

**<sup>1</sup>Ontwikkeling morfologie Oosterschelde  
in relatie tot de zandhongerproblematiek**

**Dirk van Maldegem**

**Werkdocument RIKZ/AB/2004.809x**

**September 2004**

---

<sup>1</sup> GIS werk: Bram Schouwenaar  
Zandbalans: Kees van der Male

## **Inhoud**

### **1. Inleiding**

### **2. Morfologisch proces versus zandhonger**

### **3. Zandhonger in historisch perspectief**

### **4. Samenstelling van de gebiedsdekkende kaarten**

### **5. Beschrijving verschilkaarten**

### **6. Beschrijving dwarsprofielen**

### **7. Morfologische ontwikkeling van de intergetijdegebieden van de Galgenplaat en Roggenplaat**

### **8. Procesmatige metingen**

### **9. Resultaten procesmatige metingen**

### **10. Conclusies en aanbevelingen**

## **Literatuurlijst**

## 1. Inleiding

De morfologische ontwikkeling van de Oosterschelde in de situatie na de aanleg van de Stormvloedkering en compartimenteringsdammen is nauw verbonden met de zandhongerproblematiek. De gevolgen en laatste ontwikkelingen hiervan zijn geactualiseerd [Ref. Geurts van Kessel et al., 2004]. Dit werkdokument nadere informatie van de ontwikkeling van de morfologie.

De grootschalige ontwikkeling van de Oosterscheldekan worden beschreven aan de hand van loding- en hoogtekaarten. Voor een aantal perioden konden hieruit gebiedsdekkende kaarten worden gemaakt. Het procesmatige verloop is te ontleen uit specifieke metingen op een aantal plaat- en slikgebieden, die vanaf 1987 worden verricht. Dit document probeert op basis van deze informatie te komen tot een beeld van de morfologische ontwikkeling van de Oosterschelde. Doel hierbij is het volgen van de effecten van de zandhonger. Het is een beeld van de afgelopen decennia. De hydrodynamica blijft buiten beschouwing, wat betekent dat de ontwikkeling wordt beschouwd als een stationair proces. Ook wordt eraan voorbij gegaan in hoeverre de Oosterschelde medio 1985 zich bevond in een toestand van evenwicht. Er zijn enkele insteken gekozen om tot een zo goed mogelijk beeld te komen.

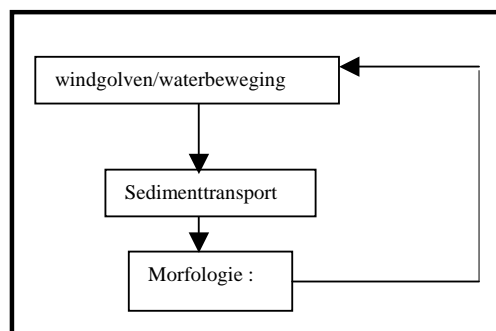
Uit de combinatie van grootschalige- en procesmatige ontwikkeling gedurende deze decennia volgt een verwachting ten aanzien van de verdere ontwikkeling.. Daarbij worden aanbevelingen gedaan om deze ontwikkelingen efficiënt te volgen.

In dit document komt de ontwikkeling van de schorren niet aan de orde (zie hiervoor Ref. Maldegem & de Jong, 2004)

## 2. Morfologisch proces versus zandhonger

**Morfologie** betekent in de context van het watersysteem Oosterschelde de ontwikkelingen van de beddingvorm. Het gaat hierbij dan specifiek om de vorm van de geulen, platen/slikken (en schorren) in een ruimtelijk 3 dimensionale) voorstelling. De ontwikkelingen van de morfologie zijn een gevolg van waterbeweging en windgolven. Maar door de veranderde morfologie veranderen weer de waterbeweging en windgolven. Dit is de cyclus, dat zich afspeelt rond een hypothetisch morfodynamische evenwicht [Figuur 1].

Figuur 1



! Zandhonger !



Door de aanleg van de Stormvloedkering in 1985 is de vrije waterbeweging voor een groot deel geblokkeerd. Het gevolg is dat veel minder water de Oosterschelde in- en uitstroomt. Het morfodynamische evenwicht is hierdoor sterk verstoort. De geulen zijn in de huidige toestand veel te ruim voor de gedempte waterbeweging. Om deze geulen in de vorm te kunnen krijgen, die past bij deze (huidige) waterbeweging, is meer dan 400 miljoen m<sup>3</sup> veel zand nodig. Deze problematiek is als **zandhonger** betiteld door Kohsiek & Mulder [Ref. 1987]. Hoewel de nieuwe toestand al ca. 20 jaar geleden is ontstaan, is de morfologie hierop nog lang niet aangepast. De hierbij uitgesproken verwachting was toen dat dit proces eeuwen gaat duren.

Het gevolg van dit alles is dat de morfologie van de Oosterschelde wordt beheerst door de problematiek van de zandhonger. Wordt gesproken over de morfologie van de Oosterschelde, dan gaat het over de zandhongerproblematiek. De rest is hieraan ondergeschikt. De zandhonger wordt in stand gehouden doordat geen zand van buiten de stormvloedkering naar de Oosterschelde kan worden getransporteerd. De stormvloedkering fungeert namelijk als een natuurlijke barrière. In het bekkenrapport is het principe van de zandhonger uitvoeriger belicht [Ref. Geurts van Kessel et al, 2004].

De SVK is een natuurlijke barrière voor zandtransport door de regulering van de zandbeweging door de Ontgrondingskuilen.

Het gebied zeewaarts van de SVK lijdt ook zandhonger. Dit kan wel aanpassen door aanvoer van zand uit de Voordelta. Ook dit proces duurt heel lang.

De opbouw van platen/slikken en schorren door aanvoer van nieuw sediment vindt hierdoor niet meer plaats. Hier komt bij dat door de gereduceerde waterbeweging het hoogwater is verlaagd en het laagwater is verhoogd. Het gevolg is dat de platen/slikken en schorren op een kleiner vlak onder invloed van golfwerking eroderen, wat een sterkere concentratie aan golfaanval betekent. De platen/slikken en schorren zullen zich in ieder geval aanpassen aan de nieuwe getijcyclus. Het sediment hiervan zet zich af beneden de invloed van het golfbereik. De verwachting is dat de intergetijdegebieden allemaal zullen eroderen omdat deze niet meer dan 150 miljoen m<sup>3</sup> zand bevatten. Een nieuw morfologische evenwicht zal waarschijnlijk nooit worden bereikt.

### 3. Zandhonger in historisch perspectief

In het vorige hoofdstuk is kort de betekenis van het begrip zandhonger uiteengezet. Zandhonger van een estuarium is niet een nieuw fenomeen. Gezien in historisch perspectief heeft de Oosterschelde vóór de aanleg van de Stormvloedkering te maken gehad met perioden van zandtekort (zandhonger !), maar ook zandoverschot [Ref. Hesselink et al, 2003]. Ten gevolge van de vele menselijke ingrepen en inundaties door stormvloeden is de Oosterschelde in de loop van de tijd continu in ontwikkeling geweest naar het bijpassende morfodynamische evenwicht. De menselijke ingrepen van de afgelopen eeuwen, zoals afdammingen en inpolderingen, verkleinden het kombergingsgebied, waardoor het getijvolume afnam en de geulen wat te ruim werden, dus zandtekort [Ref. Roelse, 2003]. Na de aanleg van de Grevelingen dam werd het kombergingsgebied sterk vergroot, door de uitbreiding met het Volkerak. Dit resulteerde in zandoverschot, waardoor de geulen gingen uitruimen [Ref. artikel Vroon et al]. Daarnaast heeft

zandwinning voor de bouw van dijken en deltdammen bijgedragen aan zandtekort. Door de bouw van de Stormvloedkering is abrupt een einde gekomen aan deze ontwikkeling. Aan de huidige zandhonger is weinig te veranderen, doordat aan het doorstroomprofiel van de geulen een keihard gegeven is en het debiet door de kering nagenoeg vastligt. Veranderingen zoals in het verleden door inpolderingen en inundaties kunnen hieraan weinig meer af of toedoen. Uitgaande van de keiharde randvoorwaarden kunnen technische maatregelen alleen marginaal wat oplossen. Voorstellen hiervoor blijven buiten de context van dit werkdocument.

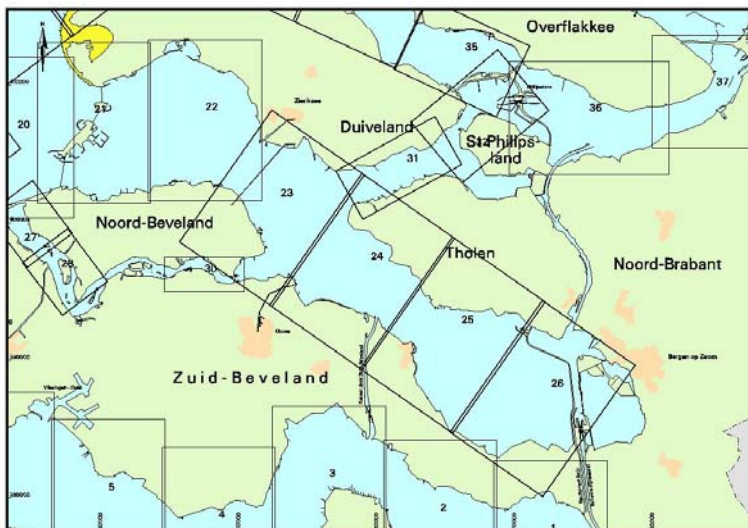
#### 4. Samenstelling van de gebiedsdekkende kaarten

Bij de gebiedsdekkende kaarten is als uitgangssituatie de kaart van de toestand vóór de aanleg van de Stormvloedkering en compartimenteringsdammen (situatie 1983) toegevoegd. De volgende gecombineerde kaarten zijn beschikbaar [Tabel 1].

