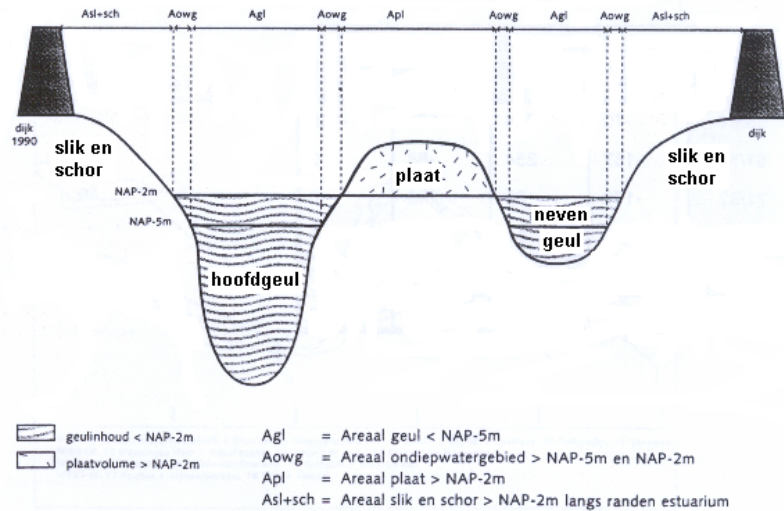
De *platen* zijn de gebieden boven N.A.P. -2m, omringd door geulen.

De *geulen* zijn de gebieden onder N.A.P. -5m.

In het volgende plaatje zijn de definities van de morfologische eenheden nog eens schematisch weergegeven.

.....  
**Figuur 2.7.1**

Schematische weergave van de onderscheiden morfologische eenheden



Uit bovenstaand plaatje kan worden afgeleid dat de geulinhoud gelijk is aan de **waterinhoud** beneden het niveau NAP -2 m. Het plaatvolume is gelijk aan het **sedimentvolume** boven het niveau NAP -2 m van de gebieden die als plaat zijn gedefinieerd.

#### *Onderscheid hoofdgeul/nevengeul*

In de hypothesen is onderscheid gemaakt naar hoofd- en nevengeulen. De gebruikte woorden kunnen gemakkelijk leiden tot begripsverwarring! Feitelijk wordt het onderscheid bedoeld tussen enerzijds het hoofdvaarwater en anderzijds het nevenvaarwater en de onbevaarbare geulen. Het hoofdvaarwater is bevaarbaar voor diepgaande scheepvaart.

De hoofdgeulen vanaf de Belgisch Nederlandse grens zijn zodoende het Vaarwater boven Bath, het Nauw van Bath, het Zuidergat, de Overloop en Drempeel van Hansweert, het Gat van Ossensisse, het Pas van Terneuzen/Zuid Everingen en de Honte. De nevengeulen zijn de overige vaarwaters en de onbevaarbare geulen.

De begrenzing tussen hoofdgeul en nevengeul is vrij arbitrair gekozen. Basis hiervoor is de morfologische schematisatie, die is opgesteld voor het maken van de zandbalans van de Westerschelde (Jeuken et al. 2002). In veel gevallen zijn de begrenzingen ontstaan door de hoogste ligging van de platen denkbeeldig te verbinden. Soms zijn grenzen genomen door een loodrechte lijn op de oever. De gekozen schematisatie is een indeling met vaste begrenzingen. Het voordeel hiervan is dat bij het beschrijven van de morfologische ontwikkelingen deze altijd gebaseerd zijn op hetzelfde areaal. Het nadeel is dat door veranderingen in de morfologie hoofd- en nevengeulen in elkaar over kunnen gaan.

#### *Eenheid in m<sup>3</sup>*

De hypothesen doen uitspraken over de veranderingen van inhoud en volume in Mm<sup>3</sup>. De veranderingen zijn afgerond op 1 Mm<sup>3</sup>. Dat betekent dat

verondersteld is dat de nauwkeurigheid van de meetgegevens niet groter is dan  $1 \text{ Mm}^3$ .

#### *Definitie $T_0$*

De referentie of  $T_0$  situatie is de toestand vóór de verdieping 48' - 43'. Het aanlegbaggerwerk van deze verdieping heeft plaatsgevonden tussen 1 juli 1997 en 31 juli 1998 (De Jong & Van Kleef, 1996). Bij het opstellen van de hypothesen is uitgegaan van de toestand 1996. De toestand van de inhouden 1996 is daarom als  $T_0$  situatie gedefinieerd.

#### *Definitie nulontwikkeling*

Bij de interpretatie is de vraag relevant in hoeverre de effecten van de verdieping te onderscheiden zijn van de autonome ontwikkelingen of nulontwikkeling. Dit laatste heeft vooral te maken met de langere termijnontwikkeling. Als nulontwikkeling wordt de trend gedefinieerd in de ontwikkeling van de inhouden tot 1996 en die zich zo mogelijk zou hebben doorgezet als de uitgevoerde verdieping 48' - 43' niet had plaatsgevonden.

#### *Verwachte ontwikkeling over 15 jaar*

De hypothesen geven een band van de verwachte veranderingen over een periode van 15 jaar. Omdat als  $T_0$  1996 is gedefinieerd, zullen de verwachte veranderingen ten gevolge van de verdieping 48' - 43' duren tot 2011 en hierbij verlopen volgens het principe van een exponentiële macht. Bij de band van de hypothesen is een minimale en maximale waarde gegeven. Aangenomen is dat de minimale band lineair verloopt vanaf 1996 tot 2011. De maximale waarde is opgevat als een begrenzing gedurende de gehele periode 1996 - 2011.

#### **Data gebruikt voor toetsing**

De data van de inhouden en volumes van de morfologische eenheden, die zijn gebruikt voor het toetsen van de hypothesen zijn geaggregeerde informatie, samengesteld door Rijkswaterstaat directie Zeeland en Meetinformatie Dienst Zeeland. De methodiek van aggregatie is beschreven in het kader van het Project Monitoring Verruiming Westerschelde (Paré e, 2002). Deze methodiek is toegepast op de volledige tijdreeks van de gegevens.

De tijdreeks, die gebruikt is bij het beschrijven van de oorspronkelijke  $T_0$  toestand is aangepast op een geulschematisatie met vaste grenzen om de ontwikkelingen van de geulbodem goed te kunnen volgen. Dit heeft ook betrekking op de gegevens van de inhouden en volumes. De verschillen tussen de oorspronkelijke tijdreeks en herziene tijdreeks kunnen invloed hebben op de hypothesen. Deze zijn namelijk gebaseerd op de oorspronkelijke  $T_0$  inhouden. Bij de bespreking van de arealen (subparagraaf 2.8) is nagegaan wat de verschillen zijn tussen het aandeel van de hypothese op het arealen in de oorspronkelijke en herziene toestand. Een vergelijking is hierbij gemaakt voor het ondiep water, de platen en de geulen. De verschillen bleken in de orde te liggen van 0 tot 10%. Deze verschillen bleken een orde kleiner te zijn dan het aandeel van het percentage op het totale arealen. Dit betekent dat het effect van de herziening van de berekende arealen op de hypothesen mag worden verwaarloosd. Vanwege de relatie tussen arealen en inhouden is aangenomen dat deze conclusie ook geldt voor de inhouden. Deze aanpassingen hebben zodoende geen gevolgen voor de opgestelde hypothesen van de inhouden.

De volumes en inhouden van de platen, hoofdgeulen en nevengeulen voor de verschillende jaren zijn m.b.v. een GIS-applicatie berekend uit de vaklodgingen van de Westerschelde en vervolgens in een database gezet. De inhouden behorende bij de verschillende hypothesen zijn vervolgens vanuit deze database geclusterd per systeemdeel (oost, midden en west). De database is gevuld met

inhoudsgegevens ( $m^3$ ) van 1955 t/m 2001, met een frequentie van 1/jaar. Voor de toetsing is echter slechts gebruik gemaakt van de gegevens uit de periode 1986 - 2001.

### **Methode van toetsing**

#### *Vaststellen nulontwikkeling*

De nulontwikkeling is in principe bepaald m.b.v. de ontwikkeling in de periode na de 1<sup>e</sup> verdieping. Uit de ontwikkelingen van de inhoud van de platen en geulen is pragmatisch verondersteld dat rond 1986 de effecten van de 1<sup>e</sup> verdieping nagenoeg zijn uitgewerkt. De nulontwikkeling wordt daarom in principe bepaald over de periode 1986 - 1996. Voor de nulontwikkeling is het type trendlijn gekozen, dat het beste voldoet voor de periode 1986 - 1996. Uit de vastgestelde nulontwikkeling wordt  $T_{0,1996}$  berekend.

#### *Nauwkeurigheid van de gegevens*

Bij het toetsen van de hypothesen dient bedacht te worden dat de gegevens van de inhouden een bepaalde nauwkeurigheid hebben. Probleem is dat weinig is bekend over de systematische en toevallige fouten van dit soort gegevens. Op basis van expert judgement zijn voor de arealen aannamen gedaan voor de oppervlakte van de platen en geulen. De maximale fout is hierbij aangenomen op  $\pm 5\%$  (mond. meded. Dick de Jong). Omdat met dezelfde basisgegevens wordt gewerkt, is aangenomen dat deze maximale fout ook geldt voor de inhouden van de platen en hoofdgeulen en nevengeulen. Dit betekent dat bij het toetsen van de gemeten inhouden hiermee rekening dient te worden gehouden. Opgemerkt wordt deze fout niet is geschat op basis van de variatie van de datareeks. Met de bovenstaande percentages zijn de 'maximale meetfouten' berekend. Bij deze berekening is de inhoud gemiddeld over de periode 1985 - 2001.

Bij het opstellen van de hypothesen is al gedeeltelijk rekening gehouden met de nauwkeurigheid van de opnamen door het geven van een boven- en ondergrens voor de mogelijke ontwikkeling gegeven. Bij het beoordelen van de ontwikkelingen ten opzichte van de hypothese wordt hiermee rekening gehouden.

#### *Toetsing van de hypothese*

Voor het toetsen van de hypothesen wordt de gemeten data weergegeven in een grafiek. Hierbij worden nog verschillende andere reeksen in deze grafiek geplot, te weten:

Trendlijn door de gemeten data van 1986-1996;

extrapolatie van de trendlijn voor de jaren 1997 t/m 2001;

ondergrens van de hypothese, dwz de minimale toe- of afname, zoals beschreven in de hypothese, wordt verondersteld in 15 jaar lineair vanaf de referentiewaarde in 1996 te worden bereikt;

bovengrens van de hypothese, dat wil zeggen de maximale toe- of afname, zoals beschreven in de hypothese, wordt verondersteld direct in 1996 plaats te vinden en dan vervolgens constant te zijn.

De boven- en ondergrenzen geven zodoende de twee meest extreme ontwikkelingsscenario's weer: ó f de maximale verandering treedt in één keer op ó f de minimale verandering treedt geleidelijk in 15 jaar op. De werkelijke ontwikkeling zal in principe ergens tussen deze twee grenzen in liggen. Uit de hypothesen is bovendien begrepen dat de aanpassing door de verruiming volgens een exponent zou moeten verlopen.



*Uitwerking principe van ontwikkeling volgens exponentiële macht*

De veranderingen van de inhouden verlopen volgens het principe van de exponentiële macht. Hierbij is uitgegaan van de looptijd van het proces van 15 jaar. De functie hiervan is als volgt te formuleren:

$$P = 100\% * (e^{-t/15})^c \dots\dots\dots \text{(vergelijking 1),}$$

waarin

- P = Nog te realiserende aanpassing t.o.v. de T<sub>0</sub> toestand in 1996 [%]
- t = Aantal jaren na T<sub>0</sub> ( 5 jaar in 2001 )
- c = Coëfficiënt voor de afregeling van het proces. Bij het gebruik van een factor 5 wordt de nog resterende aanpassing over 15 jaar na T<sub>0</sub> kleiner dan 1%

Volgens de functie van de exponentiële macht (vergelijking 1) zouden in 2001 de inhouden al voor bijna 80% zijn aangepast. Bij het beoordelen van de hypothesen zal, indien dit uitgangspunt redelijk blijkt te kloppen, dit worden opgemerkt.

De toetsing wordt uitgevoerd door te beoordelen hoe de ontwikkeling na de verruiming 1996 – 2001 is ten opzichte van vóór de verruiming (nulontwikkeling) en ten opzichte van de begrenzingen volgens de hypothese. Bij de toetsing is rekening gehouden met de volgende vragen:  
Volgt de ontwikkeling 1996 – 2001 de nulontwikkeling of wijkt deze hiervan af en hoe?

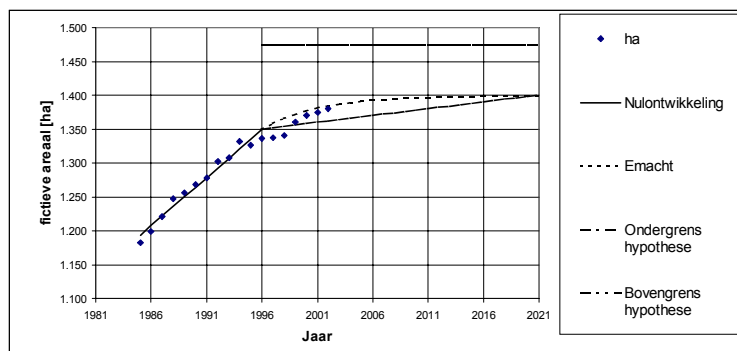
Valt de ontwikkeling 1996 – 2001 binnen de gestelde begrenzingen van de hypothese of wijkt deze hiervan af?

Volgt de ontwikkeling 1996 – 2001 het verwachte exponentiële verloop? Beïnvloeden de maximale meetfouten mogelijk de conclusies?

De waargenomen ontwikkelingen zullen hierbij vergeleken worden met de middels extrapolatie voorspelde ‘autonome’ ontwikkelingen. Hiermee zal bekeken worden of de hypothesen aangepast moeten worden, omdat bijvoorbeeld blijkt dat de in de hypothesen beschreven ontwikkeling puur de veranderingen ten gevolge van de verruiming beschrijft, terwijl er voor de verruiming al een trend in de ontwikkeling aanwezig was die zich doorzet na de verruiming.

In onderstaand voorbeeld zijn fictieve lijnen gegeven voor de nulontwikkeling en de verlopen van bovengrens, ondergrens van de hypothese en het verloop volgens de exponentiële functie:

**Figuur 2.7.2**  
Schematische weergave van de verwachte nulontwikkeling en de boven- en ondergrens van de hypothese.



Bij de toetsing is nagegaan hoe de metingen in de periode 1996 – 2001 ten opzichte van deze verlopen vallen. Bij de toetsing zijn dezelfde criteria gehanteerd als voor de arealen (subparagraaf 2.8).

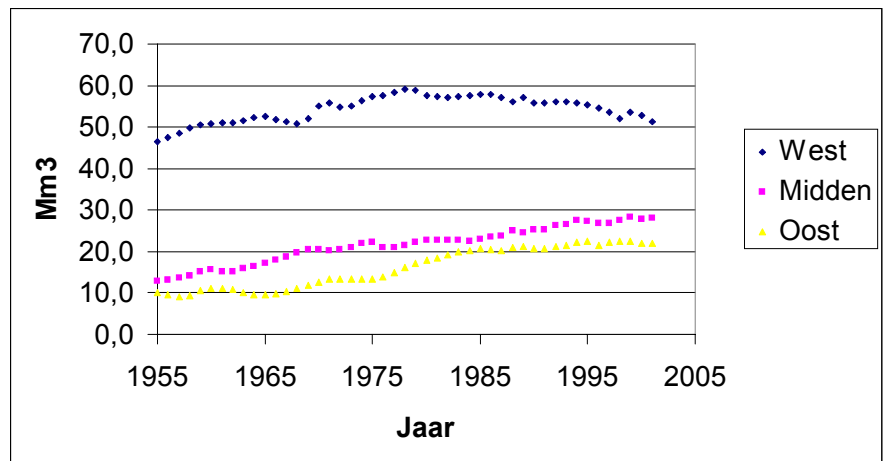
### 2.7.4 Resultaten

#### Inhoudsontwikkeling platen[hypothese I1 t/m I3]

De ontwikkelingen van de inhoud van de platen is berekend voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde. De inhoud van de platen van het westelijk deel neemt vanaf ongeveer 1975 af. De inhoud van het midden deel neemt toe, terwijl de inhoud van het oostelijk deel na 1985 minder sterk is veranderd (figuur 2.7.3).

**Figuur 2.7.3**

De ontwikkeling van de inhoud van de platen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde.



De ontwikkelingen vanaf 1986 vertonen behalve voor het oostelijk deel al eerder dezelfde trend. Als nulontwikkeling is de periode 1986 – 1996 gekozen. De ontwikkelingen vanaf 1986 zijn gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.7.1).

**Tabel 2.7.1**

Ontwikkeling van de inhoud van de platen van het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1986 [Mm³].

	West	Midden	Oost	Totaal
Verandering 1986-1996	-3	3	1	1
Verandering 1996 - 2001	-3	1	0	-1
Maximale fout in 1986 – 2001	3	1	1	5

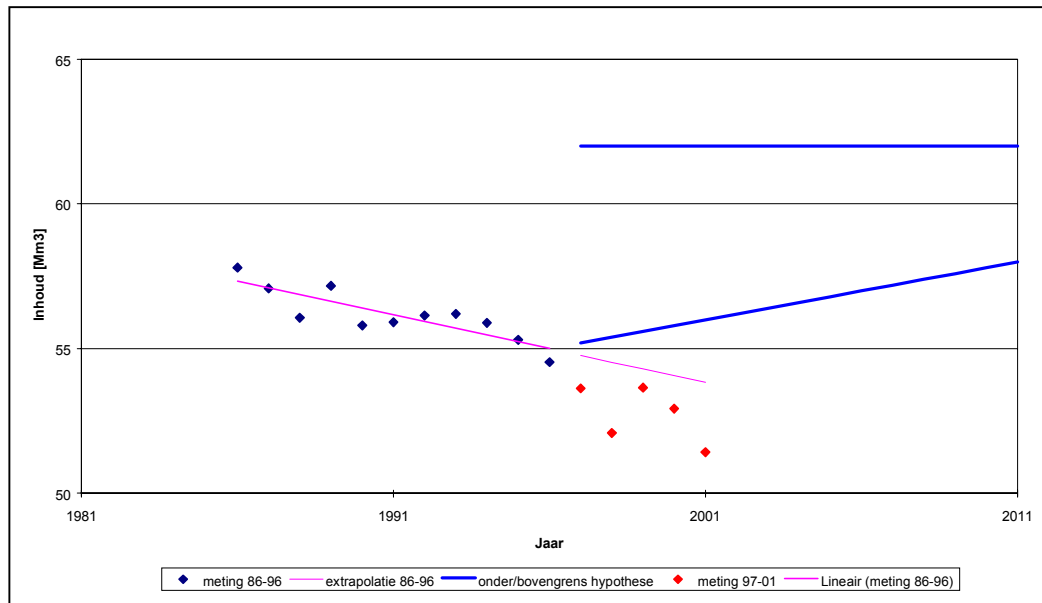
#### Ontwikkeling platen in het westelijk deel (I1)

De nulontwikkeling in de periode 1986 – 1996 laat geringe schommelingen van de inhoud van de platen zien rond een lineair afnemende trend (Figuur 2.7.4).

De  $T_{0,1996}$  is berekend op 55 Mm<sup>3</sup> platen. De metingen na 1996 liggen wat beneden de nulontwikkeling. De metingen vallen buiten de prognose van de toename met 3 – 7 Mm<sup>3</sup> welke veroorzaakt zou moeten worden door de toename van de stortingen in het westelijk deel. Het verschil met de prognose is tijdens 2 metingen groter dan de maximale fout. De conclusie is dat de hypothese mogelijk moet worden verworpen. Uit de metingen volgt dat de verhoogde stortingen in het westelijk deel tot nu toe niet hebben geleid tot een toename van het plaatvolume. De platen daarentegen nemen in volume meer af, wat mogelijk een verband kan hebben met de ingezette ontwikkeling dat de Westerschelde exporterend is geworden.

**Figuur 2.7.4**

Toetsing van de hypothese voor de platen in het westelijk deel van de Westerschelde.

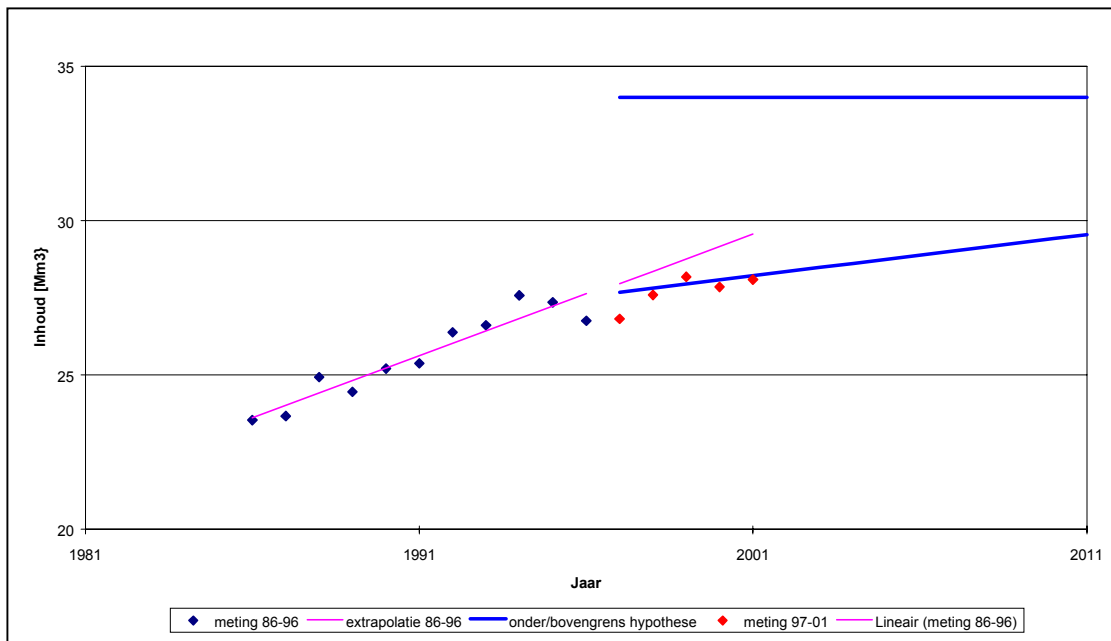


Ontwikkeling platen in het midden deel (I2)

De nulontwikkeling in de periode 1986 – 1996 laat zien dat de inhoud van de platen lineair toeneemt. Rond de lineaire trendlijn zijn wat onregelmatige schommelingen te zien (Figuur 2.7.5).

**Figuur 2.7.5**

Toetsing van de hypothese voor de platen in het midden deel van de Westerschelde.



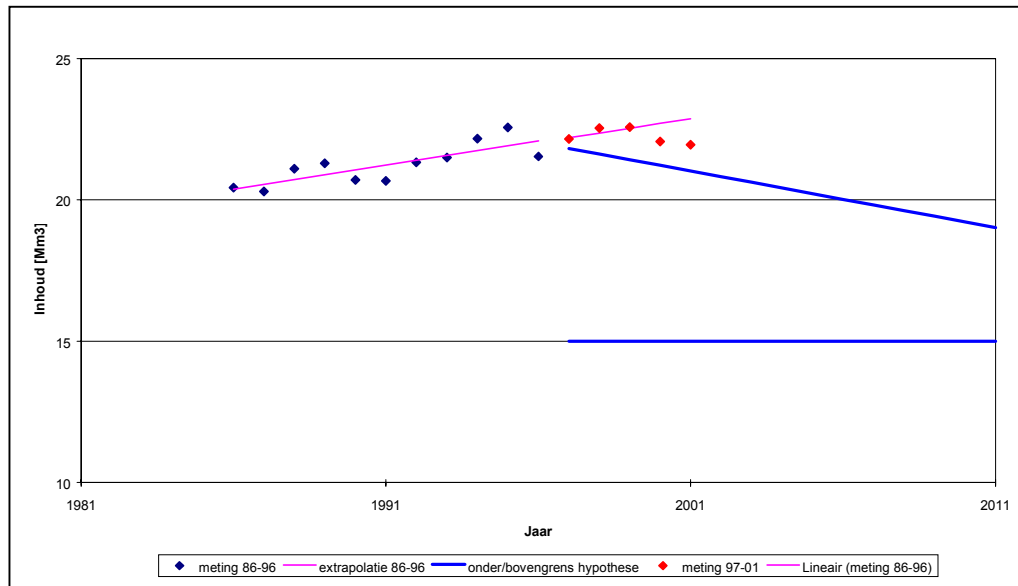
De  $T_{0,1996}$  is berekend op 28 Mm<sup>3</sup> platen. De metingen na 1996 wijken wat af van de nulontwikkeling. De metingen vallen min of meer op de ondergrens van de prognose van een toename met 2 – 6 Mm<sup>3</sup>, welke veroorzaakt zou moeten worden door de toename van de stortingen in het middendeel van de Westerschelde. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen. Opvallend is dat de stortingen in het middendeel van de Westerschelde tot nu toe niet hebben geresulteerd in een extra toename van de inhoud van de platen bovenop de trend van de nulontwikkeling.

*Ontwikkeling platen in het oostelijk deel (13)*

De nulontwikkeling in de periode 1986 – 1996 laat zien dat de inhoud van de platen lineair toeneemt. Rond de lineaire trendlijn zijn schommelingen te zien met een niet constante periode (Figuur 2.7.6).

**Figuur 2.7.6**

Toetsing van de hypothese voor de platen in het oostelijk deel van de Westerschelde.



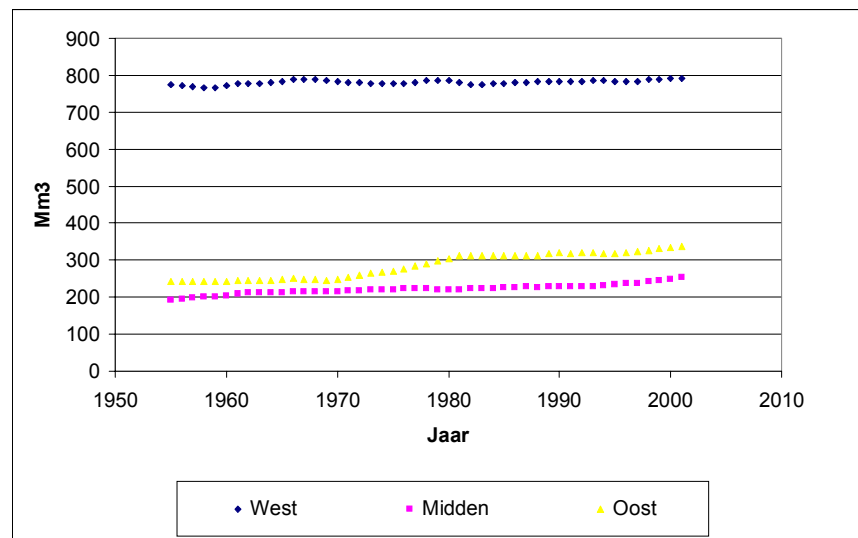
De ontwikkelingen na 1996 vervolgen min of meer de nulontwikkeling. De  $T_0$  1996 is berekend op 22 Mm<sup>3</sup> platen. De metingen vallen buiten de ondergrens van de prognose van een afname met 3 – 7 Mm<sup>3</sup>, welke veroorzaakt zou moeten worden door de erosie van de plaatranden in het oostelijk deel van de Westerschelde ten gevolge van de verruiming van de geulen. Het verschil met de prognose is over het algemeen groter dan de maximale fout. De conclusie is dat de hypothese mogelijk moet verworpen. Geconcludeerd kan worden dat tot nu toe het onttrekken van sediment uit het oostelijk deel niet heeft geleid tot extra erosie van de platen.

*Inhoudsontwikkeling hoofdgeulen [Hypothese 14, 16 en 18]*

De ontwikkelingen van de inhoud van de hoofdgeulen is berekend voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde. De inhoud van de hoofdgeulen van het westelijk deel verloopt over het algemeen constant. Gedurende de periode 1955 tot 2001 zijn hierop geringe variaties te zien. De inhoud van het midden deel neemt geleidelijk toe. Er zijn perioden zoals na begin jaren negentig dat de toename wat sneller gaat. De inhoud van het

**Figuur 2.7.7**

De ontwikkeling van de inhoud van de hoofdgeulen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde.



oostelijk deel verandert na 1980 niet meer sterk. Ook hier is na begin jaren negentig een toename te zien (figuur 2.7.7).

De algemene trend is dat de inhoud van de hoofdgeulen in het midden en oostelijk deel na de verdieping zijn toegenomen. Als nulontwikkeling is de periode 1986 – 1996 gekozen. De ontwikkelingen vanaf 1986 zijn gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.7.2)

**Tabel 2.7.2**

Ontwikkeling van de inhoud van de hoofdgeulen van het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1986 [Mm<sup>3</sup>].

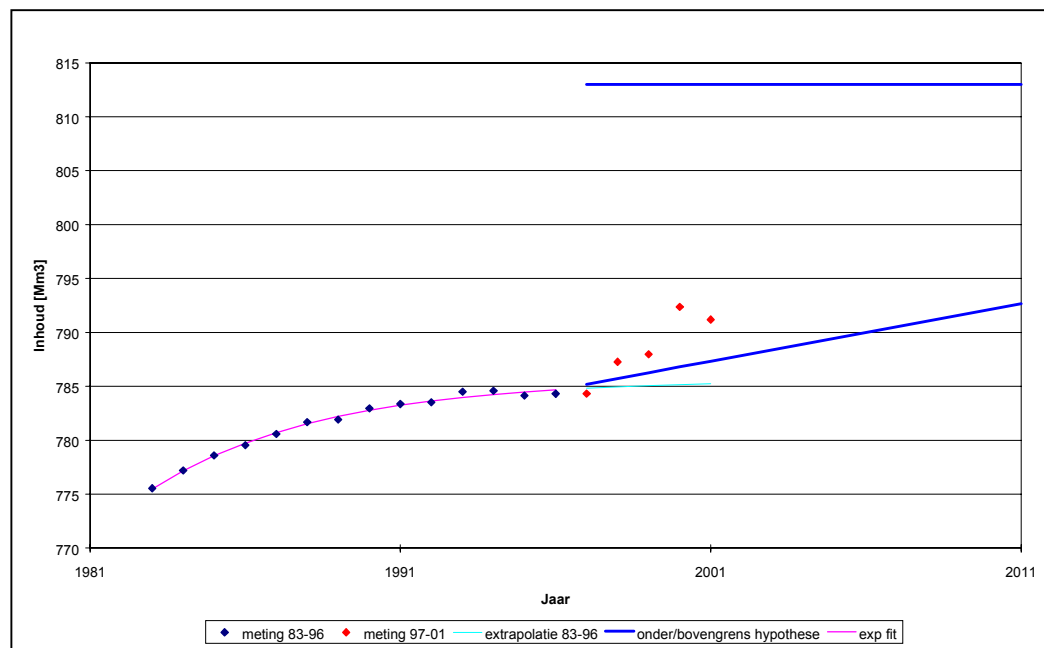
	West	Midden	Oost	Totaal
Verandering 1986 – 1996	6	10	9	25
Verandering 1996 – 2001	7	18	17	42
Maximale fout in 1985 - 2001	39	12	16	67

*Ontwikkeling hoofdgeulen in het westelijk deel (14)*

De nulontwikkeling in de periode 1981 – 1996 laat een geleidelijke toename zien van de inhoud van de hoofdgeulen (Figuur 2.7.8). Het verloop hiervan is exponentieel.

**Figuur 2.7.8**

Toetsing van de hypothese voor de hoofdgeul in het westelijk deel van de Westerschelde.



De ontwikkelingen na 1996 laten een afwijking zien t.o.v. de nulontwikkeling. De  $T_{0,1996}$  is berekend op 784 Mm<sup>3</sup> hoofdgeul. De metingen vallen binnen de begrenzing van de prognose met een toename van 8 – 28 Mm<sup>3</sup>, welke veroorzaakt zou moeten worden door de verdieping van de hoofdgeulen. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen. Het lijkt daarom zo te zijn dat door de ingreep de inhoud van de hoofdgeulen extra is toegenomen.

*Ontwikkeling hoofdgeulen in het midden deel (16)*

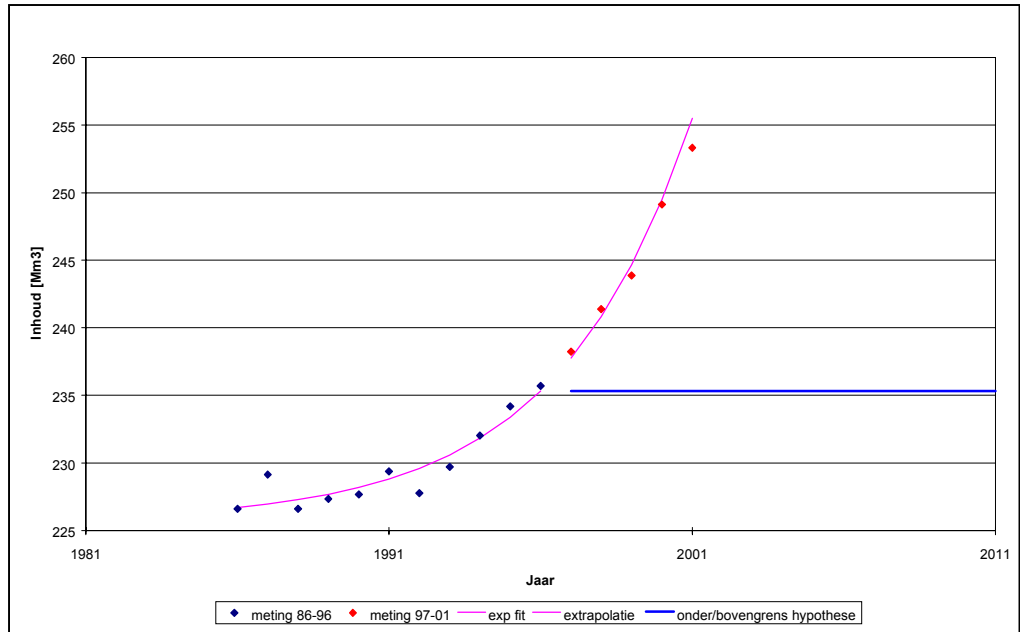
De nulontwikkeling in de periode 1981 – 1996 laat een geleidelijk toename zien van de inhoud van de hoofdgeulen (Figuur 2.7.9). Het verloop hiervan is exponentieel.

De ontwikkelingen na 1996 laten een ontwikkeling zien, die de exponentiële nulontwikkeling volgt. De  $T_{0,1996}$  is berekend op 784 Mm<sup>3</sup> hoofdgeulen. De metingen laten een andere ontwikkeling zien als verondersteld in de hypothese, namelijk dat het watervolume gelijk zal blijven, omdat verondersteld werd dat de verdieping van de geul wordt tegengewerkt door de toegenomen stortingen in het midden deel. De afwijkingen tot de prognose zijn groter dan de

**Figuur 2.7.9**

Toetsing van de hypothese voor de hoofdgeul in het midden deel van de Westerschelde.

maximale fout. De conclusie is dat de hypothese mogelijk moet worden verworpen. Het lijkt er dus op dat de ingrepen in dit deel nauwelijks invloed hebben gehad op de inhoudsontwikkeling, aangezien de trend van voor de verruiming in de periode na de verruiming nagenoeg precies wordt doorgezet.

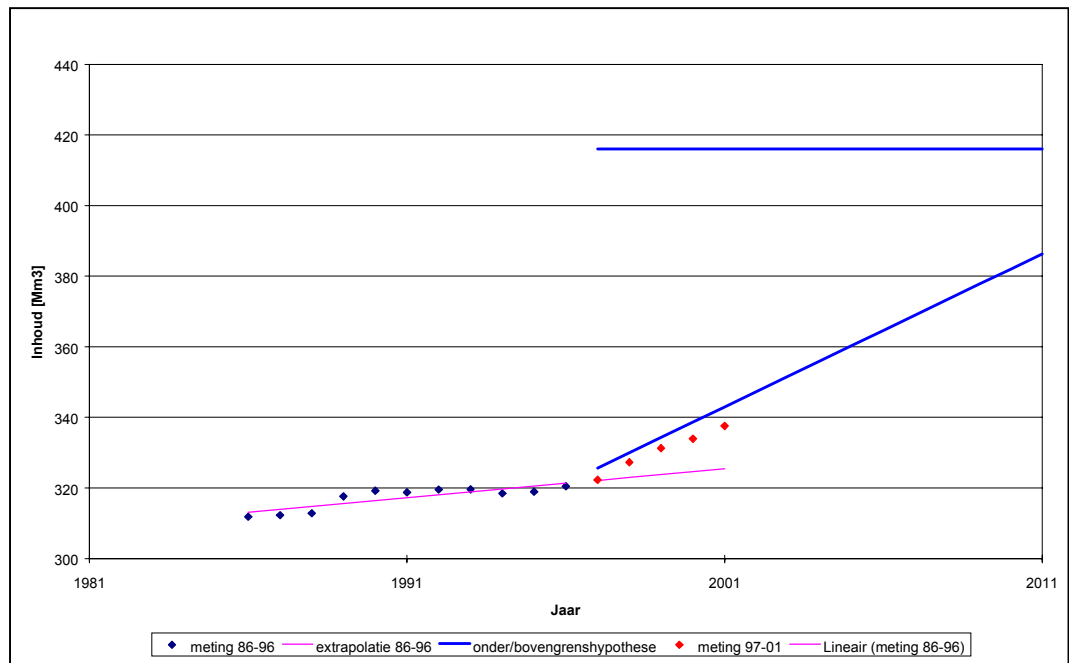


**Figuur 2.7.10**

Toetsing van de hypothese voor de hoofdgeul in het oostelijk deel van de Westerschelde.

*Ontwikkeling hoofdgeulen in het oostelijk deel (18)*

De nulontwikkeling in de periode 1981 – 1996 laat een zeer geleidelijk toename zien van de inhoud van de hoofdgeulen in het oostelijk deel (figuur 2.7.10).



De ontwikkelingen na 1996 volgen niet de nulontwikkeling. De  $T_{0,1996}$  is berekend op 321 Mm<sup>3</sup> hoofdgeulen. De metingen laten een ontwikkeling zien, die minder sterk verloopt als verondersteld in de hypothese. De metingen liggen buiten de begrenzings van de prognose. De afwijkingen tot de

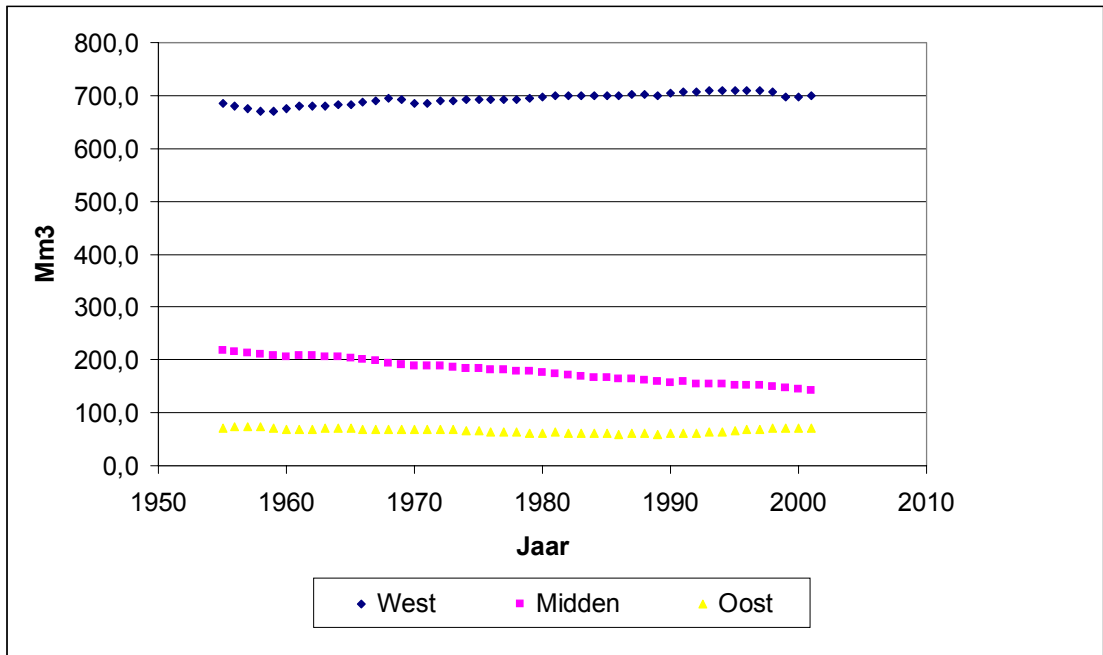
ondergrens van de prognose zijn kleiner dan de maximale fout. De conclusie is dat de hypothese niet kan worden beoordeeld. Het lijkt er dus op dat de ingrepen in dit deel een geringe invloed hebben gehad op de inhoudsontwikkeling vergelijkbaar met de hypothese.

*Inhoudsontwikkeling nevengeulen [hypothese 15, 17 en 19]*

De ontwikkelingen van de inhoud van de nevengeulen is berekend voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde. De inhoud van de nevengeulen van het westelijk deel laat vanaf 1950 tot 1996 over het algemeen toename zien, na 1996 is er geringe afname. In het midden deel is vanaf het begin van de opnamen steeds afgenomen. In het oostelijk deel is gedurende de periode 1950 – 2001 minder sterk veranderd dan van het middendeel. Tussen 1970 en 1995 is de inhoud wat kleiner geweest (figuur 2.7.11).

**Figuur 2.7.11**

De ontwikkeling van de inhoud van de nevengeulen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde.



De algemene trend is dat de inhoud van de hoofdgeulen in het westelijk en midden deel na de verdieping wat zijn afgenomen. De inhoud van het oostelijk deel is wat toegenomen. Als nulontwikkeling is de periode 1986 – 1996 gekozen. De ontwikkelingen vanaf 1986 zijn gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.7.3).

**Tabel 2.7.3**

Ontwikkeling van de inhoud van de nevengeulen van het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1986 [Mm<sup>3</sup>].

	West	Midden	Oost	Totaal
Verandering 1986 – 1996	9	-14	8	7
Verandering 1996 – 2001	-11	-11	3	-18
Maximale fout in 1985 – 2001	35	8	3	47

*Ontwikkeling nevengeulen in het westelijk deel (15)*

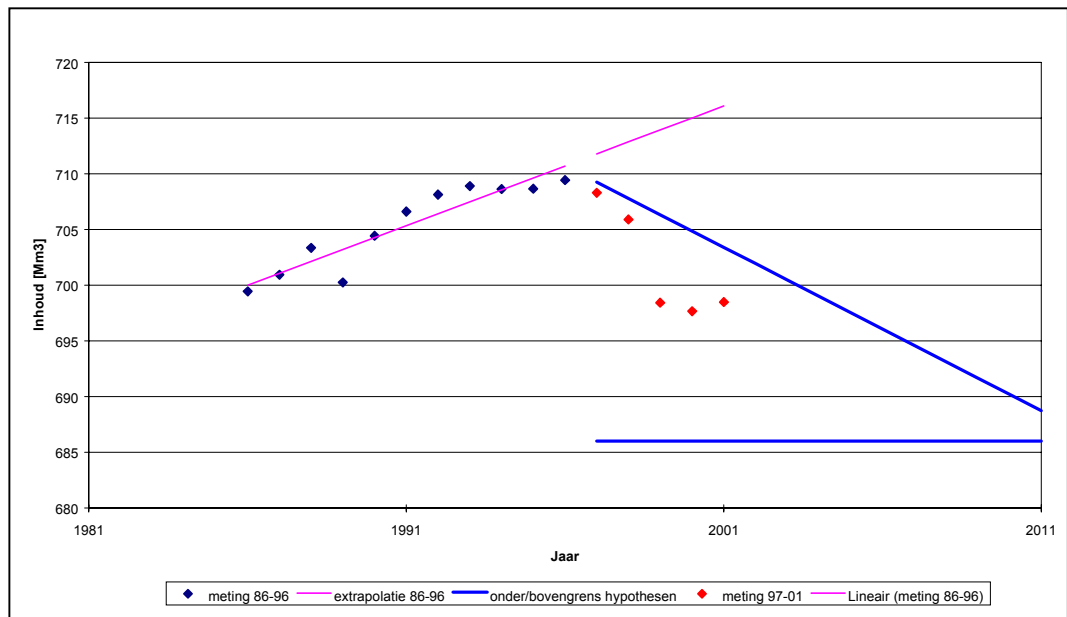
De nulontwikkeling in de periode 1981 – 1996 laat een geleidelijk toename zien van de inhoud van de hoofdgeulen (figuur 2.7.12).

De ontwikkelingen na 1996 volgen niet de nulontwikkeling. De  $T_{0,1996}$  is berekend op 711 Mm<sup>3</sup> in de nevengeulen. De metingen vallen binnen de begrenzing van de prognose met een veronderstelde afname van 22 – 52 Mm<sup>3</sup>. Deze afname zou moeten worden veroorzaakt door de toegenomen stortingen

**Figuur 2.7.12**

Toetsing van de hypothese voor de nevengeulen in het westelijk deel van de Westerschelde.

in het westelijk deel. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen. De veronderstelde trend van de afname van de inhoud van de nevengeulen door de ingrepen lijkt tot op heden te kloppen.

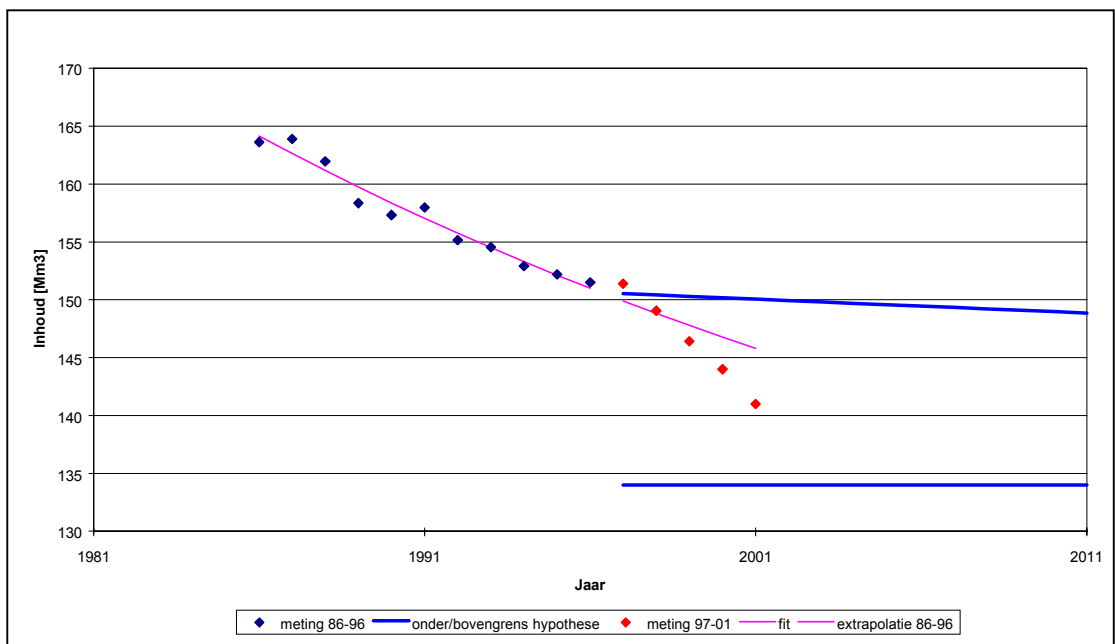


**Figuur 2.7.13**

Toetsing van de hypothese voor de nevengeulen in het midden deel van de Westerschelde.

*Ontwikkeling nevengeulen in het midden deel (17)*

De nulontwikkeling in de periode 1981 – 1996 laat een lineaire afname zien van de inhoud van de nevengeulen in het midden deel (figuur 2.7.13).



De ontwikkelingen na 1996 verlopen sterker dan de nulontwikkeling. De  $T_{0\ 1996}$  is berekend op 151  $Mm^3$  in de nevengeulen. De metingen vallen binnen de begrenzing van de prognose met een veronderstelde afname van 3 – 17  $Mm^3$ , als gevolg van de toegenomen stortingen in het midden deel. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen.

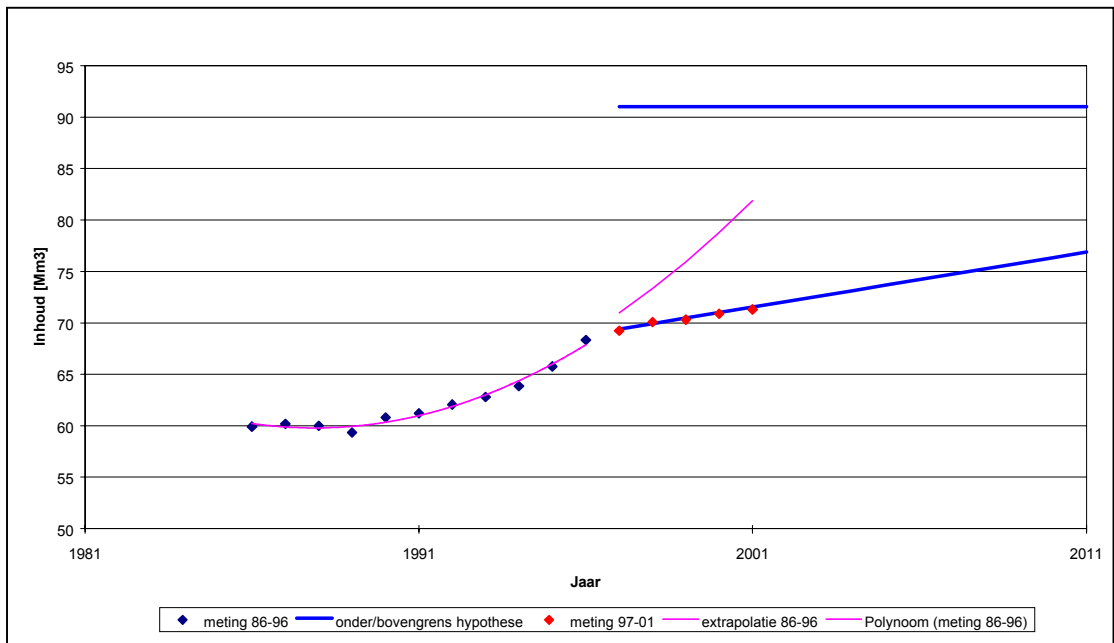


**Figuur 2.7.14**

Toetsing van de hypothese voor de nevengeulen in het oostelijk deel van de Westerschelde.

*Ontwikkeling nevengeulen in het oostelijk deel (19)*

De nulontwikkeling in de periode 1981 – 1996 laat een exponentiële toename zien van de inhoud van de nevengeulen in het midden deel (figuur 2.7.14).



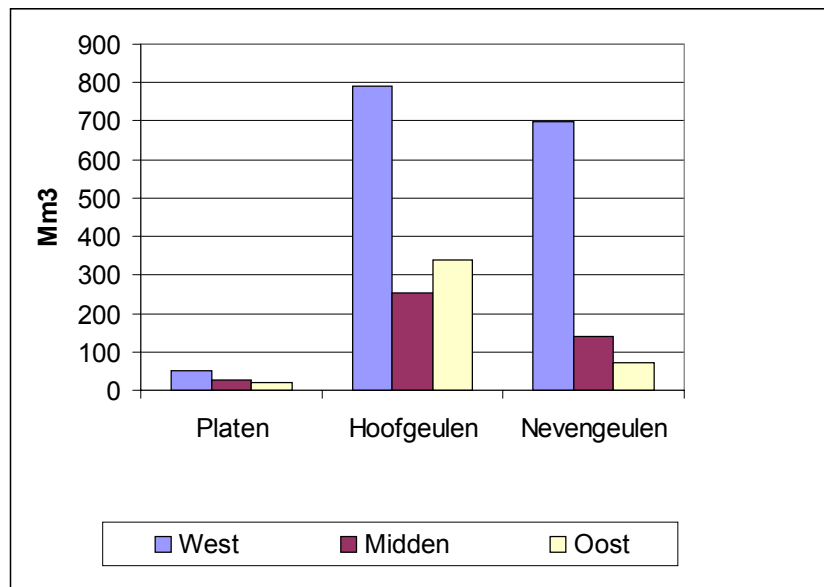
De ontwikkelingen na 1996 blijven niet de exponentiële nulontwikkeling volgen. De ontwikkeling verloopt minder sterker dan de nulontwikkeling. De  $T_{0,1996}$  is berekend op 66 Mm<sup>3</sup> in de nevengeulen. De metingen vallen op de ondergrens van de prognose met een veronderstelde toename van 8 – 22 Mm<sup>3</sup>, als gevolg van de toegenomen stortingen in het midden deel. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen. De ontwikkeling is verbazingwekkend aangezien er in de nevengeulen minder gestort wordt dan voor de verruiming. Volgens de ontwikkelingen neemt de inhoud minder snel toeneemt dan voorheen. Feitelijk zit het vreemde dus in de tijdreeks voor 1997, aangezien de inhoud van de nevengeulen in die periode toeneemt, terwijl er juist in die periode nog veel gestort werd in die nevengeulen.

*Samenvatting van de inhouden en volumes in 2001*

In het voorgaande zijn de veranderingen van de inhouden per morfologische eenheid behandeld. De inhouden van de morfologische eenheden verschillen

**Figuur 2.7.15**

De inhouden van de platen, hoofdgeulen en nevengeulen voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde in 2001.



soms sterk. Samenvattend is daarom een overzicht gegeven van de situatie 2001 (figuur 2.7.15).

De inhouden van de morfologische eenheden vertonen ruimtelijk en onderling grote verschillen. De hoofdgeulen beslaan de meeste ruimte. De nevengeulen in het westelijk deel beslaan bijna evenveel ruimte als de hoofdgeulen. De platen beslaan de minste ruimte. Zowel de platen als de nevengeulen nemen in omvang van west naar oost af.

### 2.7.5 Conclusies

*De volgende conclusies zijn getrokken op basis van de gegevens tot 2001:*

*Inhoud ontwikkeling platen*

**I1: hypothese West mogelijk verwerpen**

**I2: hypothese Midden niet verwerpen**

**I3: hypothese Oost mogelijk verwerpen. Op basis van gegevens 2002**

**hypothese echter niet verwerpen**

*Inhoud ontwikkeling hoofdgeulen*

**I4: hypothese West niet verwerpen**

**I6: hypothese Midden mogelijk verwerpen**

**I8: hypothese Oost is niet te beoordelen en dus niet verwerpen**

*Inhoud ontwikkeling nevengeulen*

**I5: hypothese West niet verwerpen**

**I7: hypothese Midden niet verwerpen**

**I9: hypothese Oost niet verwerpen**

De resultaten van de toetsing zijn tenslotte samengevat (tabel 2.7.4).

**Tabel 2.7.4**

De toetsing van de hypothesen van de inhouden samengevat.  
(niet verwerpen = + ; mogelijk verwerpen = -)

Morfologische eenheid	westelijk deel	middendeel	oostelijk deel
<i>platen</i>	-	+	+
<i>hoofdgeulen</i>	+	-	+
<i>nevengeulen</i>	+	+	+

Uit de toetsing volgt dat:

7 hypothesen op dit moment niet mogen worden verworpen, waarvan 1 niet te beoordelen is

2 hypothesen mogelijk moeten worden verworpen.

De ontwikkeling van de inhoud van de platen na de verruiming '48 – '43 lijkt veel meer op het vervolg van de nulontwikkeling dan wat is voorspeld in de hypothesen. Voor zowel het westelijk als het oostelijk deel van de Westerschelde is de huidige ontwikkeling tegengesteld aan de voorspelling. De verhoogde stortingen hebben in het westelijk deel nog niet geleid tot de verwachte toename van het plaatvolume. Wat het effect is van het baggeren en storten op de ontwikkeling van de inhoud van de platen blijft nog onduidelijk.

De ontwikkeling van de arealen platen (zie subhoofdstuk 2.8) laat, behalve voor het midden deel eveneens zien dat de nulontwikkeling veel meer wordt vervolgd dan dat de voorspelde trendbreuken optreden. De afname van de plaatinhoud in het westelijk deel kan ook te maken hebben met de vermoedelijke omslag van het systeem van importerend naar exporterend.

De ontwikkelingen in de inhoud van de hoofdgeulen volgen, behalve voor het Middendeel, redelijk de voorspelling. De effecten van het baggeren en storten zijn in de hoofdgeulen schijnbaar directer merkbaar. De ontwikkeling van het Middendeel is tegenstrijdig aan wat is voorspeld. Mogelijk is het effect van het stortbeleid in de beschouwde periode hier minder dominant dan de natuurlijke ontwikkeling van de hoofdgeul. De toename van de inhoud van de hoofdgeulen komt overeen met de toename aan geul arealen.

De ontwikkeling van de inhoud van de nevengeulen volgen in alle delen eveneens de verwachte voorspelling. Hiervoor geldt even als voor de hoofdgeulen, dat de effecten van het baggeren en storten directer merkbaar zijn. In het westelijk deel is sprake van een trendbreuk. Naar verwachting is dit het effect van de grote stortingen in de nevengeulen. Het midden- en oostelijk deel volgen meer de nulontwikkeling. De inhoud in het oostelijke deel neemt vreemd genoeg minder snel toe in de periode 1997-2001 dan in de periode vóór de verruiming. Dit is verwonderlijk aangezien de stortingen in de nevengeulen in dit gebied in die periode voor de verruiming veel groter waren dan in de periode daarna.

*Betrouwbaarheid van de uitspraken:*

Bijna alle uitspraken betreffende de inhoud van de morfologische eenheden kennen een grote onzekerheid. De verwachting van de afname van de nevengeulen in het westelijk en middendeel van de Westerschelde lijkt betrouwbaar te zijn. Dit geldt ook voor de uitspraak over de toename van de inhoud van de geulen in het westelijk deel.

#### **2.7.6 Discussie**

Bij de hypothesen zijn door onzekerheid in de nauwkeurigheid van de gegevens van de hoogte- en dieptemetingen aannamen gedaan ten van de maximale fout en de toepassing hiervan bij het toetsen van de hypothesen. Aanbevolen wordt voor toekomstige evaluaties nader te onderzoeken hoe hiermee moet worden omgegaan.

Er is aangenomen dat de nauwkeurigheid van de gegevens overeenkomen met die van de arealen (orde 5%). Aanbevolen wordt deze pragmatische aanname nader te verifiëren.

Bij de hypothesen is uitgegaan van een bepaalde hoeveelheid bagger- en stortwerk om de verruiming 48' –43' te verwezenlijken. In werkelijkheid is de totale hoeveelheid baggerwerk orde 10% minder geweest, als gevolg van minder onderhoudsbaggerwerk. Analoog kan dit betekenen dat hierdoor de effecten op de ontwikkeling minder groot zijn. In de hypothesen is hiermee geen rekening gehouden. Het zou kunnen zijn dat de voorspelling daarom meer bij de ondergrens moet liggen dan bij de bovengrens, hetgeen ook uit de resultaten blijkt. Dezelfde redenatie kan gelden voor baggerwerk waarmee bij de prognose geen rekening is gehouden. Bijvoorbeeld het baggerwerk van havens.

Een belangrijke onbekende in de hele analyse is of de in de hypothesen gekwantificeerde getallen nu een extra trend ten opzichte van de autonome ontwikkelingen weergeven, of dat ze de totale verandering (dus ten gevolge van zowel autonoom en ingrepen) weergeven. Bovendien is in het plan van aanpak van de hypothesen (De Jong et al, 1997) niet aangegeven waarom bij de arealen een veranderingstermijn van 25 jaar is verondersteld, terwijl bij de

inhouden deze termijn is gesteld op 15 jaar. Aanbevolen wordt zo mogelijk de hypothesen hierop bij te stellen.

Volgens het veronderstelde exponentiële verloop van 15 jaar zou in 2001 al bijna 80% van de aanpassing moeten zijn gerealiseerd. In een aantal situaties is een duidelijke ombuiging van de trend geconstateerd zoals bij de hoofdgeulen in het westelijk- en oostelijk deel en bij de nevengeulen. Als dit inderdaad het geval is dan zouden de effecten al grotendeels moeten zijn opgetreden en dan zou over enkele jaren de richting van de trend van vóór de verruiming weer meer gevolgd moeten worden. Omdat nu de autonome ontwikkeling en de effecten van verruiming door elkaar lopen verdient het aanbeveling de trends grondiger te analyseren in het perspectief van langjarige ontwikkeling. Het is van belang hierbij te weten waarom in veel gevallen als nulontwikkeling een lineaire ontwikkeling te zien is en in enkele gevallen een exponentiële ontwikkeling of is het puur toeval bepaald waar wordt ingezoomd in de tijdsperiode.

De consistentie tussen de hypothesen onderling en de andere hypothesen, zoals van arealen en stroomsnelheden zijn van belang voor het kunnen trekken van conclusies. Aanbevolen wordt hieraan aandacht te schenken. Ook is van belang hierbij de hoeveelheden baggeren en storten te betrekken. Te denken valt aan het opstellen van een expert system.

De methode van aanpak, clustering naar ruimtelijke eenheden West, Midden en Oost impliceert dat lokale ontwikkelingen zijn uitgemiddeld. Het verdient daarom aanbeveling een ruimtelijke kaart in GIS te maken van de veranderingen van inhoud. Hieruit zou kunnen blijken dat de veranderingen lokaal veel groter zijn.

Aanbevolen wordt te komen tot betere theorievorming van wat het cumulatief effect is van baggeren en storten op de omgeving, wat procesmatig kan worden onderbouwd en welke kan worden gebruikt voor het opnieuw formuleren van hypothesen. Het gebruik van een morfologisch model kan hierbij een hulpmiddel zijn voor het verkrijgen van meer inzicht.

## 2.8 Arealen

### 2.8.1 Inleiding

De geschiktheid van de Westerschelde ten aanzien van de verschillende gebruiksfuncties heeft een relatie met de beschikbare arealen morfologische eenheden (schorren, slikken, ondiep water, platen en geulen). Alle morfologische eenheden zijn van groot belang voor het ecologisch functioneren. Veranderingen hierin hebben effect op de ecotooparealen, die een randvoorwaarde zijn voor de ecologie. Om de effecten die de verruiming teweegbrengt in de fysica, te kunnen doorvertalen naar effecten voor de biologie, wordt daarom een ecotoopbenadering gebruikt (zie hoofdstuk 3.1). De ecotoopbenadering veronderstelt een rechtstreekse relatie tussen het type ecotoop en de geschiktheid van het gebied voor dieren en planten die erop leven. Dit uitgangspunt maakt het mogelijk om op basis van veranderingen van de ecotooparealen uitspraken te doen of in principe planten en dieren kunnen voorkomen.

### 2.8.2 Hypothesen

De hypothesen A1 t/m A15 gaan inhoudelijk in op de verwachte ontwikkelingen van de arealen morfologische eenheden. Ze betreffen een periode van 25 jaar. Deze hypothesen zijn opgesteld voor de gebieden westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde [Ref. 1].

#### *Areaalontwikkeling schorren*

Er is een cluster van drie hypothesen met toelichting dat de ontwikkeling van het areaal aan schorren in de Westerschelde beschrijft:

#### **Hypothese A1: Het areaal schorren in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 15-35 hectare**

*Toelichting: Verwacht wordt dat in het westelijk deel geen extra verlies aan schorren op zal treden door de verdieping. Als de huidige trend zich voortzet zal ca. 25 ha verloren gaan.*

#### **Hypothese A2: Het areaal schorren in het middendeel van de Westerschelde zal gelijk blijven.**

*Toelichting: Het geringe aantal schorren in het midden deel ligt op relatief rustige plaatsen, waar weinig erosie optreedt. Door natuurlijke fluctuaties kan een (tijdelijke) toe- of afname van ca. 10 ha optreden.*

#### **Hypothese A3: Het areaal schorren in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 25-45 hectare**

*Toelichting: Verwacht wordt dat er geen extra verlies aan schorren in het oostelijk deel op zal treden t.g.v. de verdieping. Hier gaat, als de huidige trend zich voortzet, ca. 35 ha verloren.*

Volgens de hypothesen A1 t/m A3 zullen de schorren als gevolg van de verruiming niet veranderen.

#### *Areaalontwikkeling slikken*

Er is een cluster van drie hypothesen met toelichting dat de ontwikkeling van het areaal aan slikken in de Westerschelde beschrijft:

#### **Hypothese A4: Het areaal slikken in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 40-60 hectare**

*Toelichting: Door erosie langs de geulranden gaan aanliggende slikken verloren. Er wordt geen toename van het slikverlies t.g.v. de verdieping verwacht.*

**Hypothese A5: Het areaal slikken in het middendeel van de Westerschelde zal gelijk blijven.**

*Toelichting: De erosie van slikken in het midden deel wordt tegengegaan door het aanleggen van geulwandverdedigingen. Door natuurlijke fluctuaties kan op plaatsen waar geen geulwandverdedigingen liggen nog wel enige toe- of afname optreden. Dit zal echter maximaal 10 ha zijn.*

**Hypothese A6: Het areaal slikken in het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 0-20 ha.**

*Toelichting: Door het aanleggen van de geulwandverdedigingen zal er weinig erosie van de slikken optreden. De aanliggende schorren zullen echter, als na-ijl effect van de aanpassing van het slik, nog wel verder eroderen. Dit heeft vergroting van het slikareaal tot gevolg.*

*Areaalontwikkeling ondiep water*

Er is een cluster van drie hypothesen met toelichting dat de ontwikkeling van het areaal aan ondiep water in de Westerschelde beschrijft:

**Hypothese A7: Het areaal ondiep water in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 130 tot 230 hectare.**

*Toelichting: Door de toename van stortingen van baggerspecie zullen in het westen grotere en hogere plaat complexen ontstaan. Dit gaat ten koste van het areaal ondiep water.*

**Hypothese A8: Het areaal ondiep water in het middendeel van de Westerschelde zal afnemen met 25 tot 125 hectare.**

*Toelichting: Door de toename van de stortingen van baggerspecie zullen in het middendeel grotere en hogere plaat complexen ontstaan. Dit gaat ten koste van het areaal ondiep water.*

**Hypothese A9: Het areaal ondiep water in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 65 tot 165 hectare.**

*Toelichting: Na vergroting van de hoofdgeul zullen door erosie de plaat randen steiler worden en ondiep water verloren gaan.*

*Areaalontwikkeling platen*

Er is een cluster van drie hypothesen met toelichting dat de ontwikkeling van het areaal aan platen in de Westerschelde beschrijft:

**Hypothese A10: Het areaal platen in het westelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 205 tot 305 hectare.**

*Toelichting: Door toename van het storten van baggerspecie in het westelijk deel wordt een toename van het plaat areaal verwacht.*

**Hypothese A11: Het areaal platen in het middendeel van de Westerschelde zal toenemen met 25 tot 125 hectare.**

*Toelichting: Door toename van het storten van baggerspecie in het middendeel wordt een toename van plaat areaal verwacht.*

**Hypothese A12: Het areaal platen in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 60 tot 160 hectare.**

*Toelichting: Verruiming van de geulen in het oostelijk deel leidt tot grotere erosie van de plaatranden.*

#### *Areaalontwikkeling geulen*

Er is een cluster van drie hypothesen met toelichting dat de ontwikkeling van het areaal aan geulen in de Westerschelde beschrijft:

#### **Hypothese A13: Het areaal geulen in het westelijk deel van de Westerschelde zal gelijk blijven.**

*Toelichting: De huidige (in 1996 aanwezige trend) was een verruiming van de geulen in het westen. Deze verruiming zal worden tegengewerkt door stortingen in dit gebied. Verwacht wordt dat er netto geen verandering zal optreden. Door natuurlijke fluctuaties kan wel toe- of afname van 50 ha. optreden.*

#### **Hypothese A14: Het areaal geulen in het middendeel van de Westerschelde zal gelijk blijven.**

*Toelichting: Ook in het middendeel is in de laatste decennia verruiming opgetreden. Gezien de laatste ontwikkelingen in debietverdeling en debietveranderingen én de toekomstige hogere stortingen wordt geen verder verruiming verwacht. Door natuurlijke fluctuaties kan wel toe- of afname van 50 ha. optreden.*

#### **Hypothese A15: Het areaal geulen in het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 200 tot 300 hectare.**

*Toelichting: De drempels in het oosten zullen worden verlaagd. Dit zal tot toename van het getij volume leiden. De geul zal zich gaan verruimen totdat er een nieuw evenwicht wordt bereikt. Hierdoor zal de geul zich gaan verruimen totdat weer een evenwichtssituatie is ontstaan.*

### **2.8.3 Methode**

#### **Interpretatie van de hypothesen**

##### *Uitgangspunten bij de hypothesen in het plan van aanpak*

Alle hypothesen betreffen de resultante van de autonome ontwikkeling en de effecten van de verdieping 48' - 43'. De hypothesen van de schorren (A1 t/m A3) en de slikken in het westelijk en middendeel (A4 en A5) gaan ervan uit dat er geen effecten zijn van de verdieping 48' - 43'. Op de korte termijn is morfologisch gezien te verwachten dat de schorren en slikken nauwelijks veranderen. De geulen en vervolgens de platen en ondiep water gebieden reageren vrij direct op de verruiming. Op langere termijn zullen ook de schorren en slikken zich wat aanpassen aan de nieuwe situatie. Deze aanpassingen zullen dan "verstopt" zitten in de autonome ontwikkelingen.

Bij de hypothesen is het volgende uitgangspunt genoemd: "De genoemde verwachtingen betreffen de veranderingen over een periode van 25 jaar. De veranderingen zullen vooral in het begin snel verlopen. Na enkele jaren zal de snelheid van de veranderingen afnemen" [De Jong et al, 1997].

Impliciet is hiermee verondersteld dat de veranderingen van de arealen volgens het principe van een exponentiële macht verlopen. Bij morfologische ontwikkelingen wordt dit type functies vaak gebruikt. De exponentiële macht veronderstelt dat veranderingen in het begin snel verlopen.

##### *Clustering voor westelijk, midden en oostelijk deel*

De hypothesen zijn geclusterd voor de ruimtelijke gebieden westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde. Deze aanpak impliceert dat bij de toetsing een uitmiddeling plaatsvindt van de lokale veranderingen, waardoor de werkelijke plaatselijke effecten kunnen worden onderschat.

*Definitie van de typen morfologische eenheid*

De hypothesen doen uitspraken over de verwachte ontwikkelingen van de verschillende typen morfologische eenheden. Binnen het MOVE project zijn deze eenheden als volgt gedefinieerd:

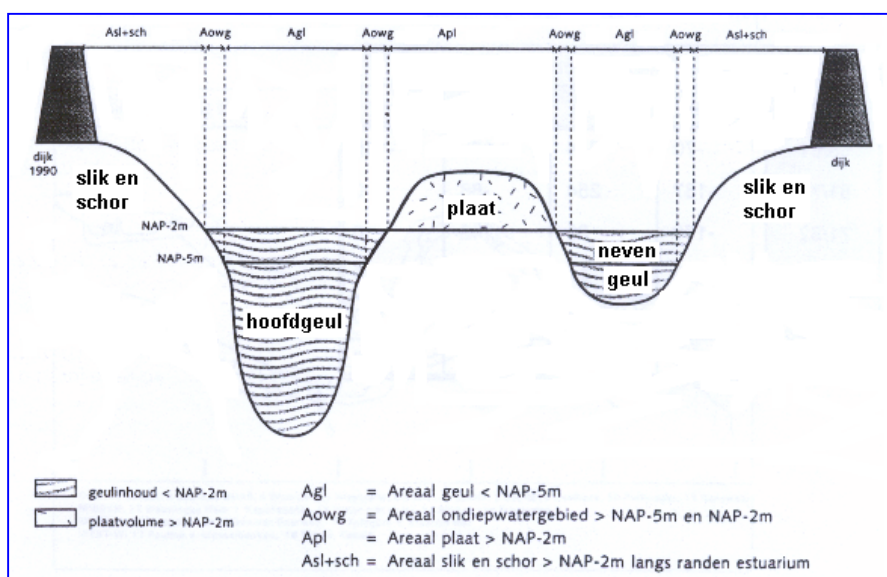
- De schorren zijn de buitendijkse gebieden, die voor meer dan 50% zijn begroeid
- De slikken zijn de buitendijkse gebieden boven N.A.P. -2 m en grenzend aan een dijk
- Het ondiep watergebied bevindt zich tussen N.A.P. -2m en N.A.P. -5m
- De platen zijn de gebieden boven N.A.P. -2m, omringd door geulen
- De geulen zijn de gebieden onder N.A.P. -5m.

De overgangen N.A.P. -2 m en N.A.P.-5 m zijn pragmatische keuzes voor het kunnen schematiseren van het gebied in vaste morfologische eenheden.

In het volgende plaatje zijn de definities van de morfologische eenheden nog eens schematisch weergegeven.

**Figuur 2.8.1**

Schematische weergave van de onderscheiden morfologische eenheden



*Eenheid in hectares*

De hypothesen doen uitspraken over de veranderingen in de orde van een tiental hectares. Hiermee is verondersteld dat met deze nauwkeurigheid toetsing kan plaatsvinden.

*Definitie T<sub>0</sub>*

De T<sub>0</sub>-situatie is de toestand vóór de verdieping. Het aanlegbaggerwerk hiervan heeft plaatsgevonden tussen 1 juli 1997 en 31 juli 1998 [Ref. 3]. Bij het opstellen van de hypothesen is uitgegaan van de toestand 1996. De toestand van de arealen 1996 is daarom als T<sub>0</sub> situatie gedefinieerd (Figuur 2.8.2).

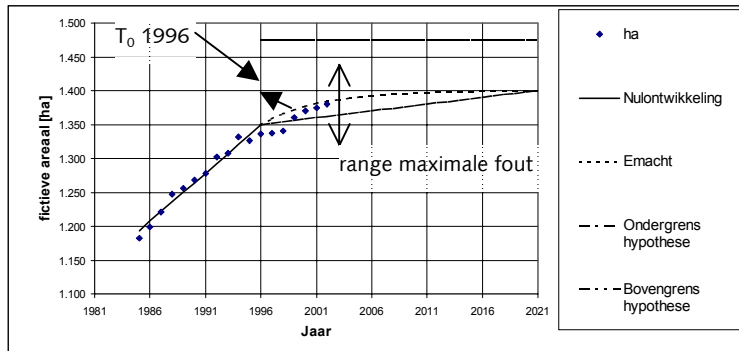
*Definitie nulontwikkeling*

Bij de interpretatie is de vraag relevant in hoeverre de effecten van de verdieping te onderscheiden zijn van de autonome ontwikkelingen of nulontwikkeling. Dit laatste heeft vooral te maken met de langere termijn ontwikkeling met voortzetting van het vigerend beleid. Als nul ontwikkeling is de trend gedefinieerd in de ontwikkeling van de arealen tot medio 1996 en die zich zo mogelijk zou hebben doorgezet als de uitgevoerde verdieping 48'- 43' niet had plaatsgevonden (Figuur 2.8.2). Dit hoeft persé een lineaire trend te zijn.



**Figuur 2.8.2**

Schematische weergave van de verwachte nulontwikkeling en de boven- en ondergrens van de hypothese.



### Verwachte ontwikkeling over 25 jaar

De hypothesen geven een band van de verwachte veranderingen over een periode van 25 jaar. Omdat als  $T_0$  1996 is gedefinieerd, zullen de verwachte veranderingen ten gevolge van de verdieping 48' - 43' duren tot 2021 en hierbij verlopen volgens het principe van een exponentiële macht. Bij de band van de hypothesen is een minimale en maximale waarde gegeven. Aangenomen is dat de minimale band geleidelijk verloopt vanaf 1996 - 2021. De maximale waarde is opgevat als een begrenzing gedurende de gehele periode 1996 - 2021 (Figuur 2.8.2).

### Data gebruikt voor toetsing

De data van de arealen morfologische eenheden, die zijn gebruikt voor het toetsen van de hypothesen, zijn geaggregeerde informatie, samengesteld door Rijkswaterstaat, directie Zeeland en Meetinformatie Dienst Zeeland. De methodiek van aggregatie is beschreven in het kader het Project Monitoring Verruiming Westerschelde (Paré e, 2002). Deze methodiek is toegepast voor de volledige tijdreeks van de gegevens.

De tijdreeks, die bij het opstellen van de hypothesen is gebruikt voor het beschrijven van de  $T_0$  toestand is aangepast. Deze aanpassing houdt in dat de gegevens zijn geconverteerd naar een schematisatie met vaste overgangen, zoals hiervoor is gedefinieerd. Dit is gedaan om de ontwikkelingen van het ondiep water, de platen en de geulen goed te kunnen volgen.

De verschillen tussen de oorspronkelijke tijdreeks en herziene tijdreeks liggen in de orde van 0 tot 3%. De gegeven hypothesen zijn gebaseerd op de oorspronkelijke  $T_0$  arealen. Daarom is nagegaan wat het effect hiervan is op de hypothesen. Een vergelijking kon worden gemaakt voor het ondiep water en de geulen (Bijlage 1 van subhoofdstuk arealen). Hieruit volgt dat verschillen een orde kleiner zijn dan het factor tussen de waarde van de hypothese en de grootte van de arealen. Deze aanpassingen hebben zodoende geen gevolgen voor de opgestelde hypothesen.

### Areaalontwikkeling schorren

Een interpretatie van geomorfologische luchtfoto's van de schorren in de Westerschelde vormt de basis van de data. Deze luchtfoto interpretaties zijn vervolgens gedigitaliseerd zodat de zo ontstane geomorfologische kaarten met GIS en de definitie van schorren verder geanalyseerd konden worden. In GIS zijn dan vervolgens de schoroppervlakten voor verschillende jaren berekend. Een schor wordt overigens gedefinieerd als een gebied met meer dan 50% begroeiing. Voor de jaren 1959, 1988, 1996 en 2001 waren geomorfologische kaarten beschikbaar en konden de schoroppervlakten berekend worden. Deze oppervlakten zijn per systeemdeel (oost, midden en west) geclusterd en weergegeven in tabel 2.8.1.

#### *Areaalontwikkeling slikken*

De basis van de data voor het bepalen van de slikoppervlakten vormen de vaklodingen en de geomorfologische kaarten. Deze gegevens zijn met GIS en de definitie van slikken verwerkt. Omdat slechts voor de jaren 1959, 1988, 1996 en 2001 geomorfologische kaarten beschikbaar waren, kon ook slechts voor deze jaren het slikareaal bepaald worden, namelijk omdat slik berekend wordt met behulp van schorgegevens.

De vaklodingen zijn gebruikt voor het bepalen van de ondergrens van het slik (> NAP -2m). De ondergrens van het schor (uit geomorfologische kaart) of de dijklijn vormen de bovengrens van het slik. Vervolgens is het areaal tussen de NAP -2m lijn en de dijklijn berekend, hetgeen overeenkomt met het totale areaal slik en schor. Het areaal slik is vervolgens berekend door het schorareaal in mindering van het totaal slik- en schorareaal te brengen. Dit areaal is vervolgens geclusterd per systeemdeel (oost, midden en west) en weergegeven in tabel 2.8.2.

#### *Areaalontwikkeling ondiep water, platen en geulen*

De arealen ondiep water, platen en geulen voor de verschillende jaren zijn m.b.v. een GIS-applicatie en de definitie van ondiep water berekend uit de vaklodingen van de Westerschelde en vervolgens in een database gezet. Zo nodig is geïnterpoleerd voor het verkrijgen van een jaarlijkse waarde. De database is hiermee gevuld voor de periode 1955 t/m 2002. De arealen behorende bij de verschillende hypothesen zijn vanuit de database geclusterd voor oost, midden en west.

### **Methode van toetsing**

#### *Vaststellen nulontwikkeling*

De nulontwikkeling is in principe bepaald voor de periode na de 1<sup>e</sup> verdieping. Uit de ontwikkelingen van de arealen van de geulen is verondersteld dat in 1985 de effecten van de 1<sup>e</sup> verdieping nagenoeg zijn uitgewerkt. De nulontwikkeling wordt daarom in principe bepaald over de periode 1985 - 1996. Voor de schorren en de slikken is wegens het ontbreken van informatie over de ontwikkeling vóór 1988, 1988 als beginjaar van de nulontwikkeling vastgesteld.

Voor de nulontwikkeling is in principe uitgegaan van een lineaire trendlijn voor de periode 1985 - 1996. Indien de gegevens duidelijk niet lineair verlopen, wordt een niet lineaire nulontwikkeling bepaald. Uit de vastgestelde nulontwikkeling volgt de  $T_0$  1996. De schorren en slikken zijn in de periode van de nulontwikkeling slechts 2 keer opgenomen. Een nulontwikkeling is hieruit niet af te leiden. Voor het vaststellen van de  $T_0$  wordt indien de opnamen niet significant verschillen, de gemiddelde waarde van deze opnamen als  $T_0$  1996 beschouwd en wordt aangenomen dat er geen trend was. Indien er een duidelijk verschil is te constateren in de ontwikkeling van de schorren en slikken is een lineaire lijn door de opnamen van 1988 en 1996 getrokken en is deze als nulontwikkeling aangenomen; in dit geval is  $T_0$  1996 gelijk aan de opname van 1996.

#### *Nauwkeurigheid van de gegevens*

Bij het toetsen van de hypothesen dient bedacht te worden dat de gegevens van de arealen een bepaalde nauwkeurigheid hebben. Probleem is dat weinig is bekend over de systematische en toevallige fouten van dit soort gegevens. Op basis van expert judgement zijn de volgende aannamen gedaan (mond. meded. D. de Jong).

- De maximale fout van het bepaalde oppervlakte aan schor is naar schatting kleiner dan  $\pm 4\%$ .
- De maximale fout van de oppervlakte aan slikken, ondiep water, platen en geulen bedraagt naar schatting orde  $\pm 5\%$ .

Dit betekent dat bij het toetsen van de gemeten arealen hiermee rekening dient te worden gehouden. Deze fout is niet geschat op basis van de variatie van de datareeks, maar uit de combinatie van de meetfouten. Met de bovenstaande percentages is per jaar de absolute waarde van de 'maximale meetfout' berekend voor de arealen morfologische eenheden. Deze absolute waarde is vervolgens gemiddeld voor de periode 1985 – 2001.

Bij het opstellen van de hypothesen is al gedeeltelijk rekening gehouden met onnauwkeurigheden en daarmee de onzekerheid t.a.v. de te verwachten ontwikkelingsnauwkeurigheid van de opnamen door het geven van een boven- en ondergrens voor de mogelijke ontwikkeling. Bij het beoordelen van de ontwikkeling ten opzichte van de hypothese wordt rekening gehouden met de 'maximale meetfout'.

*Uitwerking principe van ontwikkeling volgens exponentiële macht*

De veranderingen van de arealen verlopen zoals geïnterpreteerd uit ref. 1, pagina 25 volgens het principe van de *exponentiële* macht. Hierbij is uitgegaan van de looptijd van het proces van 25 jaar. De functie hiervan is als volgt te formuleren:

$$P = 100\% * ( e^{-t/25} )^c \dots\dots\dots (vgl 1),$$

waarin

- P = Nog te realiserende aanpassing t.o.v. de T<sub>0</sub> toestand in 1996 [%]
- t = Aantal jaren na T<sub>0</sub> ( 5 jaar in 2001 )
- c = Coëfficiënt voor de afregeling van het proces. Bij het gebruik van een coëfficiënt 5 wordt de nog resterende aanpassing over 25 jaar na T<sub>0</sub> kleiner dan 1%

Volgens de functie van de exponentiële macht (vgl 1) zouden in 2001 de arealen al voor meer dan 64% zijn aangepast. Er zal worden aangegeven als de ontwikkelingen op deze wijze zijn verlopen.

*Toetsing van de hypothese*

De toetsing wordt uitgevoerd door te beoordelen hoe de ontwikkeling na de verruiming 1996 – 2001 is ten opzichte van vóór de verruiming (nulontwikkeling) en ten opzichte van de begrenzingen volgens de hypothese. Bij de toetsing wordt antwoord gegeven op de volgende vragen:

- Volgt de ontwikkeling 1996 – 2001 de nulontwikkeling of wijkt deze hiervan af en hoe ?
- Valt de ontwikkeling 1996 – 2001 binnen de gestelde begrenzingen van de hypothese of wijkt deze hiervan af ?
- Volgt de ontwikkeling 1996 – 2001 het verwachte *exponentiële* verloop ?
- Beïnvloeden de maximale meetfouten mogelijk de conclusies ?

In figuur 2.8.2 zijn al fictieve lijnen gegeven voor de nulontwikkeling en de verlopen van bovengrens, ondergrens van de hypothese en het verloop volgens de *exponentiële* functie:

Bij de toetsing is nagegaan hoe de metingen in de periode 1996 – 2001 ten opzichte van deze verlopen vallen.

De volgende criteria zijn gehanteerd:

- Indien de ontwikkeling 1996 – 2001 (figuur 2.8.2) duidelijk valt binnen de gestelde begrenzingen van de hypothesen is de uitkomst **HYPOTHESE MAG NIET WORDEN VERWORPEN**. De maximale fout is op deze uitspraak niet van invloed!

- Indien de ontwikkeling 1996 – 2001 (figuur 2.8.2) duidelijk valt buiten de gestelde begrenzings is de uitkomst HYPOTHESE MOET MOGELIJK WORDEN VERWORPEN of is de uitkomst HYPOTHESE VALT NIET TE BEOORDELEN

De beoordeling HYPOTHESE MOET MOGELIJK WORDEN VERWORPEN of HYPOTHESE VALT NIET TE BEOORDELEN is als volgt bepaald:

- De uitspraak wordt HYPOTHESE MOET MOGELIJK WORDEN VERWORPEN, indien de range van de maximale meetfout (figuur 2.8.2) valt buiten de gestelde begrenzings van de hypothese
- De uitspraak wordt HYPOTHESE VALT NIET TE BEOORDELEN, indien de range van de maximale meetfout (figuur 2.8.2) valt binnen de gestelde begrenzings van de hypothese. Omdat een keuze moet worden gemaakt wordt de uiteindelijke conclusie dan uitspraak HYPOTHESE MAG NIET WORDEN VERWORPEN

### 2.8.4 Resultaten

De resultaten van de toetsing van de hypothesen worden achtereenvolgens besproken voor de verschillende type arealen (schorren, slikken, ondiepwater, platen en geulen).

#### Areaalontwikkeling schorren [hypothesen A1t/m A3]

De arealen van de schorren zijn vanaf 1959 gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.8.1).

Tabel 2.8.1

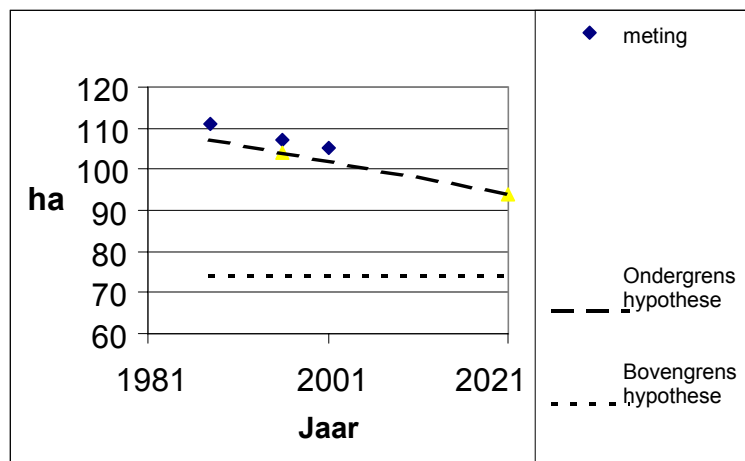
Areaal schor en de veranderingen daarin in de westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1959 (areaal in ha en begroeiingspercentage >50%). 1988 is inclusief Sieperdaschor)

Jaar	West	Midden	Oost	Totaal
1959	594	52	2905	3551
1988	111	17	2377	2505
1996	107	18	2267	2392
2001	105	18	2237	2359
verandering 1988-1996 ha]	-4	1	-110	-113
verandering 1996-2001 [ha]	-2	0	-30	-33
Max. fout in 1988 - 2001 [ha]	4	1	92	97

De schorren laten behalve voor het middendeel een afname zien. De veranderingen van de schorren is absoluut gezien het grootst in het oostelijk deel van de Westerschelde. Deze veranderingen zijn echter kleiner dan de maximale fout.

Figuur 2.8.3

Toetsing van de hypothese voor de schorren in het westelijk deel van de Westerschelde.



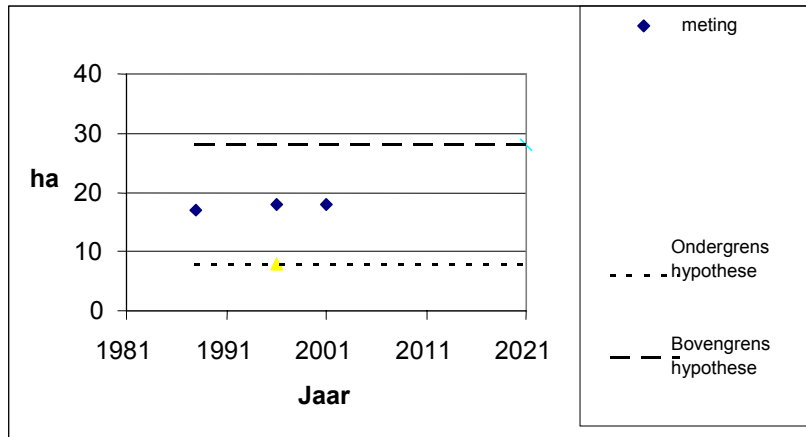
*Ontwikkeling schorren in het westelijk deel (A1)*

De ontwikkeling in de periode 1988 – 1996 laat een geringe afname van de schorren zien (Figuur 2.8.3). De  $T_0$  1996 is bepaald door de gemiddelde waarde te nemen van 1988 en 1996: 109 ha schor. De metingen valt net buiten de prognose. De maximale fout valt echter binnen de gestelde begrenzings. Dit betekent dat de hypothese niet te beoordelen valt.

*Ontwikkeling schorren in het middendeel (A2)*

De ontwikkeling laat in de periode 1988 – 1996 geen verandering van de schorren zien. De  $T_0$  1996 is daarom gesteld op 18 ha schor. De meting in 2001 geeft dezelfde oppervlakte aan areaal. Dit komt overeen met de verwachting dat geen verandering zou optreden (Figuur 2.8.4).

**Figuur 2.8.4**  
Toetsing van de hypothese voor de schorren in het midden deel van de Westerschelde.

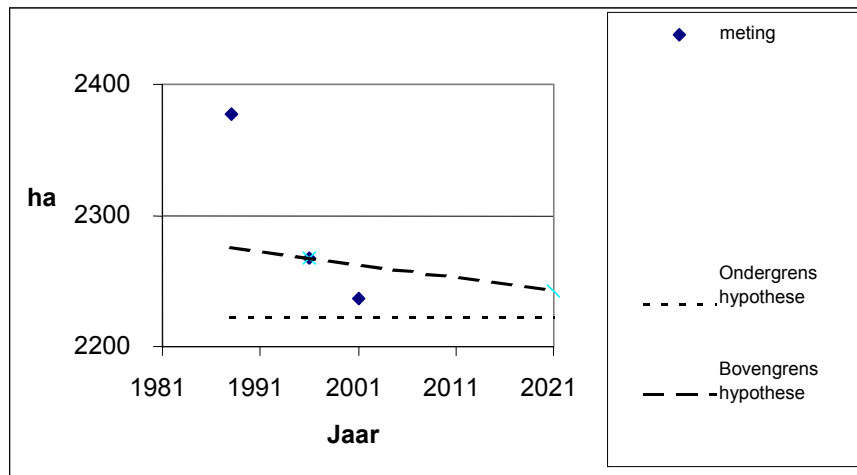


Conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen.