Tabel 1. Gebiedsdekkende kaarten van de Oosterschelde voor de huidige toestand (beschikbaar als Arc-infogrid)

| Situatie  | Samenstelling   | Opmerkingen  |
|-----------|---|--|
| 1983      | Lodingen in 1983 van de vakken 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 38*<br>Hooggelegen gebieden via fotogrammetrie   | Globale informatie   |
| 1989      | Dit is een samengestelde kaart van alleen de lodingen uit de periode 1989. Vak 38 is niet opgenomen*.   | Geen hoogte informatie in overeenkomstige perioden beschikbaar |
| 1993/1995 | Lodingen uit de periode 1993 – 1995*:<br>1993: vak 24, 25, 216, 31, 32<br>1994: vak 21, 22, 23, 38<br>1995: vak 20<br>Terrrestische opname van platen en slikken in 1990 – 1991 |  |
| 2001      | Lodingen uit de periode 1997 – 2000*:<br>1997: vak 31, 32, 38<br>2000: vak 21, 22<br>2001: vak 23, 24, 25, 26<br>Laseraltimetrie westelijk deel (2001); overige gebieden (2002) |  |

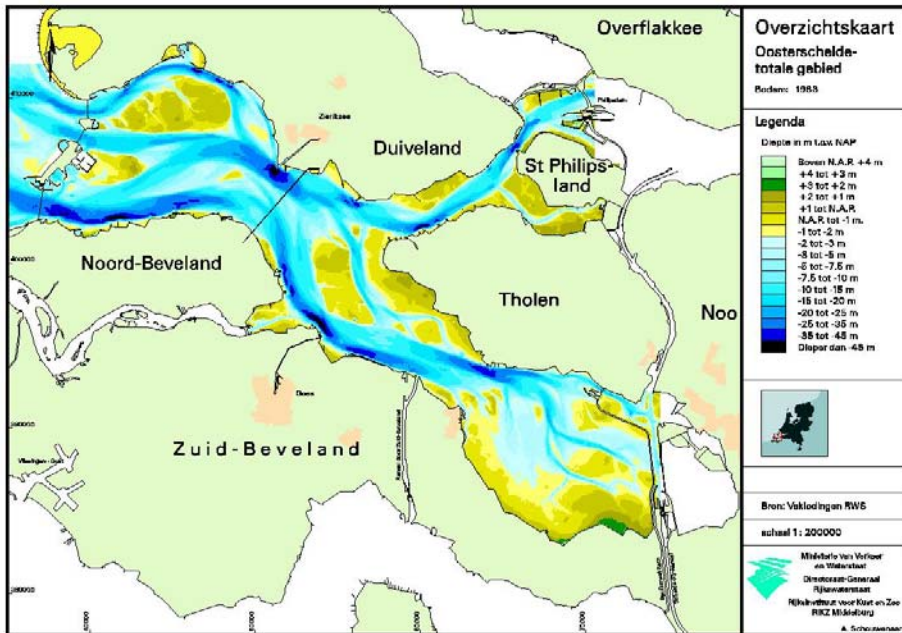
\*De gebieden met de nummers van de overeenkomstige vaklodingen zijn gegeven in figuur 2. Wit betekent geen informatie.



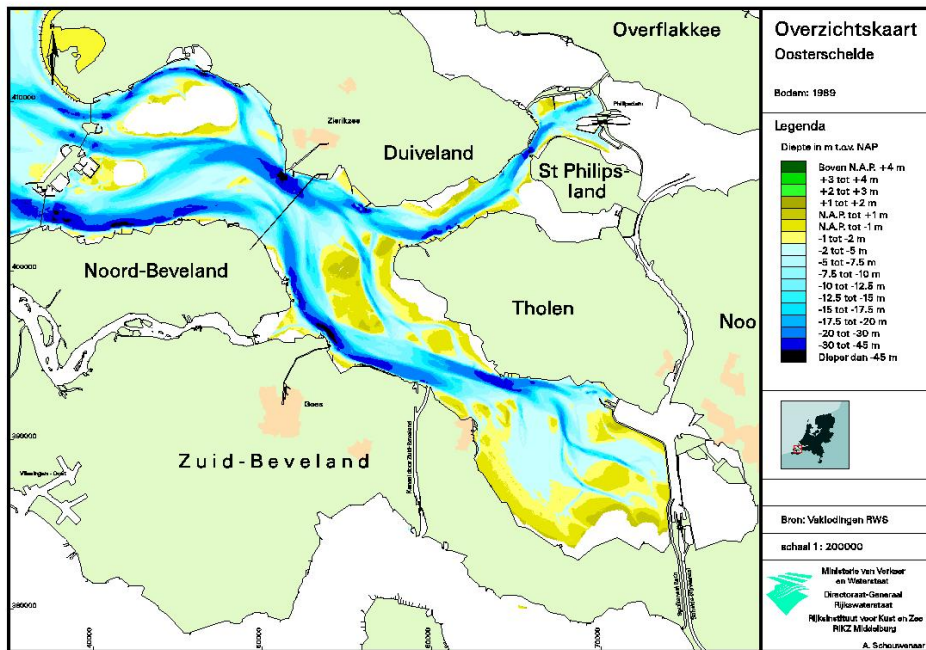
Figuur 2. Overzichtsk kaart vaklodingen Oosterschelde

De resulterende gebiedsdekkende hoogtediepte kaarten zijn achtereenvolgens weergegeven (Figuur 3 t/m 6):

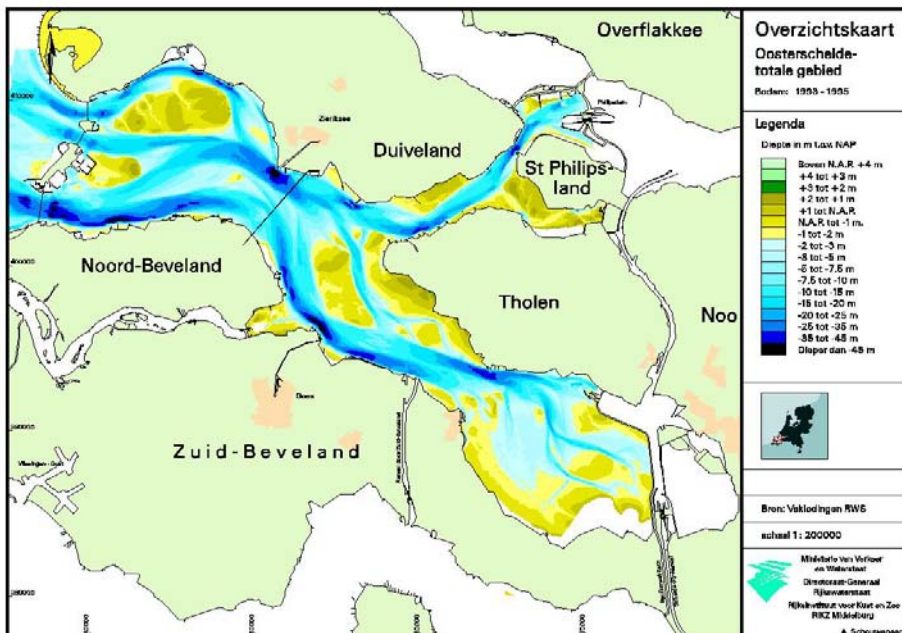
Situatie 1983 (figuur 3)



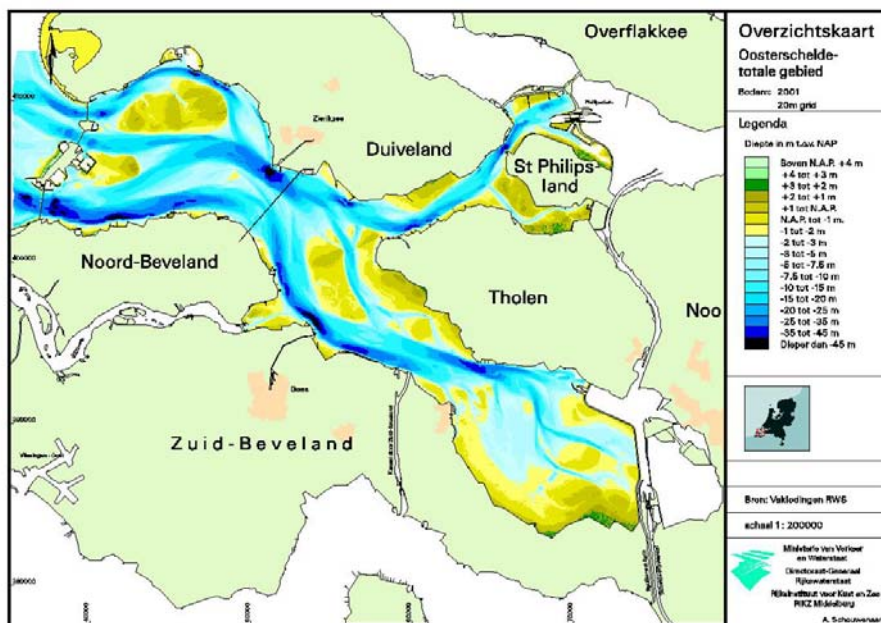
Situatie 1989 (figuur 4)



Situatie 1993/1995 (figuur 5)



Situatie 2001 (figuur 6)

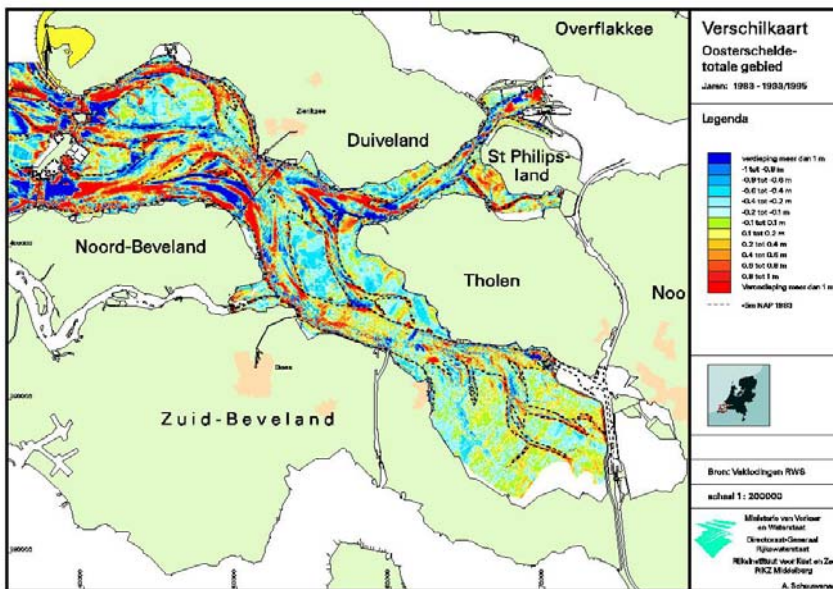




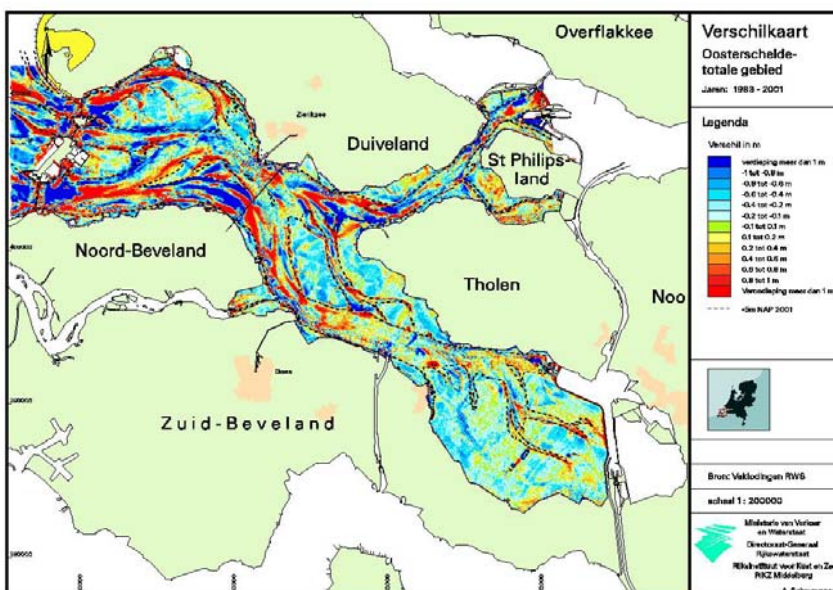
## 5. Beschrijving verschilkaarten

Beschrijven van ontwikkelingen gebeurt doorgaans aan de hand van “verschilkaarten”. Dit zijn de verschillen van een bepaalde opname met een opname daarvoor. Hieruit is af te leiden of erosie dan wel sedimentatie heeft plaatsgevonden. Er zijn verschilkaarten gemaakt voor de situaties 1993/1995 min 1983, 2001 min 1983 en 2001 min 1993/1995 (figuur 7 t/m 9).

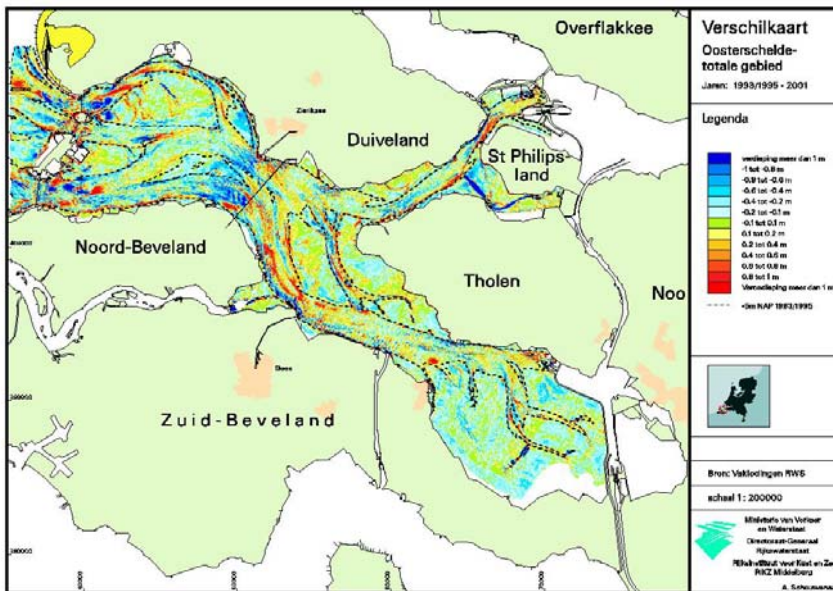
Verschilkaart situatie 1993/1995 min 1983 (figuur 7)



Verschilkaart situatie 2001 min 1983 (figuur 8)



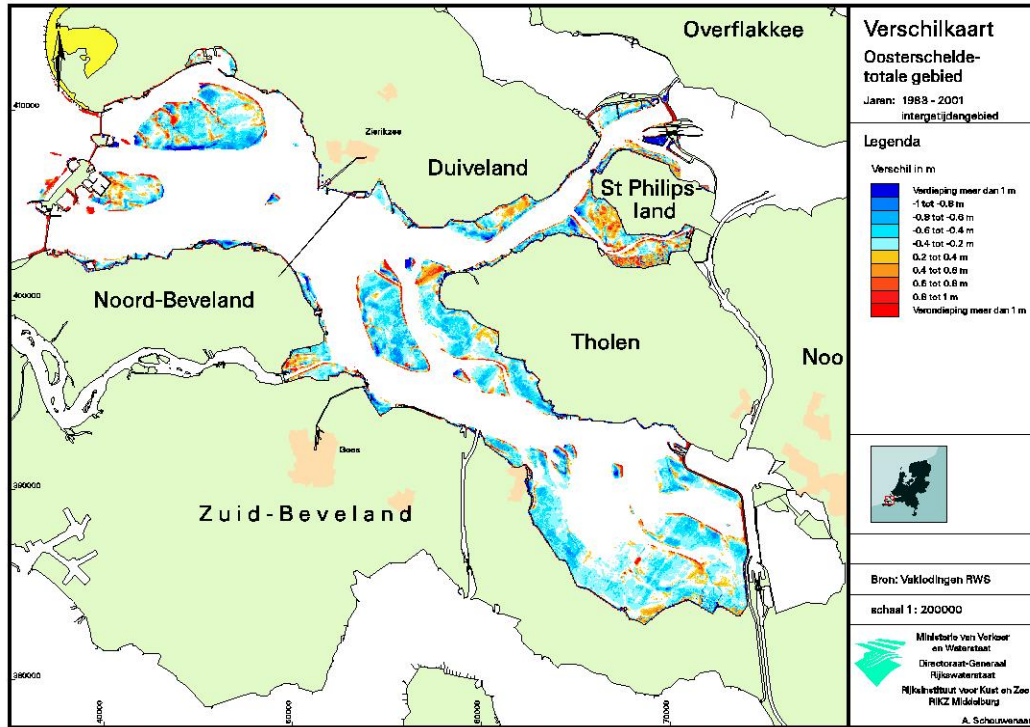
Verschilkaart situatie 2001 min 1993/1995 (figuur 9)



Uit de verschilkaarten volgt in algemene zin dat het intergetijdegebied erodeert en dat de geulen zowel sedimenteren als eroderen. Om op de ontwikkelingen van intergetijdegebieden en geulen nader te kunnen inzoomen zijn aparte verschilkaarten gemaakt voor de intergetijdegebieden (gebied boven LW : NAP -2 m) en voor de geulen (gebied beneden LW: NAP -2 m). Dit is gedaan voor de situaties 2001 min 1983 en 2001 min 1993/1995. In de kaartjes van de intergetijdegebieden zijn de verschillen tussen -0,2 m en +0,2 m weggelaten als zijnde geen significant verschil. In de kaartjes van de geulen zijn om dezelfde reden de verschillen tussen -0,4 en + 0,4 m weggelaten.

Intergetijdegebieden (figuur 10 en 11)

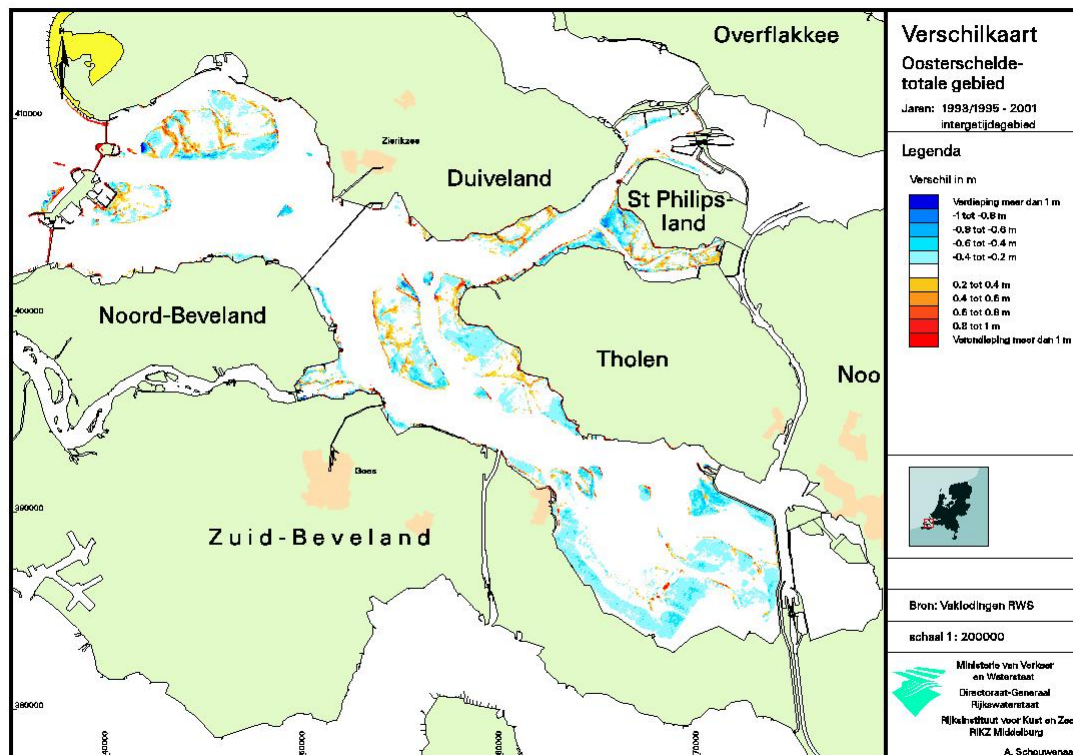
Verschilkaart voor intergetijdegebied situatie 2001 min 1983 (figuur 10)



Opmerkingen:

- De plaatgebieden laten vooral erosie zien van 2 tot max 8 dm
- Langs de randen van de platen zijn soms heel smalle sedimentatie zones zichtbaar
- Sedimentatie in ondiepe gebied zijn verzanden prielen
- Sedimentatie hooggelegen gebieden mat name Krabbenkreek is fout ! Waarschijnlijke oorzaak is dat info hooggelegen gebieden uit 1983 gebaseerd is op fotogrammetrie. Is zeer onbetrouwbare methode voor bepalen hoogteverschillen!
- Sedimentatie ten ZW van Tholen is vermoedelijk proef Directie Zeeland 460000 m3 in periode 1993-1994 bij Witte Tonne Vlije met doel intergetijdegebied te creeren (zand gebaggerd uit Noordelijk inloop Brabants Vaarwater)
- Lage rechte strepen wijst op systematische fouten in raaien

Verschilkaart voor intergetijdgebied situatie 2001 min 1993/1995 (figuur 11)



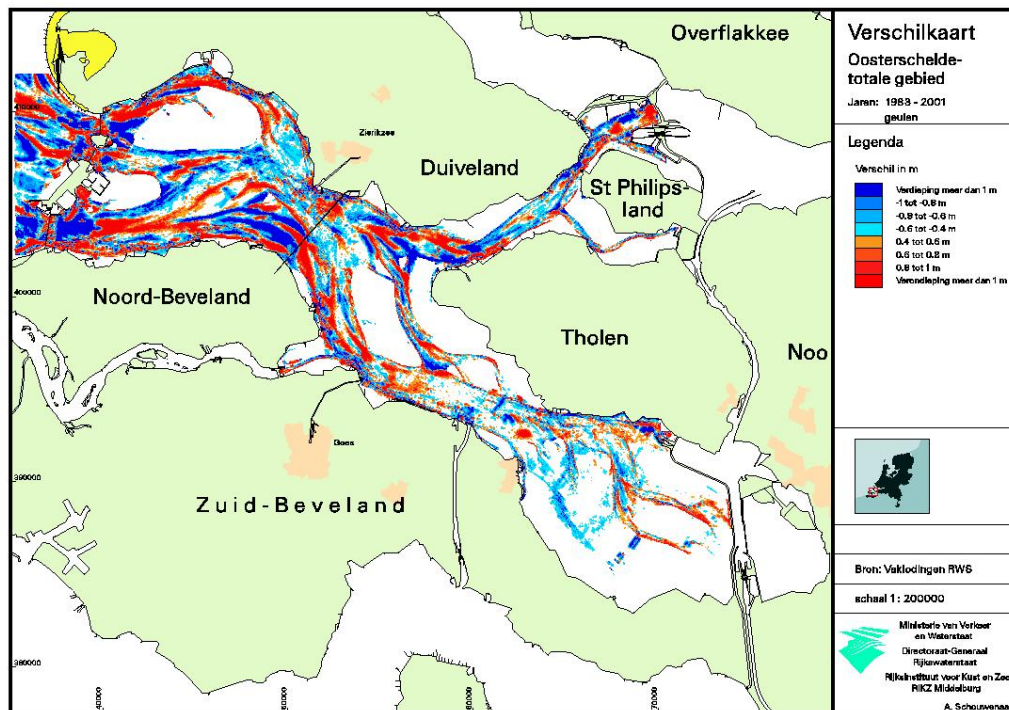
**Opmerking:**

- De verschillen van de situatie 2001 min 1993/1995 zijn duidelijk geringer dan voor de situatie 2001 min 1983. Dit betekent dat de ontwikkelingen éénduidig zijn
- Op enkel e locaties is sprake van gering e sedimentatie. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het “wandelen” van de platen, waarbij de geulen enigszins mee verschuiven.