*Ontwikkeling schorren in het oostelijk deel (A3)*

De nulontwikkeling laat in de periode 1988 – 1996 een afname van de schorren zien met 30 ha. De  $T_0$  1996 is de waarde van 1996: 2267 ha schor. De meting 2001 valt binnen de verwachting van de hypothese 25 tot 45 ha afname (Figuur 2.8.5).

**Figuur 2.8.5**  
Toetsing van de hypothese voor de schorren in het oostelijk deel van de Westerschelde.



Conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen.

*Areaalontwikkeling slikken [hypothese A4 t/m A6]*

De arealen van de slikken en de veranderingen daarin zijn vanaf 1959 gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.8.2). De slikken laten in het westelijk deel een afname van het oppervlak zien tot 1996 en daarna toename. In het midden en oostelijk deel is er alleen toename. De veranderingen van de slikken zijn in de periode 1996 – 2001 het grootst in het oostelijk deel van de Westerschelde.

**Tabel 2.8.2**

Areaal slik in de gebieden westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1959 (areaal in ha. 1988 is inclusief Sieperdaschor).

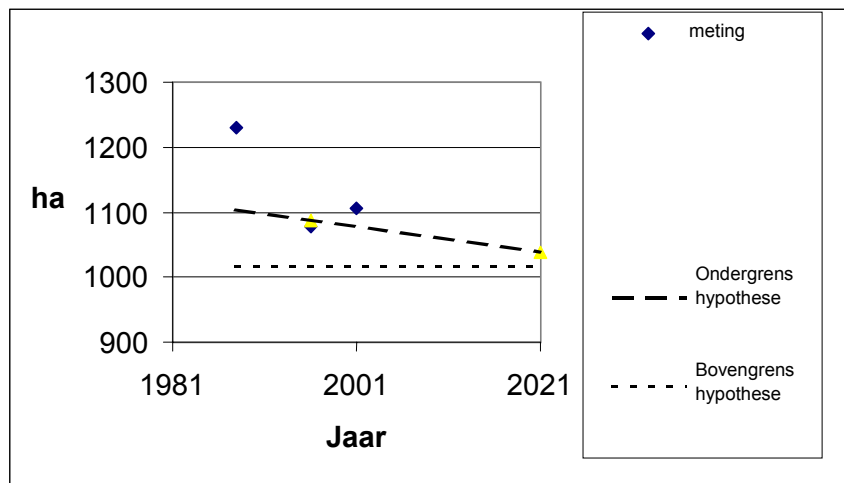
Jaar	West	Midden	Oost	Totaal
1959				4260
1988	1229	502	1890	3621
1996	1078	504	1972	3554
2001	1105	512	2083	3700
verandering 1988-1996 [ha]	-151	2	82	-67
verandering 1996-2001 [ha]	27	8	111	146
Max. fout in 1988 - 2001 [ha]	45	20	79	145

*Ontwikkeling slikken in het westelijk deel (A4)*

De ontwikkeling laat in de periode 1988 – 1996 een afname van de slikken zien met 151 ha. De  $T_0$  1996 is gesteld op de waarde van 1996: 1078 ha slik. De meting 2001 laat een toename zien in plaats van de verwachte autonome afname met 40 tot 60 ha. De meting valt buiten de prognose (Figuur 2.8.6).

**Figuur 2.8.6**

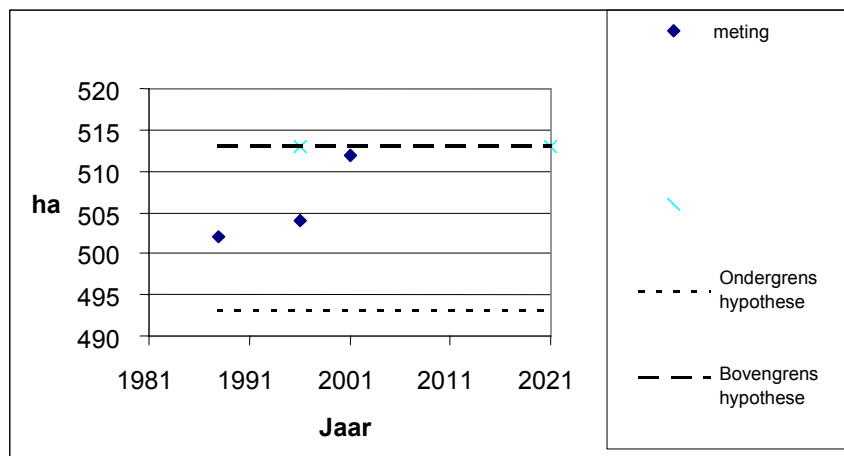
Toetsing van de hypothese voor de slikken in het westelijk deel van de Westerschelde.



Het verschil met de begrenzing van de prognose is kleiner dan de maximale fout. De conclusie is dat de hypothese mogelijk niet valt te beoordelen.

**Figuur 2.8.7**

Toetsing van de hypothese voor de slikken in het midden deel van de Westerschelde.



*Ontwikkeling slikken in het middendeel (A5):*

De ontwikkeling laat in de periode 1988 – 1996 geen verandering van de slikken zien. De  $T_0$  1996 is bepaald op de gemiddelde waarde van 1988 en 1996: 903 ha slik. De meting 2001 valt binnen de band van de verwachting dat het areaal slik gelijk zal blijven (Figuur 2.8.7).

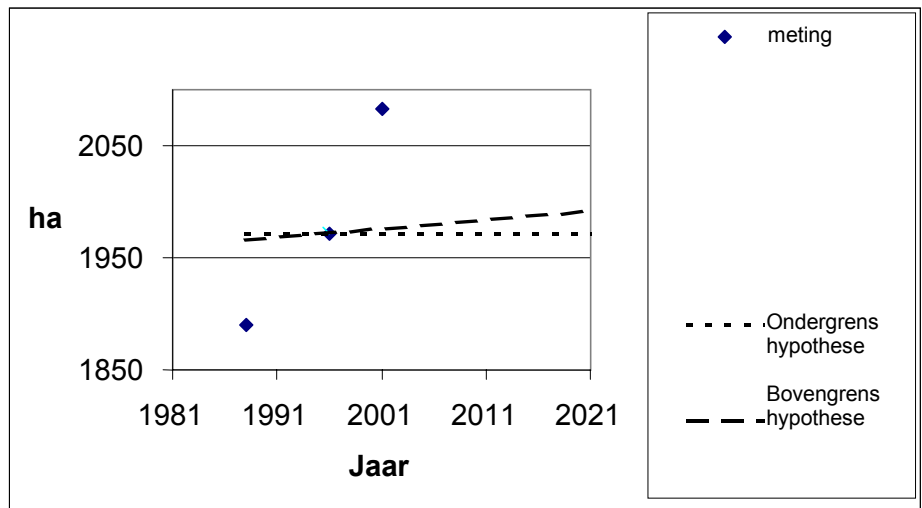
De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen.

*Ontwikkeling slikken in het oostelijk deel (A6)*

De ontwikkeling laat in de periode 1988 – 1996 een toename van de slikken zien met 82 ha. De  $T_0$  1996 is gesteld op de waarde van 1996: 972 ha slik. De meting 2001 laat een toename zien van 111 ha. Deze meting valt buiten de prognose toename met 0 tot 20 ha (Figuur 2.8.8).

**Figuur 2.8.8**

Toetsing van de hypothese voor de slikken in het oostelijk deel van de Westerschelde.



Het verschil met de bovengrens is echter groter dan de maximale fout.

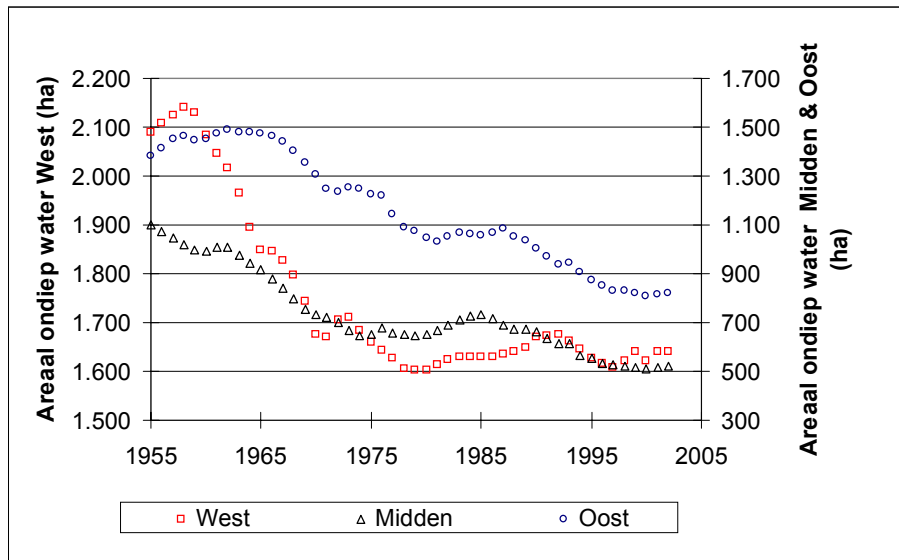
Conclusie is dat de hypothese mogelijk moet worden verworpen.

*Areaalontwikkeling ondiep water [hypothese A7 t/m A9]*

De ontwikkelingen van het areaal ondiep water is berekend voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (figuur 2.8.9).

**Figuur 2.8.9**

De ontwikkeling van de arealen ondiep water in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1955.

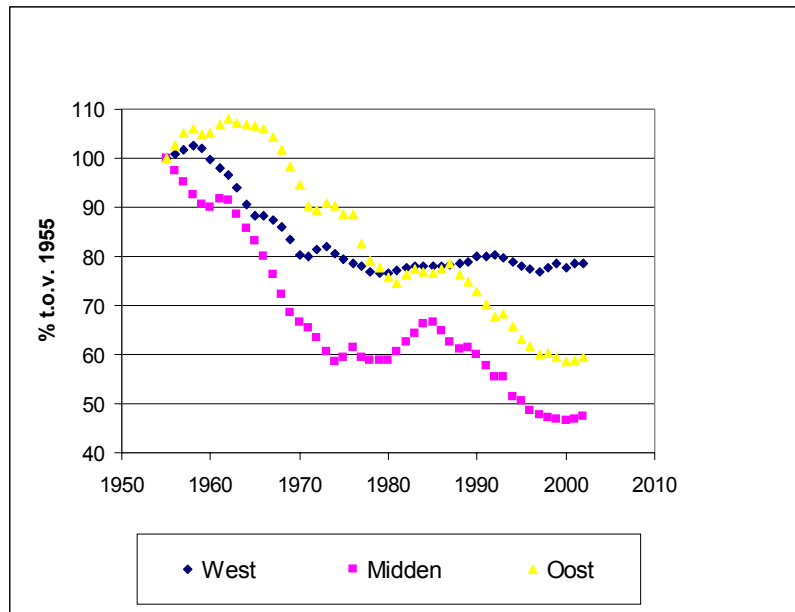


De grootte en de veranderingen van de arealen van het westelijk deel verschillen van het midden- en oostelijk deel. Voor het onderlinge vergelijk van

de delen zijn daarom de ontwikkelingen procentueel weergegeven ten opzichte van 1955 (grafiek 2.8.10).

**Figuur 2.8.10**

De procentuele ontwikkeling van de arealen ondiep water in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955.



De procentuele veranderingen van het areaal ondiep water t.o.v. 1955 laten vanaf 1998 verandering van minder dan 5% procent zien. Voor het westelijk deel van de Westerschelde geldt dit al vanaf 1970. In het midden- en oostelijk deel zijn trendbreuken zichtbaar medio 1975 en 1985. Na 1985 is het areaal in het midden- en oostelijk deel significant afgenomen. De verlopen vertonen de eerste jaren na 1996 een exponentiële ontwikkeling. De voorspelling was dat door de verdieping het areaal verder zou afnemen. Deze trend zet zich echter niet door. Als nulontwikkeling is de periode 1985 – 1996 gekozen. De ontwikkelingen vanaf 1985 zijn gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.8.3).

**Tabel 2.8.3**

Ontwikkeling van het areaal ondiep water in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1985 [ha].

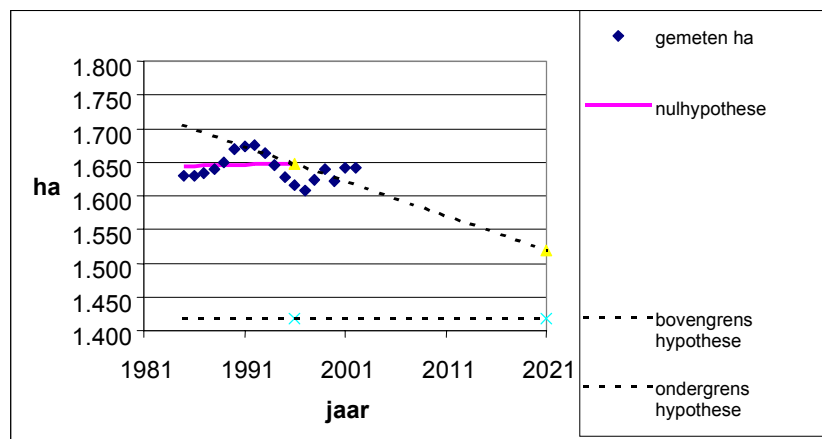
	West	Midden	Oost	Totaal
verandering 1985-1996	-14	-200	-208	-421
verandering 1996-2002	26	-13	-30	-17
maximale fout in 1985-2002	82	30	46	158

*Ontwikkeling ondiep water in het westelijk deel (A7):*

De nulontwikkeling laat in de periode 1985 – 1996 geringe schommelingen van het areaal ondiep water zien (Figuur 2.8.11).

**Figuur 2.8.11**

Toetsing van de hypothese voor het ondiep water in het westelijk deel van de Westerschelde.





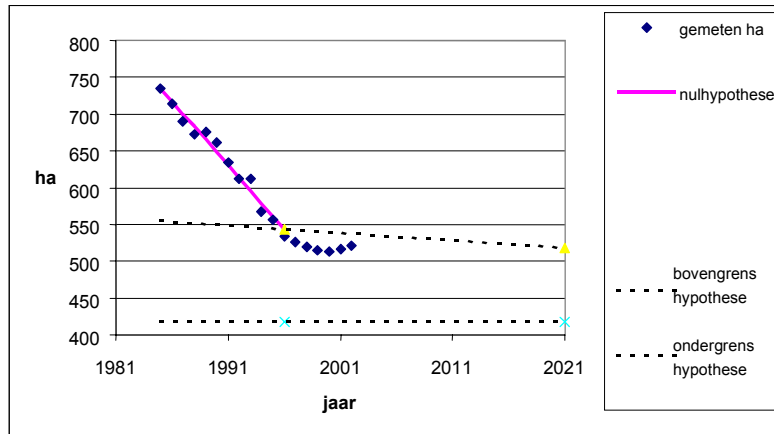
Gemiddeld zijn de veranderingen in deze periode nihil. De  $T_0$  1996 is berekend op 1648 ha ondiep water. De metingen na 1996 vertonen een continuering van de waargenomen schommelingen en gemiddeld weinig verandering. Deze meting vallen zowel binnen als buiten de prognose van een afname van 130 – 230 ha. Het verschil buiten de prognose is kleiner dan de maximale fout. De conclusie is dat de hypothese niet valt te beoordelen.

*Ontwikkeling ondiep water in het middendeel (A8):*

De nulontwikkeling laat in de periode 1985 – 1996 een vrijwel lineaire afname van het areaal ondiep water zien (Figuur 2.8.12).

**Figuur 2.8.12**

Toetsing van de hypothese voor het ondiep water in het midden deel van de Westerschelde.



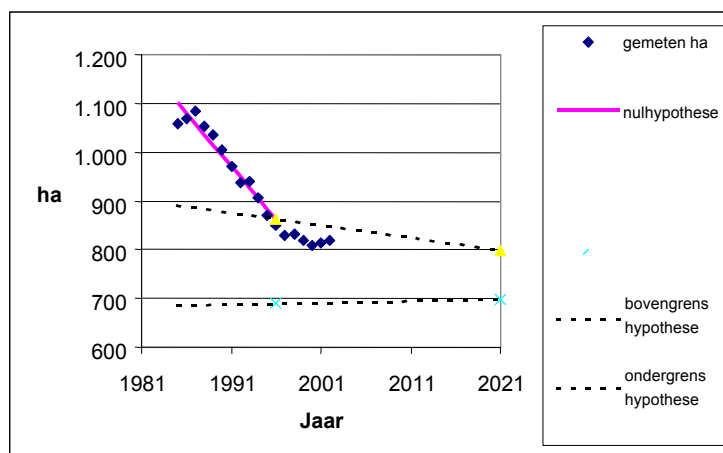
De  $T_0$  1996 is berekend op 543 ha ondiep water. De metingen na 1996 vertonen een minder sterke afname met een ombuiging naar toename. De metingen vallen binnen de prognose van een afname van 25 – 125 ha. De ontwikkeling volgt in eerste instantie de verwachte exponentiële functie. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen.

*Ontwikkeling ondiep water in het oostelijk deel (A9):*

De nulontwikkeling laat in de periode 1985 – 1996 evenals voor het midden deel een vrijwel lineaire afname van het areaal ondiep water zien (Figuur 2.8.13).

**Figuur 2.8.13**

Toetsing van de hypothese voor het ondiep water in het oostelijk deel van de Westerschelde.



De  $T_0$  1996 is berekend op 863 ha ondiep water. De metingen na 1996 vertonen een minder sterke afname met een geringe ombuiging naar een constant verloop. De ontwikkeling volgt hierbij in eerste instantie de verwachte exponentiële functie. In 2001 is het areaal min of meer gelijk aan het areaal in 1996. De metingen vallen binnen de prognose van een afname van 65 – 165 ha. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen. Gezien de

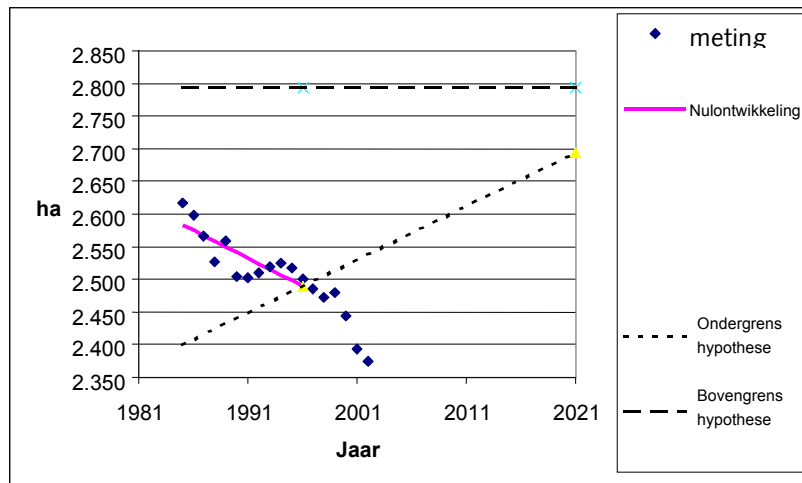
trend die is ingezet vanaf 1996 1996 is het de verwachting dat het areaal in het middendeel de komende jaren weinig zal afnemen.

*Areaalontwikkeling platen[hypothese A10 t/m A12]*

De ontwikkeling van het areaal platen is berekend voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (figuur 2.8.14).

**Figuur 2.8.14**

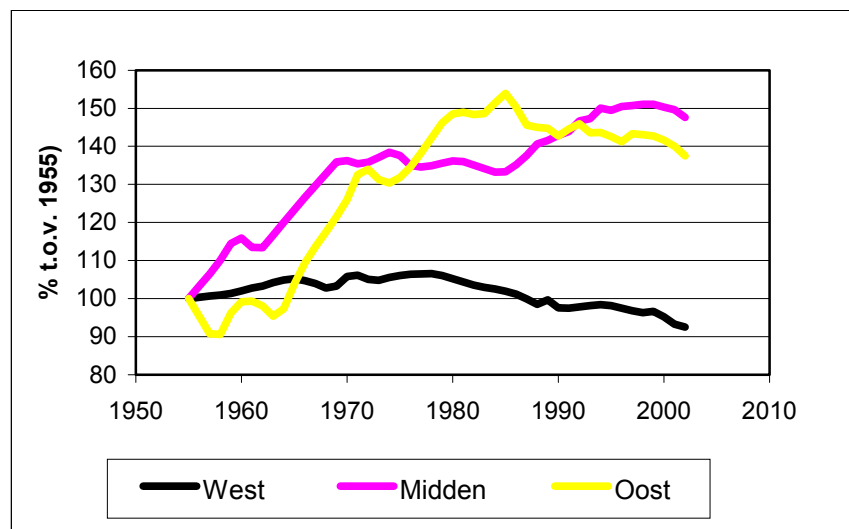
De ontwikkeling van het areaal platen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1955.



De grootte en de veranderingen van de arealen van het westelijk deel verschillen sterk van het midden en oostelijk deel. Voor het onderlinge vergelijk zijn de ontwikkelingen daarom procentueel t.o.v. 1955 gepresenteerd (grafiek 2.8.15).

**Figuur 2.8.15**

De procentuele ontwikkeling van het areaal platen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955.



De procentuele verandering van het areaal platen t.o.v. 1955 is in de periode 1998 – 2001 kleiner dan 10%. In het westelijke en oostelijke deel is een afnemende trend zichtbaar. In het middendeel vertoont een stabiel verloop. Het westelijk deel van de Westerschelde vertoont vanaf 1975 een dalende trend. In het middendeel zijn trendbreuken medio 1970 en 1985 zichtbaar. Opvallend is dat het areaal platen in het westen vanaf begin jaren '80 verder blijft afnemen. Die ontwikkeling treedt namelijk in dezelfde periode op. Dit zou nader onderzocht moeten worden. Na 1985 is het areaal platen van het middendeel duidelijk toegenomen tot omstreeks 1995. In het oostelijk deel is vanaf het begin van de opnamen tot 1985 het areaal platen steeds toegenomen. Vanaf 1985 is sprake van een stabilisatie tot geringe afname. Als nulontwikkeling is de periode 1985 – 1996 genomen. De ontwikkelingen vanaf

**Tabel 2.8.4**

Ontwikkeling van het areaal platen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1985 [ha].

1985 zijn gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.8.4).

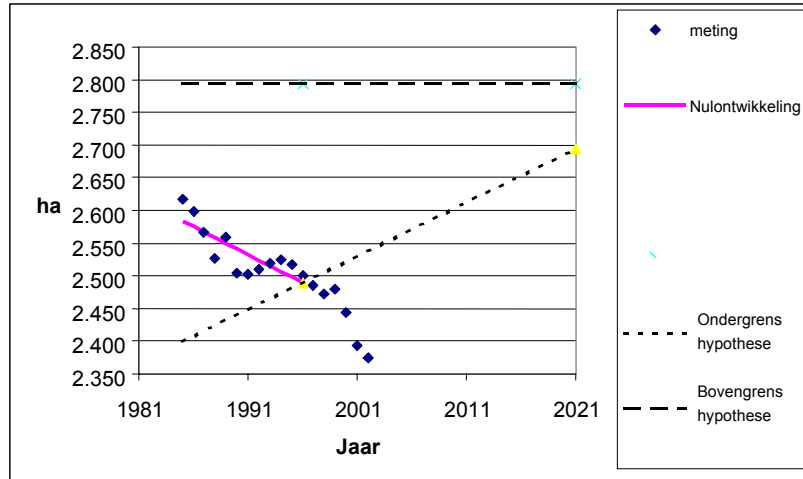
	West	Midden	Oost	Totaal
verandering 1985-1996	-116	153	-86	-48
verandering 1996-2002	-127	-25	-25	-177
maximale fout in 1985-2002	127	64	49	239

*Ontwikkeling platen in het westelijk deel (A10):*

De nulontwikkeling laat in de periode 1985 – 1996 een enigszins schommelende afname van het areaal platen zien (Figuur 2.8.16).

**Figuur 2.8.16**

Toetsing van de hypothese voor het areaal platen in het westelijk deel van de Westerschelde.



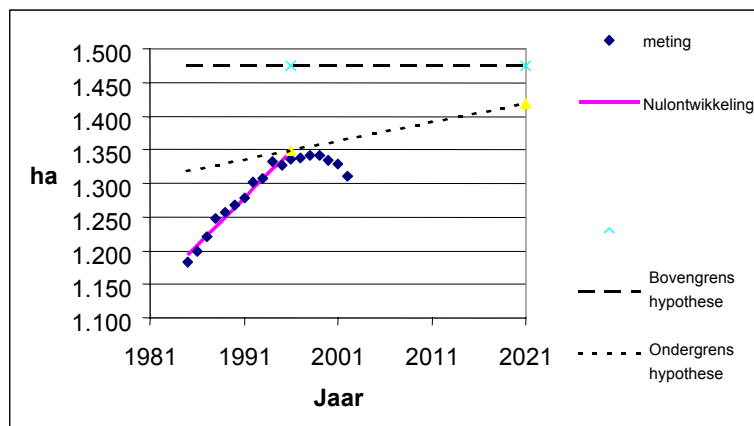
De schommeling is regelmatig met een periode van minder dan 10 jaar. De  $T_0$  1996 is berekend op 2489 ha ondiep water. De metingen na 1996 laten een ombuiging naar een sterkere afname dan tijdens de nulontwikkeling zien. De metingen vallen buiten de prognose van een toename van 205 – 305 ha. De mogelijke afwijking van de maximale fout valt nauwelijks binnen de begrenzing van de prognose. De conclusie is dat de hypothese mogelijk moet worden verworpen. De ontwikkeling na de verruiming is in dezelfde richting als ervoor, maar tegengesteld aan de verwachting die uitgesproken is in de hypothese.

*Ontwikkeling platen in het midden deel (A11):*

De nulontwikkeling laat in de periode 1985 – 1996 een vrijwel lineaire toename van het areaal platen zien (Figuur 2.8.17).

**Figuur 2.8.17**

Toetsing van de hypothese voor het areaal platen in het midden deel van de Westerschelde.

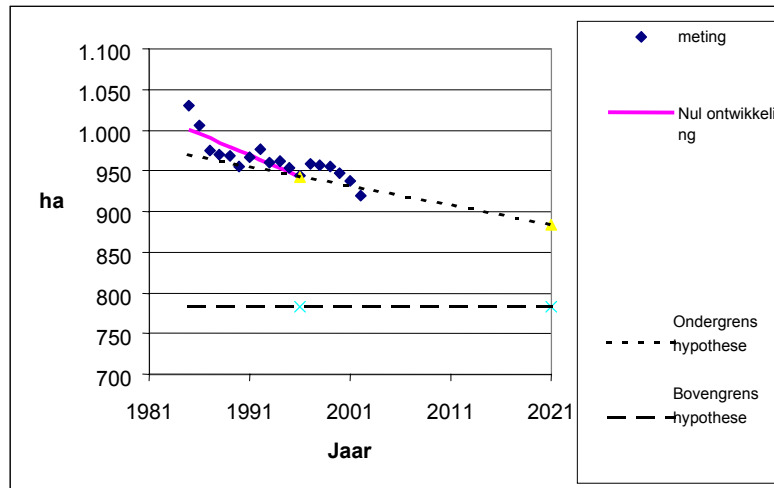


De  $T_0$  1996 is berekend op 1349 ha platen. De metingen rond 1996 laten een ombuiging zien. In 2001 is het areaal plaat min of meer gelijk aan het areaal plaat in 1996. De metingen vallen buiten de prognose van een toename van 25 – 125 ha. De maximale fout valt binnen de begrenzing van de prognose. De conclusie is dat de hypothese niet kan worden beoordeeld. De ontwikkelingsrichting na de verruiming is anders is dan in de periode ervoor. Deze komt niet overeenkomt met de hypothese. Het is de verwachting dat het plaat areaal in het middendeel in de komende jaren stabiel blijft of licht zal afnemen.

*Ontwikkeling platen in het oostelijk deel (A12):*

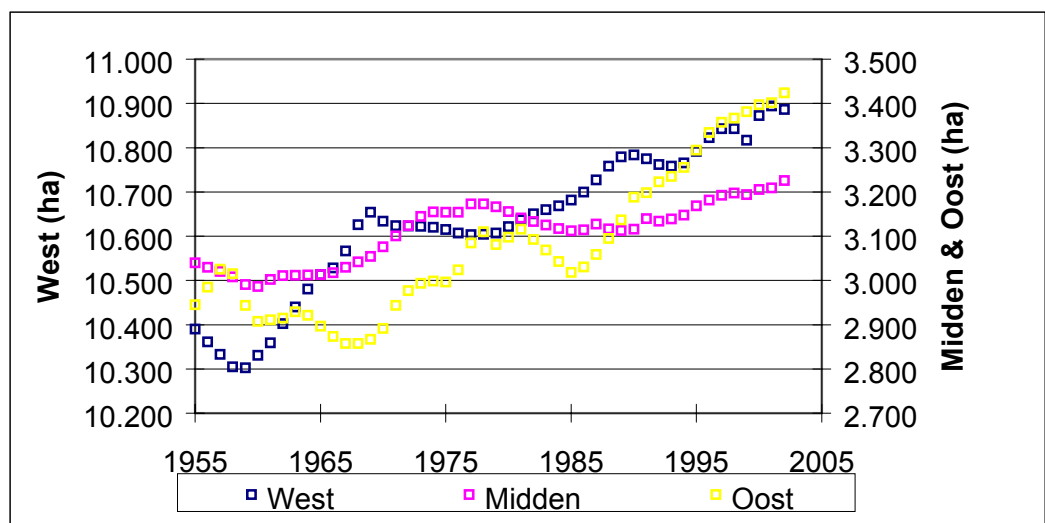
De nulontwikkeling laat in de periode 1985 – 1996 een enigszins schommelende afname van het areaal platen zien (Figuur 2.8.18).

**Figuur 2.8.18**  
Toetsing van de hypothese voor het areaal platen in het oostelijk deel van de Westerschelde.



De  $T_0$  1996 is berekend op 943 ha platen. De metingen na 1996 laten eerst een ombuiging naar toename en vervolgens ombuiging naar afname zien. De afnemende trend van de nulontwikkeling wordt hiermee min of meer gevolgd. De metingen tot en met 2001 vallen buiten de prognose van een afname van 60 – 160 ha. De maximale fout valt echter binnen de prognose. De conclusie is dat de hypothese niet kan worden beoordeeld. De ontwikkeling blijft in overeenstemming met de periode voor de verruiming en met de richting van de hypothese.

**Figuur 2.8.19**  
De ontwikkeling van het areaal geulen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1955.



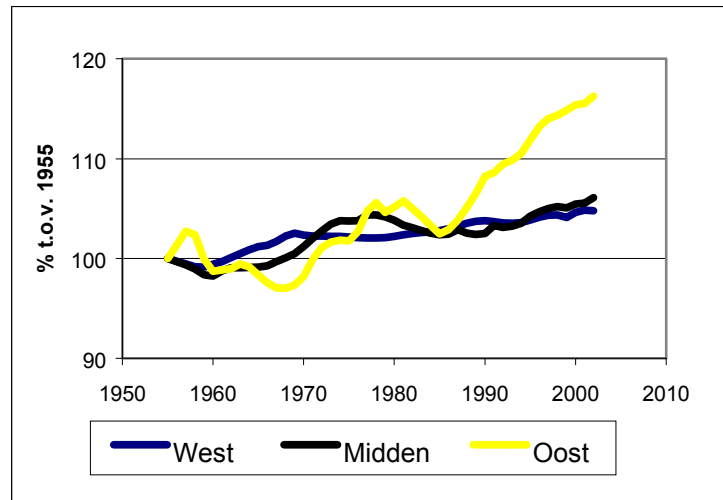
*Areaalontwikkeling geulen[hypothese A13 t/m A15]*

De ontwikkeling van het areaal geulen is berekend voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (figuur 2.8.19).

De grootte van de arealen van het westelijk deel verschillen sterk van het oostelijk- en middendeel. Voor het onderlinge vergelijk zijn de ontwikkelingen daarom procentueel t.o.v. 1955 gepresenteerd (grafiek 2.8.20).

**Figuur 2.8.20**

De procentuele ontwikkeling van het areaal geulen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955.



De procentuele verandering t.o.v. 1955 van het areaal geulen is vanaf 1998 minder dan 5% voor alle delen van de Westerschelde. In alle gebieden is een toenemende trend zichtbaar. In het westelijk deel is deze trend aanwezig vanaf het begin van de opnamen. In het middendeel is er toename tot medio 1975, daarna afname tot 1990. Deze veranderingen na 1975 zijn minder dan 5%. In het oostelijk deel is vanaf 1970 tot 1980 een toename van orde 10%, wat afname tot 1985 en daarna een toename met ca 15%. Als nulontwikkeling is de periode 1985 – 1996 gekozen. De ontwikkelingen vanaf 1985 zijn gegeven voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde (tabel 2.8.5).

**Tabel 2.8.5**

Ontwikkeling van het areaal geulen in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde vanaf 1985 [ha].

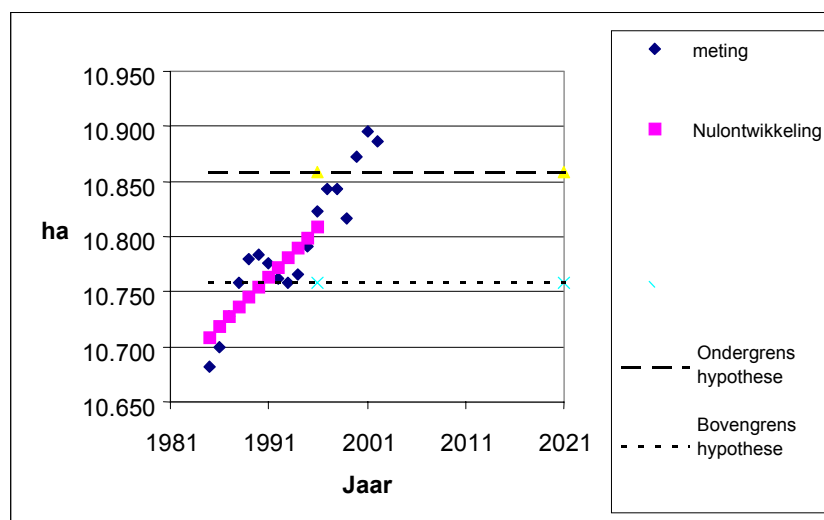
	West	Midden	Oost	Totaal
verandering 1985-1996	141	70	316	527
verandering 1996-2002	64	44	90	198
maximale fout in 1995-2002	540	158	162	860

*Ontwikkeling geulen in het westelijk deel (A13):*

De nulontwikkeling van het westelijk deel laat in de periode 1985 – 1996 een wat variërende toename van het areaal geulen zien (Figuur 2.8.21).

**Figuur 2.8.21**

Toetsing van de hypothese voor het areaal geulen in het westelijk deel van de Westerschelde.



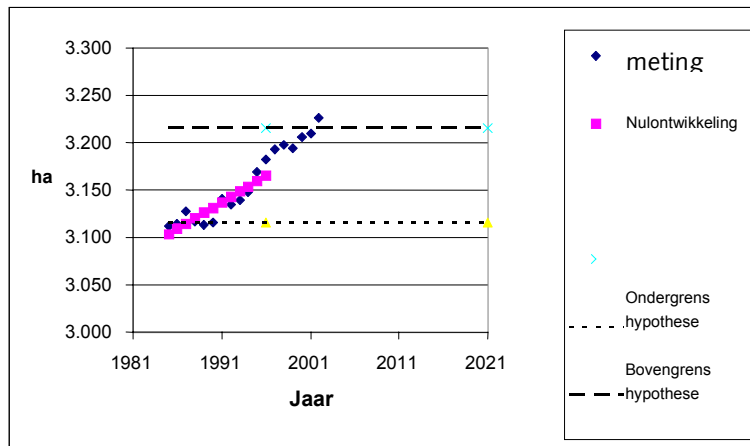
De veranderingen zijn relatief heel gering. De  $T_0$  1996 is berekend op 10808 ha geulen. De metingen na 1996 laten min of meer een vervolg van de nulontwikkeling zien. De metingen vanaf 2000 vallen buiten de prognose gelijk blijven van het areaal met een natuurlijke fluctuaties van 50 ha. De conclusie is dat de hypothese niet kan worden beoordeeld. De ontwikkelingsrichting na de verruiming blijft in overeenstemming met de periode ervoor, maar is anders dan de hypothese.

*Ontwikkeling geulen in het midden deel (A14):*

De nulontwikkeling van het midden deel laat in de periode 1985 – 1996 een toename van het areaal geulen zien (Figuur 2.8.22).

**Figuur 2.8.22**

Toetsing van de hypothese voor het areaal geulen in het midden deel van de Westerschelde.



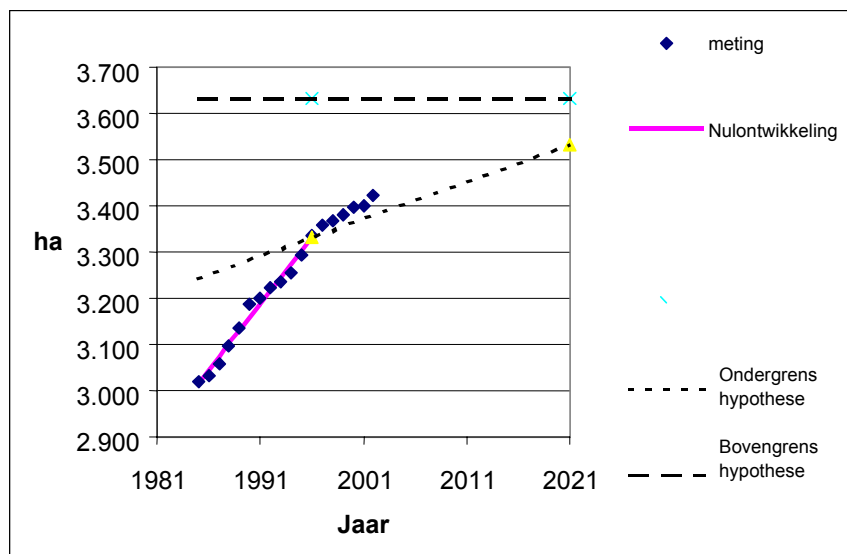
De veranderingen zijn relatief heel gering. De  $T_0$  1996 is berekend op 3165 ha geulen. De metingen na 1996 laten een wat sterkere toename van het areaal zien. De metingen, uitgezonderd 2002, vallen binnen de prognose geen verandering van het areaal op lange termijn met een natuurlijke fluctaties van 50 ha. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen. De ontwikkelingsrichting na de verruiming blijft in overeenstemming met de periode ervoor. Deze ontwikkeling komt niet overeen met de prognose.

*Ontwikkeling geulen in het oostelijk deel (A15):*

De nulontwikkeling van het oostelijk deel laat in de periode 1985 – 1996 een vrijwel lineaire toename van het areaal geulen zien (Figuur 2.8.23).

**Figuur 2.8.23**

Toetsing van de hypothese voor het areaal geulen in het oostelijk deel van de Westerschelde.



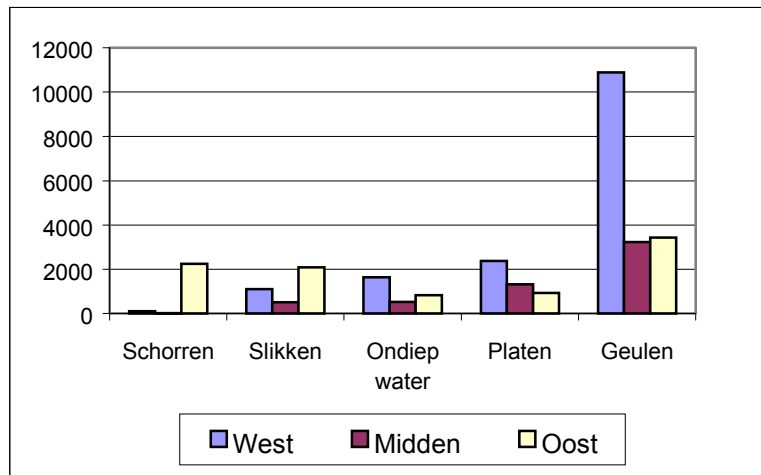
De  $T_0$  1996 is berekend op 3331 ha geulen. De metingen na 1996 laten een wat minder sterke toename van het areaal zien. De metingen vallen binnen de prognose toename van het areaal met 200 tot 300 ha. De conclusie is dat de hypothese niet mag worden verworpen. De ontwikkelingsrichting na de verruiming blijft in overeenstemming met de periode ervoor en in lijn met de hypothese.

#### Samenvatting van de arealen in 2001

In het voorgaande zijn de veranderingen van de arealen per morfologische eenheid behandeld. De oppervlakte van de morfologische eenheden per gebied en onderling verschillen soms sterk (figuur 2.8.24). Samenvattend is hierin een overzicht gegeven van de situatie 2001.

**Figuur 2.8.24**

De arealen van de schorren, slikken, ondiep water, platen en geulen voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde.



De geulen nemen de meeste ruimte in beslag. De schorren de minste ruimte in het westelijk en midden deel. In het oostelijk deel is er veel gebied aan schorren en slikken. De platen nemen in omvang af van west naar oost.

#### 2.8.5 Conclusie

Bij het beoordelen van de ontwikkelingen is uitgegaan van hypothesen, die zijn gebaseerd op de kennis rond 1996. Deze hypothesen zijn getoetst op de ontwikkelingen in periode 1996 – 2001. Hieruit zijn de volgende conclusies getrokken:

##### Areaal ontwikkeling schorren

**A1: hypothese West is niet te beoordelen kan dus niet worden verworpen**

**A2: hypothese Midden niet verworpen**

**A3: hypothese Oost niet verworpen**

##### Areaal ontwikkeling slikken

**A4: hypothese West is niet te beoordelen en dus niet verworpen. De huidige verwachting is dat het areaal slikken eerder toeneemt geeft aanleiding deze hypothese toch te verworpen.**

**A5: hypothese Midden niet verworpen**

**A6: hypothese Oost mogelijk verworpen, uit vergelijking met de basiskennis volgt dat de hypothese moet worden verworpen**

##### Areaal ondiep water

**A7: hypothese valt niet te beoordelen en dus niet verworpen.**

**A8: hypothese niet verworpen**

**A9: hypothese niet verworpen**

*Areaal platen*

**A10: hypothese West mogelijk verwerpen, uit vergelijk met de basiskennis volgt dat de hypothese moet worden verworpen**

**A11: hypothese Midden valt niet te beoordelen en dus niet verwerpen**

**A12: hypothese Oost valt niet te beoordelen en dus niet verwerpen**

*Areaal geulen*

**A13: hypothese West valt niet te beoordelen en dus niet verwerpen**

**A14: hypothese Midden niet verwerpen**

**A15: hypothese Oost niet verwerpen**

De resultaten van de toetsing als volgt samengevat:

.....  
**Tabel 2.8.6**  
 Samenvatting van de toetsingsresultaten  
 (niet verwerpen = + ; mogelijk  
 verwerpen = -)

morfologische eenheid	westelijk deel	midden deel	oostelijk deel
schor	+	+	+
slik	-	+	-
ondiep water	+	+	+
plaat	-	+	+
geul	+	+	+

Uit de toetsing volgt dat:

- 12 hypothesen mogen op dit moment niet worden verworpen. Hiervan kunnen 5 hypothesen niet worden beoordeeld
- 3 hypothesen in het westelijk deel moeten mogelijk worden verworpen

De ontwikkeling van de trendlijnen van het ondiep water in het midden en oostelijk deel verlopen anders dan in de periode vóór de verruiming. Omdat de omslag hiervan rond 1996 is geweest, heeft dit mogelijk te maken met de verruiming. Het is zeker aan te bevelen deze ontwikkelingen goed te blijven volgen. Ook om te zien of de hypothese een juiste prognose is geweest.

De ontwikkeling van de platen in het westelijk- en midden deel lijkt zich heel anders te gaan gedragen dan is voorspeld in de hypothesen. Het westelijk deel volgt nog sterker dan voorheen de ingestelde afname van plaat areaal. De ontwikkeling van het oostelijk deel lijkt de trend voor de verruiming te blijven volgen.

De ontwikkeling van de geulen blijft redelijk in overeenstemming met de trends van vóór de verruiming.

Opvallend dat geen van de hypothesen, misschien uitgezonderd de schorren in het oostelijk deel, ontwikkelen in de richting van de gestelde ondergrens van de hypothesen.

**Betrouwbaarheid van de uitspraken:**

Bijna alle uitspraken betreffende de arealen van de morfologische eenheden kennen een grote onzekerheid. Slechts voor schorren en slikken kan een aantal uitspraken gedaan worden met een grote betrouwbaarheid, namelijk dat de ontwikkeling van de schorren in het midden- en oostelijk deel zich niet anders zullen ontwikkelen na de verruiming dan in de periode ervoor. Voor de slikken in het middendeel kan verder met grote betrouwbaarheid gezegd worden dat het areaal min of meer gelijk is gebleven.

De ontwikkelingen in de periode 1996–2001 geven voor met name het westelijk en midden deel een ander beeld dan de voorspelling. De conclusie is daarom dat de huidige morfologische kennis onvoldoende is om een goede verklaring te geven voor de waargenomen ontwikkelingen.



### 2.8.6 Discussie

Bij de beoordeling van de hypothesen zijn door onzekerheid in de nauwkeurigheid van de gegevens van hoogte- en dieptemetingen en interpretatie ten aanzien van schorren aannamen gedaan ten aanzien van de maximale fout en de toepassing hiervan bij de toetsing van de hypothesen. Aanbevolen wordt voor toekomstige evaluaties nader te onderzoeken hoe hiermee moet worden omgegaan.

Het probleem bij de beoordeling van de hypothesen van de schorren en slikken is dat na 1996 slechts één meting is uitgevoerd. Hiervoor is zeker van belang een volgende evaluatie de ontwikkeling af te wachten om te zien de uitspraak omtrent de hypothese klopt. Aanbevolen wordt een extra opname van deze arealen te doen.

De afname van het plaatareaal in het westelijk deel zou een relatie kunnen hebben met de vermoedelijke omslag van het systeem van importerend naar exporterend [Zandbalans Westerschelde en Monding, De Jong 2000]. De beschikbare gegevens bevestigen in grote lijnen dit beeld. Aanbevolen wordt om de ontwikkelingen van het areaal platen in het westelijk deel (hypothese A10) nader te vergelijken de ontwikkelingen van de zandbalans. Verder is het aan te bevelen deze ontwikkelingen goed te blijven volgen.

Volgens het veronderstelde exponentiële verloop van 25 jaar zou in 2001 al meer dan 60% van de verandering door de verruiming moeten zijn gerealiseerd. In sommige situaties van de arealen bijvoorbeeld van het ondiep water en de platen is een duidelijke ombuiging van de trend geconstateerd. Als dit het gevolg is van het veronderstelde exponentiële verloop, zou over ongeveer 5 jaar de richting van de trend van vóór de verruiming weer meer gevolgd moeten worden. Het is aan te bevelen de trends op die termijn eens grondig te analyseren in het perspectief van de langjarige ontwikkeling, zeker omdat ook een autonome trend niet altijd kan blijven afnemen of toenemen.

Bij de interpretatie van arealen is de 18,6 jarige cyclus van het getij buiten beschouwing gelaten. Aanbevolen wordt bij de volgende evaluatie dit te betrekken en dit ook in relatie met de import dan wel export van het systeem.

De methode van aanpak, clustering naar ruimtelijke eenheden West, Midden en Oost impliceert dat lokale ontwikkelingen zijn uitgemiddeld. Het verdient daarom aanbeveling een ruimtelijke kaart in GIS te maken van de areaalveranderingen. Hieruit zou kunnen blijken dat de veranderingen lokaal veel groter zijn.

## Bijlage bij 2.8 Arealen

Vergelijking tussen het aandeel van de hypothesen op de oorspronkelijk berekende arealen en de herziening hiervan.

In het kader van de samenstelling van het rapport: "De toestand van de Westerschelde aan het begin van de verdieping 48'/43' [Ref. 5] zijn de arealen morfologische eenheden berekend voor het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde. Medio 2002 zijn deze berekeningen herzien [Ref. 4].

Omdat de hypothesen voor de effecten van de verdieping 48'/43' zijn gebaseerd op [Ref. 5] is nagegaan wat de grootte van de percentages van de hypothesen zijn op het totale areaal in de oorspronkelijk berekende arealen en de herziening hiervan voor de toestand 1996. De arealen van de gegevens uit rapport RIKZ-97.049 zijn opgemeten uit de grafieken (tabel 2.8.7). De gegevens van de schorren en slikken zijn in Mol *et al.* (1997) niet vermeld. Tenslotte zijn de verschillen tussen de berekende percentages van de herziene en oorspronkelijke gegevens gegeven.

**Tabel 2.8.7**

Vergelijk tussen berekende arealen in rapport RIKZ-97.049 en herziene toestand voor 1996.

<b>T0 1996 oud (opgemeten)</b>	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>	<b>TOTAAL</b>		
schor [ha]						
slik [ha]						
ondiepwater [ha]	1646	519	838	3003		
plaat [ha]	3220	1652	1524	6396		
geul [ha]	10866	3208	3354	17428		
<b>T0 1996 herzien</b>	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>	<b>TOTAAL</b>		
schor [ha]	107	18	2267	2392		
slik [ha]	1078	504	1972	3554		
ondiepwater [ha]	1616	535	850	3001		
plaat [ha]	2501	1336	944	4781		
geul [ha]	10823	3182	3334	17339		
<b>Hypothese</b>	<b>Ondergrens</b>			<b>Bovengrens</b>		
	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>
ondiepwater [ha]	-130	-25	-65	-230	-125	-165
plaat [ha]	-205	-25	-60	-305	-125	-160
geul [ha]	0	0	200	0	0	300
<b>percentage hypothese/T0 oud</b>	<b>Ondergrens</b>			<b>Bovengrens</b>		
	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>
ondiepwater [ha]	-7,9	-4,8	-7,8	-14,0	-24,1	-19,7
plaat [ha]	-6,4	-1,5	-3,9	-9,5	-7,6	-10,5
geul [ha]	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	8,9
<b>percentage hypothese/T0 herzi</b>	<b>Ondergrens</b>			<b>Bovengrens</b>		
	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>	<b>WEST</b>	<b>MIDDEN</b>	<b>OOST</b>
ondiepwater [ha]	-8,0	-4,7	-7,6	-14,2	-23,4	-19,4
plaat [ha]	-8,2	-1,9	-6,4	-12,2	-9,4	-16,9
geul [ha]	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	9,0

Omdat de voorspelde verandering in de hypothese ongeveer hetzelfde aandeel hebben t.o.v. de oude T0 arealen en de herziene T0 arealen hoeven de oude hypothesen niet te worden aangepast. De verschillen zijn een orde kleiner dan het aandeel van het percentage op het totale areaal. De veranderingen liggen in de orde grootte 0 – 10%. Dit betekent dat het effect van de herziening van de berekende arealen op de hypothesen mag worden verwaarloosd.

## 2.9 Bodemsamenstelling

### 2.9.1 Inleiding

De bodemsamenstelling van de Westerschelde is voor zowel de chemie, de morfologie als de ecologie van belang. Voor de chemie is vooral het slibgehalte in de bodem bepalend omdat verontreinigingen zich vooral aan de fijnste bodemdeeltjes binden. Bij de morfologie speelt de bodemsamenstelling vooral een rol bij het optreden van sedimentatie en erosie, oftewel de landschapsvormende processen van het estuarium. Maar de belangrijkste reden om naar de bodemsamenstelling te kijken is dat het van belang is voor de organismen die op of in de bodem leven. Tussen de sedimentsamenstelling en bodemorganismen, zoals bodemdieren en microfytobenthos, bestaan belangrijke relaties. Met andere woorden: het vóórkomen van bodemorganismen hangt (mede) samen met de bodemsamenstelling. Vooral het slibgehalte en de gemiddelde korrelgrootte vertonen doorgaans sterke correlaties met de hoeveelheid organismen. Deze relaties hoeven echter niet causaal te zijn.

Het microfytobenthos en de bodemdieren zijn in de Westerschelde erg belangrijke onderdelen van het voedselweb. Met name in het intergetijdengebied en de ondiepere delen vormen zij met name voor vogels en vissen belangrijk voedsel. Vooral door de natuurbeschermingsorganisaties is de vrees geuit dat door stortingen de bodemsamenstelling van bepaalde platen en slikken grover zal worden. Dit kan tot gevolg hebben dat de hoeveelheid bodemdieren afneemt, en dus ook de voedselbeschikbaarheid voor bijvoorbeeld vogels.

### 2.9.2 Hypothesen

Er zijn vier hypothesen die betrekking hebben op de eventuele veranderingen in de bodemsamenstelling van de platen en slikken in de Westerschelde. Twee doen uitspraken over de verwachte ontwikkelingen in de drie deelgebieden en twee over specifieke locaties van de Westerschelde.

#### **Hypothese B1: De samenstelling van het bodemsediment van platen en slikken in het oostelijk deel van de Westerschelde zal verfijnen.**

*Toelichting: Door het veranderde stortbeleid wordt meer baggerspecie (met een relatief grote korreldiameter) naar het westen gebracht in plaats van gestort in het oosten. Hierdoor is in het oosten minder grof materiaal beschikbaar. Deze verfijning zal zich geleidelijk voltrekken (waarschijnlijk lineair). De parameters waarop zal worden getoetst zijn D50 en slibgehalte (<63 µm).*

#### **Hypothese B2: De samenstelling van het bodemsediment van platen en slikken in het midden en westelijk deel van de Westerschelde verandert niet.**

*Toelichting: In het westen en midden is het sediment van nature grover dan in het oosten. Verhoging van de stortingen in het westen zal geen verandering voor de sedimentsamenstelling tot gevolg zal hebben. De parameters waarop zal worden getoetst zijn D50 en slibgehalte (<63 µm).*

#### **Hypothese B3: De samenstelling van het bodemsediment van de Slikken van Everingen zal grover worden.**

*Toelichting: Door stortingen voor Ellewoutsdijk (vak 25<sup>14</sup>) en in de Ebschaar van de Everingen (vak 19<sup>15</sup>) zal de sedimentsamenstelling van de slikken grover worden. Bij de stortplaats Ebschaar van de Everingen wordt op geringe diepte gestort. Het sediment uit stortvak Ellewoutsdijk zal vanuit de Vloedschaar van de Everingen door de stroom naar de ondiepere delen worden getransporteerd. De vergroving zal vrij snel na de start van de stortingen merkbaar zijn. Na verloop van tijd zal de snelheid van verandering afnemen, totdat er weer een stabiele situatie is ontstaan. De parameters waarop zal worden getoetst zijn D50 en slibgehalte (<63 µm).*

**Hypothese B4: De bodemsamenstelling van de Hooge Platen verandert niet.**

*Toelichting: De stortingen in de Schaar van de Spijkerplaat zullen geen invloed hebben op de samenstelling van het bodemsediment op de Hooge Platen, omdat de stortplaats in een diepe geul ten noorden van de Hooge Platen ligt. De stroomrichting is west-oost, zodat geen transport richting Hooge Platen wordt verwacht. De parameters waarop zal worden getoetst zijn D50 en slibgehalte (<63 µm).*

Ter informatie laat figuur 2.9.1 de ligging van de genoemde stortlocaties in de omgeving van de Hooge Platen en de Slikken van Everingen zien. De Slikken van Everingen zijn waarschijnlijk apart in een hypothese opgenomen om te bezien of lokaal, waar in relatief ondiep water gestort wordt, effecten op naastgelegen intergetijdengebieden op zullen treden. De stortlocatie bij Ellewoutsdijk ligt immers op erg korte afstand van het slik. Bij het opstellen van de hypothese over de Hooge Platen is de natuurwaarde de bron van 'zorg' geweest. Dit plaatgebied is relatief rijk (zowel qua diversiteit als aantallen en biomassa bodemleven) en vormt dan ook een zeer belangrijk vogelgebied in de Westerschelde. Een 'vinger aan de pols' is hier dan ook opportuun.

### 2.9.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothesen

De bodemsamenstelling kan in vele parameters beschreven worden. In de toelichting bij de hypothesen over de bodemsamenstelling (De Jong et al, 1997) is al expliciet aangegeven dat de mediane korrelgrootte (D50) en het slibgehalte (< 63 µm) de te toetsen parameters zijn. Vooral de tweede geeft het belang voor bodemdieren aan. In de regel is de rijkdom van de bodem aan bodemdieren hoger bij hogere slibgehaltes. De mediane korreldiameter zegt meer over de samenstelling en herkomst van de zandfractie in de bodem.

Volgens de toelichting bij de hypothesen (De Jong et al., 1997) is de verwachting dat de in de hypothesen B1 en B2 beschreven ontwikkelingen zich geleidelijk en waarschijnlijk lineair zullen voltrekken in de tijd. Als referentie is de toestand van augustus 1992 gekozen, aangezien dit het enige moment is voor de verruiming waarvoor gegevens beschikbaar zijn. De gegevens zijn tot op dit moment nog niet eerder in een MOVE-datarapportage in het kader van deze beide hypothesen uitgewerkt, ook niet in Mol et al. (1997), en zullen ook nu nog niet aan de orde komen (zie paragraaf *data gebruikt voor toetsing*).

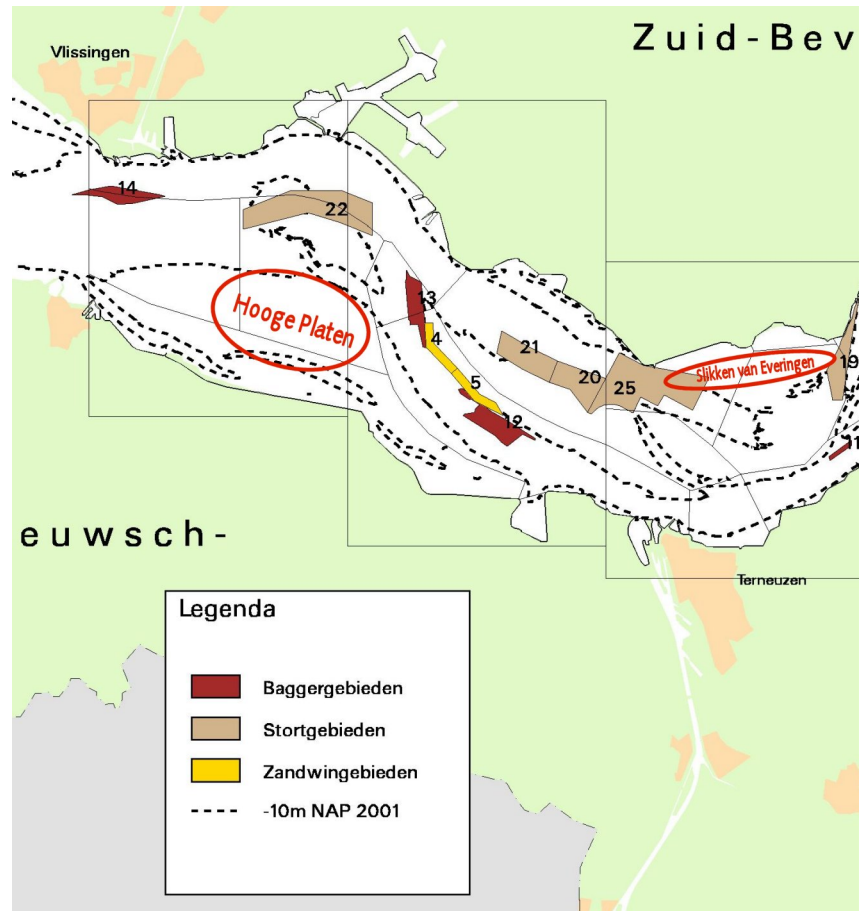
De verwachting is dat het effect van de verruiming bij de Slikken van Everingen (hypothese B3) vrij snel na de start van de stortingen merkbaar is, omdat beide

<sup>14</sup> Dit is het huidige stortvaknummer; in De Jong et al (1997) was dit nog vak 20)

<sup>15</sup> Dit is het huidige stortvaknummer; in De Jong et al (1997) was dit nog vak 13)

**Figuur 2.9.1**

Ligging van de stortlocaties in de omgeving van de Hooge Platen (stortlocatie 22) en de Slikken van Everingen (stortlocaties 19 en 25).



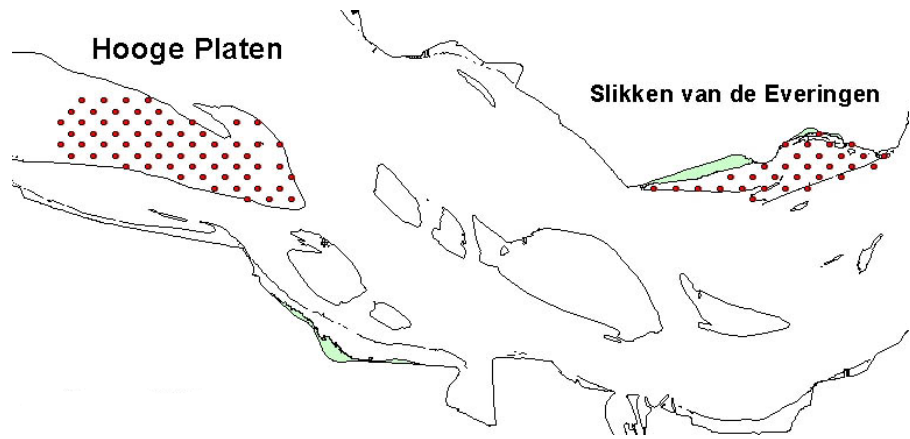
stortlocaties er dicht bij liggen. De stortlocatie Ebschaar van Everingen ligt ook tamelijk ondiep. Het gestorte sediment komt voornamelijk van de drempels uit het oosten en is grover dan het sediment dat op de slikken van Everingen aanwezig is. Na verloop van tijd zal de snelheid van verandering afnemen, totdat er weer een stabiele situatie is ontstaan. Van de stortingen in de Schaar van de Spijkerplaat wordt verwacht dat deze geen invloed zullen hebben op de bodemsamenstelling van de Hooge Platen (hypothese B4), aangezien de stortplaats in een diepe geul ten noorden van de Hooge Platen ligt. Voor deze beide hypothesen is als referentie voor de toetsing augustus 1992 aangehouden.

#### Data gebruikt voor toetsing

De bron van gegevens voor de toetsing van deze vier hypothesen zijn de zogenoemde McLaren-bemonsteringen. In augustus 1992 heeft een gebiedsdekkende bodembemonstering plaatsgevonden, waarbij in ieder gridvak in de Westerschelde bodemonsters zijn genomen waarvan de sedimentsamenstelling is bepaald. De grootte van de gridvakken varieerde van 500x500m tot 250x250m; zie Pree (2002) voor nadere gegevens omtrent de bemonstering. In 2002 is een tweede gebiedsdekkende bodembemonstering uitgevoerd, maar daarvan waren de gegevens ten tijde van deze rapportage nog niet beschikbaar. Daarmee zijn voor hypothesen B1 (oostelijk deel) en B2 (westelijk deel) van na de verruiming nog geen gegevens beschikbaar en kan er dan ook nog niet getoetst worden.

Van de Slikken van Everingen en de Hooge Platen zijn wel gegevens na de verruiming beschikbaar. Sinds 1998 zijn hier jaarlijks in augustus bodembemonsteringen uitgevoerd (zie figuur 2.9.2).

.....  
**Figuur 2.9.2**  
 Monsterlocaties voor sedimentsamenstelling



Soms zijn ook nog extra metingen verricht in oktober, maar de gegevens hiervan zijn niet gebruikt, aangezien deze in een ander seizoen genomen, met andere golf- en stromingscondities (stormseizoen), dan de overige metingen. Daardoor zijn ze niet goed vergelijkbaar. Tijdens deze bemonsteringen worden op de slikken van Everingen 29 bodemonsters genomen en op de Hooge Platen 22. Opgemerkt moet wel worden dat op de Hooge Platen de monsterpunten alleen op het oostelijke deel liggen. Waarom dit zo gekozen is, is niet bekend, maar waarschijnlijk heeft dit te maken met het feit dat verwacht werd dat als de vloedstroom sediment van de stortlocatie in de Schaar van de Spijkerplaat naar de Hooge Platen zou transporteren, dit waarschijnlijk naar het oostelijk deel van de Hooge Platen zou zijn. De monsterpunten op de slikken van Everingen zijn wel over het gehele gebied verdeeld.

Van elk van deze bodemonsters wordt in een laboratorium de mediane korrelgrootte (D50) en het slibgehalte ( $\% < 63\mu\text{m}$ ) bepaald. (het slib wordt dus niet eerst gescheiden van de rest van het monster) Voor de toetsing is voor zowel de slikken van Everingen als voor de Hooge Platen voor elk jaar een gemiddelde mediane korrelgrootte en een gemiddeld slibgehalte bepaald. Tevens zijn de mediaan, de 90-percentiel en de 10-percentiel berekend.

#### **Methode van toetsing**

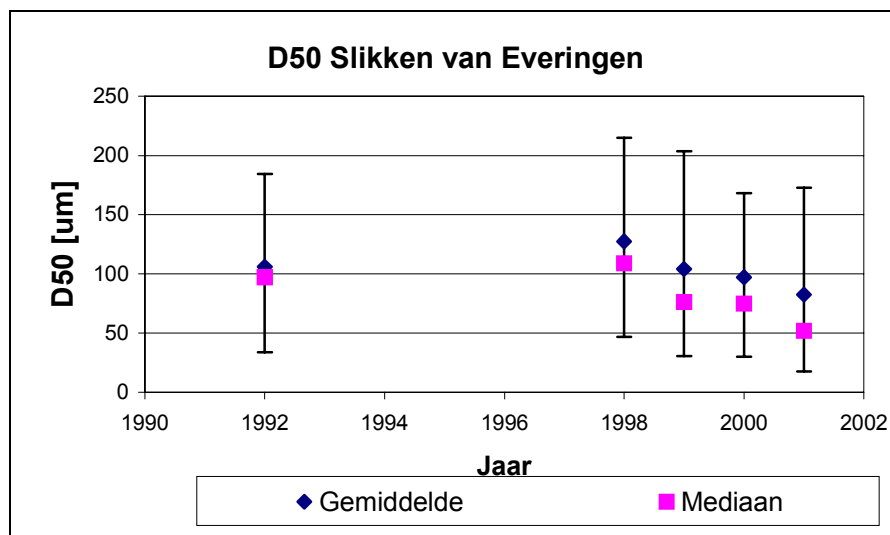
Zoals eerder opgemerkt beperkt de toetsing zich tot hypothesen B3 en B4. Wanneer in de ontwikkeling van de gemiddelden in de periode 1998-2001 in de grafiek een dalende of stijgende trend leek te zitten is met behulp van lineaire regressie bepaald of de waargenomen trend significant is. Daarnaast is, om de toetsen of de gemiddelde D50 en het slibgehalte in de periode 1998-2001 significant verschillen van 1992, een T-toets uitgevoerd. Een verschil wordt als significant beschouwd bij een  $p \leq 0,05$ .

De uiteindelijke toetsing zal geschieden door voor zowel de Slikken van Everingen als de Hooge Platen de resultaten van de T-toets en eventueel de regressie in combinatie met de grafieken met de gemiddelden, percentielen en medianen te beschouwen. Wanneer de medianen en gemiddelden erg verschillen betekent dat dat de gegevens niet normaal verdeeld zijn. In dat geval zijn de gegevens log-getransformeerd om zo te voldoen aan de voorwaarde van normaalverdeelde gegevens om de T-toets te mogen doen.

### 2.9.4 Resultaten

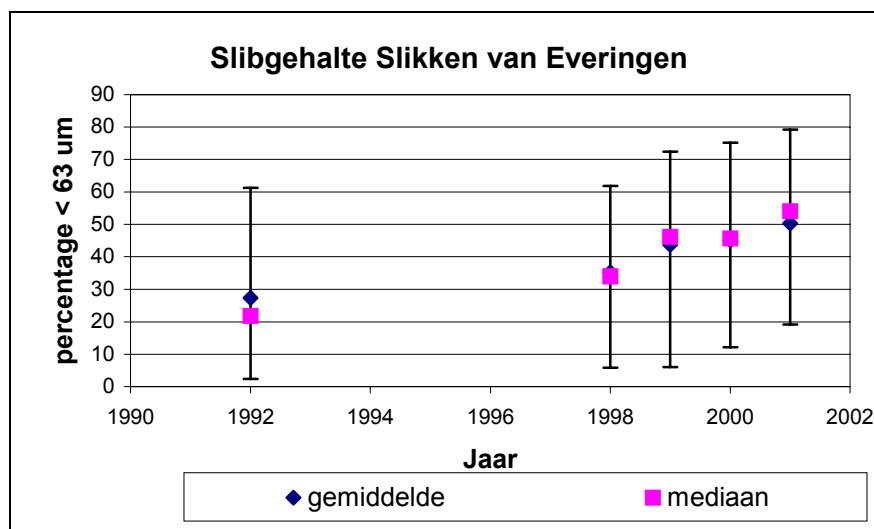
Figuur 2.9.3 geeft de ontwikkeling van de mediane korrelgrootte (D50) op de Slikken van Everingen. In deze figuur laten de lijnen die de 10- en 90-percentielen verbinden zien dat de spreiding in de mediane korrelgrootte erg groot is. De medianen liggen beduidend lager dan de gemiddelden hetgeen ertoe geleid heeft dat de gegevens voor de verschiltoets eerst log-getransformeerd zijn. De T-toets heeft uitgewezen dat het verschil tussen de D50 in 1992 en die in de periode 1998-2001 niet significant is:  $p$  is 0,29. In de periode 1998-2001 zien we echter wel een afname van de D50. Met regressie is vastgesteld dat deze afname significant is:  $p$  is 0,04.

**Figuur 2.9.3**  
Ontwikkeling van de mediane korrelgrootte (D50) ( $\mu\text{m}$ ) op de Slikken van Everingen per jaar in de periode 1992-2001. De verticale lijnen geven de 10- en 90-percentielen aan.



De ontwikkeling van het slibgehalte op de Slikken van Everingen zijn weergegeven in Figuur 2.9.4.

**Figuur 2.9.4**  
Ontwikkeling van het slibgehalte (% < 63  $\mu\text{m}$ ) op de Slikken van Everingen per jaar in de periode 1992-2001. De verticale lijnen geven de 10- en 90-percentielen aan.



De 10- en 90-percentielen in figuur 2.9.4 laten zien dat de spreiding van de slibgehalten erg groot is. De figuur laat tevens zien dat in de periode 1998-2001 het mediane slibgehalte vergelijkbaar was aan of wat hoger dan het gemiddelde, terwijl in 1992 de mediaan juist wat kleiner was dan het gemiddeld. Omdat de verschillen niet echt groot zijn, zijn de gegevens niet getransformeerd. De T-toets heeft uitgewezen dat het verschil tussen het

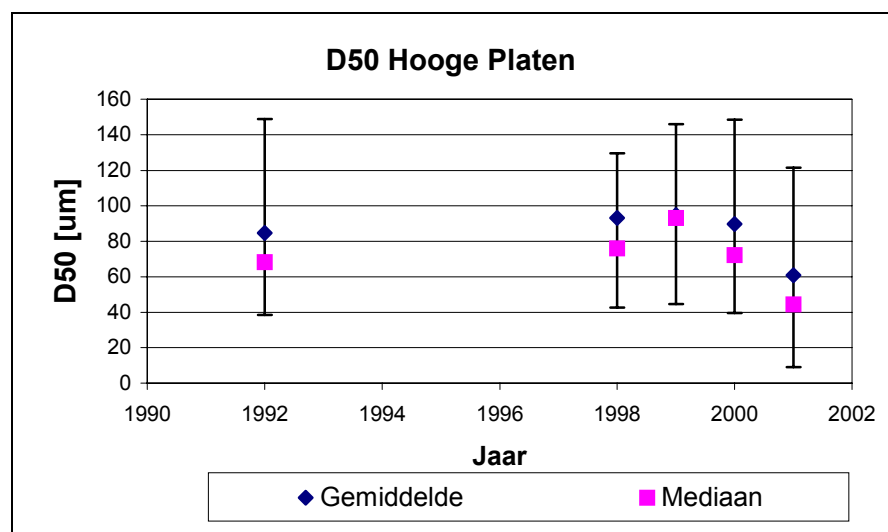
slibgehalte in 1992 en dat in de periode 1998-2001 significant is:  $p$  is 0,001. De slibgehalten liggen in de periode 1998-2001 dus significant hoger dan in 1992. In de periode 1998-2001 zien we tevens een stijgende lijn in het gemiddelde slibgehalte. Met regressie is vastgesteld dat deze toename significant is:  $p$  is 0,02.

Figuur 2.9.5 geeft de ontwikkeling van de mediane korrelgrootte op de Hooge Platen. De 10- en 90-percentielen laten zien dat de spreiding van de mediane korrelgrootte erg groot is. Tevens valt uit de grafiek te halen dat de verdeling van de data enigszins scheef was in de periode 1998-2001, aangezien de mediaan een stuk onder het gemiddelde ligt. De gegevens zijn dan ook log-getransformeerd om de verschiltoets toe te mogen passen. De T-toets heeft uitgewezen dat het verschil tussen de D50 in 1992 en die in de periode 1998-2001 niet significant is:  $p$  is 0,32.

De periode 1999-2001 lijkt echter wel een dalende lijn in de gemiddelde D50 te laten zien. Met regressie is vastgesteld dat deze daling niet significant is:  $p$  is 0,07.

**Figuur 2.9.5**

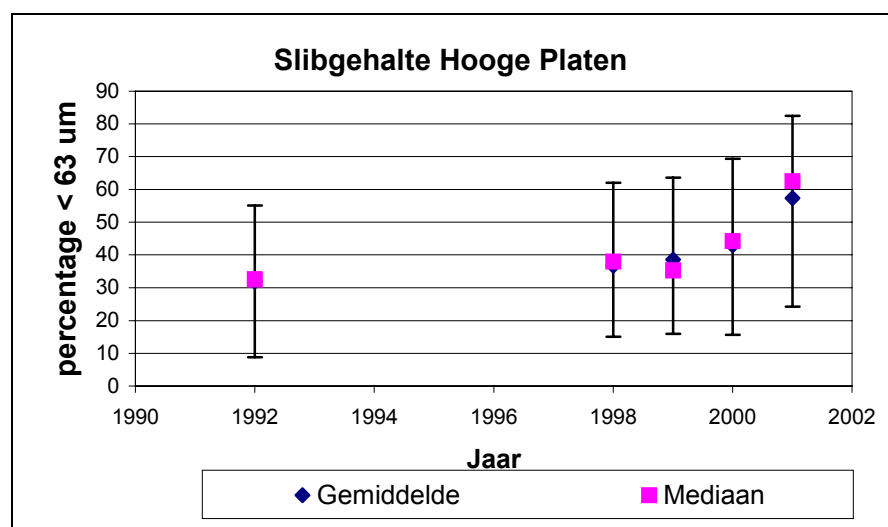
Ontwikkeling van de mediane korrelgrootte (D50) ( $\mu\text{m}$ ) op de Hooge Platen per jaar in de periode 1992-2001. De verticale lijnen geven de 10- en 90-percentielen aan.



De ontwikkeling van het slibgehalte op de Hooge Platen is weergegeven in Figuur 2.9.6.

**Figuur 2.9.6**

Ontwikkeling van het slibgehalte (% < 63  $\mu\text{m}$ ) op de Hooge Platen per jaar in de periode 1992-2001. De verticale lijnen geven de 10- en 90-percentielen aan.





De 10- en 90-percentielen in figuur 2.9.6 laten zien dat de spreiding van de slibgehalten erg groot is. Tevens valt uit de grafiek te halen dat de data in de periode 1998-2001 nagenoeg normaal verdeeld zijn, aangezien de mediaan en het gemiddelde nagenoeg dezelfde waarde hebben. De gegevens hoefden dus niet getransformeerd te worden voor de verschiltoets. De T-toets heeft uitgewezen dat het verschil tussen het gemiddelde slibgehalte in 1992 en dat in de periode 1998-2001 wel significant is:  $p$  is 0,01. De slibgehalten liggen in de periode 1998-2001 dus significant hoger dan in 1992. In de periode 1999-2001 zien we ook een stijgende lijn in het gemiddelde slibgehalte. Met regressie is vastgesteld dat deze stijging significant is:  $p$  is 0,001.

### 2.9.5 Conclusie

Op de Slikken van Everingen zijn de waargenomen gemiddelde mediane korrelgroottes in de periode 1998-2001 niet significant anders dan in 1992. Maar de doorgaande neerwaartse trend is sinds 1998 wel significant en anno 2001 was de gemiddelde mediane korrelgrootte al beduidend lager dan in 1992. Oorzaak hiervan is de overtuigende ontwikkeling in slibgehalten. Niet alleen waren de gehalten in de periode 1998-2001 significant hoger dan in 1992, maar de trend van doorgaande toenemende gehalten is ook significant. De conclusie kan dan ook niet anders zijn dan dat de ontwikkeling van de bodemsamenstelling op de Slikken van Everingen niet in lijn is met de verwachting die in hypothese B3 verwoord is. Integendeel zelfs. In plaats van een vergroving van het sediment treedt juist een verfijning op.

#### **Hypothese B3 moet verworpen worden.**

Op de Hooge Platen blijkt de mediane korrelgrootte in de periode 1998-2001 niet significant te verschillen van 1992. Ook de trend in de periode na de verruiming is niet significant. Toch lijkt de mediane korrelgrootte de laatste jaren een afnemende ontwikkeling door te maken, en met een  $p$  van 0.07 is die trend echter niet significant. De ontwikkeling van de mediane korrelgrootte wordt door het slibgehalte beïnvloedt. Bij het slibgehalte zijn de signalen heel stellig: niet alleen is de trend in de periode 1998-2001 dat de gehalten significant toenemen, maar de gehalten waren ook significant hoger dan in 1992. Net als bij de Slikken van Everingen moet ook hier geconcludeerd worden dat het sediment in het oostelijke deel van de Hooge Platen fijner wordt.

#### **Hypothese B4 moet verworpen worden.**

### 2.9.6 Discussie

Bij hypothese B3 wordt verondersteld dat het gestorte sediment in het stortvakken voor Ellewoutsdijk en in de ebschaar van Everingen getransporteerd wordt naar de Slikken van Everingen. Er is nergens te achterhalen waar deze veronderstelling vandaan komt en of deze juist is. Ditzelfde geldt voor hypothese B4, waar de veronderstelling aan ten grondslag ligt dat de stortingen in de Schaar van de Spijkerplaat geen invloed hebben op de sedimentsamenstelling van de Hooge Platen. Dit wordt dan weer uitgelegd door het feit dat de stortplaats in een diepe geul ten noorden van de Hooge Platen gelegen is en de stroomrichting van west naar oost is, zodat geen transport richting de Hooge Platen plaatsvindt.

Het zou goed zijn om de aan deze hypothesen ten grondslag liggende veronderstellingen te staven met modelberekeningen met een 2-dimensionaal morfologisch model. Zo'n model wordt binnenkort in het kader van het RIKZ project ZEEKENNIS ontwikkeld voor het Schelde-estuarium en kan hiervoor, naast een slib-/sedimenttransportmodel, dus prima gebruikt worden.

Voor wat betreft de Hooge Platen weten we uit andere analyses dat het oostelijke deel, waar ook de bodemonsters genomen zijn, hoger wordt, hetgeen kan leiden tot een verminderde hydrodynamiek en juist daardoor een toename van de slibfractie. Dit zou dus de waargenomen ontwikkelingen mogelijk kunnen verklaren.

Voor de waargenomen verfijning van de slikken van Everingen kan de verklaring worden gezocht aan de hand van de stortingen in de stortlocatie 25 (nabij het westelijk gedeelte van de slikken, zie figuur 2.9.1). In deze stortlocatie is door de baggeraars in 1997 en in 1998 een enorm grote hoeveelheid baggerspecie gestort, respectievelijk 2.7 en 4.9 miljoen m<sup>3</sup>, die ook niet (nu nog steeds niet) meteen door de stroming opgeruimd kon worden. Dit gebeurde omdat de baggeraars een tijd lang een andere stortlocatie niet konden gebruiken omdat daar een geulwandverdediging werd aangelegd. Dit heeft nabij de stortlocatie plaatselijk geleid tot veranderingen in stromingspatronen. Zodoende is mogelijk de hydrodynamiek op de slikken van Everingen afgenomen en is verfijning van het bodemsediment opgetreden. Een andere verklaring is dat van het ter plaatse gestorte materiaal slechts de fijne fractie in suspensie is gekomen en naar de slikken getransporteerd is.

Als  $T_0$  beschikken we feitelijk alleen over gegevens uit 1992. In hoeverre die gegevens representatief zijn voor de uitgangssituatie op de Slikken van Everingen en de Hooge Platen is onbekend. De bodemonsters hebben betrekking op de bovenste 5 tot 10 centimeter van de bodem en weers- en getijomstandigheden kunnen de bodemsamenstelling behoorlijk snel beïnvloeden. Aan eventuele significante verschillen tussen de situatie na de verruiming en die van 1992 kunnen dan ook niet al te grote waarden worden toegedicht. Gelukkig zijn er wel gegevens van meerdere jaren na de verruiming, en bovendien van een behoorlijk aantal bemonsterde locaties. De statistisch significante trend die deze gegevens laten zien stellen ons wel in staat om de richting van de veranderingen (dalende of stijgende trend) vast te stellen.

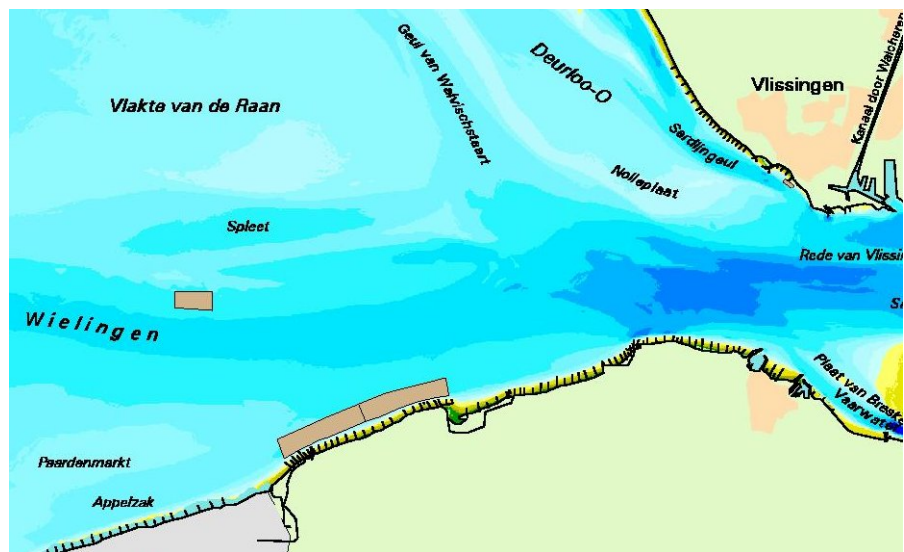
Hoewel de geconstateerde veranderingen in de bodemsamenstelling van de Slikken van Everingen en het oostelijke deel van de Hooge Platen vooralsnog onbegrepen zijn, hoeft de aan de verwachtingen tegengestelde ontwikkeling niet per se als negatief beoordeeld te worden. Voor ecologische functies lijkt het verfijnen van het sediment (tot aan een bovengrens van ongeveer 50%) eerder gunstige dan negatieve gevolgen te hebben. Via een waarschijnlijk beter voedselaanbod zullen vogels en vissen er dus waarschijnlijk aldaar van kunnen profiteren.

## 2.10 Ontwikkeling kust

### 2.10.1 Inleiding

De sinds de tweede verruiming nieuw in gebruik genomen stortplaats Kust "Zeeuwsch-Vlaanderen" ligt pal voor de kust (zie figuur 2.10.1). Het idee is dat het in dit stortvak storten van de aanlegbaggerspecie, die vrij is gekomen uit de verruiming van de Wielingen, leidt tot afname van de inspanning die moet worden gedaan om de basiskustlijn te handhaven (in de vorm van strandsuppleties). De basiskustlijn wordt gedefinieerd als de gemiddelde ligging van de kustlijn op 1 januari 1990 en wordt gebruikt om aan te geven welke grens de gemiddelde ligging van de kustlijn niet mag overschrijden (TAW, 1995). De storting van aanlegbaggerspecie in dit nieuwe kustvak kan eigenlijk worden gezien als een soort vooroever-suppletie. Omdat er nog weinig bekend is over het effect van vooroever-suppleties op de bescherming van het kustprofiel, is het van belang de ontwikkelingen te volgen.

.....  
 Figuur 2.10.1  
 De stortlocatie voor de kust van Zeeuws-Vlaanderen.



### 2.10.2 Hypothesen

Er is één hypothese die de ontwikkeling van de kust in Zeeuwsch-Vlaanderen beschrijft:

**Hypothese K1: De suppletiehoeveelheid op de kust van Zeeuwsch-Vlaanderen tussen de grens en de Verdrongen Zwarte Polder zal tijdelijk afnemen met 20-40%.**

*Toelichting: Door de speciestortingen (onderwatersuppletie) op de nieuwe stortlocatie "kust Zeeuwsch-Vlaanderen" wordt de netto erosie van het betreffende kustgedeelte minder. Aangezien weinig onderhoudsbaggerwerk in de Wielingen wordt verwacht, zullen na de verdieping de stortingen sterk afnemen. De genoemde afname van suppletiehoeveelheid geldt voor de eerste suppletie na de verdieping (verwachting 2003).*

De toelichting kan worden verduidelijkt door te vermelden dat met "de speciestortingen" uit de eerste zin de stortingen van aanlegbaggerspecie uit de Wielingen wordt bedoeld. Na het aanlegbaggerwerk in de Wielingen wordt op die locatie weinig onderhoudsbaggerwerk meer verwacht, dus zullen zodoende

de stortingen in het stortvak "kust Zeeuws-Vlaanderen" ook sterk afnemen. Tot op heden is er in het stortvak slechts in 1999 aanlegbaggerspecie gestort. Na 1999 is tot op heden in het stortvak geen onderhoudsbaggerspecie gestort.

### **2.10.3 Methode**

#### **Interpretatie van hypothesen**

De 20-40% besparing kan pas worden getoetst als er twee suppleties na de verruiming zijn uitgevoerd. Dit heeft te maken met het feit dat er geen goede referentiesituatie van voor de verruiming beschikbaar is, omdat van de suppleties die in de periode voor de verruiming gedaan zijn het zeer moeilijk is om hier wat mee te doen: ze dienden allemaal voor verschillende doelen, bijvoorbeeld voor deltaversterking, erosiebestrijding, kustlijnhandhaving voor verschillende BKL referenties of het bergen van zand dat is vrijgekomen door het leegscheppen van de zandvang in het Zwin. Van de suppleties in 2001 en 2005 weten we dat ze puur (zullen) dienen om de basiskustlijn te handhaven. Daarom zal de suppletie van 2001 als referentie dienen om vervolgens samen met die van 2005 de hypothese te toetsen. Zodoende kan bekeken worden of de onderwatersuppletie van 1999 met behulp van aanlegbaggerspecie uit de Wielingen heeft geleid tot de verwachte vermindering van de reguliere suppletiehoeveelheden om de basiskustlijn te handhaven in 2001.

#### **Data gebruikt voor toetsing**

De data die gebruikt zullen worden voor de toetsing zijn de suppletiehoeveelheden van 2001 en 2005. Deze hoeveelheden worden weergegeven in  $Mm^3$ .

#### **Methode van toetsing**

De toetsing zal geschieden door de suppletiehoeveelheid van 2001 te vergelijken met die van 2005. Verwacht wordt dat de hoeveelheid in 2001 dan een stuk minder is dan die van 2005, namelijk 20 tot 40%, omdat in 2001 al een deel van het kustprofiel beschermd was door de onderwatersuppletie. De toetsing zal dus pas in 2005 kunnen geschieden.

### **2.10.4 Resultaten**

Het resultaat dat tot nu toe beschikbaar is, is enkel de suppletie die in 2001 is uitgevoerd. Deze suppletie bedroeg  $464.000 m^3$ .

### **2.10.5 Conclusie**

Hypothese K1 kan op dit moment nog niet getoetst worden, aangezien er nog geen data na de referentiesituatie (2001) beschikbaar is.

### **2.10.6 Discussie**

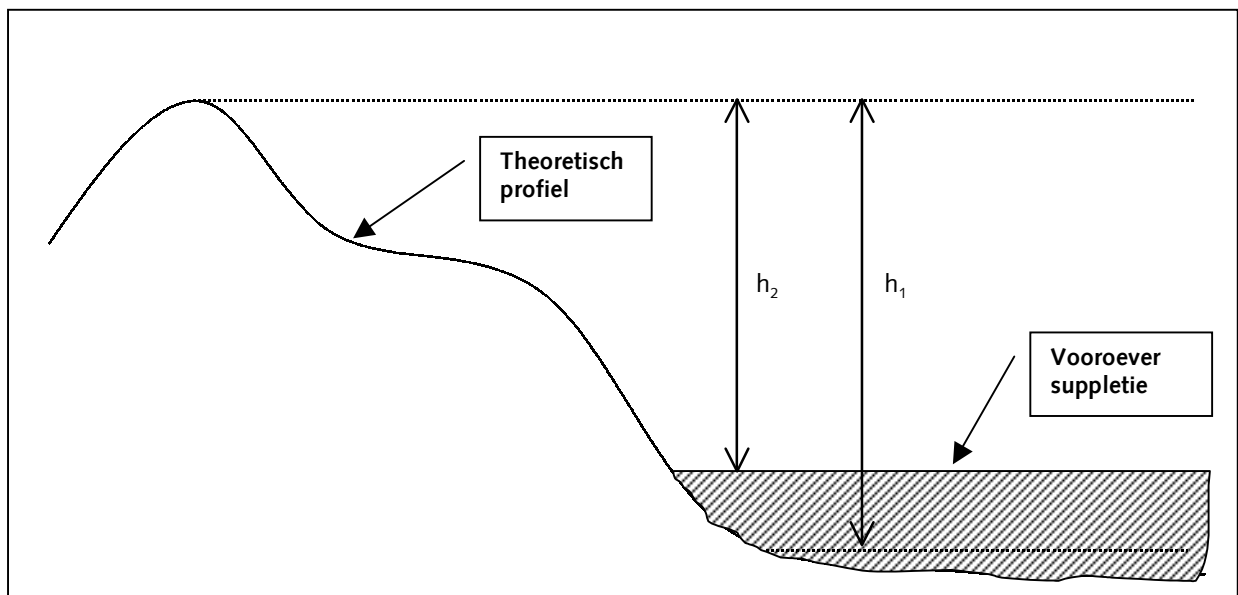
Zoals reeds hierboven uitgelegd is, wordt verwacht dat de suppletiehoeveelheid op de kust in 2001 20-40% minder zal bedragen dan die in 2005, omdat in 2001 een deel van het kustprofiel reeds beschermd was door de uitgevoerde onderwatersuppletie. Opgemerkt moet hierbij wel worden dat het dan alsnog gevaarlijk is om de suppletiehoeveelheden met elkaar te vergelijken. Immers, kusterosie is geen constante parameter, maar varieert ook in de tijd, waardoor

niet elke vier jaar (frequentie kustsuppleties) dezelfde suppletiehoeveelheid aangebracht zal worden om de basiskustlijn te handhaven. Het ene jaar zal er wat meer nodig zijn en het andere jaar misschien wat minder. Deze variatie in de tijd heeft vooral te maken met veranderende weersomstandigheden van jaar tot jaar (frequentie en kracht van stormen). Voorts is de storting in het stortvak in 1999 uitgevoerd. De in de hypothese verwachte vermindering van de suppletiehoeveelheid werd verwacht voor de eerstvolgende reguliere strandsuppletie na de verruiming. Men ging er destijds van uit dat deze in het jaar 2003 plaats zou vinden. De eerste reguliere strandsuppletie is echter reeds in 2001 uitgevoerd en waren er dus nog maar 2 jaar verstreken na het aanbrengen van de storting, in plaats van de verwachte 4 jaar. Er zal dus waarschijnlijk een kleiner deel van deze storting in 2001 opgeruimd zijn door erosie dan in 2003 het geval geweest zou zijn. De besparing op de suppletiehoeveelheid op de kust in 2001 zou daarom dus wel eens meer dan 20-40% kunnen bedragen.