*Geulgebieden (figuur 12 en 13)*

De geulengebieden zijn naar verwachting veel minder gewijzigd. Reden voor deze veronderstelling is dat de stroomsnelheden in de geulen sterk zijn gereduceerd, waardoor de morfologische veranderingen in de geulen gering zijn. Bovendien is naar verwachting de import en export van sediment door de stormvloedkering verwaarloosbaar. Hierdoor zal geen aanvulling dan wel uitvulling van de geulen optreden. De veronderstelling is daarom dat de ligging en diepte van de geulen na de aanleg van de Stormvloedkering nagenoeg niet meer is gewijzigd. Hooguit zijn de stroomribbels opgeschoven en wat meer afgevlakt door de afgenomen stroomsnelheid. Indien deze veronderstelling klopt komt de spreiding in deze waarden overeen met de dynamiek van ribbels, wat kleine lokale verschillen en de lodingson nauwkeurigheid zien.

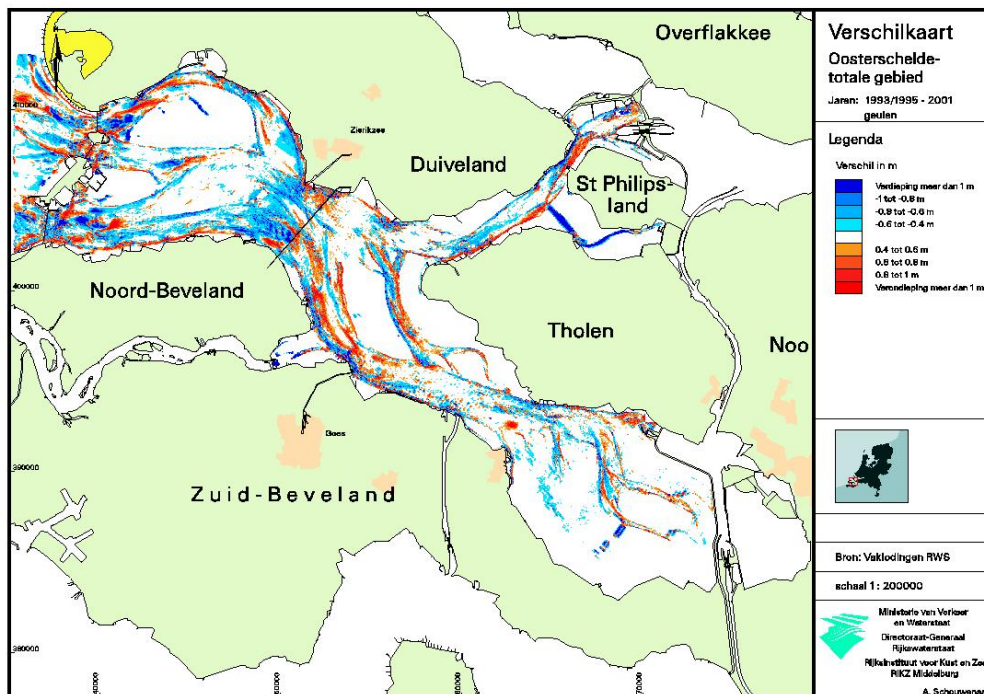
Verschilkaart voor geulengebied situatie 2001 min 1983 (figuur 12)



#### Opmerkingen

- Deze kaart laat voornamelijk de ontwikkeling van de geulen zien die in de periode van 1983 tot 1988 nog heeft plaatsgevonden. Na deze periode zijn de geulen nauwelijks veranderd
- Er is ongeveer evenveel sedimentatie als erosie te zien van enkele dm's tot meer dan 10 dm.
- Bij de Stormvloedkering zelf is sedimentatie aangelegde bescherming en erosie erosieputten.
- De sedimentatie van het geerodeerde materiaal vanaf de platen is onmeetbaar. Volgens kuberingen zou vanaf 1983 ongeveer 27 miljoen m<sup>3</sup> en vanaf 1993/1995 ongeveer 13 miljoen m<sup>3</sup> zijn geerodeerd van de intergetijdegebieden en gesedimenteerd in de geulen, oppervlakte 15000 ha beneden NAP-2m geeft een gemiddelde sedimentatie van 8 tot 18 cm (niet significant verschil).
- Sedimentatie en erosie van geulen kunnen te maken hebben met ontwikkeling geulen tijdens bouwfasen van de kering (gaande van Hammen naar Roompot), waarbij door verschil in debieten extra uitbochtig en kortsluitingen zijn ontstaan
- De gebaggerde geul t.b.v. bouwschepen "Oliegeultje" kering is zichtbaar.
- Bij de Krammersluizen en de Bergsediepsluis zijn de contouren van de winputten voor zandsluiting compartimenteringsdammen zichtbaar
- Bij ZW punt Tholen bevindt zich baggerzone Brabants Vaarwater

Verschilkaart voor geulengebied situatie 2001 min 1993/1995 (figuur 13)

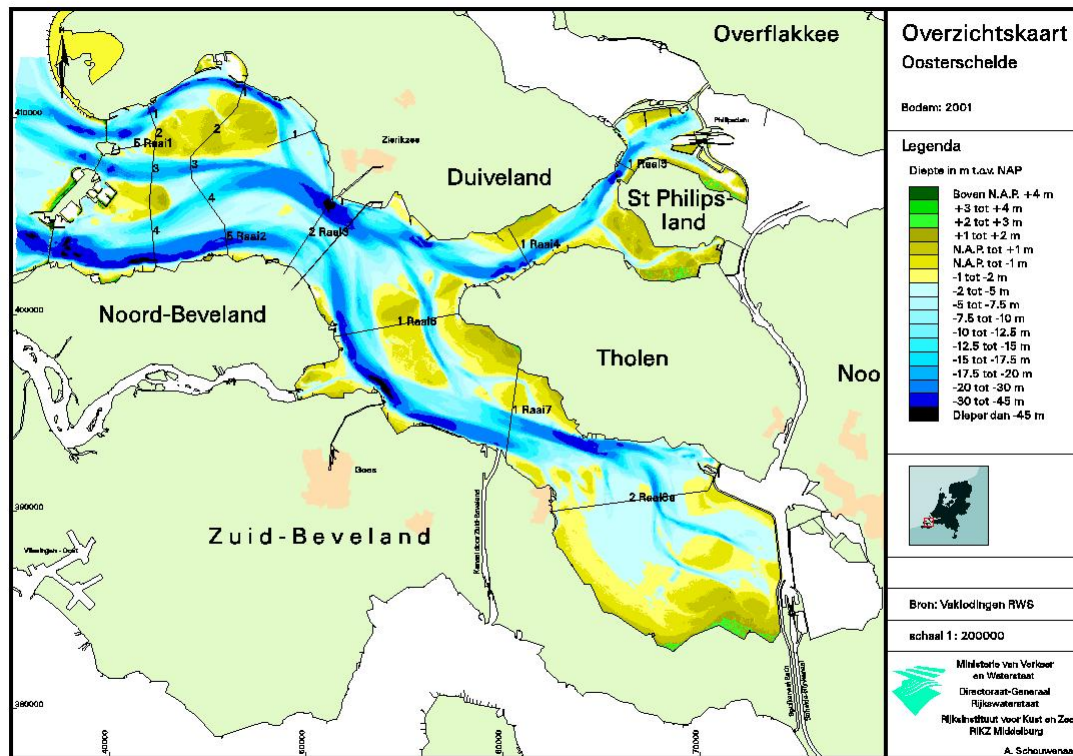


Opmerkingen

- De ontwikkelingen van het geulengebied voor de situatie 2001 min 1993/1995 verloopt veel meer geleidelijk dan voor de situatie 2001 min 1983; het is meer een beeld van verondieping in binnenbochten en wat geringe verdieping in buitenbochten.
- De geringe verdieping treedt voor een belangrijk deel op in de monding. Opvallend is de zone met bijna alleen geringe erosie in de omgeving van Colijnsplaat en Zierikzee westelijk van de Zeelandbrug. De veranderingen zijn relatief gering; desondanks betekent dit dat nog steeds wat aanpassing plaatsvindt aan het nieuwe getijderegime, dit naar een nieuwe evenwichtssituatie. Het vinden van een verklaring voor het feit dat ondanks de afname van der stroomsnelheid erosie plaatsvindt in het geulgebied van deze ontwikkeling vergt wat nader onderzoek. Een aanwijzing is dat uit reststroom berekeningen volgen dat in dit gebied netto stroomcirculaties optreden.
- Daarnaast zijn veel meer) er grote gebieden waar geen significante verandering optreedt.

## 6. Beschrijving dwarsprofielen

Als onderdeel van de bestudering van de morfologische ontwikkelingen zijn een aantal karakteristieke dwarsprofielen getekend ongeveer loodrecht over geulen en platen heen. De profielen zijn gelegen in alle gebieden (figuur 14). De situaties 1983, 1993/1995 en 2001 zijn hierbij weergegeven.