Een alternatief om de hypothese te toetsen zou kunnen zijn om een andere parameter te beschouwen, namelijk erosiehoeveelheid. Er wordt vanuitgegaan dat door de vooroeversuppletie de hoogte waarover de erosie van het kustprofiel moet worden gecompenseerd met zandsuppleties (erosiehoogte) een stuk kleiner is geworden en dat dus de erosiehoeveelheid kleiner zal zijn. In figuur 2.10.2 is dit in een schets weergegeven.

.....  
**Figuur 2.10.2**

Schets van de vooroeversuppletie en de erosiehoogten.



De erosiehoogte waarover in een dwarsdoorsnede theoretisch erosie op kan treden wordt voor de situatie zonder de vooroeversuppletie weergegeven door  $h_1$  en voor de situatie met de vooroeversuppletie door  $h_2$ .

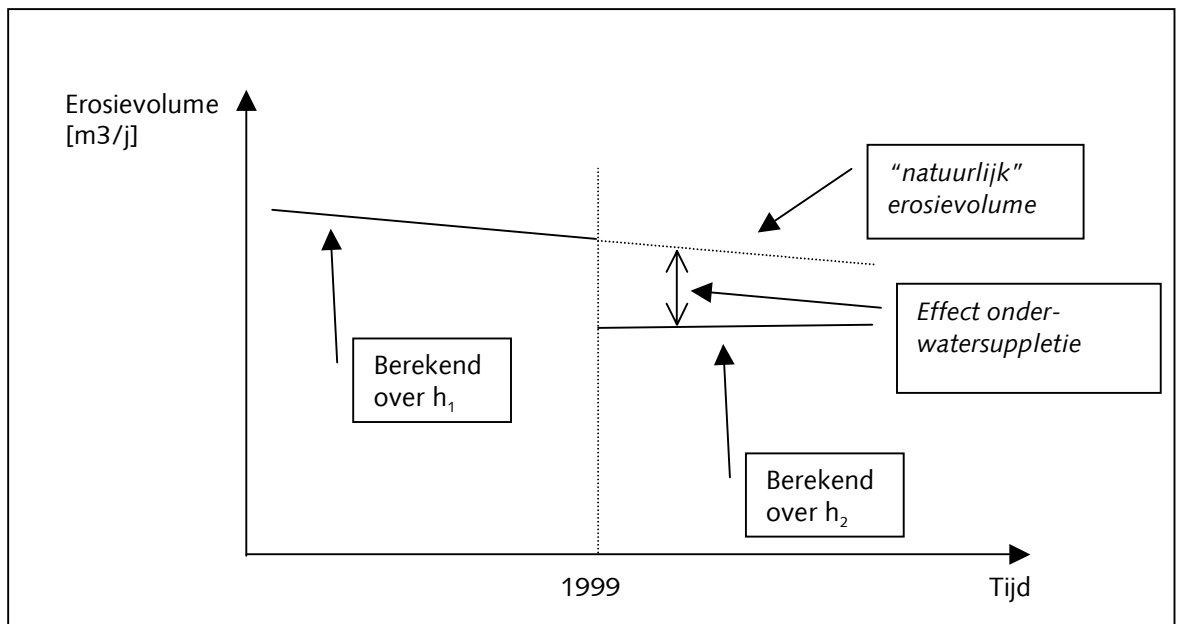
Aan de hand van een analyse van lodingen/waterpassingen (JARKUS) per bepaalde periode kan dus berekend worden hoeveel zand er geërodeerd is in het kustvak tussen de geulbodem en de top van het duin. Voor de op het strand aangebrachte suppletiehoeveelheden moet worden gecorrigeerd. In principe komt het er dus op neer dat voor dit kustvak een zandbalans op moet worden gesteld en geanalyseerd.

Op die manier zou bekeken kunnen worden wat de erosie was in de periode voor het aanbrengen van de onderwatersuppletie (bijvoorbeeld jaarlijkse erosie in de periode 1989-1999, berekend over  $h_1$ ) en deze erosie te vergelijken met

de erosiehoeveelheden in een nader te bepalen periode daarna (bijvoorbeeld 1999-2005, berekend over  $h_2$ ).

Zoende tussen twee opeenvolgende jaren het erosievolume per jaar bepaald worden en deze in een grafiek tegen de tijd uitgezet worden. Als de vooroversuppletie heeft gewerkt zal een trendbreuk zichtbaar moeten zijn na 1999 (het jaar waarin de onderwatersuppletie is aangebracht). Een voorbeeld van hoe zo'n grafiek er uit zou kunnen zien is gegeven in figuur 2.10.3. De extrapolatie na 1999 van de lijn die is berekend over de erosiehoogte  $h_1$  kan worden gezien als het "natuurlijk" erosievolume dat op had getreden als de vooroversuppletie niet was aangebracht. Het verschil tussen deze lijn de erosievolumes die berekend zijn over de erosiehoogte  $h_2$  is dan het effect van de vooroversuppletie. Het effect van de vooroversuppletie wordt op een zeker moment natuurlijk wel kleiner, dus moet er een keuze gemaakt worden op welk tijdstip het effect van ervan getoetst wordt. Het voordeel van deze methode is dat niet tot 2005 hoeft te worden gewacht om iets te kunnen zeggen over de werking van een dergelijke vooroversuppletie. Bovendien is de erosiehoeveelheid een zuiverdere parameter om de werking van een vooroversuppletie te beoordelen dan de aangebrachte suppletiehoeveelheid op het strand. De aan te brengen suppletiehoeveelheid op het strand wordt namelijk niet alleen bepaald door de hoeveelheid erosie, maar bijvoorbeeld ook door de gewenste levensduur van zo'n suppletie en gebruikte overmaten voor allerlei onzekerheden.

.....  
**Figuur 2.10.3**  
 Theoretisch voorbeeld van de ontwikkeling van erosievolume (zie tekst).



## 2.11 Sedimentatie op schorren

### 2.11.1 Inleiding

Schorren zijn zeer specifieke habitats die horen bij estuaria en andere ondiepe kustgebieden met getij-invoed in de (qua klimaat) gematigde zones op de wereld. In de brakke en zoute wateren bestaan de schorren doorgaans uit een dichte vegetatie. Hoewel de soortdiversiteit relatief laag is, is de natuurwaarde van schorren hoog, om meerdere redenen. Op het schor komen specifieke planten- en diersoorten voor, die voornamelijk daar kunnen leven. Ook vervullen schorren specifieke functies in het ecosysteem waarvan zij deel uitmaken. Naast leefgebied van enkele vaak zeer talrijke, kenmerkende soorten, bieden schorren zoal voedsel aan grote aantallen planteneters (vooral vogels) en tijdens hoogwater aan jonge vissen en kreeftachtigen, vormen ze een broedgebied en een veilige hoogwatervluchtplaats voor vogels.

Schorren zijn op wereldschaal relatief schaarse biotopen die bovendien erg bedreigd zijn. In Nederland komen de belangrijkste arealen schorren in de Waddenzee en in de Ooster- en Westerschelde voor. De Westerschelde is één van de laatste dynamische estuaria van ons land, met langs haar zoutgradiënt van het westen naar het oosten een reeks van brakke en zoute schorren. In het oostelijke deel bevinden zich de brakke schorren, een type dat in de Westerschelde nog ruim vertegenwoordigd is. Het Verdrongen Land van Saeftinge is met zijn ruwweg 3000 ha het grootste brakwaterschor van Europa. In Europees opzicht zijn juist brakwaterschorren erg zeldzaam; Nederland heeft dus een internationale verantwoordelijkheid om dit zeldzame habitat te beschermen.

In de huidige situatie kunnen zich in de Westerschelde nauwelijks of geen nieuwe schorren ontwikkelen en de huidige schorren hebben over het algemeen te lijden van kliferosie. Daarnaast hogen de schorren steeds verder op, hetgeen op zich een natuurlijk fenomeen is, maar wat wel betekent dat er nu in de Westerschelde voornamelijk hogere schorren voorkomen. Laag gelegen, primaire schorren – met hun eigen vegetatiekenmerken – komen nog maar weinig voor en zullen op termijn zo goed als verdwijnen. De zorg die in de hypothese over schorren tot uitdrukking komt is dat de successie in de ontwikkeling van schorren door de verruiming versneld wordt, door een eventuele verhoogde sedimentatiesnelheid op de schorren.

Dit hoofdstuk is gebaseerd op een rapportage door Stikvoort & De Jong (2003). Voor nadere informatie omtrent 'sedimentatiesnelheden op schorren' wordt ook verwezen naar Stapel & De Jong (1998).

### 2.11.2 Hypothese

In het Plan van Aanpak (De Jong et al, 1997) is er één hypothese die direct betrekking heeft op de schorren in de Westerschelde:

**E20 De vegetatiezones op de meeste schorren zullen niet veranderen t.g.v. de verruiming; alleen op schorren in de naaste omgeving van een stortlocatie (Schor van Waarde en Zuidgors) kan mogelijk extra sediment worden aangevoerd.**

*Toelichting: Het Westerscheldewater is reeds van nature erg sedimentrijk en de gestorte specie zal grotendeels vrij dicht bij de stortlocatie bezinken. Alleen*

*op schorren in de naaste omgeving (binnen enkele kilometers) van een stortlocatie kan extra sediment worden aangevoerd.*

Door Van Berchum & Stikvoort (1999) is in een datarapportage in concreto ingegaan op deze hypothese. In hun analyse van deze hypothese concluderen ze dat het eigenlijk niet zozeer om de successie van de vegetatie gaat, maar om een eventueel verhoogde sedimentatie op de schorren. De ontwikkeling van de hoogteligging van de schorren of de sedimentatiesnelheid is daarmee de te toetsen parameter. Omwille van helderheid is de hypothese nader scherp gesteld; deze is getoetst:

**E20 De sedimentatiesnelheden op de meeste schorren zullen niet veranderen t.g.v. de verruiming; alleen op schorren in de naaste omgeving van een stortlocatie (Schor van Waarde en Zuidgors) kan mogelijk extra sediment worden aangevoerd.**

De aanname achter deze hypothese is dat de grotere onderhoudsbaggerinspanning, waarbij ook meer specie op daartoe aangewezen locaties in de Westerschelde teruggestort zal worden in het algemeen niet zullen leiden tot verhoogde sedimentconcentraties in het water en daarmee sedimenttransport tot op de schorren.

### 2.11.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothesen

De verwachting is dat de sedimentatiesnelheden op schorren in het algemeen niet verhoogd zullen zijn door de verruiming. Alleen lokaal, dichtbij stortlocaties, waaronder mogelijk de schorren van Zuidgors en Waarde, zal het sedimenttransport naar de schorren wel verhoogd kunnen zijn. Dit leidt tot extra snelle ophoging van het schor en daarmee tot het sneller doorlopen van de natuurlijke successie op schorren, omdat deze in hoge mate bepaald wordt door de hoogteligging van het maaiveld. De sedimentsamenstelling is daarbij minder van belang. Aangezien de stortstrategie in 1997 is gewijzigd, wordt verwacht dat als er een effect is dat deze zich in de tijdreeksen zal manifesteren als een trendbreuk rond dat jaar. Met het ophogen van het schor neemt de overstromingsfrequentie echter wel af, waardoor ook minder sediment afgezet zal kunnen worden.

De ontwikkeling van de sedimentatiesnelheden op schorren wordt gevolgd met zogenaamde kaolienveldjes. Stapel & De Jong (1998) introduceerden deze methode en bepaalden de netto-sedimentatiesnelheden op de schorren van Waarde en Saeftinge voor verschillende tijdsperiodes: 1988-1992, 1993-1995 en 1996-1997. Deze gegevens zijn door Van Berchum & Stikvoort (1999) als  $T_0$  opgevoerd. De 'knip' na de realisatie van de verruiming is voor deze hypothese gezet op 1 januari 1998.

#### Data gebruikt voor toetsing

In het huidige fysische deel van het Rijkswaterstaat-monitoringprogramma MWTL zijn de sedimentatie/erosie-metingen in kaolienveldjes in de Westerschelde opgenomen. Hierin zitten meetraaien op de schorren van Waarde, Saeftinge, Paulinaschor, Zuidgors en de Biezelingse Ham. Metingen vinden ieder voor- (april/mei) en najaar (september/oktober) plaats. Voor het MOVE evaluatierapport 2003 zijn de door de Meetinformatiedienst aangeleverde gegevens van de periode 1998-2002 bewerkt, geanalyseerd en geaggregeerd.



Een meetlocatie omvat een raai met drie à vijf zogenaamde kaolienveldjes. Een raai strekt zich over een tot enkele tientallen meter lange lijn uit, doorgaans vanaf een oeverwal (de meestal meer zandige en verhoogde schorranden langs de kreken) via de overgangszone naar de kom (de doorgaans lager gelegen en meer slibrijke delen die wat verder van de kreken liggen). Elk veldje meet dertig bij honderd centimeter. In het veldje wordt een witte kleisoort (=kaolien) uitgestrooid. De sedimentatie op het schor wordt gemeten door elke voor- en najaar met een gutsje kerntjes te steken en de laagdikte ten opzichte van het kaolienlaagje te bepalen. Wanneer het nodig is (sedimentlaag wordt te dik, of kaolienlaag is nauwelijks meer terug te vinden door erosie of vermenging door organismen) wordt weer een nieuwe laag kaolien opgebracht. De gegevens uit de periode 1998-2002 omvatten duizenden opnames. In de meeste gevallen zijn per meting per veldje 5 waarnemingen van de laagdikte beschikbaar, in enkele gevallen enkele, één of zelfs geen. In sommige gevallen zijn gegevens beschikbaar van de oudere, dieper gelegen kaolienlagen. Van de replica's (per laag) zijn de gemiddelde laagdiktes berekend. Per veldje zijn deze gemiddelden in tijdreeksen gebracht, waarvan lijngrafieken zijn gemaakt.

Door Stapel & De Jong (1998) is de netto-sedimentatiesnelheid geschat; met andere woorden: de gemiddelde jaarlijkse toename van de hoogteligging van het maaiveld (t.o.v. NAP dus). De gemeten sedimentatiesnelheden boven kaolienlaagjes zijn hoger dan de netto-sedimentatiesnelheid omdat schorbodems (langdurig) inklinken. Als maatstaf stelden Stapel & De Jong (1998) dat die netto-bodemophoging behoorlijk goed geschat wordt door de gemiddelde sedimentatiesnelheid te berekenen over de ontwikkeling van de laagdikte vanaf 500 dagen na aanleg van de kaolienlaag. Deze aanname is vooral gebaseerd op de waarneming dat de laagdikte boven kaolien aanvankelijk snel toeneemt en na zo'n anderhalf jaar een min of meer constante toename heeft. Toepassing van die stelregel blijkt voor de meetreeksen van 1998-2002 niet haalbaar te zijn.

De tijdreeksen van 1998-2002 laten namelijk zien dat de laagdikte-ontwikkeling meestal vrij constant is (zie Stikvoort & De Jong, 2003). Bovendien zijn de sedimentatiesnelheden vaak zo hoog dat er weinig gegevens over zullen blijven als de gegevens pas vanaf 500 dagen na aanleg meegenomen zouden worden. Daarom is besloten om de sedimentatiesnelheid te berekenen over de gehele meetreeks. Dat is gedaan door de 'hellingshoek' van de grafieklijn met behulp van lineaire regressie te bepalen. Deze hellingshoek is vervolgens omgerekend tot sedimentatiesnelheid met de eenheid mm/jaar.

Theoretisch is het zeer wel mogelijk dat de meetreeksen in de veldjes niet lang genoeg zijn om die constante fase te bereiken. De berekende sedimentatiesnelheden zullen in dat geval een overschatting betekenen van de netto-sedimentatiesnelheden. De methodiek laat echter niet toe om langer door te meten (omdat het kaolienlaagje buiten het bereik van het gutsje komt).

Als laatste aggregatieslag zijn de berekende sedimentatiesnelheden per raai per type gemiddeld en zijn bijbehorende standaarddeviaties berekend. Wanneer een meetreeks uit slechts twee punten bestond is geen hellingshoek geschat. In sommige meetreeksen lijkt dat er in 2002 erosie is opgetreden. Dat kan, maar kan ook het gevolg zijn van grote inklink in die periode. Aansluitende nieuwe gegevens zullen duidelijk moeten maken of de trendbreuk evident is of niet. Vooralsnog zijn de gemiddelde sedimentatiesnelheden over de gehele reeksen bepaald. In sommige gevallen zullen de werkelijke snelheden dus mogelijk iets hoger zijn geweest.

### Methode van toetsing

Een statistische toetsing heeft niet plaatsgevonden. De kaoliengegevens van de jaren 1998-2002 zijn pas erg laat ter beschikking gekomen (december 2002), waarna ingezet is om deze gegevens goed te bewerken en tot kentallen (sedimentatiesnelheden) te aggregeren, hetgeen een nogal omvangrijke en deskundige analyse vergt. Tijd was niet toereikend om de oudere gegevens, van voor 1998, op zodanige wijze te bewerken dat een statistische toetsing plaats had kunnen vinden. De toetsing is derhalve visueel gebeurd, op basis van de  $T_0$ , een staafdiagram in Stapel & De Jong (1998), en de nieuwe kentallen. Standaarddeviaties zijn daarbij wel beschikbaar, hetgeen behoorlijk gevoel geeft over de betrouwbaarheid van de uitspraken. Complicerende factor hierbij is dat er onzekerheid bestaat over de vraag of de voor de periode 1998-2002 berekende sedimentatiesnelheden als netto-sedimentatiesnelheden (zoals de  $T_0$ ) mogen worden beschouwd of niet. Zo niet, dan zijn de snelheden een overschatting en zou er nog een nadere analyse moeten plaatsvinden om de relatie tussen de berekende sedimentatiesnelheden en de netto-sedimentatie nader te kwantificeren. Hiervoor dienen echter exacte hoogtegegevens van de kaolienveldjes beschikbaar te zijn, hetgeen op het moment van analyse van de gegevens nog niet het geval was.

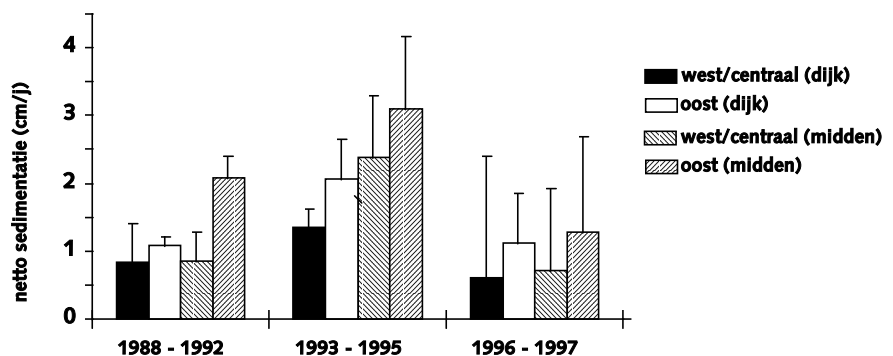
Als criteria voor het al of niet verwerpen van de hypothese zijn de berekende kentallen voor de periode 1998-2002 afgezet tegen de vroegere waarnemingen (0,5 tot 3 cm/j) van Stapel & De Jong (1998) en de ranges voor natuurlijke sedimentatiesnelheden op schorren die bekend zijn voor estuaria zoals de Westerschelde (0,5 tot 5 cm/j; in: Stapel & De Jong 1998). Liggen de snelheden boven de 5 cm/j dan wordt de hypothese verworpen.

### 2.11.4 Resultaten

Figuur 2.11.1 geeft de uitgangssituatie vóór 1998 weer: de voor de periodes 1988-1992, 1993-1995 en 1996-1997 berekende netto-sedimentatiesnelheden op het schor van Waarde, zoals gepubliceerd door Stapel & De Jong (1998), en als  $T_0$  gepresenteerd door Van Berchum & Stikvoort (1999). De meetreeksen op Waarde waren het meest compleet in zowel tijd als ruimte. De gegevens van Saeftinge werden door Stapel & De Jong (1998) niet gepresenteerd, omdat er geen statistisch verschil vastgesteld kon worden tussen de netto-sedimentatiesnelheden op Waarde en Saeftinge. Verder vermelden Stapel & De Jong in hun rapportage dat de range van geobserveerde netto-sedimentatiesnelheden tussen 0,5 en 3 cm/j lag.

**Figuur 2.11.1**

Gemiddelde netto-sedimentatiesnelheid (cm/j) op het schor bij Waarde (uit Stapel & De Jong (1998); de verticale lijnen geven de standaardafwijking aan; legenda: west/centraal/oost slaat op westelijk, midden en oostelijk deel van schor; dijk/midden slaat op de positie van de raai op het schor van dijkzijde naar schorrandzijde).



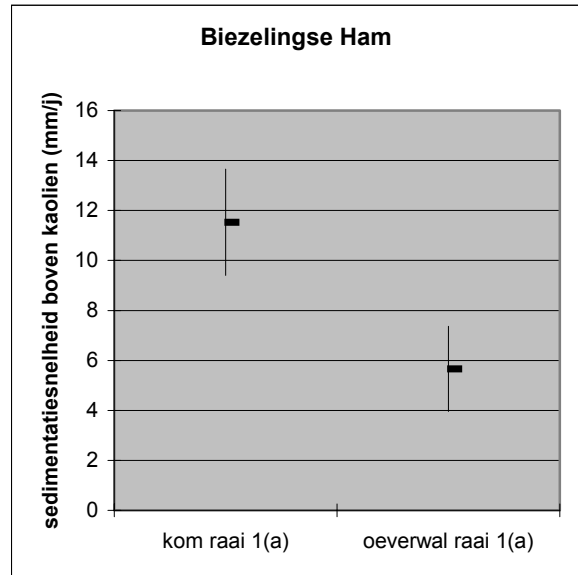
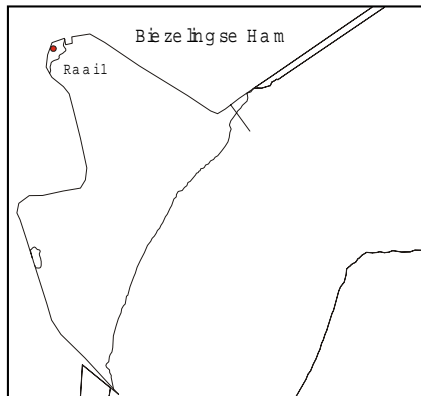
De voor de periode 1998-2002 berekende sedimentatiesnelheden op vijf Westerscheldeschorren staan in de figuren 2.11.2 t/m 2.11.6.

*Biezelingse Ham*

Op het schor in de Biezelingse Ham zijn gemiddelde sedimentatiesnelheden gemeten van minder dan 12 mm/j in de kommen en minder dan 6 mm/j op de oeverwallen. Dit zijn waarden in het lage deel van de range (5 tot 30 mm/j) die door Stapel en de Jong (1998) over de periode 1988-1997 op het schor van Waarde en Saeftinge is vastgesteld. Opmerkelijk is dat de sedimentatiesnelheid in de kom circa twee maal zo hoog is als op de oeverwal; normaliter is de sedimentatie op oeverwallen het hoogst.

**Figuur 2.11.2**

Gemiddelde sedimentatiesnelheid op het schor in de Biezelingse Ham in de periode 1998-2002 (de verticale lijnen geven de standaardafwijking aan).

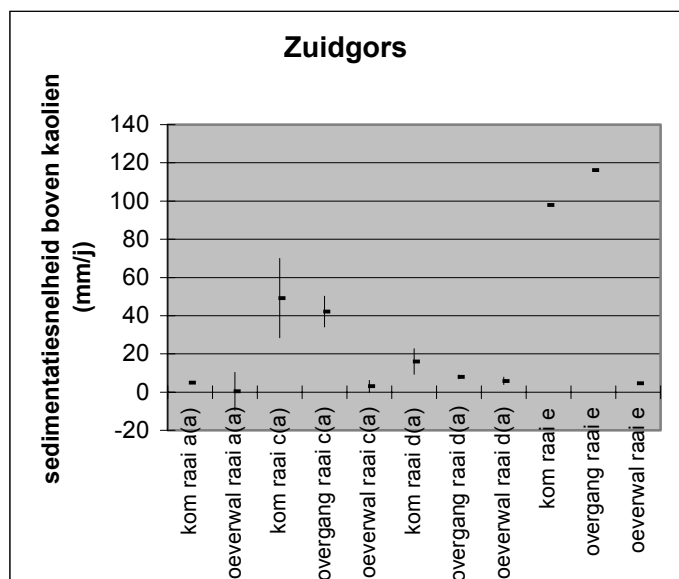
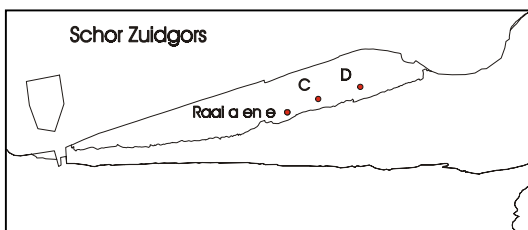


*Zuidgors*

Figuur 2.11.3 laat zien dat op de veldjes op het schor Zuidgors zeer grote verschillen in sedimentatiesnelheden zijn gemeten. Naast relatief lage gemiddelden die meestal de 10 mm/j niet overstijgen, vallen de kom en de overgangszone van raai c met snelheden van 40 à 50 mm/j op en zijn de gemiddelde snelheden van 100 à 120 mm/j in de kom en het overgangszone bij raai e wel heel erg hoog. Netto-sedimentatiesnelheden van 40 à 50 mm/j zijn erg hoog in vergelijking met wat Stapel & De Jong (1998) voor de schorren

**Figuur 2.11.3**

Gemiddelde sedimentatiesnelheid op het Zuidgors in de periode 1998-2002 (de verticale lijnen geven de standaardafwijking aan).



van Waarde en Saeftinge vonden, maar vallen nog wel (net) binnen de range die in estuaria met vergelijkbare getijslagen worden gevonden (diverse referenties in: Stapel & De Jong, 1998). Snelheden van 100 of zelfs meer mm/j zijn echter uitzonderlijk hoog.

Van schor Zuidgors zijn uit de periode 1992-1997 ook kaoliengegevens verzameld en uitgewerkt door Consemulder et al. (1998). De grafieken die in bijlage 15(a t/m d) van dat rapport worden gegeven zijn nog beschikbaar, inclusief de bijbehorende gegevens. Op basis van deze achterliggende gegevens zijn voor de periode 1992-1997 met lineaire regressies de overall sedimentatiesnelheden van de verschillende veldjes bepaald, ook al laten enkele van de reeksen in de laatste jaren (1995-1997) wel grote fluctuaties zien. De berekende gemiddelde sedimentatiesnelheden voor 1992-1997 lagen in een range van 0,66 tot 21,7 mm/j met een overall gemiddelde van 13 mm/j. De sedimentatiesnelheden die in de periode 1992-1997 op schor Zuidgors zijn gemeten lagen dus aan de lage kant van de 'natuurlijke' range.

Tabel 2.11.1 geeft een tijdreeks van de op de locatie Ellewoutsdijk (direct ten westen van en zeer nabij het schor Zuidgors gelegen) gestorte hoeveelheden baggerspecie sinds 1990. De tabel laat zien dat de trendbreuk in de gegevens ongeveer samenvalt met de start van het storten bij Ellewoutsdijk; vóór 1997 is er immers niet op die locatie gestort. De gestorte hoeveelheden vanaf 1997 zijn zeer aanzienlijk geweest, tot meerdere tientallen procenten van het totaal in de Westerschelde jaarlijkse gestorte hoeveelheden. Dit lijkt dus een verklaring te zijn.

**Tabel 2.11.1**

Gestorte hoeveelheden baggerspecie op locatie Ellewoutsdijk in de periode 1990-2002

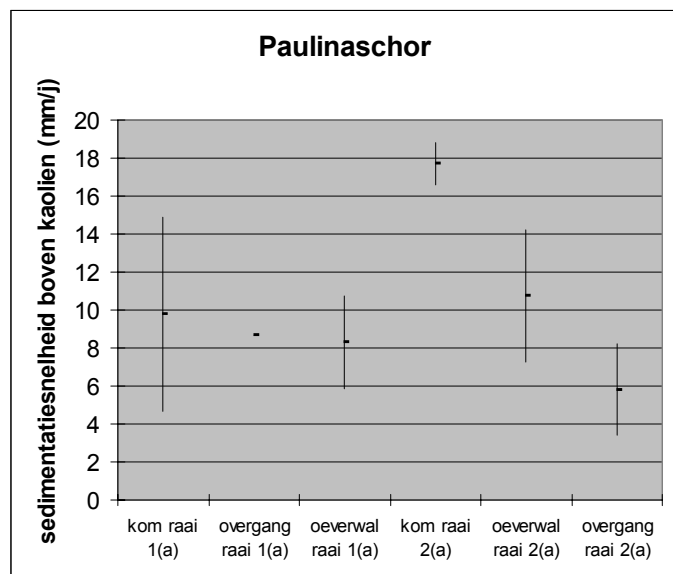
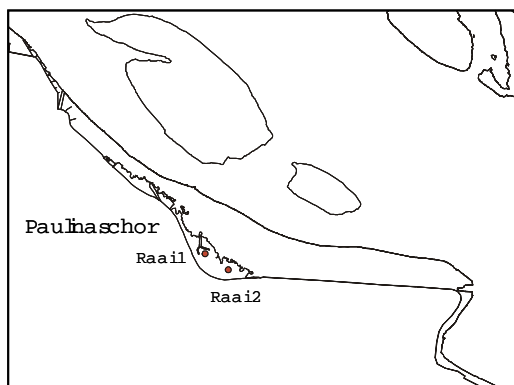
Jaar	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
Stortvolume (m <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0
Jaar	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>
Stortvolume (m <sup>3</sup> )	0	2.682.656	4.881.888	88.781	1.508.094	994.847

#### Paulinaschor

Figuur 2.11.4 laat zien dat de op Paulinaschor waargenomen sedimentatiesnelheden met zo'n 4 tot 19 mm/j relatief aan de lage kant liggen. Net als bij Biezelingse Ham en Zuidgors volgt de verdeling van de snelheden over de

**Figuur 2.11.4**

Gemiddelde sedimentatiesnelheid op het Paulinaschor in de periode 1998-2002 (de verticale lijnen geven de standaardafwijking aan).



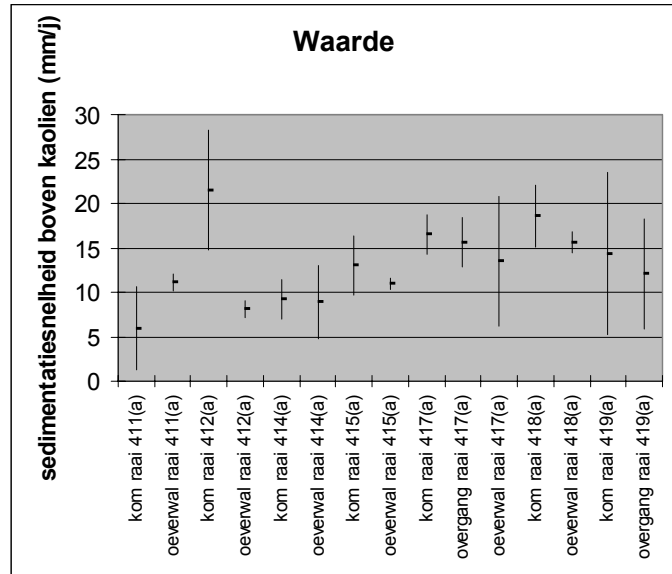
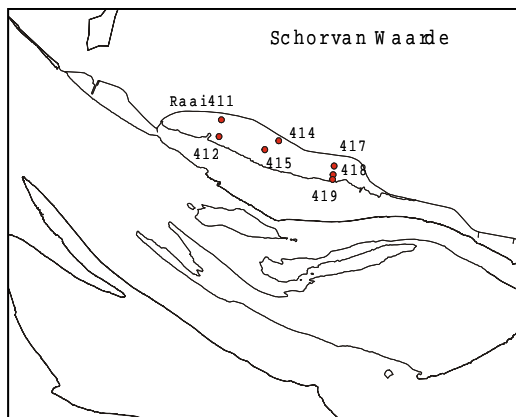
typen echter niet de gangbare theorie en praktijk, met afnemende sedimentatiesnelheden van de oeverwallen via de overgangszones naar de kommen. Vooral raai 2 springt in die zin eruit, met relatief hoge snelheden in de kom.

*Schor van Waarde*

Figuur 2.11.5 laat zien dat de gemiddelde sedimentatiesnelheden op het Schor van Waarde met waarden tussen 5 en 22 mm/j van een vergelijkbare orde zijn als die door Stapel & De Jong (1998) in de periode 1988-1997 berekend zijn. Maar ook hier weer vallen de oeverwallen op, met relatief lage sedimentatiesnelheden ten opzichte van de kommen.

**Figuur 2.11.5**

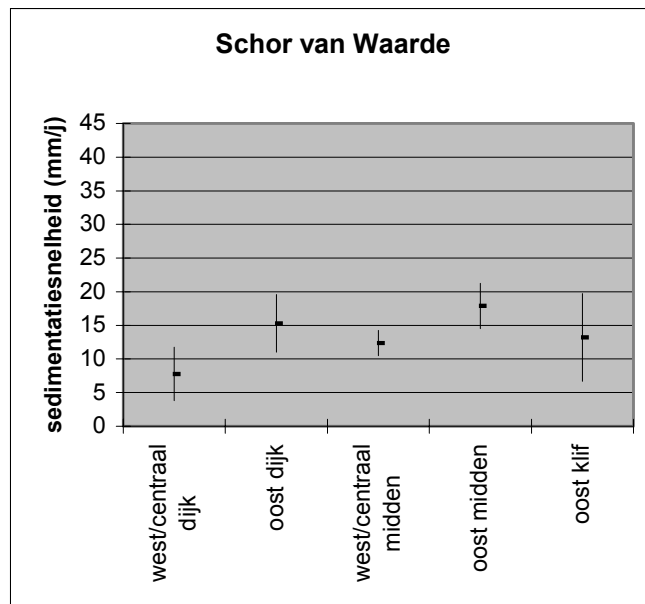
Gemiddelde sedimentatiesnelheid op het Schor van Waarde in de periode 1998-2002 (de verticale lijnen geven de standaardafwijking aan).



Voor een 'zuivere' vergelijking van de gegevens van het schor van Waarde in de jaren 1998-2002 met de  $T_0$  zijn deze ook op vergelijkbare wijze geaggregeerd als door Stapel & De Jong. Figuur 2.11.6 geeft de resulterende grafiek.

**Figuur 2.11.6**

De sedimentatiesnelheden in de periode 1998-2002 op de verschillende delen van het Schor van Waarde (west/centraal dijk: raaien 411 en 414; west/centraal midden: raaien 412 en 415; oost dijk: raai 417, oost midden: raai 418; oost klif: raai 419; de liggende streepjes geven het gemiddelde aan, de verticale streepjes de bijbehorende range +/- de standaarddeviatie).

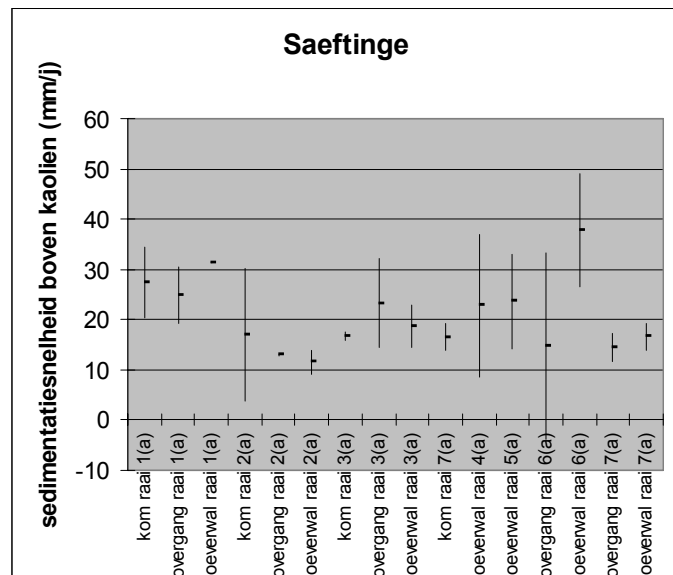
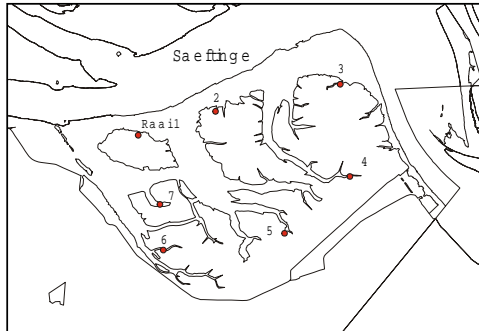


*Verdronken Land van Saeftinge*

Figuur 2.11.7 laat zien dat gemiddelde sedimentatiesnelheden op Saeftinge met zo'n 10 tot 38 mm/j een 'natuurlijke' range hebben en zijn vergelijkbaar aan de eerder gepubliceerde waarden van Stapel & De Jong (1998). In tegenstelling tot de andere vier schorren vallen de sedimentatiesnelheden op de kommen niet echt uit de toon.

**Figuur 2.11.7**

Gemiddelde sedimentatiesnelheid op het Verdrongen Land van Saeftinge in de periode 1998-2002 (de verticale lijnen geven de standaardafwijking aan).



### 2.11.5 Conclusies

Uit de voor vijf schorren in de Westerschelde voor de periode 1998-2002 berekende sedimentatiesnelheden kunnen drie overall-conclusies getrokken worden:

1. Voor vier van de vijf schorren lijken de sedimentatiesnelheden zeer vergelijkbaar aan die van de voorgaande periode (nl. Schor van Waarde en Saeftinge) of relatief laag in de 'natuurlijke' range (Paulinaschor, Biezelingse Ham; een historische vergelijking is bij deze schorren niet mogelijk). Mogelijk zijn ze feitelijk nog lager dan hier gepresenteerd, omdat de snelheden bepaald zijn aan de hand van de gehele meetreeks, in plaats van vanaf 500 dagen na aanleg van een kaolienlaagje. Hoewel zekerheid hierover ontbreekt zou het kunnen zijn dat de 'lineaire fase' van de ontwikkeling van de laagdikte op kaolien nog niet is opgetreden en derhalve de gemeten sedimentatiesnelheden een overschatting zijn van de werkelijke netto-sedimentatie.

2. Op schor Zuidgors zijn in de periode 1998-2002 op één raai hoge sedimentatiesnelheden en op een andere raai zelfs zeer hoge snelheden bepaald. Vergelijking met metingen uit de voorgaande periode laat zien dat de snelheden voorheen van een natuurlijk niveau waren. Mogelijk treedt hier een lokaal effect op vanwege het sinds 1997 aangepaste stortbeleid, waarbij meer westwaarts in de Westerschelde wordt gestort. Voor de stortlocatie bij Ellewoutsdijk, direct ten westen van het schor, betekent dit dat er sinds 1997 aanzienlijke hoeveelheden zijn gestort, terwijl er voordien niet gestort is.

3. In veel gevallen is de verdeling van de sedimentatiesnelheden over de typen (kom, overgangzone en oeverwal) afwijkend gebleken: de oeverwallen vertonen opvallend lage sedimentatiesnelheden, terwijl dit type doorgaans juist de hogere waarden laten zien. Mogelijk liggen de schorren inmiddels zo hoog,

dat het water nauwelijks meer over de oeverwallen stroomt, maar via een meer 'achterloopse' weg alsnog de kommen bereikt. Dit zou een zorgelijke situatie kunnen zijn, omdat het zou betekenen dat de schorren het einde van hun natuurlijke successie bereiken en daarmee qua soortsdiversiteit minder waardevol zullen worden.

**Hypothese E20 "De sedimentatiesnelheden op de meeste schorren zullen niet veranderen t.g.v. de verruiming; alleen op schorren in de naaste omgeving van een stortlocatie (Schor van Waarde en Zuidgors) kan mogelijk extra sediment worden aangevoerd" lijkt te kloppen: in het algemeen zijn de sedimentatiesnelheden op de schorren niet toegenomen, alleen lokaal, bij het schor Zuidgors – hetgeen al als mogelijkheid in de hypothese was gesteld – is dat wel het geval.**

#### 2.11.6 Discussie

Dat op vier van de vijf onderzochte schorren geen verhoogde sedimentatiesnelheden zijn vastgesteld is een geruststellend feit. De ontwikkeling van de schorren wordt daarmee dus niet versneld, hetgeen vanuit het oogpunt van natuurwaarden als positief beoordeeld kan worden: de schorren in de Westerschelde zullen voor het gros niet sneller in hun eindstadia aanbelanden. Vanuit biodiversiteitsoogpunt is het namelijk van belang om de vroegere ontwikkelingsstadia – die al ondervertegenwoordigd zijn – zo lang mogelijk te behouden.

Bij het schor van Zuidgors zijn de geobserveerde sedimentatiesnelheden echter plaatselijk extreem hoog. Beschikbare gegevens uit de periode 1992-1997 laten zien dat de sedimentatiesnelheden vóór 1997 van natuurlijke grootte waren (Stikvoort & De Jong, 2003). Het optreden van plaatselijke extreme sedimentatiesnelheden valt samen met het invoeren van een nieuwe stortstrategie, al kan daarmee nog niet gesteld worden dat de stortingen de oorzaak zijn. De situatie is wel reden tot zorg. Met zulke hoge sedimentatiesnelheden gaat de ontwikkeling wel heel erg hard. In hoeverre één en ander een lokaal fenomeen is of zich over grotere oppervlakten van het schor afspeelt is thans onbekend. Er wordt dan ook aanbevolen om op dit schor nader onderzoek te verrichten. Middels waterpassingen is de hoogteligging langs meerdere profielen over het schor te bepalen. Uit de jaren negentig zijn vergelijkbare metingen beschikbaar die als referentie kunnen dienen. Daarnaast zou ook onderzocht moeten worden wat de aard van het materiaal is dat op het schor sedimenteert. Ook vegetatieopnames in de kaolienveldjes zelf zullen nader licht kunnen werpen op wat er op dit schor speelt. Zie Stikvoort & De Jong (2003) voor nadere details.

Tot slot leveren de gegevens nóg een reden tot zorg op: de sedimentatiepatronen op de oeverwallen en in de kommen van de meeste schorren bleek af te wijken van wat tot nog toe gebruikelijk was in de Westerschelde. De sedimentatiesnelheden op de oeverwallen zijn namelijk aanmerkelijk verlaagd; zó ver, dat ze zelfs lager zijn dan in de kommen. Hoewel dit vanuit de hypothese beredeneerd niet erg is, zou het betekenisvol kunnen zijn. Wat er aan de hand is, is vooralsnog onbegrepen, maar het zou kunnen zijn dat de meeste schorren in de Westerschelde thans aan het eind van hun ontwikkeling zijn gekomen. De ligging van het schoroppervlak is wellicht zo hoog dat het water tijdens vloed nauwelijks meer over de oeverwallen stroomt, maar via een 'achterloopse' weg de kommen bereikt.

Voor de beheerder van de Westerschelde zou dit een zorgelijk signaal kunnen zijn. Indien de meeste schorren inderdaad in hun 'eindfase' aanbelanden, dan

zou de biodiversiteit van de Westerschelde als totaal in de komende jaren verlagen.



## 2.12 Morfologische dynamiek

### 2.12.1 Inleiding

Morfologische dynamiek is het resultaat van sedimenttransport, dat weer het gevolg is van de waterbeweging. Morfologische dynamiek speelt zich af op verschillende tijd- en ruimteschalen<sup>16</sup> in de Westerschelde. Zo zegt macroschaal dynamiek iets over de verplaatsing van platen en geulen en daarmee over het behoud van het meergeulensysteem. Mesoschaal dynamiek zegt meer iets over de verandering binnen de platen en slikken en daardoor ook over de ecologische mogelijkheden. Daarom is het van groot belang om de dynamiek in de Westerschelde te volgen. Het concreet maken van het begrip dynamiek is vrij moeilijk, omdat er geen eenduidige definitie van dynamiek is. In het verleden zijn veel verschillende indicatoren gevonden die alle iets zeggen over de verandering in dynamiek.

### 2.12.2 Hypothesen

Er is één hypothese die de ontwikkeling van de dynamiek in de Westerschelde beschrijft.

#### **Hypothese D1: De dynamiek in de gehele Westerschelde zal afnemen.**

*Toelichting: Naar verwachting zal de huidige trend in de ontwikkeling van de dynamiek zich voortzetten. Verandering als gevolg van de verruiming (door geulwandverdedigingen en debietsveranderingen) kunnen tot een versnelde afname leiden. Verwacht wordt dat de afname ten gevolge van verruiming miniem zal zijn ten opzichte van de trend.*

Aan deze hypothese ligt het MOVE denkmodel ten grondslag. Het MOVE denkmodel is een gedachtegang over de fysische gevolgen van verruiming. Het denkmodel gaat ervan uit dat het continu op diepte houden van de drempels het systeem forceert naar een situatie die er van nature niet zal zijn. Het systeem zal proberen deze onnatuurlijke situatie te herstellen. Dit volgt uit het feit dat er telkens gebaggerd moet worden, omdat er voortdurend zandtransport (ook naar de drempels) plaatsvindt. Indien deze ingrepen te groot zijn zal het systeem, volgens het cellenconcept<sup>17</sup>, niet meer veerkrachtig genoeg zijn en zal het systeem op zoek gaan naar een nieuw evenwicht. Dit evenwicht ligt dicht bij de door de mens opgelegde situatie en kan een ander meergeulensysteem zijn, maar ook een ééngeulensysteem (met risico op kanalisatie). Dit zal dan gepaard gaan met een afname van dynamiek.

Hypothese D1 is al eerder onder de loep genomen in de data-analyse van Liek e.a. (2002). Toen werd geconstateerd dat de dynamiek blijft afnemen, ook in de periode na de laatste verruiming. De mate waarin lijkt overigens minder te zijn dan voor de laatste uitgevoerde verruiming. Het oostelijk deel van de

<sup>16</sup> Verschillende schalen zijn: megaschaal (hele estuarium), macroschaal (niveau hoofd- en nevengeulen), mesoschaal (niveau kortsluitgeulen, platen e.d.), microschaal (niveau beddingvormen)

<sup>17</sup> Het cellenconcept is ontwikkeld door WL Delft Hydraulics in het kader van de Lange Termijnvisie Schelde-estuarium (Winterwerp e.a., 2000). Dit model bestaat uit een schematisatie van het systeem in morfologische eenheden (cellen genoemd) en een stabiliteitsanalyse voor een morfologische cel. Volgens het cellenconcept is storten in een geul bepalend voor het wel of niet verzanden van een geul. Een verificatiestudie (Jeuken, 2001, 2003) bevestigt dit.

Westerschelde draagt het meeste bij aan deze afname. Deze data-analyse van Liek (2002) geldt als basis voor het toetsen van de hypothese in dit document.

### 2.12.3 Methode

#### Interpretatie van hypothesen

In 1998 heeft het WL Delft Hydraulics in opdracht van het RIKZ een definitiestudie uitgevoerd naar de morfologische dynamiek van de Westerschelde. In deze studie worden 17 suggesties gedaan over hoe dynamiek gedefinieerd kan worden. Voor deze toetsing wordt als uitgangspunt het dynamiekgetal van Siermans (1997) gebruikt, aangevuld met de parameter 'verhouding van de getijvolumes in hoofd- en nevengeul'. De parameter Siermans is een parameter voor macro- en mesdynamiek van het lodingsvak. De verhouding getijvolumes in hoofd- en nevengeul is een parameter voor macroschaal dynamiek (ontwikkeling van de platen wordt niet meegenomen).

Het dynamiekgetal van Siermans is ook gebruikt in het datarapport van Liek (2002) en in de eindrapportage van de Oostweststudie (Vroon e.a., 1997). Het dynamiekgetal zegt iets over de netto zandverplaatsingen en is gedefinieerd als de gemiddelde verticale bodemverandering per jaar in het beschouwde gebied en geeft een algemeen beeld van de activiteiten in een gebied. In formulevorm:  $\text{Dynamiekgetal Siermans [m/jaar]} = (\text{erosievolume [m}^3\text{]} + \text{sedimentatievolume [m}^3\text{]}) / (\text{gebiedsoppervlakte [m}^2\text{]} * \text{tijdsverschil [jaar]})$

De verticale bodemveranderingen volgen uit vaklodingen. Voor het toetsen van de hypothese wordt gekeken naar de vakken 1 t/m 6. Dit zijn alle vakken in de Westerschelde.

Het aantal jaren dat alle vakken 1 t/m 6 gelood zijn, is te laag om genoeg dynamiekgetallen Siermans voor de hele Westerschelde (alle lodingsvakken samen) te kunnen berekenen. Daarom is gekozen om voor deze hypothese waarden voor west (vak 4, 5, 6), midden (vak 3) en oost (vak 1, 2) te bepalen. Op basis hiervan kan dan alsnog een uitspraak voor de hele Westerschelde worden gedaan. Op deze manier wordt bovendien duidelijk in welke deelgebieden welke veranderingen optreden en kan men beter achterhalen of er een oorzakelijk verband bestaat met de gehanteerde en gewijzigde bagger- en stortstrategie voor ieder deelgebied. Er wordt namelijk verwacht dat in het oosten de dynamiek weer zou kunnen herstellen (toenemen) als gevolg van de nieuwe bagger- en stortstrategie, welke inhoudt dat baggerspecie meer westelijk gestort wordt.

Het dynamiekgetal van Siermans is geen directe maat voor de dynamiek. Daarom kan ook geen waarde voor  $T_0$  worden bepaald. Indien het dynamiekgetal voor verschillende perioden of voor een reeks perioden berekend wordt kan door toe- of afname van het getal wel de verandering van de dynamiek en de snelheid van de verandering worden bepaald. Siermans (1997) verwacht dat de verandering van dynamiek als functie van het tijdsverschil volgens een machtsfunctie ( $Y = aX^b$ ) zal verlopen.

Omdat er zoveel verschillende definities van dynamiek bestaan, wordt ter aanvulling nog een andere parameter bekeken: de verhouding van getijvolumes in de hoofdgeul en nevengeul [m<sup>3</sup>]. Dit is over het algemeen gelijk aan de verhouding getijvolumes ebgeul/vloedgeul. Door de verhouding te bekijken (in plaats van absolute waarden), wordt een klein verschil in de verdeling van getijvolumes snel duidelijk. Als deze verhouding toeneemt kan dat betekenen

dat de nevengeul gaat verzanden. Dit is nadelig voor het voortbestaan van het meergeulensysteem. Het wel of niet verzanden van de nevengeul kan met behulp van het dynamiekgetal van Sijmangas niet worden aangetoond. De methode van Sijmangas zal namelijk als gevolg van grote sedimentatie een groot dynamiekgetal opleveren, terwijl op macroschaal het systeem juist minder dynamisch wordt.

Net als bij het dynamiekgetal van Sijmangas, wordt bij de verhouding ebgeul/vloedgeul de opdeling gemaakt in de gebieden West, Midden en Oost. De beschouwde bijbehorende hoofdgeulen en nevengeulen zijn:

West:

Vaarwater langs Hoofdplaat/Honte + Schaar van Spijkerplaat (raai 10)

Vaarwater langs Hoofdplaat/ Honte + Schaar van Spijkerplaat (raai 9)

Midden

Pas van Terneuzen/Everingen (raai 7)

Middelgat/Gat van Ossensisse (raai 6)

Oost

Zuidergat/Schaar van Waarde (raai 5)

Overloop van Valkenisse/Zimmermangeul (raai 3)

Nauw van Bath/Schaar van de Noord (raai 2)

### **Data gebruikt voor toetsing**

Voor het berekenen van het dynamiekgetal van Sijmangas wordt de hoeveelheid sedimentatie en erosie tussen twee opnamen (lodingen) berekend, gesommeerd en omgerekend naar gemiddelde verticale bodemverandering per jaar en vervolgens gedeeld door het oppervlak van het beschouwde gebied (oost-midden-west). De basis voor deze gegevens zijn de geïnterpoleerde dieptegrids (20x20 m) van de vaklodingen, dus met andere woorden de bodemliggingsgegevens uit de beschikbare jaren. De posities van de vaklodingen zijn te vinden in het rapport van de Jong e.a. (1997). De vakken 1 t/m 3 worden 2 keer in het jaar gelood op een raaiafstand van 100 meter. De vakken 3 t/m 6 worden eens in het jaar gelood op een raaiafstand van 200 meter. Om de sedimentatie en erosie te berekenen worden steeds de eerste bodemopname/lodingkaart van het desbetreffende jaar gebruikt.

Voor het berekenen van de verhouding van het getijvolume in hoofdgeul en nevengeul, worden de ebvolumes gedeeld op de vloedvolumes. De volumes worden op verschillende raaien gemeten door middel van een ADCP meter (voor een uitgebreide beschrijving: zie hypothesen getijvolume).

### **Methode van toetsing**

Bij de toetsing aan de hand van het dynamiekgetal van Sijmangas wordt onderscheid gemaakt in drie verschillende periodes:

- De periode voor de verduiking van de jaren '70 (1955 – 1969, 14 jaar);
- De periode van na de verduiking van de jaren '70 (1982 – 1997, 15 jaar);
- De periode van na de laatste verduiking (1998 – 2001, 3 jaar).

Deze periodes worden gekozen, omdat de dynamiekgetallen voor en na verduiking dan met elkaar vergeleken kunnen worden. Door de periodes van de verduiking zelf in de jaren '70 en de laatste verduiking<sup>18</sup> buiten beschouwing te laten en de perioden van voor en na de verduikingen met

---

<sup>18</sup> De laatste verduiking is buiten beschouwing gelaten doordat de loding in 1997 van voor de laatste verduiking is gebruikt en de loding in 1998 na de laatste verduiking is gebruikt.

elkaar te vergelijken wordt voorkomen dat de eigenlijke verruiming wordt gezien als morfologische dynamiek.

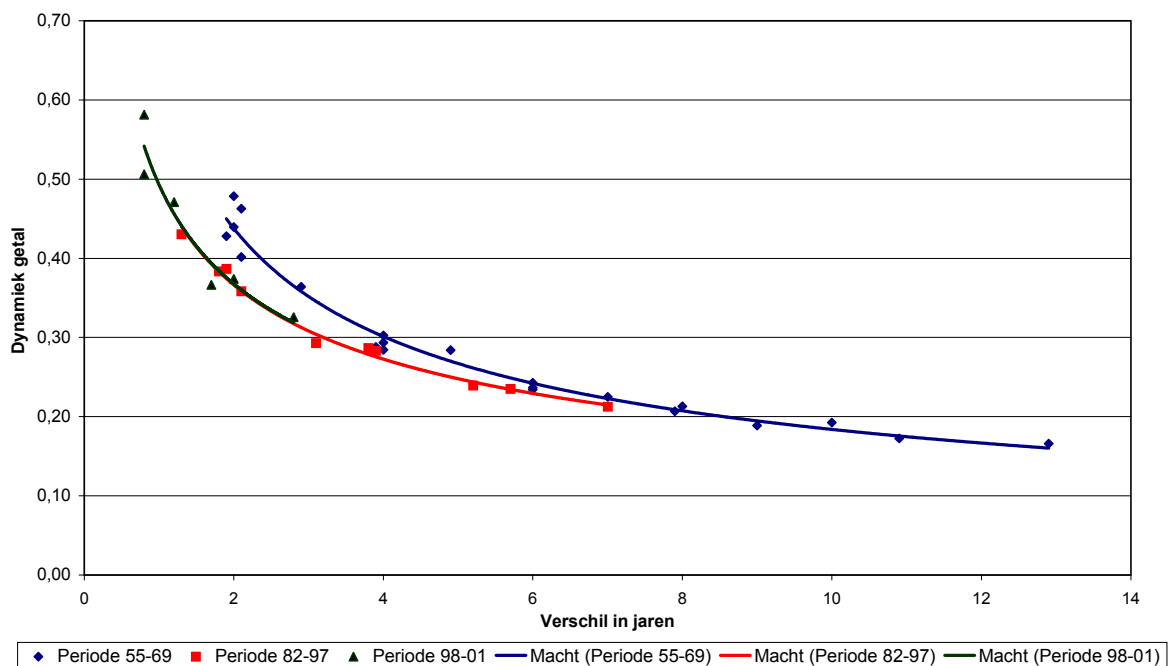
Van deze perioden worden de beschikbare gegevens gebruikt en voor elke periode zijn steeds een aantal combinaties van verschillende jaren te maken die verschillende tijdsintervallen opleveren, variërend van 1 tot en met 15 jaar. Bij elk van deze tijdsintervallen hoort een dynamiekgetal. Met behulp van deze getallen en de kleinste kwadratenmethode wordt een trendlijn gefit die de machtsfunctie  $Y = aX^b$  het best benadert. Om de trend in afname van dynamiek te beoordelen zouden de afstanden tussen trendlijnen van de verschillende perioden met elkaar moeten worden vergeleken. Is deze afstand overall hetzelfde, dan zet de trend in afname van dynamiek door. Om dit te kwantificeren worden de tijdsintervallen 1, 2 en 3 jaar (tussen de lodingen) van de trendlijnen bekeken. Dit, omdat vanaf de laatste periode (1998-2001) (nog) geen langer tijdsinterval bestaat en deze periode van drie jaar dus maatgevend is. Waarden van de dynamiekgetallen behorend bij deze tijdsintervallen worden voor elke periode gemiddeld. Deze gemiddelde waarden worden vergeleken en hieruit wordt geconcludeerd of de dynamiek is toe of afgenomen.

Het toetsen van dynamiek met behulp van de verhoudingen tussen getijvolumes in de geulen gebeurt door de trend in de verandering van deze verhoudingen kwalitatief te bekijken. De trend in deze verandering kan aangeven of de hoofdgeul wel of niet sterk domineert of gaat domineren en of de nevengeul dus kan gaan verzanden (ééngestuwsysteem).

De hypothese zal worden verworpen indien er zowel in het westelijk, midden en oostelijk deel van de Westerschelde sprake is van een toename van het dynamiekgetal van Sistermans (gemiddeld over de tijdintervallen 1,2,3 jaar) én de verhoudingen van de getijvolumes een trend laten zien wat de afname van dynamiek tegenspreekt.

**Figuur 2.12.1**  
Dynamiekgetal [m/jaar] systeemdeel west.

**Dynamiekgetal West (vak 4, 5 en 6)**



### 2.12.4 Resultaten

De resultaten voor de toetsing met behulp van de methode Sistermans en de methode van de verhoudingen hoofdgeul/nevengeul, worden opgesplitst in dynamiek getallen voor west, midden en oost.

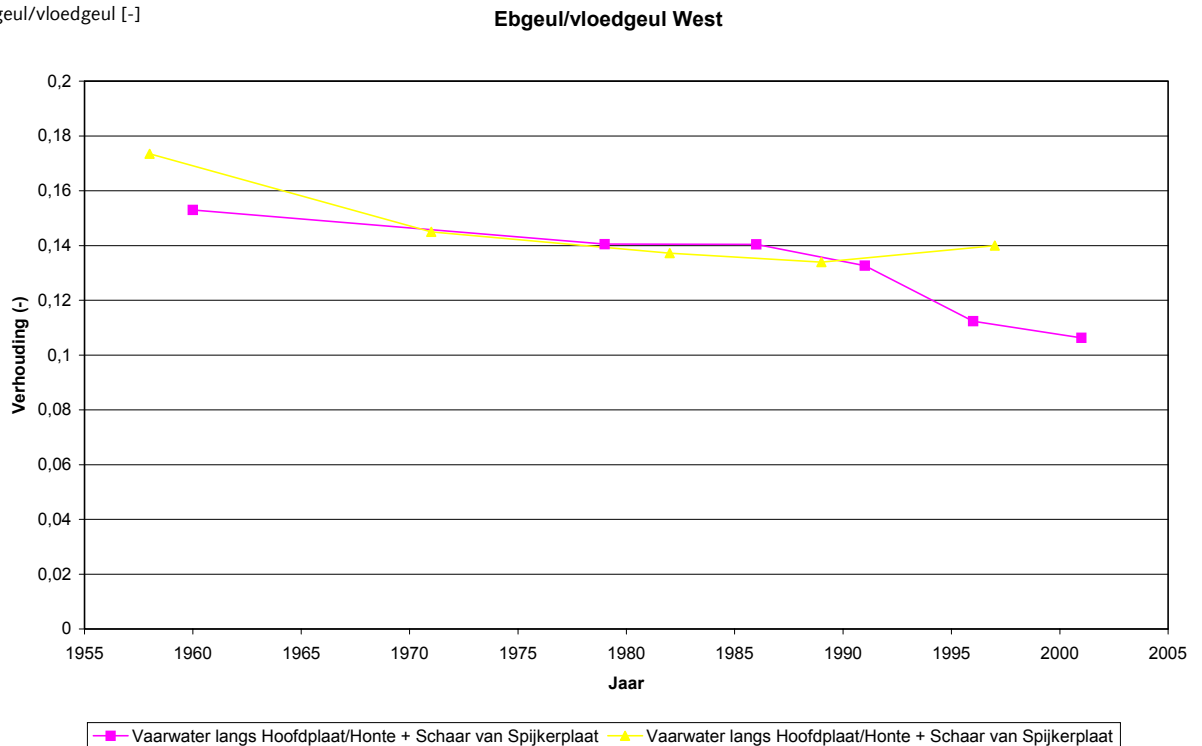
#### *Westelijk deel Westerschelde*

Figuur 2.12.1 laat zien dat de lijn van de periode 1982-1997 onder de lijn van de periode 1955-1969 ligt. De afname in dynamiek (gebaseerd gemiddelden van 1-3 jaren tijdverschil) is in dit geval 17%, wat betekent dat er 17% minder zandverplaatsingen hebben plaatsgevonden en dat de dynamiek in het westelijk deel van de Westerschelde na verruiming van de jaren '70 dus behoorlijk is afgenomen.

Uit de figuur blijkt dat de lijn van de periode 1998-2001 ongeveer gelijk loopt met de lijn van de periode 1982-1997. Voor 1 t/m 3 jaren verschil is zelfs een gemiddelde toename van 0,3% berekend, maar dit kleine percentage is verwaarloosbaar. Voor het westelijk deel betekent dat dus dat er (nog) geen veranderingen in de dynamiek zijn geconstateerd na de 2<sup>e</sup> verruiming.

**Figuur 2.12.2**

Verhoudingsgetal ebgeul/vloedgeul [-]  
systeemdeel west.



In figuur 2.12.2 valt op dat de Honte + de Schaar van Spijkerplaat (vloedgeulen) sterk domineren ten opzichte van het Vaarwater langs Hoofdplaat (ebgeul). Er is geen sprake van een duidelijke afwijkende trend die in de loop der jaren is ingezet.

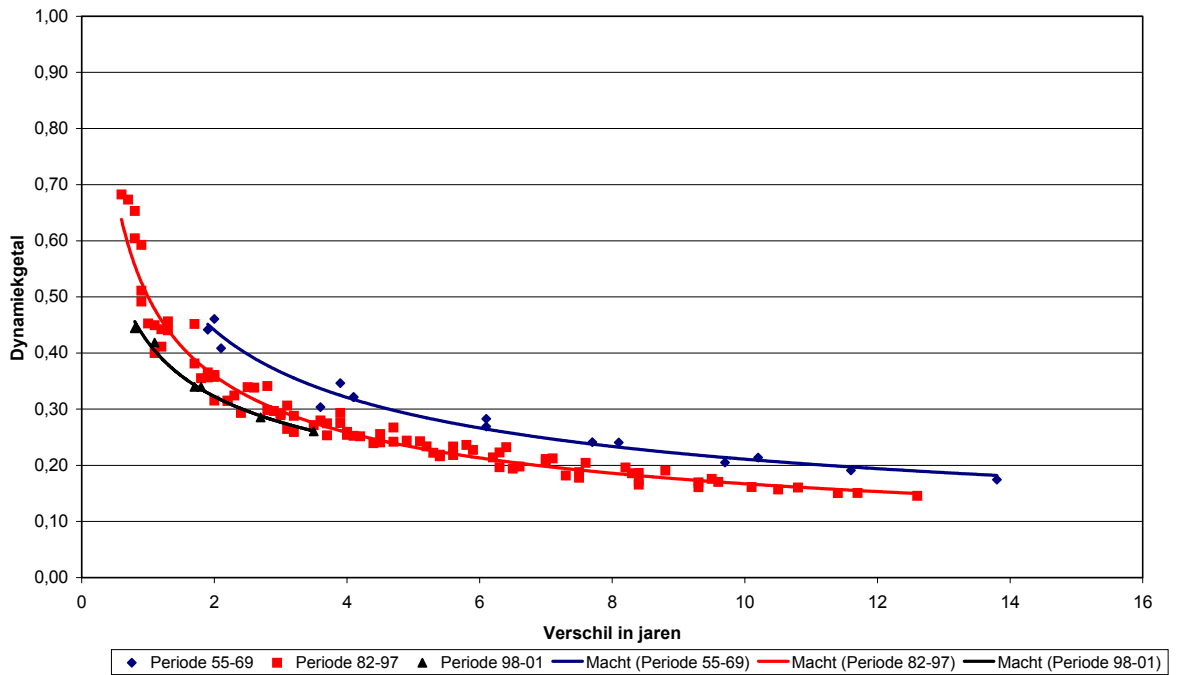
#### *Middendeel Westerschelde*

Figuur 2.12.3 laat zien dat de lijn van de periode 1982-1997 onder de lijn van de periode 1955-1969 ligt. In dit geval is de gemiddelde afname van de dynamiek 18%. Dat betekent dat er 18% minder zandverplaatsingen hebben plaatsgevonden en dat de dynamiek in het middendeel van de Westerschelde na verruiming van de jaren '70 dus ook behoorlijk is afgenomen.

**Figuur 2.12.3**

Dynamiekgetal [m/jaar] systeemdeel midden.

**Dynamiekgetal Midden (vak 3)**

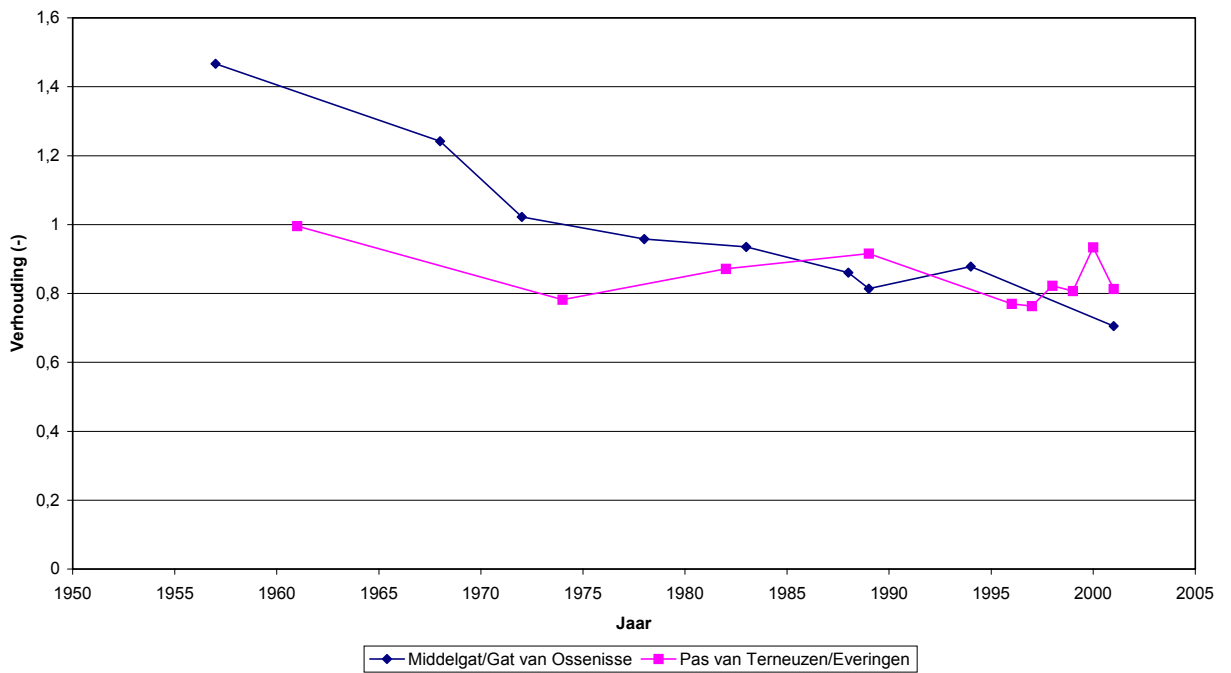


Uit de figuur blijkt dat de lijn van de periode 1998-2001 iets onder de lijn van de periode 1982-1997 ligt. Voor 1 t/m 3 jaren verschil is een gemiddelde afname van 11% berekend. Dit betekent dat de dynamiek in het middendeel na de 2<sup>e</sup> verruiming dus is afgenomen, maar minder dan na de verruiming van de jaren '70.

**Figuur 2.12.4**

Verhoudingsgetal ebgeul/vloedgeul [-] systeemdeel midden.

**Ebgeul/vloedgeul Midden**



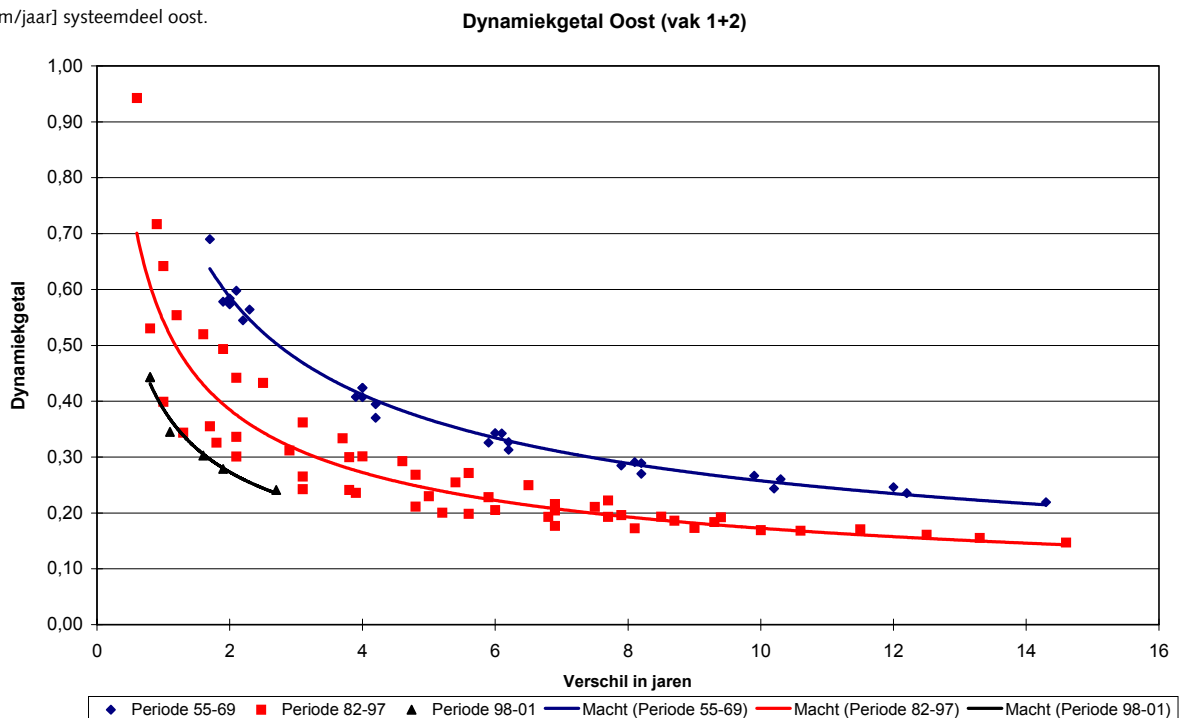
In figuur 2.12.4 is te zien dat de verhouding Middelgat/Gat van Ossensise een dalende trend vertoont. Dit is het gevolg van een functiewisseling tussen Middelgat en het Gat van Ossensise: tot 1968 domineerde het Middelgat het Gat van Ossensise en na 1968 is het Gat van Ossensise iets dominantier geworden. De verhouding tussen de volumes in de Pas van Terneuzen en Everingen blijft ongeveer constant en ligt net onder de waarde 1. Dit betekent dat de afgelopen decennia op de raai ongeveer evenveel water door de Everingen en de Pas van Terneuzen heeft gestroomd, waarbij de Everingen iets domineerde. Er zijn dus geen significante afwijkingen van de langetermijn trends.

*Oostelijk deel Westerschelde*

Figuur 2.12.5 laat zien dat de verschillen in dynamiek voor de verschillende periodes in het oostelijk deel het grootst zijn (de afstand tussen de lijnen is het grootst). Voor 1 t/m 3 jaren tijdverschil is dynamiek in de periode 1982-1997 met 34% afgenomen ten opzichte van de periode 1955-1969, wat betekent dat er 34% minder zandverplaatsingen hebben plaatsgevonden. Voor 1 t/m 3 jaren verschil is de dynamiek in de periode 1998-2001 ook afgenomen vergeleken met de periode voor de 2<sup>e</sup> verruiming, maar nu met gemiddeld 29%. Deze afname is dus iets minder dan na de verruiming van de jaren '70, maar op basis van deze resultaten, vindt de grootste afname van dynamiek dus nog steeds plaats in het oostelijk deel van de Westerschelde. Wel moet worden opgemerkt dat de variatie om de trendlijn voor de periode 1982-1997 in het oosten groter is dan in het westen en midden van de Westerschelde. En dan de onzekerheid in de trendlijn dus ook groter is.

**Figuur 2.12.5**

Dynamiekgetal [m/jaar] systeemdeel oost.

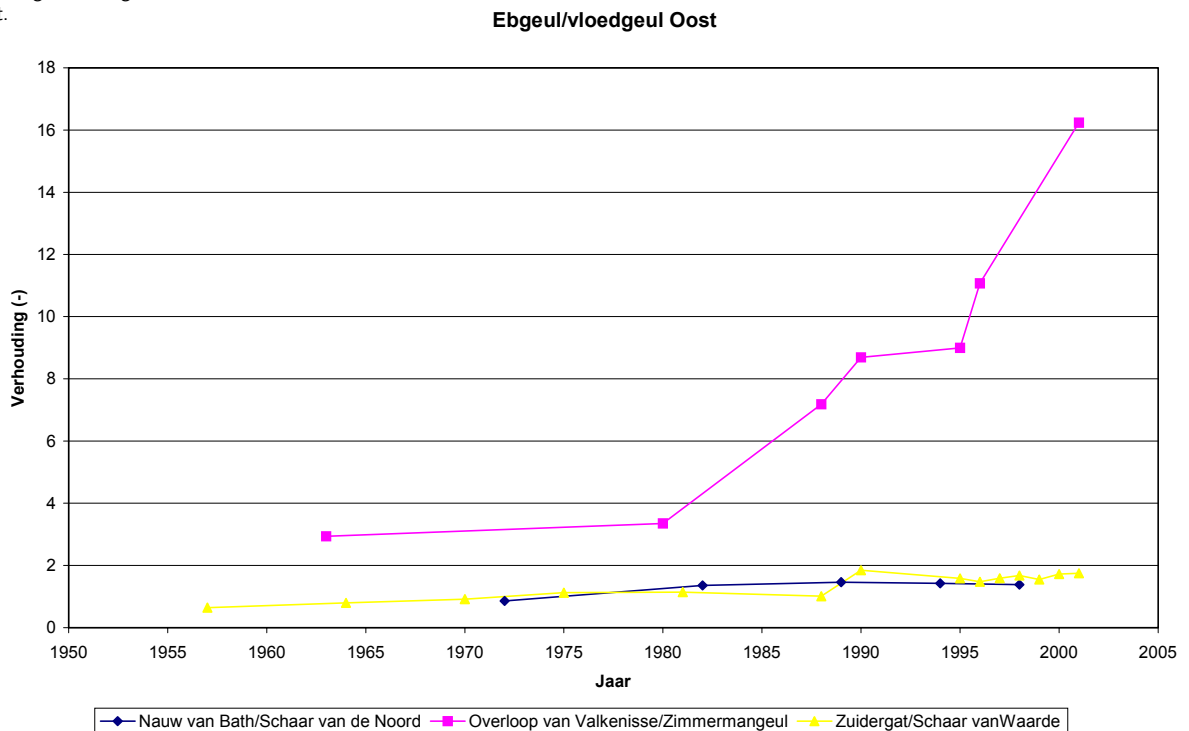


Figuur 2.12.6 laat zien dat voor het oostelijk deel geldt dat de Overloop van Valkenisse duidelijk domineert en dat deze dominantie vanaf de jaren '80 enorm is toegenomen. Deze ontwikkeling is sterk gerelateerd aan de sterke intensivering van de verruimingswerkzaamheden in deze geul vanaf de jaren '70; continue verruiming van de geul zorgt ervoor dat er meer water door de hoofdgeul zal stromen en door de nevengeul minder. Na de 2<sup>e</sup> verruiming lijkt de Overloop van Valkenisse nog dominantier te worden. Het lijkt er dus op dat

de Zimmermangeul gaat verzanden, wat ten koste kan gaan van de dynamiek (in het oostelijk deel). Wel moet hierbij opgemerkt worden dat de Overloop van Valkenisse/Zimmermangeul niet representatief is voor de macrocel en er daardoor dus ook geen duidelijke uitspraken kunnen worden gedaan over het voortbestaan van het meergeulensysteem.

**Figuur 2.12.6**

Verhoudingsgetal ebgeul/vloedgeul [-]  
systeemdeel oost.



### 2.12.5 Conclusie

Een analyse en toetsing aan de hand van het dynamiekgetal van Sisternans (1997) laat zien dat de dynamiek na de verdieping van de jaren '70 fors is afgenomen. Aan de hand van de beperkte hoeveelheid gegevens (slechts een periode van 3 jaar na de verruiming) is te zien dat in het oosten het dynamiekgetal na de laatste verruiming verder is afgenomen, maar deze afname lijkt tot nu toe minder dan na de verdieping van de jaren '70. In het middendeel van de Westerschelde is een lichte afname van het dynamiekgetal te zien na de laatste verruiming en in het westelijk deel is het dynamiekgetal nagenoeg gelijk gebleven.

Indien het dynamiekgetal van Sisternans (1997) een goede definitie is van dynamiek voor de Westerschelde, betekent dit dat de dynamiek in de Westerschelde sinds de laatste verruiming verder is afgenomen en dan met name in het oosten. De verhoudingen tussen getijvolumes bevestigen daarnaast ook dat er voornamelijk in het oosten veranderingen hebben plaatsgevonden. Op basis van de huidige gegevens lijkt het erop dat de afname in dynamiek weliswaar minder was dan afname in de periode na de verruiming van de jaren '70, wat zou betekenen dat de dynamiek ten opzichte van de trend is toegenomen. Echter, de onzekerheid in de trend is vrij groot, omdat deze slechts bepaald is aan de hand van het verschil tussen 2 perioden. De verandering in dynamiek kan daarnaast pas definitief worden vastgesteld indien er een vergelijkbare hoeveelheid gegevens is verzameld over de periode van na



de laatste verzuiming als er nu beschikbaar zijn voor de perioden van voor en na de verzuiming van de jaren '70.

Het is nog onduidelijk of deze afname van dynamiek een oorzakelijk verband heeft met de verzuiming. Dat is in dit geval ook niet expliciet onderzocht, omdat naar de totale verandering werd gekeken. Daarnaast kan uit de waarneming dat de Zimmermangeul dicht lijkt te slibben na de tweede verzuiming ook geen conclusies getrokken worden over de dynamiek en de relatie met verzuiming, omdat dit proces al heel lang gaande is en niet representatief is voor het oostelijk deel.

Al deze resultaten samenvattend betekent dit voor de hypothese:

**Hypothese D1 kan niet worden verworpen.**

## 2.12.6 Discussie

### ***Gehanteerde definitie dynamiekgetal Sijstermans***

Er moeten een aantal kanttekeningen geplaatst worden bij de keuze voor het dynamiekgetal van Sijstermans.

#### *Representativiteit gebruikte gegevens*

De gegevens die gebruikt worden, zijn niet gecorrigeerd voor zandwinning, onderhoudsbaggerwerk en stortwerkzaamheden en daardoor kan een vertekend beeld ontstaan. Het gevaar is, door het niet toepassen van deze correctie, dat je tot de conclusie kan komen dat de dynamiek hoog is terwijl er bijvoorbeeld alleen maar veel menselijke ingrepen waren (als metingen ongelukkig gemeten zijn:  $t_1$  = net voor onderhoudsbaggeren/zandwinnen en  $t_2$  = net na onderhoudsbaggeren/zandwinnen)

#### *Nauwkeurigheid gebruikte gegevens*

Sijstermans geeft zelf aan dat voor de interpretatie van de resultaten het belangrijk is om inzicht te hebben in de nauwkeurigheid van het dynamiekgetal en dat deze afhankelijk is van de nauwkeurigheid van de lodingen. Uit de studie van TUE (2002) is gebleken dat lokaal de onnauwkeurigheid van de metingen erg groot kan zijn. Indien deze fouten systematisch zijn, dan zullen ze relatief weinig doorwerken in het dynamiekgetal van Sijstermans (1997).

#### *Hoeveelheid gebruikte gegevens*

De hoeveelheid beschikbare data verschilt nogal tussen de verschillende perioden. Wanneer er meer waarden beschikbaar zijn, zou de trendlijn met grotere nauwkeurigheid gefit kunnen worden.

#### *Schaalniveau*

De keuze voor de indeling in deelgebieden bepaalt in belangrijke mate het resultaat van de methode Sijstermans. Een nadeel van een indeling in grote gebieden is dat de dynamiek over verschillende schalen (macro, meso) wordt gemiddeld. Een indeling in andere gebieden dan west-midden-oost, bijvoorbeeld per morfologische cel, kan ook een ander resultaat opleveren. Een aanbeveling is dan ook om de resultaten op celniveau te bekijken. Het cellenconcept zou hierin dan een belangrijke rol kunnen spelen. Een andere aanbeveling is om de dynamiekgetallen Sijstermans alleen voor de ondiepwatergebieden en de platen te berekenen en dus niet voor de hoofd- en nevengeulen. Het probleem dat bij de methode van Sijstermans het verzanden van een geul als dynamiek wordt gezien, wordt op deze manier 'opgelost'.

Echter, er moet wel rekening worden gehouden met het feit dat op deze manier een in de tijd variërende gebiedsgrootte wordt geïntroduceerd.

#### *Gekozen perioden en gevoeligheid*

Bij de toetsing van de dynamiek aan de hand van de parameter van Sijmants wordt er onderscheid gemaakt in drie perioden, namelijk:  
de periode van voor de verdieping van de jaren '70 : 1955-1969;  
de periode van na de verdieping van de jaren '70 en voor de laatste verruiming: 1982-1997;  
de periode van na de laatste verdieping: 1998-2001.  
Men had ook het volgende onderscheid kunnen maken:  
de periode van voor de verdieping van de jaren '70 : 1955-1969;  
de periode van na de verdieping van de jaren '70: 1982-1985;  
de periode van voor de laatste verdieping: 1986-1997;  
de periode van na de laatste verdieping: 1998-2001.

Bij de laatst genoemde indeling zijn namelijk de perioden na de verdieping qua tijdsperiode beter in overeenstemming met elkaar, omdat voor de fysica wordt verwacht dat in 1985 de effecten van de eerste verruiming zijn uitgewerkt. Echter, hier is niet voor gekozen omdat er van die periode voor het westelijk deel van de Westerschelde geen gegevens zijn. Bovendien zou de lijn, behorende bij 1987-1997 (die je gebruikt om effect van laatste verdieping te bepalen), anders zijn voor het middendeel van de Westerschelde indien de periode 1982-1986 en 1987-1997 apart zou worden weergegeven: voor het oostelijk deel van de Westerschelde zou de lijn 1987-1997 iets naar beneden verschuiven t.o.v de lijn 1982-1997. Dit zou dus betekenen dat de dynamiek gevoelig is voor de gekozen perioden.

Een ander discussiepunt is de korte tijdsduur waarover het dynamiekgetal wordt berekend: de eerste drie jaar van de verschillende perioden. Een tijdsduur van 3 jaar is veel te kort is om te kunnen vast stellen hoe de ontwikkelingen in dynamiek op macroschaal zijn (tijdschaal: decennia). Over de ontwikkelingen in dynamiek op mesoschaal kan daarentegen wel wat gezegd worden, omdat de tijdschaal behorende daarbij enkele jaren is. Een langere tijdsduur is echter niet mogelijk, omdat de periode waarin gemeten is na de laatste verruiming, niet langer is dan 3 jaar.

#### ***Verificatie van resultaten Sijmants***

De definitie zoals Sijmants die hanteert voor dynamiek zegt iets over de mate van bewegelijkheid van het estuarium; diepteveranderingen per tijdseenheid. De dynamiek is afgenomen doordat een gedeelte van de grote geul gefixeerd is en de geul daardoor minder bewegingsvrijheid heeft dan daarvoor. Als dit zo is dan zou de mate waarin de bewegingsvrijheid is afgenomen gecorreleerd zijn met de mate waarin de oppervlakte van de gefixeerde delen ( $> x m$  de scheepvaarteis) toeneemt. Een aanbeveling voor verificatie van de resultaten zou kunnen zijn om de hoeveelheid gefixeerde delen na de eerste verruiming met de hoeveelheid gefixeerde delen na de tweede verruiming te vergelijken en te kijken of deze resultaten enige correlatie vertonen met de gevonden resultaten van de toetsing met behulp van de dynamiek parameter van Sijmants.

#### ***Andere mogelijke definities***

In deze toetsing wordt als parameter het dynamiekgetal van Sijmants gebruikt en ter aanvulling de verhouding tussen de getijvolumes in de geulen. Echter, gezien het feit dat er nog zeker 15 andere verschillende definities van dynamiek en parameters bekend zijn (Stive e.a., 1998), mag het duidelijk zijn

dat dynamiek een moeilijk definieerbaar begrip is en dat niet heel veel waarde gehecht mag worden aan de resultaten van de toetsing van slechts één of twee parameters. In tabel 2.1.2.1 staan andere mogelijke definities van dynamiek die voor het toetsen van dynamiek in de Westerschelde gebruikt kunnen worden. Bij deze definities staat welke data er nodig zijn, waarom ze gebruikt kunnen worden en de schaal waarop ze betrekking hebben.

**Tabel 2.12.1**  
Andere definities van dynamiek.

<b>definitie dynamiek [eenheid]</b>	<b>benodigde data</b>	<b>gebruikt?ja/nee, motivatie</b>	<b>Schaalniveau</b>
aantal kortsluitgeulen per hoofdgeul-nevengeul-plaat systeem [aantal/decennia] (Stive e.a., 1998)	vaklodingen/gemeten bodemliggingsgegevens	ja, er zijn metingen beschikbaar voor het tijdsinterval (decennia) dat beschouwd wordt dient groot te zijn ten opzichte van de morfologische tijdschaal behorende bij mesoschaal ontwikkeling (jaren)	Meso
verhouding ingreep ten opzichte van transportcapaciteit in de beschouwde morfologische eenheid [%] (Stive e.a., 1998)	bagger- en storthoeveelheden en totale sedimenttransport	ja, maar niet expliciet hier. Dit principe is in het cellenconcept reeds gebruikt. Daarmee is het cellenconcept dus ook een maat voor de dynamiek	macro
verhouding tussen verschillende morfologische eenheden [-] (Stive e.a., 1998)	arealen of dwarsprofielen van morfologische eenheden	ja, maar niet expliciet. Dit principe wordt ook bij ecotopenkaarten en hun areaalverhouding gebruikt	meso/macro

## 2.13 Ontwikkeling geulwandverdedigingen

### 2.13.1 Inleiding

De geulen in de Westerschelde hebben de neiging om uit te bochten (oftewel inscharen). Hierdoor verplaatst de buitenbocht zich richting de waterkering. Indien dit proces niet tijdig wordt gestopt kan de waterkering in gevaar komen (veiligheid). De uitbochting gaat tevens ten koste van ecologisch waardevolle slikken en schorren. Door de verdieping wordt verwacht dat de hoofdgeulen in het oostelijke deel van de Westerschelde meer water gaan voeren als gevolg van de verdieping van de drempels (zie ook de paragraaf die de hypothesen over de stroomsnelheden behandelt). In de aan de drempels grenzende geuldelen, die zich nog niet aan deze grotere debieten aangepast hebben, heeft dit dan weer hogere stroomsnelheden tot gevolg. Deze hogere stroomsnelheden leiden vervolgens weer tot hogere sedimenttransporten en kunnen zodoende ook leiden tot sterkere inscharing. Om de uitbochting tot staan te brengen en tevens de slikken te beschermen worden geulwandverdedigingen aangelegd. Deze geulwandverdedigingen maken deel uit van het verdrag tussen Nederland en Vlaanderen inzake de verruiming. De hypothesen zijn opgesteld om te kijken of de geulwandverdedigingen inderdaad functioneren.

### 2.13.2 Hypothesen

Er zijn twee hypothesen die de ontwikkelingen in relatie tot de geulwandverdedigingen beschrijven. De hypothesen O1 en O2 gaan inhoudelijk in op verwachte ontwikkelingen in relatie tot de geulwandverdedigingen in de Westerschelde:

#### **Hypothese O1: De geulen in het oostelijk deel zullen niet verder inscharen.**

*Toelichting: Door het aanleggen van geulwandverdedigingen worden alle oevers waar veel inscharing wordt verwacht verdedigd. Er zal met name aandacht worden geschonken aan de einden van de geulwandverdedigingen (in lengterichting).*

De aandacht die geschonken wordt (door middel van detaillodingen ter plaatse van de geulwandverdedigingen) aan de uiteinden van de geulwandverdedigingen heeft als achterliggende reden dat deze uiteinden van de geulwandverdedigingen de meest kwetsbare onderdelen van deze constructies zijn. Dit komt door het feit dat op deze locaties een "harde" constructie grenst aan de "zachte" geulwand, hetgeen lokaal derhalve kan zorgen voor een verhoogde erosie van de geulwand. Wanneer dit het geval is kan dit ondermijning van de geulwandverdediging tot gevolg hebben.