Figuur 14 Dwarsprofielen loodrecht over geulen en platen in de Oosterschelde van de opnamen 1983, 1993/1995 en 2001

Uit alle profielen volgt dat de veranderingen in de periode 1993/1995 tot 2001 over het algemeen zeer gering zijn, d.w.z. orde decimeters. De grootste veranderingen zijn opgetreden, zeker wat betreft de geulgebieden in de periode 1983 tot 1993/1995. De belangrijkste veranderingen, die hierbij zijn geweest, zijn samengevat (tabel 2)

Tabel 2. Belangrijkste veranderingen in de geulgebieden van de Oosterschelde in de periode 1983 tot 1993/1995 volgens een enkele karakteristieke dwarsprofielen

| Gebied  | Erosie  | Sedimentatie  |
|---------|---|---|
| Monding | kortsluitgeul Roompot naar geul van Roggenplaat<br><br>geul van Roggenplaat<br><br><br>O zijde Schaar van Colijnsplaat t.g.v. uitbochting | Hammen (alle profielen)<br><br>N-O uitloper Neeltje Jans<br><br>W zijde Schaar van Colijnsplaat<br><br>Z-O uitloper Roggenplaat<br><br>O zijde Nunnenplaatje<br><br>O zijde Schaar van Colijnsplaat t.g.v. sedimentatie binnenbocht |
| Midden  | Galgenplaat   |   |
| N-tak   | O-oever Keeten  | Keeten  |

Opvallend is dat de belangrijkste morfologische ontwikkelingen hebben plaatsgevonden in de Monding met vooral erosie in de zuidelijk gelegen geulen (omgeving Roompot) en sedimentatie in de noordelijk gelegen geul (Hammen). Het vermoeden bestaat dat deze ontwikkelingen een gevolg kunnen zijn van de fasering van de werken aan de Stormvloedkering, waarbij eerst het Noordelijk deel gereed was en als laatste de Roompot. Hierdoor kan gedurende de overgangssituatie extra debiet door de Roompot zijn gegaan ten compensatie van het gereduceerde debiet bij de Hammes. Dit verloopt evenredig met de geconstateerde erosie en sedimentatie. Niet uitgesloten moet echter worden dat de effecten ook te maken kunnen hebben met aanpassing van de geulen aan de huidige toestand.

De ontwikkelingen gedurende de afgelopen tien jaar (1993/1995 tot 2001) verlopen over het algemeen heel geleidelijk, met uitzondering van de O zijde van het Schaar van Colijnsplaat (uitbochting geul en sedimentatie binnenbocht).



## 7. Morfologische ontwikkeling van de intergetijdegebieden van de Galgenplaat en Roggenplaat

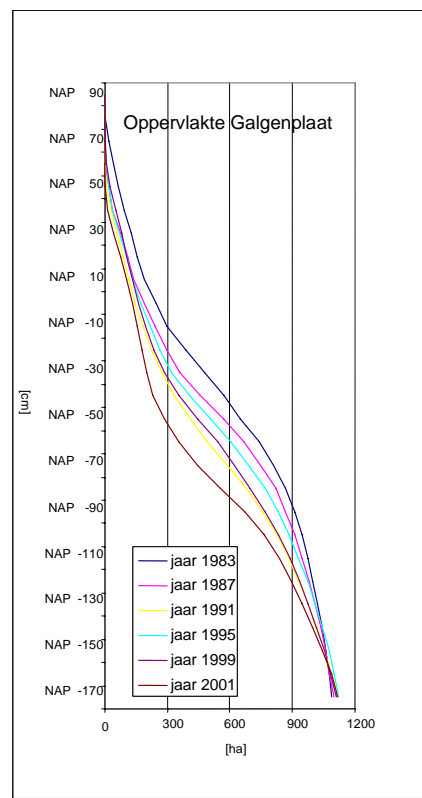
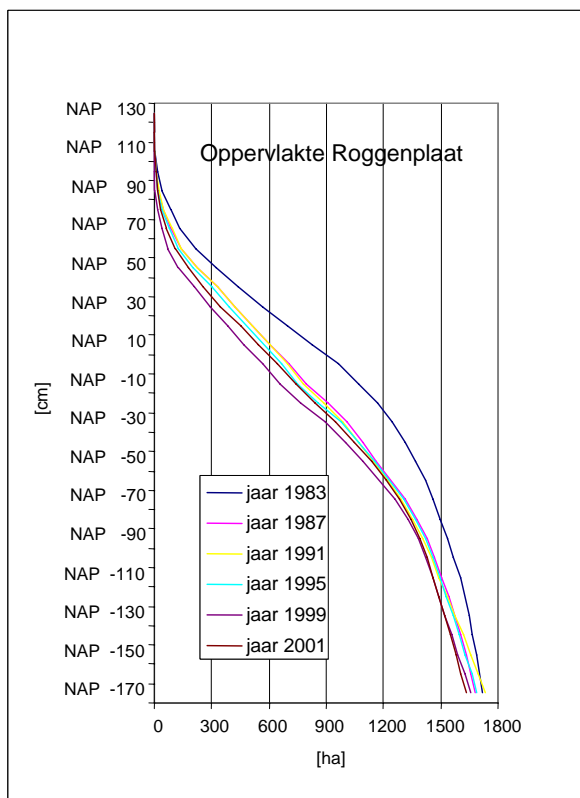
De Roggenplaat in de Monding (ca 1700 ha) en de Galgenplaat in het Midden (ca 1100 ha) beslaan samen orde  $\frac{1}{4}$  deel van het intergetijdegebied van de Oosterschelde (ruim 10000 ha). Beide gebieden zijn gebiedsdekkend gemeten gedurende de periode 1983 – 2001. De informatie is het resultaat van een combinatie van metingen (tabel 3). Voor het verkrijgen van equidistante reeks van informatie is op een aantal jaren geïnterpoleerd.

Tabel 3. Ruimtelijke morfologische metingen Oosterschelde

| Meetjaar | Roggenplaat                 | Galgenplaat                 | Beoordeling informatie | Interpolatie jaar |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|
| 1983     | Lodingen, fotogrammetrie    | Lodingen, fotogrammetrie    | Globaal                | 1983              |
| 1984     |                             |                             |                        |                   |
| 1985     |                             |                             |                        |                   |
| 1986     |                             |                             |                        |                   |
| 1987     |                             |                             |                        | 1987              |
| 1988     |                             |                             |                        |                   |
| 1989     | Loding (niet de plaat !)    | Lodingen                    |                        |                   |
| 1990     | Waterpassingen              | Waterpassingen              | Nauwkeurig idem        |                   |
| 1991     | Vervolg waterpassingen      | Vervolg waterpassingen      |                        | 1991              |
| 1992     |                             |                             |                        |                   |
| 1993     |                             | Lodingen oostelijk deel     |                        |                   |
| 1994     | Loding (niet de plaat !)    | Lodingen westelijk deel     |                        |                   |
| 1995     |                             |                             |                        | 1995              |
| 1996     |                             |                             |                        |                   |
| 1997     |                             |                             |                        |                   |
| 1998     |                             |                             |                        |                   |
| 1999     |                             |                             |                        | 1999              |
| 2000     |                             |                             |                        |                   |
| 2001     | Lodingen en laseraltimetrie |                             | Nauwkeurig idem        | 2001              |
| 2002     |                             | Lodingen en laseraltimetrie |                        |                   |

De meetinformatie omtrent de platen is zeer onregelmatig. Uit de beoordeling hiervan volgt dat de ruimtelijke informatie tot 1990 redelijk globaal en vanaf 1990 een nauwkeuriger beeld geeft. Bovendien is er minder informatie van de Roggenplaat doordat loden hiervan niet mogelijk was.

De ontwikkelingen zijn bepaald voor de zone waar vogels foerageren, dit is het gebied hoger dan GLLWS (NAP – 1,70 m). Vanaf de aanleg van Stormvloedkering in 1985 is er een afname van het oppervlak van deze plaatgebieden (Figuur 15 en 16) .



Figuur 15 en 16. Verloop oppervlakte Roggenplaat en Galgenplaat hoger dan GLLWS (NAP-170 cm) vanaf 1983

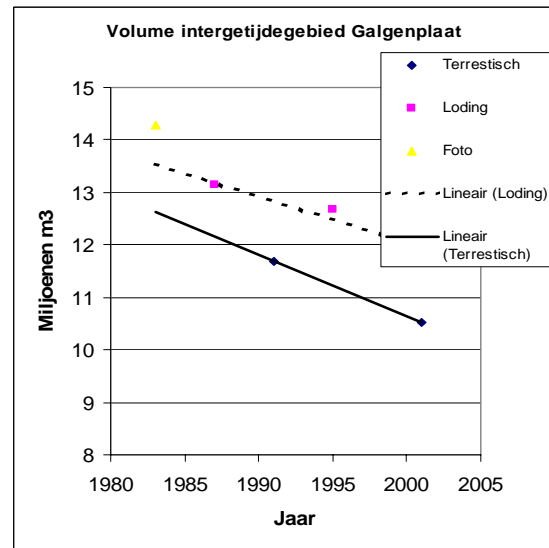
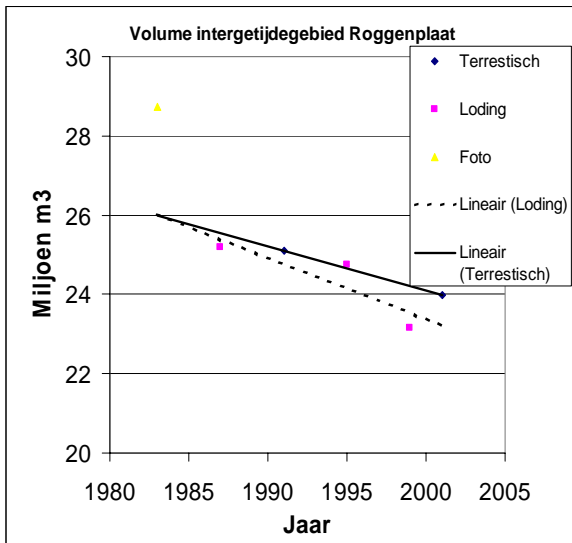
De resultaten hiervan zijn gekwantificeerd (tabel 4).

Tabel 4. Ontwikkeling van het plaatoppervlakte van de Roggenplaat en de Galgenplaat

| Gebied /parameter                   | Trendlijn over periode |                        |                        |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                     | 1983 - 2001            | 1987 - 2001            | 1991 - 2001            |
| <b>Roggenplaat</b>                  |                        |                        |                        |
| Gemiddelde absolute afname [ha]     | 90 ( $\sigma = 109$ )  | 24 ( $\sigma = 27$ )   | 42 ( $\sigma = 28$ )   |
| Gemiddelde afname per jaar [ha/jr]  | 5,0 ( $\sigma = 6,0$ ) | 1,7 ( $\sigma = 1,9$ ) | 4,2 ( $\sigma = 2,8$ ) |
| Zone met grootste afname [cm NAP]   | -30 tot 0              | -30 tot +40            | -30 tot +40            |
| Gemiddelde procentuele afname [%]   | 41                     | 10                     | 8                      |
| Trendlijn procentuele afname [%/jr] | 2,3                    | 0,7                    | 0,8                    |
| <b>Galgenplaat</b>                  |                        |                        |                        |
| Gemiddelde absolute afname [ha]     | 139 ( $\sigma = 129$ ) | 96 ( $\sigma = 105$ )  | 43 ( $\sigma = 47$ )   |
| Gemiddelde afname per jaar [ha/jr]  | 7,7 ( $\sigma = 7,0$ ) | 6,9 ( $\sigma = 7,5$ ) | 4,3 ( $\sigma = 4,7$ ) |
| Zone met grootste afname [cm NAP]   | -80 tot -40            | -80 tot -40            | -80 tot -40            |
| Gemiddelde procentuele afname [%]   | 46                     | 30                     | 21                     |
| Trendlijn procentuele afname [%/jr] | 2,6                    | 2,1                    | 2,1                    |

Uit tabel 4 volgt dat de veranderingen relatief het grootst zijn bij de Galgenplaat. Orde 2 groter dan bij de Roggenplaat. .

Het verlies aan oppervlakte intergetijdegebied is een doorgaand proces, tengevolge van de zandhonger. Er is daarom tevens nagegaan wat de ontwikkeling is van de volumes aan sediment (Figuur 17 en 18).



Figuur 17 en 18. Verloop volume Roggenplaat en Galgenplaat hoger dan GLLWS (NAP-170 cm) vanaf 1983

Opvallend is dat de opname met de fotogrammetrie (1983) steeds hoger dan dan de trend van de lodingen en terreestische opnamen. Waarschijnlijk is het volume in 1983 overschat. De resultaten van de Galgenplaat laten een opvallend vrij continu verschil (orde 1 milj.m<sup>3</sup>) zien tussen de lodingen en terreestische opnamen. Dit verschil komt overeen met een schijf sediment van 1 dm. dikte. Deze waarde komt orde grootte overeen met de mogelijke lodingson nauwkeurigheid en zodoende goed verklaarbaar.

Ter kwantificering van de ontwikkelingen van het volume zijn de belangrijkste resultaten samengevat (tabel 5).

Tabel 5. Ontwikkeling van het volume van de Roggenplaat en de Galgenplaat

| Gebied /parameter                                    | Trendlijn over periode |             |             |
|--|------------------------|-------------|-------------|
|  | 1983 - 2001            | 1987 - 2001 | 1991 - 2001 |
| <b>Roggenplaat</b>                                   |                        |             |             |
| Gemiddelde absolute afname [milj.m <sup>3</sup> ]    | 4,7                    | 1,2         | 1,1         |
| Gemiddelde afname per jaar [milj.m <sup>3</sup> /jr] | 0,3                    | 0,1         | 0,1         |
| Absolute procentuele afname [%]                      | 17                     | 5           | 4           |
| Trendlijn procentuele afname [%/jr]                  | 0,9                    | 0,3         | 0,4         |
| <b>Galgenplaat</b>                                   |                        |             |             |
| Gemiddelde absolute afname [milj.m <sup>3</sup> ]    | 3,8                    | 2,6         | 1,2         |
| Gemiddelde afname per jaar [milj.m <sup>3</sup> /jr] | 0,2                    | 0,2         | 0,1         |
| Absolute procentuele afname [%]                      | 26                     | 9           | 10          |
| Trendlijn procentuele afname [%/jr]                  | 1,5                    | 0,9         | 0,9         |

Uit de resultaten volgt dat indien 1983 bij de ontwikkeling wordt betrokken dit een overtrokken beeld geeft. De trend volgens de periode 1991 – 2001 is waarschijnlijk het meest betrouwbaar. De prognoses worden daarom gemaakt op basis van deze trend.

De volumeafname van de Galgenplaat verloopt duidelijker sneller dan van de Roggenplaat. De verwachte levensduur van dit gebied is ongeveer 100 jaar. De levensduurverwachting van de Roggenplaat is op grond van de huidige ontwikkelingen 250 jaar.

Vanaf de demping van het getij tot heden (periode van 20 jaar) is naar schatting 4 miljoen m<sup>3</sup> sediment geerodeert van de Roggenplaat en Galgenplaat. Het jaarlijkse verlies van deze plaatgebieden samen bedraagt ongeveer 200 duizend m<sup>3</sup>. Omdat deze gebieden samen zo'n ¼ deel van het intergetijdegebied beslaan is de prognose hieruit dat jaarlijks bijna 0,8 miljoen m<sup>3</sup> sediment van alle intergetijdegebieden erodeert.

Even terug naar de verschilkaarten situatie 2001 min 1993/1995 leverde een erosie van 13 miljoen m<sup>3</sup>. In feite betreft dit de periode 1990/1991 (waterpassing) tot 2001/2002 (laseraltimetrie), omvat 11 jaar. Dit betekent een gemiddelde erosie van het totale intergetijdegebied van 1,2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Conclusie hieruit is dat de Galgenplaat vrij representatief is voor de erosie van de intergetijdegebieden. Er zijn dus ook gebieden waar de erosie nog sneller verloopt dan bij de Galgenplaat

Uit de verschillen tussen de ontwikkelingen van de verschillende gebieden volgt ook dat er binnen de Oosterschelde grote verschillen van levensduurverwachting zullen zijn. Om meer zekerheid omtrent de orde van grootte en de betrouwbaarheid hiervan te verkrijgen is het van belang de levensduur per gebied na te gaan en daarnaast de ontwikkelingen te blijven volgen. Het wordt daarom aanbevolen medio 2010 opnieuw een laseraltimetrie opname te doen.

Een procesmatige vraag is hoe het komt dat de ontwikkelingen van Roggenplaat en Galgenplaat zo sterk verschillen. Mogelijke oorzaken zijn:

- Na de aanleg van de Stormvloedkering is de Roggenplaat beschutter komen te liggen t.a.v. windgolven. Er dringen weliswaar ook windgolven door via de kering, maar deze zijn gedempt. De golven die ter plaatse van de Roggenplaat zijn zodoende voor het grootste deel lokaal opgewekt.
- Na de aanleg van de Stormvloedkering is het getij gedempt. Door de aanleg van de compartimenteringsdammen is het getij achterin de Oosterschelde relatief weer versterkt. De relatieve verandering van de getijslag bij de Galgenplaat en de Roggenplaat komen overeen. Het kan zijn dat vóór gebieden die achterin de Oosterschelde de getijslag relatief is vergroot en zodoende dit leidt tot extra aanpassing.

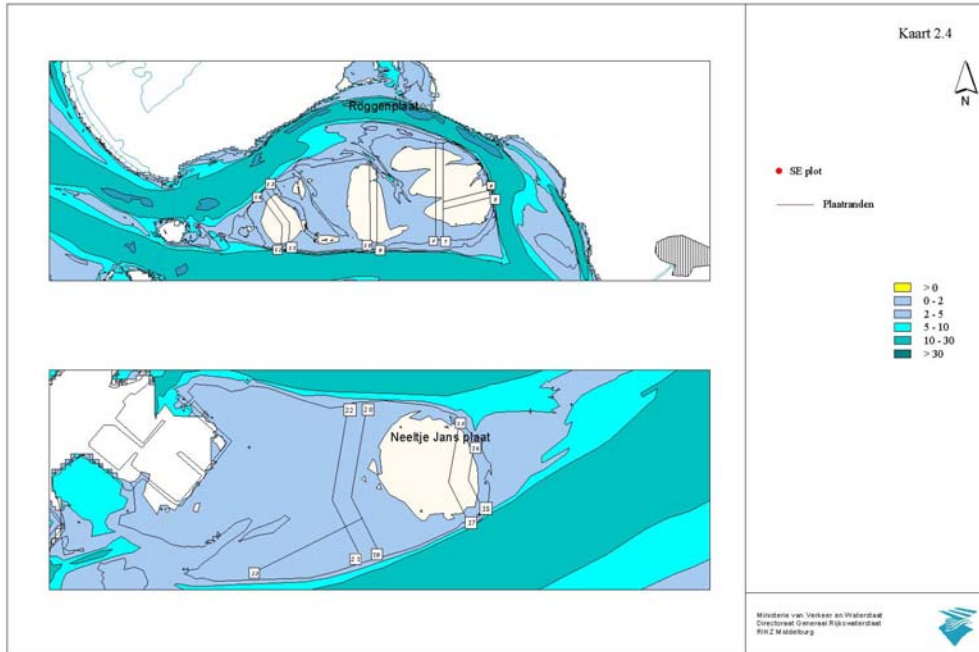
De procesmatige oorzaken kunnen eveneens betekenen dat de trend van de ontwikkelingen wat kunnen gaan veranderen doordat de omstandigheden zoals golfwerking en de vormen van het gebied wat gaan aanpassen. In Kohsiek & Mulder [ref 1987] werd aangenomen dat aanpassing naar een "nieuwe toestand", dus ook erosie van de intergetijdegebieden volgens een exponentieel zou plaatsvinden. Dit was gebaseerd op evenwicht van estuaria. Uit de gegevens tot nu toe volgt dat de erosie vrij lineair plaatsvindt. Het is daarom meer waarschijnlijk dat dit lineaire verloop zou doorzetten, temeer omdat na erosie van het intergetijdegebied het evenwicht nog lang niet is bereikt.

## 8. Procesmatige metingen

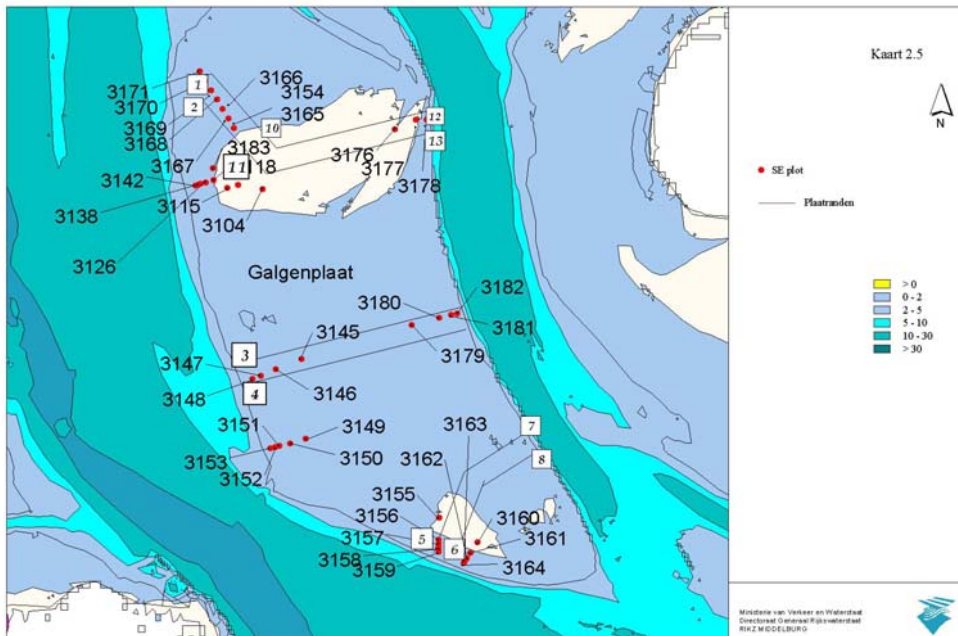
In de Oosterschelde vinden vanaf 1987 procesmatige metingen plaats. Deze metingen hadden als doel de gevolgen van de aanleg van de Stormvloedkering voor de ontwikkeling van de intergetijdegebieden te kunnen evalueren [Ref. rapportages RU Utrecht].