#### **Hypothese O2: De slikken achter de geulwandverdedigingen zullen niet verder verlagen.**

*Toelichting: De geulwandverdedigingen worden aangebracht om de achterliggende slikken en schorren te beschermen. De verlaging van de slikken wordt door deze geulwandverdedigingen tot staan gebracht.*

De toelichting bij hypothese O2 is door Liek (2002) aangepast:

*De geulwandverdedigingen worden aangelegd om de uitbochting van de geul te stoppen. Het stoppen van het uitbochten heeft als neveneffect dat de erosie van de slikken zal afnemen en uiteindelijk het slik niet zal verlagen.*

De argumentatie voor deze wijziging in de toelichting was dat oorspronkelijk (ten tijde van het schrijven van MOVE rapport 2, Mol *et al.*, 1997) de geulwandverdedigingen zouden worden aangebracht tot een hoogte van NAP, zodat de slikken niet verder zouden verlagen. Echter is na het schrijven daarvan besloten om de geulwandverdedigingen te verlagen naar de gemiddelde laagwaterlijn (GLW). Dit besluit is genomen om te voorkomen dat door de aanleg van geulwandverdedigingen de achterliggende slikken, zeer slibrijke en dynamiekloze gebieden zouden worden (zogenaamde 'slibbakken'). Door het verlaagd aanleggen van de geulwandverdedigingen wordt zo nog enige dynamiek toegelaten op de slikken (Liek, 2001). De toelichting bij de hypothese is aangepast omdat de geulwandverdedigingen op deze hoogte een geringer effect hebben op de bescherming van de slikken en schorren, in ieder geval niet op dat deel boven de gemiddeld laagwaterlijn. De erosie van de slikken zal zodoende niet meteen tot staan worden gebracht.

### 2.13.3 Methode

#### Interpretatie van hypothesen

De in de hypothesen omschreven inscharing van de geulen en verlaging van de slikken achter de geulwandverdedigingen zullen direct na het aanleggen van deze geulwandverdedigingen stoppen. Als parameters voor de toetsing zullen de inscharing van de geulen en de verlaging van de slikken worden gebruikt, waarvan de toetsing voornamelijk geschiedt door een kwalitatieve beschouwing van verschilkaarten en dwarsprofielen van de geulwanden en slikken. Daarbij wordt de ontwikkeling van het gehele slik beschouwd.

Er wordt aangenomen dat in de hypothesen alleen gesproken wordt over de ontwikkelingen ten gevolge van de geulwandverdedigingen die in het kader van de tweede verruiming zijn aangelegd, dus vanaf 1997. Eind jaren 80 tot aan de tweede verruiming toe is ook al een grote hoeveelheid geulwandverdedigingen aangebracht in het midden en oostelijke deel van Westerschelde. Aangezien het voor de beheerder echter interessanter is wat het effect is van de geheel aanwezige geulwandverdediging en niet slechts van een lokaal stukje, wordt de ontwikkeling van het gehele slik achter de aanwezige geulwandverdedigingen beschouwd.

Er is geen vaste  $T_0$  aan te wijzen, aangezien de detailleringen ter plaatse van de diverse geulwandverdedigingen per verdediging op andere momenten zijn uitgevoerd. Per geulwandverdediging is er dus een andere  $T_0$ .

De ontwikkelingen van de slikken achter de geulwandverdedigingen is voor het eerst in de hier gehanteerde vorm gepresenteerd in Liek & Lefevre (2002).

#### Data gebruikt voor toetsing

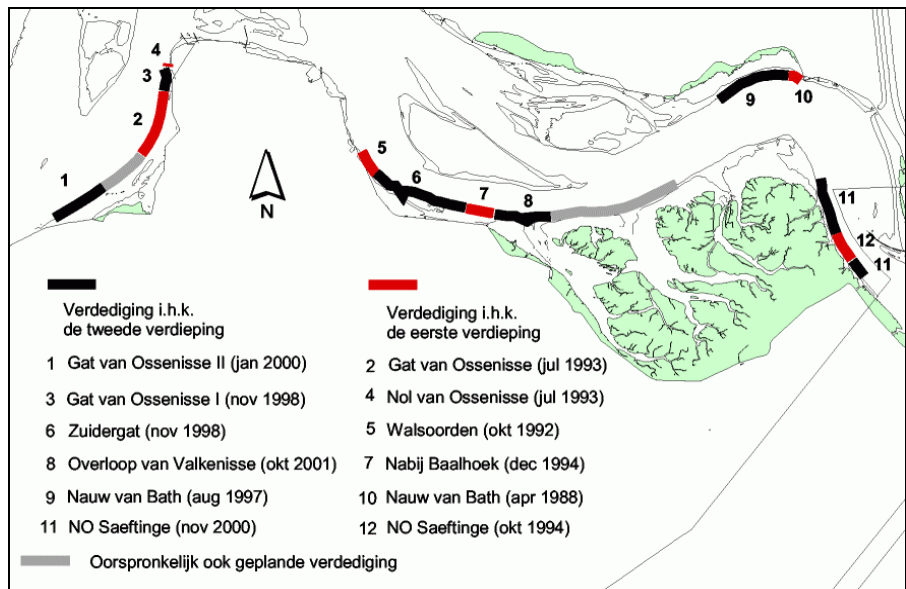
De detailleringen, welke periodiek in het kader van het project "Geulwandverdedigingen Westerschelde" worden uitgevoerd, leveren de basisgegevens. Detailleringen worden, zoals de naam al zegt, op een kleinere schaal uitgevoerd maar wel met een hogere ruimtelijke dichtheid. Deze detailleringen worden dan in een GIS omgeving omgezet in een kaart met een grid van 5x5 m. Met behulp van GIS-applicaties zijn verschilkaarten<sup>19</sup> en dwarsprofielen van de situatie rondom de geulwanden gegenereerd. Een overzicht van de ligging van alle geulwandverdedigingen, inclusief het jaar waarin ze zijn uitgevoerd, is in figuur 2.13.1 te vinden.

---

<sup>19</sup> Een verschilkaart is een kaart, waarop erosie en sedimentatie te zien is.

**Figuur 2.13.1**

Overzicht van de locaties van de geulwandverdedigingen in de Westerschelde.

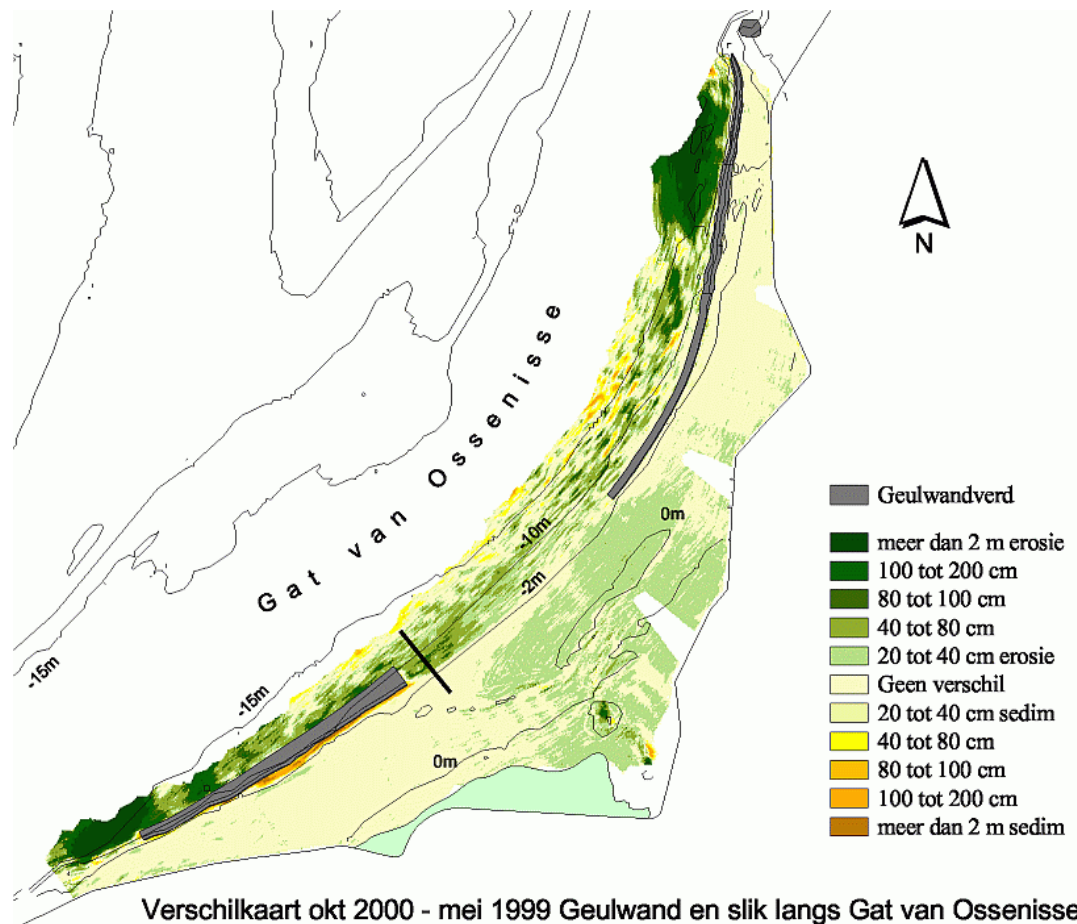


### Methode van toetsing

De hypothesen zullen getoetst worden door de verschilkaarten van de hoogte en de dwarsprofielen te beschouwen. Zo kan bekeken worden of de inscharing en verlaging van de slikken daadwerkelijk gestopt is. De analyse zal een sterk kwalitatief karakter hebben, maar aangezien de hypothesen ook kwalitatief zijn is dit geen probleem. In feite moet het er, wanneer de hypothesen kloppen, op neer komen dat de negatieve morfologische ontwikkelingen in de geulbochten (inscharing en verlaging achterliggend slik) na aanleg van de geulwandverdediging stopt of in het geval van de slikverlaging in ieder geval vermindert. Wanneer dit niet het geval blijkt te zijn zullen de hypothesen verworpen worden.

**Figuur 2.13.2**

Versilkaart van de hoogteligging van het slik langs het Gat van Ossensisse voor de periode mei 1999 tot oktober 2000.



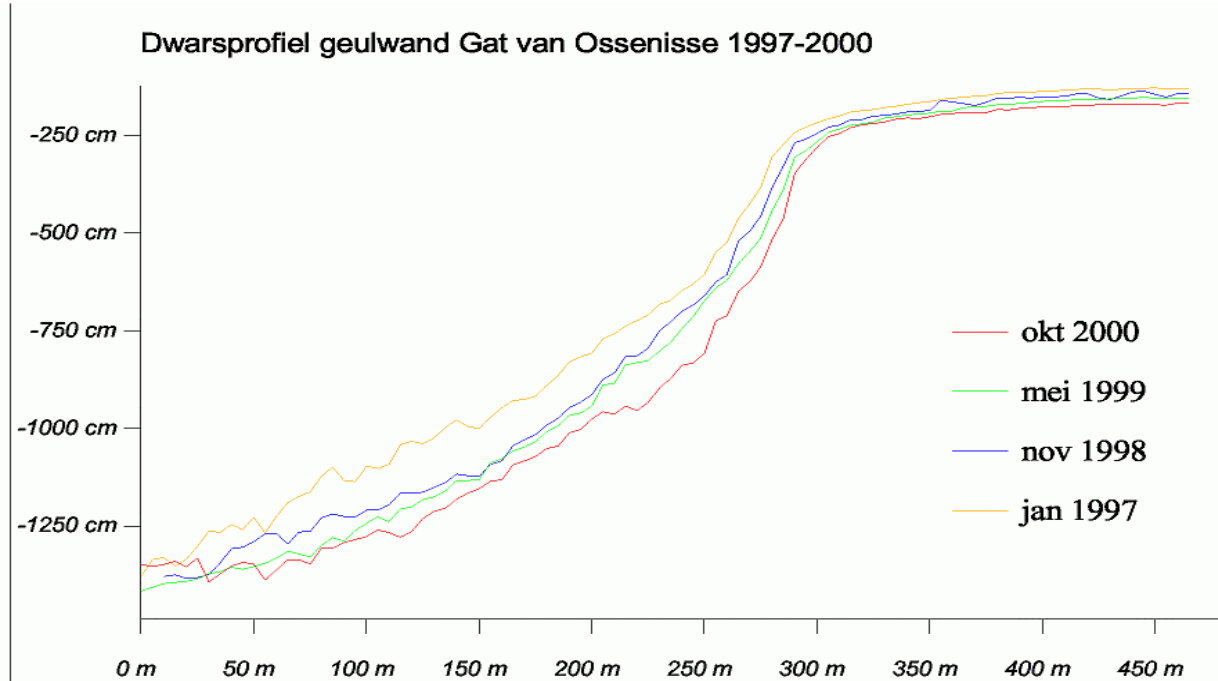
## 2.13.4 Resultaten

### *Gat van Ossenisse*

Deze verdediging is voor een deel in november 1998 opgeleverd en voor een deel in januari 2000. De geulwand is over een lengte van bijna 4000 meter verdedigd. De geulwand ter plaatse van de verdedigingen is stabiel. Tussen de twee verdedigde oeverdelen rest nog een onverdedigd oeverdeel (zie ook figuur 2.13.1) waarin dit onverdedigde deel in grijs is weergegeven). Op de

**Figuur 2.13.3**

Dwarsprofielen over het onverdedigde deel van de geulwand van het Gat van Ossenisse voor de jaren 1997 t/m 2000.



verschilkaart (figuur 2.13.2) is erosie ter plaatse van het onverdedigde oeverdeel te zien, hetgeen duidt op inscharing. Met behulp van dwarsprofielen die getrokken zijn over dit erosiegebied (figuur 2.13.3) is deze inscharing gekwantificeerd: sinds 1997 ca. 12 m per jaar. De locatie van deze dwarsprofielen is in figuur 2.13.2 weergegeven door de zwarte streep ten noordwesten van de zuidelijke geulwandverdediging.

De invloed van de geulwandverdediging op het achterliggende slik is in de verschilkaart duidelijk te zien. Het slik achter de verdedigde geulwanden is stabiel, met andere woorden erodeert niet meer, terwijl over nagenoeg het hele oppervlak achter het onverdedigde gedeelte nog steeds erosie plaats vindt.

### *Zuidergat*

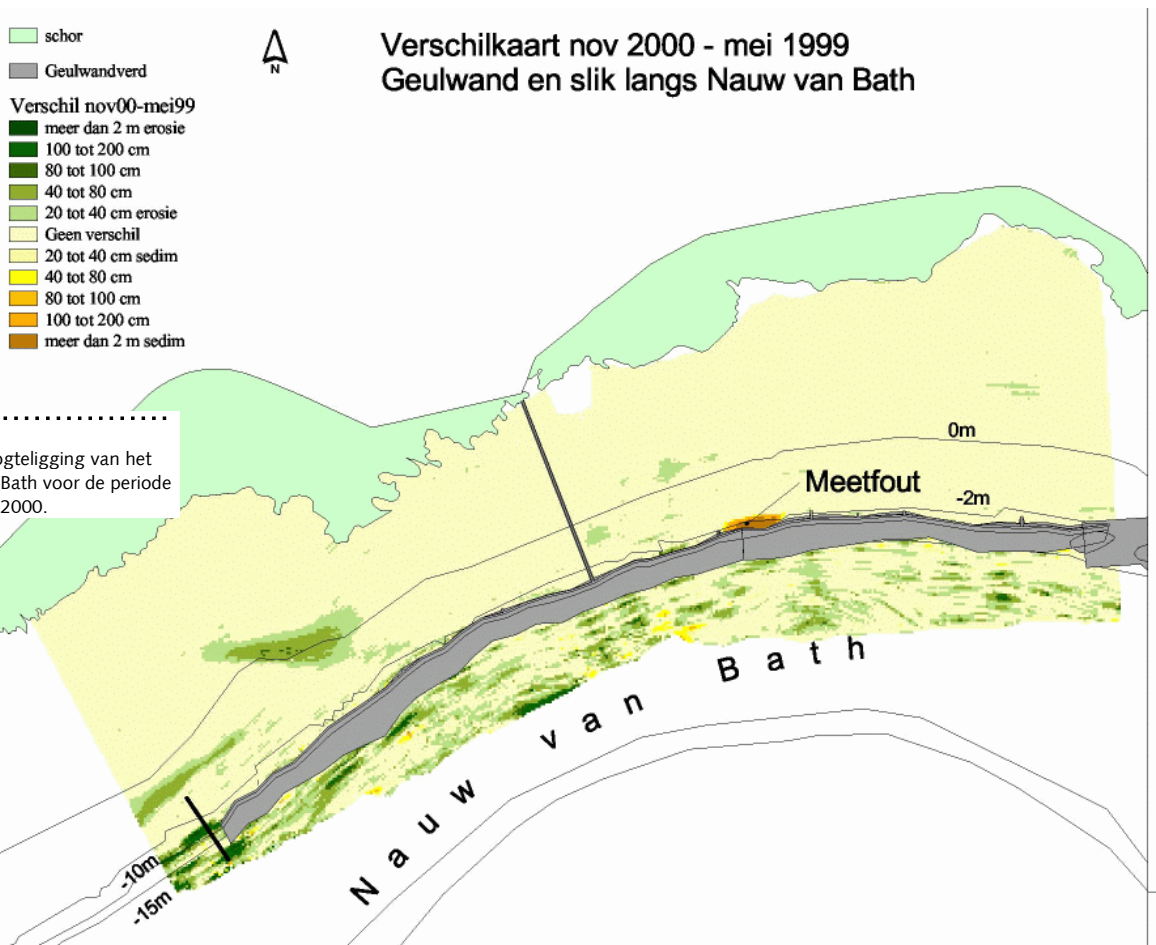
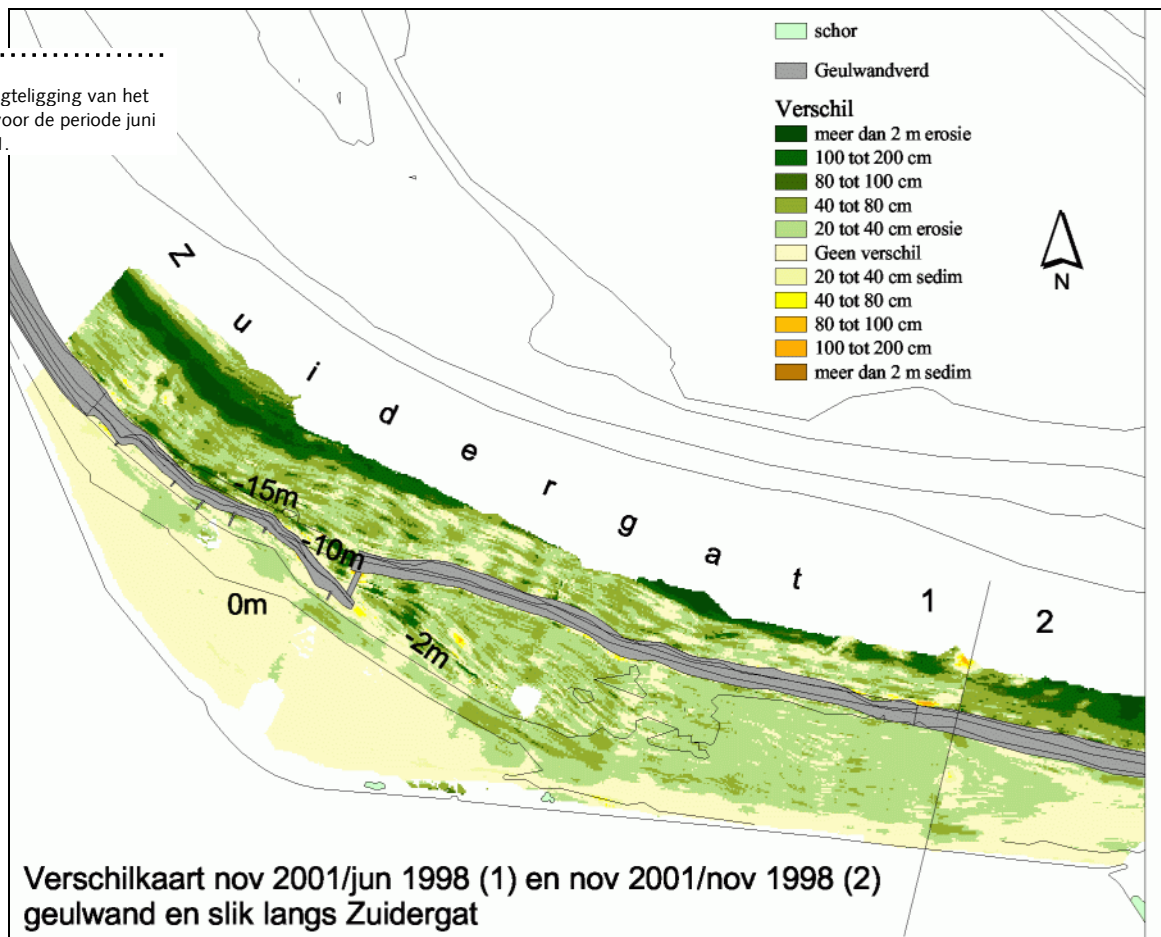
Deze verdediging is november 1998 opgeleverd. Uitbochting is hier in principe uitgesloten. Het hele oevervak langs het Zuidergat is vanaf Walsoorden tot en met de aanliggende verdediging "Overloop van Valkenisse" verdedigd (zie figuur 2.13.1). Het grootste deel van het slik is echter wel onderhevig aan erosie (zie figuur 2.13.4). De erosie is het grootst schuin achter de knik in de verdediging. Deze constructie (de knik) is zo gekozen om contact van de geul met het slik te behouden en dus enige dynamiek op het slik mogelijk te maken. Dit contact blijkt er dus ook te zijn en zorgt voor erosie van het slik.

### *Overloop van Valkenisse*

Deze verdediging is oktober 2001 opgeleverd. Detaillodgingen na de oplevering waren ten tijde van het schrijven van dit document nog niet beschikbaar.

**Figuur 2.13.4**

Verschilkaart van de hoogteligging van het slik langs het Zuidergat voor de periode juni 1998 tot november 2001.



**Figuur 2.13.5**

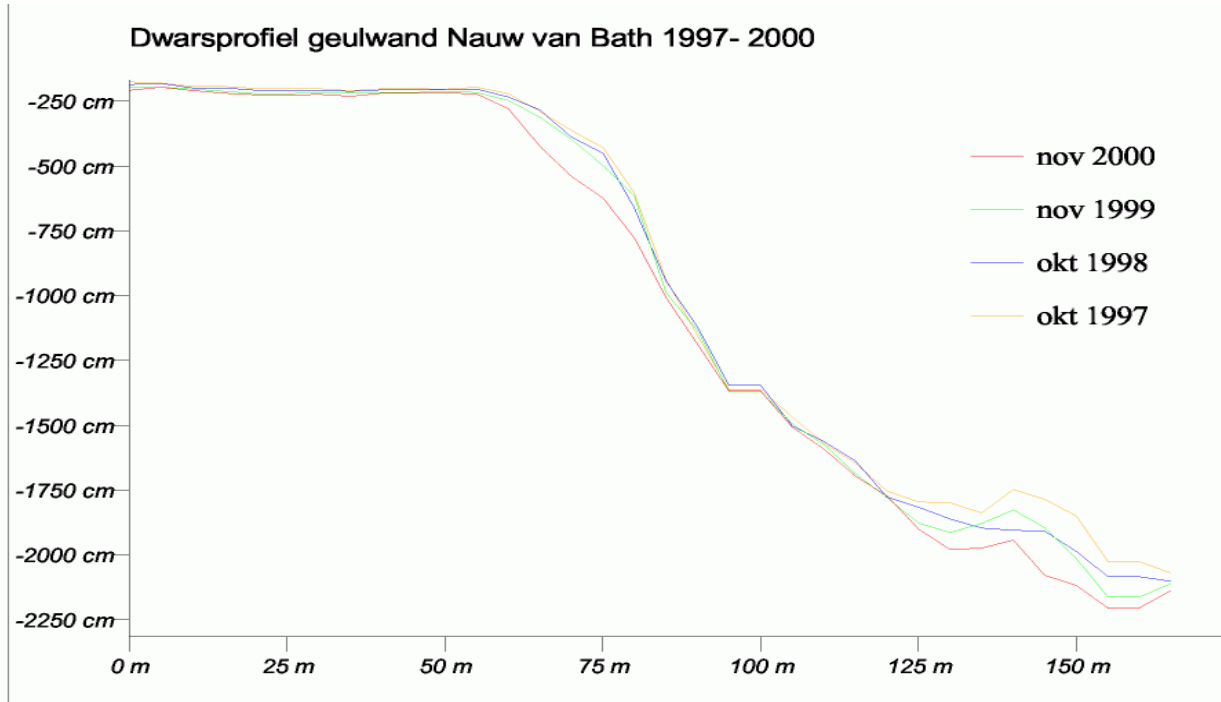
Verschilkaart van de hoogteligging van het slik langs het Nauw van Bath voor de periode mei 1998 tot november 2000.



*Nauw van Bath*

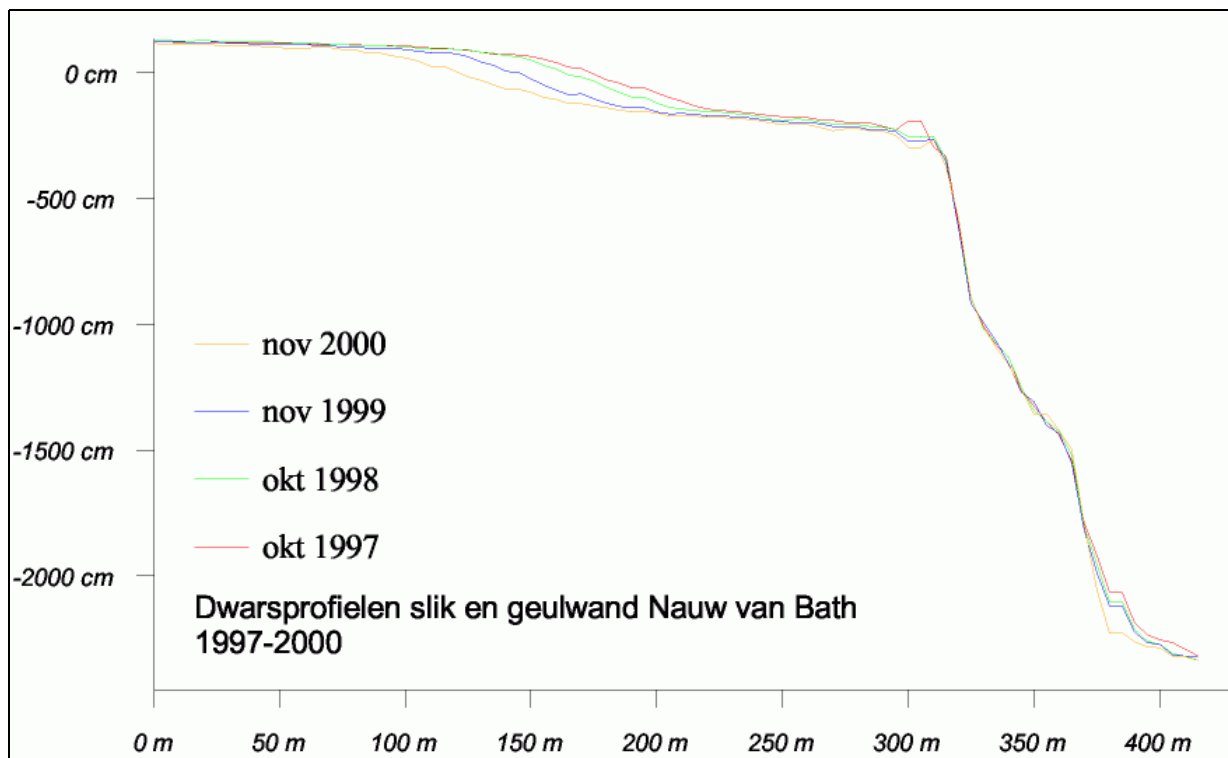
Deze verdediging is augustus 1997 opgeleverd. De geulwand is voor het grootste deel verdedigd en tegen uitbochting beschermd (zie figuur 2.13.1). Op de verschilkaart (figuur 2.13.5) is te zien dat meteen ten westen van de verdediging erosie plaatsvindt. Dwarsprofielen van deze locatie (figuur 2.13.6), weergegeven door de zwarte streep ten westen van de geulwandverdediging in figuur 2.13.5, laten zien dat deze erosie bovenin de geulwand alleen in 2000 heeft plaatsgevonden. Nieuwe lodingen moeten uitwijzen of dit structurele erosie (uitbochting) is. Waar de bocht dus verdedigd is, is geen uitbochting

**Figuur 2.13.6**  
Dwarsprofielen over de het onverdedigde deel van geulwand (ten westen van de verdediging) van het Nauw van Bath voor de jaren 1997 t/m 2000.



**Figuur 2.13.7**  
Dwarsprofielen over het slik en de geulwand van het Nauw van Bath voor de jaren 1997 t/m 2000.

meer te bekennen. Ondanks de verdedigde geulwand vindt lokaal nog steeds enige erosie van het slik plaats. Deze erosie komt voornamelijk op de westelijke helft van het slik voor. Voor de aanleg van de verdediging was dit ook al het geval. Met dwarsprofielen (zie figuur 2.13.7), waarvan de locatie wordt



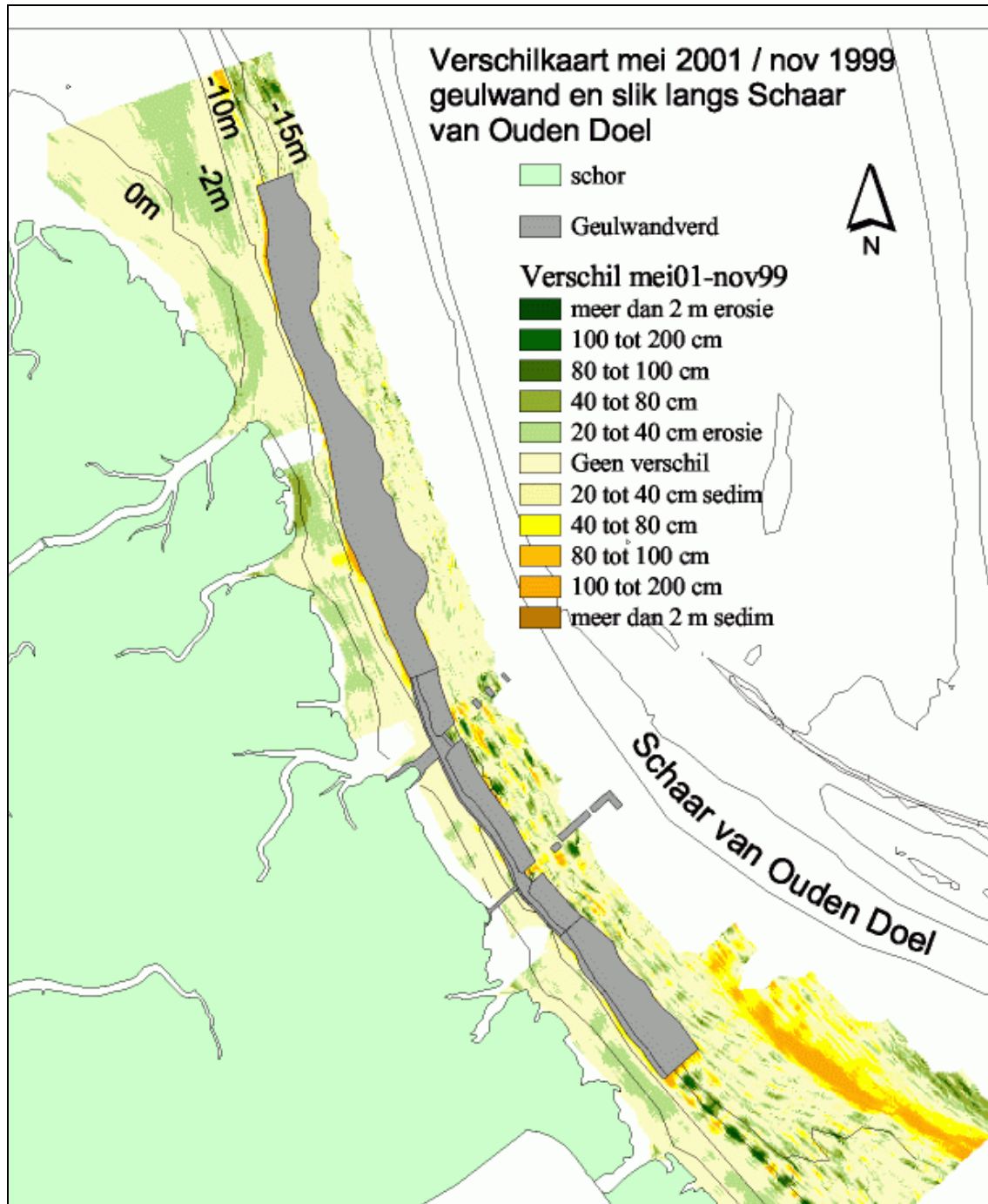
weergegeven door de zwarte streep over het slik ten noorden van de geulwandverdediging in figuur 2.13.5, is dit erosieproces in beeld gebracht. De NAP-lijn verplaatst hier met ca. 15m per jaar richting het land. Het grootste deel van het slik is dus echter wel stabiel. Doordat de geulwandverdediging tot de GWL is aangelegd, wordt de erosie van het westelijke deel van de geulwandverdediging mogelijk veroorzaakt door de vloedstroom die nog steeds de bocht uitschiet, het slik op.

*Noord-Oost Saeftinge*

Deze geulwandverdediging is pas in november 2000 opgeleverd. Er is in figuur 2.13.8 wel lokaal enige erosie te zien. Deze erosie is, wanneer we het erosiepatroon bekijken, waarschijnlijk het gevolg van uitschuring door water dat afstroomt van het schor via de schorkreken.

**Figuur 2.13.8**

Verschilkaart van de hoogteligging van het slik langs de Schaar van Ouden Doel voor de periode november 1999 tot mei 2001.



*Samenvatting resultaten***Tabel 2.13.1**

Samenvatting ontwikkelingen bij de geulwandverdedigingen.

<b>Bocht in hoofdgeul</b>	<b>Inscharing van de bocht</b>	<b>Slikverlaging in de bocht</b>
Gat van Ossenissee	Ja, bij het onverdedigde deel	Ja, maar enkel achter het onverdedigde deel
Zuidergat	Nee	Ja, t.p.v. de open knik in de geulwandverdediging
Overloop van Valkenisse	Nog geen gegevens beschikbaar	Nog geen gegevens beschikbaar
Nauw van Bath	Nee, wel in de onverdedigde overgang tussen Overloop van Valkenisse en Nauw van Bath	Ja, lokaal, omdat vloedstroom nog steeds over het slik kan stromen.
NO Saeftinge	Nee	Ja, maar echter slechts bij de uitstroomopeningen van de schorkreken.

**2.13.5 Conclusies**

Wat betreft de effectiviteit van de geulwandverdedigingen om de inscharing van de bochten in het oostelijk deel van de Westerschelde tegen te gaan kan geconcludeerd worden dat dit tot nu toe in het algemeen werkt. Slechts in de Overloop van Valkenisse treedt nog inscharing op, maar dan slechts bij het deel waar geen geulwandverdediging is aangebracht. Ook is in het nauw van Bath is nog enige inscharing, maar dit is eigenlijk niet in de bocht, maar in het rechte gedeelte van de geul dat de overgang vormt tussen de Overloop van Valkenisse en het Nauw van Bath en waar de verdediging eindigt..

**Hypothese O1 lijkt tot nu toe te kloppen en wordt dus niet verworpen,**

aangezien bij de bochtdelen waar een geulwandverdediging is aangebracht, de inscharing van deze bochten tot staan is gebracht.

De slikverlaging achter de geulwandverdedigingen is echter nog niet overal een halt toegeroepen. In vier van de vijf bochten treedt nog steeds slikverlaging op, en van één bocht zijn nog geen gegevens van na de aanleg van de geulwandverdediging bekend.

Voorts is er natuurlijk nog enige dynamiek op de slikken mogelijk na aanleggen van de geulwandverdedigingen, aangezien ze zijn aangelegd op de GLW-lijn en dus lager dan het oorspronkelijke geplande niveau van NAP. Opgemerkt kan echter wel worden dat met dynamiek niet alleen erosie bedoeld wordt, wat nu wel overal het geval is, maar een afwisseling van erosie en sedimentatie. De vraag is nu of er zonder aanvullende maatregelen op de huidige lokale erosiegebieden nog wel sedimentatie te verwachten is.

Al met al kan wel geconcludeerd worden dat over het algemeen gezien de slikken **direct** achter het gesloten deel van een geulwandverdediging stabiel lijken te zijn, maar dat andere factoren, zoals openingen in de geulwandverdedigingen en geulwandverdedigingen die niet ver genoeg door lijken te lopen, lokaal doorgaande erosie van de slikken veroorzaken.

**Hypothese O2 lijkt tot op heden niet te kloppen, en wordt verworpen,**

aangezien op een groot aantal van de slikken achter geulwandverdedigingen lokaal nog steeds slikverlaging optreedt.

### **2.13.6 Discussie**

Zoals reeds in de conclusies naar voren is gekomen, blijkt een geulwandverdediging een zeer effectief middel te zijn om inscharing van bochten te voorkomen of te stoppen. In het geval dat in een gedeelte van een bocht niet zo'n verdediging is aangebracht, gaat de inscharing dan ook gewoon door. Dit is het geval in het Gat van Ossensisse en in het Nauw van Bath. Wellicht is het dan alsnog verstandig in het Gat van Ossensisse ook een geulwandverdediging aan te leggen tussen de twee bestaande in, zodat ook het slik daarachter beschermd wordt. De geulwandverdediging bij het Nauw van Bath zou, als de huidige lokale inscharing verder blijkt te gaan, iets verder naar het westen uitgebreid en verhoogd kunnen worden tot bijvoorbeeld NAP, waardoor ook de vloedstroom wat meer van het slik daarachter wordt afgebogen. Er moet echter wel meer onderzoek gedaan worden, om een goed advies te kunnen geven over het stoppen van de inscharing bij het Gat van Ossensisse en het Nauw van Bath.

Wat betreft de slikverlaging in het Zuidergat valt op te merken dat de 'knik' in de geulwandverdediging een negatief effect heeft op het slik, aangezien de vloedstroom nu nog steeds het slik op kan stromen. De knik is aangebracht om nog enige dynamiek op het slik mogelijk te maken. Opgemerkt moet hierbij wel worden dat met dynamiek erosie en sedimentatie tezamen wordt verstaan en niet alleen erosie, hetgeen nu het geval lijkt te zijn. Wanneer de slikerosie alhier niet meer gewenst is, is het wellicht verstandig de 'knik' uit de geulwandverdediging te halen c.q. op te vullen op de manier van een reguliere geulwandverdediging. De geulwandverdediging is in dit geval dus alleen effectief om de inscharing tegen te gaan.

## 3. Biologische hypothesen

---

### 3.1 Inleiding biologie

#### 3.1.1 Algemeen

Planten en dieren stellen eisen aan hun omgeving. Deze eisen bepalen hun karakteristieke plaats van voorkomen, de leefomgeving. De morfologische, chemische maar ook biotische condities ter plaatse bepalen de geschiktheid voor haar bewoners. Functies van leefgebieden zijn paai- en opgroeigebied, broed-, rust-, rui-, en foerageergebied. De verschillende plant- en diergroepen die in de Westerschelde voorkomen zijn sterk afhankelijk van elkaar. Verandering in de bodemdiergemeenschap bijvoorbeeld kan gevolgen hebben voor de steltlopers die hierop foerageren.

Een estuarium als de Westerschelde is van nature een zeer dynamisch systeem. Het staat sterk onder invloed van de getijdebeweging en variërende zoutgehalten. Slikken, platen en geulen zijn constant onderhevig aan veranderingen, zowel in samenstelling, ligging en relatieve omvang. Essentieel voor een estuarium is het zichzelf kunnen herstellen. De instandhouding van voldoende leefgebieden voor kenmerkende plant- en diersoorten en gradiënten is een voorwaarde voor het duurzaam functioneren van het estuariene voedselweb. De gevarieerdheid en dynamiek van de Westerschelde resulteren in een bijzondere flora en fauna en vormen de basis van de bijzondere natuurwaarde van het systeem.

De verruimingswerkzaamheden hebben primair effect op de fysische karakteristieken van het systeem als waterbeweging, arealen en inhoud. Vanwege de sterke relatie van de organismen met hun leefomgeving zullen deze veranderingen in leefomgeving doorwerken op de organismen die hiervan afhankelijk zijn. Binnen het project MOVE zijn hypothesen opgesteld over hoe diverse plant- en diergroepen zich in de Westerschelde zullen ontwikkelen na de verruimingswerkzaamheden. Hiertoe is de fysische leefomgeving van de organismen samengevat met ecotopen. Ieder ecotoop heeft een bepaalde geschiktheid voor de organismen. Veranderingen in fysische karakteristieken van de Westerschelde kunnen via veranderingen in ecotooparealen direct worden doorvertaald naar de gevolgen voor de biologie. De basis voor de ecologische hypothesen wordt gevormd door de geprognostiseerde veranderingen in ecotooparealen (Huijs en Krijger, 1998).

In de volgende paragrafen worden eerst de ecotoopindeling en de ontwikkelingen in ecotooparealen beschreven. Daarna worden de ontwikkelingen in plant- en diergroepen beschreven en waar mogelijk worden relaties met de verruiming gelegd. Voor een uitgebreidere presentatie over de ontwikkeling, methodiek, toepassing en gebruik voor het project MOVE wordt verwezen naar Twisk (2002), waarop dit hoofdstuk gebaseerd is.

### 3.1.2 Ecotopen, de brug tussen fysica en ecologie. Waarom ecotopen?

Het voorkomen van vele planten- en diersoorten op een bepaalde locatie is sterk afhankelijk van de (abiotische en biotische) omgevingscondities ter plaatse. Zo zijn veel steltlopers voor hun voedselvoorziening afhankelijk van droogvallende, laagdynamische slikken en platen, die doorgaans rijk zijn aan bodemdieren. Ondiepwater gebieden hebben een belangrijke kinderkamerfunctie voor jonge vis en garnaal. Het leefgebied van benthische diatomeeën in de troebele Westerschelde is beperkt tot de droogvallende slikken en platen. Veranderingen in kwaliteit en arealen van deze leefgebieden zullen daarom gevolgen hebben voor de levensgemeenschap die hiervan afhankelijk is.

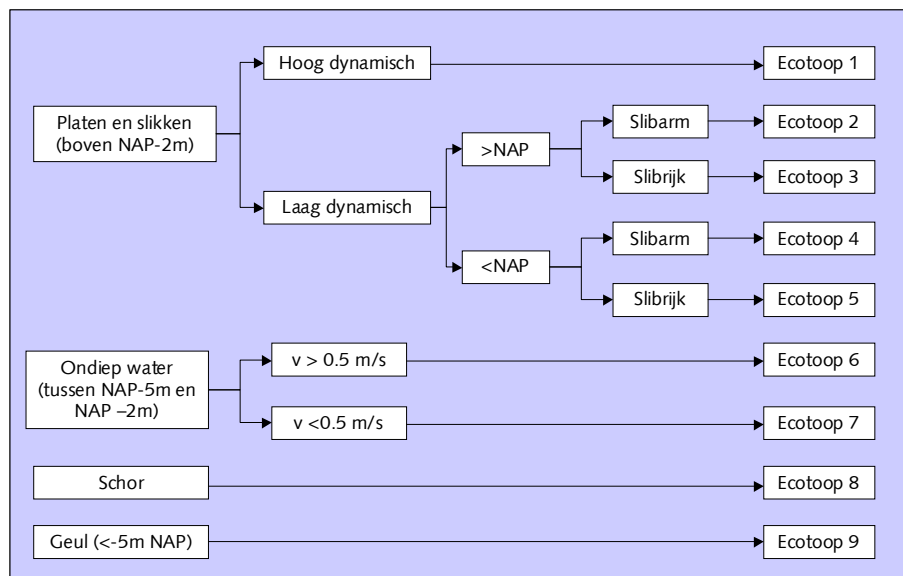
De dynamische Westerschelde is sterk onderhevig aan fysische veranderingen (areaal en sedimentsamenstelling van slikken en platen) al of niet ten gevolge van menselijke ingrepen. In het fysisch denkmodel (Arends, 1999; Liek, 2001) zijn de morfologische ontwikkelingen verwoord die zullen plaatsvinden in de Westerschelde na de verruiming 48'-43'. Door deze ontwikkelingen te vertalen naar verandering in ecotooparealen, kunnen veranderingen in het voorkomen van planten- en diersoorten direct worden afgeleid. Het is hierbij wel zaak dat de ecotopen correct zijn gedefinieerd, d.w.z. dat de verschillende ecotopen een karakteristieke levensgemeenschap herbergen.

### 3.1.3 Wat zijn ecotopen?

De Westerschelde is onder te verdelen in morfologische eenheden (schorren, platen, slikken, ondiepwater gebieden en geulen). Deze morfologische eenheden kunnen verder worden opgedeeld in zogenaamde ecotopen, waarbij een ecotoop wordt gedefinieerd als een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid waarvan de samenstelling en ontwikkeling worden bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse. Een ecotoop is een herkenbare, min of meer homogene landschappelijke eenheid (2002), die op basis van fysische parameters gedefinieerd is (zie figuur 3.1.1).

Door de uniformiteit binnen een ecotoop worden ze gekarakteriseerd door een specifieke levensgemeenschap. Ieder ecotoop heeft een karakteristieke geschiktheid voor organismen.

**Figuur 3.1.1**  
Ecotopenindeling van de Westerschelde volgens de Haan.

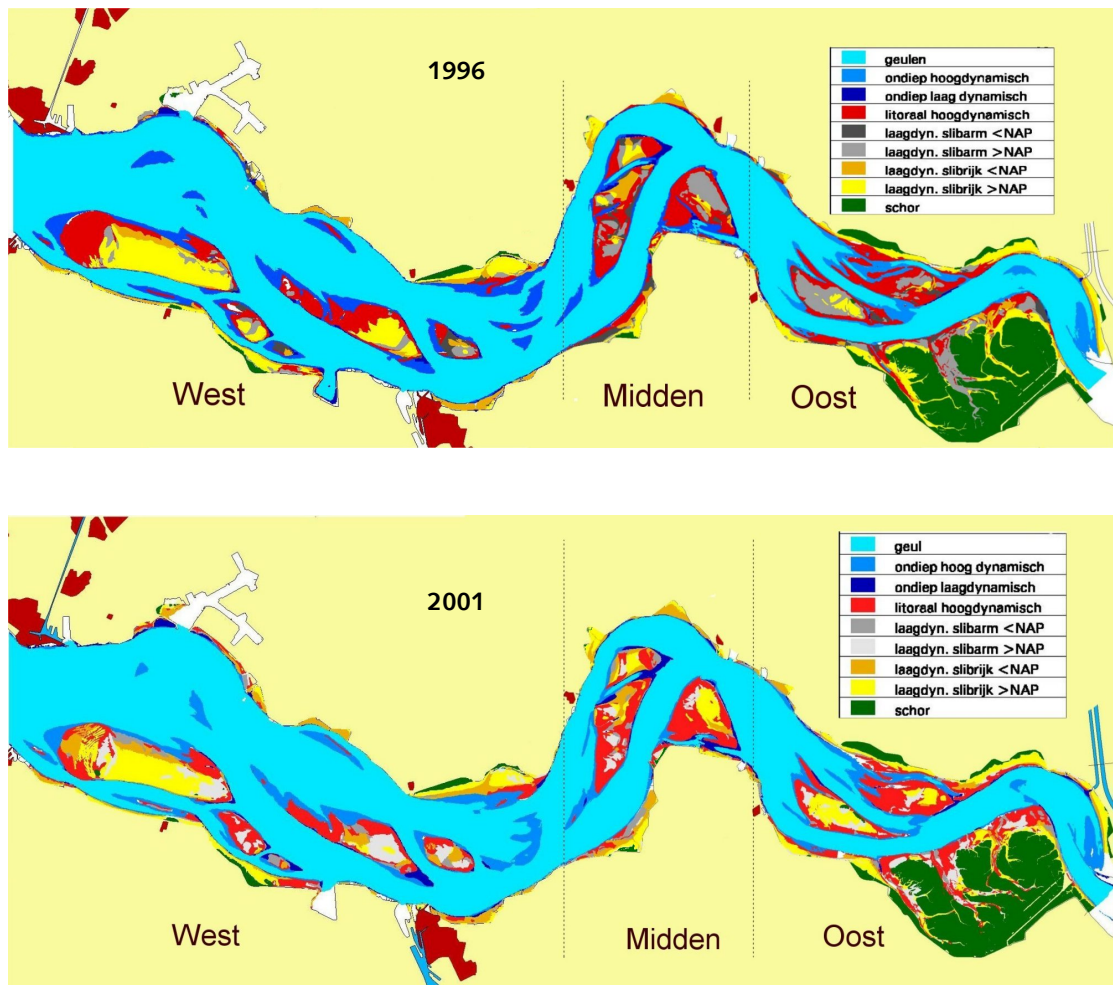


### 3.1.4 Ecotopenkaarten Westerschelde 1996 en 2001

Voor de huidige evaluatie van de effecten van de verruiming op bodemdieren, microfytobenthos, opgroeigebieden voor jonge vis en garnaal en diverse vogelfuncties is gebruik gemaakt van de ecotoopindeling volgens de Haan (zie Twisk, 2002). Bij deze ecotopenindeling worden binnen de drie deelgebieden van de Westerschelde negen verschillende ecotooptypen onderscheiden, gebaseerd op drie verschillende parameters, namelijk hoogteligging, stroomsnelheid en geomorfologie (Figuur 3.1.1). De keuze van de parameters en de klassengrenzen is met name gebaseerd op het voorkomen van bodemdieren (Vroon et al. 1997).

**Figuur 3.1.2**  
Ruimtelijke verdeling van de ecotooparealen in de Westerschelde in 1996 (voor de verruiming) en 2001 (na de verruiming).

Op basis van deze indeling zijn ecotopenkaarten van de Westerschelde opgesteld voor 1996 en 2001 (Twisk, 2002) (Figuur 3.1.2) en zijn per deelgebied de arealen van de verschillende ecotopen berekend (Tabel 3.1.1)<sup>20</sup>.



<sup>20</sup> De absolute ecotooparealen komen niet geheel overeen met de arealen zoals gepresenteerd bij de behandeling van de hypothesen in het onderdeel fysica (hoofdstuk 2). Dit komt voornamelijk door een andere keuzen van de randen van het gebied (wel of niet meenemen van havens). De verschillen zijn het grootst in de geulen en de hoogdynamische slikken en platen van het deelgebied west. Voor de overige ecotopen zijn de verschillen maximaal 8 ha (zie Twisk, 2002).

**Tabel 3.1.1**

Berekende ecotooparealen voor de deelgebieden west, midden en oost voor de jaren 1996 en 2001.

Vergelijking van 2001 met 1996 laat zien dat in het intergetijdengebied het areaal laagdynamische slikken en platen onder NAP (ecotopen 4 en 5 in figuur 3.1.1) toegenomen ten koste van het areaal laagdynamische slikken en platen

		Ondiep water hoogdynamisch (1)	Hooggelegen intergetijdengebied laagdynamisch slibarm (2)	Hooggelegen intergetijdengebied laagdynamisch slibrijk (3)	Laaggelegen intergetijdengebied laagdynamisch slibarm (4)	Laaggelegen intergetijdengebied laagdynamisch slibrijk (5)	Ondiep water laagdynamisch (6)	Intergetijdengebied hoogdynamisch (7)	Schor (8)	Geul (9)
<b>West</b>	<b>1996</b>	1470	298	1128	153	474	152	1232	105	10895
	<b>2001</b>	1372	476	819	227	645	216	1233	120	10855
<b>Midden</b>	<b>1996</b>	485	330	181	178	245	47	849	19	3189
	<b>2001</b>	312	130	297	155	330	197	880	33	3210
<b>Oost</b>	<b>1996</b>	825	621	748	153	231	34	1079	2364	3347
	<b>2001</b>	731	372	783	182	195	88	1289	2313	3410

boven NAP (ecotopen 2 en 3). Tevens is het areaal hoogdynamische slikken en platen (ecotoop 1) in het oostelijke deel sterk toegenomen. Het areaal ondiepwatergebied is afgenomen met ca. 100 ha, waarbij er een verschuiving heeft plaatsgevonden van hoogdynamisch (ecotoop 6) naar laagdynamisch (ecotoop 7). Hierbij moet worden opgemerkt dat dit laatste mogelijk een artefact is als gevolg van de verschillende modellen die zijn gebruikt in 1996 en 2001 (zie Twisk, 2002). Bijvoorbeeld zijn de gebruikte bodemruwheden in het model SCALWEST veranderd, hetgeen gevolgen heeft voor de met het model berekende bodemruwheden.

### 3.1.5 Wat zijn de gevolgen voor de biologie

Voor ieder ecotoop kan een bepaalde geschiktheid worden toegekend voor de verschillende planten en diergroepen. Door Huijs en Krijger (1998) zijn grove schattingen gedaan voor de relatieve geschiktheid van de verschillende ecotopen voor microfytobenthos, bodemdieren en als opgroei gebied voor jonge vis en garnaal (Tabel 3.1.2).

Voor microfytobenthos (Lievaart, 2003) en bodemdieren (Wijsman, 2003) zijn deze relatieve geschiktheden herberekend, door de bemonsteringslocaties te 'prikken' op de ecotopenkaarten van 1996 en 2001 (Tabel 3.1.3). Voor de opgroei gebieden van jonge vis en garnaal zijn geen nieuwe relatieve geschiktheden berekend omdat er onvoldoende gegevens voorhanden waren.



**Tabel 3.1.2**

Relatieve geschiktheid (%) van de verschillende ecotopen voor microfytobenthos, bodemdieren en vis en garnaal volgens Huijs en Krijger (1998).  
Hdyn: hoog dynamisch  
Igg: intergetijdengebied  
Higg: hoog gelegen intergetijdengebied  
Ldyn: laag dynamisch  
Ligg: laag gelegen intergetijdengebied

Ecotoop	microfytobenthos			bodemdieren			Jonge vis en garnaal		
	West	Midden	Oost	West	Midden	Oost	West	Midden	Oost
Hdyn Igg (1)	15	15	15	1	1	1	0	0	0
Higg Ldyn slibarm (2)	80	100	70	90	70	20	0	0	0
Higg Ldyn slibrijk (3)	80	100	70	100	60	30	0	0	0
Ligg Ldyn slibarm (4)	60	75	45	90	70	20	10	10	10
Ligg Ldyn slibrijk (5)	60	75	45	100	60	30	10	10	10
Ondiepwater Hdyn (6)	0	0	0	5	5	2	10	10	10
Ondiepwater Ldyn (7)	0	0	0	60	20	20	60	80	80

Vermenigvuldiging van de gemeten verandering in ecotooparealen tussen 1996 en 2001 met de herziene relatieve geschiktheden van betreffende ecotopen (Tabel 3.1.3) voor de verschillende functies gesommeerd over de deelgebieden, geeft een *indicatie* wat de veranderingen in ecotooparealen over de periode

**Tabel 3.1.3**

Relatieve geschiktheid (%) van de verschillende ecotopen voor microfytobenthos en bodemdieren (gebruikt in deze studie).  
Hdyn: hoog dynamisch  
Igg: intergetijdengebied  
Higg: hoog gelegen intergetijdengebied  
Ldyn: laag dynamisch  
Ligg: laag gelegen intergetijdengebied

Ecotoop	microfytobenthos			bodemdieren		
	West	Midden	Oost	West	Midden	Oost
Hdyn Igg (1)	28	59	31	6	20	9
Higg Ldyn slibarm (2)	52	40	61	34	43	38
Higg Ldyn slibrijk (3)	80	73	82	96	52	28
Ligg Ldyn slibarm (4)	31	57	42	14	11	9
Ligg Ldyn slibrijk (5)	72	100	78	100	70	17
Ondiepwater Hdyn (6)	29	0	12	12	9	3
Ondiepwater Ldyn (7)	0	0	0	9	16	3

1996 tot 2001 voor effect hebben op de mogelijkheden voor microfytobenthos, bodemdieren en opgroeigebieden voor jonge vis en garnaal (Tabel 3.1.4). Het lijkt vooral dat de kinderkamerfunctie van de Westerschelde voor jonge vis en garnaal is toegenomen, maar dit is vooral het gevolg van een sterke toename in laagdynamisch ondiepwatergebied (veruit het meest geschikte gebied voor jonge vis en garnaal). Het is echter de vraag of dit ecotoop daadwerkelijk is toegenomen of dat het het gevolg is van het gebruik van een ander model. De onzekerheid van deze dratsiche toename is daardoor zeer groot. De onzekerheid bij de mogelijkheden voor microfytobenthos en bodemdieren is veel kleiner.

**Tabel 3.1.4**

Gemeten relatieve veranderingen (%) in de mogelijkheden voor microfytobenthos, bodemdieren en opgroeigebieden voor jonge vis en garnaal van 1996 tot 2001.

	microfytobenthos	bodemdieren	Jonge vis en garnaal
West	0	-3	30
Midden	9	7	80
oost	-5	-11	30

In de volgende paragrafen worden de biologische hypothesen getoetst op basis van de werkelijk waargenomen biomassa en aantallen. Daarnaast worden in de volgende paragrafen ook de veranderingen in de mogelijkheden voor primaire productie door microfytobenthos, bodemdieren en jonge vis en garnaal bepaald aan de hand van verandering in ecotooparealen.

## 3.2 Primaire productie fytoplankton

### 3.2.1 Inleiding

Fytoplankton bestaat uit vrij in het water zwevend, microscopisch klein, plantaardig materiaal. Met behulp van zonlicht is het in staat anorganisch materiaal (zoals kooldioxide, nitraat, fosfaat) om te zetten in organisch materiaal (biomassa). Dit proces heet primaire productie. Fytoplankton vormt, samen met op of in de bodem levende algen (microfyto benthos), en het aangevoerde organische materiaal, de basis van de voedselketen. In de relatief troebele Westerschelde, die rijk is aan intergetijdengebieden, is microfyto benthos relatief belangrijk in termen van primaire productie. Van het oosten naar het westen neemt met het toenemen van de doorzicht het belang van fytoplankton toe. Zoö plankton, maar ook bepaalde bodemdiersoorten, namelijk de filtreerders, zijn afhankelijk van de primaire productie door het fytoplankton. Veranderingen in primaire productie (zowel van het microfyto benthos als het fytoplankton) in de Westerschelde kunnen daardoor direct effect hebben op de hogere trofische niveaus.

Primaire productie, veelal uitgedrukt in  $\text{g C m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ , is gerelateerd aan de hoeveelheid aanwezig fytoplankton (uitgedrukt in  $\mu\text{g chlorofyl l}^{-1}$ ), de nutriëntenconcentratie en de hoeveelheid beschikbaar licht. In de relatief troebele Westerschelde, waar nutriënten in het algemeen in overvloed aanwezig zijn, wordt de productie voornamelijk bepaald door de lichtcondities en de chlorofyl-biomassa. Het is daarom de verwachting dat een eventuele afname van het lichtklimaat door hogere concentraties gesuspendeerd materiaal als gevolg van de baggerwerkzaamheden direct zal leiden tot een afname van de primaire productie in de Westerschelde.

### 3.2.2 Hypothesen

De Jong et al. (1997) geven één hypothese over de primaire productie door fytoplankton:

**Hypothese E2: De gemiddelde primaire productie door het fytoplankton zal niet veranderen als gevolg van de verdiepingswerkzaamheden.**

*Toelichting: De grootte van de primaire productie van fytoplankton in de Westerschelde wordt primair bepaald door de doordringdiepte van licht.*

*Primaire productie zal ter plaatse van de stortlocatie tijdelijk sterk belemmerd worden. Op het totaal budget aan primair geproduceerd koolstof is dit echter een te verwaarlozen hoeveelheid.*

Op de schaal van het hele estuarium zal de extra vertroebeling als gevolg van de verruimingsactiviteiten in het niet vallen bij de van nature optredende vertroebeling als gevolg van de grote hoeveelheden sediment die per getijcyclus het estuarium in en uit worden getransporteerd (Vereeke et al. 1995). Hierdoor worden er geen nadelige invloeden verwacht op de productie van het fytoplankton.

Er is geen rekening gehouden met het mogelijke effect van de (tijdelijk) verhoogde stroomsnelheden door de verruiming. Het is namelijk erg moeilijk om de effecten op de vertroebeling in te schatten daar deze vooral ook bepaald wordt door de samenstelling van de bodem. Daarenboven vertonen zowel de bodemsamenstelling als de stroomsnelheden een grote ruimtelijke verscheidenheid in de Westerschelde.

Liek (2002) concludeerde dat het niet zinvol is om de jaarproductie voor de gehele Westerschelde te berekenen op basis van slechts een beperkt aantal locaties (nl. drie). Het monitoringprogramma voorziet slechts in drie meetlocaties waar in voldoende mate is gemonsterd: locatie 'Schaar van Ouden Doel' in het oostelijk deel, in het middendeel locatie 'Hansweert geul' en in het westelijk deel locatie 'Vlissingen boei SSVH'. Met dit meetprogramma kan slechts een globale indicatie verkregen over de primaire productie in de drie deelgebieden.

Liek (2002) stelde dan ook voor om de hypothese als volgt aan te passen en deze wordt in dit document gehanteerd:

**Hypothese E2: De gemiddelde primaire productie door het fytoplankton in het oostelijk, midden en westelijk deel van de Westerschelde zal niet veranderen als gevolg van de veruimingswerkzaamheden.**

### 3.2.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothesen

Primaire productie kan direct in het veld worden gemeten, bijvoorbeeld via de <sup>14</sup>C-methode of de Pulsar Amplitude Modulation (PAM)-methode. Het monitoringsprogramma voorziet echter niet in een jaarlijkse directe meting van de primaire productie, omdat het een dure en arbeidsintensieve methode is. De primaire productie kan ook indirect worden afgeleid uit omgevingsparameters die wel regelmatig worden gemeten op verschillende locaties in de Westerschelde. Kromkamp et al. (1995) hebben daartoe voor de troebele Westerschelde een formule opgesteld voor de primaire productie als functie van de parameters licht-instraling, doorzicht en chlorofyl-a-concentratie (zie ook Van Berchum en Stikvoort, 1999).

De toetsing van de hypothese gebeurt in deze rapportage op twee wijzen; zowel via de indirect berekende primaire producties die voor een hele reeks van jaren schattingen opleveren als via de direct in het veld bepaalde primaire productie voor één jaar vóór en één jaar na de veruiming (Data Kromkamp NIOO-CEME)

Omdat primaire productie een resultaat is van lokale omgevingscondities als instraling, doorzicht en chlorofyl-concentratie, zijn óók deze onderliggende parameters getoetst. Het doel hiervan is inzicht te krijgen in het proces dat eventuele veranderingen in primaire productie veroorzaakt. Hierdoor zijn relaties tussen eventuele veranderingen in primaire productie en de veruimingswerkzaamheden beter te leggen.

Er is bij het toetsen voor gekozen om per parameter de beschikbare data op te splitsen in drie perioden:

1. Periode voor de verdieping: januari 1983 - juli 1997
2. Periode tijdens verdieping: juli 1997 - juli 1998
3. Periode na verdieping: augustus 1998 - december 2001.

De belangrijkste baggeractiviteiten in verband met de veruiming hebben plaatsgevonden vanaf juli 1997 tot en met juli 1998. Eventuele effecten op primaire productie door vertroebeling van het water zouden voornamelijk in deze jaren kunnen worden verwacht. In de periode na de verdieping is er sprake van een licht verhoogde baggeractiviteit ten opzichte van de  $t_0$  situatie, alhoewel er minder onderhoudsbaggerwerk hoeft plaats te vinden dan verwacht. *A priori* is aangenomen dat er zonder deze veruiming (=nulontwikkeling) geen verandering in de omvang van de primaire productie zou zijn opgetreden. De  $t_0$ -situatie is dan ook bepaald uit de gemiddelde

situatie in de periode voor de verzuiming: 1983 - juli 1997. De gegevens na juli 1998 worden voor de toetsing hiertegen afgezet.

### Data gebruikt voor toetsing

Omdat primaire productie van het fytoplankton een direct gevolg is van onderliggende parameters als instraling, zichtdiepte en chlorofyl-a concentratie is er ook gedetailleerd gekeken naar deze factoren (tabel 3.2.1). Deze onderliggende parameters worden uitgebreid gemeten binnen het reguliere monitoringsprogramma op de locaties Vlissingen boei SSVH, Hansweert geul en Schaar van Ouden Doel.

Tabel 3.2.1  
Parameters die in dit hoofdstuk zijn gebruikt.

Parameter	Eenheid	Methode
Instraling	J cm <sup>-2</sup> /d	Gemeten
Chlorofyl	µg chl-a l <sup>-1</sup>	Gemeten
Doorzicht	dm	Gemeten
Primaire productie	mg C m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	Berekend

Alle metingen waar ofwel chlorofyl-a concentratie ontbrak ofwel de zichtdiepte ontbrak zijn buiten beschouwing gelaten. Er zijn dus geen interpolaties uitgevoerd omdat zowel zichtdiepte als chlorofyl-a concentraties sterk kunnen fluctueren gedurende het seizoen.

#### *Instraling*

Gegevens over dagelijkse instraling (J cm<sup>-2</sup>/d) zijn verkregen van het weerstation in Vlissingen van 1 januari 1983 tot en met 31 december 2001. In totaal zijn er over deze periode 6940 dagen, dus evenzoveel metingen.

#### *Biomassa fytoplankton*

Fytoplankton biomassa, uitgedrukt in µg chlorofyl-a l<sup>-1</sup>, zijn verkregen uit de DONAR-database voor de locaties Vlissingen boei SSVH, Hansweert geul en Schaar van Ouden Doel voor de jaren 1983 tot en met 2001. In totaal waren er 1161 metingen (399 metingen voor Vlissingen, 334 voor Hansweert en 428 voor Schaar van Ouden Doel).

#### *Zichtdiepte*

Voor drie verschillende locaties (Vlissingen, Hansweert en Schaar van Oude Doel) zijn de zichtdieptes (dm) uit de DONAR database verkregen voor de jaren 1983 tot en met 2001. In totaal bestond de selectie uit 1033 metingen (287 metingen voor Vlissingen, 320 voor Hansweert en 426 voor locatie Schaar van Ouden Doel). Op de locatie Schaar van Ouden Doel zijn er geen zichtdieptes beschikbaar voor 1993 en 2001.

#### *Primaire productie*

Primaire productie wordt niet direct gemeten binnen het reguliere monitoringsprogramma in de Westerschelde. Primaire productie is daarom indirect bepaald uit de gemeten algenbiomassa, instraling en fotsche diepte volgens de relatie:

$$P = 0.57 \cdot (I_0 \cdot z_p \cdot B)^{1.144} \quad (R^2=0.88) \quad (1)$$

Waarbij:

P= primaire productie [mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>]

B= Biomassa chlorofyl-a [mg m<sup>-3</sup> of µg l<sup>-1</sup>]

I<sub>0</sub>= Instraling [E m<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup>]

z<sub>p</sub>= fotsche diepte [m]

De fotische diepte ( $z_p$ ) is berekend uit de zichtdiepte middels (J. Kromkamp, NIOO-CEME):

$$z_p = \frac{4.6}{1.36251 \cdot z_s^{-1.44329}} \quad (2)$$

waarbij  $z_s$  de secchi diepte [m] is.

Door het NIOO-CEME zijn er in 1991 (13 locaties) en 2001 (15 locaties) uitgebreide campagnes uitgevoerd waarbij wel directe productiemetingen zijn gedaan in de Westerschelde. Deze directe primaire productie metingen zijn gebruikt om de primaire productie in een jaar voor de verruiming (1991) te vergelijken met de primaire productie in een jaar na de verruiming (2001). Tevens zijn de metingen gebruikt voor het opstellen van vergelijking 1.

### Methoden van toetsing

#### *Indirecte metingen*

Middels variatieanalyse (ANOVA) is er gekeken of de geobserveerde waarden in de periode na de verruiming afwijken van de voorspelling (in dit geval dus de  $t_0$ -situatie). De hypothese wordt verworpen als de primaire productie in de periode na de verdieping significant afwijkt van de  $t_0$ -situatie (periode voor de verdieping). De hypothese doet namelijk geen uitspraak over veranderingen in primaire productie tijdens de verruimingswerkzaamheden. Er is hierbij niet alleen gekeken naar primaire productie, maar ook naar de onderliggende parameters (licht-instraling, doorzicht en chlorofyl-concentraties). Tevens is er gekeken naar de primaire productie tijdens de werkzaamheden omdat de meeste effecten op zichtdiepte kunnen worden verwacht in deze periode met verhoogde baggeractiviteit.

Primaire productie in de Westerschelde vertoont een sterk seizoenspatroon, en beperkt zich voornamelijk tot het tweede en derde kwartaal. In het eerste en vierde kwartaal is de primaire productie vaak aanzienlijk lager vanwege de lage instraling. Als gevolg hiervan zullen veranderingen in doorzicht in de winterperiode minder effect hebben op de jaargemiddelde primaire productie dan veranderingen in de zomer. Vanwege deze dominante seizoensinvloeden zijn de analyses voor ieder seizoen afzonderlijk uitgevoerd.

#### *Directe metingen*

De directe primaire productiemetingen die door het NIOO-CEME zijn uitgevoerd in de Westerschelde in de jaren 1991 en 2001 zijn gebruikt om te testen (middels een t-toets) of er een verschil is in primaire productie in een jaar voor de verruiming (1991) en een jaar na de verruiming (2001).

### Nadere onderbouwing van de aannames die ten grondslag liggen aan de hypothese

Een belangrijke aanname die ten grondslag ligt aan de hypothese is dat de primaire productie van het fytoplankton in de Westerschelde is gelimiteerd door het beschikbare licht, en dat er dus een duidelijke relatie bestaat tussen primaire productie en biomassa, doorzicht en instraling. Er wordt dus aangenomen dat nutriënten, die doorgaans in overvloed aanwezig zijn in de Westerschelde, niet beperkend zijn voor primaire productie.

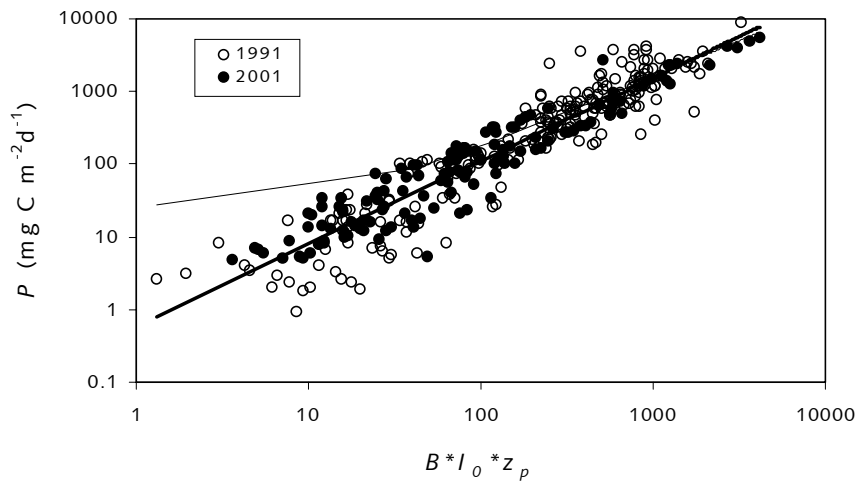
Door Kromkamp (NIOO-CEME) zijn in 1991 en 2001 op verschillende locaties in de Westerschelde de primaire productie gemeten. Gelijktijdig met deze primaire productie metingen zijn Chl-a concentratie ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ), extinctie ( $\text{m}^{-1}$ ) en instraling bepaald. Extinctie is omgerekend naar eufotische diepte ( $z_p$ , diepte

waarop 1% van het licht nog beschikbaar is). De gemiddelde dagelijkse instraling ( $J\ cm^{-2}/d$ ) is bepaald uit de gemiddelde dagelijkse instraling (gemeten bij weerstation Vlissingen) op de dag van de meting en de drie voorafgaande dagen. De instraling is omgerekend naar PAR (Photosynthetically Active Radiation) waarbij is aangenomen dat 1 mol instraling overeenkomt met 0.334 mol PAR.

In figuur 3.2.1 zijn de primaire productiemetingen uit 1991 en 2001 uitgezet tegen het product:  $B \times I_0 \times z_p$  (data NIOO-CEME). De spreiding wordt mogelijk veroorzaakt door verschillen in algensamenstelling, maar kan ook liggen aan het feit dat er is gemeten in een andere getijfase. Vooral in het brakke deel kan dit als gevolg van resuspensie grote effecten hebben op de fotsche diepte. Uit deze figuur blijkt dat een lineaire relatie een overschatting van de primaire productie geeft bij lage waarden van  $B \times I_0 \times z_p$ . Bij hogere waarden van  $B \times I_0 \times z_p$  lijken de lineaire relatie en de machtsfunctie sterk op elkaar. Voor de berekening van de totale jaarproductie zal dit geen groot effect hebben, want de jaarproductie wordt voor het overgrote deel bepaald in het voorjaar en de zomer, wanneer de primaire productie hoog is.

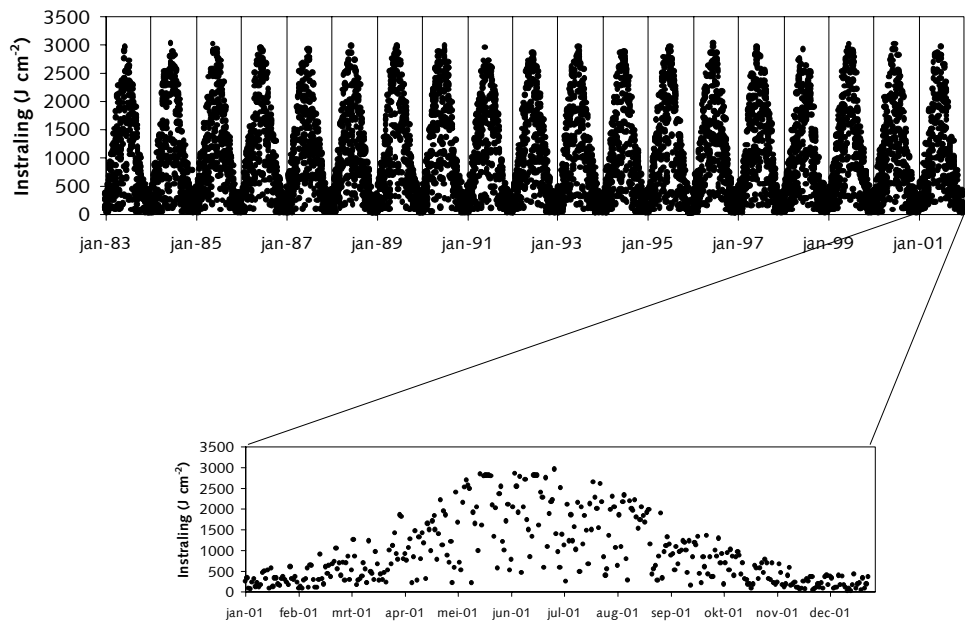
**Figuur 3.2.1**

Relatie tussen gemeten primaire productie (P) en het product  $B \times I_0 \times z_p$  voor het jaar 1991 (open bolletjes) en 2001 (gesloten bolletjes). De dunne lijn is de lineaire relatie:  $P = 24.9 + 1.57(B \times I_0 \times z_p)$  en de dikke lijn is de machtsfunctie  $P = 0.57 \times (B \times I_0 \times z_p)^{1.144}$



**Figuur 3.2.2**

Gemeten dagelijkse instraling bij weerstation Vlissingen tussen 1 januari 1993 en 31 december 2001. De detailopname van 2001 laat zien dat er een grote variatie is in instraling tijdens de zomerperiode.



### 3.2.4 Resultaten

#### Instraling

De gemiddelde dagelijkse instraling, gemeten bij Vlissingen, over de jaren 1983 tot en met 2001 is  $1041 \text{ J cm}^{-2}$  (standaard deviatie =  $796 \text{ J cm}^{-2}$ ). Instraling vertoont een duidelijk seizoenspatroon (figuur 3.2.2). In het eerste en laatste kwartaal is de instraling het laagst (respectievelijk  $545$  en  $378 \text{ J cm}^{-2}$ ). In het tweede en derde kwartaal is de instraling het grootst (gemiddeld  $1620 \text{ J cm}^{-2}$ ). De hoogste instraling vindt plaats tijdens de zomerperiode, waarbij maximale waarden van  $3000 \text{ J cm}^{-2}$  per dag worden waargenomen. Voor de verdieping was de gemiddelde instraling in het eerste kwartaal significant hoger ( $\alpha=0.1$ )

**Tabel 3.2.2**

P-waarden variatieanalyse instraling bij weerstation Vlissingen, waarbij er getest is of er een significant verschil is in instraling voor, tijdens en na verruiming.

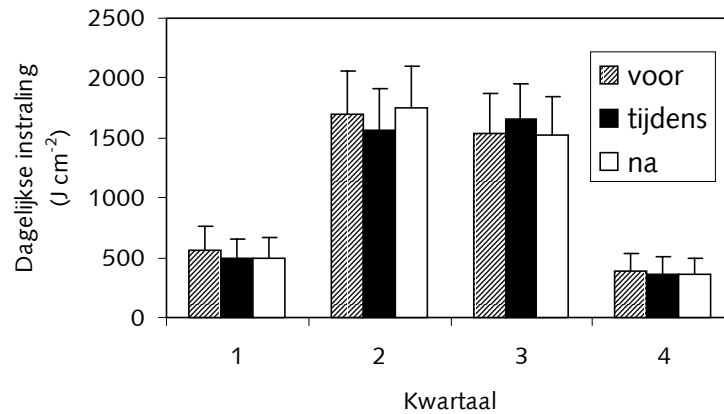
<sup>(1)</sup> Voor verdieping hogere waarden dan tijdens en na verdieping

<sup>(2)</sup> Tijdens verdieping lagere waarden dan voor en na verdieping

Periode	Vlissingen
Eerste kwartaal	0.054 <sup>(1)</sup>
Tweede kwartaal	0.082 <sup>(2)</sup>
Derde kwartaal	>0.1
Vierde kwartaal	>0.1
verall	>0.1

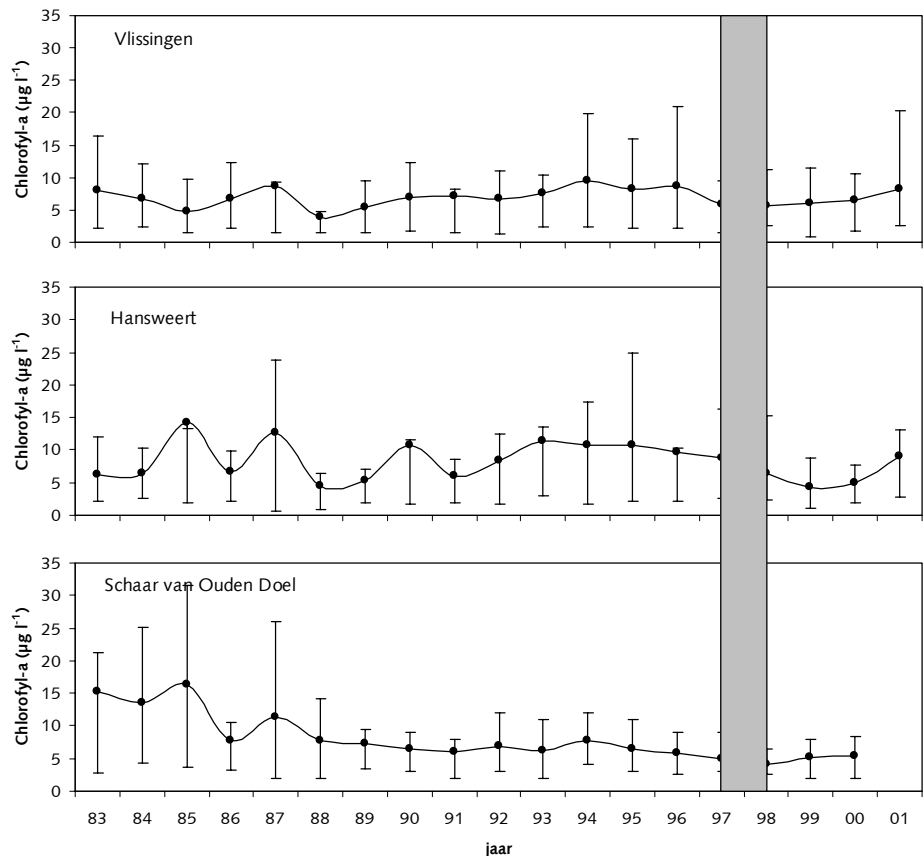
**Figuur 3.2.3**

Gemiddelde dagelijkse instraling (plus standaardafwijking) per kwartaal voor, tijdens en na de verdiepingswerkzaamheden.



**Figuur 3.2.4**

Jaargemiddelde chlorofyl-concentraties en jaarlijkse spreiding op de locaties Vlissingen boei, Hansweert geul en Schaar van Ouden Doel. Foutenbalken geven de 16- en 84-percentielen weer. De periode van verruimingswerkzaamheden is aangegeven middels de grijze balk.



dan tijdens en na de verdieping (figuur 3.2.3, tabel 3.2.2). Tijdens de verdieping was de instraling in het tweede kwartaal significant lager ( $\alpha=0.1$ ).

*Chlorofyl-a*

Chlorofyl-concentraties vertonen een sterk fluctuerend seizoenspatroon, wat is weerspiegeld in de relatief grote standaarddeviaties. In het tweede en derde kwartaal zijn de chlorofyl concentraties doorgaans hoger (respectievelijk 14.6 en 9.6  $\mu\text{g chl-a l}^{-1}$ ) dan in het eerste en vierde kwartaal (respectievelijk 2.8 en 3.7  $\mu\text{g chl-a l}^{-1}$ ). Uit tabel 3.2.3 blijkt dat de chlorofyl-concentraties in het najaar (derde en vierde kwartaal) op de locatie Schaar van Ouden Doel voor de verruiming significant hoger waren dan tijdens en na de verruiming, maar deze achteruitgang heeft zich reeds eerder afgespeeld (figuur 3.2.4). Ook in het middengebied (Hansweert geul) was de chlorofyl-concentratie in het derde kwartaal voor de verdieping hoger dan tijdens en na.

**Tabel 3.2.3**

P-waarden variantie-analyse chlorofyl-concentraties voor drie locaties in de Westerschelde: Schaar van Ouden Doel (Oost), Hansweert geul (Midden) en Vlissingen boei (West), waarbij er getest is of er een significant verschil is tussen chlorofyl-concentraties voor, tijdens en na verruiming. <sup>(1)</sup> Voor verdieping hogere waarden dan tijdens en na verdieping

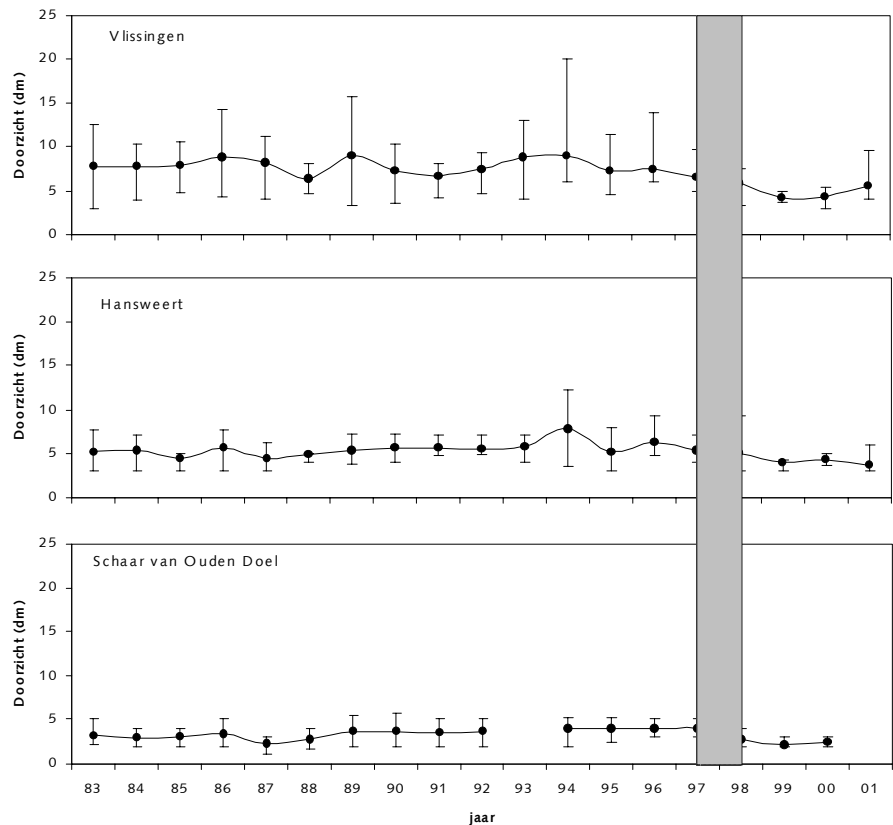
Periode	Oost	Midden	West
Eerste kwartaal	>0.1	>0.1	>0.1
Tweede kwartaal	>0.1	>0.1	>0.1
Derde kwartaal	0.050 <sup>(1)</sup>	0.005 <sup>(1)</sup>	>0.1
Vierde kwartaal	0.064 <sup>(1)</sup>	>0.1	>0.1
Overall	0.003 <sup>(1)</sup>	>0.1	>0.1

*Doorzicht*

Gemiddeld genomen neemt het doorzicht toe van oost naar west (figuur 3.2.5). De gemiddelde secchi-diepte op de locatie Vlissingen sinds 1993 is 7.6 dm, terwijl op de locaties Hansweert en Schaar van Ouden Doel de gemiddelde zichtdieptes respectievelijk 5.3 en 3.3 dm waren. Op de locaties Vlissingen en Hansweert is het doorzicht tijdens het zomerhalfjaar (derde en vierde kwartaal) bijna twee keer zo groot als in het winter halfjaar (eerste en vierde kwartaal). Op de troebele locatie Schaar van Ouden Doel, is er minder verschil in zichtdiepte tussen winter en zomerperiode.

**Figuur 3.2.5**

Jaargemiddelde doorzicht (dm) en jaarlijkse spreiding op de locaties Vlissingen boei, Hansweert geul en Schaar van Ouden Doel. Foutenbalken geven de 16- en 84 (idem)-percentielen weer. De periode van verruimingswerkzaamheden is aangegeven middels de grijze balk.





Op alle drie de locaties heeft er vanaf begin of midden de jaren negentig een afname plaatsgevonden in de zichtdiepte. Op de relatief heldere locatie Vlissingen was de gemiddelde zichtdiepte tot en met 1995 8.3 dm. Na 1995 is het water op deze locatie aanzienlijk troebeler geworden. De gemiddelde zichtdiepte vanaf 1995 is nog maar 6.2 dm. Op de andere locaties, Hansweert en Schaar van Ouden Doel is deze verandering minder uitgesproken.

Uitgezonderd het relatief troebele eerste kwartaal zijn voor alledrie de locaties duidelijke verschillen in zichtdiepte tussen de perioden voor, tijdens en na de verruiming (tabel 3.2.4). In veel gevallen is het doorzicht voor de verruiming hoger dan na de verruiming. Op de locatie Hansweert vond de belangrijkste afname in doorzicht na de verruiming plaats, terwijl de afname op locatie Vlissingen reeds is ingezet voor de verruimingswerkzaamheden.

**Tabel 3.2.4**

P-waarden variantie-analyse zichtdiepte voor drie locaties in de Westerschelde: Schaar van Ouden Doel (Oost), Hansweert geul (Midden) en Vlissingen boei (West), waarbij er getest is of er een significant verschil is tussen zichtdiepte voor, tijdens en na verruiming.

<sup>(1)</sup> Voor verdieping hogere waarden dan tijdens en na verdieping

<sup>(2)</sup> Na verdieping lagere waarden dan tijdens en voor verdieping

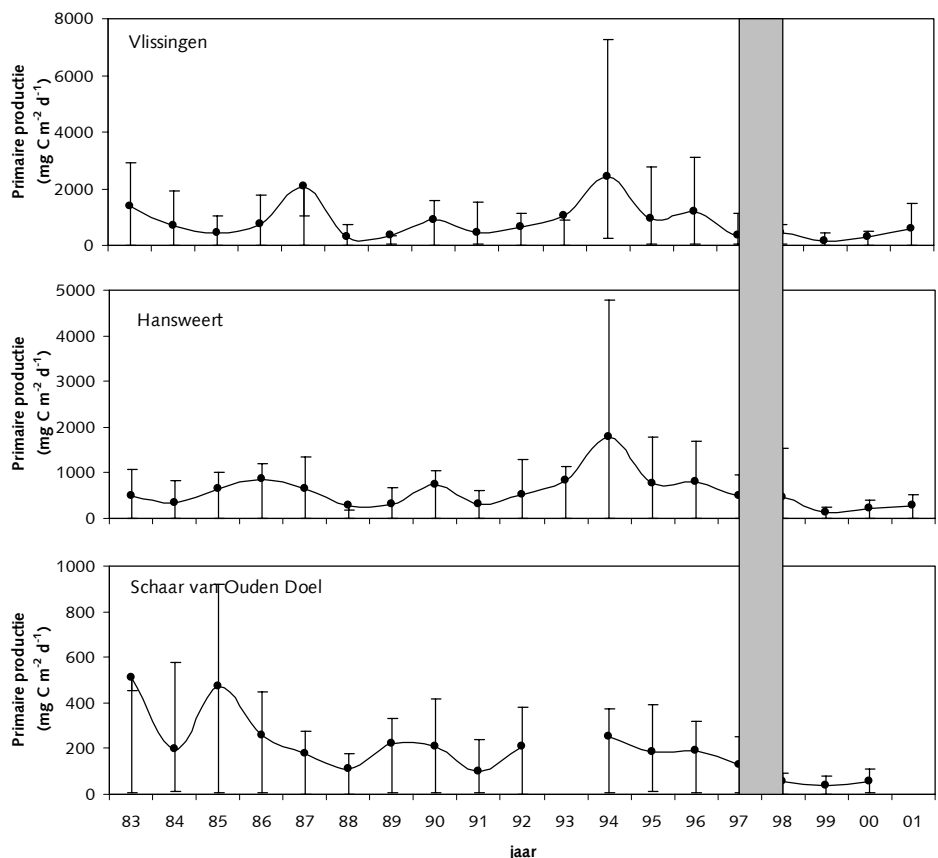
Periode	Oost	Midden	West
Eerste kwartaal	>0.1	>0.1	>0.1
Tweede kwartaal	0.006 <sup>(2)</sup>	0.005 <sup>(2)</sup>	<0.001 <sup>(1)</sup>
Derde kwartaal	<0.001 <sup>(1)</sup>	<0.001 <sup>(1)</sup>	<0.001 <sup>(1)</sup>
Vierde kwartaal	0.003 <sup>(2)</sup>	0.036 <sup>(2)</sup>	0.061
Overall	<0.001 <sup>(1)</sup>	<0.001 <sup>(2)</sup>	<0.001 <sup>(1)</sup>

**Primaire productie**

De primaire productie is de resultante van de voorgaand besproken parameters instraling, chlorofyl-a-concentratie en zichtdiepte. Veranderingen in deze parameters zullen direct effect hebben op de berekende primaire productie. Als gevolg van de veranderingen in instraling, doorzicht en chlorofyl-a concentraties is er een duidelijke afname waar te nemen in primaire productie in alledrie de deelgebieden (figuur 3.2.6). Op de locaties Hansweert en Vlissingen is de jaargemiddelde primaire productie tijdens en na de verdieping

**Figuur 3.2.6**

Jaargemiddelde primaire productie en jaarlijkse spreiding op de locaties Vlissingen boei, Hansweert geul en Schaar van Ouden Doel. Foutenbalken geven de 16- en 84-percentielen weer. De periode van verruimingswerkzaamheden is aangegeven middels de grijze balk. Let op: de verticale schaalverdeling is niet voor iedere locatie identiek.



gehalveerd ten opzichte van de periode voor de verruiming, terwijl in dezelfde periode de primaire productie op locatie Schaar van Ouden Doel met maar liefst een factor 3 is afgenomen. Deze veranderingen zijn het meest uitgesproken in het derde kwartaal (tabel 3.2.5), waar op alledrie de locaties de primaire productie met een factor 5 is afgenomen. De oorzaak van deze verandering ligt vooral in het verminderde doorzicht, maar ook de lagere chlorofyl-concentraties leiden tot aanzienlijk lagere primaire productiesnelheden tijdens en na de verruimingswerkzaamheden. In het eerste en tweede kwartaal zijn er geen significante verschillen waar te nemen in primaire productie voor, tijdens en na de verruimingswerkzaamheden.