De metingen zijn uitgevoerd op de plaatgebieden, Galgenplaat en Roggenplaat /Neeltje Jans en de slik/schorgebieden Slikken van Dortsman, Dwars in de Weg Rattekaai/Krabbendijke, Slaak en Slikken van Kats. De resultaten van de procesmatigemetingen op de slik-schor gebieden komen aan de orde in de rapportage van de schorren [Ref. Maldegem&De Jong, 1994].

Op de Roggenplaat worden 10 geul-plaat profielen jaarlijks opgenomen. Op de Galgenplaat worden jaarlijks 12 geul-plaatprofielen opgenomen, daarnaast is op 43 locaties maandelijks de sedimentatie of erosie gemeten (figuur 19 en 20).



Figuur 19. Ligging geul-plaat profielen op de Roggenplaat en Neeltje Jans



Figuur 20. Ligging geul-plaat profielen en sedimentatie-erosie plots op de Galgenplaat

## 9. Resultaten procesmatige metingen

De procesmatige metingen laten de trendsmatige ontwikkelingen van de platen in een aantal en op een aantal locaties. De betekenis van deze metingen voor de grootschalige morfologische ontwikkelingen is slechts indicatief. Er uit te leren valt hoe de werkelijke ontwikkeling gaat.

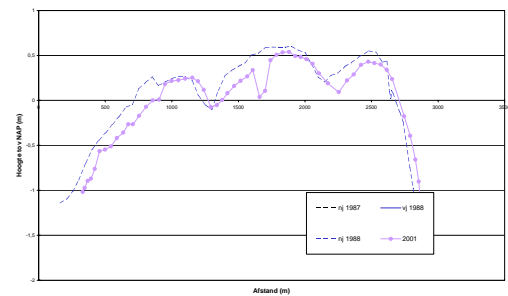
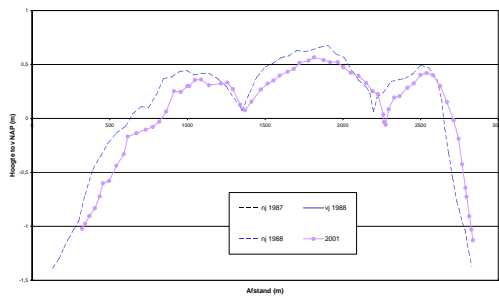
Wat betreft de geul-plaat profielen is ervoor gekozen de eerste en de laatste opname hiervan in de grafiek te presenteren. Het verloop hiertussen verloopt vrij lineair.

Wat betreft de sedimentatie-erosieplots is ervoor gekozen een aantal representatieve voorbeelden te geven van het verloop.

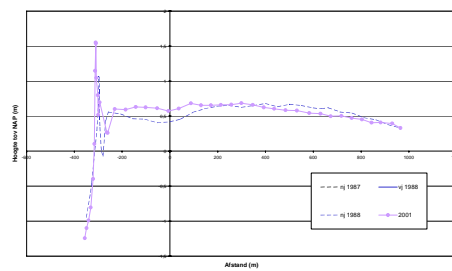
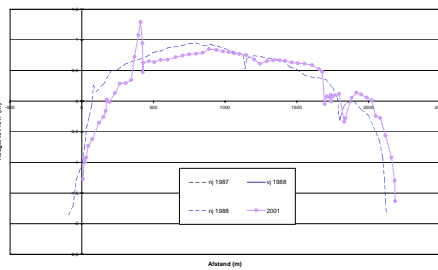
### Geul-plaatprofielen Roggenplaat

De geul-plaat profielen laten over het algemeen erosie zijn. Aan de oost- en zuidzijde van de plaat (profiel 5 en 6) is sprake van sedimentatie en wat erosie en sediment. De profiel aan de westzijde vertonen hoofdzakelijk verlaging.

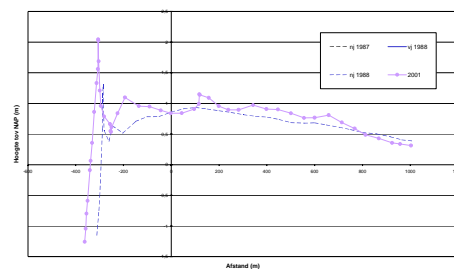
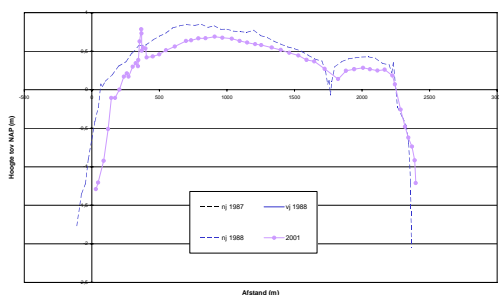
#### Profiel 5 en 6



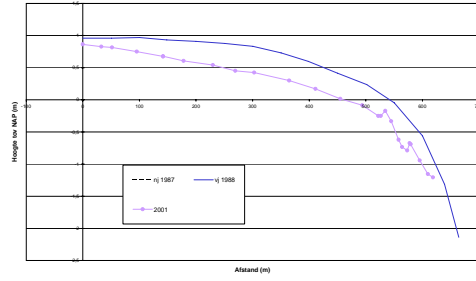
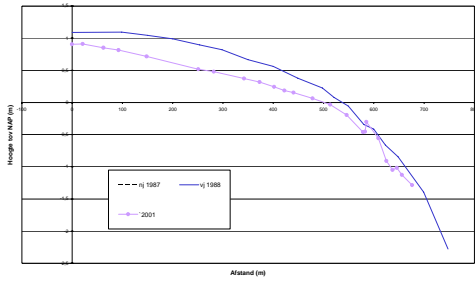
#### Profiel 7 en 8



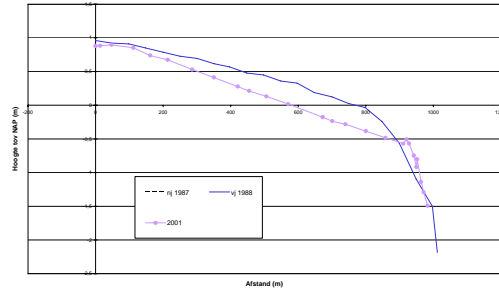
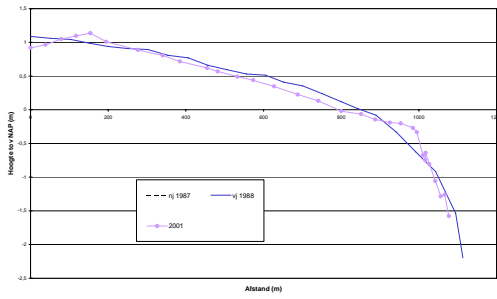
#### Profiel 9 en 10



### Profiel 11 en 12



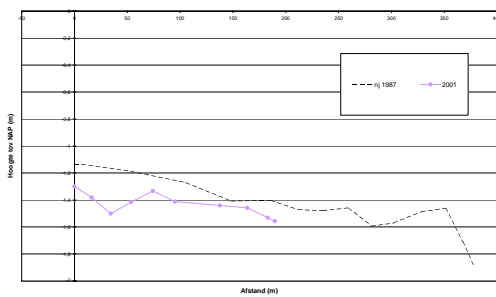
### Profiel 13 en 14



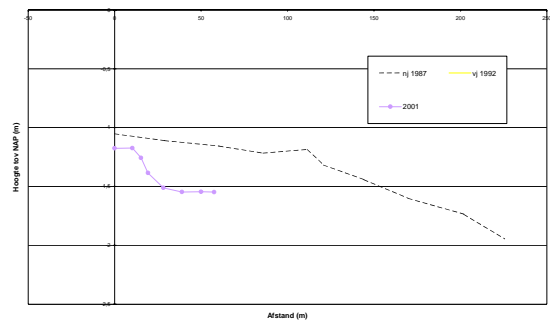
### Geul-plaatprofielen Galgenplaat

De geul-plaatprofielen geven het beeld (uitgezonderd profiel 7 en 8) dat netto erosie optreedt. Op een aantal lokaties (profiel 3,4, 5, 6, 10, 11) is duidelijk te zien hoe de plaat in geringe mate “wandelt”. Op de ZW locatie (profiel 5, 6) is wat sedimentatie langs de plaatrand in de binnenbocht van het Engelsche Vaarwater.