**Tabel 3.2.5**

P-waarden variantie-analyse primaire productie voor drie locaties in de Westerschelde: Schaar van Ouden Doel (Oost), Hansweert geul (Midden) en Vlissingen boei (West), waarbij er getest is of er een significant verschil is tussen primaire productie voor, tijdens en na verruiming.

<sup>(1)</sup> Voor verdieping hogere waarden dan tijdens en na verdieping

Periode	Oost	Midden	West
Eerste kwartaal	>0.1	>0.1	>0.1
Tweede kwartaal	>0.1	>0.1	>0.1
Derde kwartaal	0.100 <sup>(1)</sup>	0.052 <sup>(1)</sup>	0.006
Vierde kwartaal	0.028 <sup>(1)</sup>	>0.1	>0.1
Overall	0.028 <sup>(1)</sup>	0.041	0.045

#### *Veranderingen in gemeten primaire productie*

De uitgebreide meetcampagne in de jaren 1991 en 2001 door het NIOO-CEME in de Westerschelde maakt het mogelijk daadwerkelijk gemeten primaire productie in een jaar voor de verruiming te vergelijken met de productie in een jaar na de verruiming. In 2001 was de gemiddelde gemeten primaire productie in de Westerschelde significant lager dan in 1991 ( $p < 0.1$ ). In 1991 was de gemiddelde gemeten primaire productie in de Westerschelde  $744 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (standaard afwijking  $1024 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). In 2001 was de primaire productie bijna gehalveerd tot  $393 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (standaard afwijking  $904 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). De belangrijkste oorzaak hiervoor is dat de instraling op de dagen van de metingen in 2001 lager was dan in 1991 (respectievelijk gemiddeld  $890$  en  $1200 \text{ J cm}^{-2}$ ). Tevens was ook de zichtdiepte en chlorofyl-a concentratie in 2001 lager dan in 1991.

#### **3.2.5 Conclusie**

Er zijn duidelijke veranderingen opgetreden in de berekende (maar ook de gemeten) primaire productie in de Westerschelde. Voor de verruimingswerkzaamheden was de berekende primaire productie op alledrie de locaties significant hoger dan tijdens en na de werkzaamheden. De verschillen zijn vooral te wijten aan het verminderde doorzicht en de lagere chlorofyl-concentraties. Deze lagere chlorofyl-concentraties zijn echter waarschijnlijk eerder het gevolg dan de oorzaak van de lagere primaire productie. Ook de gemiddelde gemeten primaire productie in de Westerschelde was in 2001 significant lager dan in 1991.

De afname in primaire productie, als gevolg van het verminderde doorzicht, blijkt op alledrie de locaties al te zijn ingezet vanaf 1994 (ruim drie jaar voor de werkzaamheden). Hierdoor lijkt de afname eerder een effect te zijn van een nulontwikkeling (de ontwikkeling van primaire productie in de Westerschelde als de verruiming niet had plaatsgevonden) dan dat het veroorzaakt is door de verruimingswerkzaamheden. Er is ook geen duidelijk knippunt waar te nemen in de periode van de verruiming (1997-1998). In de hypothese wordt geen uitspraak gedaan over nulontwikkelingen en spreekt men over veranderingen **ten gevolge van** de verruimingswerkzaamheden.

Op basis van dit onderzoek is **besloten de hypothese E3: De gemiddelde primaire productie door het fytoplankton in het oostelijk, midden en westelijk deel van de Westerschelde zal niet veranderen als gevolg van de werkzaamheden niet te verwerpen**. Ondanks het feit dat er een significante afname in primaire productie is opgetreden, zijn er geen causale relaties met de verdiepingswerkzaamheden te leggen. De veranderingen sluiten aan bij een al langer lopende trend.

### 3.2.6 Discussie

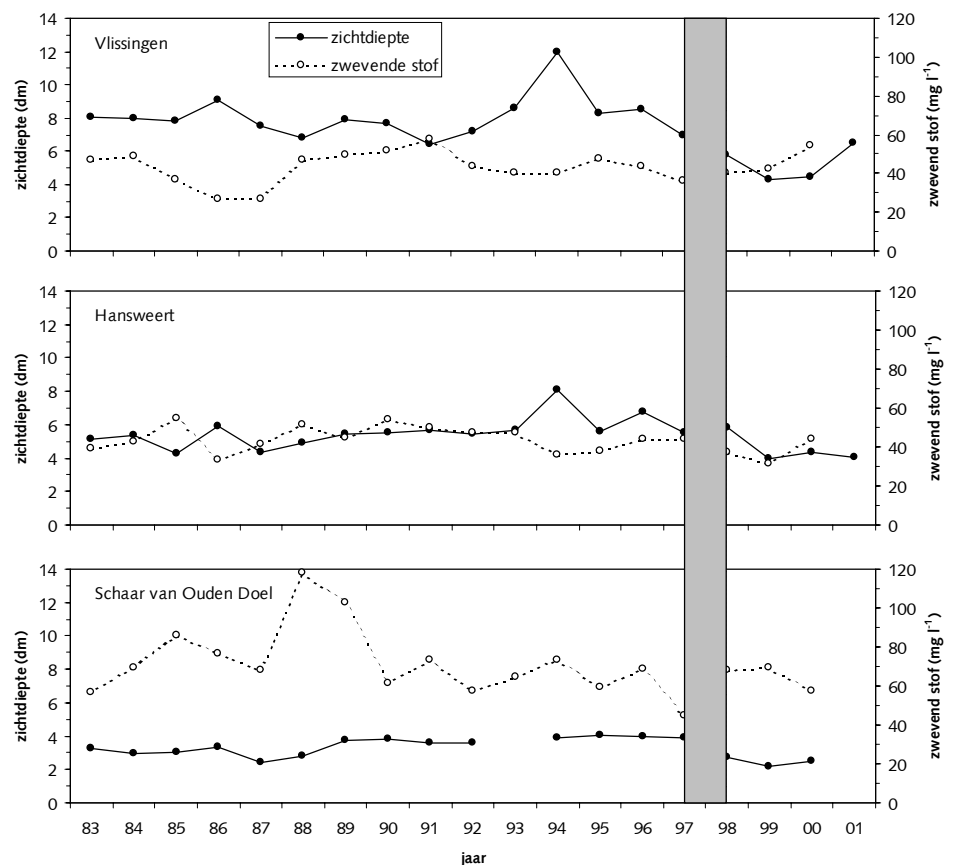
#### Keuze van de monsterlocaties

De hypothesen hebben betrekking op de gemiddelde primaire productie in de drie deelgebieden (west, midden en oost) van de Westerschelde. In de Westerschelde, waar doorgaans veel baggeractiviteiten plaatsvinden is het de verwachting dat het doorzicht, en dus de troebelheid niet homogeen verdeeld zijn binnen de deelgebieden. In de nabijheid van stortlocaties bijvoorbeeld zal de primaire productie van het fytoplankton lager zijn. Om tot uitspraken te komen voor een deelgebied dient er te worden gekeken naar meerdere locaties verspreid over het deelgebied, ofwel op een locatie die representatief is voor het betreffende deelgebied. Het is echter niet te verwachten dat de locaties Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel representatief zijn voor respectievelijk de deelgebieden west, midden en oost. Daarom is het voorstel om meerdere locaties per deelgebied te kiezen, teneinde te komen tot betere, gebiedsdekkende uitspraken.

Bij de onderbouwing van de hypothesen wordt verondersteld dat de effecten van baggeren op het doorzicht, en dus primaire productie, slechts lokaal zijn. Door gericht te monitoren in en in de nabijheid van bagger- en stortlocaties kan een indruk worden verkregen hoever de invloed van baggeren op doorzicht zich uitstrekt.

**Figuur 3.2.7**

Jaargemiddelde zichtdiepte en concentratie zwevende stof op de locaties Vlissingen boei, Hansweert geul en Schaar van Ouden Doel. De periode van verruimingswerkzaamheden is aangegeven middels de grijze balk.



### *Afname doorzicht*

De geobserveerde afname van primaire productie op de drie locaties in de Westerschelde is een direct gevolg van het verminderd doorzicht en de afname in chlorofyl-a concentraties. De laatste is waarschijnlijk meer een gevolg dan een oorzaak van de lagere primaire productie. Het doorzicht van het water wordt beïnvloed door de concentratie en samenstelling van het zwevende stof en de achtergrondkleur van het water. Deze achtergrondkleur wordt ondermeer bepaald door de concentratie opgeloste humuszuren. Als het verminderde doorzicht het gevolg is van de verruimingswerkzaamheden, dan zal dit waarschijnlijk veroorzaakt zijn door een toename in zwevend stof en niet door hogere concentraties opgeloste pigmenten als humuszuren. Uit figuur 3.2.7 blijkt echter dat de afname in zichtdiepte die is opgetreden sinds 1994 niet is gecorreleerd aan een toenemende concentraties zwevende stof. Vanaf 1996 lijkt er op de locatie Vlissingen wel een toenemende trend te zitten in de concentratie zwevend stof, maar in de voorgaande jaren (1994 –1996) is er juist een sprake van een afname in zwevend stof concentratie. Vanaf 1998 lijkt de dalende trend in doorzicht om te slaan in een lichte toename.

Niet alleen in de Westerschelde, maar ook in ander bekkens in de delta is de zichtdiepte gedurende het laatste decennium van de vorige eeuw afgenomen. In het Grevelingenmeer bijvoorbeeld is de zichtdiepte afgenomen van 5 meter in 1990 tot 2.5 meter in 2000 (Hoeksema 2002). In het Grevelingenmeer is de afname niet gerelateerd aan een toename in zwevende stof concentraties, maar waarschijnlijk veroorzaakt door een toename in een licht-absorberende opgeloste stof (bijvoorbeeld humuszuren) (Hoeksema, 2002). Op verschillende locaties in de Oosterschelde is het doorzicht afgenomen. Ook hier is er nauwelijks een relatie met zwevend stof en wordt een toename in humuszuren als belangrijke oorzaak gezien (Wetsteijn et al. 2003).

Ook de afname in doorzicht in de Westerschelde lijkt niet te zijn veroorzaakt door een toename in de concentraties gesuspendeerd materiaal. Deze observatie, samen met het feit dat de afname in doorzicht al in 1994 in gang is gezet, maken het niet waarschijnlijk dat de afname in doorzicht een gevolg is van de verruiming. Mogelijk is de afname in doorzicht het gevolg van een toename in licht-absorberende opgeloste pigmenten (bijvoorbeeld humuszuren), die niet alleen in de Westerschelde, maar ook in de Oosterschelde en Grevelingenmeer is waargenomen. Een probleem is dat parameters als humuszuren niet worden gemeten binnen het reguliere monitoringsprogramma zodat hierover geen duidelijke uitspraken kunnen worden gedaan.

Naast de mogelijke toename in humuszuren kan het doorzicht in de Westerschelde ook zijn verminderd als gevolg van baggeractiviteiten. In de Westerschelde vindt er behalve het baggeren en storten ten behoeve van de verdieping nog allerlei andere bagger- en stortactiviteiten plaats (onderhoud havens en vaargeul, zandwinning). De kwaliteit en aard van het materiaal, de hoeveelheid en de locaties van de activiteiten zijn voortdurend aan veranderingen onderhevig. Vooral in het westelijk deelgebied van de Westerschelde is het storten van havenslib aanzienlijk toegenomen de laatste jaren en dat komt qua hoeveelheden overeen met de stort ten behoeve van het onderhoud van de geulen (mondelinge mededeling Dirk van Maldegem). Havenslib is doorgaans fijner van samenstelling dan het materiaal dat van de drempels afkomt en zal daardoor een ander effect hebben op de zichtdiepte. Fijner gesuspendeerd materiaal zal bij een zelfde concentratie ( $g\ l^{-1}$ ) mogelijk leiden tot een hogere extinctie. De hoeveelheid (en samenstelling) van de baggerspecie dat wordt gestort in de stortvakken is ook aan verandering

onderhevig. Teneinde een goed beeld te krijgen in de effecten van deze bagger- en stortactiviteiten op het gesuspendeerd materiaal en doorzicht dient er nader onderzoek te worden uitgevoerd naar de effecten van bagger- en stortactiviteiten op de samenstelling en concentratie van het gesuspendeerd materiaal en de zichtdiepte. Directie Zeeland heeft plannen om dat onderzoek uit te laten voeren, vooral ingegeven vanuit de EU Vogel- en Habitatrichtlijnen.

Mogelijke andere factoren die van invloed kunnen zijn op het doorzicht in de Westerschelde zijn het debiet van de rivier de Schelde en het storten van boorspecie van de Westerschelde tunnel. De rivier de Schelde is een belangrijke bron van humuszuren, en bij grote afvoer als gevolg van hevige regenval kunnen de concentraties humuszuren in de Westerschelde toenemen. Het boorspecie dat is gestort bij het boren van de Westerscheldetunnel is afkomstig van oude, diepe geologische lagen. Mogelijk hebben stoffen afkomstig uit deze lagen de kleur van het water van de Westerschelde beïnvloed.

#### *Relatie met andere trofische niveaus*

Primaire productie van het fytoplankton in de, relatief troebele, Westerschelde is sterk gelimiteerd door de hoeveelheid beschikbaar licht, hetgeen direct is gerelateerd aan de zichtdiepte. Vanaf 1994 is de primaire productie op verschillende locaties in de Westerschelde afgenomen ten gevolge van een afname in zichtdiepte. Dit heeft mogelijk gevolgen voor organismen die afhankelijk zijn van het fytoplankton. Zoö plankton, maar ook diverse soorten vis en bodemdieren zijn voor hun voedselvoorziening afhankelijk van de productie van het fytoplankton. Hoewel veel bodemdiersoorten vooral op de bodem levende algen (benthische diatomeeën) eten, kan de afname in fytoplankton-productie, mogelijk via de samenstelling van de bodemdieren gevolgen hebben voor hogere trofische niveaus als vissen en vogels.

## 3.3 Primaire productie microfytobenthos

### 3.3.1 Inleiding

Het microfytobenthos bestaat uit de microscopisch kleine plantjes (algen) die op en in de bovenste centimeters van de bodem leven. In de Westerschelde vormen deze organismen een belangrijk onderdeel van het ecosysteem en komen vooral op de bij laagwater droogvallende platen en slikken voor. Het gaat dan voornamelijk om kiezelwieren (diatomeeën). Microfytobenthos is samen met het fytoplankton en hogere planten (zeegras, schorplanten en zeewieren) verantwoordelijk voor de primaire productie in een estuarium. Primaire productie is het proces waarbij anorganische stoffen (zoals stikstof, fosfaat en kooldioxide) onder invloed van zonlicht worden omgezet in organische stof. Dit nieuw gevormde organische materiaal is mede een basis van de voedselketen. Als voedselbron is het microfytobenthos in estuaria als de Westerschelde voornamelijk van belang voor bodemdieren (ongewervelde dieren zoals schelpdieren, wadslakjes, wormen en kreeftachtigen), maar ook voor sommige vissen en vogels.

Naast voedselbron kan microfytobenthos een andere rol vervullen: de benthische kiezelwieren (een groep algen) bevorderen namelijk de stabiliteit van het sediment, doordat zij slijmerige polysaccharide-verbindingen op de sedimentkorrels van de bodem afscheiden. Zo vormen ze een algenmat die een stabiliserende werking heeft op de platen en slikken. De mate van stabiliserende werking is afhankelijk van het type sediment en de soort kiezelwier.

Door met name de natuurbeschermingsorganisaties is de vrees geuit dat door de verruiming de bodem-samenstelling in delen van de Westerschelde grover zal worden, waardoor de mogelijkheden voor microfytobenthos zullen verminderen. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor bijvoorbeeld vogels en vissen, maar mogelijk ook voor de stabiliteit van de slikken en platen. Voor een uitgebreide (technische) rapportage over microfytobenthos, achterliggend document voor dit hoofdstuk, wordt verwezen naar Lievaart (2003).

### 3.3.2 Hypothesen

Door De Jong et al. (1997) worden de verwachte effecten van de verruiming op het microfytobenthos weergegeven in een drietal hypothesen:

**E3: De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10 % toenemen.**

*Toelichting: Een toename van het areaal aan platen en slikken, waarbij er een verschuiving van slibrijke naar slibarme platen optreedt, heeft een geringe toename van de totale jaarproductie tot gevolg.*

**E4: De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het middendeel van de Westerschelde met ca. 20 % toenemen.**

*Toelichting: Een kleine toename van het totale areaal aan platen en slikken en een sterke verschuiving van hoogdynamisch naar laagdynamische hooggelegen intergetijdengebieden, heeft een toename van de totale jaarproductie tot gevolg.*

**E5: De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 5 % toenemen.**

*Toelichting: Ondanks het feit dat het intergetijdengebied ietwat afneemt, zal de totale jaarproductie in zeer geringe mate toenemen door de sterke verschuiving van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen platen.*

De hypothesen zijn gebaseerd op de aanname dat er een relatie bestaat tussen het type ecotoop en de primaire productie door het microfytobenthos op een bepaalde locatie. De primaire productie is vooral afhankelijk van de biomassa microfytobenthos die per oppervlakte eenheid in de bodem zit en de lichtcondities. Nutriënten zijn doorgaans van ondergeschikt belang. De productie van het microfytobenthos, zoals gebruikt in dit document, is niet gebaseerd op productiemetingen in het veld, maar afgeleid uit chlorofyl biomassa waarden. Deze wordt mede bepaald door de factoren droogvalduur (hoogteligging), stromingssnelheid (dynamiek), slibgehalte van de bodem en de geografische positie in de Westerschelde (oost, midden, west). Door Huijs & Krijger (1998) is er een schatting gedaan voor de relatieve biomassa van microfytobenthos per ecotoop, per deelgebied. Hierop zijn uiteindelijk de hypothesen gebaseerd. In paragraaf 3.3.3 wordt deze aanname nader onderzocht.

### 3.3.3 Methode

#### Interpretatie hypothesen

De hypothesen doen uitspraken over de totale jaarproductie van het microfytobenthos. In diverse MOVE-datarapportages zijn de jaarlijkse primaire producties berekend, uitgedrukt als tonnen koolstof (C) per jaar. In de laatste rapportage (Lievaart, 2003) zijn die producties per deelgebied gepresenteerd voor de periode 1989-2001. Die getallen zijn bepaald door op basis van veldgegevens per deelgebied de gemiddelde primaire productie door microfytobenthos per m<sup>2</sup> slik en plaat te schatten en deze per jaar te vermenigvuldigen met het totale areaal slikken en platen in dat jaar (methode a, zie verder).

Voor deze rapportage is door Lievaart (2003) de primaire productie per deelgebied ook op een andere wijze berekend. Hierbij is de totale primaire productie per deelgebied berekend door de arealen van de verschillende ecotopen te vermenigvuldigen met de preferentie (de relatieve mate van voorkomen/'voorkeur') van microfytobenthos voor het betreffende ecotoop. Deze preferentie is de relatieve primaire productie per ecotooptype, waarbij het ecotoop met de maximale primaire productie een preferentie van 100% heeft (methode b, zie verder).

#### Data gebruikt voor toetsing

##### *Gemiddelde primaire productie per oppervlakte-eenheid*

In het lopende MWTL-monitoringsprogramma van het RIKZ zijn bemonsteringen van het microfytobenthos opgenomen. De veldbemonsteringen worden uitgevoerd door de Meetinformatiedienst van directie Zeeland te Vlissingen. Elke maand worden telkens 111 locaties van in totaal 20 raaien, verspreid over de slikken en platen van de Westerschelde bemonsterd. Op iedere monsterlocatie worden telkens met steekbuisjes microfytobenthosmonsters van de bovenste centimeter van de bodem genomen. In het laboratorium van het RIKZ te Middelburg wordt van de monsters het chlorofyl-a-gehalte bepaald. Voor deze rapportage zijn de gegevens tot en met 2001 gebruikt. De primaire productie is berekend uit het chlorofyl-a gehalte middels (Van Berchum en Stikvoort 1999):

$$P = 8.23 + 1.13 \cdot B$$

$B$  = biomassa chlorofyl-a (mg m<sup>-2</sup>)

$P$  = primaire productie (gC m<sup>-2</sup> jaar<sup>-1</sup>)

Voor de berekening van de totale jaarlijkse primaire productie per deelgebied zijn voor:

methode a: de gemiddelde jaarlijkse primaire producties per m<sup>2</sup> berekend door per deelgebied te middelen over alle gegevens.

methode b: zijn de bemonsterde locaties op de door Twisk (2002) vervaardigde ecotopenkaarten geprikt en zijn per ecotoop per deelgebied gemiddelde jaarlijkse primaire producties per m<sup>2</sup> berekend.

Bij methode a wordt gekeken naar het jaarlijkse verloop van de biomassa aan microfytobenthos. Er wordt echter niet specifiek op een ecotooptype ingezoomd. Alle verschillende ecotopen worden bekeken vanuit een zelfde geschiktheid, wat in feite niet terecht is. Methode b. gaat wel in op de geschiktheid per ecotooptype wat een heel sterk punt is bij deze benadering. De zwakte van methode b is dat deze arbeidsintensief is waardoor er maar twee jaren vergeleken kunnen worden.

#### *Arealen*

Door K. van der Male (RIKZ) zijn de oppervlakten platen en slikken per deelgebied over de gemeten jaren bepaald met behulp van de GIS-applicatie VAKGIS. Dit leverde de oppervlakten aan platen en slikken per deelgebied van elk gewenst jaar. De arealen van de ecotopen per deelgebied zijn berekend uit de ecotopenkaarten van 1996 en 2001 (Twisk, 2002).

#### *Totale jaarlijkse primaire productie door microfytobenthos*

De vermenigvuldiging van gemiddelde primaire productie per oppervlakte-eenheid met het areaal slikken en platen levert de totale productie (kg C jaar<sup>-1</sup>) op per deelgebied van de Westerschelde. Zie Lievaart (2003) voor een gedetailleerde beschrijving van de gehele methodiek.

#### *Methode van toetsing*

De hypothesen zijn op twee manieren getoetst:

- Trendanalyse op de via methode a verkregen totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied over de jaren 1989-2001
- Ecotoopbenadering: vergelijking van de via methode b verkregen totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied van de jaren 1996 en 2000

Trendanalyse: Als  $t_0$  zijn de methode-a-gegevens uit de jaren 1989-1996 gebruikt. Van de totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied is over die periode een gemiddelde berekend, inclusief een maat voor de spreiding (5- en 95-percentielen). Voor de toetsing is als nulontwikkeling gehanteerd dat de totale primaire producties gelijk blijven. De totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied vanaf 1998 zijn ten opzichte van deze nulontwikkeling beschouwd.

Ecotoopbenadering: Als  $t_0$  zijn de volgens methode b berekende, mogelijke totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied van 1996 gebruikt. Ook hier is als nulontwikkeling gehanteerd dat de totale primaire producties gelijk blijven. De volgens methode b berekende totale jaarlijkse primaire producties per deelgebied van 2000 zijn vergeleken met die van 1996.

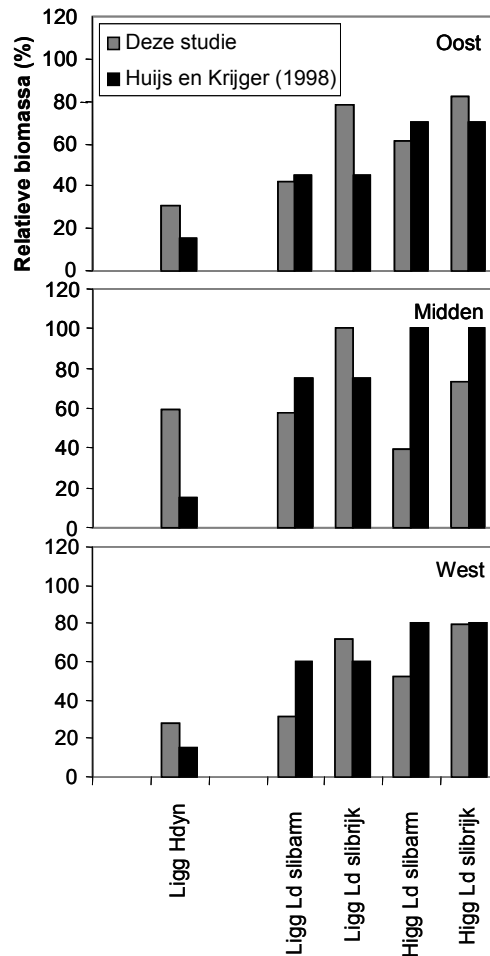
#### **Nadere onderbouwing van de aannames die ten grondslag liggen aan de hypothese**

Door Huijs en Krijger (1996) zijn de arealen van de ecotopen in de drie deelgebieden van de Westerschelde in 1996 berekend en voor 2021 op basis van geprognosticeerde veranderingen geschat. Op basis van toen bekende gegevens is voor de verschillende ecotopen per deelgebied de relatieve preferentie voor het microfytobenthos bepaald. De hypothesen zijn opgesteld door de geprognosticeerde veranderingen in ecotooparealen te vermenigvuldigen met de ecotoop preferenties.



Door Lievaart (2003) is aan de hand van nieuwe meetgegevens onderzocht wat het relatieve belang van de verschillende ecotopen is voor primaire productie door microfytobenthos in de drie deelgebieden van de Westerschelde. Dit is gedaan door de voor microfytobenthos bemonsterde locaties op die kaarten te 'prikken' op de ecotopenkaarten van 1996 en 2001 (Twisk, 2002). De ecotopenkaart van 1996 is gebruikt als input voor de monsterlocaties uit 1995, 1996 en 1997. De ecotopenkaart van 2001 is gebruikt als input voor de monsterlocaties uit 1999, 2000 en 2001. De overige jaren zijn buiten beschouwing gelaten. De preferentie van het ecotoop met de hoogste gemiddelde biomassa over alle jaren is op 100% gesteld, en de anderen naar verhouding daarvan. Figuur 3.3.1 laat zien hoe de relatieve belangrijkheid van ecotopen volgens Huijs & Krijger (1998) en de nieuwste gegevens (Lievaart, 2003) zich tot elkaar verhouden.

**Figuur 3.3.1**  
 Relatieve biomassa microfytobenthos (%) per ecotoop per deelgebied van de Westerschelde volgens Huijs & Krijger (1998) en deze studie (periodes 1995-1997 en 1999-2001).  
 Ligg: laag gelegen intergetijdengebied  
 Higg: hoog gelegen intergetijdengebied  
 Ld: laag dynamisch  
 Hdyn: hoog dynamisch



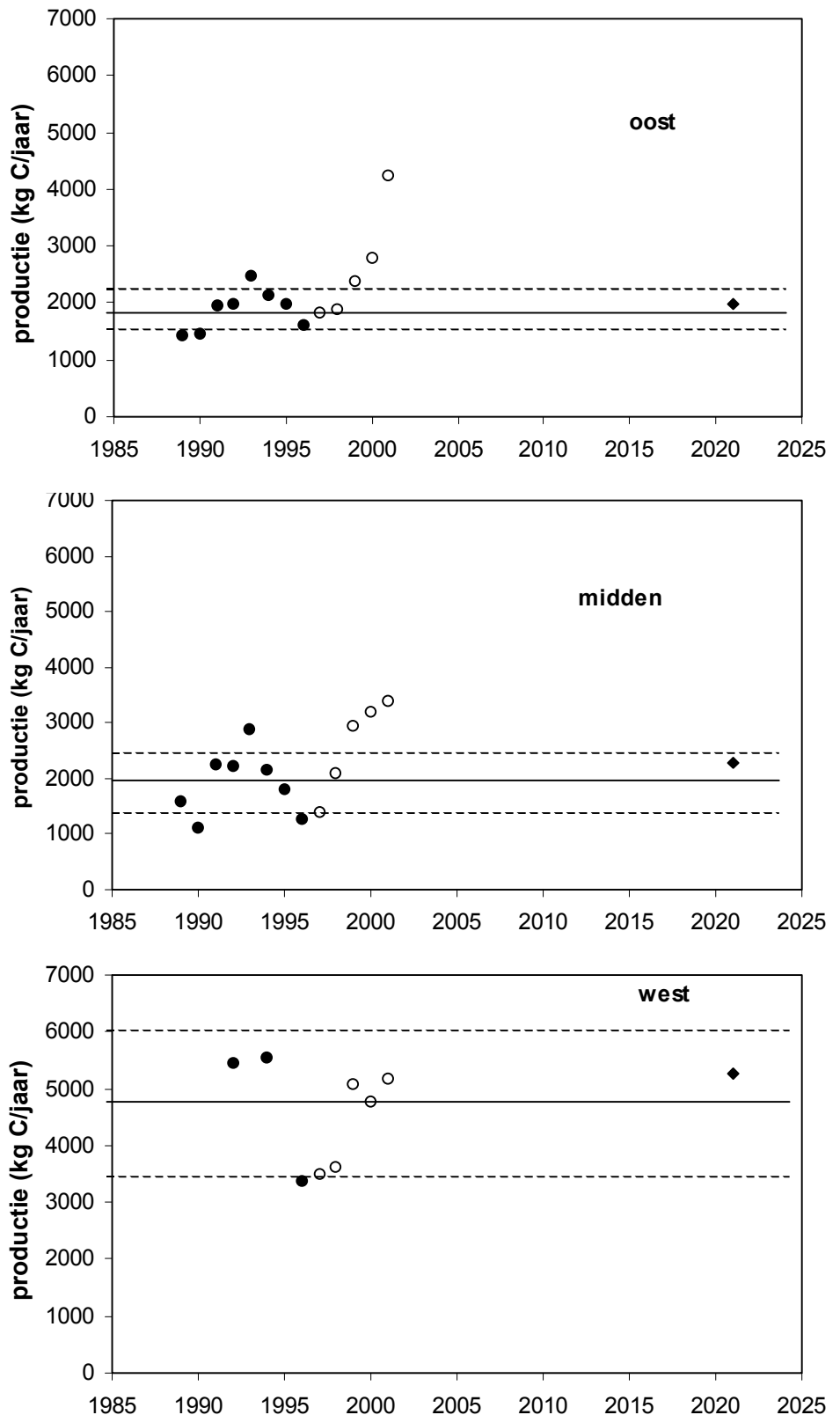
Het door Huijs & Krijger (1998) als meest geschikt veronderstelde ecotoop 'hooggelegen, laagdynamische gebied' blijkt uit de studie van Lievaart (2003) van min of meer gelijk belang als het laaggelegen laagdynamische gebied, zie paragraaf 6. Verder blijkt het hoogdynamische intergetijden gebied van groter belang te zijn voor microfytobenthos dan verondersteld door Huijs en Krijger (1998).

### 3.3.4 Resultaten

Figuur 3.3.2 geeft de resultaten van de tijdreeks. De zwarte gevulde bolletjes staan voor de situatie voor de verruiming, de open bolletjes staan voor de situatie tijdens en na de verruiming, het zwarte vierkant is de prognose voor

2021. De gemiddelde situatie van de jaren 1989 tot en met 1996 wordt gezien als nulontwikkeling en is weergegeven middels de getrokken lijn. De onderbroken lijn geeft de spreiding in de gegevens weer (5- en 95-percentielen). Helaas zijn er voor het westelijk deel slechts drie jaren met gegevens vóór de verruiming beschikbaar, omdat niet van alle jaren oppervlaktegegevens beschikbaar zijn. Dit resulteert in een relatief grote spreiding rond de nulontwikkeling in dit deelgebied. De totale jaarlijkse primaire productie door microfytobenthos in het oosten en

**Figuur 3.3.2**  
 Verloop van de jaarlijkse productie van microfytobenthos in het oostelijk, midden en westelijk deel van de Westerschelde (conform methode a).  
 Getrokken lijn: nulontwikkeling (gemiddelde  $T_0$ )  
 Onderbroken lijnen: 5/95% percentielen



middendeel lijkt toe te nemen ten opzichte van de periode voor 1997, terwijl in het westelijke deel geen duidelijke trend is waar te nemen. Middels een t-toets is getoetst of de berekende totale producties vóór 1997 verschillen van die na de verruiming, namelijk 1999-2001. De jaren tijdens de verruiming (1997 en 1998) zijn buiten beschouwing gelaten. In het westelijke deel is er geen significant verschil ( $p > 0,1$ ). In het midden- en oostelijke deel zijn de toenames echter wel significant ( $p = 0,0002$  en  $p = 0,08$ ).

#### *Geschiktheid voor microfytobenthos*

De verandering in geschiktheid van de deelgebieden van de Westerschelde is berekend door de veranderingen in ecotooparealen te vermenigvuldigen met de ecotoop preferenties van Lievaart (2003). In het oostelijk deelgebied lijkt de geschiktheid te zijn afgenomen, terwijl er een toename heeft plaatsgevonden in het midden (Tabel 3.3.1).

**Tabel 3.3.1**

Verskil in relatieve geschiktheid voor het microfytobenthos tussen 1996 en 2001, opgesplitst naar de deelgebieden van de Westerschelde.

Deelgebied	Verandering relatieve geschiktheid
West	-0.4%
Midden	8.6%
Oost	-4.7%

### 3.3.5 Conclusie

Volgens de trendanalyse zijn de gemiddelde productie-gegevens voor de verruiming: oost, midden, west respectievelijk: 1878, 1905 en 4791 kg C/jaar. Na de verruiming is er een significante toename waarneembaar in oost en midden. In west is er geen significante toename waarneembaar. De toename in oost is niet te wijten aan een toename in de geschiktheid van de Westerschelde voor microfytobenthos. Mogelijk zijn de geobserveerde veranderingen het gevolg van dynamische ontwikkelingen in het systeem die niets te maken hebben met de verruiming (meteorologische omstandigheden, graasdruk). Er is dan ook geen reden om aan te nemen dat de geprognosticeerde waarden voor 2021 niet worden gehaald. De conclusie van dit onderzoek is als volgt:

**Er is geen reden om de hypothesen die betrekking hebben op de veranderingen in microfytobenthos productie in het westelijk, midden en oostelijk deelgebied (Hypothese E3, E4 en E5) van de Westerschelde te verwerpen.**

### 3.3.6 Discussie

#### *trendanalyse*

De trendanalyse geeft een ander beeld dan de ecotoopbenadering in het oostelijk en westelijk deelgebied. In het midden en oosten is er een significante toename in productie van het microfytobenthos na de verdieping.

Mogelijk zijn deze veranderingen een gevolg van weersinvloeden, met name in de maanden mei en juni waarin de grootste primaire productie plaats vindt. De jaren na de verdieping: 1998, 1999 en 2000 zijn over het algemeen warmere jaren geweest dan de jaren voor de verdieping (Lievaart, 2003). Het is dan ook niet verwonderlijk dat de primaire productie toeneemt ten opzichte van de jaren daarvoor.

In het fytoplankton hoofdstuk wordt melding gemaakt van een afnemend doorzicht. Primaire productie van het microfytobenthos vindt voornamelijk plaats op drooggevallen delen. Er vindt echter onder water ook primaire productie plaats, waarbij doorzicht een belangrijke factor is. Het doorzicht van het water wordt beïnvloed door de concentratie en samenstelling van het

zwevende stof en de achtergrondkleur van het water. Deze achtergrondkleur wordt onder meer bepaald door de concentratie opgeloste humuszuren. Als het verminderde doorzicht het gevolg is van de verruimingswerkzaamheden, dan zal dit waarschijnlijk veroorzaakt zijn door een toename in zwevend stof en niet door hogere concentraties opgeloste pigmenten van humuszuren. Omtrent de humuszuren kunnen geen uitspraken worden gedaan omdat daarvoor geen gerichte meetprogramma's zijn opgesteld. Doorzicht vermindering komt voornamelijk voor in het westelijk deel (zie fytoplankton), wat een mogelijke verklaring is van het feit dat er in het westen geen significante toename is waar te nemen.

#### *Ecotoopbenadering*

De hypothesen met betrekking tot het microfytobenthos hebben een sterke relatie met ecotopen. Het meest geschikte ecotoop zoals dit door Huijs en Krijger wordt geformuleerd (hooggelegen, laagdynamische intergetijdengebied in het deelgebied midden) wordt niet als zodanig teruggevonden. Uit de studie van Lievaart (2003) blijkt dat het laaggelegen, laagdynamische intergetijdengebied minstens zo geschikt is voor het microfytobenthos. Mogelijk komt dit omdat de gekozen grenzen bij deze ecotoop-benadering 'hard' zijn (NAP-lijn), en meer gebaseerd zijn op pragmatische dan op ecologische overwegingen. Bouma en de Jong (in prep) beschrijven een alternatieve ecotopenindeling, 'de Zes', waarin meer wordt uitgegaan van ecologische grenzen. Deze benadering sluit beter aan op de natuurlijke leefomstandigheden van organismen. Hier wordt de grens gesteld op permanent onder water-elk tij overspoeld-niet elk tij overspoeld. Aanbevolen wordt om bij de volgende evaluatie zowel de huidige ecotoopkartering te gebruiken als de benadering volgens 'de Zes' methode en beide benaderingen onderling te vergelijken.

Naast de 'ZES' methode bestaat ook de habitat benadering die specifiek inzoomt op het meest geschikte habitat voor het microfytobenthos. Ook deze benadering zou zeer geschikt zijn om te gebruiken bij een volgende evaluatie.

Het feit dat de ecotoop benadering juist een afname in de mogelijkheden voor microfytobenthosproductie in het oostelijk deelgebied laat zien komt voornamelijk door een afname van hooggelegen, slibrijke gebieden in het oosten. Daarnaast is er een veel kleinere afname in het laaggelegen, laagdynamisch gebied in het oosten. De afname van productie komt in de trendanalyse over de diverse jaren niet tot uiting, integendeel, de trendanalyse laat een toename zien in productie van het microfytobenthos na de verruiming. De beide benaderingen kijken dan ook naar andere variabelen. Waar in de trendanalyse is gekeken naar primaire productie (of eigenlijk biomassa chlorofyl-a), is in de ecotopenbenadering gekeken naar een maat voor de geschiktheid van de deelgebieden van de Westerschelde voor microfytobenthos. Afgezien van het feit dat de gekozen ecotopen-indeling mogelijk niet de meest geschikte is voor het microfytobenthos, geven deze twee benaderingen niet hetzelfde weer. De uiteindelijk gemeten biomassa (en primaire productie) wordt namelijk in hoge mate mede gestuurd door de weersomstandigheden in een bepaald jaar.

#### *Aanbevelingen*

De bemonsteringsmethode zoals deze nu wordt uitgevoerd is niet gebaseerd op gerichte bemonstering per ecotoop. Het verdient aanbeveling om gericht in de diverse ecotopen te monstern, zeker gezien de verwachte veranderingen en verschuiving in ecotopen. Een probleem hierbij is echter dat de ecotoopkaarten ten tijde van de bemonstering doorgaans niet beschikbaar zijn.

De weersomstandigheden per jaar spelen een grote rol in de gemeten biomassa (en primaire productie). Daarom moeten deze beter bij de berekeningen worden betrokken. Lievaart (2003) geeft een concrete aanbeveling hoe dat gerealiseerd kan worden.

## 3.4 Bodemdieren

### 3.4.1 Inleiding

De bodemdiergemeenschap (dieren die in en op de bodem leven) bestaat uit een grote diversiteit aan organismen variërend van het microscopisch kleine microzoö benthos en meiozoö benthos tot het grotere macrozoö benthos en megazoö benthos. De hypothesen met betrekking tot bodemdieren richten zich op het macrozoö benthos (bodemdieren die achterblijven op een zeef met een maaswijdte van 1 mm). In de Westerschelde gaat het dan vooral om wormen, schelpdieren en kleine kreeftachtigen.

Bodemdieren zijn een belangrijke schakel binnen het estuariene voedselweb. Een belangrijk deel van de primaire productie bereikt via het macrozoö benthos de hogere trofische niveaus. Zo vormen bodemdieren een belangrijke voedselbron voor kreeftachtigen, vissen en vogels. Voor de Westerschelde is er een duidelijke relatie aangetoond tussen het aantal bodemdieren etende vogels en de massa beschikbare bodemdieren op getijdenplaten (Ysebaert & Herman 2003). Naast deze rol als voedselbron heeft macrozoö benthos een belangrijke rol in het opruimen en afbreken van organisch materiaal (resten van algen en bacteriën). Ongeveer 15-20% van de totale afbraak van organisch materiaal in de zeebodem komt voor rekening van bodemdieren. Daarnaast stimuleren de bodemdieren via ondermeer bioturbatie (het mengen van de bodem door graven van gangenstelsels) de bacteriële afbraak van organisch materiaal.

Doordat ze gedurende een groot deel van hun leven een vaste standplaats hebben, worden bodemdieren sterk beïnvloed door de, vaak sterk variërende, omgevingscondities rond hun standplaats. Hierdoor is de bodemdiersamenstelling in het algemeen een belangrijke indicator voor de samenstelling en de kwaliteit van het water en de bodem over een bepaalde periode. De brakwater intergetijdengebieden in de Westerschelde bijvoorbeeld hebben een karakteristieke bodemdiergemeenschap (Ysebaert 2000) die aangepast is aan de sterk fluctuerende zoutgehalten en periodieke droogval. Verandering van de leefomgeving (bijvoorbeeld veranderingen in intergetijdengebied ten gevolge van verruimingswerkzaamheden) hebben hierdoor een directe uitwerking op de bodemdiergemeenschap, en daarmee het ecosysteem van de Westerschelde.

De bodemdierbiomassa in de Westerschelde is relatief laag (gemiddeld 7 g AFDW m<sup>-2</sup>) vergeleken met andere watersystemen zoals Grevelingenmeer, Oosterschelde en Veerse Meer. Mogelijk is deze lage biomassa het gevolg van de relatief geringe primaire productie in het systeem als gevolg van het beperkte doorzicht (Herman et al. 1999). De biomassa varieert sterk van jaar tot jaar, waardoor het moeilijk is trends te ontdekken en veranderingen te kunnen relateren aan ingrepen.

In dit hoofdstuk, dat is gebaseerd op de studie van Wijsman (2003), wordt onderzocht in hoeverre er veranderingen hebben plaatsgevonden in de bodemdierbestanden tussen 1992 en 2001 door de tweede verruiming. Uitgangspunt zijn de hypothesen met betrekking tot bodemdierbiomassa, die zijn gedefinieerd in het plan van aanpak van het MOVE-project (De Jong et al., 1997).

### 3.4.2 Hypothesen

De hypothesen over de veranderingen in biomassa's bodemdieren (De Jong et al., 1997) zijn opgesplitst naar drie deelgebieden van de Westerschelde: oost (brakke zone), midden (overgangszone) en west (mariene zone). Voor ieder deelgebied wordt een uitspraak gedaan over de verwachte bodemdierbiomassa in het jaar 2021 (25 jaar na de verruiming).

**Hypothese E6: De jaargemiddelde biomassa aan bodemdieren op platen, slikken en in de ondiepwater gebieden in het westelijke deel van de Westerschelde zal ca. 5% toenemen.**

*Toelichting: Ondanks de sterke afname van het ondiepwater-gebied, leidt forse uitbreiding van het laagdynamische intergetijdengebied tot een zeer geringe toename van de jaargemiddelde biomassa.*

**Hypothese E7: De jaargemiddelde biomassa aan bodemdieren op platen, slikken en in de ondiepwater gebieden in het midden deel van de Westerschelde zal met ca. 20% toenemen.**

*Toelichting: Ondanks de sterke afname van het ondiepwater-gebied, neemt de totale biomassa toe als gevolg van een geringe uitbreiding van het intergetijdengebied, waarbij er een verschuiving plaatsvindt van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen intergetijdengebieden.*

**Hypothese E8: De jaargemiddelde biomassa aan bodemdieren op platen, slikken en in de ondiepwater gebieden in het oostelijk deel van de Westerschelde zal met ca. 10% toenemen.**

*Toelichting: Ondanks de sterke afname van het ondiepwater-gebied, neemt de totale biomassa toe als gevolg van de sterke verschuiving van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen intergetijdengebieden.*

De oorspronkelijke gedachte achter de hypothesen is dat de gemiddelde biomassa bodemdieren op een bepaalde locatie wordt bepaald door de leefomgeving ofwel het type ecotoop<sup>21</sup>. Bij het opstellen van de hypothesen is men ervan uitgegaan dat de hoogste biomassa's aan bodemdieren in laagdynamische ecotopen voorkomen. Daarnaast is er een verschil van oost naar west, met de hoogste biomassa's in het westen en de laagste in het oosten. Tevens is er vanuit gegaan dat in de rustige ondiepwatergebieden in het oosten relatief hoge biomassa's voorkomen (De Jong et al., 1997; Huijs & Krijger, 1998)

De hypothesen zijn in de tussentijd niet aangepast (Liek 2002). In datarapportages is al eerder ingegaan op deze hypothesen en is uiteindelijk als referentie ( $T_0$ ) de set gegevens uit de periode 1992 – 1996 gebruikt (Van Berchum & Stikvoort, 1999; Stikvoort & Vink, 2001 en Lievaart & Stikvoort, 2002).

### 3.4.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothesen

In de interpretatie van Berchum & Stikvoort (1999) doen de hypothesen over bodemdieren uitspraken over de ontwikkeling van de totale bestanden aan bodemdieren in de drie deelgebieden van de Westerschelde. In de door hen

---

<sup>21</sup> Ecotoop is een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid waarvan de samenstelling en ontwikkeling wordt bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse.

voorgestelde benadering om deze ontwikkeling te kunnen volgen en toetsen werken ze beschikbare gegevens op tot schattingen van de totale bestanden bodemdieren per deelgebied. Vanwege de aard van de beschikbare gegevens berekenden zij de jaargemiddelde bestanden per deelgebied op grond van de arealen slikken en platen en ondiepwatergebied per deelgebied én de waargenomen jaargemiddelde biomassa in de slikken, platen en ondiepwatergebied per deelgebied (oppervlakte maal gemiddelde biomassa per m<sup>2</sup> levert het bestand). De deelgebieden vallen daarbij niet geheel samen met het gebruikelijke onderscheid in MOVE in deelgebieden (vanwege de opzet van al bestaande monitoring). In navolgende datarapportages (Stikvoort & Vink, 2001; Lievaart & Stikvoort, 2002) werd steeds dezelfde benadering gehanteerd.

Bij de hypothesen is de aanname gedaan dat een ecotoop een min of meer constante eigen bodemdiersamenstelling heeft. Veranderingen in arealen van de verschillende ecotopen vertalen zich daarmee door in de totale bestanden bodemdieren. In de paragraaf 'nadere onderbouwing aannames' wordt deze aanname nader onderzocht. De gehanteerde methodiek voor de toetsing van de ontwikkeling van de bestanden is echter niet gevoelig voor het al of niet terecht zijn van de aannames. Dat komt omdat het bemonsteringsprogramma erop gericht is om een gemiddeld beeld van de bodemdieren in de slikken, platen en ondiepwatergebieden te krijgen, en niet gedifferentieerd naar ecotopen.

Bij het opstellen van de hypothesen is niet gedocumenteerd hoe in de tijd de voorspelde veranderingen zich zullen manifesteren. Verwachting is evenwel dat de morfologische veranderingen in de eerste jaren na de verruiming waarschijnlijk de grootste ontwikkeling zullen doormaken, waarna de veranderingen nog een lange tijd (10-15 jaar) zullen najlen. Vanwege het feit dat de bodemdieren die in de Westerschelde voorkomen doorgaans een vrij korte generatietijd (vaak minder dan een jaar, tot hooguit enkele jaren) hebben, is de verwachting dan ook dat de bodemdierengemeenschap de morfologische veranderingen snel zal volgen.

Om een hypothese te kunnen toetsen dient de uitgangssituatie ( $t_0$ -situatie) duidelijk te worden gedefinieerd. Bodemdiergegevens zijn doorgaans onderhevig aan sterke jaarlijkse fluctuaties als gevolg van variatie in broedval, predatie, sterfte in de winter door vorst etc. Daarom is de geobserveerde biomassa in het jaar voor de verdieping (1996) niet *per se* representatief voor de  $t_0$ -situatie. De  $t_0$ -situatie is daarom gedefinieerd als de jaargemiddelde biomassa in de jaren vóór de verdieping (1992 t/m 1996).

### **Data gebruikt voor toetsing**

#### *Bodemdieren*

In deze studie wordt gebruik gemaakt van de bodemdiergegevens die door het NIOO-CEME in opdracht van RIKZ zijn verzameld in de Westerschelde in het kader van het Biologisch Monitoring Programma van de zoute rijkswateren (MWTL). Deze monitoring vindt sinds 1990 tweemaal per jaar plaats (voorjaar en najaar) binnen drie grote meetplots. Sinds 1994 wordt in het kader van het MOVE project tevens een vierde plot bemonsterd (plot 4). Tezamen beslaan deze plots circa 90 % van de oppervlakte van de Westerschelde (tussen de Belgisch/Nederlandse grens en de lijn Vlissingen-Breskens).

Ieder plot is onderverdeeld in vier diepte strata:

- Stratum 0: intergetijdengebied (boven NAP -2m)
- Stratum 1: tussen NAP -2m en NAP -5m
- Stratum 2: tussen NAP -5m en NAP -8m
- Stratum 3: dieper dan NAP -8m.

Per plot, per stratum worden tien (willekeurig gekozen) stations bemonsterd (in het kleinere plot, plot 4 worden slechts vijf stations per stratum bemonsterd). De totale dataset bestaat uit 2976 monsters, verzameld in de jaren 1990 tot en met 2001. In het intergetijdengebied (stratum 0) is er in de jaren 1990 en 1991 op vaste stations gemeten, in aansluiting op een bemonstering in de jaren tachtig (namelijk project SAWES: Van Buuren & Stronkhorst, 1987). Omdat er bij die bemonsteringen destijds gericht is gezocht naar locaties met hoge biomassa (Pers. meded. Tom Ysebaert) is besloten alle gegevens vóór 1992 buiten beschouwing te laten. Vanaf 1992 zijn ook de stations in het intergetijdengebied (stratum 0) willekeurig bemonsterd.

Van ieder monster zijn de bodemdieren gedetermineerd tot op soortsniveau. De dichtheid (aantal per m<sup>2</sup>) en de biomassa (gram asvrij drooggewicht per m<sup>2</sup> [AFDW]) zijn per soort berekend. De totale biomassa bodemdieren (g AFDW m<sup>-2</sup>) is berekend door de biomassa's van de individuele soorten bij elkaar op te tellen. De locaties waar geen bodemdieren zijn aangetroffen hebben hierdoor een biomassa van 0 g AFDW m<sup>-2</sup>. Omdat de hypothesen betrekking hebben op de bodemdierbestanden op slikken, platen en in de ondiepwatergebieden zijn de diepere strata (stratum 2 en stratum 3) buiten beschouwing gelaten. Voor ieder jaar is per deelgebied (west, midden, oost) de jaargemiddelde biomassa bodemdieren berekend voor de slikken en platen en het ondiepwater gebied, door de biomassa's van het voor- en najaar te middelen.

#### *Arealen*

De arealen van de intergetijdengebieden (exclusief schorren) en de ondiepwater-gebieden zijn per deelgebied bepaald uit de vaklodingen voor de verschillende jaren (zie subhoofdstuk 2.8). Omdat niet in alle jaren onderscheid is gemaakt tussen het areaal schor en slik, is het areaal slik berekend uit het areaal schor+slik, waarbij is aangenomen dat in het westelijk, midden en oostelijk deelgebied respectievelijk 91.3%, 96.6% en 46.3% van het totaal areaal schor en slik bestaat uit slik. Deze percentages zijn berekend uit de geobserveerde verhoudingen schor/slik in de jaren 1988, 1996 en 2001.

#### *Bestanden*

De bodemdierbestanden (ton AFDW), de parameter waar uiteindelijk op getoetst wordt, zijn berekend door de gemiddelde biomassa per deelgebied (g AFDW m<sup>-2</sup>) te vermenigvuldigen met de arealen (m<sup>2</sup>) per deelgebied voor het ondiepwater- en intergetijdengebied. Het totale bestand per deelgebied is berekend door het bestand van het ondiepwater gebied op te tellen bij het bestand in het intergetijdengebied.

De in dit document (en in Wijsman, 2003) gepresenteerde resultaten wijken af van eerdere datarapportages (Van Berchum & Stikvoort, 1999; Stikvoort & Vink, 2001; Lievaart & Stikvoort, 2002).

Dit heeft twee oorzaken:

1: In de voorgaande rapportages zijn de bestanden bepaald per bemonsterd plot (plot 1, plot 2 plot 3 en plot 4). Deze indeling komt niet geheel overeen met de MOVE-indeling in west, midden en oost, en waarop de hypothesen in feite een uitspraak doen. Zo ligt plot 2 gedeeltelijk in deelgebied west en



gedeeltelijk in deelgebied midden (De Jong et al. 1997). In de huidige aanpak zijn de gegevens geaggregeerd volgens de MOVE indeling.

2: Recentelijk zijn er aanpassingen en correcties toegepast op de BIOMON database van het NIOO-CEMO, waardoor de biomassa's in het begin van de negentiger jaren iets lager zijn dan eerder gepresenteerd.

### **Methode van toetsing**

Van de per deelgebied berekende bestanden per jaar zijn reeksen van 1992 t/m 2001 beschikbaar. De gegevens van de jaren 1992 t/m 1996 vormen de  $T_0$  en aangezien bodemdierenbestanden van jaar tot jaar aanzienlijk variëren en de periode (1992-1996) te kort is om een eventuele langetermijntrend te detecteren is gesteld dat de bodemdierbestanden vóór de verruiming een stabiel niveau hadden (maar wel met veel schommelingen). Als nulontwikkeling is dan ook gesteld dat de biomassa's stabiel blijven (afgezien van de grote schommelingen). Op basis van het gemiddelde van de gegevens uit 1992-1996 zijn de gekwantificeerde voorspellingen van de hypothesen doorberekend. In de grafieken waarin de gegevens worden gepresenteerd is het verwachte gemiddelde bestand in 2021 gepresenteerd. De nulontwikkeling is ook in deze grafieken opgenomen, inclusief de spreiding van de gemiddelden. Dit is gedaan door de 5- en 95-percentielen van de biomassa's uit 1992-1996 te berekenen.

Per deelgebied is er gekeken of er een trendbreuk is opgetreden in de jaargemiddelde totale biomassa bodemdieren op de platen, slikken en in de ondiepwater-gebieden. Vervolgens zijn de observaties van 1997-2001 vergeleken met de berekende  $t_0$  situatie (gemiddelde situatie van 1992-1996), waarbij rekening is gehouden met de spreiding in de opgetreden bestanden. Als deze observaties duidelijk en eenduidig afwijken van de  $t_0$ -situatie, is dit een aanwijzing dat er veranderingen hebben plaatsgevonden in de bodemdierbestanden. Om te testen of deze veranderingen significant zijn, is een t-toets uitgevoerd voor de drie deelgebieden op de log-getransformeerde biomassa. Hiertoe is een selectie gemaakt van alle bemonsteringen die op slikken, platen en in de ondiepwater-gebieden zijn uitgevoerd. Bij de analyse is gewogen naar het oppervlakte van het desbetreffende gebied. Hierbij kan geen uitspraak worden gedaan of deze zijn veroorzaakt door de verruiming omdat (onbekende) nulontwikkelingen ook een rol kunnen spelen.

### **Nadere onderbouwing van de aannames die ten grondslag liggen aan de hypothese**

De ecotopenbenadering die ten grondslag ligt aan de in de hypothesen E6 t/m E8 geuite voorspellingen berust op de aanname dat de onderscheiden ecotopen een min of meer constante zoö benthosamenstelling hebben. Wijsman (2003) heeft onderzocht of de preferenties (soort index voor de mate waarin zoö benthosbiomassa in een ecotoop voorkomt; preferentie van 100 betekent dat er het maximum aan biomassa voorkomt) die Huijs & Krijger (1998) voor de ecotopen hebben gehanteerd ondersteund worden door nieuwe zoö benthos-inventarisatiegegevens. Daartoe heeft hij de locaties van de bodemdierbemonsteringen van het NIOO-CEMO gekoppeld aan de nieuwe ecotopenkaarten van 1996 en 2001 (Twisk 2002) en vervolgens de preferentie per ecotooptype berekend (tabel 3.4.1). Voor de ecotopenkaart uit 1996 zijn de bodemdiergegevens van 1995-1997 gebruikt en voor de ecotopenkaart van 2001 de bodemdiergegevens van 1999-2001. Uit de resultaten blijkt dat er bij behoorlijk wat ecotopen belangrijke verschillen zijn: de geobserveerde preferentie voor laagdynamische, slibarme intergetijdengebieden in het midden en westelijke deel van de Westerschelde lager is dan gesteld door Huijs en Krijger (1998). Vooral in het westelijke deelgebied worden er door Huijs en Krijger (1998) juist aanzienlijke verandering voorspeld in deze ecotooptypen,

**Tabel 3.4.1**

Ecotoop-preferenties van bodemdierbiomassa voor de verschillende ecotopen in de deelgebieden oost, midden en west van de Westerschelde. Het ecotoop met de hoogste biomassa heeft een preferentie van 100.

	Huijs en Krijger (1998)			Wijsman (2003)		
	Oost	Midden	West	Oost	Midden	West
Platen en slikken						
Hoog dynamisch	1	1	1	9	20	60
Laag dynamisch						
<NAP zandig	20	70	90	9	11	14
<NAP slibrijk	30	60	100	17	70	100
>NAP zandig	20	70	90	38	43	34
>NAP slibrijk	30	60	100	28	52	96
Ondiepwater						
$v > 0.5 \text{ m s}^{-1}$	2	5	5	3	9	12
$v < 0.5 \text{ m s}^{-1}$	2	20	60	3	16	9

hetgeen duidelijk effect zal hebben voor de voorspelde bodemdierbestanden in 2021. Verder hebben de hoogdynamische intergetijdengebieden een hogere preferentie dan gesteld door Huijs en Krijger (1998). De preferentie in deze ecotopen komt overeen met die van de ondiepwater-gebieden (Wijsman, 2003). Doordat het areaal hoogdynamisch intergetijdengebied redelijk groot is en ook de voorspelde veranderingen aanzienlijk zijn heeft dit gevolgen voor de voorspelde veranderingen bodemdierbestanden.

### 3.4.4 Resultaten

Figuur 3.4.1 laat zien dat de jaargemiddelde totale bestanden bodemdieren op slikken, platen in de ondiepwater gebieden in alledrie de deelgebieden sterk varieert. Het eerste jaar (1992) is voor alle deelgebieden een goed jaar, vooral door goede jaarklassen van de kokkel (*Cerastoderma edule*), de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) en het nonnetje (*Macoma balthica*). In de volgende jaren (1993 tot en met 1996) vindt er een plotselinge (westelijk en oostelijk deelgebied) of geleidelijke (middendeel) afname in bodemdierbestand plaats.

Tijdens de jaren van de verruiming (1997 en 1998) zijn de bodemdierbestanden hoog. Mogelijk heeft dit te maken met de werkzaamheden, maar het kan ook het gevolg zijn van relatief goede jaren, zoals ook in 1992 het geval was. De hoge bodemdierbiomassa's in 1997 en 1998 zijn voornamelijk veroorzaakt door succesvolle jaren van kokkel (*Cerastoderma edule*) en nonnetje (*Macoma balthica*) (zie figuur 3.4.2). 1998 was tevens een goed jaar voor de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*). Deze ontwikkelingen zijn waarschijnlijk niet het gevolg van veranderingen in ecotooparealen, omdat deze over het algemeen geleidelijker zullen optreden.

In de drie jaren na de verruiming (1999, 2000 en 2001) zijn de bodemdierbestanden relatief laag ten opzichte van het gemiddelde bodemdierbestand vóór de verruiming en schommelt rond het 5-percentiel. Het is niet duidelijk of dit het gevolg is van verruiming. Het kan ook te maken hebben met factoren die geen relatie hebben met de verruiming, zoals strenge winters, broedval, hoge rivierafvoer. In ieder geval is de richting van de verandering (afname) tegengesteld aan de richting die wordt voorspeld in de hypothese (toename).

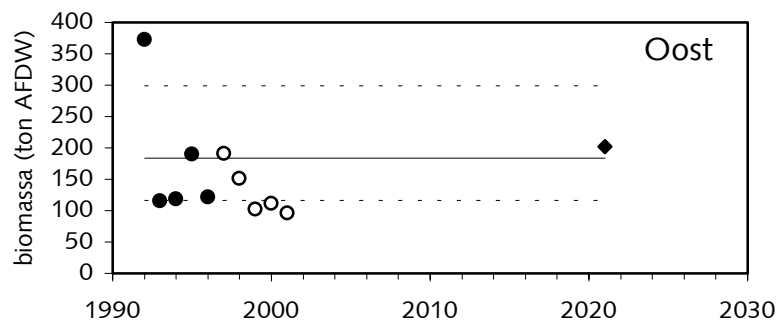
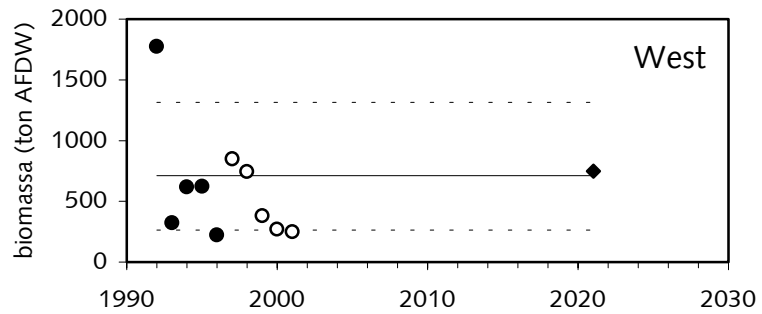
#### T-toets

Voor alledrie de deelgebieden lijken de bestanden bodemdieren op platen, slikken en in de ondiepwater-gebieden in de periode 1997 – 2001 lager dan in de periode 1992 – 1996, omgekeerd aan de veranderingen zoals voorspeld in

de hypothesen. Voor geen van de drie deelgebieden toonde de t-toets een significant verschil aan ( $\alpha=0.1$ ) in bodemdierbiomassa voor en na de verruiming.

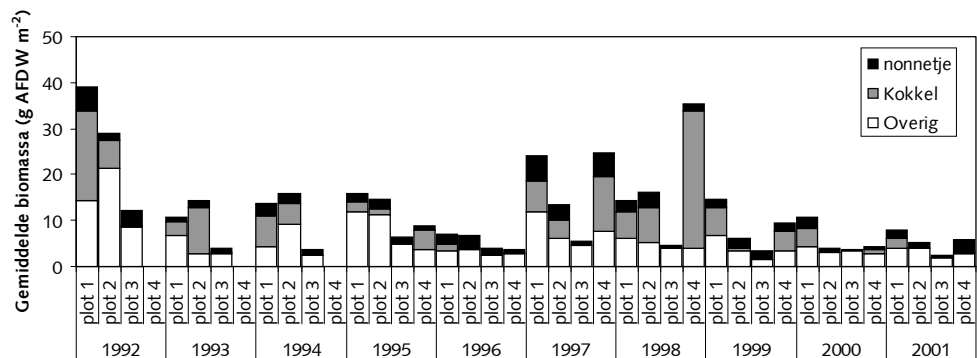
**Figuur 3.4.1**

Verloop van jaargemiddelde bestanden bodemdieren op slikken, platen en in de ondiepwater-gebieden in het westelijk, midden en oostelijk deelgebied van de Westerschelde. Zwarte bolletjes geven de waarden vóór de verruimingswerkzaamheden (1992 – 1996) en de open bolletjes de resultaten tijdens en ná verruiming (1997 - 2001). De prognose voor 2021 (De Jong et al. 1997) is weergegeven middels een zwarte ruit. Getrokken lijn geeft gemiddelde waarde ( $t_0$  situatie) en de onderbroken lijnen de 5- en 95-percentielen over de periode 1992 – 1996.



**Figuur 3.4.2**

Verloop van jaargemiddelde biomassa bodemdieren (g AFDW m<sup>-2</sup>) in het intergetijdengebied voor de verschillende plots over de jaren 1992 t/m 2001. Het aandeel van de kokkels en nonnetjes is met grijs respectievelijk zwart weergegeven



### 3.4.5 Conclusie

Hoewel de na de verruiming geconstateerde bestanden bodemdieren in de drie deelgebieden een lager niveau lijken te hebben dan vóór de verruiming en daarmee een tegengestelde ontwikkeling lijken door te maken dan in de hypothesen gesteld, heeft de t-toets laten zien dat de verschillen niet significant zijn, omdat bodemdierenbestanden aan grote fluctuaties onderhevig zijn. De waarnemingsperiode is dan ook nog te kort, gezien de grote jaarlijkse fluctuaties in de bestanden, om de conclusie te kunnen trekken dat de hypothesen verworpen zouden moeten worden.

**Vooralsnog worden de hypothesen die betrekking hebben op de verandering in bodemdierbiomassa op slikken, platen en in de ondiepwatergebieden in het westelijk, midden en oostelijk deelgebied (Hypothesen E6, E7 en E8) niet verworpen.**

### 3.4.6 Discussie

De verwachte veranderingen in bodemdierbiomassa (5, 20 en 10%) zijn zeer gering in vergelijking met de jaarlijkse variatie in bodemdierbiomassa (variatie coëfficiënt >100%). Gecombineerd met het beperkt aantal jaren waarvoor data beschikbaar zijn is het "oplossend vermogen" of "power" van de analyse beperkt. Het is daarom überhaupt de vraag of dergelijke verschillen in 2021 daadwerkelijk kunnen worden aangetoond. De kans op een Type II fout (Sokal & Rohlf 1936): "hypothese wordt geaccepteerd terwijl deze niet juist is", is daarom ook relatief groot. Om de power van de analyse te vergroten, en dus dergelijke relatief kleine veranderingen wel te kunnen waarnemen zijn meer gegevens nodig (meerdere jaren observaties of meer observaties in de ondiepwater en intergetijdengebieden). Tevens kan de power van de analyse worden vergroot door meer kennis te verkrijgen in de processen die de jaarlijkse variaties veroorzaken (broedval, predatie, mortaliteit). Door hiervoor te corrigeren kunnen veranderingen als gevolg van ecotooparealen beter inzichtelijk worden gemaakt.

De hypothesen met betrekking tot bodemdieren hebben een sterke relatie met ecotopen. Uitgangspunt is dat het type ecotoop bepaalt wat de gemiddelde biomassa bodemdieren is op een bepaalde locatie. De mogelijke veranderingen in bodemdierbiomassa, die optreden ten gevolge van een ingreep (verruiming) zullen daarom een direct gevolg zijn van een verandering in ecotoopareaal. Dit impliceert dat mogelijke effecten van verruiming op bijvoorbeeld primaire productie geen gevolgen zullen hebben voor de bodemdierbiomassa. Alhoewel niet wordt verwacht dat de primaire productie in de Westerschelde zal veranderen ten gevolge van de verruiming (De Jong et al. 1997), kan een verandering in primaire productie in de Westerschelde echter wel degelijk leiden tot een verandering in bodemdierbiomassa. In een studie van Herman et al. (1999) wordt namelijk een duidelijk verband aangetoond tussen de primaire productie in een estuarium en de gemiddelde bodemdierbiomassa. Uit stabiele-isotoop-studies is tevens gebleken dat de bodemdieren in de Westerschelde voornamelijk leven van productie van organisch materiaal in de Westerschelde zelf (Pers. meded. Peter Herman). Mogelijk is de primaire productie in de Westerschelde limiterend voor de mogelijkheden voor bodemdieren. De bestanden bodemdieren in de Westerschelde zouden daarom dus wel eens sterk gekoppeld kunnen zijn aan de lokale primaire productie. Met andere woorden: de gebruikte ecotopen-benadering zou wel eens te beperkt kunnen

zijn om de verwachtingen omtrent de ontwikkeling van bodemdieren goed te kunnen kwantificeren.

De hoogste biomassa aan bodemdieren in de Westerschelde wordt waargenomen in het intergetijdengebied (Wijsman, 2003). De gemiddelde biomassa in het ondiepwater (-2m NAP tot -5m NAP) is even laag als in de diepere strata (-5m NAP tot -8m NAP en <-8m NAP). Bij de MWTL-bemonstering in de Westerschelde is gekozen voor een gestratificeerde willekeurige bemonstering, waarbij de 4 dieptestrata met dezelfde intensiteit worden bemonsterd. Vanwege het grote belang van het intergetijdengebied voor de totale macrozoö benthos-biomassa en het feit dat de belangrijkste ecotopen voor bodemdieren qua biomassa-dichtheid in het intergetijdengebied liggen, wordt aanbevolen om relatief meer inspanning te steken in de bemonstering van het intergetijdengebied (eventueel ten koste van de inspanning in de dieper gelegen strata). Hierdoor zullen er meer bemonsteringen worden gedaan in de voor de bodemdieren belangrijke ecotopen, waardoor er betere schattingen kunnen komen van bodemdierbiomassa per ecotoop.

Een andere ecotopenindeling zal mogelijk een betere voorspelling geven van de bodemdierbiomassa. De ecotopenindeling volgens de Haan (zie Twisk, 2002), waarop de hypothesen gebaseerd zijn, maakt onderscheid in deelgebied, hoogteligging, dynamiek en slibgehalte. De keuze van deze parameters en de klassengrenzen daarbinnen (bijvoorbeeld de 0 meter NAP lijn) zijn gebaseerd op pragmatische overwegingen, die weinig of geen ecologische relevantie hebben. Bij de formulering van het nieuwe ecotopenstelsel (Zoute wateren Ecotopen Stelsel, ZES) wordt er meer vanuit de organismen gedacht (Twisk, 2002). Mogelijk zal dit leiden tot een betere relatie tussen ecotopen en biomassa bodemdieren. In een komende evaluatie zou het ZES-ecotopenstelsel in beschouwing moeten worden genomen.

Morfologische veranderingen in de Westerschelde hebben effect op de beschikbaarheid van de bodemdieren voor de hogere trofische niveaus. Tussen 1996 en 2001 heeft er een verlaging van de platen plaatsgevonden. Het areaal slikken en platen onder NAP is toegenomen, ten koste van het areaal slikken en platen boven NAP. Dit is ook terug te vinden in een afname in gemiddelde droogligduur van de slikken en platen (Poot et al. 2002). Door Huijs en Krijger (1998) wordt juist het omgekeerde effect (verhoging) voorspeld als gevolg van de verruimingswerkzaamheden. De gevolgen van de verlaging van de slikken en platen voor het macrobenthos zijn niet eenduidig. De beschikbaarheid van de bodemdieren voor steltlopers zal afnemen ten gevolge van de verlaging van de slikken en platen, omdat de vogels slechts gedurende een kortere tijd in dit gebied kunnen foerageren. Hierdoor zal de mortaliteit van de bodemdieren ten gevolge van predatie door vogels afnemen. Voor vissen echter, die juist afhankelijk zijn van de periode dat de slikken en platen onder water staan, neemt de beschikbaarheid van het voedsel juist toe, waardoor de mortaliteit van de bodemdieren ten gevolge van predatie door vissen zal toenemen.

#### *Ecotopenbenadering*

In analogie met de methode die door Huijs & Krijger (1998) is gehanteerd, is de verandering in bodemdierbiomassa tussen 1996 en 2001 geschat volgens de ecotopen-benadering. Uitgaande van de door Wijsman (2003) berekende ecotooppreferentie van de bodemdieren (tabel 3.4.1), en de veranderingen in ecotooparealen tussen 1996 en 2001 (Twisk, 2002; Wijsman, 2003), zijn de veranderingen in potentiële bodemdierbiomassa berekend (tabel 3.4.2). Deze resultaten zijn een maat voor de verandering in de geschiktheid van de

afzonderlijke deelgebieden voor bodemdieren. Door jaarlijkse fluctuaties in bodemdierbiomassa, die niet zijn veroorzaakt door veranderingen in ecotooparealen maar bijvoorbeeld door goede broedval of hoge mortaliteit tijdens een koude winter, kunnen de daadwerkelijk geobserveerde veranderingen in bodemdierbestanden (figuur 3.4.1) afwijken van deze potentiële veranderingen.

Volgens deze berekening is de potentie van het oostelijk en westelijk deelgebied voor bodemdierbiomassa afgenomen met respectievelijk 11% en 3%. In het oostelijk gebied wordt dit veroorzaakt door een sterke reductie van het areaal zandrijke, laagdynamische slikken en platen boven NAP die in dit deelgebied relatief belangrijk zijn voor de bodemdierbiomassa, terwijl de achteruitgang van slibrijke slikken en platen boven NAP de belangrijkste oorzaak zijn voor de afname in het westelijk deelgebied. De afname in het oostelijk en westelijk gebied is tegengesteld aan de toename die wordt voorspeld in de hypothesen (De Jong et al. 1997). In het midden is de potentie voor bodemdieren toegenomen met 7% door een toename van het areaal laagdynamische, slibrijke slikken en platen. Deze toename is in overeenstemming met de uitspraken door Huijs en Krijger (1998). Gezien de grote onzekerheid en de relatief kleine verschillen is er vooralsnog geen reden om de hypothesen bij te stellen.

**Tabel 3.4.2**

Relatieve verandering in bodemdierbiomassa tussen 1996 en 2001, berekend volgens de ecotopenbenadering.

Deelgebied	Relatieve verandering
Oost	-11 %
Midden	7 %
West	-3 %

## 3.5 Kraam- en kinderkamerfunctie vis en garnaal

### 3.5.1 Inleiding

De Westerschelde is een zeer geschikt gebied voor jonge vis en garnalen. Vooral in het mesohaliene gebied, dit is het deel tussen Hansweert en de Belgisch-Nederlandse grens, komen hoge dichtheden aan bodemvissen en garnalen voor. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de grote hoeveelheden detritus in deze zone. Hoewel de biomassa hoog is, is de biodiversiteit over het algemeen vrij laag in deze brakke zone. In de mariene zone van de Westerschelde, het deel van Hansweert stroomafwaarts naar de monding, is de biodiversiteit hoger, terwijl de dichtheden en biomassa's laag zijn. Vissen gebruiken de Westerschelde voor verschillende doelen. Zo is er de groep die de Westerschelde als kraamkamer (geboortegrond) en/of kinderkamer (foerageer- en schuilfunctie) gebruiken (tabel 3.5.1), zij verblijven doorgaans slechts een gedeelte van hun leven in het estuarium. Vaak verlaten deze als 1- of 2-jarigen het estuarium. Er zijn ook soorten die hun hele leven in de Westerschelde verblijven; hiervan is er nog een groep die buiten de Westerschelde kuit schiet.

**Tabel 3.5.1**

Voorkomen van het aantal soorten vissen en garnalen in de Westerschelde in de periode januari 1988 tot december 1989 (naar Hostens, 2000).

Levensfase	Aantal soorten
Juveniel	25
Ouder	9
Onafhankelijk	6

Bentische vis leeft doorgaans van langzame of aan het sediment gebonden prooi zoals schelpdieren (syphons), polychaeten, nematoden, amphipoden en garnalen. Pelagische vis leeft van snel bewegende prooien zoals mesozoöplankton en hyperbenthos (garnalen), maar uiteraard ook van fytoplankton en microzoöplankton. Daarnaast is er de grote groep van garnalen die zowel bentisch als ook hyperbentisch voorkomen. De voedselpreferentie van de garnaal is gering, zij eten zeer gevarieerd van detritus, tot glasaal en schollarven toe (van der Veer et al, 1984).

Een gebied kan dienen als kinderkamer voor garnalen als vooral de aanwezigheid van voldoende voedsel is gegarandeerd. Korrelgrootte van het sediment, waterdiepte en getij-invloeden spelen hierbij een ondergeschikte rol. Dat ondiepe getijdegebieden belangrijke hoeveelheden vooral jonge garnalen herbergen is een gevolg van het overvloedige en gevarieerde voedselaanbod in die gebieden. Dieper water kan ook een belangrijke kinderkamerfunctie hebben als hier, door instroom van nutriëntenrijk rivierwater, een voldoende groot voedsel aanbod wordt gecreëerd (bv. calanoïde copepoden) (van Beek and Boddeke, 1990). De Westerschelde is een estuarium waar een zoet-zout-gradiënt aanwezig is. Op de scheiding zoet/zout treedt sterfte op van plankton, wat een verhoging van het organisch detritus tot gevolg heeft. Hierop predeert de aasgarnaal. Op deze plekken zullen dus veel aasgarnalen voorkomen, waarop weer vissen prederen. Op deze grens zal men dus meer garnaal en meer vis aantreffen.

Het hyperbenthos, Mysidae, amphipoden en jonge garnalen, hebben een zeer gevarieerd dieet en zijn een belangrijke schakel in op detritus gebaseerde voedselketens. Hun grootte ligt tussen die van zooplankton en vis in. Bijna alle estuariene vis predeert op deze groep.

Tabel 3.5.2 toont voor de belangrijke soorten vis hun voedsel- en habitatpreferentie.

Door met name de garnalenvisserij wordt de vrees geuit dat het leefgebied van de garnalen als gevolg van de verdieping achteruit gaat, waardoor ook de biomassa aan garnalen zal verminderen. Naast de voedselrijke (laaggelegen laagdynamische) delen van slikken en platen wordt vooral aan de laagdynamische ondiepwatergebieden (tussen -2 m NAP en -5 m NAP) in de Westerschelde een belangrijke functie als kraam- en kinderkamer toegedacht voor jonge vis en garnaal. De veel lagere dynamiek in dit milieutype maakt het mogelijk dat jonge schol, tong en bot maar ook garnalen en andere kreeftachtigen kunnen opgroeien. Voedsel is er volop. Het gebied is rijk aan bodemdieren en detritus dat wordt aangevoerd door de getijdestromingen. Verder kan van hieruit bij hoogwater de aangrenzende slikken en platen worden 'begrasd'. Verder wordt verondersteld dat de ondiepwatergebieden tijdens laagwater ook een relatief veilige vluchtplaats bieden voor deze organismen, om zoveel mogelijk aan predatie te ontsnappen. De hoge dichtheid vis en garnaal maken de laagdynamische ondiepwatergebieden een belangrijk foerageergebied voor visetende vogels.

**Tabel 3.5.2**

Kinderkamer- en voedseltype van in de Westerschelde veel voorkomende soorten (uit van Damme en van der Veer (2001)).  
P=pelagisch, DE= demersaal epibenthisch, DB=demersaal bentisch.

Soort	Kinderkamer type	Voedsel
Haring	P	Zoöplankton
Sprot	P	Zoöplankton
Zeebaars	DE	Zoöplankton, crustaceeën, kleine vis
Steenbolk	DE	Crustaceeën, larvale vis
Brakwatergrondel	DB	Crustaceeën, schelpdieren
Dikkopje	DB	Crustaceeën, schelpdieren
Lozano's grondel	DB	Crustaceeën, nematoden
Schol	DB	Crustaceeën, schelpdieren, polychaeten, nematoden
Bot	DB	Crustaceeën, schelpdieren, polychaeten
Schar	DB	Crustaceeën, schelpdieren, polychaeten, echinodermata
Tong	DB	Crustaceeën, schelpdieren, polychaeten
Gewone garnaal	DB	Schelpdieren (syphons), polychaeten, larvale vis
Aasgarnaal	DB	(detritus ?)

### 3.5.2 Hypothesen

Door de Jong et al. (1997) is verondersteld dat de beschikbare opgroeigebieden voor jonge vis en garnaal (ondiepwatergebieden en laaggelegen intergetijdengebieden) zullen afnemen tussen 1996 en 2021. Voor ieder van de drie deelgebieden zijn hypothesen geformuleerd, gebaseerd op de verwachte veranderingen in stroomsnelheden en ecotooparealen. Er is hierbij geen onderscheid gemaakt tussen veranderingen als gevolg van de verruiming en de nulontwikkeling. De hypothesen zeggen alleen iets over het areaal dat toe- of afneemt en niets over de daar voorkomende aantallen of biomassa aan vis en garnaal.

**E9: De potentieel beschikbare opgroeigebieden (=kinderkamers) voor larven, jonge vis en jonge garnaal zullen in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.**

*Toelichting: Door de sterke afname van het ondiepwater gebied, zal de potentiële kinderkamerfunctie afnemen.*

**E10: De potentieel beschikbare opgroeigebieden (=kinderkamers) voor larven, jonge vis en jonge garnaal zullen in het midden deel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.**

*Toelichting: Door de sterke afname van het ondiepwater gebied, zal de potentiële kinderkamerfunctie afnemen.*



**E11: De potentieel beschikbare opgroei gebieden (=kinderkamer) voor larven, jonge vis en jonge garnaal zullen in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 15% afnemen.**

*Toelichting: Door de sterke afname van het ondiepwater gebied en in mindere mate de afname van het laagdynamisch laaggelegen intertijdegebied, zal de potentiële kinderkamerfunctie afnemen.*

De hypothesen zijn tussentijds niet aangepast (Liek, 2002).

### 3.5.3 Methode

De hypothesen gaan uit van een verandering van het beschikbare opgroei gebied. Om de hypothese te kunnen toetsen is per deelgebied de preferentie of relatieve geschiktheid van de verschillende ecotopen vermenigvuldigd met de veranderingen in het areaal van de betreffende ecotopen voor (1996) en na (2001) de verruiming. In de hypothesen wordt alleen een verwachting uitgesproken over de veranderingen in potentiële kinderkamerfunctie van de drie deelgebieden. Er wordt niet ingegaan op veranderingen in biomassa of aantallen vis en garnaal.

#### Data gebruikt voor toetsing

Veranderingen in ecotooparealen tussen 1996 en 2001 zijn verkregen uit de ecotoopenkaarten die zijn gemaakt voor 1996 en 2001 (Twisk 2002). Ecotoop preferenties (relatieve geschiktheden van de verschillende ecotopen voor jonge vis en garnaal zijn afkomstig uit Huijs en Krijger (1998). Additioneel zijn literatuurgegevens gebruikt betreffende het voorkomen van vis en garnaal in de Westerschelde (Tabel 3.5.3).

**Tabel 3.5.3**

Gebruikte literatuur in relatie met aantallen (A) en/of biomassa (B) van vis en garnaal. [X=literatuurstudie]

Auteur	Jaar	Titel	Vis	Garnaal
Hostens	2000	Spatial and seasonality in the epibenthic communities of the Westerschelde (Southern Bight of the North Sea)	A/B	A/B
Hostens	2003	Thesis	A/B	A/B
Mees et al.	1995	Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries		A/B
Van Beek en Boddeke	1990	Verspreiding en talrijkheid van garnalen ( <i>Crangon crangon L</i> ) in het Schelde estuarium		A
Welleman en Dekker	2001	Variatie in visvangsten in de Westerschelde en overige kustwateren tijdens de Demersal Fish Surveys	A	
Van Damme en van der Veer	2001	The nursery function of the Westerscheldt for fish and Crustaceans	X	X

#### Methode van toetsing

Vanwege de beperktheid van de gegevens is een statistische toetsing van de hypothesen niet mogelijk. Wel is er gekeken in hoeverre de geschiktheid van de drie deelgebieden als kinderkamer voor jonge vis en garnaal zijn veranderd tussen 1996 en 2001. Dit is vergeleken met de voorspellingen die zijn gedaan door Huijs en Krijger voor de periode 1996 tot 2021. Tevens is er kritisch gekeken naar de ecotoop preferenties van jonge vis en garnaal die zijn opgesteld door Huijs en Krijger (1998).

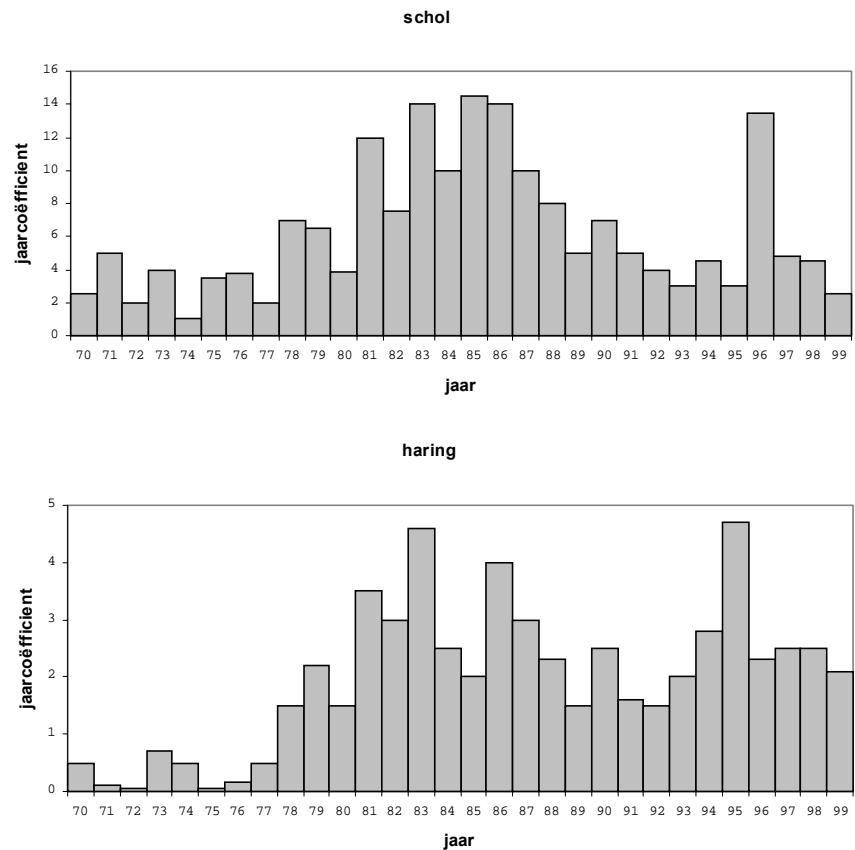


van 0- en 1-jarige tong en schol te verkrijgen, tussen 1970 en 1999 ingedeeld in 5 vangstklassen. Deze klassen verschillen van vis tot vis en zijn gemaakt op basis van de totale vangstverdeling. Aan de hand van de op deze manier ontstane vangstkaarten kan de conclusie worden getrokken, dat er een zeer grote jaar-tot-jaar variatie optreedt voor de meeste soorten. In figuur 3.5.1 worden de jaarcoëfficiënten voor schol en haring weergegeven.

Er is echter geen duidelijk beeld te krijgen over effecten van de verdieping van de Westerschelde op het voorkomen van juveniele vis. Ook seizoensvariatie speelt bij veel soorten een belangrijke rol in het wel of niet voorkomen van een bepaalde soort op één moment. Dit kan komen door o.a. migratie binnen de Westerschelde van schorrekreken naar bijvoorbeeld ondiepe platen of verplaatsing doordat het voedsel-aanbod elders groter is. Gecombineerd met een niet zo frequente bemonstering (1 keer per jaar in de herfst) kan dit al snel resulteren in over- of onderschatting van jaargemiddelden aan juvenielen voor een bepaalde soort (van Damme & van der Veer (2001)).

**Figuur 3.5.1**

Jaarcoëfficiënten voor schol en haring over de periode 1970 t/m 1999 waarbij er is gecorrigeerd voor diepte en gebied (uit Welleman en Dekker, 2001).



*Algemene tendens:*

Voor de platvissen schol, tong, schar en bot is geen duidelijke invloed van de verdieping te zien. De variatie door de jaren is over heel de reeks hetzelfde, met enkele top jaren en enkele zeer magere jaren. Deze liggen niet rond de periode van de verdieping. Kabeljauw wordt in zeer minieme hoeveelheden gevangen in de Westerschelde.

In de zeventiger jaren kwam haring slechts beperkt voor in de Westerschelde. Sinds 1980 schommelt het bestand in de Westerschelde aanzienlijk. Sprot werd in 1995 in heel de Westerschelde in zeer grote hoeveelheden aangetroffen, terwijl het jaar daarop niets werd gevangen. In 1997 werden ter hoogte van

Saeftinghe weer kleine hoeveelheden 0-groep sprat aangetroffen in de vangst met in 1998 en 1999 een doorzettende tendens naar hogere aantallen.

### 3.5.5 Conclusie

Uit de verandering in ecotooparealen lijkt dat het areaal kraam- en kinderkamer is toegenomen in de periode 1996-2001, met name in het middendeel van de Westerschelde. Dit is in tegenstelling met de verwachtingen zoals ze zijn geformuleerd in de hypothesen. Echter de onzekerheden bij zowel de ecotooppreferenties als de verandering in ecotooparealen zijn groot. Gevoegd bij het feit dat we nu slechts gegevens hebben tot en met 2001 (4 jaar na de verruiming) en de hypothesen uitspraak doen over de situatie in 2021 is er vooralsnog **geen** reden om de hypothesen te verwerpen.

Er zijn op dit ogenblik geen bruikbare gegevens voorhanden om de ontwikkeling van jonge vis en garnaal in de Westerschelde te onderzoeken en de effecten van de verruiming te toetsen.

### 3.5.6 Discussie

#### *a. Kritische analyse ecotoopbenadering*

##### *Normgetal*

Huijs en Krijger (1998) hebben voor ieder ecotooptype in de Westerschelde een normgetal opgesteld hetgeen de relatieve geschiktheid weergeeft van het betreffende ecotoop als kraamkamer voor jonge vis en garnaal. Het laagdynamisch (stroomsnelheid  $<0.5 \text{ m s}^{-1}$  ondiep water (tussen  $-2 \text{ m}$  NAP en  $-5 \text{ m}$  NAP) gebied in het oostelijk deelgebied is gekenmerkt als meest geschikt en heeft daarom een normgetal van 100% gekregen. Verder naar het westen neemt de geschiktheid af. Hoogdynamisch ondiepwater gebied evenals het laaggelegen (dieper dan  $0 \text{ m}$  NAP) intergetijdengebied zijn van minder belang als kraamkamer voor jonge vis en garnaal. Ze geven echter geen duidelijke onderbouwing voor deze normstellingen. In het volgende stuk wordt ingegaan op het belang van de parameters deelgebied, diepte en stroomsnelheid voor de functie als kraamkamer.

##### *Deelgebied*

De Westerschelde is een estuarium waar een zoet- zout gradiënt aanwezig is. Op de scheiding zoet/zout (in het oostelijke deelgebied) treedt sterfte op van plankton, wat een verhoging van het organisch detritus tot gevolg heeft. Hierop predeert de aasgarnaal. Op deze plekken zullen dus veel aasgarnalen voorkomen, waarop weer vissen prederen. Op deze grens zal men dus meer garnaal en meer vis aantreffen. Meer naar het mariene deel van de Westerschelde nemen de aantallen af.

##### *Diepte*

Door Huijs en Krijger (1998) is gesteld dat de diepte voor kraam en kinderkamer max.  $-5 \text{ m}$  is. Tabel 3.5.6 geeft de diepten zoals deze in de literatuur bekend zijn. De tabel geeft voornamelijk informatie over adulte exemplaren. De stelling volgens Huijs en Krijger geldt voornamelijk voor de gewone garnaal, schol en tong. De overige benthische vissen hebben hun leefgebied dieper gelegen. Het leefgebied van pelagische vis is moeilijk af te bakenen. Bij hoogwater zullen ze ook boven de platen komen, bij laag water in de geulen.

**Tabel 3.5.6**

Benthische vissen en hun voorkomen naar diepte.

Nederlandse naam	diepte voorkomen
dikkopje	< -1 tot -10 m
brakwatergrondel	-1 tot -10 m
Lozano's grondel	-1 tot -10 m
Schol	-1 tot -5 m
Bot	-1 tot -5 m
tong	< -1 tot -10 m
Schar	tot -30 m
gewone garnaal	-1 tot -5 m

*Stroomsnelheid*

Huijs en Krijger gaan ervan uit dat hoge stroomsnelheden ongunstig zijn voor jonge vis. Waarschijnlijk wordt de geschiktheid van een gebied voor jonge vis en garnaal meer bepaald door turbulentie dan door stroomsnelheden. In hoog turbulente gebieden wordt de jonge vis uit hun geschikte leefomgeving gedwongen waardoor ze mogelijk in een minder gunstig gebied komen waar ze zich niet kunnen handhaven. Gebieden met een te lage turbulentie zijn ook niet gunstig vanwege bezinken van de jonge larven die daardoor een tekort krijgen in voedsel en zuurstofvoorziening. Turbulentie is mede gerelateerd aan de stroomsnelheid en de waterdiepte. Bij lagere waterdiepte heeft stroomsnelheid meer invloed op de turbulentie dan bij grotere waterdiepte (Lievaart 2003).

*b. Methodiek areaal bepaling*

De resultaten van de analyse, beschreven in hoofdstuk 3, lijken in tegenspraak te zijn met de verwachtingen zoals zijn uitgesproken door Huijs en Krijger (1998). Zij verwachten in alle drie de deelgebieden een afname (over de periode 1996 tot 2021) in het potentieel beschikbaar opgroeigebied voor jonge vis en garnaal. In deze studie wordt over de periode 1996 tot 2001 juist een toename gesignaleerd in geschikt gebied. Daar de ecotooppreferenties in allebei de studies hetzelfde gehouden zijn worden de verschillen uitsluitend veroorzaakt door verschuivingen in ecotooparealen. De onzekerheid rond de veranderingen in ecotooparealen, zoals is bepaald door Twisk (2002) is groot. Het belangrijkste ecotoop voor jonge vis en garnaal (laagdynamisch ondiepwatergebied) is slechts klein in oppervlak (tussen de 30 en 200 ha per deelgebied) dus relatief kleine fouten in geobserveerde oppervlaktes kunnen grote gevolgen hebben. Tevens is er een relatief grote onzekerheid tussen het onderscheid in hoogdynamisch en laagdynamisch ondiepwater in 1996 en 2001. Voor 1996 (SCALWEST-fijn) is er een ander hydrodynamisch model gebruikt dan in 2001 (SCALWEST-2000), zie Twisk (2002). Een belangrijk verschil is dat er in het SCALWEST-fijn model is gerekend met een bodemruwheid per ruimtelijke eenheid terwijl er bij SCALWEST-2000 verschillende bodemruwheden zijn gebruikt voor die delen die boven en onder de laagwaterlijn liggen. Achteraf bezien is het voor de vergelijking van 1996 en 2001 juist voor de kinderkamerfunctie voor vis en garnaal geen goede keuze geweest om voor beide jaren verschillende modellen te gebruiken.

*c. Analyse van de aantallen*

Omtrent de aantallen en biomassa van vis en garnaal is geen toe- of afnemende trend te ontlenen over de jaren 1970 tot 2000 (Welleman en Dekker, 2001). Hostens (2003) constateert een terugname in aantallen vis en garnaal, met name benthische vis en garnaal. Vermoedelijk is dit te wijten aan een reductie van het voedselaanbod voor de benthische organismen. Voedselaanbod bestaat uit de factor: biomassa voedsel x oppervlak areaal x voedselbeschikbaarheid; waarin biomassa voedsel bestaat uit de totaal

aanwezige biomassa voedsel. Het oppervlak areaal is het areaal waarin het voedsel zich bevindt. Voedselbeschikbaarheid verwijst naar het moment waarop het voedsel daadwerkelijk gegeten kan worden. Dat wil zeggen, het voedsel kan zich in of op een plaat bevinden, maar de vissen hoeven hier niet bij te kunnen omdat met eb een deel van de plaat droog ligt en derhalve niet toegankelijk is voor vissen. Met name de factoren oppervlak en beschikbaarheid worden in principe direct door de verdieping beïnvloed en biomassa indirect. Bij beschikbaarheid valt te denken aan verstelling of verlaging van plaatranden, waardoor het voedsel moeilijker is te bereiken. In de hypothese worden biomassa voedsel en beschikbaarheid als constant beschouwd en oppervlak als variabel. Feitelijk wordt ook de factor biomassa beïnvloed door de verdieping. Door het baggeren en storten van sediment is voor de benthische vissen de kwantiteit en kwaliteit van het beschikbare gebied waarschijnlijk sterk veranderd. Door het heen en weer transporteren van sediment en daarmee het verstoren van de bodemdieren, is het beschikbare voedselaanbod waarschijnlijk aanzienlijk verminderd. Dit is terug te vinden in de zeer sterke afname in aantallen platvissen (Lievaart, 2003).

#### *d. Overige invloeden*

Darnaast is er nog een mogelijke verklaring voor wat betreft de afname in dichtheden, namelijk "bron verwijdering" door overbevising. Over het algemeen vindt deze plaats buiten het estuarium, en kan leiden tot een gereduceerde populatie levensvatbaarheid en veranderde trophische interacties. Hetgeen leidt tot een afnemende invoer van juveniele in de estuariene kraam- en kinderkamers. Binnen het MOVE-kader is hier op dit moment nog niet naar gekeken, maar is een factor die zeker meegenomen dient te worden. Naast de invloed van menselijke ingrepen spelen ook de biologische en fysische patronen van vissen een rol. Het biologische patroon betreft de migratie binnen het estuarium. Vanwege het feit dat vissen actief heen en weer migreren, is de kans dat de vis gemist wordt tijdens een visvangst aanzienlijk groot. Het fysische patroon betreft de import van organismen vanuit de Noordzee het estuarium in. Veel vissoorten schieten buiten het estuarium kuit. Meestal wordt het kuit of jonge larven door een gunstige stroming het estuarium in getransporteerd. De kans is aanwezig dat de stroming ongunstig is op het moment dat het kuit en de jonge larven zich voor het estuarium bevinden. In dit geval zal er dat jaar weinig jonge vis in het estuarium worden aangetroffen. Voor bovengenoemde factoren is in MOVE-kader nog geen correctie gebeurd. Wil er iets gezegd kunnen worden over de gevolgen van de verdieping, dan zal de overbevising, alsmede de biologische en fysische factoren in beeld moeten worden gebracht zodat deze kunnen worden uitgesloten in de analyse omtrent de gevolgen van de verdieping.

#### *e. Aanbevelingen*

Uit bovenstaande komt naar voren dat gericht onderzoek naar de geschiktheid van de verschillende ecotopen voor jonge vis en garnaal nodig is. Het formuleren van een alternatief ecotopenstelsel dat betere handvaten biedt voor de bepaling van de kraam- en kinderkamerfunctie is zeer aan te bevelen. Momenteel worden op het RIKZ twee nieuwe ecotoopstelsels ontwikkeld die zich goed lenen voor het bepalen van het meest geschikte ecotoop voor de kraam- en kinderkamerfunctie. Voor de benthische vissen zou hiervoor het Zoutewateren Ecotopen Stelsel (ZES) kunnen worden gebruikt. Voor de pelagische vissen zou hiervoor het Pelagisch Ecotopen Stelsel (PES) kunnen worden gebruikt. Het PES zou echter nog wel gecheckt moeten worden aan de hand van veldgegevens. Beide stelsels gaan uit van parameters en grenzen gekozen op basis van voorkomen van organismen. Met behulp van deze kaarten zouden voorspellingen kunnen worden gedaan omtrent het geschikte

gebied en het al dan niet voorkomen van jonge vis en garnaal. Tevens is deze methode bruikbaar bij de vergelijking van de situatie voor en na de verruiming van de Westerschelde. Op dit moment is er wel een aanzet voor een pelagische ecotopenkaart van de situatie na de verruiming, maar nog geen pelagische ecotopenkaart van de situatie voor de verruiming van de Westerschelde. Aanbevolen wordt om dit binnen korte tijd op te pakken, zodat de verandering van pelagische ecotopen als gevolg van de verruiming inzichtelijker wordt.

## 3.6 Broedgebied sterns Hooge Platen

### 3.6.1. Inleiding

Kustbroedvogels (Kluut, plevieren, meeuwen en sterns) zijn karakteristieke bewoners van dynamische kustgebieden. Door het verdwijnen van de dynamiek zijn veel van de broedplaatsen de afgelopen decennia ongeschikt geworden voor deze vogels: de begroeiing nam toe en grondpredatoren vestigden zich. Weer andere broedgebieden (stranden) hebben door de intensivering van de recreatie hun functie als broedplaats vrijwel geheel verloren. Bij nationaal en internationaal natuur- en waterbeleid, inrichting en beheer wordt momenteel veel aandacht geschonken aan kustbroedvogels (Meininger & Graveland 2002). Eén van de weinige resterende 'natuurlijke' broedplaatsen voor kustbroedvogels in een getijdengebied is gesitueerd op het hoogste deel van de Hooge Platen ('De Bol'). Dit gebied is vooral van belang voor de Grote Stern, Visdief en Dwergstern. Veranderingen in de morfologie (hoogteligging) van 'De Bol' zouden een effect kunnen hebben op de functie als broedgebied. Bij een verlaging van het gebied zouden de volgende effecten kunnen optreden:

1) het verdwijnen van het broedhabitat van kustbroedvogels (primaire schorvegetaties, primaire duintjes met biestarwegras) en 2) het (frequenter) wegspoelen van nesten en jongen.

### 3.6.2 Hypothesen

De oorspronkelijke hypothese die de functie van de Hooge Platen als broedgebied bevat luidt:

**E12: De vogelfunctie van de Hooge Platen voor de sterns (broedgebied) en de Bergeenden (ruigebied) zal niet verminderen.**

*Toelichting: De verdieping zal geen afbreuk doen aan de broed- en ruifunctie van de Hooge Platen aangezien deze plaat niet zal verlagen. De plaat zal naar waarschijnlijkheid verhogen, waardoor eerder de vogelfunctie van de plaat wordt versterkt.* (rechtstreeks uit De Jong *et al.*, 1997)

Liek (2002) noemt een aangepaste hypothese, met onderstreept een toevoeging ter verduidelijking:

**E12: De vogelfunctie van de Hooge Platen voor de sterns (broedgebied) en de Bergeenden (ruigebied) zal niet verminderen, aangezien dit platencomplex niet zal verlagen.**

Aangezien de functies als broedgebied voor sterns en als ruiplaats voor Bergeenden verschillend van aard zijn, wordt hypothese E12 hier aangepast en opgesplitst in twee delen, in lijn met de suggestie van Dauwe *et al.* (2002):

**E12a: Het platencomplex van de Hooge Platen zal niet dusdanig verlagen dat het aanbod aan broedgelegenheid voor sterns zal verminderen.**

Deze hypothese heeft uitsluitend betrekking op het *aanbod* aan broedgelegenheid voor sterns. De *kwaliteit* van het broedgebied voor sterns is daarnaast ook afhankelijk van de voedselbeschikbaarheid. Hiervoor is een



aantal specifieke hypothesen (E16,E17,E18) geformuleerd, die worden besproken in hoofdstuk 3.9.

De achterliggende gedachte bij deze hypothese is dat het meer westwaarts storten van het gebaggerde sediment de platen aldaar waarschijnlijk in hoogte zullen toenemen. Daardoor zal het areaal potentieel broedhabitat minstens intact blijven.

Dat de Hooge Platen specifiek worden genoemd in deze hypothesen komt omdat dit het enige broedgebied voor sterns is op een *plaat* in de Westerschelde. Een plaat biedt voor sterns, omdat deze omsloten is door water, een goede bescherming tegen grondpredatoren. Op de Hooge Platen is de hoogteligging op het hoogste deel zodanig (> + 2.5 m NAP) dat het deels begroeid is en in de zomer niet of nauwelijks door zeewater overspoeld wordt. Dit gebied vormt de enige plaats in de Westerschelde waar Grote Sterns broeden. Dwergsterns broeden behalve op de Hooge Platen ook op een aangelegd eiland op het Voorland van Nummer Eén. Visdieven broeden ook op het sluiscomplex bij Terneuzen en in het Verdrongen Land van Saeftinghe.

**Hypothese 12b** betreft de ruifunctie voor Bergeenden en wordt besproken in hoofdstuk 3.7.

### 3.6.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothese

De broedfunctie van sterns is door van Berchum & Stikvoort (1999) op twee manieren met parameters beschreven: het aantal broedparen sterns per jaar en het areaal beschikbaar broedhabitat op de Hooge Platen. Het beschikbare habitat werd door hen gedefinieerd als het oppervlak van de plaat dat zich boven +2 m NAP bevindt.. Door Stikvoort & Vink (2001) en Lievaart & Stikvoort (2002) zijn de beschikbare data gepresenteerd. Het areaal boven +2m NAP is op basis van lodingsgegevens redelijk goed te bepalen. De hoogste (voorspelde) hoogwaterstanden in de broedperiode reiken echter tot +2.5m NAP en daarmee is deze grens belangrijker voor broedende sterns. Gebieden onder + 2.5 m NAP zijn daarmee ongeschikt als broedplaats vanwege de kans op overspoeling. Jaarlijkse gegevens omtrent de omvang van het areaal plaat boven +2.5m NAP zijn niet beschikbaar. Niettemin zijn er wel andere (indirecte) bronnen dit in document zijn gebruikt om de ontwikkelingen te toetsen.

Omdat in de hypothese niet een kwantitatieve verwachting wordt benoemd, maar eerder een minimumeis (niet verminderen), is de toetsing van de hypothese op eenvoudige wijze uitgevoerd. Als beschrijving van de  $T_0$  wordt het aantal broedparen in de jaren voorafgaand aan de verruiming vergeleken met dat na 1998 .

#### Data gebruikt voor toetsing

##### *Aantal broedparen sterns*

Het aantal broedparen van de Grote Stern, Visdief en Dwergstern op de Hooge Platen in de periode 1979-2002 is vastgesteld door Stichting het Zeeuwse Landschap en beschikbaar gesteld voor het biologisch monitoringprogramma van de zoute Rijkswateren (Meininger *et. al.* 2003).

*Areaal Hooge Platen boven + 2.5 m NAP*

De bodemligging (hoogte) in de Westerschelde wordt jaarlijks middels lodingen door Meet- Informatiedienst Zeeland bepaald. Deze lodingen worden vanaf schepen verricht, maar deze kunnen de allerhoogste delen van de platen niet bereiken. Die locaties worden door middel van additionele waterpassingen ingemeten. In 2001 is een alternatieve methode gebruikt, namelijk laseraltimetrie. Samengevoegd levert deze informatie gebiedsdekkende kaarten met de hoogteligging op. In deze studie zijn de gegevens van een noord-zuid raai over het hoogste punt van de Hooge Platen (De Bol) gebruikt. Deze profielen zijn beschikbaar gemaakt voor de jaren 1996 (beschouwd als T<sub>0</sub>-situatie), 2000, 2001 en 2002.

**Methode van toetsing**

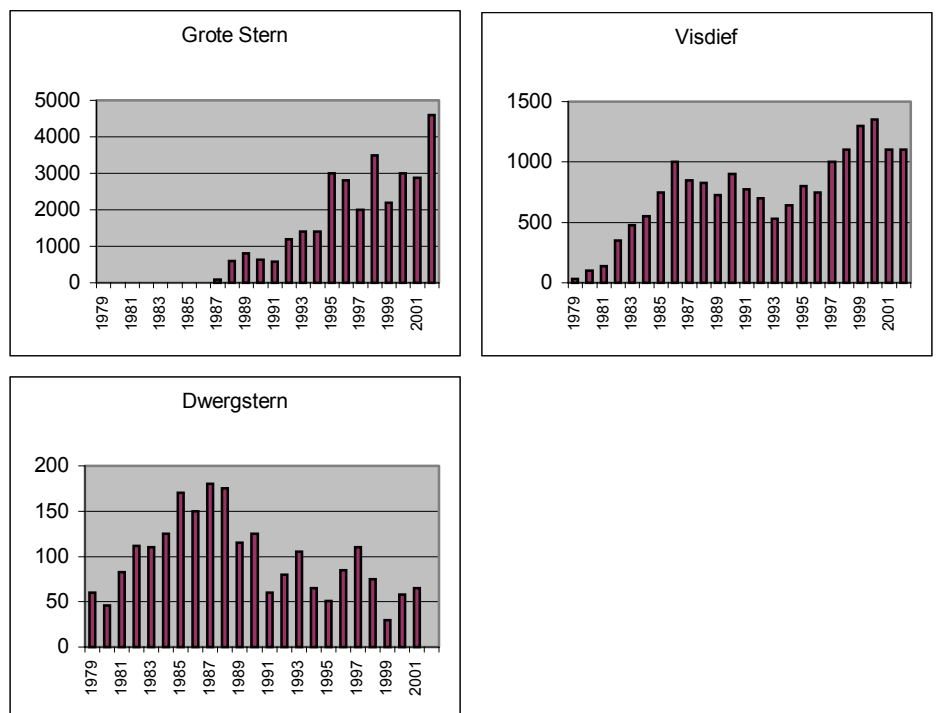
*Aantal broedparen sterns*

Er is geen trendanalyse uitgevoerd op het aantal broedparen van sterns op de Hooge Platen. De toetsing bestaat uit een interpretatie van de veranderingen die in de reeksen zichtbaar zijn.

*Areaal Hooge Platen boven + 2.5 m NAP*

De beschrijving van de veranderde hoogteligging van het hoogste deel van de Hooge Platen is gebaseerd op interpretatie van veranderingen in het profiel van de raai over 'De Bol'.

**Figuur 3.6.1**  
Aantal broedparen van Grote Stern, Visdief en Dwergstern op de Hooge Platen in de periode 1979-2002



**3.6.4 Resultaten**

*Aantal broedparen sterns op de Hooge Platen*

Figuur 3.6.1 toont het aantal broedparen van Grote Stern, Visdief en Dwergstern in de periode 1979-2002. Het aantal broedparen van de Grote Stern is sinds de vestiging in 1987 sterk gegroeid. De Visdief kende sinds 1979 een toename tot in de tweede helft van de jaren tachtig. Daarna was er sprake van stabilisatie, gevolgd door een lichte afname tot en met 1993. Vanaf dat

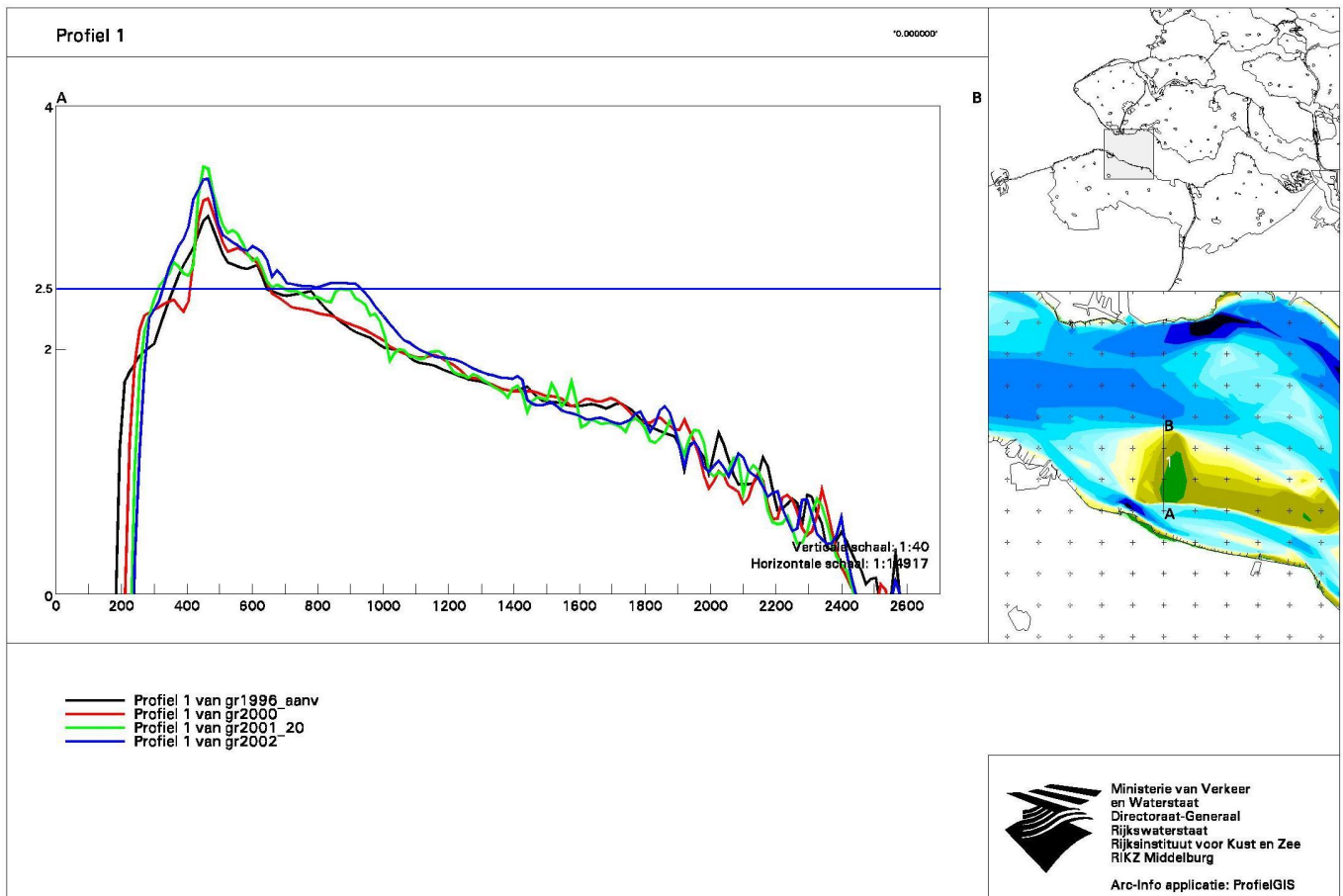
moment maakte de broedpopulatie opnieuw een gestage groei door tot in 2000. In 2001 en 2002 waren de aantallen lager dan in de twee voorgaande jaren. Verder is te zien dat het aantal broedparen van de Dwergstern halverwege de jaren tachtig maximaal was. Daarna volgde een halvering van de broedpopulatie binnen een tijdsbestek van een aantal jaren. Over de periode 1991-2002 schommelde het aantal broedparen van de Dwergstern aanzienlijk maar vertoonde geen trend. Voor een deel is dit toe te schrijven aan het ontstaan van een nieuw broedgebied op het "Voorland van Nummer Een". De Dwergsterns die vroeger altijd op de Hooge Platen broedden hebben nu de keuze uit twee broedgebieden binnen een straal van 1 km.

*Areaal Hooge Platen boven + 2.5 m NAP*

Figuur 3.6.2 geeft de gemeten plaatprofielen ter hoogte van de sternkolonie op de Hooge Platen voor de jaren 1996, 2000, 2001 en 2002 weer. Zowel de metingen uit 2001 (groen) als 2002 (blauw) liggen in de zone boven +2.5 m NAP boven de metingen uit 1996. Dit maakt het aannemelijk dat het areaal boven +2.5 m NAP (potentieel broedgebied) sinds 1996 is toegenomen.

**Figuur 3.6.2**

Hoogteprofiel van de Hooge Platen op een raai over 'De Bol', het broedgebied voor sterns op de Hooge Platen in 1996, 2000, 2001 en 2002.



De toename in hoogteligging van het hoogste deel van de Hooge Platen blijkt ook uit de uitbreiding van de schorvegetatie in de afgelopen jaren. De groei van de schorvegetatie en de ontwikkeling van een zandrug aan de westzijde van 'De Bol' is zichtbaar op luchtfoto's uit 1996 en 2001 (Figuur 3.6.3). Naast een verhoging van de hoogste delen van de plaat, al of niet ten gevolge van morfodynamische veranderingen in het watersysteem, kan de ontwikkeling van vegetatie zelf ook een versterkend effect hebben gehad op een verdere

**Figuur 3.6.3**

Luchtfoto's van "De Bol", het broedgebied voor sterns op de Hooge Platen in 1996 (links) en 2001 (rechts). De paarsrode 'vlekken' zijn met vegetatie begroeide locaties.

verhoging van 'de Bol'. De vegetatie vangt immers stuivend zand en fijn sediment op tijdens overspoeling.



### 3.6.5 Conclusie

Ten opzichte van de periode vóór de verruiming zijn de aantallen broedparen van Grote Stern en Visdief op de Hooge Platen toegenomen. Het aantal broedende Dwergsterns is niet toegenomen en varieert jaarlijks. Het areaal plaat boven +2.5m NAP is waarschijnlijk toegenomen. Deze laatste uitspraak is echter niet gebaseerd op metingen van het plaatareaal maar afgeleid uit een raai met hoogtemetingen over 'de Bol'.

**De hypothese E12a kan daarmee aanvaard worden.**

### 3.6.6 Discussie

De toetsing van de veranderingen in aantallen broedparen van sterns was goed mogelijk. Het biologisch monitoringprogramma voorziet in een betrouwbare schatting van het aantal broedparen. Betrouwbare meetgegevens over het *areaal* droogblijvende plaat (> + 2.5 m NAP) bleken schaars, grotendeels incompleet en daardoor slecht bruikbaar. Het gebruik van nauwkeurige hoogtemetingen op een raai over 'De Bol' gaf duidelijke aanwijzingen over de veranderingen in hoogteligging. Aangevuld met luchtfoto's uit 1996 en 2001 kon alsnog een globale toetsing worden uitgevoerd. Het verdient echter aanbeveling om op basis van betrouwbare (additionele) metingen de ontwikkelingen in het *areaal* boven +2.5 m NAP nauwkeurig te bepalen.

Een eenvoudige relatie tussen de grootte van het beschikbare broedareaal en het aantal broedparen is niet te verwachten. Een verkleining van het areaal zal namelijk sneller tot veranderingen leiden dan een vergroting. Wanneer de waargenomen hoogteontwikkeling doorzet is te verwachten dat bij een toename van het areaal duintjes de Grote Stern begunstigd wordt en met een

toename van het primaire schor de Visdieven. Het habitat voor Dwergsterns zal waarschijnlijk niet groeien waardoor de kansen voor deze soort niet toenemen.

Het is onwaarschijnlijk dat de toename van het aantal broedende sterns op de Hooge Platen een oorzakelijk verband heeft met de gevolgen van de verruiming. De waargenomen toename past in het beeld van landelijk (en regionale) groei van de populaties van deze soorten. Bij de Grote Stern is de toename op de Hooge Platen daarnaast ook toe te schrijven aan verplaatsingen van broedvogels afkomstig van de kolonies uit het Grevelingenmeer en bij Zeebrugge, die door diverse oorzaken minder geschikt zijn geworden.

## 3.7 Ruifunctie Bergeend

### 3.7.1 Inleiding

Voor de Bergeend voldoet de Westerschelde aan het criterium voor aanwijzing als Vogelrichtlijngebied (gebaseerd op tellingen in 1993-1997): meer dan 1% van de biogeografische populatie maakt regelmatig gebruik van het gebied. In recente jaren verbleef in juni en juli zelfs meer dan 4% van de Noordwest-Europese populatie in de Westerschelde. Bovendien vervult de Westerschelde een bijzondere functie voor deze soort, namelijk als ruigebied voor volwassen vogels in de zomer. Bij deze rui, die grotendeels in augustus plaatsvindt, worden alle slagpennen simultaan verloren en kunnen Bergeenden enkele weken niet vliegen. In Noordwest-Europa ruien Bergeenden slechts in een beperkt aantal gebieden. De grootste aantallen ruien in de Duitse Waddenzee. Daarnaast ruien enige duizenden vogels in vier Britse estuaria. In Nederland zijn recente ruiplaatsen alleen bekend in de Waddenzee en in de Westerschelde. De aanwezigheid van ruiende Bergeenden is dus als een bijzondere natuurwaarde van de Westerschelde te beschouwen. Het idee is dat Bergeenden zeer specifieke eisen aan de omgeving stellen waar zij ruien, omdat zij dan niet kunnen vliegen en dus extra kwetsbaar zijn. Ruiende vogels zoeken gebieden die rustig zijn en waar ook voedsel direct beschikbaar is. In de Westerschelde gebruiken ze daarvoor de platen. Veranderingen in de morfologie van deze platen (hoogteligging en profiel) zouden een effect kunnen hebben op de ruifunctie van de Westerschelde voor Bergeenden.

### 3.7.2 Hypothese

De oorspronkelijke hypothese die de ruifunctie van de Westerschelde voor Bergeenden bevat luidde:

**E12: De vogelfunctie van de Hooge Platen voor de sterns (broedgebied) en de Bergeenden (ruigebied) zal niet verminderen.**

*Toelichting: De verdieping zal geen afbreuk doen aan de broed- en ruifunctie van de Hooge Platen aangezien deze plaat niet zal verlagen. De plaat zal naar waarschijnlijkheid verhogen, waardoor eerder de vogelfunctie van de plaat wordt versterkt. (de Jong et al., 1997)*

Liek (2002) noemt een aangepaste hypothese, met ter verduidelijking onderstreept zijn toevoeging:

**E12: De vogelfunctie van de Hooge Platen voor de sterns (broedgebied) en de Bergeenden (ruigebied) zal niet verminderen, aangezien dit platencomplex niet zal verlagen.**

Aangezien de functies als broedgebied voor sterns en als ruiplaats voor Bergeenden geheel verschillend van aard zijn, is hypothese E12 opgesplitst in twee gedeelten in lijn met de suggestie van Dauwe et al. (2002).

**Hypothese 12a** heeft betrekking op de broedgelegenheid voor sterns op de Hooge Platen en is besproken in hoofdstuk 3.6.

De beperking van de eerdere hypothese aangaande Bergeenden tot de Hooge Platen is ook niet wenselijk. Ook op de andere platen van de Westerschelde

komen ruiende Bergeenden voor. Dit betekent dat de hypothese over de ruifunctie voor Bergeenden nu als volgt geformuleerd en getoetst is:

**E12b: De platen in de Westerschelde zullen niet dusdanig veranderen in aard en omvang, dat de functie van de Westerschelde als ruigebied voor Bergeenden zal verminderen.**

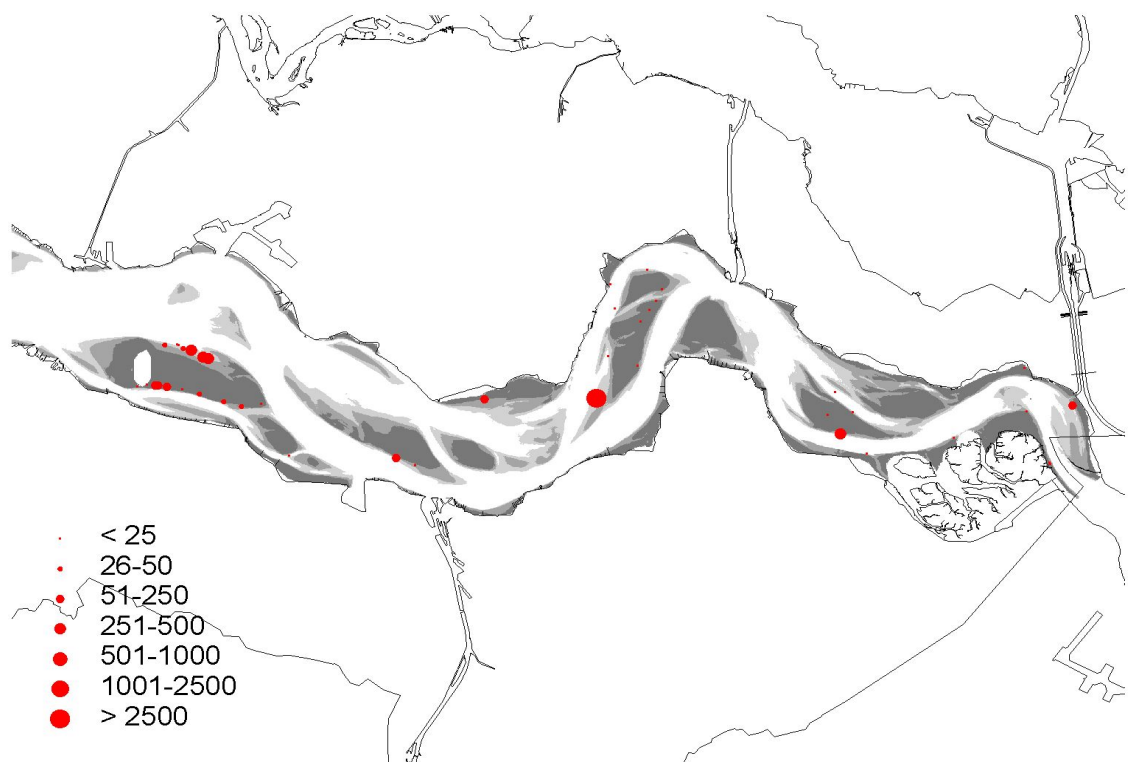
De achterliggende gedachte is dat Bergeenden tijdens de ruiperiode afhankelijk zijn van locaties die zowel rust/veiligheid als voedsel bieden. Verondersteld wordt dan ook dat de vogels zich rondom voedselrijke platen concentreren. Omdat Bergeenden tijdens de rui niet kunnen vliegen, betekent de nabijheid van en omringd worden door water een extra veiligheid. Door een toename van de bagger- en storthoeveelheden is het de verwachting dat het areaal hooggelegen, laagdynamisch intergetijdengebied met een rijker voedselaanbod ook zal toenemen (zie hypothesen E6,E7,E8) Hypothese E12b stelt echter dat de ruifunctie niet af zal nemen en is dus uit voorzorg opgesteld.

### 3.7.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothese

In eerdere MOVE-rapportages is het aantal Bergeenden nabij de Hooge Platen in augustus gepresenteerd (Lievaart & Stikvoort, 2002). In augustus zijn namelijk de hoogste aantallen ruiende Bergeenden aanwezig. Niet alle in augustus getelde Bergeenden zijn echter ruiende vogels. In augustus 2002 is daarom additioneel onderzoek verricht naar het aandeel ruiende Bergeenden. Het aandeel ruiende Bergeenden bedroeg in de periode 13 t/m 15 augustus 64% en in de periode 28 t/m 30 augustus 25%. (Geelhoed & Swaan 2002). Tijdens de watervogeltellingen (MWTL) in de Westerschelde wordt geen onderscheid gemaakt tussen ruiende en niet-ruiende Bergeenden. Onder de aanname dat het aandeel ruiende Bergeenden jaarlijks vergelijkbaar is wordt het aantal Bergeenden in augustus gebruikt als indicator van het aantal aanwezige ruiers.

**Figuur 3.7.1.**  
Verspreiding van ruiende Bergeenden in de Westerschelde, 13 t/m 15 augustus 2002 (n = 6113) (uit Geelhoed & Swaan 2002).





### Data gebruikt voor toetsing

De toetsing van de hypothese is gebaseerd op de tellingen van Bergeenden in augustus in de periode 1987-2002 uitgevoerd door of in opdracht van het RIKZ in het kader van MWTL (Berrevoets *et al.* 2003).

### Methode van toetsing

Voor de toetsing van eventuele trendbreuken in de aantalsontwikkelingen van Bergeenden is gebruik gemaakt van GAM, (Generalized Additive Modelling), een 'trend-analyse-tool'. Zie Poot *et al.* (2003) voor details.

### Nadere onderbouwing van de aannames die ten grondslag liggen aan de hypothese

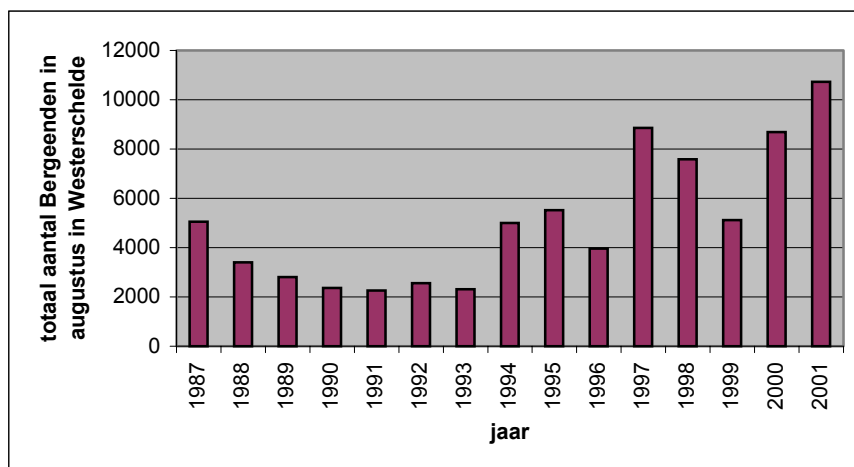
Uit additioneel onderzoek (Geelhoed & Swaan, 2002) is gebleken dat ruiende Bergeenden vooral op drooggevallen steile randen van platen rusten en foerageren (Figuur 3.7.1). Op deze plaatsen kunnen ze snel het water in vluchten bij eventuele verstoring. Tijdens hoogwater zwemmen ze in groepen nabij de slikken en platen. Voedselbeschikbaarheid lijkt een minder duidelijke rol te spelen bij de keuze van een ruiplaats.

### 3.7.4 Resultaten

Figuur 3.7.2 toont de ontwikkeling van het aantal Bergeenden in de Westerschelde tijdens de ruiperiode (augustus). De figuur laat zien dat, ondanks schommelingen sinds 1993 sprake is van een toename. De aantallen zijn sinds 1997 vrijwel structureel hoger dan de voorgaande periode. De aantallen zijn in de periode 1987–2001 ruim verdubbeld. Daarmee is het aannemelijk dat ook de ruifunctie van de Westerschelde voor de Bergeend in de beschouwde periode is toegenomen.

**Figuur 3.7.2**

Ontwikkeling van de totale aantallen Bergeenden in de Westerschelde in augustus. In de periode 1978-2001.



### 3.7.5 Conclusie

Het aantal Bergeenden dat in de ruitijd (augustus) in de Westerschelde aanwezig is, vertoont sinds het begin van de jaren negentig een duidelijke toename, op enige tijdelijke 'haperingen' in 1996 en 1999 na. Daarmee is het aannemelijk dat de ruifunctie van de Westerschelde ook toegenomen zal zijn.

**Hypothese E12b "De platen in de Westerschelde zullen niet dusdanig veranderen in aard en omvang dat de functie van de Westerschelde als ruigebied voor Bergeenden zal verminderen" kan dus worden aanvaard.**



### 3.7.6 Discussie

In de Westerschelde zijn de aantallen ruiende Bergeenden de laatste jaren aanzienlijk toegenomen. Het feit dat de Westerschelde een ruifunctie voor deze vogels heeft, is waarschijnlijk vooral een gevolg van de geringe verstoring van de platen. Van uitgebreide recreatie in deze gebieden (badgasten en pleziervaart) is nauwelijks sprake. Het is verder ook onwaarschijnlijk dat de toename verband houdt met de uitvoering van de verruimingswerkzaamheden. In de overige Deltawateren komen geen ruiende Bergeenden voor. Het voorkomen en de toename van ruiende Bergeenden in de Westerschelde staat dus op zichzelf. De onderliggende redenen hiervoor zijn niet duidelijk. In het onderzoek door Geelhoed & Swaan (2002) was te zien dat ruiende Bergeenden vooral de plaatranden opzoeken. Veiligheid – snel naar het water kunnen vluchten – en rust (weinig verstoring) lijken daarmee belangrijke factoren voor ruiende Bergeenden.

De gebruikte parameter – het aantal Bergeenden in augustus – is relatief betrouwbaar te meten maar wordt gebruikt onder de aanname van een vast aandeel ruiende vogels. Alleen voor het jaar 2002 is dit aandeel uit additioneel veldonderzoek bekend. Het verdient aanbeveling om vergelijkbaar onderzoek met enige regelmaat (eens in de 3-5 jaar) te herhalen om zodoende vast te kunnen stellen of de aanname juist is.

## 3.8 Foerageergebied steltlopers

### 3.8.1 Inleiding

Dankzij de aanwezigheid van grote oppervlakken foerageergebied in de vorm van slikken, platen (totaal 8390 ha) en schorren (3375 ha), en de strategische ligging op de Oost-Atlantische trekroute, is de Westerschelde van grote betekenis voor doortrekkende en overwinterende watervogels. De hoogste aantallen (ruim 200.000) zijn aanwezig in de maanden november-januari (Berrevoets *et al.* 2003). Een gebied is van internationale betekenis indien 1% of meer van een geografische populatie van een soort regelmatig van het gebruik maakt (de zogenaamde 1%-norm). De Westerschelde is van internationale betekenis voor veertien soorten watervogels (Berrevoets *et al.* 2003). Het Westerscheldegebied is aangewezen in het kader van de EG-Vogelrichtlijn en is ook aangemeld voor de EG-Habitatrichtlijn, terwijl delen (o.a. Saefthinghe) zijn aangewezen als beschermd natuurmonument onder de Natuurbeschermingswet.

Naast soorten die hoofdzakelijk foerageren op de schorren (Grauwe Gans, Pijlstaart en Smient) zijn vooral steltlopers die foerageren op slikken en platen, van internationale betekenis. Omdat als gevolg van de verruiming de grootste veranderingen worden verwacht in de morfologie van slikken en platen, zijn de hieronder besproken hypothesen gericht op de vogels die foerageren op slikken en platen (zoals Bonte Strandloper, Scholekster en Zilverplevier).

De foerageermogelijkheden voor steltlopers worden met name bepaald door de aanwezigheid van bodemdieren (biomassa, soorten) en door de morfologie van het intergetijdengebied. Bodemdieren zijn bijvoorbeeld voor vogels het best beschikbaar op plaatsen die net zijn drooggevallen. Daarnaast zijn bodemdieren op flauw hellende plaatranden langer beschikbaar dan op een steile plaatrand of een hoog en snel droogvallende plaat. Ook de sedimentsamenstelling speelt een rol in de geschiktheid van foerageergebieden.

### 3.8.2 Hypothesen

De hypothesen die de foerageerfunctie voor steltlopers in de Westerschelde bevatten luiden:

**E13: De foerageermogelijkheden voor de steltloperpopulatie zullen in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% toenemen.**

*Toelichting: Door de uitbreiding van de voedselrijke hooggelegen platen, kunnen de foerageermogelijkheden in geringe mate toenemen.*

**E14: De foerageermogelijkheden voor de steltloperpopulatie zullen in het middendeel van de Westerschelde met ca. 20% toenemen.**

*Toelichting: Door verschuiving van voedselarme (hoogdynamische) naar voedselrijke (hooggelegen platen) gebieden, kunnen de foerageermogelijkheden toenemen.*

**E15: De foerageermogelijkheden voor de steltloperpopulatie zullen in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% toenemen.**

*Toelichting: Ondanks het kleiner worden van het areaal aan intergetijdengebied, kan een verschuiving van voedselarme (hoogdynamische)*

naar voedselrijke (laagdynamische hoge platen) gebieden een toename aan foerageermogelijkheden opleveren.

De in de hypothesen verwachte verschuiving van voedselarme naar voedselrijke gebieden kan voor een verbetering zorgen van de potentiële foerageergebieden van steltlopers. Het is echter niet duidelijk of een de verwachte toename (zie hypothese E6,E7,E8 in hoofdstuk 3.4) van bodemdierbiomassa zal leiden tot een vergroting van de foerageermogelijkheden. Ondanks een verhoging van de biomassa (kan immers de soortenrijkdom (prooisorten) eenzijdiger worden. In onderstaande beschrijving is geen rekening gehouden met dergelijke veranderingen .

### 3.8.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothese

Als parameter voor de huidige toetsing wordt gebruikt :

-een schatting van de consumptie aan bodemdieren door steltlopers per deelgebied en per seizoen.

In de T<sub>1</sub>-, T<sub>2</sub>- en T<sub>3</sub>-rapportages (van Berchum & Stikvoort 1999, Stikvoort & Vink 2001, Lievaart & Stikvoort 2002) werd het aantal "vogeldagen" van steltlopers per seizoen per deelgebied gepresenteerd. Om een meer directe koppeling met de bodemdierbiomassa te kunnen maken is in deze rapportage de parameter "vogeldagen" vervangen door een schatting van de biomassaconsumptie door steltlopers.

#### Data gebruikt voor toetsing

##### *Biomassaconsumptie door steltlopers*

De schatting van de biomassaconsumptie door steltlopers is gebaseerd op:

- Gegevens van maandelijkse vogeltellingen in de periode 1987/88 – 2001/2002 uitgevoerd in het kader van MWTL. Van een gering aantal ontbrekende tellingen van enkele teltrajecten is een waarde geschat door middel van *imputing* (zie Berrevoets *et al.* 2003). Hiervan hebben de eerste tien jaar betrekking op de periode vóór de verdieping (T<sub>0</sub>) en de laatste drie jaar op de periode na de uitvoering van de verdieping. Het onderzoeksgebied omvat de Westerschelde tussen de grens met België en de lijn Vlissingen-Breskens.
- Een schatting van de gemiddelde dagelijkse voedselopname per soort ontleend aan Meire *et al.* (1994).

De consumptie door steltlopers per seizoen is uit deze parameters geschat door per soort het aantal vogeldagen te vermenigvuldigen met de gemiddelde dagelijkse voedselopname en vervolgens deze voor alle soorten te sommeren. Om differentiatie aan te brengen is onderscheid gemaakt tussen schelpdieretende steltlopers (Scholekster en Kanoetstrandloper) en overige steltlopers, die naar verwachting vooral wormen en kreeftachtigen eten.

#### Methode van toetsing

##### *Biomassaconsumptie*

De totale biomassaconsumptie van steltlopers per deelgebied in de vijf seizoenen (1992/1993-1996/1997) vóór de verruiming is vergeleken met die in de drie seizoenen (1999/2000-2001/2002) na de verruiming. De analyse

betreft een interpretatie van de zichtbare veranderingen in de grafieken. Daarbij is specifiek gekeken naar trendbreuken. De trend in totale biomassaconsumptie in de tien seizoenen vóór de verdieping kan worden beschouwd als de “nul-ontwikkeling”.

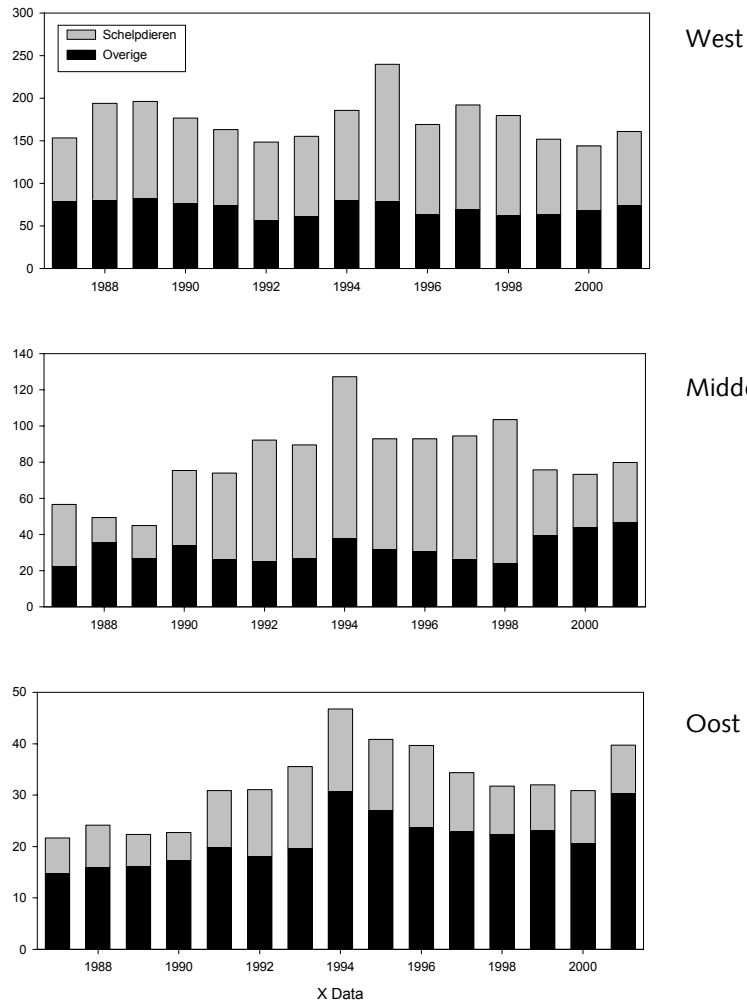
### 3.8.4 Resultaten

#### Biomassaconsumptie

Figuur 3.8.1 toont de biomassaconsumptie van alle steltlopers per deelgebied in de seizoenen 1987/1988 t/m 2001/2002.

**Figuur 3.8.1**

Biomassaconsumptie (ton AFDW per seizoen) door steltlopers in de Westerschelde per deelgebied (boven West, midden Midden, onder Oost) in de in de seizoenen 1987/1988 t/m 2001/2002 (seizoenen lopend van juli t/m juni; 1988 = seizoen 1988/1989 etc.). De seizoenen waarin de verrijmingswerkzaamheden werden uitgevoerd waren 1997/1998 en 1998/1999.



Het westelijk deelgebied van de Westerschelde is veruit het belangrijkste deelgebied voor steltlopers. Daar was de biomassaconsumptie in de drie seizoenen na de verrijming vergelijkbaar met het minimum in de vijf seizoenen vóór de verrijming. Over de hele periode beschouwd veranderde de voedselconsumptie door schelpdiereters regelmatig, de consumptie door overige steltlopers was vrij stabiel. Er was geen duidelijke trend in biomassaconsumptie gedurende de tien seizoenen vóór de verrijming (Nul-ontwikkeling). De biomassaconsumptie in de drie seizoenen na de verrijming vertoont geen toename zoals verwacht in hypothese E13.

In het middengebied van de Westerschelde was de totale biomassaconsumptie in de drie seizoenen na de verrijming lager dan in de vijf seizoenen vóór de

verruiming. In de tien seizoenen vóór de verruiming is een toename in biomassaconsumptie zichtbaar (nul-ontwikkeling), die na de verruiming niet werd voortgezet. Tussen de seizoenen 1987/1988 en 1998/1999 nam vooral de consumptie door schelpdiereters toe, gevolgd door een snelle afname in de daarop volgende jaren (zie intermezzo Scholekster). Bij de overige bodemdiereters was de consumptie tussen 1987/1988 en 1998/1999 redelijk stabiel. De laatste drie seizoenen is de consumptie door deze laatste groep opvallend toegenomen en is daarmee in alle jaren na de verruiming hoger dan in de vijf seizoenen vóór de verruiming. Daarmee is de verhouding in de consumptie door schelpdiereters en overige steltlopers omgeslagen ten gunste van de laatste groep. Hoewel de totale biomassaconsumptie in de drie seizoenen na de verruiming geen toename vertoont, zoals geformuleerd in hypothese E14, is er wel sprake van een toename in biomassaconsumptie door overige steltlopers.

In het oostelijk deel van de Westerschelde nam de biomassaconsumptie tot 1994/1995 toe (nul-ontwikkeling). In de jaren voorafgaand aan de verruiming was er sprake van een lichte daling terwijl na de verruiming de biomassaconsumptie stabiel is gebleven. Alleen in het seizoen 2001/2002 steeg de consumptie opmerkelijk. In dit deelgebied spelen schelpdiereters een ondergeschikte rol en wordt de biomassaconsumptie gedomineerd door de overige soorten.

### 3.8.5 Conclusie

Voor geen van de hypothesen die betrekking hebben op de foerageerfunctie voor steltlopers zijn op basis van de geconstateerde biomassaconsumptie aanwijzingen gevonden die duiden op een positief effect van de verruiming. Vooralsnog dienen de hypothesen dus te worden verworpen. Alleen bij de niet-schelpdieretende steltlopers in het middengebied was in de drie seizoenen na de verruiming sprake van een duidelijke grotere biomassaconsumptie dan in de seizoenen vóór de verruiming. In diezelfde periode nam de consumptie door schelpdiereters opvallend af, een verband tussen deze twee ontwikkelingen ligt niet voor de hand.

### 3.8.6 Discussie

In paragraaf 2.8 is een overzicht te vinden van de morfologische veranderingen in de Westerschelde die in relatie tot de verruiming hebben plaatsgevonden. Hieruit is gebleken dat ten gevolge van de verruiming inderdaad veranderingen hebben plaatsgevonden, niet alleen onder water maar ook in de getijzone. Het gaat hierbij met name om veranderingen die veroorzaakt zouden kunnen worden door veranderde erosie- en sedimentatiepatronen, waardoor met name de hoogteligging van bodem, platen en slikken in de Westerschelde is veranderd. Daarnaast is door Poot *et al.* (2003) een analyse gepresenteerd over de consequenties van deze veranderingen op de droogvalduur. Hieruit kwam naar voren dat de grootte van de effecten van de verruiming beperkt zijn ten opzichte van de "natuurlijke" ontwikkelingen op lange termijn in de Westerschelde.

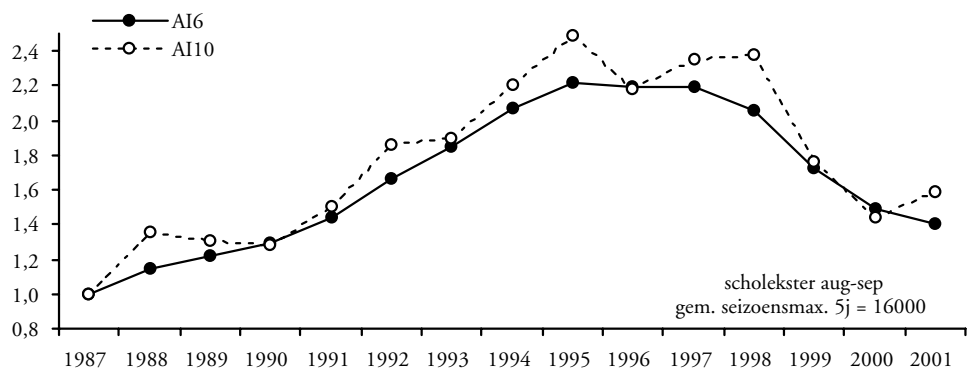
Andere belangrijke factoren die het voorkomen van vogels kunnen beïnvloeden zijn de schelpdiervisserij en mogelijk recreatie (verstoring). In het kader van EVA2 vindt momenteel een uitvoerige analyse plaats van de ontwikkelingen in de Oosterschelde. Door Poot *et al.* (2003) is gesignaleerd dat de waargenomen afname van Scholeksters in verband lijkt te staan met een vermindering in

Intermezzo: **Scholekster en adundantie-indices** (uit Poot *et al.* 2003)

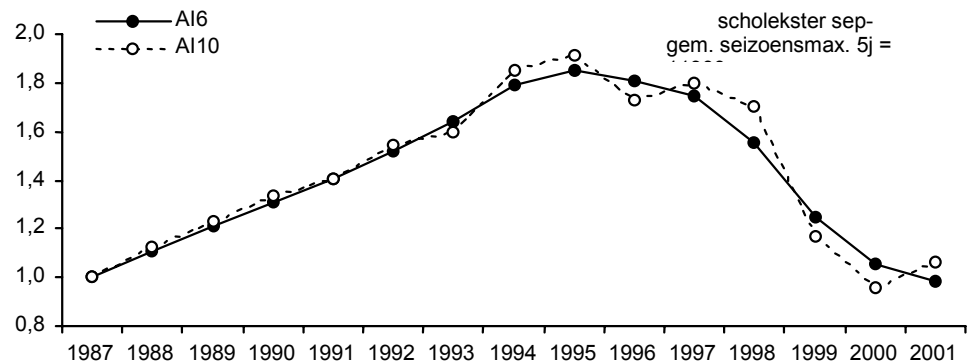
De Scholekster is één van de belangrijkste consumenten van bodemdieren in de Westerschelde. Door de grote aantallen die langere tijd in het gebied verblijven, het forse gewicht van de vogels en de daarmee samenhangende voedselbehoefte, zijn Scholeksters verantwoordelijk voor grofweg de helft van de totale biomassaconsumptie aan bodemdieren door steltlopers. Scholeksters zijn vooral in de maanden augustus tot februari talrijk aanwezig in de Westerschelde aanwezig. De aantallen zijn sinds het eind van de jaren tachtig geleidelijk toegenomen. Meininger *et al.* (1998) vermelden dat Scholeksters uit de Oosterschelde zijn uitgeweken naar de Westerschelde, omdat de draagkracht van het eerstgenoemde gebied afnam. Berrevoets *et al.* (1999) geven aan dat in de periode 1980–1995 de aantalsafname in de andere bekkens ten dele werd opgevangen door de Westerschelde, maar dat in dit laatste gebied de draagkracht nu bereikt is.

De abundantie-indices AI6/AI10 geven de veranderingen in de aantallen Scholeksters weer ten opzichte van het seizoen 1987/1988. In figuur 3.8.2 is te zien da in de periode augustus-september vanaf 1987 tot en met 1995 een toename heeft plaatsgevonden. Na 1996 vindt er echter een duidelijke afname plaats. De index is in 2001 ten opzichte van 1996 met bijna 40% afgenomen. Ook de index voor de maanden september-april laat tot en met 1995 een toename zien (figuur 3.8.3), waarna de index snel afneemt.. De indexwaarde van 2001 is inmiddels gelijk aan die van 1987. De index in de periode augustus-september valt minder ver terug dan de index van september-april. Dit suggereert dat de voedselproblemen voor foeragerende Scholeksters in die maanden kleiner dan in de maanden september-april.

**Figuur 3.8.2**  
Ontwikkeling van de abundantie-index van de Scholekster gebaseerd op de gegevens uit de maanden augustus-september.



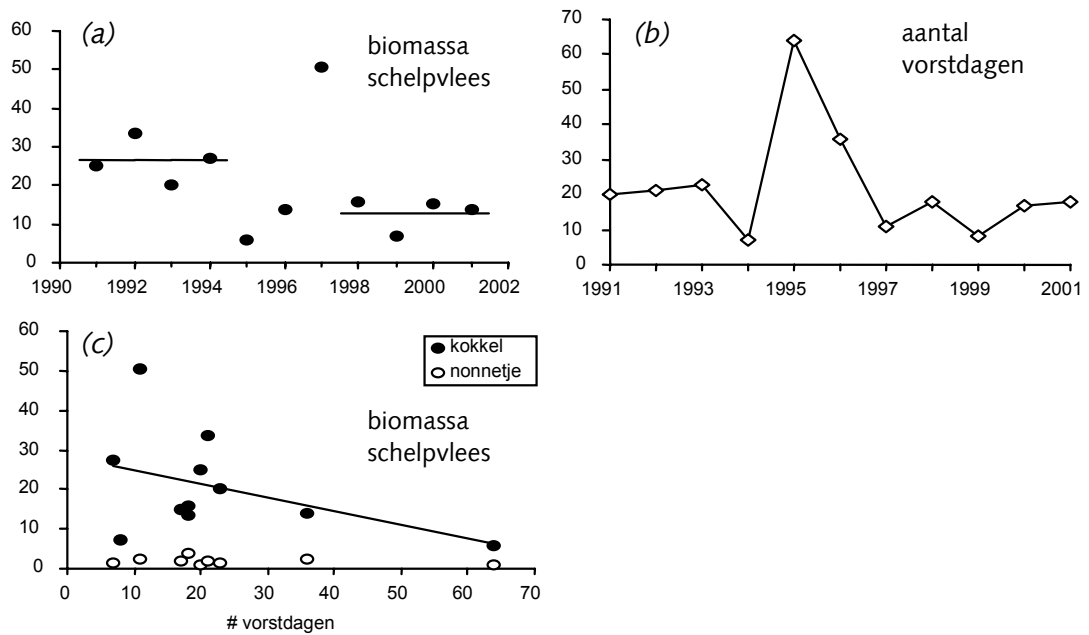
**Figuur 3.8.3**  
Ontwikkeling van de abundantie-index van de Scholekster gebaseerd op de gegevens uit de maanden september-april.



Berrevoets *et al.* (2002) geven aan dat de aantalsafname vooral plaatsvond in het midden en het westelijk deel van de Westerschelde. Dit laatste deel is van oudsher het belangrijkste gebied voor de Scholekster. In de Oosterschelde werd in deze jaren geen verdere terugval in aantallen vastgesteld. Berrevoets *et al.* (2002) verwachten dat de terugval van de Scholekster veroorzaakt wordt door een afname van het voedselaanbod. Door het RIVO is jaarlijks de kokkelbiomassa geschat in de Westerschelde. In de periode 1998–2001 is de biomassa lager dan in de eerste helft van de jaren negentig (figuur 3.8.4a). In 1995, en in mindere mate in 1996, was sprake van een strenge winter met een groot aantal vorstdagen (figuur 3.8.4b). De biomassa kokkelvlees (in september, toebedeeld aan de voorafgaande winter) was negatief gecorreleerd met het aantal vorstdagen (Multipelle lineaire regressie  $F_{1,20}=4,58$ ;  $p<0,05$ ;  $r^2=0,15$ ; figuur 3.8.4c).

**Figuur 3.8.4**

Biomassa kokkelvlees (in miljoenen kilo vlees) in de loop der jaren (A), aantal vorstdagen in de loop der jaren (B), en biomassa schelpvlees van kokkels *Cerastoderma edule* en nonnetje *Macoma baltica* in de Westerschelde uitgezet tegen het aantal dagen dat de temperatuur onder nul daalt (C).



Het aantal Scholeksters in de Westerschelde vertoonde een negatieve correlatie met zowel het aantal vorstdagen als de biomassa kokkels (Multipelle lineaire regressie:  $F_{2,8}=23,0$ ;  $p=0,10$ ; aantal vorstdagen:  $t=2,21$ ;  $p=0,06$ ; biomassa kokkels:  $t=1,9$ ;  $p=0,09$ ).

aanbod in de kokkelbiomassa (zie intermezzo). De relaties tussen de aantallen vogels en foerageergebieden zijn niet eenvoudig. De telgegevens van steltlopers hebben betrekking op vogels op rustplaatsen tijdens hoogwater. Het gebiedsgebruik door vogels van bepaalde platen kan niet direct worden gerelateerd aan fysische en ecologische factoren. Aanbevolen wordt om naast het bestaande monitoringprogramma hier gericht veldonderzoek naar uit te voeren. De gebruikte telgegevens uit het MWTL programma zijn als volledig en betrouwbaar te beschouwen. Bij de inschatting van de biomassaconsumptie zou in het vervolg rekening moeten worden gehouden met het gewichtsverloop van vogels binnen een seizoen.

## 3.9 Foerageergebied sterns

### 3.9.1 Inleiding

Langs de Westerschelde bevinden zich diverse broedkolonies van Grote Stern, Visdief en Dwergstern. Deze kolonies worden algemeen beschouwd als een belangrijke natuurwaarde. Mede omdat meer dan 1% van de West-Europese broedpopulaties van deze soorten voorkomt in de Westerschelde, is het gebied aangewezen in het kader van de EG-Vogelrichtlijn en aangemeld voor de EG-Habitatrichtlijn.

Grote Sterns broeden in de Westerschelde uitsluitend op de Hooge Platen en foerageren hoofdzakelijk in het mondingsgebied van de Westerschelde en in de Voordelta. De Visdieven en Dwergsterns die langs de Westerschelde broeden zijn voor hun voedsel (met name kleine rondvissen en garnalen) aangewezen op de Westerschelde. Buiten deze sterns zijn viseters in de Westerschelde uitgesproken schaars. Visdief en Dwergstern zijn door de keuze van hun foerageergebied sterk afhankelijk van het ecologisch functioneren van de Westerschelde. Hierbij spelen zowel fysische (het areaal aan geschikt foerageergebied, het doorzicht van het water) als ecologische aspecten (voedselbeschikbaarheid) een rol. Deze aspecten zouden ten gevolge van de verruimingswerkzaamheden kunnen veranderen.

Dit hoofdstuk is voornamelijk gebaseerd op uitgebreide achtergronddocumentatie in twee rapportages : Poot *et al.* (2003) en Brenninkmeijer *et al.* (2002).

### 3.9.2 Hypothesen

De Jong *et al.* (1997) geven vier hypothesen over het functioneren van de Westerschelde als foerageergebied voor sterns. Het accent van die hypothesen ligt op de *kwaliteit* van de Westerschelde als broedgebied voor sterns. Dit is in tegenstelling tot hypothese E12a die uitsluitend betrekking heeft op het *aanbod* aan broedgelegenheid voor sterns (op de Hooge Platen) (zie hoofdstuk 3.6).

**E16: De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (Visdieven, Dwergsterns) zullen in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.**

*Toelichting: door de sterke afname van het rustige ondiepwatergebied, zal het foerageergebied afnemen.*

**E17: De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (Visdieven, Dwergsterns) zullen in het middendeel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.**

*Toelichting: door de sterke afname van het rustige ondiepwatergebied, zal het foerageergebied afnemen.*

**E18: De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (Visdieven, Dwergsterns) zullen in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 15% afnemen.**

*Toelichting: door de sterke afname van het rustige ondiepwatergebied en in mindere mate de afname van het laaggelegen laagdynamisch intergetijdengebied, zal het foerageergebied afnemen.*



De oorspronkelijke gedachte achter de hypothesen is dat zichtjagende viseters (sterns) voornamelijk foerageren in rustig ondiep water (stroomsnelheid < 0,5 m/s) en laaggelegen laagdynamisch intergetijdengebied (als het onder water staat). Van deze gebieden wordt verwacht dat deze van belang zijn als kinderkamer voor jonge vis en garnaal. Een areaalafname van deze gebieden kan daarmee een afname van foerageermogelijkheden voor sterns betekenen. Dit kan een negatief effect hebben op de conditie van zowel volwassen als jonge sterns en daarmee op lange termijn ook op het aantal broedparen van de Visdief en de Dwergstern .

**E19: De foerageermogelijkheden in het westelijk deel voor de Grote Stern zullen niet worden aangetast door de verdiepingswerkzaamheden.**

*Toelichting: het vissucces van de Grote Stern neemt toe met het doorzicht van het water. Twee stortlocaties, de Schoone Waardin en de Schaar van de Spijkerplaat liggen in de nabijheid van het broedgebied van de Grote Stern. Omdat de vertroebeling door het storten een gebied van maximaal 30 ha omvat en Grote Sterns een actieradius tijdens het foerageren hebben van 5 à 40 km wordt de invloed hiervan niet groot geacht. (De Jong et al., 1997)*

Op grond van het feit dat Grote Sterns nauwelijks in de Westerschelde foerageren suggereerden Dauwe et al. (2002) deze hypothese te laten vervallen, maar nog wel te behandelen in het evaluatierapport 2003.

De T<sub>0</sub>-rapportage (Mol et al. 1997) gaf de arealen van de relevant geachte ecotopen (situatie 1996) en de aantallen broedparen per deelgebied (west, midden, oost) in de periode 1979-1995. De T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> en T<sub>3</sub>-rapportages bevatten alleen aantallen broedparen van Visdief en Dwergstern per deelgebied, aangezien nieuwe gegevens over arealen ontbraken (van Berchum & Stikvoort 1999, Stikvoort & Vink 2001, Lievaart & Stikvoort 2002).

### 3.9.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothesen

De hypothesen zijn gaan uit van een afname van het areaal laagdynamisch ondiepwatergebied en laaggelegen laagdynamisch intergetijdengebied. Dit zijn naar verwachting de belangrijkste foerageergebieden omdat ze een belangrijke functie als kinderkamer voor vis en garnaal zouden vervullen.

Als parameters voor toetsing zijn gebruikt:

- broedparen per jaar/deelgebied van Grote Stern, Visdief en Dwergstern.

Indien er door de baggerwerkzaamheden minder foerageerruimte beschikbaar zou zijn kan dit leiden tot een afname van de populatie. In de T<sub>0</sub>-rapportage wordt het aantal broedparen per deelgebied vermeld over de periode 1979-1995 (Mol et al. 1997), in de T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> en T<sub>3</sub> zijn de aantallen vermeld t/m respectievelijk 1998, 2000 en 2001 (van Berchum & Stikvoort 1999, Stikvoort & Vink 2001, Lievaart & Stikvoort 2002). De toedeling naar deelgebied van de Visdiefkolonie op het sluiscomplex bij Terneuzen is niet consistent geweest:: in de T<sub>0</sub>-rapportage werd deze kolonie gerekend tot het westelijk deelgebied, in de T<sub>1</sub>-, T<sub>2</sub>- en T<sub>3</sub>-rapportages tot het middengebied. Dit komt omdat deze kolonie op de scheiding van de twee deelgebieden ligt. In voorliggende rapportage is deze kolonie net als tijdens de T<sub>0</sub> rapportage toegekend aan het westelijk deelgebied.

Veranderingen in de foerageermogelijkheden voor volwassen sterns kunnen ook leiden tot veranderingen in de aanvoer van voedsel voor jongen. Dit kan directe gevolgen hebben voor de condities van de jongen.

Daarom is aanvullende informatie gebruikt, die bij eerdere rapportages nog onvoldoende voorhanden was:

- conditie van jonge Visdieven in diverse kolonies langs de Westerschelde, vergeleken met andere kolonies in het Deltagebied.

#### **Data gebruikt voor toetsing**

##### *Aantal broedparen van sterns*

De aantallen broedparen van Grote Stern, Visdief en Dwergstern per deelgebied in de Westerschelde in de periode 1979- 2002 zijn gebaseerd op monitoringonderzoek in het kader van MWTL (Meininger *et al.* 2003b).

##### *Conditie van jonge Visdieven*

Als indicator voor de conditie van jonge Visdieven is de verhouding tussen gewicht en de lichaamsgrootte (op basis van een kop-snavelmeting) gebruikt.. Allereerst zijn alle metingen van gewicht en kopsnavel beschreven met een logistische groeicurve. Op basis van deze gemiddelde groeicurve is vervolgens per meting de afwijking van het gewicht tot het bij een bepaalde grootte verwachte gewicht bepaald en als index gebruikt. Voor een uitvoeriger analyse/beschrijving van het gebruik van deze data zie Poot *et al.* (2003).

Voor de analyse waren gegevens beschikbaar van de jaren 1991 (Dirksen & Boudewijn 1991), 1998, 1999, 2000, 2001 en 2002 (Meininger *et al.* 2003a). Ter vergelijking zijn vergelijkbare gegevens gebruikt uit kolonies in de Oosterschelde, Volkerakmeer, Haringvliet, Voordelta, Wolderwijd (Zeevolde) en Waddenzee (Griend). Een  $T_0$ - $T_1$  toetsing is in dit geval niet mogelijk doordat voor de verruiming slechts van één jaar betrouwbare gegevens beschikbaar zijn.

#### **Methode van toetsing**

De aantalsontwikkelingen zijn per soort en deelgebied bekeken op trendbreuken ten opzichte van de lange termijn ontwikkelingen ('nul ontwikkeling'). Daarnaast is het aantal broedparen in de vijf jaren (1992-1997) vóór de verruimingswerkzaamheden (beschouwd als  $T_0$ ) vergeleken met drie jaren (2000-2002) na de werkzaamheden. De conditie-indices zijn ook door middel van een multi-pele regressie-techniek gekoppeld aan diverse factoren (bv. gebied, jaar, weersomstandigheden) (zie Poot *et al.* 2003).

#### **Nadere onderbouwing van de aannames die ten grondslag liggen aan de hypothese**

Een belangrijke aanname bij de hypothesen E16 t/m 18 is dat Visdieven en Dwergsterns vooral in rustige ondiepwatergebieden foerageren. In 2002 is in opdracht van het RIKZ door Bureau Altenburg & Wymenga additioneel veldonderzoek uitgevoerd. Daarbij is het habitatgebruik door sterns rond de Hooge Platen onderzocht (zie Intermezzo en Brenninkmeijer *et al.* 2002).

De belangrijkste bevindingen hiervan - binnen MOVE - zijn (zie tevens figuur 3.9.1):

##### *Visdief*

De Visdieven zijn tijdens het foerageren meer opportuun: in tegenstelling tot de Dwergsterns kon geen verband worden aangetoond tussen de verspreiding en de omgevingsfactoren. Wel is lijken dat ze een voorkeur hebben voor ondiepe,

laagdynamische ecotopen. Hun foerageersucces is significant hoger bij doorzichten boven 180 cm ten opzichte van mindere doorzichten. Kortom: Visdieven foerageren het liefst in rustig, ondiep en helder water.

#### Dwergstern

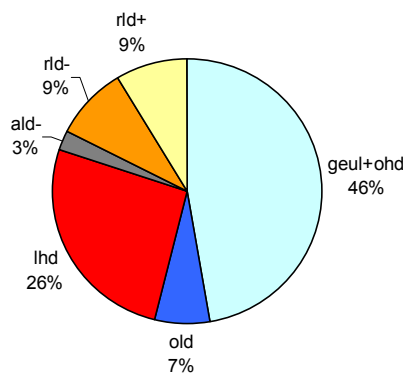
Dwergsterns zoeken hun voedsel zo dicht mogelijk in de buurt van de kolonie. De diepte van het viswater is ook van belang, ze hebben een voorkeur voor ondiep water. Vooral hoogdynamische (hogere stroomsnelheden) ecotopen en de grens van laagdynamische ecotopen zijn van belang. Het doorzicht is ook van belang; bij een doorzicht van meer dan 50 cm is het foerageersucces significant lager dan bij mindere doorzichten. Dwergsterns foerageren schijnbaar het best in ondiep, turbulent en troebel water.

De aanname in de huidige hypothesen dat sterns voornamelijk in rustig ondiepwatergebied foerageren is op zijn minst ten dele onjuist. Visdieven hebben inderdaad een voorkeur voor dit ecootop, maar Dwergsterns juist niet. Daarenboven is gebleken dat ook andere ecotopen worden benut.

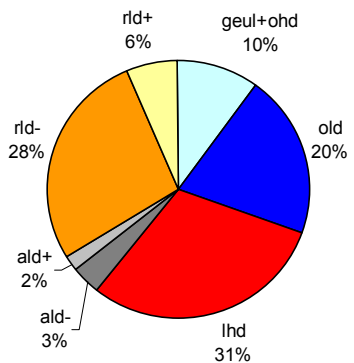
**Figuur 3.9.1**

Tijd die Visdief en Dwergstern tijdens het protocolleren foeragerend hebben doorgebracht in de verschillende ecotopen. 'geul+ohd' = (1) Geul /diep water + (2) Ondiep hoog dynamisch; 'old' = (3) Ondiep laag dynamisch; 'lhd' = (4) Litoraal hoog dynamisch; 'ald-' = (5) Laagdynamisch slibarm, onder NAP; 'ald+' = (6) Laagdynamisch slibarm, boven NAP; 'rld-' = (7) Laagdynamisch slibrijk, onder NAP; 'rld+' = (8) Laagdynamisch slibrijk, boven NAP. In ecootop (9) 'schor' zijn geen foeragerende sterns geprotocolleerd. De gegevens van de verschillende ecotopen zijn bij elkaar gevoegd wanneer de sterns tijdens een protocol in beide betreffende ecotopen hadden gefoerageerd. De verdeling is gebaseerd op 110 protocollen van Dwergsterns en 90 van Visdieven (naar Brenninkmeijer *et al.* 2002).

**Foerageertijd Dwergstern (5,3 uur)**



**Foerageertijd Visdief (8,0 uur)**



### 3.9.4 Resultaten

#### Areaal relevante ecotopen per deelgebied

Doordat recent een verandering heeft plaatsgevonden van het stroomsnelheidsmodel (Twisk 2002) zijn de gesignaleerde veranderingen in de geschatte arealen tussen 1996 (oud model) en 2001 (nieuw model) niet direct te gebruiken. Zie de inleiding van hoofdstuk 3 voor een uitvoerige bespreking van veranderingen in arealen van diverse ecotopen. Deze areaalschattingen zijn echter van belang omdat de belangrijkste aanname bij de hypothesen E16 t/m E18 is dat het rustige ondiepwatergebied en het laaggelegen laagdynamische intergetijdengebied in grootte zal afnemen.

#### Aantal broedparen van sterns (figuur 3.9.2)

Visdieven in het westelijk deel broedden na de verruiming jaarlijks in hogere aantallen dan vóór de verruiming. De aantallen vertonen al sinds 1979 een toename, alleen gedurende de laatste twee jaar stegen de aantallen niet. In het middendeel broeden onregelmatig Visdieven waardoor een toetsing niet mogelijk was. In het oostelijk deel waren aantallen in de vijf jaar vóór de verruiming vrij stabiel, in de drie jaren na de verruiming traden erg grote schommelingen op. In 2001 werd het hoogste aantal sinds 1979 vastgesteld en

### Intermezzo **Onderzoek naar habitatgebruik door sterns**

Door Bureau Altenburg & Wymenga is in 2002 in opdracht van RIKZ een onderzoek uitgevoerd naar het habitatgebruik sterns tijdens het broedseizoen rond de Hooge Platen. Er werd gekeken waar de sterns foerageerden en wat hun foerageersucces was. Deze gegevens zijn in verband gebracht met doorzicht, stroomsnelheden, ecotooptype en waterdiepte. Daarnaast is ook gekeken naar de rol van veerboten en andere schepen bij het foerageren van de sterns. De verspreiding van sterns in het westelijke deel van de Westerschelde is in 1995 ook al eens (maar minder gedetailleerd) bestudeerd (Arts & Meininger 1995) en kon dienen als vergelijkingsmateriaal.

Het veldwerk omvatte twee delen:

1) ruimtelijke verspreiding van foeragerende sterns

Om de verspreiding van foeragerende sterns in het westelijke deel van de Westerschelde in kaart te brengen zijn foeragerende sterns gekarteerd (per kilometerhok). Ook is het doorzicht op de foerageerplaatsen bepaald. Tijdens dit veldwerk is ook gekeken naar sterns die foerageren achter de veerboot Vlissingen-Breskens en andere passerende schepen.

2) foerageergedrag en –succes van sterns.

Vanaf verschillende locaties zijn foeragerende sterns in detail bestudeerd. Tijdens de zogenaamde foerageerprotocollen is het aantal (al dan niet succesvolle) duiken en de eventueel gevangen prooien genoteerd. Ook bij dit onderdeel is het doorzicht bepaald op de foerageerplaatsen.

Naast de voor MOVE relevante resultaten die al in de hoofdttekst zijn genoemd (paragraaf 3.9.3) zijn de volgende resultaten noemenswaard:

Het aantal foeragerende Visdieven en Dwergsterns in het westelijke deel van de Westerschelde is duidelijk afhankelijk aan het aantal broedparen. De ruimtelijke verdeling van foeragerende sterns blijkt tussen de opnames in 1995 en 2002 geen significante verschillen te vertonen.

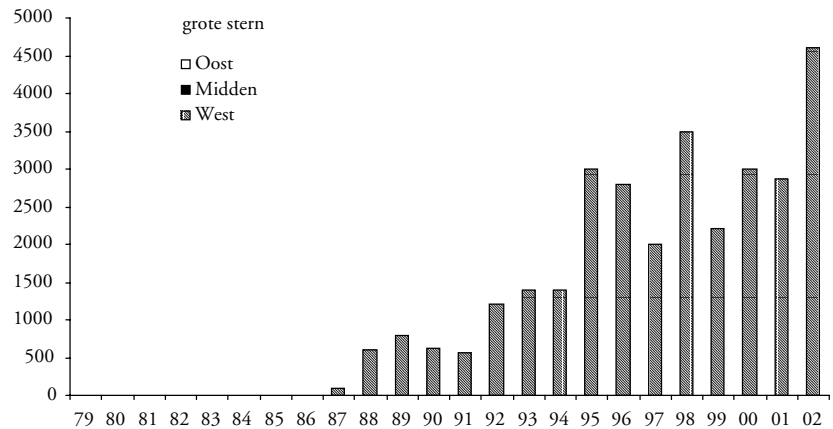
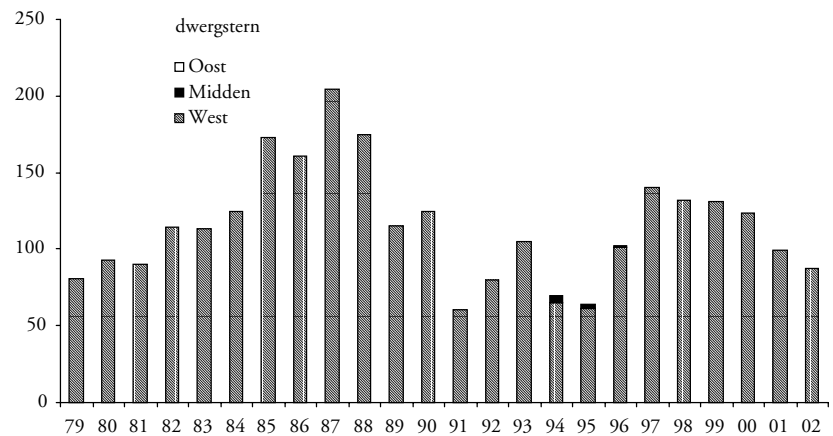
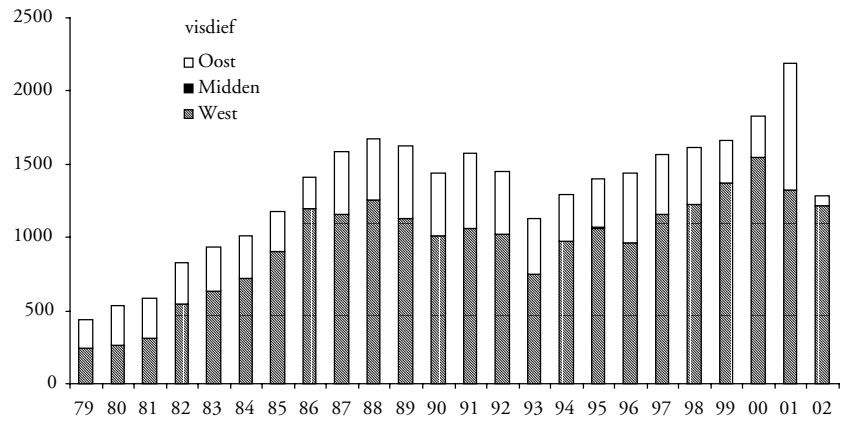
De Dwergsterns foerageerden het dichtst bij hun kolonie(s). In 2002 bevond zich alleen een kolonie aan de zuidkust van de Westerschelde (bij Nummer Een). In 1995, toen de belangrijkste kolonie zich nog op de Hooge Platen bevond foerageerden ze nabij de plaat. In 2002 waren ze voornamelijk ten zuiden van de Hooge Platen nabij de kustlijn foeragerend waar te nemen. Visdieven bleken zich in beide jaren vooral langs de westelijke helft van de Hooge Platen te concentreren, terwijl de Grote Stern in beide jaren vooral in bescheiden aantallen rond de oostzijde van de Spijkerplaat concentreerde. Dwergsterns en Grote Sterns bleken nauwelijks in het kielzog van schepen te foerageren, maar de Visdieven wel. Deze soort foerageert regelmatig én succesvol achter de veerboot Vlissingen-Breskens, terwijl dat bij andere schepen veel minder het geval is.

in 2002 het laagste. De enige kolonie in dit deel ligt in het Verdrongen Land van Saeftinghe, waar de vogels vooral broeden op pakketten aangespoeld plantaardig materiaal die blijven drijven bij hoge waterstanden.

Dwergsterns broeden vrijwel uitsluitend in het westelijk deel van de Westerschelde (Hooge Platen en/of Voorland Nummer Eén). Het aantal broedparen in de jaren 2000-2002 daalde ten opzichte van de jaren 1997-1999. In die jaren was er echter sprake van hogere aantallen vergeleken met

**Figuur 3.9.2**

Ontwikkeling van het totaal aantal broedparen in de Westerschelde van Visdief, Dwergstern en Grote Stern, met een onderverdeling naar de drie deelgebieden.

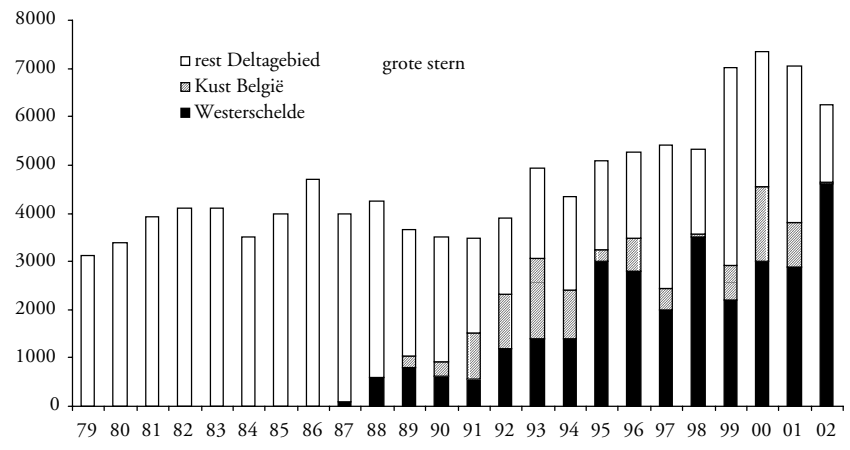
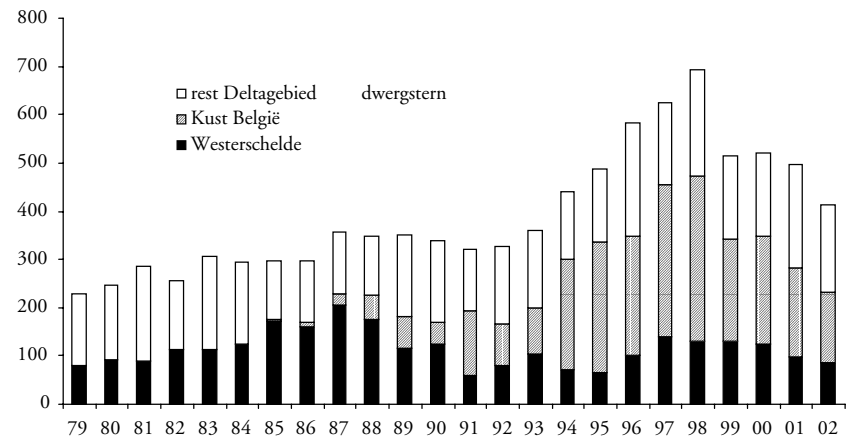
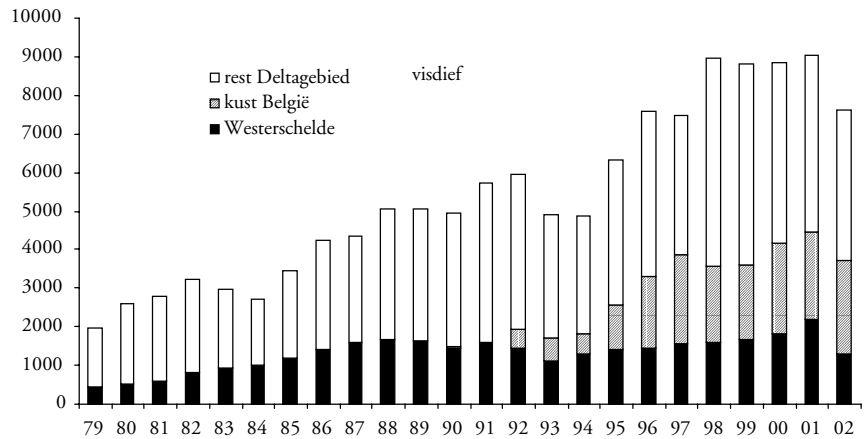


de periode vóór de verruiming (1991-1996). In figuur 3.9.3 is te zien dat een deel van deze fluctuaties veroorzaakt is door vogels die in de Belgische kustzone (Zeebrugge) zijn gaan broeden.

Grote Sterns broeden in de Westerschelde uitsluitend op de Hooge Platen. Na de vestiging in 1987 zijn de aantallen duidelijk toegenomen. De verruiming heeft hierop geen effect gehad.

De ontwikkeling van de aantallen broedparen van sterns in de Westerschelde dienen in een bredere context te worden beschouwd. Visdief, Grote Stern en Dwergstern hebben in het Deltagebied in de jaren negentig een opvallende toename laten zien (figuur 3.9.3). In het midden van de jaren tachtig heeft bij

**Figuur 3.9.3**  
Ontwikkeling van het totaal aantal broedparen van Visdief, Dwergstern en Grote Stern in de Westerschelde, de rest van de Zoute Delta en aangrenzende gebieden.



de Grote Stern een grote verschuiving plaatsgevonden van broedparen van de Hompelvoet in de Grevelingen naar de Hooge Platen in de Westerschelde.

Er zijn vooralsnog geen aanwijzingen dat de verruimingswerkzaamheden enig effect hebben gehad op het aantal broedparen van sterns in de Westerschelde.

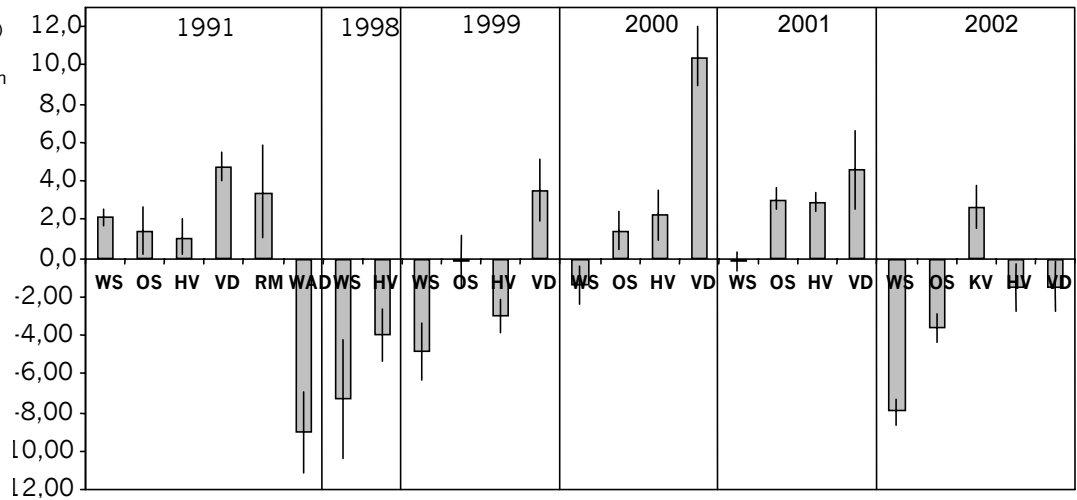
*Conditie van jonge Visdieven*

De gemiddelde conditie-index van de kuikens in de verschillende kolonies in de Westerschelde is weergegeven in figuur 3.9.4. Over deze reeks van jaren was de conditie in 1991 significant hoger dan in latere jaren (T-toets:  $t=9,46$ ;  $p<0,001$ ). Vooral in 1998, 1999 en in 2002 was de gemiddelde conditie slecht. De gegevens uit 1998 hebben echter alleen betrekking op de kolonie van

**Figuur 3.9.4**

Conditie-index van kuikens tot 20 dagen oud in de Westerschelde, Gemiddelden zijn gegeven per kolonie en per jaar, met SE's. Per jaar van links naar rechts:

Hooge Platen (HP), Sluiscomplex Terneuzen (TN) en Saeftinge (SF) (in 2002 uiterst rechts Braakmanhaven Terneuzen, geen gegevens beschikbaar van Saeftinge).