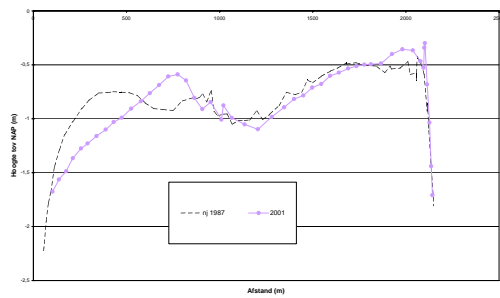
Raai 1



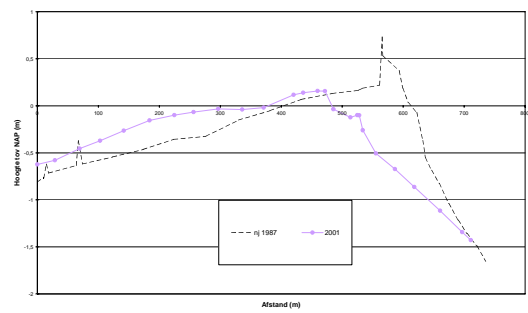
Raai 2



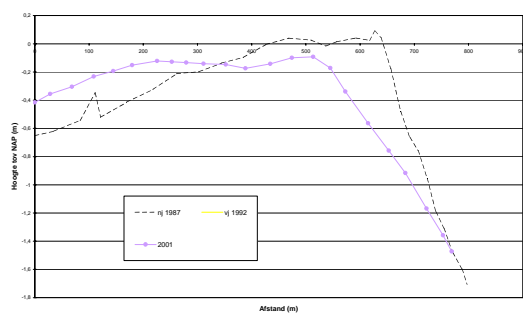
Raai 3



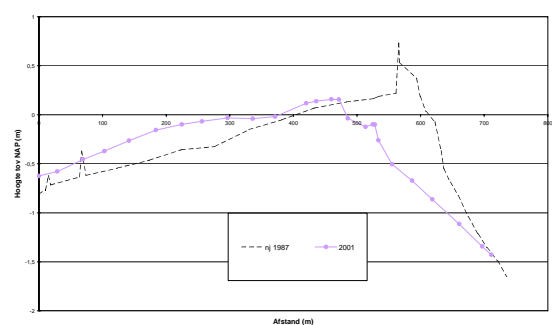
Raai 4



Raai 5

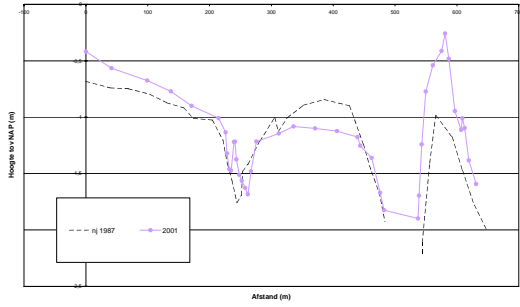


Raai 6

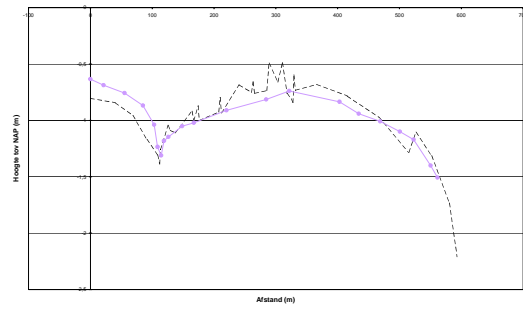




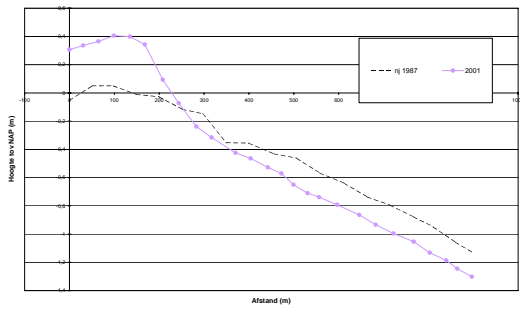
Raai 7



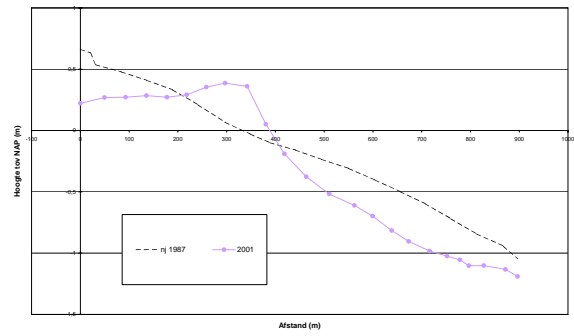
Raai 8



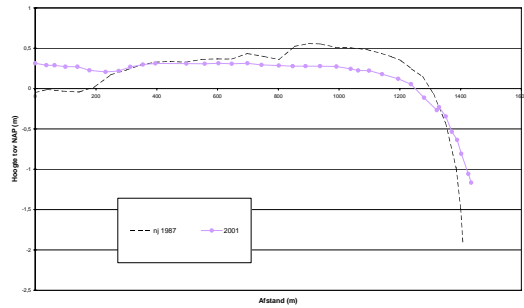
Raai 10



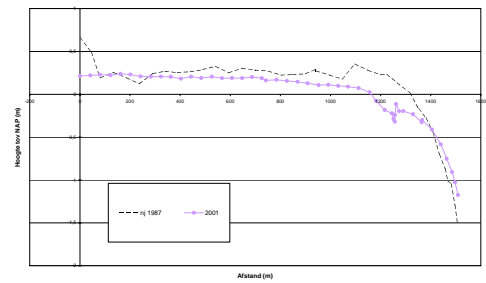
Raai 11



Raai 12

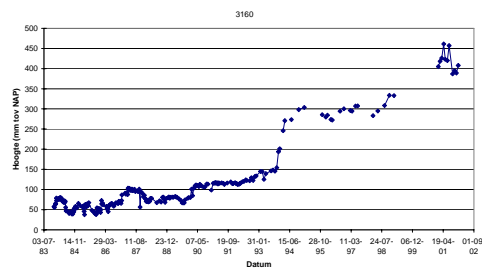
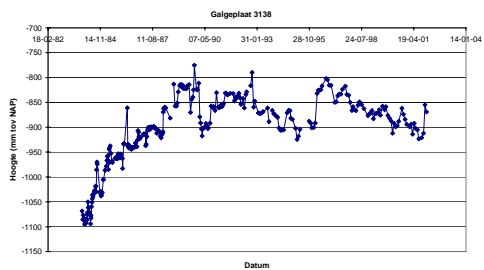
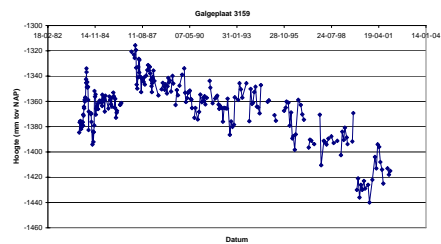
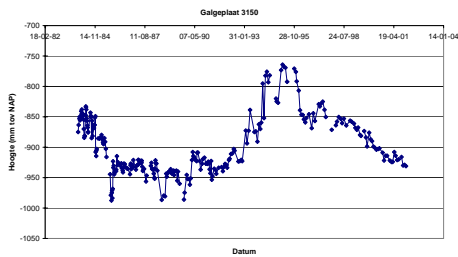
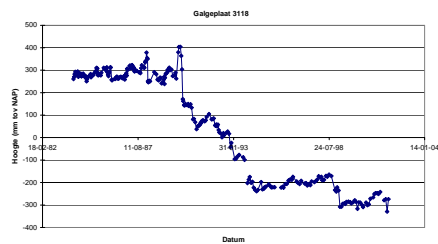
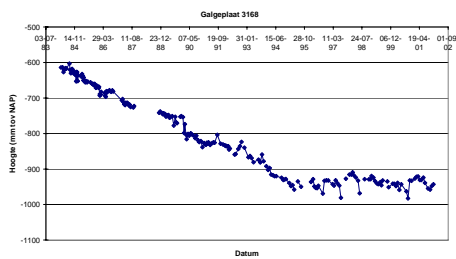
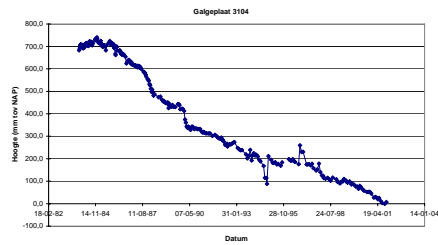
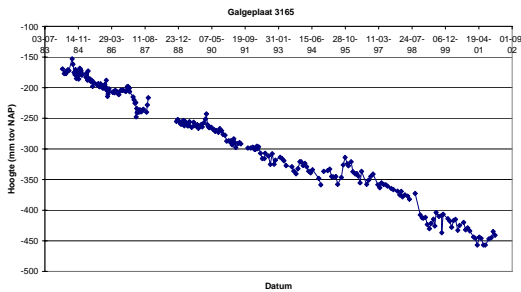


Raai 13



*Voorbeelden sedimentatie erosie plots Galgenplaat*

De sedimentatie erosie plots laten over het algemeen erosie zien. Er zijn een aantal plots geselecteerd om te laten zien hoe variabel de lokale ontwikkelingen kunnen zijn: Lineaire afname; afname, die overgaat in stabiliteit; een golfbeweging; wat geleidelijke toename.



## 10. Conclusies en aanbevelingen

- De morfologische ontwikkeling van de Oosterschelde staat vooral in het teken van de zandhongerproblematiek: de intergetijdegebieden eroderen vrijwel continu. Dit proces verloopt vrijwel lineair. In 1987 werd meer een exponentieële verloop voorspeld.
- De absolute veranderingen zijn gering (meestal orde decimeters). De trend hierin praktisch éénzijdig is gericht. Lokaal zijn fenomenen als uitbochtig van geulen waarneembaar.
- Het meeste sediment verdwijnt in de geulen, is echter nog niet meetbaar. Tijdelijk vindt herverdeling plaats op de plaat door o.a. wat afzetting rond LW. Dit beeld wordt bevestigd door de procesmatige metingen, die tevens laten zien dat behalve erosie door zandhonger ook processen als zandgolven bestaan.
- Uit de analyse volgt dat binnen de gebieden in de Oosterschelde verschillen bestaan in grootschalige ontwikkeling. Omdat we te maken hebben met de erosie van het gehele intergetijdegebied is de ontwikkeling vertaald in levensduur verwachting. De inhoud van de intergetijdegebieden boven GLW bedraagt thans (2001) 110 miljoen kubieke meter zand. Per jaar verdwijnt momenteel gemiddeld 1,2 miljoen kuub. Dus gemiddeld reiken deze gebieden nog een kleine 100 jaar tot boven GLW, tot eind 21<sup>e</sup> eeuw.
- De levensduurverwachting van de Galgenplaat bedraagt 100 jaar, komt redelijk overeen met de gemiddelde ontwikkeling. De levensduurverwachting voor de Roggenplaat daarentegen is vastgesteld op 250 jaar. Een en ander betekent dat er ook gebieden zijn, die een veel kleinere levensduurverwachting hebben dan 100 jaar. Aanbevolen wordt de levensduurverwachting van alle afzonderlijke gebieden in kaart te brengen, zodat een overzicht wordt verkregen welke gebieden het meest worden bedreigd. Hierdoor heeft de beheerder voldoende tijd na te denken over wel of niet passende maatregelen nemen.
- De informatie omtrent de grootschalige ontwikkeling is het meest betrouwbaar vanaf 1993/1995. Voor verificatie van de trend verdient het aanbeveling medio 2010 opnieuw een lasermetrie opname te doen. Ten gevolge van aanpassing van de gebieden is het namelijk mogelijk dat de processen wat anders gaan verlopen.

## Literatuurlijst

Geurts van Kessel A.J.M., B.J.Kater, T.C.Prins,  
Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels,  
Rapport RIKZ/2003/2003.043

Geurts van Kessel A.J.M.  
Verlopend tij, Oosterschelde, een veranderend natuurmonument.  
Rapport RIKZ/2004.028, ISBN 90-369-3458-3 September 2004.

Hesselink A.W., Maldegem D.C. van, C.v.d.Male, A.Schouwenaar,  
Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door de aanleg van de Deltawerken  
Werkdocument RIKZ/OS/2003.810x

Kohsiek L.H.M. , J.P.M.Mulder, T.Louters, F.Berben, 1987,  
De Oosterschelde naar een nieuw onderwaterlandschap,  
RWS Dienst Getijdewateren, Geomor nota 87.02.

Maldegem D.C. van & D.J. de Jong,  
Opwassen of verdrinken, sedimentaanvoer naar schorren in de Oosterschelde, een zandhongerig  
gedempt getijdesysteem  
Werkdocument RIKZ/AB/2003.826x

Roelse P.  
Memo omtrent invloed ingrepen op zandtekort en zandoverschot in de Oosterschelde afgelopen  
eeuwen

Vroon J. & Lieveense P., 1991  
Het getij op de Oosterschelde: veranderingen als gevolg van de Oosterscheldewerken  
Notitie GWWS 91.13111/AX91.097. DGW/Dir. Zeeland, Middelburg  
Artikel opgenomen in Oosterscheldeboek