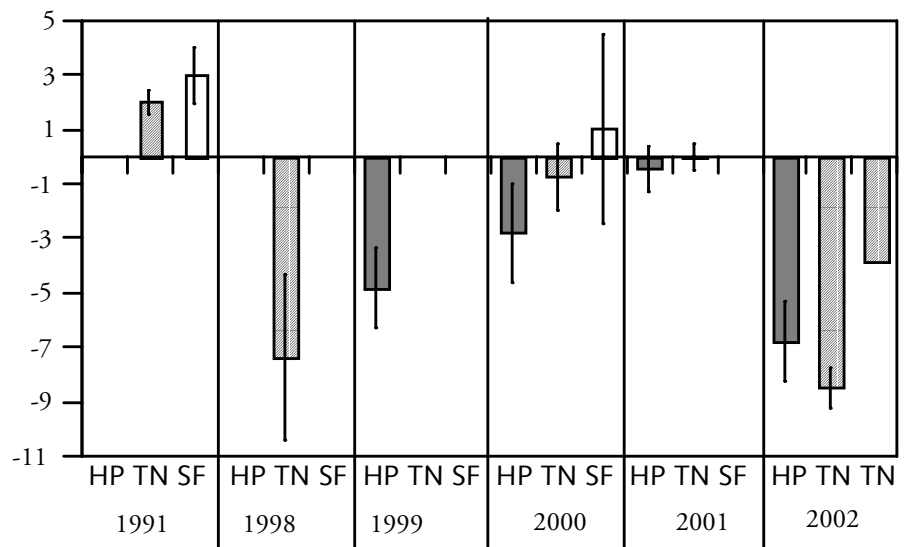


Terneuzen en maken een vergelijking daarmee moeilijk. Tussen 1999 en 2001 nam de gemiddelde conditie van jonge Visdieven jaarlijks toe. In 2002 was er in alle kolonies sprake van een sterke terugval in de conditie van de opgroeide jongen. Een duidelijke trend in conditie is echter niet zichtbaar.

De gemiddelde jaarlijkse conditie van de Visdiefkuikens in de verschillende watersystemen is weergegeven in figuur 3.9.5. De door Poot *et al.* (2003) uitgevoerde analyse kon slechts 11 % van de gevonden variantie verklaren. Dit geeft aan dat andere tot dusver onbekende factoren in belangrijke mate de conditie van de kuikens bepalen. Ten opzichte van de andere watersystemen hadden opgroeiende visdiefkuikens in de Westerschelde jaarlijks (m.u.v. 1991) een slechtere conditie (Meininger *et al.* 2003a en Tulp *et al.* 2001).

**Figuur 3.9.5**

Gemiddelde conditie-index met SE's per bekken weergegeven voor de jaren 1991 en 1998 tot en met 2002. WS=Westerschelde, OS=Oosterschelde, HV=Haringvliet, KV=Krammer-Volkerak, VD=Voordelta, RM=Randmeren (Zeewolde), WAD=Waddenzee (Griend).



Verschillen in conditie van jonge Visdieven tussen de watersystemen kunnen eventueel het gevolg kunnen zijn van verschillen in fysische omstandigheden. De Westerschelde kent de meest geëxponeerde omstandigheden waardoor foerageercondities voor de adulten hier slechter zouden kunnen zijn.

### 3.9.5 Conclusie

Visdieven in het westelijk deel broedden na de verruiming in hogere aantallen dan in de vijf jaren vóór de verruiming (beschouwd als  $T_0$ ). In het oostelijk deel

waren aantallen in de vijf jaar vóór de verruiming vrij stabiel, in de drie jaren na de verruiming traden grote schommelingen op. Een duidelijk trend is niet te onderscheiden. Het aantal broedparen van de Dwergstern in het westelijk deel van de Westerschelde was na de verruiming vergelijkbaar met de aantallen in de jaren vóór de verruiming. Grote Sterns broeden in de Westerschelde uitsluitend op de Hooge Platen, waar duidelijk sprake is van een toename.

In sommige jaren is in de Westerschelde een slechtere conditie van Visdiefkuikens vastgesteld, een verband met de verruiming is niet direct te leggen. Wel is het opvallend dat de condities van jonge Visdieven in de Westerschelde systematisch lager zijn dan in de andere watersystemen.

**Er zijn vooralsnog geen aanwijzingen dat de voorspelde ontwikkelingen in hypothesen E16 t/m 18 ("de foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (Visdieven, Dwergsterns) zullen in het westelijk, middendeel en oostelijk deel van de Westerschelde met resp. ca. 10%, ca. 10% en ca. 15% afnemen") plaatsvinden. Deze hypothesen lijken dus verworpen te moeten worden.**

### 3.9.6 Discussie

Uit de speciale veldstudie bleek dat de foerageergebieden van Visdief en Dwergstern niet overeen komen met de veronderstellingen waarop de hypothesen zijn gebaseerd. De aanname dat sterns voornamelijk afhankelijk zijn van rustig ondiepwatergebied is daardoor onjuist. Visdieven hebben inderdaad enige voorkeur voor dit ecotoop, maar Dwergsterns niet. Daarnaast benutten beide soorten ook andere ecotopen als foerageergebied.

De vraag kan gesteld worden of een eventuele vermindering van het areaal ondiep water in de Westerschelde directe effecten zou kunnen hebben op de aantallen broedparen van sterns. Van de Grote Stern is bekend dat zij voornamelijk in de Voordelta foerageren. Morfologische veranderingen in de Westerschelde zullen dus geen directe effect hebben op de Grote Sterns. Met name de Visdief zou gevoelig kunnen zijn voor veranderingen in deze ecotopen in de Westerschelde, toch laat ook deze soort in de Westerschelde een toename zien. Van deze langlevende soorten mag echter niet verwacht worden dat negatieve effecten zich snel in het aantal broedparen zullen manifesteren. De slechte condities ten opzichte van andere watersystemen van de visdiefkuikens zijn echter wel opvallend en het is raadzaam deze te volgen (zie paragraaf 3.9.4).

Aanbevolen wordt de hypothesen als volgt aan te passen:

- E16: De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (Visdief en Dwergstern) zullen in het westelijk deel van de Westerschelde niet dusdanig veranderen dat dit zal resulteren in een afname van aantallen broedparen en condities van jongen.**
- E18: De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (Visdief) zullen in het oostelijk deel van de Westerschelde niet dusdanig veranderen dat dit zal resulteren in een afname van aantallen broedparen en condities van jongen.**

*Toelichting: de voorspelde sterke afname van het rustige ondiepwatergebied, lijkt niet plaats te vinden. Daarnaast foerageren deze sterns opportunistisch in een ruimer scala aan ecotopen dan rustig ondiepwatergebied.*



Hypothese E17 kan vervallen, omdat in het middendeel van de Westerschelde momenteel – en in het verleden – vrijwel geen sterns broeden en de hypothese dus niet toetsbaar is.

Hypothese E19 (“De foerageermogelijkheden in het westelijk deel voor de Grote Stern zullen niet worden aangetast door de verdiepingswerkzaamheden”) kan niet worden getoetst omdat Grote Sterns nauwelijks in het genoemde gebied foerageren. Deze hypothese kan daarmee vervallen, conform de eerdere suggestie door Dauwe *et al.* (2002).

De gebruikte parameters zijn relatief simpel te meten. Het aantal broedparen is gebaseerd op waarnemingen uit het MWTL-programma en deze worden reeds lange tijd verzameld. De metingen aan de conditie van jonge Visdieven zijn recent in het kader van additioneel onderzoek naar het functioneren van broedgebieden van kustbroedvogels verzameld. De uitgevoerde analyses hebben aangetoond dat deze gegevens goed en betrouwbaar te gebruiken zijn. Het verdient daarmee aanbeveling deze metingen ook in de toekomst regelmatig (jaarlijks) te verzamelen. De schattingen van de areaalgrootte van de belangrijke ecotopen is voor 1996 en 2001 gebaseerd op verschillende modellen. Dit maakt het toetsen van bovenstaande hypothesen niet onmogelijk maar zorgt er wel voor dat een eventuele verandering niet verklaard kan worden door de areaalschattingen.



## 4. Chemische hypothesen

---

### 4.1 Inleiding chemie

Een goede chemische water- en bodemkwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor het gezond functioneren van de Westerschelde. De planten en dieren hierin stellen bepaalde minimum eisen aan hun specifieke leefomgeving. Samen met heersende fysische, morfologische en biologische omstandigheden bepaalt de kwaliteit van het water en de bodem de geschiktheid van die leefomgeving.

Het grootste deel van de verontreinigingen die op de Westerschelde terechtkomen, is afkomstig van de Zeeschelde. Hierdoor is er een duidelijke concentratiegradiënt van verontreinigingen in het water en in de bodem van de Westerschelde, met de hoge concentraties bij de Belgisch-Nederlandse grens en lagere concentraties in de monding van de Westerschelde.

Door de bagger- en stortstrategie, die tijdens de verruiming 48'/43 is gehanteerd, is een groot deel van de relatief verontreinigde baggerspecie uit het oosten van de Westerschelde gestort in het relatief schone westen, waardoor deze mogelijk is verontreinigd. Omdat er uitwisseling plaatsvindt van verontreinigingen in de bodem en de waterkolom, zullen veranderingen in de bodemkwaliteit 'doorwerken' naar de waterkwaliteit.

Binnen het project MOVE zijn hypothesen opgesteld om na te gaan in welke mate de chemische kwaliteit van het water en de bodem van de Westerschelde reageert op de bagger- en stortwerkzaamheden tijdens de verruiming 48'/43. Hierbij wordt ingezoomd op veranderingen in de concentraties van een aantal stoffen in het water en in de bodem van de Westerschelde. De ontwikkelingen in de water- en bodemkwaliteit en de mogelijke relaties met de verruiming komen aan bod in de volgende paragrafen.

## 4.2 Bodemkwaliteit

### 4.2.1 Inleiding

Een goede chemische bodemkwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor het gezond functioneren van de Westerschelde. Immers de Westerschelde vervult vele functies waarbij de bodemkwaliteit van groot belang is. Denk hierbij met name aan de natuur, de visserij en de recreatie.

De bodem van de Westerschelde is in de loop van de tijd opgeladen met verontreinigende stoffen, die afkomstig zijn van een groot aantal bronnen in zuidwestelijk Nederland en in het stroomgebied van de Schelde. Ook menselijke ingrepen in het watersysteem van het Schelde-estuarium en in het hydrologisch systeem van het stroomgebied van de Schelde zijn van invloed (geweest) op de aanvoer van verontreinigingen. Een overzicht van de typen menselijke ingrepen en verontreinigende bronnen is opgenomen in [Lefevre, 2003]. De meeste verontreinigingen zijn afkomstig uit het stroomgebied van de Schelde en komen via de Zeeschelde bij de Belgisch-Nederlandse grens en in mindere mate via het Kanaal van Gent naar Terneuzen bij Terneuzen de Westerschelde binnen. Voeg hierbij de invloed van de 'schone' zee, dan is het duidelijk dat in de bodem voor veel verontreinigende stoffen een concentratiegradiënt is ontstaan, met de hoogste concentraties in het oostelijke deel en de laagste in het westelijke deel van de Westerschelde.

Om de gevolgen van de bagger- en stortactiviteiten ten behoeve van de verruiming voor de chemische bodemkwaliteit van het westelijke deel van de Westerschelde aan te kunnen geven zijn twee hypothesen opgesteld. Deze hypothesen worden getoetst aan de gevonden ontwikkelingen van de chemische kwaliteit van de bodem van de Westerschelde.

Als gevolg van het gevoerde bagger- en stortbeleid is tijdens de verruiming baggerspecie uit het oostelijke deel van de Westerschelde meer in het westelijke deel teruggestort. Omdat de bodem in het oostelijke deel van de Westerschelde meer verontreinigd is dan in het westelijke deel, zou de bodem in het westelijke deel daardoor meer verontreinigd kunnen worden.

Aangenomen wordt dat deze baggerwerkzaamheden niet alleen effecten kunnen hebben op de chemische kwaliteit van de bodem, maar ook op de samenstelling van de bodem en op het bodemleven. De invloed van de baggerwerken zal het grootst zijn op en in de nabije omgeving van de bagger- en stortlocaties.

Belangrijke processen bij het baggeren zijn de verstoring van het bodemleven en het in de waterfase brengen van sediment en poriënwater met vaak hoge concentraties stoffen. Belangrijk op de stortlocaties zelf is de bedekking met sediment van het bodemleven. Ook kunnen stromingspatronen door de baggerwerkzaamheden zijn gewijzigd, met mogelijk gevolgen voor de erosie/sedimentatie van de bodem. Deze processen kunnen eveneens gevolgen hebben voor de samenstelling van de bodem, voor de chemische kwaliteit daarvan en voor het bodemleven. Veranderingen in de samenstelling en de chemische kwaliteit van de bodem kunnen gevolgen hebben voor de waterkwaliteit.

Om de gevolgen van genoemde baggeractiviteiten voor de chemische bodemkwaliteit van het westelijke deel van de Westerschelde aan te kunnen geven zijn twee hypothesen opgesteld. Deze hypothesen worden getoetst aan de gevonden ontwikkelingen van de chemische kwaliteit van de bodem van de Westerschelde.

#### 4.2.2 Hypothesen

De hypothesen C1 en C2, die zijn opgesteld om de gevolgen van de verruiming voor de chemische bodemkwaliteit van de Westerschelde te toetsen, zijn beschreven in het Plan van aanpak [Jong, J. de, et al., 1997]. Aangenomen is dat de hypothesen zijn opgesteld vanuit de zorg om mogelijk negatieve effecten van het bagger- en stortbeleid op de chemische kwaliteit van de bodem nabij de stortlocaties in het westelijke deel van de Westerschelde en van de schorren, platen en slikken in de Westerschelde nabij stortlocaties, alsmede de gevolgen daarvan voor de biologie in die gebieden.

**Hypothese C1. In de bodem (beneden NAP -2 m) van het westelijke deel van de Westerschelde zullen de concentraties aan microverontreinigingen niet significant toenemen; de uniforme gehaltetoets zal niet worden overschreden.**

*Toelichting: Uitgangspunt van deze hypothese is dat de bodemkwaliteit in het westen van de Westerschelde, door het daar storten van baggerspecie ook uit het oostelijk deel, zal verslechteren. Deze verslechtering zal naar verwachting echter klein zijn. Het grootste deel van de daar gestorte baggerspecie is 'klasse I' specie. De beoordeling van de kwaliteit van baggerspecie loopt vanaf 'klasse 0', dit is nagenoeg schoon materiaal, tot en met 'klasse IV', dat uit ernstig verontreinigde specie bestaat. Ecotoxicologische effecten van de klasse I specie zijn niet aangetoond. Ook is aangenomen dat de aanvoer van aan slib geadsorbeerde verontreinigingen uit het stroomgebied van de Schelde zal afnemen als gevolg van de saneringsmaatregelen die in België worden doorgevoerd. Daardoor is een verhoging van de concentraties in de bodem van de gehele Westerschelde niet waarschijnlijk.*

Inmiddels is deze hypothese opnieuw geformuleerd en luidt: **in de bodem (beneden NAP -2 m) van het westelijk deel van de Westerschelde zullen de concentraties aan microverontreinigingen, te bepalen aan de hand van de uniforme gehaltetoets uit de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding [Min. V&W, 1999] niet significant toenemen [Liek, 2002].**

Toetsing van hypothese C1 vindt plaats op basis van de nieuwe formulering.

**Hypothese C2. Op platen, slikken en schorren in de omgeving van stortlocaties zullen de concentraties aan microverontreinigingen niet significant toenemen; de uniforme gehaltetoets zal niet worden overschreden.**

De gedachte is dat de bodemkwaliteit van de platen, slikken en schorren in de omgeving van de stortlocaties in de Westerschelde door de bagger- en stortactiviteiten zal verslechteren (zie ook de toelichting bij hypothese C1). Deze verslechtering zal naar verwachting echter klein zijn. Tevens zal naar verwachting de aanvoer uit het stroomgebied van de Schelde van aan slib geadsorbeerde verontreinigingen afnemen als gevolg van saneringsmaatregelen in België. Een verhoging van de concentraties verontreinigingen op platen, slikken en schorren in de omgeving van stortlocaties is daardoor niet waarschijnlijk.

Opmerking: de kwaliteit van betreffende schorren, platen en slikken in de omgeving van stortlocaties is in 1999 bepaald. Omdat de eerstvolgende bemonstering van deze gebieden volgens het Plan van aanpak [De Jong, J. et al., 1997] in juni 2003 plaatsvindt kan deze hypothese momenteel niet worden getoetst. De toetsing vindt plaats zodra analyseresultaten van deze bodemmonsters beschikbaar zijn.

### 4.2.3 Methode

De kwaliteit van het sediment in de geulen en drempels van de Westerschelde en van de Zeeschelde wordt jaarlijks vastgesteld door Rijkswaterstaat en door de Afdeling Maritieme Zeeschelde van de Administratie Waterwegen en Infrastructuur. Deze bodembemonsteringen vinden in de Westerschelde en in de Zeeschelde plaats vanuit de vergunning voor het terugstorten van baggerspecie op Nederlands grondgebied, verleend aan de Vlaamse Regering op grond van de Wet op de Verontreiniging van Oppervlaktewater (WVO). Deze bemonstering van de bodem van de Westerschelde vindt elk jaar in de maanden januari en februari plaats op 22 locaties in de Westerschelde. Een bodemonmonster is hier een verzamelmonster van zes deelmonsters per bemonsteringslocatie, en beslaat daardoor een gedeelte van een drempel of een geul. Vanaf 1997 is het aantal locaties in het westen van de Westerschelde uitgebreid met locaties op de drempel van Vlissingen en in de Pas van Terneuzen. Ten behoeve van de toetsing van de hypothese zijn van de periode 1994 – 2001 gegevens beschikbaar van de zeven meest westelijk gelegen bemonsteringslocaties nabij drempels en geulen (zie figuur 4.2.1).

**Figuur 4.2.1**  
Overzicht beschouwde locaties bodemkwaliteit.



Als referentie voor de toetsing van de kwaliteit van de bodem (de T0-situatie) wordt de situatie in januari/februari 1997 aangehouden. Dit is de laatste periode waarvan de bodemkwaliteit is bepaald, die nog niet is beïnvloed door de bagger- en stortwerkzaamheden.

De samenstelling van het sediment is op de drempels niet overal vergelijkbaar. Voor een goede beoordeling van de kwaliteit van de waterbodem worden daarom de gehalten aan verontreinigen omgerekend naar een standaardbodem. Genoemde standaardisatiemethode is beschreven in de jaarlijkse rapportages van de "Chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en in de Zeeschelde" [Temmerman, I]. Voor beoordeling van de baggerspecie zijn de bodemcorrecties t.b.v. de standaardisatie en de toetsingscriteria toegepast uit de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding. In deze toets worden gehalten van de volgende stoffen beschouwd:

- de zware metalen arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel en zink;
- de pcb's met de rugnummers 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180;
- de pak's anthraceen, benz(a)antracene, benz(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, benzo(k)fluorantheen, chryseen, fluorantheen, fenantreen en indeno(123cd)pyreen;

- de bestrijdingsmiddelen heptachloorbenzeen, DDT+DDE+DDD, dieldrin en lindaan;
- minerale olie en eox.

Op basis van deze standaardisatie wordt aan elke locatie een kwaliteitsklasse toegekend, volgens de uniforme gehaltetoets. In deze toets wordt de volgende stelregel gehanteerd: ten hoogste twee stoffen mogen de toetswaarde met maximaal 50% overschrijden. Voor veel verontreinigende stoffen, zoals cadmium, kwik, benzo(a)pyreen en de PCB's zijn sowieso geen overschrijdingen toegestaan.

#### 4.2.4 Resultaten

De dataset voldoet om de hypothese in ecotoxicologische zin te toetsen omdat de Nederlandse normen gebaseerd zijn op NOEC (no observed effect concentration) gegevens. Ze zijn echter onvoldoende om de hypothese in ecologische zin te toetsen.

#### 4.2.5 Conclusie

Bij het opstellen van hypothese C1 is duidelijk gehinkt op twee gedachten. De eventuele gevolgen voor de kwaliteit van de bodem van het westelijke deel van de Westerschelde, en daarmee voor het bodemleven, werden belangrijk genoeg gevonden om in hypothese C1 te vervatten, zonder dat hiervoor een adequaat bemonsteringsprogramma werd opgesteld. Hierom kon hypothese C1 niet worden getoetst.

Er is onvoldoende aandacht besteed aan het opstellen en uitvoeren van een adequaat bemonsteringsprogramma, waarmee eventuele gevolgen van de verruiming voor de concentraties microverontreinigingen in de bodem van het westelijke deel van de Westerschelde ook daadwerkelijk kunnen worden getoetst.

#### 4.2.6 Discussie

De hypothesen zijn opgesteld vanuit de juiste veronderstelling dat er een gradiënt in de bodemkwaliteit bestaat tussen het oostelijke en het westelijke deel van de Westerschelde, én dat er materiaal wordt gebaggerd in het oosten dat vervolgens meer westwaarts in de Westerschelde wordt teruggestort. In principe resulteert dit in een verslechtering van de bodemkwaliteit in het westen. In de praktijk is deze verslechtering echter slecht of niet vast te stellen. Dit heeft de volgende oorzaken.

1. Het materiaal dat wordt gebaggerd is vrijwel altijd zandig materiaal. Verschillen in gehalten aan verontreinigende stoffen in zandig materiaal zijn meestal niet groot.
2. Bij de toetsing wordt de uniforme gehaltetoets gebruikt. De kwaliteit in het oosten van de Westerschelde is inmiddels zodanig dat de gehalten aan verontreinigende stoffen in de baggerspecie in het oosten laag zijn. In het westen worden vaak nog lagere gehalten gevonden, maar deze kleine verschillen vallen weg door de gekozen toetsmethode. Het resultaat hiervan is dat klasse 1 of zelfs al klasse 0 uit het oosten wordt gestort op bodems met klasse 0 of 1 in het westen. Verschillen zullen zo heel lastig zichtbaar worden. Daarbij komt nog dat door het

- gehanteerde bagger- en stortbeleid wordt vermeden dat materiaal wordt gestort op een bodem met een betere kwaliteit.
3. Het gehalte van een verontreinigende stof in de bodem wordt grotendeels bepaald door de hoeveelheid van de stof die al in de bodem zit. Wordt hieraan - via bijvoorbeeld sedimentatie - sediment met heel andere gehalten aan toegevoegd dan verandert het gehalte in de bodem toch maar weinig. Het gehalte in de bodem op een tijdstip T1 wordt daarom sterk bepaald door het gehalte op tijdstip T0. Er is een grote autocorrelatie tussen de gehalten op diverse tijdstippen. Dit maakt dat de bodem als milieucompartiment in het algemeen slechts geschikt is om veranderingen over lange perioden te detecteren.
  4. Het effect van baggeren en storten op de ecologie van een watersysteem is een complex geheel. Zie ook de inleiding. Het is erg lastig om een monitoringprogramma te definiëren dat de mogelijke ecotoxicologische gevolgen goed in beeld brengt. Om een voorbeeld te noemen, nog steeds is onbekend waardoor de troebelheid van de Westerschelde wordt bepaald en wat de invloed van de continue bagger- en stortactiviteiten hierop is. Er is kortom eerst projectmatig onderzoek nodig waaruit een goede monitor aanpak moet volgen. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat dit type onderzoek heel complex is.
  5. Uit bovenstaande en uit de toetsing is duidelijk geworden dat de actuele problematiek die de hypothese beschrijft is: het baggeren van klasse 0 of 1 specie en het storten ervan op klasse 0 en 1. Gezien de stortstrategie zal dit zelfs het storten van klasse 1 op klasse 1 en van klasse 0 op klasse 0 zijn. Dit betekent dat de hypothese C1 nog weinig betekenis heeft. Alternatieven zijn om te kijken naar de kwaliteit van het zwevend materiaal en/of te gaan kijken naar de kwaliteit van organismen als het mosselmeetnet.
  6. Het bemonsteringsprogramma voor hypothese C2 kan voorts het best aangepast worden aan de resultaten van de andere hypothesen en met name geconcentreerd worden in die gebieden waar een duidelijke toename van de sedimentatie (door de laatste) verruiming is geconstateerd.



## 4.3 Waterkwaliteit

### 4.3.1 Inleiding

Een goede chemische waterkwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor het gezond functioneren van een watersysteem, dus ook van de Westerschelde. Organismen stellen bepaalde eisen aan hun omgeving, zoals een goede waterkwaliteit. De Westerschelde wordt met een groot aantal stoffen belast. Dit is het gevolg van lozingen, die vrij recent in het stroomgebied van de Schelde plaatsvonden. De verontreinigende stoffen komen via de Zeeschelde bij de Belgisch-Nederlandse grens en bij Terneuzen via het Kanaal van Gent naar Terneuzen de Westerschelde binnen. Ook in Nederland vinden lozingen op de Westerschelde plaats. De waterkwaliteit wordt verder beïnvloed door variaties in de afvoer van de rivieren in het stroomgebied van de Schelde, als gevolg van steeds wisselende meteorologische omstandigheden, én door het Noordzeewater, dat het Schelde-estuarium binnendringt. Menselijke ingrepen in het watersysteem van dit estuarium en in het hydrologisch stroomgebied van de Schelde zijn eveneens van invloed op de natuurlijke afvoer van de rivieren en daarmee op de aanvoer van verontreinigingen. Een overzicht van deze menselijke ingrepen en verontreinigende bronnen is opgenomen in [Lefèvre, 2003]. Behalve bovenstaande factoren bepalen fysische, chemische en biologische processen de waterkwaliteit van de Westerschelde. Door de belasting met verontreinigende stoffen wordt het natuurlijke systeem van de Westerschelde negatief beïnvloed, met gevolgen voor de haar toegedichte functies natuur, visserij en recreatie.

Door het gevoerde bagger- en stortbeleid tijdens de verruiming, hoofdzakelijk in de periode 1997 – 1998, werd baggerspecie uit het oostelijke deel, in het westelijke deel van de Westerschelde gestort. Omdat de bodem in het oostelijke deel van de Westerschelde hogere gehalten aan verontreinigende stoffen bevat dan in het westen, bestaat de mogelijkheid dat daardoor de gehalten aan verontreinigende stoffen in de bodem in het westen stijgen. Dit heeft ook gevolgen voor de waterkwaliteit omdat er in principe evenwicht ontstaat tussen de concentraties in de bodem en in de waterkolom. Bij het opstellen van de hypothesen is ook aangenomen dat door de baggerwerkzaamheden in het Scheur – overigens geen direct onderdeel van de verruiming van de Westerschelde – verontreinigingen vanuit de monding de Westerschelde binnen kunnen dringen. Verder is aangenomen dat door de baggerwerkzaamheden het gebied met het troebelheidsmaximum, momenteel gesitueerd voor de Vlaamse kust ter hoogte van Knokke, mede als gevolg van een mogelijk grotere getijdoordringing in de Westerschelde - een mogelijk gevolg van de verruiming - in de richting van de Westerschelde zou kunnen opschuiven. Beide processen zouden de waterkwaliteit van de Westerschelde, met name in het westelijke deel, negatief kunnen beïnvloeden.

Om de eventuele gevolgen van genoemde baggeractiviteiten voor de chemische waterkwaliteit van de Westerschelde aan te kunnen geven zijn daartoe twee hypothesen opgesteld. Ontwikkelingen in de waterkwaliteit worden getoetst aan deze hypothesen.

#### 4.3.2 Hypothesen

De hypothesen die zijn opgesteld om de gevolgen van de verruiming door de chemische waterkwaliteit van de Westerschelde te toetsen, zijn beschreven in het Plan van aanpak [Jong, J. de, et al., 1997]. De ontwikkelingen van de waterkwaliteit worden gevolgd en getoetst aan de hand van de volgende hypothesen.

**Hypothese C3: de waterkwaliteit van de Westerschelde zal rekening houdend met 'natuurlijke' fluctuaties niet verslechteren ten opzichte van de huidige situatie.**

*Toelichting: In de hypothese wordt ervan uitgegaan dat door de bagger- en stortwerkzaamheden mogelijk verontreinigingen vrijkomen in het Scheur en dat het gebied met het troebelheidsmaximum naar de monding van de Westerschelde zou kunnen opschuiven, mede als gevolg van een sterkere getijdoordringing. Hierdoor zou een mogelijke verslechtering van de kwaliteit van het Westerscheldewater kunnen ontstaan. Naar verwachting echter leiden deze processen niet tot een significante verslechtering van de waterkwaliteit van de Westerschelde.*

Inmiddels is de toelichting bij deze hypothese opnieuw geformuleerd. Deze luidt nu: *“Oorzaken van mogelijke verslechtering van de waterkwaliteit: vrij komen van verontreinigingen tijdens het baggeren in de Scheur, binnendringen van het troebelheidsmaximum in de monding door een sterkere getijdoordringing. Echter deze mogelijke processen leiden naar verwachting niet tot een significante verslechtering van de waterkwaliteit. De kwaliteit wordt conform de normen uit de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998] getoetst met de gehalten aan zuurstof, zware metalen en PAK's.”*

Toetsing van hypothese C3 vindt plaats op basis van deze nieuwe toelichting.

De ontwikkelingen van het zuurstofverbruik in de waterkolom zouden worden getoetst aan de hand van de volgende hypothese:

**Hypothese E1: “De verdiepingswerkzaamheden zullen niet op grote schaal leiden tot een verhoogd zuurstofverbruik in de waterkolom van de Westerschelde t.g.v. versnelde mineralisatie van opgebaggerd organisch materiaal; hooguit zeer lokaal zal kortdurend een verlaging van de zuurstofconcentratie optreden”.**

Door het storten van opgebaggerd materiaal zal er een hoeveelheid organisch materiaal maar ook opgeloste stoffen in gereduceerde vorm in de waterkolom terechtkomen. Deze fractie zal gemineraliseerd worden en heeft dus een zuurstofbehoefte. De mineralisatiesnelheid blijkt primair af te hangen van de kwaliteit van het organische materiaal. Deze snelheid vertoont in de Westerschelde een significante ruimtelijke variatie, waarbij de snelheid afneemt gaande van oost naar west, en primair wordt bepaald door het materiaal dat wordt aangevoerd door de rivier. De bagger- en stortactiviteiten, die met name zand betreffen met daarin zeer geringe gehalten organisch materiaal, zullen hierin nauwelijks een bijdrage hebben. Ook het zuurstofverbruik van de gereduceerde opgeloste verbindingen die in de waterkolom terechtkomen is naar verwachting laag. Gegeven verder het feit dat het zuurstofverbruik in zout water lastig is te bepalen maakt dat **hypothese E1 niet wordt getoetst en vervalt.**

### 4.3.3 Methode

#### Interpretatie van de hypothesen

Hypothese C3 gaat uit van de mogelijkheid dat na de verruiming door de bagger- en stortwerkzaamheden in het mondingsgebied van de Westerschelde, die voor een groot deel gekoppeld zijn aan de vaarweg naar Zeebrugge, de belasting van de Westerschelde met verontreinigende stoffen zou kunnen toenemen. Deze veronderstelling is op het volgende gebaseerd.

Het troebelheidmaximum in de monding van de Westerschelde is, door de heersende hydraulische omstandigheden, in feite een ontmoetingsgebied van residuele sedimenttransporten. In de Wielingen sedimenteert veel materiaal. Deze vaargeul wordt, evenals de Pas van het Zand en het Scheur, door een aanzienlijke baggerinspanning op Vlaams grondgebied op diepte gehouden. De baggerspecie hieruit wordt op de Vlakte van de Raan gestort. Hier vindt desondanks geen verondieping plaats, waaruit wordt geconcludeerd dat de gestorte baggerspecie voor een groot deel snel weer in suspensie gaat en naar de geulen, met name in de Wielingen bij de Paardenmarkt, in de aanloopgeul naar de haven van Zeebrugge en in de haven zelf, wordt getransporteerd waar het sedimenteert. Hierdoor is a.h.w. een circulatiepatroon ontstaan. Ook wordt op de Paardenmarkt verontreinigd slib gestort dat is opgebaggerd uit de haven van Zeebrugge. Een deel van dit slib is afkomstig uit het stroomgebied van de Leie dat via afwateringskanalen wordt aangevoerd. Verder wordt het slib in de haven verontreinigd door de lokale industrie en haven- en scheepvaart activiteiten. Dit havenslib wordt opgebaggerd en ook op de Paardenmarkt gestort, waarna het vervolgens weer op natuurlijke wijze (stroming en golven) erodeert en opnieuw sedimenteert in de haven van Zeebrugge en in de Wielingen. Hierdoor maakt ook dit slib deel uit van genoemd circulatiepatroon. In dit patroon zit echter een 'lek'. Ongeveer 0,6 miljoen ton sediment verdwijnt jaarlijks uit dit systeem en komt terecht in het grootschalige zuid-noord transport langs de kust. Een deel hiervan gaat langs de linkeroever de Westerschelde in [D.C. van Maldegem & J. Vroon, 1995]. Omdat is aangenomen dat na de verruiming de getijdoordringing in de Westerschelde mogelijk toeneemt bestaat er dus ook een kans dat meer van het mengsel van marien met wat fluviatiel slib uit het mondingsgebied de Westerschelde binnendringt.

Toetsing van de effecten van de verruiming op de waterkwaliteit aan de hypothese is uitgevoerd voor de volgende stoffen:

- opgeloste zuurstof concentratie;
- de zware metalen arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel en zink in het zwevend stof;
- de PAK's antraceen, benz(a)antraceen, benz(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, benzo(k)fluorantheen, chryseen, fenantreen, fluorantheen en indenopyreen in het zwevend stof.

Als referentie voor de toetsing de waterkwaliteit is de periode 1990 t/m 1996 aangehouden. Het jaar 1996 is het laatste jaar waarin de waterkwaliteit niet beïnvloed kan zijn door de bagger- en stortwerkzaamheden t.b.v. de verruiming, die vooral in 1997 en 1998 plaatsvonden. Daarbij moet bedacht worden dat de definitie van de referentie lastig is doordat de lozingen en de meteorologische omstandigheden steeds wijzigen. Daarom is genoemde periode beschouwd als referentie.

#### Data gebruikt voor de toetsing

De waterkwaliteitsgegevens zijn afkomstig van de reguliere monitoring van de Westerschelde [Milieumeetnet Zoute Rijkswateren, jaarlijkse uitgave] die in het

kader van de Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) worden uitgevoerd. De bemonsteringen vinden tijdens het gehele jaar op vooraf vastgestelde datums, één meter onder het wateroppervlak plaats. De bemonsteringstochten starten op de Westerschelde meestal in Vlissingen, enkele uren na hoogwater. Vervolgens wordt de Westerschelde tot Schaar van Ouden Doel opgevaren, waarbij het gedeelte vanaf Hansweert ongeveer rond laagwater wordt bemonsterd. Deze aanpak betekent dat per locatie in een vrij klein getijvenster wordt gemonsterd. Dit houdt in dat de gegevens per locatie in de tijd onderling goed met elkaar te vergelijken zijn. De gegevens van de verschillende locaties zijn door de wijze van bemonsteren onderling minder goed met elkaar te vergelijken. Alleen het traject Hansweert tot Schaar van Ouden Doel wordt bemonsterd bij vergelijkbare getijomstandigheden, waardoor deze onderling vergeleken kunnen worden. Bij de toetsing is gebruik gemaakt van gegevens die afkomstig zijn van genoemde bemonsteringen Omdat in de hypothese sprake is van zowel de monding van de Westerschelde als van de Westerschelde zelf is informatie gebruikt, die is verkregen na bemonsteringen in de locaties Wielingen, Vlissingen, Terneuzen, Hansweert (alleen zuurstof) en Schaar van Ouden Doel (zie figuur 4.3.1). Van de andere bemonsteringslocaties op de Westerschelde binnen MWTL zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om bij de toetsing te gebruiken.

.....  
**Figuur 4.3.1**  
 Overzicht beschouwde bemonsteringslocaties.



Voor de toetsing van de hypothese zijn gegevens van de periode 1990 – 2000 gebruikt. Om de concentraties in het water te kunnen toetsen aan de waterkwaliteitsnormen zijn de concentraties zware metalen en organische micro's gestandaardiseerd en is elk jaar voor elke beschouwde stof de toetswaarde (het 90-percentiel) bepaald en getoetst aan de MTR- en de streefwaarden, normen uit de 4<sup>e</sup> Nota. Voor zuurstof zijn de 10-percentielen bepaald en getoetst over de periode 1990 - 2001. Gebruikte methode is beschreven in [van Berchum & Stikvoort].

#### **Methode van toetsing**

Hypothese C3 wordt verworpen als blijkt dat de toetsingsresultaten na 1996 een slechter resultaat geven dan de toetsingsresultaten voor 1996 en/of indien sprake is van een significante verslechtering van de waterkwaliteit van de Westerschelde – zonder dat dit (al) tot uiting komt na toetsing aan de normen.

#### **4.3.4 Resultaten**

Voor hypothese C3 zijn de gegevens van de waterkwaliteit van de Westerschelde zijn getoetst aan zowel het maximaal toelaatbaar risico als de streefwaarden uit de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding. De normen voor de microverontreinigingen zijn in tabel 4.3.1 samengevat.

Tabel 4.3.1

Overzicht van de bij de toetsing gebruikte normen in mg/kg uit NW4.

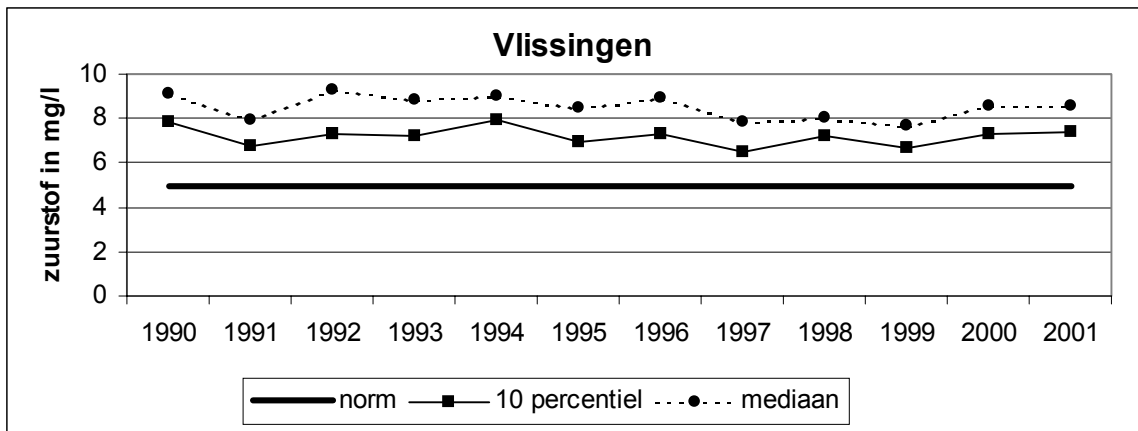
	MTR-waarde (maximaal toelaatbaar risico) zwevend stof	Streefwaarde zwevend stof
Arseen	55	29
Cadmium	12	0,8
Chroom	380	100
Koper	73	36
Lood	530	85
Nikkel	44	35
Kwik	10	0,3
Zink	620	140
Antraceen	0,1	0,001
Benz(a)antraceen	0,4	0,003
Benz(a)pyreen	3	0,003
Benzo(ghi)peryleen	8	0,08
Benzo(k)fluorantheen	2	0,02
Chryseen	11	0,1
Fenantreen	0,5	0,005
Fluorantheen	3	0,03
Indenopyreen	6	0,06

*Opgeloste zuurstofconcentratie*

Van de zuurstofgegevens is van de periode 1990 – 2001 voor elk jaar het 10-percentiel en de mediaan berekend van de locaties Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel. Deze zijn met de norm weergegeven in de figuren 4.3.2 tot en met 4.3.5.

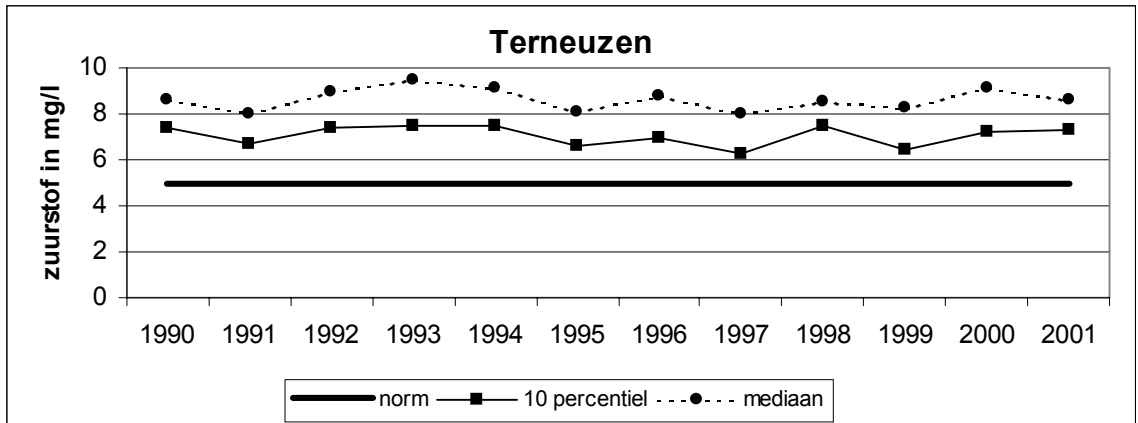
Figuur 4.3.2

Zuurstofconcentraties bij Vlissingen.

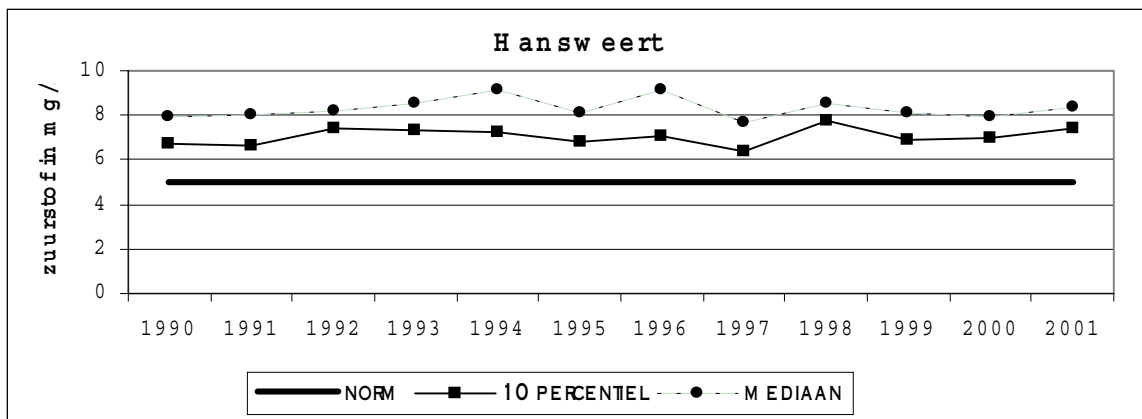


Figuur 4.3.3

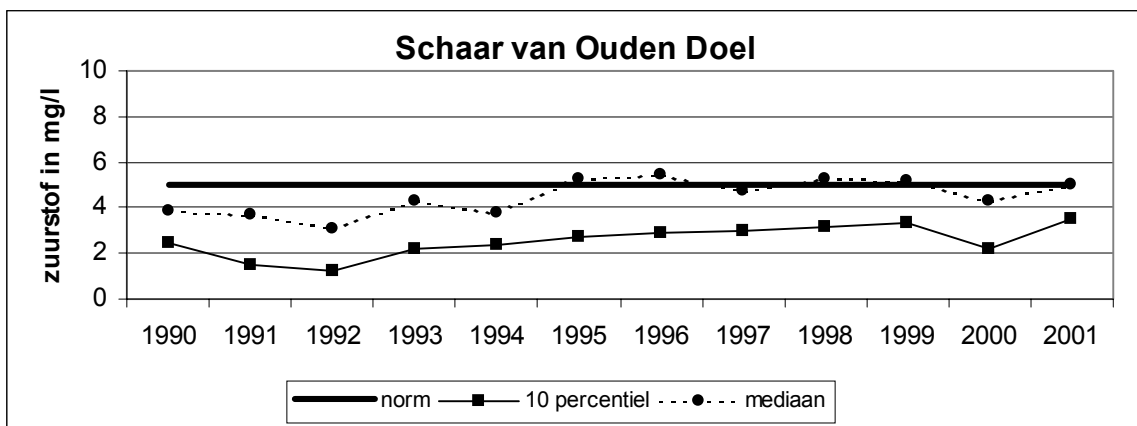
Zuurstofconcentraties bij Terneuzen.



**Figuur 4.3.4**  
Zuurstofconcentraties bij Hansweert.



**Figuur 4.3.5**  
Zuurstofconcentraties bij Schaar van Ouden Doel.



*Zware metalen*

Van de zware metalen in het zwevend stof (mg/kg) is van elke beschouwde stof van elk jaar binnen de periode 1990 – 2000 het 90-percentiel bepaald en deze is daarna getoetst aan betreffende MTR-waarden en streefwaarden uit de 4<sup>e</sup> Nota. De resultaten van de locaties Vlissingen, Terneuzen en Schaar van Ouden Doel zijn in de tabellen 4.3.2 t/m 4.3.4 opgenomen.

**Tabel 4.3.2**  
Toetsingsresultaten zware metalen in zwevend stof bij Vlissingen.

	arsen		cadmium		chrom		koper		kwik		nikkel		lood		zink	
	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw
1990	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
1991	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
1992	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-
1993	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
1994	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
1995	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
1996	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
1997	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-
1998	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
1999	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
2000	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-

**Tabel 4.3.3**  
Toetsingsresultaten zware metalen in zwevend stof bij Terneuzen.

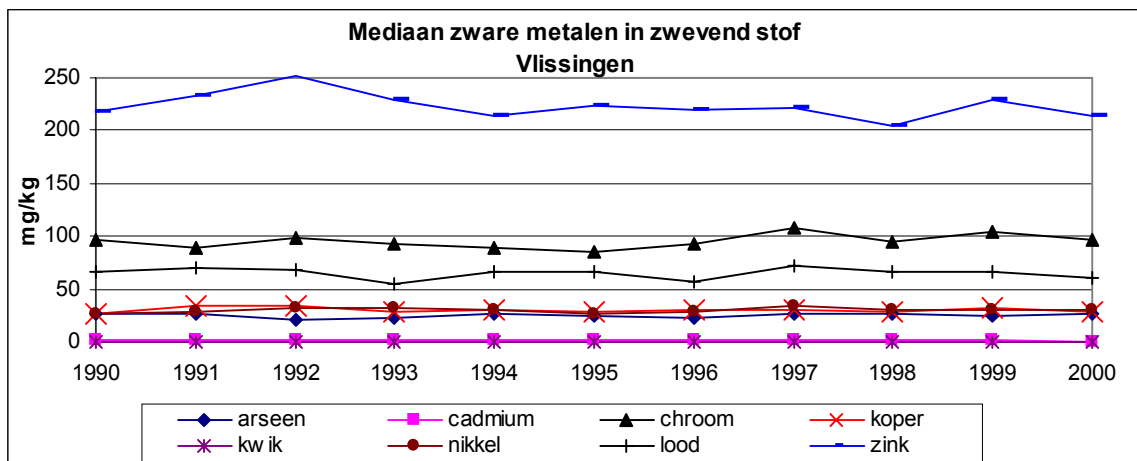
	arsen		cadmium		chroom		koper		Kwik		nikkel		lood		zink	
	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw
1990	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1991	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1992	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1993	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
1994	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
1995	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1996	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
1997	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
1998	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
1999	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
2000	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

**Tabel 4.3.4**  
Toetsingsresultaten zware metalen in zwevend stof bij Schaar van Ouden Doel.

	arsen		cadmium		chroom		koper		kwik		nikkel		lood		zink	
	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw
1990	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1991	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1992	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1993	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1994			+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1995			+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1996			+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1997			+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1998			+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1999			+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
2000			+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-

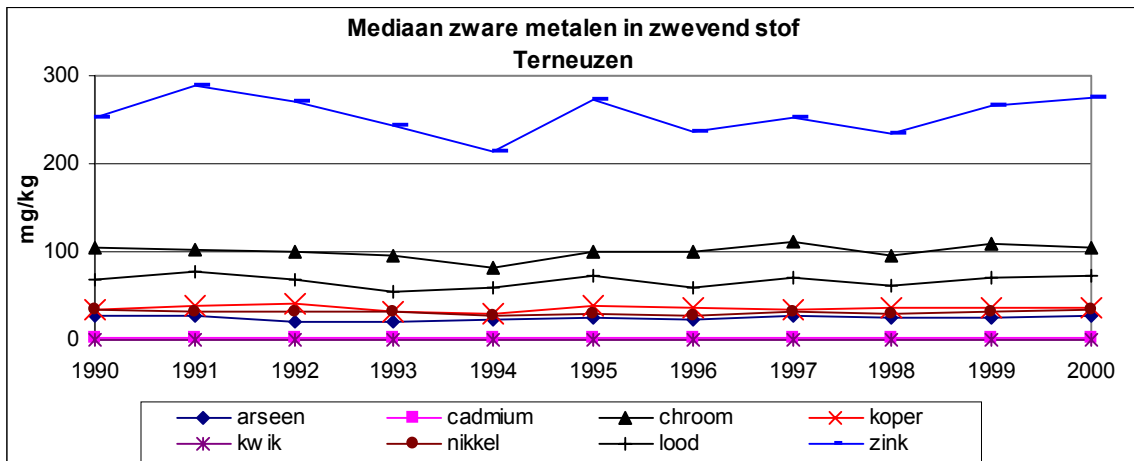
In de hypothese staat: "..... de kwaliteit zal niet verslechteren". Dit kan, ondanks het voldoen van de percentielen aan de betreffende normen, toch mogelijk zijn. Daarom is ook naar het verloop van de concentraties in de tijd gekeken. Uit de meetgegevens is voor elke stof van elk jaar de mediaan bepaald en voor de locaties Vlissingen, Terneuzen en Schaar van Ouden Doel in de figuren 4.3.6 t/m 4.3.8 opgenomen.

**Figuur 4.3.6**  
Mediaanwaarden zware metalen in zwevend stof bij Vlissingen.



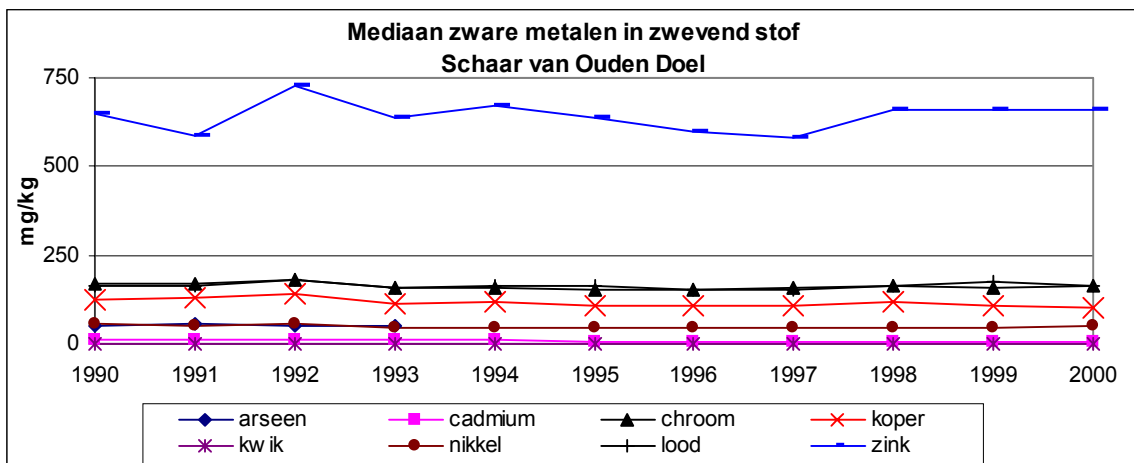
Figuur 4.3.7

Mediaanwaarden zware metalen in zwevend stof bij Terneuzen.



Figuur 4.3.8

Mediaanwaarden zware metalen in zwevend stof bij Schaar van Ouden Doel.



*Organische microverontreinigingen*

Van de concentraties organische microverontreinigingen in het zwevend stof (mg/kg) is van de locaties Vlissingen, Terneuzen en Schaar van Ouden Doel van elke beschouwde stof voor elk jaar het 90-percentiel bepaald en daarna getoetst aan betreffende MTR-waarden en streefwaarden uit de 4<sup>e</sup> Nota. Deze zijn in de tabellen 4.3.5 t/m 4.3.7 opgenomen.

Tabel 4.3.5

Toetsingsresultaten organische microverontreinigingen bij Vlissingen.

	Ant		B(a)A		B(a)P		B(ghi)P		B(k)F		Chr		Fen		Flu		Ind	
	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw
1990	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1991	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1992	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1993	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1994	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1995	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1996	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1997	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1998	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1999	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
2000	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-



**Tabel 4.3.6**

Toetsingsresultaten organische microverontreinigingen bij Terneuzen.

	Ant		B(a)A		B(a)P		B(ghi)P		B(k)F		Chr		Fen		Flu		Ind	
	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw
1990	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1991	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1992	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1993	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1994	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1995	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1996	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1997	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1998	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1999	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
2000	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-

**Tabel 4.3.7**

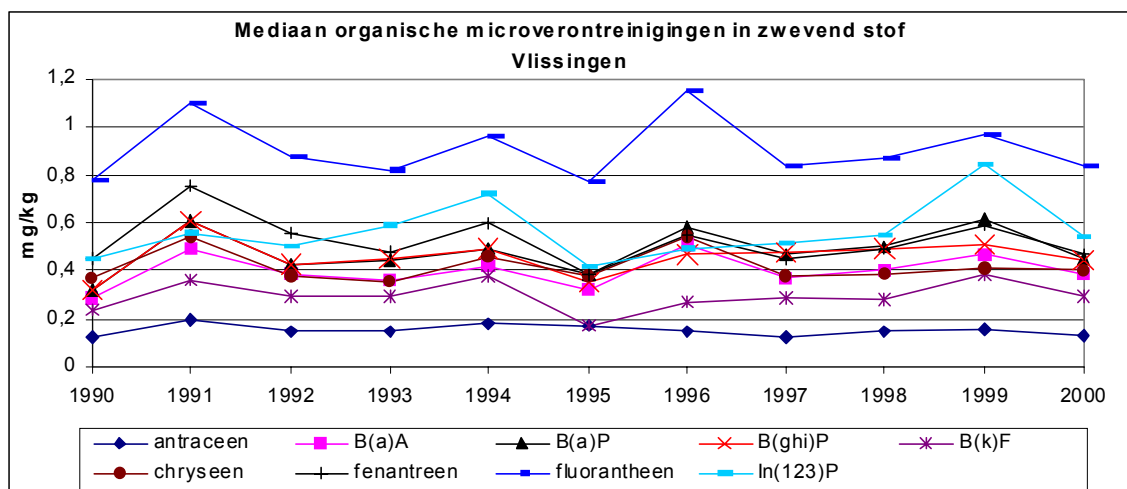
Toetsingsresultaten organische microverontreinigingen bij Schaar van Ouden Doel.

	Ant		B(a)A		B(a)P		B(ghi)P		B(k)F		Chr		Fen		Flu		Ind	
	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw	mtr	sw
1990	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
1991	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
1992	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
1993	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
1994	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
1995	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
1996	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1997	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1998	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
1999	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
2000	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-

Ook zijn voor elke beschouwde stof en voor elk jaar binnen de periode 1990 – 2000 de mediaanwaarden berekend en uitgezet om na te kunnen gaan of zich in de tijd een significante verslechtering van de waterkwaliteit heeft voorgedaan, zonder dat normen werden overschreden. Van de locaties Vlissingen, Terneuzen en Schaar van Ouden Doel zijn deze gegevens in de figuren 4.3.9 t/m 4.3.11 opgenomen.

**Figuur 4.3.9**

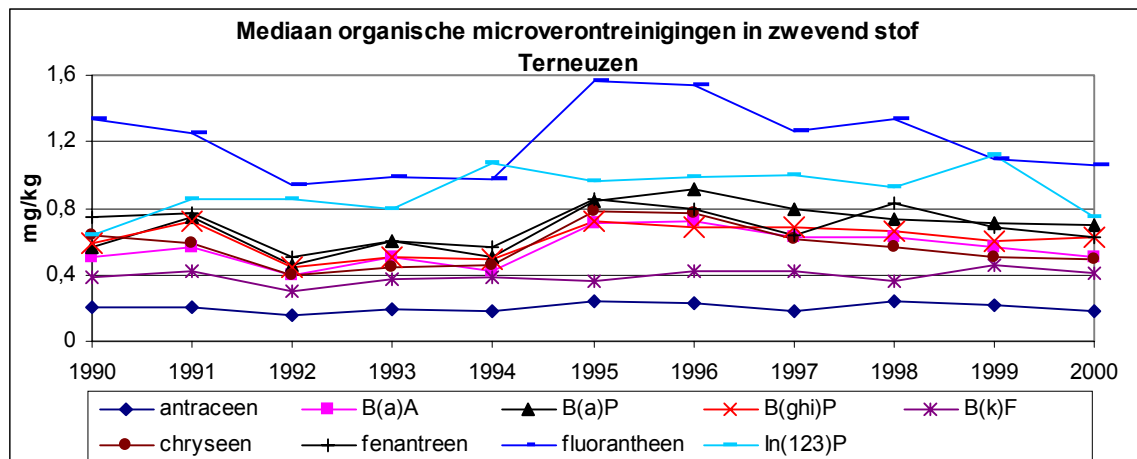
Mediaanwaarden organische microverontreinigingen in zwevend stof bij Vlissingen.



Figuur 4.3.10

Mediaanwaarden organische microverontreinigingen in zwevend stof bij Terneuzen.

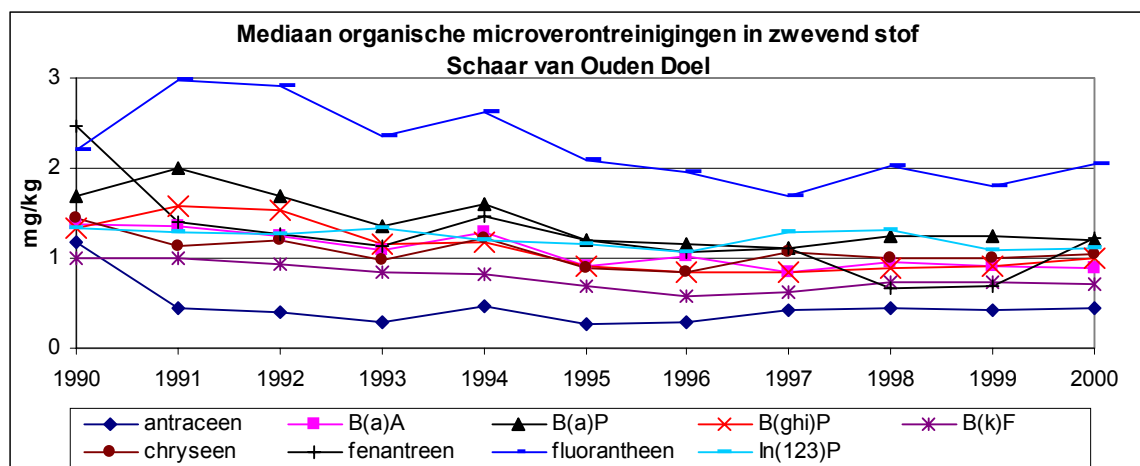
Uit de toelichting op de hypothese C3 blijkt dat rekening gehouden moet worden met het verder opschuiven van het gebied met het troebelheidsmaximum naar de monding van de Westerschelde en met de



gevolgen van baggerwerkzaamheden in het Scheur. Beide processen zouden de kwaliteit van het Westerscheldewater negatief kunnen beïnvloeden. Hiertoe is van de gegevens, die zijn ingewonnen bij de locaties Wielingen en Vlissingen, ook nog nagegaan of sprake is van een (statistisch) significante verandering van de concentraties binnen de beschouwde periode. De resultaten zijn in tabel 4.3.8 opgenomen.

Figuur 4.3.11

Mediaanwaarden organische microverontreinigingen in zwevend stof bij van Ouden Doel.



#### 4.3.5 Conclusie

Uit de toetsing aan de normen uit de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding (de MTR-waarden en de streefwaarden) van de periodes voor en na 1996 blijkt dat:

- de zuurstofconcentraties niet dalen na 1996. De norm wordt bij Vlissingen, Terneuzen en Hansweert elk jaar gehaald, bij Schaar van Ouden Doel daarentegen in geen enkel jaar, al treedt hier wel enige verbetering op. De lage zuurstofconcentraties zijn het gevolg van lozingen vanuit het stroomgebied van de Schelde, en niet het gevolg van verzuimingswerkzaamheden.
- het toetsen van de gehalten aan zware metalen en organische microverontreinigingen in zwevend stof in de beschouwde periode aan de huidige normen geen essentiële verschillen geeft.

**Tabel 4.3.8**

Resultaten statistische toetsing concentratieverloop zuurstof, zware metalen en organische microverontreinigingen in het water en het zwevend stof.

Toelichting:

“↑” betekent significant stijgend,  
 “↓” betekent significant dalend,  
 de afkorting “n.s.” houdt in dan de verandering niet significant is,  
 het symbool “-” betekent geen of te weinig gegevens voor statistische analyse.

Stof (niet gestandaardiseerd)	Gegevens beschikbaar over de periode	Toetsing gehele periode	Toetsing tot eind 1996	Toetsing vanaf 1997
<b>Locatie Wielingen</b>				
Zuurstof Vlissingen	1990 - 2001	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend
Zuurstof Wielingen	1991 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Arseen particulier Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Arseen opgelost Wielingen	1992 - 1999	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend	(n.s.) stijgend
Cadmium particulier Wielingen	1992 - 2001	↓	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend
Cadmium opgelost Wielingen	1992 - 1999	↓	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend
Koper particulier Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Koper opgelost Wielingen	1992 - 1999	↓	(n.s.) dalend	(n.s.) stijgend
Chroom particulier Wielingen	1992 - 2001	↑	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Chroom opgelost Wielingen	1992 - 1999	detectielimieten	detectielimieten	detectielimieten
Zink particulier Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Zink opgelost (waarde=0,5 dl)	1992 - 1999	(n.s.) stijgend	(n.s.) dalend	(n.s.) stijgend
Lood particulier Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Lood opgelost Wielingen	1992 - 1999	detectielimieten	detectielimieten	detectielimieten
Kwik particulier Wielingen	1992 - 2001	↓	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend
Kwik opgelost Wielingen	1992 - 1999	detectielimieten	detectielimieten	detectielimieten
Nikkel particulier Wielingen	1992 - 2001	↑	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Antraceen Wielingen	1988 - 2001	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend
Antraceen Vlissingen	1988 - 2001	↓	(n.s.) dalend	↓
Indenopyreen Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend
Indenopyreen Vlissingen	1988 - 2001	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend
Fluorantheen Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	↓
Fluorantheen Vlissingen	1988 - 2001	↓	(n.s.) dalend	↓
Benzo(a)antraceen Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	↓
Benzo(a)antraceen Vlissingen	1988 - 2001	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend	↓
Benzo(a)pyreen Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	↑	(n.s.) dalend
Benzo(a)pyreen Vlissingen	1988 - 2001	(n.s.) dalend	(n.s.) stijgend	↓
Benzo(ghi)peryleen Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	(n.s.) dalend
Benzo(ghi)peryleen Vlissingen	1988 - 2001	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend
Benz(k)fluorantheen Wielingen	1992 - 2001	(n.s.) stijgend	(n.s.) stijgend	↓
Benz(k)fluorantheen Vlissingen	1988 - 2001	(n.s.) dalend	(n.s.) dalend	↓

Uit de trendanalyse voor de periode 1997 – 2000 (of 2001) blijkt dat:

- de zuurstofconcentraties niet significant dalen.
- de concentraties zware metalen stijgen, maar over het algemeen niet significant.
- de concentraties van de meeste van de beschouwde organische microverontreinigingen bij Vlissingen en in de Wielingen laten een significante daling zien. De andere organische microverontreinigingen dalen daar over het algemeen, maar niet significant.
- bij Schaar van Ouden Doel sprake is van enige daling van de gehalten zware metalen en organische microverontreinigingen, veroorzaakt door vermindering van lozingen in het stroomgebied.

Er is kortom geen sprake van een significante verslechtering van de waterkwaliteit in de beschouwde periodes. Dit komt overeen met de geformuleerde hypothese. Verondersteld daarin wordt dat de invloed van de verruiming slechts een gering effect op de waterkwaliteit van de Westerschelde zal hebben.

In het algemeen is de waterkwaliteit van de Westerschelde niet beïnvloed door

de verruiming en onderhoudsbaggerwerk van de vaargeul en de havens met uitzondering wellicht van enkele sediment gebonden stoffen.

**Geconcludeerd wordt kortom dat hypothese C3 niet wordt verworpen.**

#### 4.3.6 Discussie

De waterkwaliteit van de Westerschelde wordt voor een groot deel bepaald door de zijdelingse belastingen van stoffen in (zijrivieren van) het Schelde stroomgebied. Via een groot aantal processen in het watersystemen zelf en fluctuerende meteorologische condities en water- en sedimentafvoeren resulteert dit vervolgens in de waterkwaliteit van de Westerschelde zelf. Deze wordt vervolgens nog verder beïnvloed door diverse menselijke ingrepen in het systeem waarvan de ingrepen in de slibhuishouding door met name onderhoudsbaggerwerk van havens - waarin van nature slib accumuleert dat van nature de hoogste gehalten microverontreinigingen heeft - de belangrijkste is. Gegeven dit geheel werd verwacht en vervolgens geformuleerd in hypothese C3, dat de invloed van een verruiming en vervolgens het reguliere onderhoudsbaggerwerk van de vaarweg naar de havens op de waterkwaliteit gering zou zijn. Dit betekent ook dat het niet erg zinvol is om naar de waterkwaliteit van de Westerschelde in algemene zin te kijken als getracht wordt om de invloed van de verruiming op de waterkwaliteit te bepalen. Dit betekent dat in de toekomst ingezoomd moet worden zowel met betrekking tot locaties als stoffen om hypothese C3 adequaat te toetsen. Uitgaande van het gegeven dat het vaargeulonderhoud op dit moment bestaat uit het baggeren van drempels, het met name storten van materiaal naar het westen toe en het gegeven dat verontreinigingen vooral in fijn sediment (slib) aanwezig zijn kan de hypothese C3 in de toekomst het best als volgt worden geoperationaliseerd:

- (statistisch) analyseren van verschillen in gehalten in de fijne fractie in drempels in het oosten van de Westerschelde. Het gaat dan met name om de drempels met de grootste baggeractiviteiten en in het gebied met van nature de hoogste concentratiegradiënten van stoffen.
- (statistisch) analyseren van de waterkwaliteit op stoffen die met name als gevolg van de vroege-diagenese in hoge concentraties in het poriënwater aanwezig zijn en via baggeractiviteiten in de waterfase komen. Concreet zou het kunnen gaan om het meten van ammonium over de verticaal in een gebied in het oosten met een hoge baggeractiviteit van fijn materiaal.
- (statistisch) analyseren van verschillen in gehalten in de fijne fractie in de stortlocaties in het westen
- het bepalen van de hoeveelheid fluviatiel materiaal in de monding van de Westerschelde

## 5. Discussie en conclusies

---

### 5.1 Inleiding

De voorgaande hoofdstukken gaven inzicht in de mogelijke effecten op individuele variabelen. In dit hoofdstuk worden de verschillende effecten onderling met elkaar in verband gebracht en worden de belangrijkste conclusies getrokken over de mogelijke gevolgen van de verruiming in relatie tot natuurlijke ontwikkelingen in het estuarium. Alvorens op de evaluatie in te gaan, worden eerst de hypothesenbenadering, de daarmee gepaard gaande onzekerheden en de ecotoopbenadering nader onder de loep genomen.

### 5.2 Hypothesenbenadering

Aan de basis van MOVE staat de hypothesenbenadering. De hypothesen geven een veronderstelling weer van de verwachte ontwikkeling ten aanzien van bepaalde fysische, chemische en biologische processen in het estuarium. Deze hypothesen zijn gebaseerd op expert opinion van medewerkers van Rijkswaterstaat.

Een goede hypothese voldoet aan een aantal voorwaarden. Ten eerste moet het een aannemelijk antwoord vormen op de hoofdvraag – in dit geval wat zijn de mogelijke gevolgen van de verruiming - gebaseerd op beschikbare feiten en theorieën. Daarnaast moet een hypothese zinvol zijn en bijdragen aan het verkrijgen van nieuw inzicht. Als laatste moet een hypothese toetsbaar zijn waarbij navolgende evaluaties gebruikmakend van dezelfde resultaten tot dezelfde conclusies moeten leiden.

Met het oog op het voorkomen van subjectieve afwegingen bij het interpreteren en rapporteren is er in 1996 naar gestreefd de MOVE hypothesen zo concreet en kwantitatief mogelijk te formuleren en om alle mogelijke onzekerheden en nuances uit de oorspronkelijke verwachting te halen. Deze hypothesen zouden gezamenlijk een aannemelijk antwoord moeten geven op de vraag hoe op een termijn van 25 jaar (2021) het estuarium eruit gaat zien en in hoeverre dit het gevolg zou kunnen zijn van de verruiming al dan niet in combinatie met de autonome ontwikkeling.

Het mag duidelijk zijn dat het opnemen van een bepaalde hypothese in de beginfase van de studie niet zondermeer betekent dat deze hypothese met de huidige kennis van zaken wetenschappelijk gezien voldoende onderbouwd is. Door nieuw onderzoek of binnen MOVE kader opgedane ervaring is het immers mogelijk dat een dergelijke hypothese voor verbetering vatbaar is of zelfs onjuist.

Een aantal specifieke problemen deed zich voor bij de toetsing van de hypothesen, namelijk:

- Een toetsgrootte die gemeten of berekend is, is bij nader inzien niet representatief voor de in de hypothese geschetste ontwikkeling van een parameter.

- Hypothesen zijn soms niet zorgvuldig geformuleerd met als gevolg dat bij het toetsen een bredere interpretatie mogelijk was.
- De meetgegevens of de tijdreeksen waren dikwijls ontoereikend.
- Het schortte bij toetsing aan voldoende inzicht in de onderliggende processen of aannames.
- De autonome ontwikkelingen, ook wel nulontwikkelingen genoemd (inclusief de effecten van de vorige verruiming), zijn moeilijk te onderscheiden van de effecten van de verruiming 48'/43'.

### 5.3 Omgaan met onzekerheden

De Westerschelde is zeer dynamisch en complex systeem en ondanks de uitgebreide monitoringsprogramma's is de beschikbare informatie beperkt. Dit kan gemakkelijk leiden tot de verkeerde conclusies over de gevolgen van de verruiming 48'/43'. Onzekerheden zijn dan ook inherent aan de vele conclusies die in dit rapport staan vermeld. Vandaar dat in deze paragraaf aandacht besteed wordt aan de vraag wat de wetenschappelijke waarde van de bevindingen is, en hoe het best onderscheiden kan worden welke conclusies met grote zekerheid getrokken kunnen worden en welke minder goed onderbouwd zijn of zelfs van speculatieve aard zijn.

#### 5.3.1 Typen onzekerheden

De toetsing van de hypothesen wordt beïnvloed door een groot aantal factoren die een bepaalde mate van onzekerheid introduceren. Verschillende typen van onzekerheden die in de huidige tussenevaluatie aan de orde kwamen zijn:

##### *Schaalprobleem*

Ten eerste is er een schaalprobleem. De hypothesen zijn opgesteld met een tijdshorizon van 25 jaar (en in enkele gevallen 15 jaar) in gedachte. Het beeld op dit moment (5 jaar na de verruiming 48'/43') kan behoorlijk afwijken van de situatie 25 jaar na de verruiming 48'/43'. Er is geen sprake van een geleidelijke ontwikkeling over het hele front, maar van verschillende processen die zich op verschillende tijdschalen manifesteren. Aanvankelijke plaatranderosie van platen zal in een veel sneller tempo optreden dan de geleidelijke ophoging en dus afname van de dynamiek van de plaatgebieden. Ook in ruimtelijke opzicht zal dit een ander beeld opleveren.

##### *Onderbouwing van de aannames*

Bij het opstellen van de verschillende hypothesen zijn veelvuldig aannames gemaakt, die al of niet zijn vastgelegd. De wetenschappelijke onderbouwing van deze aannames schiet dikwijls te kort. Dit is bijvoorbeeld het geval in de veronderstelde preferentie van de visdief en de dwergstern voor rustig ondiepwatergebied. Uit de huidige evaluatie is juist gebleken dat de visdief inderdaad voorkeur vertoont voor ondiep, rustig en helder water maar dat de dwergstern daarentegen de voorkeur geeft aan ondiep, turbulent en troebel water.

##### *Meetfouten*

Bij de formulering en uitvoering van een meetcampagne kunnen een groot aantal onzekerheden ontstaan die doorwerken in de toetsing van de hypothesen. Deze onzekerheden zijn bijvoorbeeld een gevolg van de beperkingen van de meetmethode of meetapparatuur (niet alles kan even nauwkeurig gemeten worden), het weglaten van relevante parameters of metingen, te kleine monsternames of het niet representatief zijn van de meetlocaties of het tijdstip van meting.

#### *Interpretatiefouten*

In de bewerking van de data en de gegevensanalyse kunnen gemakkelijk interpretatiefouten optreden. In de huidige studie bleek bijvoorbeeld dat het werken met een verschillend GIS instrumentarium tot een foute interpretatie kan leiden. In het kader van de huidige studie zijn HABIMAP en VAKGIS gebruikt voor respectievelijk de berekening van areaalveranderingen in de ecotopen en de areaalveranderingen van morfologische eenheden. De manier waarop de meetpunten getransformeerd worden naar polygonen, het gebruik van verschillende basiskaarten en gebiedsbegrenzingsen heeft ertoe geleid dat de resultaten niet altijd onderling vergelijkbaar zijn.

Het gebruik van verschillende versies van het stromingsmodel SCALWEST speelt ook een fout in de hand. Bij de berekeningen voor 2001 is er gerekend met verschillende ruwheden van de bodem in de ondiepe gebieden, terwijl er bij de bodemruwheden bij berekeningen voor 1996 meer homogeen verdeeld zijn. Hoe deze verschillende bewerkingen doorwerken in de analyse is niet bekend, maar waarschijnlijk heeft dit geleid tot een lagere stroomsnelheden in het ondiepe water in 2001 in vergelijking tot 1996.

#### *Natuurlijke variatie*

Veel externe factoren die niet direct gekoppeld zijn aan de ingreep, bijvoorbeeld weersomstandigheden, broedval, predatie en begrazing spelen een belangrijke maar nader te specificeren rol. Deze parameters kennen doorgaans een grote spreiding die gemakkelijk een mogelijk effect van de verruiming 48'/43' kan maskeren.

#### *Statistische methode*

De keuze van de statistische methode voor de toetsing en het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval kan ook leiden tot een zekere mate van onzekerheid. Immers de kans bestaat dat door onjuist gebruik van een bepaalde methode of betrouwbaarheidsinterval een juiste hypothese ten onrechte wordt verworpen of een onjuiste hypothese ten onrechte wordt geaccepteerd. Bij het geven van advies dient men rekening te houden met deze mogelijke fouten.

Een ander probleem is dat de keuze van de statistische methode bepaald wordt door de beschikbaarheid van de gegevens. Idealiter zou bij het opstellen van het metingenplan al rekening gehouden zijn met de gewenste statistische methode van toetsing en dat op grond daarvan het metingenplan is geoptimaliseerd.

#### *Uitspraken over potenties / geschiktheid en vertaling naar voorkomen*

In de ecotoopbenadering wordt gesproken over potentieel voorkomen van een bepaalde dier- of plantensoort. Hiermee wordt bedoeld dat aan de randvoorwaarden wordt voldaan waardoor een bepaalde diersoort in een ecotoop kan voorkomen, maar wordt geen uitspraak gedaan of dit daadwerkelijk ook het geval is. Het daadwerkelijk voorkomen van organismen in een potentieel geschikt gebied heeft veelal te maken met populatiedynamische processen als reproductie, groei, sterfte en migratie. De onzekerheid ligt hem in het feit dat wanneer de afwezigheid van een bepaalde diersoort volgt uit metingen, dit niet zondermeer betekent dat niet aan de randvoorwaarden wordt voldaan. Ook ontbreekt vaak de kennis en gegevens over de potenties van organismen voor de verschillende ecotopen.

#### *Hypothesen ketens*

Veel ecologische uitspraken bestaan uit een fysische component: areaalverandering. Hierin schuilen veel onzekerheden. Andere uitkomsten van

de verwachting in areaalveranderingen leiden direct tot het wel of niet uitkomen van ecologische hypothesen zonder dat de ecologische proceskant fout hoeft te zijn. Dit zogenaamd doorwerken van fouten van eerdere naar latere hypothesen in de hypothesen keten geeft extra grote onzekerheden bij veel ecologische hypothesen.

### **5.3.2 Betrouwbaarheid van de uitspraak**

Het is niet alleen belangrijk dat in de evaluatie van de effecten van de verruiming rekening gehouden wordt met de mogelijke onzekerheden die er kunnen optreden maar ook dat deze onzekerheden naar de belanghebbenden van de informatie worden gecommuniceerd.

De evaluatie moet uiteindelijk inzicht geven in hoeverre er veranderingen zijn opgetreden in het systeem die veroorzaakt zouden kunnen zijn door de verruiming. Dit gebeurt eerst aan de hand van het toetsen van hypothesen op basis van de meetgegevens. Door de toetsing kan in het geval dat de gegevens de geschetste verwachting onderschrijven een bepaalde hypothese worden geaccepteerd, of, als de gegevens niet in overeenstemming zijn met de verwachting, verworpen. Vervolgens wordt vanuit de huidige proceskennis redenerend gekeken of deze conclusie begrepen wordt en ligt in de lijn der verwachtingen of dat de conclusie indruist tegen de huidige proceskennis. In het laatste geval komt de uitspraak die men zou doen over het wel of niet accepteren van een hypothese op basis van de gegevensanalyse dus niet overeen met de uitspraak die men zou doen op basis van de huidige proceskennis.

Zoals in de vorige paragraaf staat vermeld, kunnen een groot aantal factoren leiden tot een onzekerheid in de analyse van de meetgegevens. In dit onderzoek is daarom een keuze gemaakt om de mate waarin deze onzekerheden kunnen doorwerken in de uitspraak over het wel of niet accepteren van een bepaalde hypothese kwalitatief weer te geven. Dit gebeurt door aan het oordeel over een hypothese een mate van betrouwbaarheid (groot of klein) te hangen.

De mate van betrouwbaarheid van een uitspraak hangt af van de kwaliteit van de meetgegevens, de variatie in de meetgegevens, de analysemethode die is toegepast en het huidige kennisniveau. De mate van betrouwbaarheid van de uitspraken wordt bovendien bevestigd als de uitspraken over de afzonderlijke hypothesen in relatie tot elkaar een consistent en/of verklaarbaar beeld geven.

## **5.4 Ecotoopbenadering**

Illustratief voor de manier waarop verschillende onzekerheden in de gegevensanalyse doorwerken is de ecotoopbenadering. Het principiële doel van de ecotoopbenadering in MOVE kader is het beschrijven van de gevolgen van veranderingen in de fysische kenmerken van de Westerschelde voor het voorkomen van organismen. Uitgangspunt is de prognose voor de areaalverandering van de ecoseries (platen en slikken, ondiepwatergebied, geulen, schorren). Deze prognose is gebaseerd op de verwachte effecten van de verruiming 48'/43' en de autonome ontwikkeling. Op basis van veranderingen in ecotooparealen kunnen uitspraken worden gedaan over veranderingen in potentiële leefgebieden voor organismen tot 2021. De veranderingen in ecotooparealen worden bepaald aan de hand van de onderlinge verhouding van ecotooparealen per deelgebied. Deze onderlinge verhouding is voor 1996 met behulp van een GIS bewerking vastgesteld aan de



hand van luchtfoto- en veldkartering. De ecotoopverhouding voor het jaar 2021 is aangepast op basis van de verwachte ontwikkeling in een aantal fysische parameters (hoogte, sedimentsamenstelling, dynamiek). Deze worden vervolgens gebruikt om een kwantitatieve inschatting te geven van de potentiële aanwezigheid van een voor de ecotoop karakteristieke plant- of diergemeenschap.

De ecotoopbenadering heeft als voordeel dat men niet alleen op inzichtelijke wijze kan duidelijk maken hoe een levensgemeenschap op zijn omgeving reageert maar ook hoe de onderlinge verbanden tussen de levensgemeenschappen onderling liggen. Zo is in MOVE een relatie verondersteld tussen microfytobenthos via bodemdieren naar steltlopers, en van vis en garnaal naar zichtjagende vogels. De ecotoopbenadering is vooral waardevol gebleken bij het opstellen van de oorspronkelijke hypothesen. Immers omdat de onderlinge relaties goed moeten worden onderbouwd is het van belang dat alle aannames expliciet gemaakt worden en consistent zijn. Een dergelijke exercitie leidt op haar beurt tot een verbeterd inzicht in de vertaling van morfologische en fysische veranderingen naar de biologie. Door de koppeling aan GIS kunnen dergelijke veranderingen ook nog eens ruimtelijk, in de tijd en reproduceerbaar worden weergegeven. Tevens kan de ecotoopbenadering worden gebruikt om geobserveerde veranderingen in de biologie via de ecotopen te herleiden naar morfologische verandering en mogelijk ook naar een ingreep als de verruiming 48'/43'.

Er hangen ook nadelen aan de ecotoopbenadering die zich laten herleiden tot een viertal aspecten. Ten eerste zijn dat de aannames die aan de ecotoopbenadering ten grondslag liggen die vaak uitgaan van een eenduidige relatie tussen de fysische processen aan de ene kant en biologische processen aan de andere kant. Andere factoren die sterk de mate van voorkomen van een organisme en de natuurlijke variatie daarin bepalen zoals begrazing, predatie, en broedval vallen buiten beschouwing. Deze worden in de ecotopenbenadering beschouwd als onderdeel van de natuurlijke variaties. Een probleem doet zich echter voor als er een ontwikkelingsrichting in de tijd zit in een bepaalde parameter (bijvoorbeeld de primaire productie). Tevens zijn er aannames gemaakt over de begrenzing van de ecotooptypes. De levensgemeenschappen kunnen niet goed in kaart gebracht worden met behulp van een ecotopenindeling die enkel is gebaseerd op hoogteverschillen ten opzichte van NAP, stroomsnelheden en geomorfologische kenmerken.

Een tweede nadeel zit in de gegevensverwerking. Het maken van ecotoopkaarten is relatief arbeidsintensief. Voor de stroomsnelheden moeten sommen gedraaid worden met behulp van het SCALWEST model. Daarnaast is een gebiedsdekkende dieptekaart nodig op basis van getransformeerde vaklodingen, laser altimetrie en/of waterpassingen, en moet een geomorfologische kaart gemaakt worden met behulp van verschillende bronnen waaronder remote sensing en luchtfoto's. De resolutie van de kaart is noodzakelijkerwijs beperkt tot de resolutie van de dieptekaart of het modelgrid. Gezien het aantal bewerkingsslagen van de gegevens kunnen er gemakkelijk interpretatiefouten optreden, zoals bij de eerder aangehaalde voorbeelden over het gebruik andere bodemruwheden binnen het SCALWEST model voor het genereren van de ecotopenkaart van 2001, en het probleem met de afbakening en schematisatie van het gebied in het gebruikte GIS. Heldere afspraken over grids, begrenzingen etc. zijn daarom noodzakelijk.

Een derde tekortkoming is dat de ecotopenbenadering primair is gericht op het voorkomen van bodemdieren. Een indeling die werkt voor bodemdieren hoeft

niet noodzakelijk geldig te zijn voor andere organismen als vissen en vogels. Bij rijkswaterstaat is met inmiddels al begonnen met de ontwikkeling van een alternatief pelagisch ecotopenstelsel.

Als laatste nadeel geldt de beperkte tijdreeks die beschikbaar is voor de ecotoopbenadering. Er zijn slechts ecotoopkaarten beschikbaar van de situatie in 1996 en 2001. Hierop kan geen statistisch verantwoorde trendanalyse toe worden gepast, noch is er sprake van een goede referentiewaarde met slechts de 1996 kaart van voor de verruiming. Desalniettemin geven de twee ecotopenkaarten een goed beeld van de ontwikkelingen in het estuarium in de periode 1996-2001. Wat opvalt is de grote dynamiek van het systeem getuige de bruto resultaten van de areaalveranderingen waaruit blijkt dat binnen een gebied grote delen van het ene in het andere ecotooptype overgaan en vice versa (Twisk, 2002). Dit betekent echter ook dat de netto resultaten die worden afgeleid maar van beperkte waarde zijn, immers het betreft hier een momentopname. Aan een via de ecotoopbenadering berekende netto afname van 20 ha kan gemakkelijk een meet- of interpretatiefout ten grondslag liggen. De mogelijkheden om ecotopenkaarten van oudere situaties is in principe wel aanwezig, zodat langere tijdreeksen gemaakt kunnen worden. Binnen het project ZEEKENNIS zal hieraan gewerkt worden.

Vandaar dat voor de toetsing van de hypothesen vooral wordt teruggerepen op de veldmetingen die voortvloeien uit het metingenplan en andere studies. Dit betekent dus dat een op basis van ecotoopbenadering opgestelde hypothese die een uitspraak doet over het potentiële voorkomen van een levensgemeenschap getoetst wordt aan het werkelijke voorkomen en de daaraan inherente grote natuurlijke variatie.

## **5.5 Evaluatie effectvoorspelling**

### **5.5.1 Overzicht**

In bijlage A is een overzichtstabel opgenomen waar per hypothese vermeld is of deze op basis van de gegevensanalyse en/of huidige proceskennis wel- of niet verworpen is, met welke mate van betrouwbaarheid deze uitspraak wordt gedaan, wat de waargenomen ontwikkelingsrichting is en of dit verband houdt met de verruimingswerkzaamheden.

Het doel van deze overzichtstabel is om de resultaten van de toetsing van de verschillende hypothesen naast elkaar te kunnen leggen en om die hypothesen waarover met grote mate van betrouwbaarheid een uitspraak gedaan wordt eruit te lichten. Die worden in deze paragraaf nogmaals toegelicht.

### **5.5.2 Significant waargenomen trends: relatie tot de verruiming**

#### *Waterbeweging*

Wanneer een vaarweg verruimd wordt, betekent dit dat de drempels verdiept worden en de vaarwegdiepte en vaarwegbreedte toenemen. Hierdoor ondervindt de getijgolf minder weerstand en stroomt het water gemakkelijker in en uit het estuarium. De energie die normaal in wrijving wordt omgezet, wordt omgezet in een grotere getijamplitude tijdens hoogwater en een lagere getijamplitude bij laagwater. In het oostelijk deel van de Westerschelde is de toename van het getijvolume het grootst en dus het best meetbaar.

Het was dan ook de verwachting dat het getij in het mondingsgebied niet zou veranderen als gevolg van de verruiming (W1), dat het getijverschil ter plaatse

van Vlissingen met 0 cm en ter plaatse van Bath met wel 10-20 cm zou toenemen (W2), en dat de laagwaterstanden ten opzichte van de laagwaterstand bij Vlissingen bij normale getijomstandigheden vanaf Hansweert tot Bath met respectievelijk 0 cm tot 0-10 cm zouden afnemen (W3).

Uit de analyse van de gegevens en op basis van expert judgement is inderdaad gebleken dat deze met elkaar verband houdende ontwikkelingen zijn opgetreden, hetgeen duidt op een relatie met de verruiming.

#### *Geulwandverdediging*

Als onderdeel van het verruimingsverdrag legde men tussen 1996 en 2000 op verschillende plaatsen in het oostelijk deel van de Westerschelde geulwandverdedigingen aan. De geulwandverdedigingen dienen om inscharing tegen te gaan (O1) en ook om daarmee te voorkomen dat de slikken en schorren achter de geulwand verder verlagen (O2). De toetsing laat zien dat de geulbochten met geulwandverdediging niet verder ingeschaard zijn, maar dat daar waar geen geulwandverdediging is aangebracht (bijvoorbeeld in het Gat van Ossensisse en in het Nauw van Bath) erosie zichtbaar is.

Uiteindelijk is op een aantal plaatsen van het oorspronkelijke plan afgeweken en is er gekozen om de geulwandverdediging te verlagen naar de Gemiddeld Laag Waterlijn. Op die manier zou enige dynamiek toegelaten kunnen worden op het achterliggende slik. Op die plaatsen is nu erosie van het slik waar te nemen.

#### *Vaarwegverruiming*

De verruiming 48'-43' bestond o.a. uit het verlagen van drempels en het verruimen van tussenliggende geuldelen. Dit betekende dat grote hoeveelheden zand zouden moeten worden weggebaggerd. Op basis van profielberekeningen werd het aanlegbaggerwerk (op Nederlands) grondgebied ten westen van Vlissingen geschat op maximaal 4 Mm<sup>3</sup> (in situ) en ten oosten van Vlissingen op maximaal 15 Mm<sup>3</sup> (T3). De gegevens van de baggeraars tonen aan dat deze hoeveelheden inderdaad niet zijn overschreden.

#### *Schorren*

Als onderdeel van de verruimingswerkzaamheden zou gestort worden nabij Ellewoutsdijk en in de Ebschaar van de Everingen. De verwachting was dat het storten van sediment in deze gebieden zou leiden tot een vergroving van de bodemsamenstelling van het Slik van Everingen (B3) en een verhoogde sedimentatiesnelheid op het schor Zuidgors (E20). Alleen deze laatste ontwikkeling kon significant waargenomen worden. Voor de verruiming waren de sedimentatiesnelheden van gemiddeld niveau. Een relatie met de verruiming ligt voor de hand, ware het niet dat op het Slik van Everingen dat tussen het stortvak en Zuidgors ligt tegen de verwachting in een verfijning van het sediment werd geconstateerd. Dit zou betekenen dat de dynamiek daar is afgenomen, mogelijk een gevolg van de verandering van het stromingspatroon. De verhoogde sedimentatie op het Schor zou dan ook deels verklaard kunnen worden door een toename van fijn sediment.

#### *Primaire productie fytoplankton*

De angst bestond bij derden dat door het stortbeleid lokaal de primaire productie sterk belemmerd zou worden, maar in de hypothese werd deze angst niet gegrond geacht. De verwachting was dat de gemiddelde primaire productie van fytoplankton in de Westerschelde niet zou veranderen als gevolg van de verruimingswerkzaamheden (E2).

Uit de analyse blijkt dat er gedurende de jaren negentig een duidelijke afname is opgetreden in primaire productie op de drie meetlocaties die parallel loopt met een afname in het doorzicht. Echter omdat de afname zich al inzet vanaf 1994 is het niet aannemelijk dat deze een direct gevolg is van de verruiming. De reden voor deze afname in doorzicht is onduidelijk maar kan niet verklaard worden door een toename in concentraties zwevend stof. Mogelijk is de samenstelling van het zwevend stof veranderd (fijner van samenstelling) of heeft er een toename in pigmenteuze opgeloste stoffen zoals humuszuren plaatsgevonden.

#### *Broedgelegenheid Sterns*

Een van de weinige nog resterende natuurlijke broedplaatsen van sterns in de Westerschelde ligt op het hoogst gelegen deel van de Hooge Platen, 'De Bol'. Een verlaging van 'De Bol' als gevolg van ontwikkelingen in de morfologie van de plaat zou een direct effect kunnen hebben op de functie als broedgebied omdat dit dan frequenter zou overspoelen. Omwille van deze redenering werd de verwachting uitgesproken dat als gevolg van de verruiming het platencomplex van de Hooge Platen niet dusdanig zal verlagen dat het aanbod aan broedgelegenheid zal verminderen (E12a).

Deze hypothese is getoetst aan de hand van het oppervlakte van de plaat dat boven NAP+2m ligt en het aantal broedparen sterns. De verruiming heeft waarschijnlijk geen effect gehad getuige de waargenomen verhoging van 'De Bol' en het feit dat het aantal broedparen van de dwergstern, grote stern en visdief trends vertonen die overeenkomen met de ontwikkelingen in de rest van de delta.

#### *Ruigebied voor Bergeenden*

De Westerschelde fungeert als een belangrijk ruigebied voor bergeenden. Deze vogels verliezen in de zomer hun slagpennen en kunnen dan enkele weken niet vliegen. In die periode zijn ze aangewezen op voedselrijke platen omdat dit veiligheid en voldoende voedsel biedt. De verwachting was dat de platen als gevolg van de verruimingswerkzaamheden niet dusdanig zullen veranderen in aard en omvang dat de functie van de Westerschelde als ruigebied voor bergeenden zal verminderen. Dit wordt bevestigd door de stijgende trend in het aantal bergeenden dat gebruik maakt van de Westerschelde in de maand augustus.

#### *Foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters*

Visdieven en dwergstern zijn vogels die een voorkeur zouden hebben voor rustig ondiepwatergebied als foerageergebieden. Op basis van de ecotoopbenadering werd verwacht dat het areaal aan ondiepwatergebied zou verminderen en dat dientengevolge de foerageermogelijkheden voor deze soorten in het westen en middengedeelte van de Westerschelde met 10% (E16, E17), en in het oostelijk gedeelte met 15% zou afnemen. Deze hypothesen worden verworpen op basis van het feit dat de geschetste ontwikkelingen niet terug te zien zijn in het aantal broedparen en de conditie-index. De ontwikkelingen in deze parameters komen redelijk overeen met de ontwikkelingen elders in de delta en een negatief effect van de verruiming moet dan ook onwaarschijnlijk worden geacht.

## **5.6 Conclusies**

In deze rapportage is op basis van de gegevens van de periode na de verruiming (1996-2001) een inschatting gemaakt of het op dit moment de

verwachting is dat de hypothese zal moeten verworpen of zal worden geaccepteerd in 2021 en hoe zeker we hiervan zijn (kleine betrouwbaarheid of een grote betrouwbaarheid).

Slechts over een beperkt aantal hypothesen kon met een grote mate van betrouwbaarheid een uitspraak gedaan worden. Het lijkt erop dat de effecten van de verruiming voor zover die significant zijn waar te nemen en met de huidige kennis verklaard kunnen worden zich vooralsnog beperken tot:

- Veranderingen in waterstanden
- Hoeveelheden baggermateriaal
- Effectiviteit van de geulwandverdediging
- Verhoogde sedimentatie op het schor

Voor de overige hypothesen is weliswaar een uitspraak gedaan, maar deze is nog onvoldoende hard te maken op dit moment. De verwachting is dat in 2006 voor een aantal hypothesen de betrouwbaarheid van deze uitspraak kan worden vergroot. Om de hypothesen te kunnen toetsen zou men in principe pas in 2021 een definitief oordeel kunnen vormen over het al dan niet verwerpen van een hypothese.



## 6. Aanbevelingen

---

### 6.1 Inleiding

Vijf jaar zijn voorbij gegaan sinds de verzuimingswerkzaamheden. De huidige evaluatie moet gezien worden als een tussenstandopname die de voorlopige gevolgen van de verzuiming 48'/43' en overige ontwikkelingen op een rijtje zet. De nadruk ligt op tussenstand. Immers lang niet alle processen die door de verzuiming 48'/43' op gang zijn gebracht hebben zich nu al volledig kunnen voltrekken, noch is er in dit stadium sprake van een eendoordeel over de gevolgen van de ingreep.

Dit neemt niet weg dat er concrete uitspraken gedaan kunnen worden over de recente ontwikkelingen van verschillende parameters van de Westerschelde in de periode na de verzuiming 48'/43' en over de vraag of er een verband bestaat tussen de waargenomen ontwikkelingen en de verzuiming 48'/43'. Deze uitspraken worden gedaan aan de hand van toetsing van de hypothesen. Echter de hypothesen spreken een verwachting uit over een periode van 15 of 25 jaar: voor 2011 of 2021 dus. Strikt genomen kan dus geen enkele hypothese nu al goed getoetst worden, en dit zal ook het geval zijn bij de eindevaluatie van MOVE in 2006.

In deze rapportage is op basis van de gegevens van de periode na de verzuiming 48'/43' (1996-2001) een inschatting gemaakt of het op dit moment de verwachting is dat de hypothese zal moeten verworpen of zal worden geaccepteerd in 2021 en hoe zeker we hiervan zijn (kleine mate van betrouwbaarheid of een grote mate van betrouwbaarheid).

De aanbevelingen die volgen uit de evaluatie van de effecten van de verzuiming 48'/43' gaan vooral in op de vraag 'hoe kan men tijdens de volgende evaluatie tot meer betrouwbare uitspraken komen over de ontwikkelingsrichting en of die richting gekoppeld is aan de verzuiming 48'/43'. Deze aanbevelingen zijn soms methodisch van aard, in de zin dat ze ingaan op de hypothesen, de hypothesen benadering en de ecotoop benadering. Ook zijn er aanbevelingen die betrekking hebben op het monitoringsplan en de daarin verzamelde gegevens, aanbevelingen over hoe in de toekomst de meetgegevens beter geanalyseerd zouden kunnen worden en tot slot welke kennis er ontwikkeld zou moeten worden om tot betere uitspraken te kunnen komen.

### 6.2 Methodiek

#### 6.2.1 Hypothesenbenadering

De hypothesenbenadering en het denkmodel staan centraal in deze studie. In het denkmodel wordt vanuit de fysica geredeneerd globaal ingegaan op de verwachte gevolgen van de verzuiming 48'/43' op het systeem. Het denkmodel fungeert als uitgangspunt bij het formuleren van hypothesen.

De hypothesenbenadering omvat het hele proces van het opstellen van hypothesen tot de toetsing en zonodig bijstellen ervan. De hypothesenbenadering heeft zijn doel bewezen als kapstok voor het concretiseren van de verwachte ontwikkelingen in de Westerschelde. Hierbij is een totaalbeeld nagestreefd van alle mogelijke effecten van de verruiming 48'/43'. Globaal gezien kan gesteld worden dat de hypothesen een goede weergave zijn van het hele spectrum van mogelijke grootschalige effecten van de ingreep waarbij de water- en sedimentkwaliteit, biologie, fysica en morfologie alle aan de orde komen.

Toetsing van alle hypothesen op de schaal van de drie deelgebieden, west, midden en oost van de Westerschelde is in de praktijk niet altijd mogelijk gebleken. Dit heeft te maken met het feit hoe en waarom de oorspronkelijke hypothese is opgesteld en hoe deze verwoord is. Het verdient de aanbeveling bij het gebruik van de hypothesenbenadering alleen die hypothesen te formuleren waarvan men verwacht dat zij binnen een beperkte tijd (5 à 10 jaar) of concreet te toetsen zijn of zullen leiden tot een verbeterd inzicht en vervolgens precies nagaan welke gegevens daartoe systematisch en onderbouwd verzameld moeten worden. De hypothesen moeten daarbij zorgvuldig opgesteld worden opdat eventuele onzekerheden en interpretatiefouten vermeden kunnen worden. Aspecten die met betrekking tot de gevolgen van een ingreep bij voorbaat minder relevant zijn, moeten voorzien van een juiste argumentatie buiten beschouwing gelaten worden.

#### **6.2.2 Ecotoopbenadering**

In deze studie is de ecotoopbenadering gehanteerd om inzicht te krijgen in de effecten van de verruiming 48'/43' op microfytobenthos, vis en garnaal, bodemdieren en bepaalde vogelgroepen. Vanwege de complexiteit van het natuurlijke systeem en de daaraan inherente onzekerheden zou anders geen kwantitatieve uitspraak gedaan kunnen worden over de mogelijke effecten op de gestelde termijn van 25 jaar.

De toepassing van de ecotoopbenadering verliep in de huidige tussenevaluatie niet zonder problemen. Het kostte bijvoorbeeld moeite om de basiskaarten te genereren en inzicht te krijgen in de aannames die daaraan ten grondslag liggen. Desalniettemin is de methode waardevol gebleken en verdient het de aanbeveling om ook bij de volgende evaluatie in 2006 de ecotoopbenadering te hanteren, zij het met enige aanpassingen die hieronder volgen:

- Toepassing van het zogenaamde zoute wateren ecotopenstelsel (ZES) (Bouma et al., 2003). Dit ecotopenstelsel zou namelijk beter de natuurlijke grenzen weergeven tussen de verschillende ecotopen onderling. Aanbevolen wordt om bij de volgende evaluatie zowel de huidige ecotoopkartering te gebruiken als de benadering volgens de ZES methode en beide benaderingen onderling te vergelijken.
- Beter onderbouwing aannames en expliciet aangeven van mogelijke onzekerheden. Een eenduidige relatie wordt verondersteld tussen het voorkomen van bepaalde diergroepen en de abiotische randvoorwaarden. Deze relatie moet in sommige gevallen beter onderbouwd worden. Met het expliciet maken van onzekerheden is de laatste paar jaar binnen RIKZ ervaring opgedaan. Er wordt nu aan een classificatie van onzekerheden gewerkt.
- Onderlinge afstemming van de bewerking van basisgegevens. Er moet consequent omgegaan worden met de basisinformatie en gebiedsafbakening. Het gebruik van verschillende GIS instrumenten en modelversies werkt een interpretatiefout in de hand waardoor resultaten niet altijd met elkaar vergelijkbaar zijn.



- Gerichte bemonstering per ecotoop. In de huidige opzet sluit de bemonstering onvoldoende aan bij de indeling in ecotopen, waardoor metingen hun relatieve waarde voor het beoordelen van een hypothese verliezen.
- Uitbreiden van tijdreeks van ecotopen. Net als bij de analyse op basis van veldmetingen is een gedegen statistische analyse van enorm belang voor de ecotopenbenadering. Om een volledige tijdreeks te verkrijgen zou het onderzoek langer moeten worden voortgezet en zouden ook kaarten voor vroegere situaties gemaakt kunnen worden.
- Betere calibratie van de ecotopenkaarten met monitoringsgegevens om de preferenties van organismen voor de verschillende ecotopen beter te bepalen.

### 6.2.3 Metingenplan

Om de fysische, chemische en biologische veranderingen tijdens en na de verruiming 48'/43' in de Westerschelde te volgen is bij aanvang van de studie een metingenplan opgesteld (De Jong et al. 1997) die het mogelijk moet maken om de verschillende hypothesen te toetsen. De in dit plan opgenomen metingen bestaan voor een groot deel uit metingen die al in een ander kader (bijv. MWTL fys/chem/biol) geschieden. In het kader van het project MOVE zijn aan deze bestaande metingen nog aanvullende metingen toegevoegd. In voorgaande voortgangsrapportages (Lievaart en Stikvoort, 2001, 2002) zijn aanbevelingen gedaan om het monitoringsprogramma te verbeteren en om zodoende de toetsbaarheid te vergroten.

In dit hoofdstuk wordt niet ingegaan op de individuele aanbevelingen met betrekking tot het metingenplan die per hypothese zijn opgesteld, maar wordt volstaan met een aantal globale aanbevelingen die voor een volgende evaluatie van MOVE in 2006 in beschouwing genomen zouden moeten worden. Een viertal gevallen wordt hierbij onderscheiden, te weten.

*Toetsing niet mogelijk omdat er geen relevante gegevens voorradig zijn.*

In gevallen waar de toetsing door gebrek aan gegevens van na de verruiming 48'/43' niet mogelijk is gebleken, strekt het tot aanbeveling de metingen alsnog uit te voeren. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat dergelijke metingen alleen zin hebben wanneer er een goede referentiesituatie is, en de toetsing van de gestelde hypothese wetenschappelijk verantwoord is. Dat wil zeggen dat de hypothese toetsbaar is en dat de meting hierop aansluit. Voorkó men moet worden dat een gemeten parameter of daaruit afgeleide toetsgrootte niet representatief is voor de in de hypothese gestelde ontwikkeling.

*Ontoereikende datareeks.*

Een te kleine datareeks zowel in de tijd als in de ruimte was een veelvoorkomend probleem. Dit is niet verwonderlijk gezien het feit dat er pas vijf jaar voorbijgegaan zijn sinds de verruiming 48'/43', dat over de periode voorafgaand aan de verruiming 48'/43' onvoldoende informatie beschikbaar is om te dienen als referentiewaarde, en omdat de meetlocaties niet representatief waren voor het deelgebied in kwestie. Voor deze tussenevaluatie zijn de metingen gebruikt tot 2001. Slechts in een enkel geval kon men gebruik maken van gegevens van 2002.

Het wordt aanbevolen om de huidige meetcampagne voort te zetten waar dit met het oog op de volgende evaluatie in 2006 zou kunnen leiden tot een uitspraak met een hogere betrouwbaarheid en/of beter inzicht in de onderliggende processen. Bovendien wordt voor een aantal parameters

aanbevolen dat er gericht bemonsterd moet worden (microfytobenthos, bodemdieren, waterkwaliteit) zodat de metingen zich beter lenen voor de toetsing, bijvoorbeeld door een optimale keuze van meetlocaties.

*Onvoldoende informatie over referentiesituatie*

Hoe de Westerschelde eruit zag en wat voor ontwikkelingen er gaande waren voor de verruiming 48'/43' is in kwantitatieve zin lang niet altijd bekend door gebrek aan gegevens of door gebrekkige rapportage. Het verdient de aanbeveling om waar dit zinvol lijkt te zijn voor een volgende evaluatie te bekijken of er additionele datasets zijn van voor de verruiming 48'/43' die eventueel gebruikt zouden kunnen worden voor de beschrijving van de referentiesituatie en/of de autonome ontwikkeling die het systeem ondergaat.

*Grote afhankelijkheid gegevens andere programma's*

De grote afhankelijkheid van gegevens uit andere monitoringsprogramma's maakt MOVE kwetsbaar. De gegevensinwinning is oorspronkelijk vaak voor heel anderen redenen bedoeld dan wenselijk is voor MOVE. Daarnaast kunnen er wijzigingen worden doorgevoerd met betrekking tot frequentie van metingen, locaties en methode zonder ruggespraak met MOVE. Het is zelfs mogelijk dat een deel van de gegevensinwinning geheel komt te vervallen zonder dat MOVE hiervan op de hoogte is. Het is daarom van belang dat er een betere informatie uitwisseling komt met andere monitoringsprogramma's en dat er betere afspraken worden gemaakt.

#### **6.2.4 Gegevensanalyse**

De metingen die in het veld verzameld worden ondergaan doorgaans een bewerking voordat ze bruikbaar worden voor de toetsing van de hypothesen. In deze bewerking van de gegevens kunnen gemakkelijk fouten ontstaan die doorwerken in een eventuele einduitspraak.

Eén probleem waar men in MOVE kader op stuitte is de keuze van het GIS en modelinstrumentarium waarmee men de gegevens verwerkt. Door verschillen in de bewerking en interpretatie van eenzelfde set basisgegevens komt men soms tot tegenstrijdige uitspraken. Aanbevolen wordt dat een onderlinge afstemming plaatsvindt in de manier waarop de gegevens bewerkt en gebieden begrensd worden.

Een tweede probleem doet zich voor in de analyse van de gegevens en in het bijzonder de keuze van de toetsgrootte waarmee uiteindelijk getoetst wordt. Het komt voor dat men toetst met een gemiddelde van gemiddelde waarden waardoor de spreiding in de gegevens (bijvoorbeeld bij de analyse van de gegevens van microfytobenthos) ogenschijnlijk klein wordt, of dat een bepaalde dataset buiten beschouwing gelaten wordt. Het is belangrijk dat de keuze voor de bewerking en/of het bewust weglaten van bepaalde gegevens en de daaropvolgende analyse goed beargumenteerd wordt.

Het is verder aan te bevelen dat in die gevallen waar een gedegen statistische toetsing van de gegevens achterwege bleef en waar dit wel mogelijk zou zijn geweest, alsnog een statistische toetsing toe te passen, of deze verplicht stellen bij de volgende evaluatie. De mogelijkheid van statistische toetsing van een aantal hypothesen moet nader onderzocht worden, waarbij ook aandacht besteed moet worden aan de keuze van het gehanteerde betrouwbaarheidsinterval.

### 6.2.5 Kennis

De derde stap in de toetsing van hypothesen heeft betrekking op het toetsen van de waargenomen ontwikkelingen aan de huidige stand van de wetenschap. Kunnen we een ontwikkeling verklaren of wordt een bepaald beeld tegengesproken? Hierbij kan zich op drie wijzen een gebrek aan kennis manifesteren, te weten:

#### *Een gebrek aan proceskennis*

Hier strekt het tot aanbeveling na te gaan of via gericht onderzoek op basis van literatuur, modellen of de empirie, deze kennis op korte termijn gegenereerd kan worden, zodat de proceskennis gebruikt kan worden bij de eerstvolgende evaluatie in 2006. Gebruik van geavanceerde morfologische modellen, maar ook van ecotoop en/of habitatmodellen kunnen helpen om deze proceskennis verder te ontwikkelen.

#### *Kennis van onzekerheden*

Een groot aantal externe factoren zoals weersinvloeden, broedval en grootschalige veranderingen in de vogelpopulatie speelt een niet onbelangrijke en nader te bepalen rol in het verklaren van de waargenomen ontwikkelingen. Elk van deze factoren, die niet in directe relatie staan tot de ingreep, brengt een bepaalde onzekerheid met zich mee. Het verdient de aanbeveling om met het oog op de volgende evaluatie gericht te kijken naar manieren waarop deze onzekerheden beter begrepen kunnen worden, en hoe de invloed daarvan op de toetsing van de hypothesen doorwerkt en geminimaliseerd kan worden.

#### *Kennis die ten grondslag ligt aan de aannames en hypothesen*

Zoals eerder vermeld is het van belang dat de hypothesen goed zijn onderbouwd. Een betere beschrijving van de onderliggende aannames en/of het bijstellen van de hypothesen kan ertoe leiden dat een hypothese beter toetsbaar wordt in een volgende evaluatie. Aanbevolen wordt de hypothesen beter te formuleren met het doel te komen tot beter toetsbare hypothesen die iets zeggen over de ontwikkeling van de voor het beheer en beleid relevante parameters.

### 6.2.6 Aggregatie van effecten

Een van de doelstellingen van de MOVE studie is de mogelijke grootschalige effecten van de verruiming 48'/43' zichtbaar te maken. De huidige tussenevaluatie geeft een goed overzicht van de waargenomen ontwikkelingen ten aanzien van individuele parameters. Het uitgangspunt dat veranderingen in de fysica en morfologie doorwerken naar de biologie schept de mogelijkheid om de verschillende waargenomen ontwikkelingen naast elkaar te leggen om een bepaalde ontwikkelingsrichting te bevestigen. Dit is ook het geval bij de fysische respectievelijk biologische parameters onderling.

Er is in deze studie een eerste aanzet gemaakt om de verschillende effecten naast elkaar te leggen en in samenhang te beoordelen. Evenwel is er in een enkel geval nog een tendens waar te nemen waarbij een oorzakelijk verband onafhankelijk van een ander wordt bekeken. Dit is vooral het geval bij de hypothesen die met behulp van de ecotoopbenadering zijn gedefinieerd. Het is bekend dat de biomassa van het microfytobenthos (microscopisch kleine algen op de platen en slikken) mede afhangt van de mate van begrazing door bodemdieren, maar in de behandeling van de desbetreffende hypothese wordt alleen uitgegaan van een eenduidige relatie tussen ecotoopareaal en de algenbiomassa. De vraag is of er een correlatie is waar te nemen tussen parameters die met elkaar in verband kunnen worden gebracht en of die op grond van de beschikbare kennis verklaard kunnen worden. Voor een volgende

evaluatie wordt aanbevolen om consequent de resultaten van een toetsing van een hypothese te vergelijken met hypothesen over parameters die in het verlengde liggen.

### 6.3 Vervoltraject

MOVE is ambitieus opgezet. De veelvoud en complexiteit van onderwerpen waaraan aandacht wordt besteed, de lange duur van het gehele project (1996-2006) en de implicaties van de studie voor beheer en beleid vragen om een gedegen projectaanpak. Hoewel het niet onderdeel uitmaakt van de officiële doelstelling van deze tussenevaluatie is besloten om in dit hoofdstuk ook aandacht te besteden aan de ervaringen die opgedaan zijn met de projectaanpak in deze studie en de conclusies die daaruit getrokken kunnen worden met het oog op de eerstvolgende evaluatie in 2006.

Als onderdeel van het plan van aanpak van de huidige tussenevaluatie is een actorenanalyse uitgevoerd (De Groot, 2002). Deze analyse liet zien dat er een breed draagvlak bestaat voor de aanpak van het MOVE project voor wat betreft de onderzoeksvragen, de hypothesenaanpak en de onderzoeksmethoden. Ook wordt in het rapport vermeld dat de actoren een genuanceerd beeld hebben van de voorlopige resultaten van de tussenevaluatie; men verwacht niet dat er al harde resultaten tevoorschijn komen. In dit verband is het van belang dat de huidige studie op inzichtelijke wijze weergeeft waar concrete uitspraken gemaakt kunnen worden en waar niet.

Met dit in het achterhoofd is bewust gekozen voor de koppeling tussen het voorlopige oordeel over een hypothese op basis van een objectieve wetenschappelijke analyse en de mate van betrouwbaarheid waarmee die uitspraak wordt gedaan. Door deze aanpak wordt tegemoet gekomen aan de wens om de onzekerheden expliciet te maken. In een volgende evaluatie verdient dit wederom de aandacht.

Naast het belang van de manier waarop de resultaten en onzekerheden gepresenteerd worden, toont de studie ook het belang van tussentijdse aanpassingen. De duur van het project strekt over een volle tien jaar. Gedurende deze 10 jaar verandert niet alleen de context waarin de studie wordt uitgevoerd, maar ook de maatschappelijke behoefte voor informatie is aan verandering onderhevig. Een voorbeeld hiervan is de invoering van de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn die beiden sturend zijn voor de beleidsvraagstukken. Daarnaast is er sprake van voortschrijdend inzicht in de zin dat voortdurend nieuwe relevante informatie op tafel komt.

Uit de huidige tussenevaluatie blijkt dat enkele hypothesen in de huidige context minder relevant zijn of anders geformuleerd zouden moeten worden. Dit is het geval bij de hypothesen over de waterkwaliteit. Ook dienen zich nieuwe maatschappelijke vraagstukken aan (bijvoorbeeld de effecten van veranderingen in de morfologie voor zeehonden) die in een volgende evaluatie in beschouwing genomen zouden kunnen worden. Ook de toetsbaarheid van hypothesen op basis van het metingenplan is kritisch onder de loep genomen, waarbij gebleken is dat een aantal hypothesen bijgesteld moeten worden.

Voor een volgende evaluatie strekt het dan ook tot aanbeveling om in een vroeg stadium alle hypothesen opnieuw tegen het licht te houden en de lijst van hypothesen te herzien vanuit het perspectief dat de hypothesen in 2006

toetsbaar moeten zijn, niet voor verschillende uitleg vatbaar zijn, en/of bijdragen tot het verkrijgen van nieuw inzicht. Dit impliceert ook dat hypothesen geschrapt moeten worden wanneer blijkt dat de onderliggende aannames uit 1996 niet meer wetenschappelijk verantwoord zijn of deze met behulp van het bestaande metingenplan of overige studies niet te toetsen zijn, of omdat ze op basis van de huidige kennis van zaken bij voorbaat een onwaarschijnlijk kleine relatie hebben met de verruimingswerkzaamheden.

Overwogen kan worden om in plaats van de voortgangsrapportage van 2004, in een studie dieper in te gaan op de bovengenoemde methodologische aspecten. Deze studie moet leiden tot een geheel herziene hypothesenlijst die als basis dient voor de voortgangsrapportage van 2005 en de eindevaluatie in 2006. De keuze voor deze nieuwe hypothesen moet goed onderbouwd worden en gecommuniceerd worden naar de verschillende partijen die belang hebben bij de MOVE studie.

Indien MOVE wil inspelen op de maatschappelijke behoeften dan is het aan te bevelen om voorafgaand aan het schrijven van een gedetailleerd plan van aanpak voor een volgende tussenevaluatie wederom een actorenanalyse uit te voeren. Voor de huidige tussenevaluatie kwam de actorenanalyse deels te laat omdat de verschillende fasen van het project al gedefinieerd waren. De actorenanalyse biedt ook de mogelijkheid om een herziene hypothesenlijst onder de aandacht te brengen en eventueel ter discussie te stellen.

Tot slot zijn er een aantal aanbevelingen te maken die betrekking hebben op de projectaanpak en rapportage in een volgende evaluatie. Ten eerste is het zinvol om zoveel mogelijk dezelfde mensen in het projectteam op te nemen. Het is verder aan te raden om in een volgende evaluatie terug te koppelen naar de huidige tussenevaluatie door te laten zien waar vooruitgang is gemaakt in de mate van betrouwbaarheid over een uitspraak en in de nieuw verkregen inzichten. De in de huidige tussenevaluatie gebruikte templates voor de toetsing van de verschillende hypothesen zijn daarbij behulpzaam. Als laatste moet het plan van aanpak nadrukkelijk ingaan op de benodigde integratie tussen de verschillende disciplines onderling waardoor het totaalbeeld van de eventuele effecten van de verruiming 48'/43' versterkt wordt. Bovenstaande aanbevelingen zullen moeten leiden tot een nieuw inzicht in het gedrag van het systeem, zicht op wat er gaande is, liefst gerelateerd aan de ingreep, en liefst gevat in betere, zorgvuldiger onderbouwde nieuwe of herziene hypothesen.



## Referenties

---

- Arends, A.A., P. Kamermans, E.C. Stikvoort, B. de Winder (1999)**  
Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'; een eerste evaluatie van de bagger- en stortstrategie, rapport 4, Rapport RIKZ-99.019, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- Arts, F.A., P.L. Meininger (1995)**  
Foeragerende sterns in het Westerschelde estuarium: een verkenning in verband met de verdieping, Werkdocument RIKZ-OS-95.835x, Bureau Waardenburg rapport 95.50, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Bureau Waardenburg bv, Middelburg, Culemborg
- Becker, P.H., D. Frank, S.R. Sudmann (1993)**  
Temporal and spatial patterns of common tern (*Sterna hirundo*) foraging in the Wadden Sea, *Oecologia* 93: 389-393
- Berrevoets, C.M., R.C.W. Strucker, P.L. Meininger (2001)**  
Watervogels in de zoute Delta 1999/2000, Rapport RIKZ/2001.001, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- Berrevoets, C.M., R.C.W. Strucker, P.L. Meininger (2003)**  
Watervogels in de Zoute Delta 2001/2002, Rapport RIKZ/2003.001, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- Boer, W.F. de (2000)**  
Ontwikkeling van de biomassa van het microfytobenthos in het Eems-Dollard estuarium in de periode 1992-1999, Rapport 2000-31, Koeman en Bijkerk
- Bouma, H., D.J. de Jong, F. Twisk (2003)**  
Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES), Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg (in prep)
- Bouma, H., M. Lievaart, D.J. de Jong (2002)**  
Stand van zaken ontwikkeling pelagisch ecotopenstelsel december 2002, Werkdocument RIKZ/OS/2002.840x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- Brenninkmeijer, A., G. Doeglas, J. de Fouw (2002).**  
Foerageergedrag van sterns in de westelijke Westerschelde in 2002, A&W-rapport 346, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv, Veenwouden
- Bult, T.P., E.C. Stikvoort, B.S. Willemse (1999)**  
Mogelijkheden en beperkingen van omgevingsclassificaties en habitatgeschiktheidsmodellen voor het inschatten van effecten op bodemdieren, Werkdocument RIKZ/AB-99.833x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Consemulder, J., C. Storm, W. Houmes (1998)**

Experimentele schorverdedigingen: kleibekleding Anna Jacobapolder; bezinkvelden Zuidgors, Een evaluatie van de aanleg en het functioneren van twee experimentele schorverdedigingen in de Oosterschelde en Westerschelde, Rapport RIKZ-98-017, AXW nota 98.1007, Rijksinstituut voor Kust en Zee / Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Daan, N. (2000)**

Deskstudie Draagkracht Westerschelde voor jonge vis, Rapport C039/00, Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO), IJmuiden

**Dauwe, B., L. Santbergen, R. Termaat (2002).**

Besluitvormingsdocument voor de evaluatie de MOVE-hypothesen, Werkdocument RIKZ/AB/2002.803X, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**De Groot (2002)**

Actorenanalyse voor tweede evaluatierapport van het MOVE project, eindrapport, RA/02-567, Resource Analysis, Delft

**De Jong, S.A., A. van Kleef (1996)**

Ontwikkelingen in de Westerschelde, prognose voor de komende 25 jaar, Nota AX-96.009/NWL-96.14/RIKZ-96.006, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland/Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**De Jong, J., G. Krijger, L. Nijse, S. Huijs (1997)**

Beoordeling van de effecten van de verdieping 48' - 43', Plan van aanpak – rapport 2, project Monitoring Verdieping Westerschelde, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**De Jong, J.E.A., (2000)**

Zandbalans Westerschelde en monding periode 1955-1999, Notitie NWL-00.16, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Dekker, L. (1994)**

Verdieping Westerschelde, getijberekeningen Scaldis100, Rapport AX 94.043, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Delany, S., C. Reyes, E. Hubert, S. Pihl, E. Rees, L. Haanstra, A. van Strien (1999).**

Results from the International waterbird Census in the Western Palearctic and Southwest Asia 1995 and 1996, Wetlands International Publication 54, Wageningen.

**Dirksen, S., T.J. Boudewijn (1991)**

Microverontreiniging en visdieven: broedbiologisch onderzoek in 1991, oplevering basisgegevens kolonies, Intern rapport, Bureau Waardenburg, Culemborg

**Elliott, M., K.L. Hemmingway, Eds. (2002)**

Fishes in estuaries, Blackwell Science

**Frank, D., P.H. Becker (1992)**

Body mass and nest reliefs in Common Terns *Sterna hirundo* exposed to different feeding conditions, *Ardea* 80: 57-69



**Geelhoed, S.C.V., Swaan A.H. (2002)**

Ruiende Bergeenden in de Westerschelde, rapport 0055, BFO Bureau Fauna Onderzoek, Egmond-Binnen

**Goedhart, P.W., J.T.N.M. Thissen (1998)**

CBW Genstat Procedure Library Manual Release 4[1], Centre for Biometry Wageningen, Wageningen

**Groenewold, S., N.M.J.A. Dankers (2002)**

Ecoslib, De ecologische rol van slib, Alterra rapport 519

**Hampel, H., A. Cattrijsse, M. Vinck (2002)**

Changes in marsh nekton communities along the salinity gradient of the river Schelde; preliminary results (poster)

**Hampel, H., A. Cattrijsse, M. Vinck (2002)**

Habitat values of mature and developing tidal marsh creeks for fish and macrocrustaceans in the Westerschelde

**Heath, M.R., e.a. (1988)**

"Vertical distribution of herring larvae in relation to physical mixing and illumination", Marine Ecology Progress Series 47: 211-228

**Herman, P.M.J., J.J. Middelburg, J. Van Der Koppel, C.H.R. Heip (1999)**

Ecology of estuarine macrobenthos, Advances in Ecological Research 29: 195-240

**Hoeksema, H.J. (2002)**

Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar, Rapport RIKZ/2002.033, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Hostens, K. (2000)**

"Spatial patterns and seasonality in the epibenthic communities of the Westerschelde (South Bight of the North Sea)", Journal of the Marine Association U.K. 80: 27-36

**Hostens, K., J. Mees (1999)**

"The mysid-feeding guild of demersal fishes in the brackish zone of the Westerschelde estuary", Journal of Fish Biology 55: 704-719

**Huijs, S., G.M. Krijger (1998)**

Prognose ecotooparealen over 25 jaar, Nota AXW-98.007, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Jeuken, M.C.J.L. (2001)**

Verificatie van het cellenconcept Westerschelde op basis van historische gegevens, Rapport Z3078, WL Delft hydraulics, Delft

**Jeuken, M.C.J.L., G. Ruessink, Z.B. Wang (2002)**

Adviezen voor het maken van een gezamenlijke zandbalans voor Westerschelde en monding. Rapport Z3213, WL I Delft Hydraulics

**Jeuken, M.C.J.L., I. Tánčzos, Z.B. Wang (2003)**

Evaluatie van het beleid voor vaargeulonderhoud en zandwinning sinds de tweede vaargeulverdieping op basis van veldwaarnemingen en het verbeterde Cellenconcept Westerschelde, Rapport Z3467, WL Delft hydraulics, Delft

**Kornman, B., G.A. Liek, H.K. Schippers (2002)**

Baggeren en storten in de Westerschelde; een nieuwe kijk op onderhoudsbaggerwerk, Werkdocument RIKZ/AB/2002.840x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Kornman, B. P. Kamermans & P. Tydeman (2001)**

De handel en wandel van kokkel en nonnetje in het eerste levensjaar, Kennis en inzicht voor herstel, inrichting en beheer op basis van literatuur en veldonderzoek, Rapport RIKZ/2001.036, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Kromkamp, J., J. Peene, P. Van Rijswijk, A. Sandee, N. Goosen (1995)**

Nutrients, light and primary production by phytoplankton and microphytobenthos in the eutrophic, turbid Westerschelde estuary, NIOO-CEMO, Yerseke, Hydrobiologia 311: 9-19

**Krijger, G. (1999)**

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43', Voortgangsrapportage periode 1997-1998, MOVE-rapport 3, Nota AXW-99.005, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Lefèvre, F.O.B. (2003)**

Toetsing van de chemische water- en bodemkwaliteit van de Westerschelde ten behoeve van het evaluatierapport 2003, Werkdocument RIKZ/AB/2003.802x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Liek, G.A. (2001)**

Datarapportage fysica, beschrijving van de ontwikkelingen van de fysische parameters in de Westerschelde t/m 2000, Werkdocument RIKZ/AB/2001.815x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Liek, G.A. (2001)**

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'; beschrijving van de fysische toestand van de Westerschelde t/m 2000, rapport 5, Rapport RIKZ/2001.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Liek, G.A. (2002)**

Herziene versie van de hypothesenlijst uit MOVE rapport 2, Werkdocument RIKZ/AB/2002.802x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Liek, G.A., F.O.B Lefevre (2002)**

Datarapportage Fysica en chemie 2002, Werkdocument RIKZ/AB/2002/820x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Lievaart, M.A., E.C. Stikvoort (2002)**

Datarapportage ecologie Monitoring Verruiming Westerschelde (T3 t/m 2001), Werkdocument RIKZ/AB/2002.834X, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Lievaart, M.A. (2003)**

MOVE microfytobenthos, Effecten van de verruiming van de Westerschelde op de biomassa en primaire productie van het microfytobenthos 1989-2001 (in prep)

**Lievaart, M.A., A.J. Pouwer (2003)**

MOVE de Westerschelde als kraam- en kinderkamer in relatie tot de verruiming, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg (in prep)

**MacKenzie, B.R., T. Kiørboe (2000)**

"Larval fish feeding and turbulence: a case for the downside", *Limnology and Oceanography* 45: 1-10

**Maldegem, D.C., J. Vroon (1995)**

Invloed speciëstoringen uit haven van Zeebrugge op water- en bodemkwaliteit Westerschelde, Rapport RIKZ-94.049, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Mees, J., e.a. (1995)**

"Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries", *Hydrobiologia* 311: 153-174

**Meininger, P.L., J. Graveland (2002)**

Leidraad ecologische herstelmaatregelen voor kustbroedvogels, Balanceren tussen natuurlijke processen en ingrijpen, Rapport RIKZ/2001.046, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Meininger, P.L., F.A. Arts, N.D. van Swelm (2000)**

Kustbroedvogels in het Noordelijk Deltagebied: ontwikkelingen, knelpunten, potenties, Rapport RIKZ/2000.052, Rijksinstituut voor Kust en Zee / Stichting Ornithologisch Station Voorne, Middelburg/Oostvoorne

**Meininger, P.L., F.A. Arts, S.J. Lilipaly, R.C.W. Strucker, P.A. Wolf (2001)**

Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2000, Werkdocument RIKZ/OS/2001.810X, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Meininger, P.L., M.S.J. Hoekstein, S.J. Lilipaly, R.C.W. Strucker, Wolf P.A. (2003b)**

Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2002, Rapport RIKZ/2003.011, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Meininger, P.L., R.C.W. Strucker & Wolf P.A. (2003b)**

Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2002, Rapport RIKZ/2003.020. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Meire, P.M., Schekkerman H. & Meininger P.L. 1994.** Consumption of benthic invertebrates by waterbirds in the Oosterschelde estuary, SW Netherlands, *Hydrobiologia* 282/282: 525-546

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1998)**

Vierde Nota Waterhuishouding, Regeringsbeslissing, Tweede Kamer, 1998 – 2006, Den Haag

**Mol, G., A.M. van Berchum, G.M. Krijger (1997)**

De toestand van de Westerschelde aan het begin van de verdieping 48'/43', beschrijving van de trends in de fysische, biologische en chemische toestand, Rapport RIKZ-97.049, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Parée, E. (2002)**

De toestand van de bodem van de Westerschelde aan het begin van de verruiming 48'/43', herziene T0 voor de bodem van de Westerschelde, Notitie AXL 02.40, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Poot, M.J.M., K.L. Krijveld, S.L.G.E. Burgers, P.W. van Horsen, T.J. Boudewijn (2003)**

Ontwikkelingen bij watervogels in de Westerschelde in relatie tot mogelijke effecten van de vaargeulverruiming 48'-43', Trendanalyse van aantallen watervogels en groei van visdiefkuikens, Bureau Waardenburg rapport 02-133, Bureau Waardenburg bv, Culemborg

**Rosca, A. (2003)**

'Traveling time' parameter analysis, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven (in prep)

**Salden, R.M. (1998)**

Schonere Schelde door slibverwijdering, Rapport RIKZ-98.015, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Sisternans, P. (1997)**

Verandering van de morfologische dynamiek van de Westerschelde sinds 1955, een kwantitatieve analyse, Notitie RWS NWL-96.51, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Sisternans, W.H.C., H. Hummel, O.J.A. van Hoesel, M.M. Markuse, M. Rietveld, J.M. Verschuure (2002)**

Het macrozoobenthos van de Westerschelde, De Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het najaar 2001, Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma, NIOO-CEME, Yerseke

**Sokal, I., F.J. Rohlf (1936)**

Biometry: The principles and practice of statistics in biological research, W.H. Freeman and Company, 3<sup>rd</sup> edition, 1995, 850 p.

**Stapel, J., D. de Jong (1998)**

Sedimentatiemetingen op het schor bij Waarde en het Verdrongen Land van Saeftinge, Westerschelde (ZW Nederland), Sedimento et submergo, Rapport RIKZ-98-022, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Stapel, J., D. de Jong (1998)**

Ontwikkelingen in de biomassa van het microfyto-benthos in de Oosterschelde en Westerschelde in de periode 1981-1996, Rapport RIKZ-98.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Stikvoort, E.C., D. de Jong (2003)**

Sedimentatiesnelheid op Westerschelde-schorren, 1988-2002, Werkdocument RIKZ/OS/2003.807x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Stikvoort, E.C., M.A. Vink (2001)**

Datarapportage ecologie, Monitoring verruiming Westerschelde (T2, t/m 2000) Werkdocument RIKZ/AB/2001.817X, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Stive, M.J.F., Z.B. Wang, A.W. van der Weck, H.F.P. van den Boogaard, M.J. Baptist (1998)**

Definitiestudie Morfologische Dynamiek Westerschelde, Rapport Z2427, WL delft hydraulics, Delft

**Stoorvogel, A.A., L.C.G.J.M. Habets (2002)**

Rapport tijdreeksanalyse Westerschelde, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven

**Technische Adviescommissie voor de Waterwegen (TAW) (1995)**

Basisrapport zandige kust, behorende bij de leidraad zandige kust, Technische Universiteit Delft, Delft

**Technische Scheldec commissie, subcommissie Westerschelde (1984)**

Verdieping Westerschelde studierapport, programma 48' – 43'

**Temmerman, I. (1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001)**

De chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en in de Zeeschelde, Campagnes 9 t/m 14, Vlaamse Milieumaatschappij

**Tulp I., M.J.M. Poot, P.L. Meininger, C.M. Berrevoets, T.J. Boudewijn (2001)**

Aantalsontwikkelingen van watervogels in de Westerschelde, Mogelijke effecten van de vaargeulverruiming in 1997-2000, Rapport 01-045 Bureau Waardenburg/Werkdocument RIKZ OS/2001.825x RIKZ, Culemborg/Middelburg

**Twisk, F. (2002)**

Toelichting op de ecotopenkaarten Westerschelde 1996 en 2001, Werkdocument RIKZ/OS/2002.843x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Twisk, F., A. van der Pluym (2003)**

Kaarten van de habitatgeschiktheid voor vissen, strandkrab en garnaal in de Westerschelde, een ruimtelijke vertaling van de resultaten uit veldonderzoek in de periode 1988-1992, Werkdocument RIKZ/OS-2003.822x

**Van Berchum, A.M., E.C. Stikvoort (1999)**

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'. Werkdocument met betrekking tot chemie en biologie, periode 1997 en 1998, Werkdocument RIKZ/AB-99.811x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Van Buuren, J., J. Stronkhorst (1987)**

Bemonstering en analyses macrozoobenthos in de Westerschelde t.b.v. SAWES-bioaccumulatie, Notitie GWWS-87.565

**Van der Kooij, L.A., 1985.**

Dwarsraai onderzoek Westerschelde 1982. RIZA Nota 85.06

**Vereeke, S., A. Van Kleef, N.L. Houtekamer, S.A. De Jong (1995)**

Verwachte effecten verdieping Westerschelde, NOTA AX 94.091, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg

**Verschoore de la Houssaye, J., (1998)**

GISsen naar habitat- en ecotopenkaarten voor de Westerschelde, Rijksinstituut voor Kust en Zee en Van Hall Instituut, Groningen nummer 388201

**Vroon, J.H., C. Storm, L.A. Uit den Bogaard, J. Coosen (1996)**

Habitatarealen in de Westerschelde; veranderingen tussen 1960 en 1990 en een prognose voor de toestand na de komende verdieping, Werkdocument RIKZ/AB-96-815x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Vroon, J.H., C. Storm, J. Coosen (1997)**

Westerschelde Stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwante biologische patronen in een estuarium, Rapport RIKZ-97.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Welleman, H. C., W. Dekker (2001)**

Variatie in visvangsten in de Westerschelde en overige kustwateren tijdens de Demersal Fish Surveys. IJmuiden, RIVO: 1-114

**Wetsteyn, L.P.M.J., R.N.M. Duin, J. Kromkamp, M. Latuhihin, J. Peene, A. Power, T. Prins (2003)** Verkenning draagkracht Oosterschelde, Onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990 t/m/2000, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg (in prep)

**Winterwerp, J.C., M.C.J.L. Jeuken, M.A.G. van Helvert, C. Kuijper, A. van der Spek, M.J.F. Stive, P.M.C. Thoolen, Z.B. Wang (2000)**

Lange Termijnvisie Schelde-estuarium cluster Morfologie, rapportage Uitvoeringsfase, Rapport Z2878, WL delft hydraulics, Delft

**Witteveen+Bos (1999)**

Getijanalyse Westerschelde, Project Rw741.1, Witteveen+Bos

**WLDelft hydraulics (2002)**

Baggerbezwaar vanwege vaargeulonderhoud en actualisering van de stortcapaciteit in de Westerschelde op basis van het onderbouwde cellenconcept. Memo, 15 november 2002.

**Wijsman, J.W.M. (2003)**

Move Bodemdieren, Effecten van verruiming op de biomassa bodemdieren in de Westerschelde 1990-2003, Werkdocument RIKZ/AB-2003.806x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

**Ysebaert, T. (2000)**

Macrozoobenthos and waterbirds in the estuarine environment: Spatio-temporal patterns at different scales, PhD-thesis University of Antwerp, 175 pp.

**Ysebaert, T., P.M.J. Herman**

Bodemdieren in een estuarine omgeving, het beschrijven, modelleren en voorspellen van bodemdieren in een estuariene omgeving (in prep)

**Ysebaert, T., P.M.J. Herman**

The BIOMON-MOVE data set 1992-2001: general spatial and temporal patterns of estuarine macrobenthic species and relationships with derived environmental variables (in prep)

**Ysebaert, T., P.M.J. Herman, J.E. Hewitt & S.F. Thrush**

Modelling spatial variability in soft-sediment macrobenthic species distributions: controlling factors at the scale of a tidal flat, Submitted to Ecology (in prep).

## **Bijlage A: Overzichtstabel met resultaten van de toetsing van de hypothesen en de betrouwbaarheid van de uitspraak**

In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de resultaten van de toetsing van de hypothesen. Deze tabel is tot stand gekomen op basis van interviews met de onderzoekers die de verschillende hypothesen getoetst hebben. In deze tabel wordt aangegeven of uiteindelijk de hypothese voorlopig wel of niet moet worden verworpen. Deze uitspraak is zowel gebaseerd op data-analyse als op expert judgement. Dit houdt in dat de kennisadviseurs de gegevens en gegevensanalyse nog eens kritisch doornemen en op basis van de huidige proceskennis de getrokken conclusie proberen te begrijpen. Er worden dan passende verklaringen gezocht waarom een bepaalde trend zich voltrekt, en of deze overeenstemt met de ontwikkelingsrichting zoals die beschreven staat in de hypothese. Dit toetst men aan de proceskennis waarover men nu, vijf jaar na het opstellen van de oorspronkelijke hypothesen, beschikt. Die kennis is soms wel en soms niet anders dan in 1996. Het kan dus zijn dat het expert judgement de eerder getrokken conclusie ten aanzien van de meetgegevens - al dan niet verwerpen van de hypothese - tegenspreekt. Er worden dus in feite twee uitspraken gedaan voor elke hypothese, een op basis van de gegevensanalyse en een op basis van de beschikbare proceskennis (expert judgement). Deze zijn weergegeven in de onderstaande overzichtstabel.

Aan het uiteindelijke oordeel dat gedaan wordt op basis van de beschikbare monitoringsgegevens, of de hypothese wel of niet verworpen moet worden, is een mate van betrouwbaarheid gekoppeld. De betrouwbaarheid van een uitspraak is hier gedefinieerd als 'groot (zie tabel 1.1.1.) indien:

1. de kwaliteit van de meetgegevens goed is (zie intermezzo)
2. de analyse van de meetgegevens leidt tot een duidelijke (=slechts één interpretatie mogelijk) uitspraak betreffende de hypothese: verwerpen of niet verwerpen)
3. de resultaten van de meetgegevensanalyse overeenkomen met de verwachtingen over de ontwikkeling van een parameter, met andere woorden: is de ontwikkeling verklaarbaar?

Aan de hand van de bovenstaande criteria en op basis van interviews met de onderzoekers die de verschillende hypothesen getoetst hebben is tot een betrouwbaarheid gekomen. In de tabel staat ook weergegeven of de ontwikkelingsrichting die geschetst wordt in de hypothese bevestigd wordt en wordt een beschrijving gegeven van de waargenomen ontwikkelingsrichting sinds de verruiming 48'/43'. Tot slot is aangegeven of de hypothese geherformuleerd is dan wel dient te worden geherformuleerd bij een volgende evaluatie.

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd? <sup>23</sup>	
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot <sup>22</sup>	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd? <sup>23</sup>	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
V1	<b>Het getijvolume in de hoofdgeul zal ten oosten van Hansweert met 5-15% toenemen. Deze toename gaat ten koste van de nevengeulen.</b> <i>Door de verdieping van de drempels wordt de weerstand in de hoofdgeulen minder. Hierdoor gaat er relatief meer water door de hoofdgeulen, ten koste van de nevengeulen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Ja	Het getijvolume in de hoofdgeul is ten oosten van Hansweert toegenomen ten koste van het getijvolume in de nevengeul.	Ja, de voorspelde toename van het getijvolume van 5-15% van het totaal volume ten oosten van Terneuzen werd door middel van modelberekeningen bepaald.	Ja, om onduidelijkheid te voorkomen wordt aanbevolen de hypothese te herformuleren: het getijvolume in de hoofdgeul zal ten oosten van Hansweert met 5-15% van het totale getijvolume toenemen. Deze toename gaat ten koste van de nevengeulen.

<sup>22</sup> Uitspraak over betrouwbaarheid op basis van volgende sleutel.

Oordeel op basis van expert judgement	Oordeel op basis van gegevensanalyse	
	Kwaliteit van meetgegevens goed en gegevensanalyse levert duidelijke uitspraak	Kwaliteit van meetgegevens niet goed en/of gegevensanalyse levert geen duidelijke uitspraak
Kennisniveau 2003		
Oordeel o.b.v. gegevensanalyse is in overeenstemming met kennis en inzichten 2003	groot	klein
Oordeel o.b.v. gegevensanalyse is niet in overeenstemming met kennis en inzichten 2003	klein	klein

<sup>23</sup> Een hypothese kan wel of niet verwerpen worden op basis van een bepaalde arbitraire maatstaf, die bij nader inzien wellicht bijgesteld zou moeten worden. De vraag is hier dan ook, is de keuze van een in de hypothese gebruikte maatstaf kwantitatief voldoende onderbouwd.



Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
V2	<b>Het getijvolume in de raai Schaar van Waarde-Zuidergat (raai 5a) zal 2-5% toenemen.</b> <i>Door verlaging van de platen en vergroting van de getijslag zal de komberging in het oostelijk deel toenemen. Door deze grotere komberging zal het getijvolume in raai 5a toenemen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	Het totale getijvolume gemeten op raai 5a blijft ongeveer gelijk	Nee, er wordt door middel van modelberekeningen verwacht dat het totale getijvolume gelijk blijft, maar in een ander geval toeneemt met 3% in het oostelijk deel	Nee, maar schrappen is een overweging want met de huidige onnauwkeurigheid van de meetgegevens is het onmogelijk de in de hypothese voorspelde verandering betrouwbaar te kunnen aantonen
W1	<b>Het getij in het mondingsgebied (westelijk van de lijn Vlissingen-Breskens) verandert niet als gevolg van de verdieping.</b> <i>Door de onnauwkeurigheid van het model kan wel afwijking tot 5 cm optreden. De verandering van het getij in het mondingsgebied zal op dezelfde manier verlopen als ergens anders aan de kust in Nederland. De verruiming in de Westerschelde zal geen gevolgen hebben voor het getij in dat gebied</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	Het getij in het mondingsgebied verandert niet.	N.v.t.	Nee
W2	<b>Het getijverschil neemt op de Westerschelde, als gevolg van de verdieping, extra toe met 0 cm ter plaatse van Vlissingen tot 10-20 cm ter plaatse van Bath.</b> <i>Door een snellere getijdoordringing én vergroting van het getijvolume in het oostelijk deel zullen de hoogwaterstanden in het oostelijk deel van de Westerschelde verhogen en de laagwaterstanden verlagen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	Het getijverschil in Bath neemt extra toe ten opzichte van de trend.	Mogelijk met behulp van modelberekeningen (maar gedocumenteerde getallen en bijbehorende tijdschaal zijn onvindbaar)	Nee
W3	<b>De laagwaterstanden verlagen, als gevolg van de verdieping, t.o.v. de laagwaterstand bij Vlissingen bij normale getijomstandigheden vanaf Hansweert (0 cm) tot 5-15 cm bij Bath.</b> <i>Door een snellere getijdoordringing én vergroting van het getijvolume in het oostelijk deel zullen de hoogwaterstanden in het oostelijk deel van de Westerschelde verhogen en de laagwaterstanden verlagen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	De laagwaterstanden in Bath (genormaliseerd op Vlissingen) nemen af ten opzichte van de trend. De laagwaterstanden in Hansweert (genormaliseerd op Vlissingen) veranderen niet ten opzichte van de trend.	Mogelijk met behulp van modelberekeningen (maar gedocumenteerde getallen en bijbehorende tijdschaal zijn onvindbaar)	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
W4	<b>De hoogwaterstanden nemen, als gevolg van de verdieping, bij normale getijomstandigheden toe vanaf Vlissingen (0 cm) tot 0-10 cm bij Bath.</b> <i>Door een snellere getijdoordringing én vergroting van het getijvolume in het oostelijk deel zullen de hoogwaterstanden in het oostelijk deel van de Westerschelde verhogen en de laagwaterstanden verlagen. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	De hoogwaterstanden nemen in zowel Vlissingen en Bath <i>niet</i> zichtbaar toe als gevolg van verruiming (niet toetsbaar want voorspelde verandering is te klein ten opzichte van variabiliteit in gegevens)	Mogelijk met behulp van modelberekeningen (maar gedocumenteerde getallen en bijbehorende tijdschaal zijn onvindbaar)	Nee
W5	<b>De hoogwaterstanden bij extreme stormvloednemen, als gevolg van de verdieping, toe vanaf Vlissingen (0 cm) met 0-5 cm bij Terneuzen tot 0-10 cm bij Hansweert en Bath.</b> <i>De extreme hoogwater(stormvloed)standen worden bepaald door de combinatie van het getij en het windveld. Omdat stormen behoorlijk van elkaar verschillen en er relatief weinig stormen zijn, zijn uit metingen nauwelijks trends te bepalen (Liek, 2002).</i>							
	Niet verwerpen	<b>Toetsing niet mogelijk: geen data</b>						Toch in hypothesenlijst houden vanwege maatschappelijk zorg
W6	<b>Het tijdsverschil tussen Vlissingen en Bath wordt, als gevolg van de verdieping 10-20 minuten kleiner.</b> <i>Door de verruiming van de vaargeul zal de weerstand die de getijgolf ondervindt afnemen. Dit resulteert in een snellere voortplanting van de getijgolf.</i>							
	(nog) niet verwerpen, op basis van kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	Het tijdsverschil wijkt niet zichtbaar af van de trend en lijkt dus niet af te nemen als gevolg van verruiming.	Nee	Ja, de hypothese is geherformuleerd door faseverschil te vervangen door tijdsverschil en de term 'maximaal' te verwijderen. Na toetsing wordt aanbevolen om de term 'maximaal' weer toe te voegen.
D1	<b>De dynamiek in de gehele Westerschelde zal afnemen</b> <i>Naar verwachting zal de huidige trend in de ontwikkeling van de dynamiek zich voortzetten. Verandering als gevolg van verruiming (door geulwandverdedigingen en debietsveranderingen) kunnen tot een versnelde afname leiden. Verwacht wordt dat de afname ten gevolge van verruiming miniem zal zijn ten opzichte van de trend.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Ja	Er is een afname van dynamiek, met name in het oostelijk deel van de Westerschelde.	Hypothese opgesteld aan de hand van het fysische denkmodel	Nee
S1	<b>De maximum stroomsnelheden in de hoofdgeul oostelijk van Hansweert nemen na de verdieping toe met 10-20%. Na 15 jaar zullen de snelheden weer op het oude niveau zijn teruggekeerd.</b> <i>De hoofdgeulen zijn nog niet aangepast aan de verhoogde getijvolumes. Hierdoor zullen de stroomsnelheden toenemen met een maximum direct na afloop van de verdieping. Na verloop van tijd heeft de geul zich aangepast aan de nieuwe getijvolumes, waardoor de snelheden na 15 jaar weer teruggekeerd zijn naar het oude niveau. De veranderingen zullen lineair in de tijd verlopen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	Er is weliswaar sprake van een geringe toename van stroomsnelheden, maar die toename bestond ook al voor de laatste verruiming. De toename van 10-20 % wordt niet bevestigd.	Hypothese is opgesteld aan de hand van het fysisch denkmodel (alleen kwalitatieve uitspraken), hypothese is te gedetailleerd voor de nauwkeurigheid van modelresultaten en toetsing.	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
S2	<b>De maximum stroomsnelheden westelijk van Hansweert nemen niet toe</b> <i>In het westen vindt geen grootschalige verruiming van de geulen plaats. Hierdoor zullen het getijvolume en daarmee de stroomsnelheden niet toenemen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens (modelresultaten) en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Ja	Er wordt een geringe toename van stroomsnelheden gemeten westelijk van Hansweert, maar die stemt overeen met de toename die voor de verruiming reeds is ingezet	N.v.t. er wordt alleen kwalitatief een uitspraak gedaan	Nee
T1	<b>De zandimport vanuit de Noordzee zal gelijk blijven</b> <i>Momenteel treedt een geringe import op (0,3 Mm<sup>3</sup>/jaar). Door de verdieping zou dit kunnen toenemen. Door sterke toename van stortingen in het westen wordt dit voorkomen. De import varieert tussen de -5 en +5 Mm<sup>3</sup>. Als import wordt de hoeveelheid zand verstaan die de westelijke grens van vak 6 overschrijft. Deze hoeveelheid wordt bepaald uit de zandbalans.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Wel verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	Het lijkt erop dat het systeem exporterend is geworden de afgelopen 5 jaar.	Nee	Ja, aanbevolen wordt om de hypothesen aan te scherpen: import wordt export
T2	<b>Het netto sedimenttransport (getransporteerd door de natuur) van west naar oost neemt op de lange termijn toe tot gemiddeld 4-6 Mm<sup>3</sup> per jaar</b> <i>Door het overschot aan sediment in het westelijke deel en een kleine beschikbaarheid van sediment in het oosten zal er transport van west naar oost plaatsvinden. Verwacht wordt dat het jaarlijkse zandtransport tussen de 2 en 8 Mm<sup>3</sup>/jaar zal liggen (gemiddeld over een langere periode 4-6 Mm<sup>3</sup>)</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Ja	Het lijkt erop dat het zandtransport van west naar oost is toegenomen	Nee, onduidelijk is waarop variatie in jaarlijkse transport is gebaseerd (op model, onnauwkeurigheid zandbalans of variatie in meetgegevens)	Nee
T3	<b>Het aanlegbaggerwerk (op Nederlands grondgebied) bedraagt ten westen van Vlissingen maximaal 4 miljoen m<sup>3</sup> (in situ), ten oosten van Vlissingen maximaal 15 miljoen m<sup>3</sup> (in beun gemeten)</b> <i>Deze hoeveelheden zijn berekend uit een theoretisch profiel volgens het verdrag. In de praktijk kan een ander profiel ontstaan.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis (NB: alleen oosten van Vlissingen getoetst)	Niet verwerpen	N.v.t.	Groot	Ja	De gebaggerde hoeveelheid voldeed aan de voorspelling	Ja, je kunt van tevoren berekenen hoeveel het aanlegbaggerwerk bedraagt	Ja, na toetsing geherformuleerd in hoeveelheden in beun gemeten, toetsing ten westen van Vlissingen heeft nog niet plaatsgevonden vanwege ontbreken van geverifieerde gegevens

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
T4	<b>Het jaarlijks onderhoudsbaggerwerk na de verdieping (in beun gemeten) bedraagt ten westen van Vlissingen max. 1 miljoen m<sup>3</sup>, ten oosten van Vlissingen max. 14 miljoen m<sup>3</sup></b> <i>Deze cijfers zijn gebaseerd op ervaringen uit de vorige verdieping</i>							
	Niet verwerpen (NB: alleen oosten van Vlissingen getoetst)	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	De gebaggerde hoeveelheid voldeed aan de voorspelling, omdat het maximum ruim voldoende was.	Ja, echter op basis van nieuwe inzichten zou er nu een andere onderbouwing gebruikt worden en het maximum aangepast worden	Nee
B1	<b>De samenstelling van het bodemsediment van platen en slikken in het oostelijk deel van de Westerschelde zal verfijnen.</b> <i>Door het veranderende stortbeleid wordt meer baggerspecie (met een relatief grote korreldiameter) naar het westen gebracht in plaats van gestort in het oosten. Hierdoor is in het oosten minder grof materiaal beschikbaar. Deze verfijning zal zich geleidelijk voltrekken (waarschijnlijk lineair). Parameters waarop zal worden getoetst zijn D50 en slibgehalte (&lt;63 µm).</i>							
	nvt	toetsing nog niet mogelijk – nog geen gegevens beschikbaar						Nee
B2	<b>De samenstelling van het bodemsediment van platen en slikken in het midden deel en westelijk deel verandert niet.</b> <i>In het westen en midden is het sediment van nature grover dan in het oosten. Verhoging van de stortingen in het westen zal geen verandering van de sedimentsamenstelling tot gevolg hebben. Parameters waarop zal worden getoetst zijn D50 en slibgehalte (&lt;63 µm)</i>							
	nvt	toetsing nog niet mogelijk – nog geen gegevens beschikbaar						Nee
B3	<b>De samenstelling van het bodemsediment van de Slikken van Everingen zal grover worden</b> <i>Door stortingen voor Ellewoutsdijk (vak 20) en in de Ebschaar van de Everingen (vak 13) zal de sedimentsamenstelling van de slikken grover worden. Bij de stortplaats Ebschaar van de Everingen wordt op geringe diepte gestort. Het sediment uit stortvak Ellewoutsdijk zal vanuit de Vloedschaar van de Everingen door de stroom naar de ondiepere delen worden getransporteerd. De vergroving zal vrij snel na de start van de stortingen merkbaar zijn. Na verloop van tijd zal de snelheid van verandering afnemen, totdat er weer een stabiele situatie is ontstaan. Parameters waarop zal worden getoetst zijn D50 en slibgehalte (&lt;63µm).</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens	Verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	Tegengestelde treedt op, de bodemsamenstelling wordt fijner in de loop der jaren	ja	Nee
B4	<b>De bodemsamenstelling van de Hooge Platen verandert niet.</b> <i>De stortingen in de Schaar van de Spijkerplaat zullen geen invloed hebben op de samenstelling van het bodemsediment op de Hooge Platen, omdat de stortplaats in een diepe geul ten noorden van de Hooge Platen ligt. De stroomrichting is west-oost, zodat geen transport richting Hooge Platen wordt verwacht. Parameters waarop wordt getoetst zijn D50 en slibgehalte (&lt;63µm).</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens	Verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	Tegengestelde treedt op, de bodemsamenstelling wordt fijner in de loop der jaren	ja	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
<b>Het areaal schorren in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 15-35 hectare</b> <i>Verwacht wordt dat in het westelijk deel geen extra verlies aan schorren op zal treden door de verdieping. Als de huidige trend zich voortzet zal ca. 25 ha verloren gaan.</i>								
A1	niet verwerpen, op basis van kennis en gegevens	Niet verwerpen (niet te beoordelen)	niet verwerpen	klein	Ja (niet de gegevens, maar de maximale fout ligt binnen begrenzings)	relatief kleine afname (maximale fout ligt binnen begrenzings)	Nee	Nee
<b>Het areaal schorren in het middendeel van de Westerschelde zal gelijk blijven.</b> <i>Het geringe aantal schorren in het midden deel ligt op relatief rustige plaatsen, waar weinig erosie optreedt. Door natuurlijke fluctuaties kan een (tijdelijke) toe- of afname van ca. 10 ha optreden.</i>								
A2	niet verwerpen, op basis van kennis en gegevens	niet verwerpen	niet verwerpen	groot	ja	areaal schorren verandert nauwelijks	Nee	Nee
<b>Het areaal schorren in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 25-45 hectare</b> <i>Verwacht wordt dat er geen extra verlies aan schorren in het oostelijk deel op zal treden t.g.v. de verdieping. Hier gaat, als de huidige trend zich voortzet, ca. 35 ha verloren.</i>								
A3	niet verwerpen, op basis van kennis en gegevens	niet verwerpen	niet verwerpen	groot	ja	trend van schorvermindering zet zich voort	Nee	Nee
<b>Het areaal slikken in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 40-60 hectare</b> <i>Door erosie langs de geulranden gaan aanliggende slikken verloren. Er wordt geen toename van het slikverlies t.g.v. de verdieping verwacht.</i>								
A4	Verwerpen, op basis van kennis	Niet verwerpen (niet te beoordelen)	Verwerpen	klein	nee	slikken zijn niet significant veranderd en nemen zelfs licht toe (maximale fout ligt binnen begrenzings)	Nee	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
A5	<b>Het areaal slikken in het middendeel van de Westerschelde zal gelijk blijven.</b> <i>De erosie van slikken in het midden deel wordt tegengegaan door het aanleggen van geulwandverdedigingen. Door natuurlijke fluctuaties kan op plaatsen waar geen geulwandverdedigingen liggen nog wel enige toe- of afname optreden. Dit zal echter maximaal 10 ha zijn.</i>							
	niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	groot	ja	areaal slikken is min of meer gelijk gebleven	Nee	Nee
A6	<b>Het areaal slikken in het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 0-20 ha.</b> <i>Door het aanleggen van de geulwandverdedigingen zal er weinig erosie van de slikken optreden. De aanliggende schorren zullen echter, als na-ijl effect, nog wel verder eroderen. Dit heeft vergroting van het slikareaal tot gevolg.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	verwerpen	niet verwerpen	klein	Nee (wel kwalitatief, maar niet kwantitatief)	areaal slikken neemt sterk toe, veel sterker dan de lichte toename/lichte erosie die voorspeld werd	nee	Nee
A7	<b>Het areaal ondiep water in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 130 tot 230 hectare.</b> <i>Door de toename van stortingen van baggerspecie zullen in het westen grotere en hogere plaat complexen ontstaan. Dit gaat ten koste van het areaal ondiep water.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	Niet verwerpen (niet te beoordelen)	niet verwerpen	klein	nee	er wordt een geringe toename in areaal ondiepwater waargenomen	nee	Nee
A8	<b>Het areaal ondiep water in het middendeel van de Westerschelde zal afnemen met 25 tot 125 hectare.</b> <i>Door de toename van de stortingen van baggerspecie zullen in het middendeel grotere en hogere plaat complexen ontstaan. Dit gaat ten koste van het areaal ondiep water.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	de afnemende trend buigt de laatste jaren om	nee	Nee
A9	<b>Het areaal ondiep water in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 65 tot 165 hectare.</b> <i>Toelichting: Na vergroting van de hoofdgeul zullen door erosie de plaat randen steiler worden en ondiep water verloren gaan.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	de afnemende trend buigt de laatste jaren om	nee	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
A10	<b>Het areaal platen in het westelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 205 tot 305 hectare.</b> <i>Door toename van het storten van baggerspecie in het westelijk deel wordt een toename van het plaat areaal verwacht.</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens	verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	plaatareaal neemt af terwijl een toename werd voorspeld (afname is voortzetting trend die in verleden al optrad)	nee	Nee
A11	<b>Het areaal platen in het middendeel van de Westerschelde zal toenemen met 25 tot 125 hectare.</b> <i>Door toename van het storten van baggerspecie in het middendeel wordt een toename van plaat areaal verwacht.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	Niet verwerpen (niet te beoordelen)	niet verwerpen	klein	nee	stijgende trend in plaatareaal buigt om in een dalende(maximale fout ligt binnen begrenzungen)	nee	Nee
A12	<b>Het areaal platen in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 60 tot 160 hectare.</b> <i>Verruiming van de geulen in het oostelijk deel leidt tot grotere erosie van de plaat randen.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis en gegevens	niet verwerpen (niet te beoordelen)	niet verwerpen	klein	Ja (niet de gegevens, maar de maximale fout ligt binnen begrenzungen)	plaatareaal neemt af (voortzetting van trend voor verruiming)	nee	Nee
A13	<b>Het areaal geulen in het westelijk deel van de Westerschelde zal gelijk blijven.</b> <i>De huidige (in 1996 aanwezige trend) was een verruiming van de geulen in het westen. Deze verruiming zal worden tegengewerkt door stortingen in dit gebied. Verwacht wordt dat er netto geen verandering zal optreden. Door natuurlijke fluctuaties kan wel toe- of afname van 50 ha. optreden.</i>							
	Niet verwerpen op basis van kennis en gegevens	Niet verwerpen (niet te beoordelen)	Niet verwerpen	Klein	Nee	Geulareaal neemt toe (stijgende trend)	nee	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
A14	<b>Het areaal geulen in het middendeel van de Westerschelde zal gelijk blijven.</b> <i>Ook in het middendeel is in de laatste decennia verruiming opgetreden. Gezien de laatste ontwikkelingen in debietverdeling en debietveranderingen én de toekomstige hogere stortingen wordt geen verder verruiming verwacht. Door natuurlijke fluctuaties kan wel toe- of afname van 50 ha. optreden.</i>							
	Niet verwerpen op basis van kennis en gegevens	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	Geulareaal neemt toe (stijgende trend)	nee	Nee
A15	<b>Het areaal geulen in het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 200 tot 300 hectare.</b> <i>De drempels in het oosten zullen worden verlaagd. Dit zal tot toename van het getij volume leiden. De geul zal zich gaan verruimen totdat er een nieuw evenwicht wordt bereikt. Hierdoor zal de geul zich gaan verruimen totdat weer een evenwichtssituatie is ontstaan.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis en gegevens	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Ja	Geulareaal neemt toe	nee	Nee
I1	<b>Het plaatvolume (boven N.A.P. -2m) in het westelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 3-7 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>Door toename van de stortingen in het westelijk deel wordt hier een toename van het plaatvolume verwacht.</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens	Verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	Plaatvolume neemt af	nee	Nee
I2	<b>Het plaatvolume (boven N.A.P. -2m) in het midden deel van de Westerschelde zal toenemen met 2-6 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>Deze toename is het gevolg van verhoogde stortingen in het middendeel</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Ja	Plaatvolume neemt toe	nee	Nee
I3	<b>Het plaatvolume (boven N.A.P. -2m) in het oostelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 3-7 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>Verruiming van de geulen in het oostelijk deel zal leiden tot grotere erosie van de plaatranden.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis en gegevens	Niet verwerpen (op basis van ontwikkeling 2002)	Niet verwerpen	Klein	Nee	Plaatvolume neemt toe	nee	Nee



Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
14	<b>Het watervolume onder N.A.P. -2m in de hoofdgeul van het westelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 8-28 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>Hoewel geen verandering in areaal geul in het westelijk deel wordt verwacht, wordt door verdieping van de geul (en eventuele verlenging) och een toename van de inhoud verwacht.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	Watervolume in hoofdgeul westen neemt toe	nee	Nee
15	<b>Het watervolume onder N.A.P. -2m in de nevengeulen in het westelijk deel van de Westerschelde zal afnemen met 22-52 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>In de kortsluit- en nevengeulen in het westelijk deel zal in de toekomst meer worden gestort. Dit zal leiden tot afname van de inhoud.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	Watervolume in nevengeul westen neemt af	nee	Nee
16	<b>Het watervolume onder N.A.P. -2m in de hoofdgeul van het midden deel van de Westerschelde zal gelijk blijven.</b> <i>Momenteel is er sprake van enige verruiming. Door stortingen in het midden deel zal deze verruiming worden tegengewerkt. Hierdoor wordt geen verder verruiming verwacht. Door natuurlijke fluctuatie kan nog wel toe- of afname optreden van ca. 7 Mm<sup>3</sup>.</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens	Verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Nee	Watervolume in hoofdgeul midden neemt heel sterk toe	nee	Nee
17	<b>Het watervolume onder N.A.P. -2 m in de nevengeulen in het midden deel van de Westerschelde zal afnemen met 3-17 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>Door toename van stortingen in het midden deel zal de inhoud van de nevengeulen afnemen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	Watervolume in nevengeul midden neemt af	nee	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
18	<b>Het watervolume onder N.A.P. -2m in de hoofdgeul van het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 65-95 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>Allereerst zullen de drempels worden verdiept. Na het verdiepen zal het getijvolume in het oostelijk deel toenemen. De geulen zullen zich n verloop van tijd aanpassen aan deze grotere hoeveelheden en zich verruimen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen (niet te beoordelen)	Niet verwerpen	Klein	Ja	Watervolume in hoofdgeul oosten neemt toe(niet de gegevens, maar de maximale fout ligt binnen de begrenzingsen)	nee	Nee
19	<b>Het watervolume onder N.A.P. -2m in de nevengeulen in het oostelijk deel van de Westerschelde zal toenemen met 8-22 Mm<sup>3</sup>.</b> <i>In het oostelijk deel wordt in de toekomst minder gestort. Hierdoor zullen de neven- en kortsluitgeulen zich verruimen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Ja	Watervolume in nevengeul oosten neemt toe(net binnen/buiten begrenzingsen)	nee	Nee
K1	<b>De suppletiehoeveelheid op de kust van Zeeuws Vlaanderen tussen de grens en de Verdrongen Zwarte Polder zal tijdelijk afnemen met 20-40%.</b> <i>Door de speciestortingen (onderwatersuppletie) op de nieuwe locatie "kust Zeeuws-Vlaanderen" wordt de netto erosie van het betreffende kustgedeelte minder. Aangezien weinig onderhoudsbaggerwerk in de Wielingen wordt verwacht, zullen na de verdieping de stortingen sterk afnemen. Hierdoor zal het een tijdelijke afname betreffen. De genoemde afname van suppletiehoeveelheid geldt voor de eerste suppletie na de verdieping (verwachting 2003).</i>							
	Niet verwerpen	<b>toetsing nog niet mogelijk – meetgegevens nog niet beschikbaar</b>						Nee
O1	<b>De geulen in het oostelijk deel zullen niet verder inscharen.</b> <i>Door het aanleggen van geulwandverdedigingen worden alle oevers waar veel inscharingen wordt verwacht verdedigd. Er zal met name aandacht worden geschonken aan de einden van de geulwandverdedigingen (in lengterichting).</i>							
	Niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	Niet verwerpen	Groot	Ja	In de bochten waar geulwandverdediging is aangebracht is inscharing gestopt	N.v.t.	Nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
O2	<b>De slikken achter de geulwandverdedigingen zullen niet verder verlagen</b> <i>De geulwandverdedigingen worden aangelegd om de uitbocht van de geul te stoppen. Het stoppen van het uitbochten heeft als neveneffect dat de erosie van de slikken zal afnemen en uiteindelijk het slik niet verder zal verlagen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	Bij een groot aantal van de slikken achter geulwandverdedigingen treedt lokaal nog steeds slikverlaging op.	N.v.t.	Nee
Z1	<b>De decadedegemiddelde chlorideconcentraties in de Westerschelde veranderen niet als gevolg van de verruiming.</b> <i>De chlorideconcentraties zijn veel meer afhankelijk van de rivierafvoer van de Westerschelde dan van een grotere getijdendoordringing door de verruiming. Deze hypothese zal worden getoetst aan de hand van meetgegevens van de meetstations, eventueel aangevuld met modelberekeningen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Verwerpen	Niet verwerpen	Klein	Nee	De decadedegemiddelde chlorideconcentraties in de Westerschelde zijn over het algemeen gedaald. (verandering is echter a.g.v. toegenomen zoetwateraanvoer vanuit stroomgebieden Schelde, Maas Rijn en niet a.g.v. de verruiming)	N.v.t.	Ja, de term 'extreme zoutgehaltes' is veranderd in decadedegemiddelde chlorideconcentraties
E20	<b>De sedimentatiesnelheden op de meeste schorren zullen niet veranderen t.g.v. de verruiming; alleen op schorren in de naaste omgeving van een stortlocatie (Schor van Waarde en Zuidgors) kan mogelijk extra sediment worden aangevoerd</b> <i>Het Westerscheldewater is reeds van nature erg sedimentrijk en de gestorte specie zal grotendeels vrij dicht bij de stortlocatie bezinken. Alleen op schorren in de naaste omgeving (binnen enkele kilometers) van een stortlocatie kan extra sediment worden aangevoerd</i>							
	niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	groot	ja	conform hypothese	ja	Nee (was reeds in 2002 geherformuleerd)
C1	<b>In de bodem (beneden NAP -2m) van het westelijk deel van de Westerschelde zullen de concentraties aan microverontreinigingen, te bepalen aan de hand van de uniforme gehalte-toets (NW4), niet significant toenemen.</b> <i>De bodemkwaliteit in de Westerschelde neemt over het algemeen toe van het oosten naar het westen. Het storten van bodemmateriaal uit het oosten in het westen heeft tot gevolg dat de waterbodemkwaliteit in het westen zal verslechteren. De effecten van deze verslechtering zullen naar verwachting echter klein zijn. Het meeste materiaal is namelijk klasse 1 specie en ecotoxicologische effecten zijn niet aangetoond' Naar verwachting zal de aanvoer van verontreinigingen echter afnemen als gevolg van saneringsmaatregelen in België, waardoor een verhoging van de concentraties in de bodem van de gehele Westerschelde niet waarschijnlijk is.. De toetsing geschiedt m. b.v. kwaliteitsklasse volgens waterbodemnormering regeringsbeslissing Evaluatienota Water (ENW).</i>							
	nvt	toetsing niet mogelijk – bemonsteringsprogramma sluit niet aan bij de hypothese						nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
C2	<b>Op platen, slikken en schorren in de omgeving van stortlocaties zullen de concentraties aan microverontreinigingen, te bepalen aan de hand van de uniforme gehalte-toets (NW4), niet significant toenemen.</b> <i>zie C1</i>							
	nvt	Toetsing nog niet mogelijk – meetresultaten nog niet beschikbaar						nee
C3	<b>De waterkwaliteit van de Westerschelde zal rekening houdend met ‘natuurlijke’ fluctuaties niet verslechteren ten opzichte van de huidige situatie.</b> <i>Oorzaken van mogelijke verslechtering van de waterkwaliteit: vrij komen van verontreinigingen tijdens het baggeren in het Scheur, binnendringen van het troebelheidsmaximum in de mond door een sterkere getijdoordringing. Echter deze mogelijke processen leiden naar verwachting niet tot een significante verslechtering van de waterkwaliteit. De kwaliteit wordt conform de NW4 normen getoetst met de gehalten aan zuurstof, zware metalen en PAK's</i>							
	niet verwerpen op basis van kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	klein	ja	Verbetering waterkwaliteit, waarschijnlijk als gevolg van verbetering waterkwaliteit stroomopwaarts. Echter onvoldoende data.	ja	nee
E1	<b>De verdiepingswerkzaamheden zullen niet op grotere schaal leiden tot een verhoogd zuurstofverbruik in de waterkolom van de Westerschelde t.g.v. versnelde mineralisatie van opgebaggerd organisch materiaal; hooguit zeer lokaal zal kortdurend een verlaging van de zuurstofconcentratie optreden.</b> <i>Door het storten van opgebaggerd materiaal zal er een hoeveelheid organisch materiaal in de waterkolom terechtkomen. Deze fractie zal gemineraliseerd worden en heeft dus een zuurstofbehoefte. De mineralisatiesnelheid blijkt primair af te hangen van de kwaliteit van het materiaal. De snelheid vertoont in de Westerschelde een significante ruimtelijke variatie, waarbij de snelheid afneemt van boven- naar benedenstrooms en primair wordt bepaald door het materiaal dat wordt aangevoerd door de rivier. De bagger- en stortactiviteiten zullen hierin nauwelijks een bijdrage hebben.</i>							
	nvt							In 2002 reeds geschrapt
E2	<b>De gemiddelde primaire productie door het fytoplankton in het oostelijk, midden en westelijk deel van de Westerschelde zal niet veranderen als gevolg van de verdiepingswerkzaamheden.</b> <i>De grootte van de primaire productie van fytoplankton in de Westerschelde wordt primair bepaald door de doordringdiepte van licht. Primaire productie zal ter plaatse van de stortlocatie tijdelijk sterk belemmerd worden. Op het totaal budget aan primair geproduceerd koolstof is dit echter een te verwaarlozen hoeveelheid.</i>							
	niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	Niet verwerpen	niet verwerpen	groot	nee	Afname primaire productie, maar vermoedelijk niet door verruiming want doorzicht neemt al sinds 1994 af	Ja (op basis van ecotoop benadering)	Nee, was in 2002 al aangescherpt
E3	<b>De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% toenemen.</b> <i>Een toename van het areaal aan platen en slikken, waarbij er een verschuiving van slibrijke naar slibarme platen optreedt, heeft een geringe toename van de totale jaarproductie tot gevolg.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	klein	Ja	Er wordt een toename gemeten maar deze is niet significant. Op basis van ecotoopbenadering is potentie voor microfytobenthos min of meer gelijk gebleven	Ja (op basis van ecotoop benadering)	nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
E4	<b>De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het middendeel van de Westerschelde met ca. 20% toenemen.</b> <i>Een kleine toename van het totale areaal aan platen en slikken en een sterke verschuiving van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen intergetijdgebieden, heeft een toename van de totale jaarproductie tot gevolg.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	verwerpen	niet verwerpen	klein	Ja	Er is een significante toename gemeten, echter die is groter dan 20%, op basis van ecotoopbenadering is potentie voor microfytobenthos licht toegenomen	Ja (op basis van ecotoop benadering)	Nee
E5	<b>De totale jaarproductie van het microfytobenthos zal in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 5% toenemen.</b> <i>Ondanks het feit dat het intergetijdgebied ietwat afneemt, zal de totale jaarproductie in zeer geringe mate toenemen door de sterke verschuiving van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen platen.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	verwerpen	niet verwerpen	klein	ja	Er is een significante toename gemeten, echter die is groter dan 5%, op basis van ecotoopbenadering is potentie voor microfytobenthos juist afgenomen	Ja (op basis van ecotoop benadering)	Nee
E6	<b>De jaargemiddelde biomassa aan bodemdieren op platen, slikken en ondiepwater-gebieden in het westelijke deel van de Westerschelde zal ca. 5% toenemen</b> <i>Ondanks de sterke afname van het ondiepwater gebied, leidt forse uitbreiding van het laagdynamische intergetijdgebied tot een zeer geringe toename van de jaargemiddelde biomassa.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	Bodemdierenbestand is lager dan voor de verruiming maar nog niet significant, op basis van ecotoopbenadering is potentie voor bodemdieren licht afgenomen	Ja (op basis van ecotoop benadering)	nee
E7	<b>De jaargemiddelde biomassa aan bodemdieren op platen, slikken en ondiepwater-gebieden in het middendeel van de Westerschelde zal ca. 20% toenemen</b> <i>Ondanks de sterke afname van het ondiepwater gebied, neemt de totale biomassa toe als gevolg van een geringe uitbreiding van het intergetijdgebieden, waarbij er een verschuiving optreedt van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen intergetijdgebieden.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	Bodemdierenbestand is lager dan voor de verruiming maar nog niet significant, op basis van ecotoopbenadering is potentie voor bodemdieren toegenomen	Ja (op basis van ecotoop benadering)	nee
E8	<b>De jaargemiddelde biomassa aan bodemdieren op platen, slikken en ondiepwater gebieden in het oostelijke deel van de Westerschelde zal ca. 10% toenemen</b> <i>Ondanks de sterke afname van het ondiepwater gebied, neemt de totale biomassa toe als gevolg van de sterke verschuiving van hoogdynamische naar laagdynamische hooggelegen intergetijdgebieden.</i>							
	niet verwerpen, op basis van kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	klein	nee	Bodemdierenbestand is lager dan voor de verruiming maar nog niet significant, op basis van ecotoopbenadering is potentie voor bodemdieren ook afgenomen	Ja (op basis van ecotoop benadering)	nee

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	
	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Wel/niet verwerpen	Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	Is de maatstaf gebruikt in de toetsing van de hypothese voldoende onderbouwd?	Ja, nee, geschrapt vanwege ... (toelichten met oog op MOVE 2006)
E9	<b>De potentieel beschikbare opgroeigebieden (=kinderkamers) voor larven, jonge vis en jonge garnaal zullen in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.</b> <i>Door sterke afname van het ondiepwater gebied, zal de potentiële kinderkamerfunctie afnemen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Niet beschikbaar	Niet verwerpen	klein	n.v.t.	Geen meetgegevens over vis en garnaal wel over veranderingen in ecotooparealen; die tonen een toename	Ja (op basis van ecotoop benadering)	nee
E10	<b>De potentieel beschikbare opgroeigebieden (=kinderkamers) voor larven, jonge vis en jonge garnaal zullen in het middendeel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.</b> <i>Door sterke afname van het ondiepwater gebied, zal de potentiële kinderkamerfunctie afnemen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Niet beschikbaar	Niet verwerpen	klein	n.v.t.	Geen meetgegevens over vis en garnaal wel over veranderingen in ecotooparealen; die tonen een toename	Ja (op basis van ecotoop benadering)	nee
E11	<b>De potentieel beschikbare opgroeigebieden (=kinderkamers) voor larven, jonge vis en jonge garnaal zullen in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 15% afnemen.</b> <i>Door sterke afname van het ondiepwater gebied en in mindere mate de afname van het laagdynamische laaggelegen intergetijdegebied, zal de potentiële kinderkamerfunctie afnemen.</i>							
	Niet verwerpen, op basis van kennis	Niet beschikbaar	Niet verwerpen	klein	n.v.t.	Geen meetgegevens over vis en garnaal wel over veranderingen in ecotooparealen; die tonen een toename	Ja (op basis van ecotoop benadering)	nee
E12 a	<b>Het platencomplex van de Hooge Platen zal niet dusdanig verlagen dat het aanbod aan broedgelegenheid voor sterns zal verminderen.</b> <i>De verdieping zal geen afbreuk doen aan de broedfunctie van de Hooge Platen aangezien deze plaat niet zal verlagen. De plaat zal naar waarschijnlijkheid verhogen, waardoor eerder de vogelfunctie van de plaat wordt versterkt.</i>							
	niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	groot	ja	Er is geen vermindering broedgelegenheid zichtbaar; aantallen broedparen nemen toe en 'de Bol' neemt toe	Ja, de toetsing van de areaalvergroting was echter alleen indirect (meetraai) mogelijk.	Ja, de hypothese is voor de toetsing gesplitst en geherformuleerd in deel a en deel b
E12 b	<b>De platen in de Westerschelde zullen niet dusdanig veranderen in aard en omvang, dat de functie van de Westerschelde als ruigebied voor Bergeenden zal verminderen.</b> <i>De verdieping zal geen afbreuk doen aan de ruifunctie van de Hooge Platen aangezien deze plaat niet zal verlagen. De plaat zal naar waarschijnlijkheid verhogen, waardoor eerder de vogelfunctie van de plaat wordt versterkt.</i>							
	niet verwerpen, op basis van gegevens en kennis	niet verwerpen	niet verwerpen	groot	ja	Er is geen afname ruifunctie zichtbaar; ruifunctie lijkt eerder toe te nemen omdat het aantal aanwezige bergeenden toeneemt	Ja, de toetsing was indirect omdat metingen van het aantal ruiende bergeenden ontbreken.	ja, de hypothese is voor de toetsing gesplitst en geherformuleerd in deel a en deel b

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
E13	<b>De foerageermogelijkheden voor de steltloperpopulatie zullen in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% toenemen.</b> <i>Door uitbreiding van de voedselrijke hooggelegen platen kunnen de foerageermogelijkheden in geringe mate toenemen.</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens en kennis	verwerpen	verwerpen	Klein voor wat betreft areaalgrootte, beter voor de biomassaconsumptie	nee	Er zijn op basis van de trends in totale biomassaconsumptie geen aanwijzingen gevonden die duiden op een positief effect van de verruiming.	Ja, wat betreft de biomassaconsumptie. Nee aangaande de areaalgrootte van de ecotopen	nee
E14	<b>De foerageermogelijkheden voor de steltloperpopulatie zullen in het middendeel van de Westerschelde met ca. 20% toenemen.</b> <i>Door verschuiving van voedselarme (hoogdynamisch) naar voedselrijke (hooggelegen platen) gebieden kunnen de foerageermogelijkheden toenemen.</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens en kennis	verwerpen	verwerpen	Klein voor wat betreft areaalgrootte, beter voor de biomassaconsumptie	nee	Er zijn op basis van de trends in totale biomassaconsumptie geen aanwijzingen gevonden die duiden op een positief effect van de verruiming. Wel een afname bij schelpdiereters en een toename bij de overige steltlopers	Ja, wat betreft de biomassaconsumptie. Nee aangaande de areaalgrootte van de ecotopen	nee
E15	<b>De foerageermogelijkheden voor de steltloperpopulatie zullen in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% toenemen.</b> <i>Ondanks het kleiner worden van het areaal aan intergetijdegebied kan een verschuiving van voedselarme (hoogdynamisch) naar voedselrijke (laagdynamische hooggelegen platen) gebieden een toename aan foerageermogelijkheden opleveren.</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens en kennis	verwerpen	verwerpen	Klein voor wat betreft areaalgrootte, beter voor de biomassaconsumptie	nee	Er zijn op basis van de trends in totale biomassaconsumptie geen aanwijzingen gevonden die duiden op een positief effect van de verruiming	Ja, wat betreft de biomassaconsumptie. Nee aangaande de areaalgrootte van de ecotopen	nee
E16	<b>De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (visdieven, dwergsterns) zullen in het westelijk deel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.</b> <i>Door de sterke afname van het rustige ondiepwater gebied zal het foerageergebied afnemen.</i>							
	Verwerpen, op basis van gegevens en kennis	verwerpen	verwerpen	groot	nee	Visdief en Grote Stern laten een gestage toename zien van de populatie, terwijl de Dwergstern recent een afname laat zien. Deze ontwikkelingen lijken niet beïnvloed te worden door de verruiming.	nee, relatie tussen ecotopen en foerageergebied is onvoldoende bekend	Ja, er wordt aanbevolen om de 10 % afname te wijzigen in: niet dusdanig veranderen dat dit zal resulteren in een afname van aantallen broedparen en de condities van jongen.
E17	<b>De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (visdieven, dwergsterns) zullen in het middendeel van de Westerschelde met ca. 10% afnemen.</b> <i>Door de sterke afname van het rustige ondiepwater gebied zal het foerageergebied afnemen</i>							
	Nvt							<b>geschrapt</b> , omdat er geen sterns broeden in het middendeel

Nr.	Eindoordeel	Oordeel o.b.v. gegevensanalyse	Oordeel o.b.v. expert judgement / proceskennis	Betrouwbaarheid uitspraak	Wordt de ontwikkelingsrichting beschreven in de hypothese bevestigd?			Hypothese geherformuleerd voor de toetsing? Indien na toetsing geherformuleerd dan is het een aanbeveling
					Klein/groot	Ja/nee	Korte beschrijving	
E18	<b>De foerageermogelijkheden voor zichtjagende viseters (visdieven, dwergsterns) zullen in het oostelijk deel van de Westerschelde met ca. 15% afnemen. Door de sterke afname van het rustige ondiepwater gebied en in mindere mate de afname van het laagdynamisch laaggelegen intergetijdegebied, zal het foerageergebied afnemen.</b>							
	Verwerpen, op basis van gegevens en kennis	verwerpen	verwerpen	groot	nee	De visdief populatie in dit deelgebied laat geen duidelijke veranderingen zijn.	nee, relatie tussen ecotopen en foerageergebied is onvoldoende bekend	Ja er wordt aanbevolen om de 10 % afname te wijzigen in : niet dusdanig veranderen dat dit zal resulteren in een afname van aantallen broedparen en de condities van jongen.
E19	<b>De foerageergebieden in het westelijk deel voor de Grote Stern zullen niet worden aangetast door de verdiepingswerkzaamheden. Het vissucces van de Grote Stern neemt toe met het doorzicht van het water. Twee stortlocaties, de Schoone Waardin en de Schaar van de Spijkerplaat liggen in de onmiddellijke nabijheid van de broedgebieden van de grote stern.</b>							
	N.v.t							Geschrapt, de Grote Sterns foerageren nauwelijks in de Westerschelde, maar vooral voor de kust van Walcheren.