Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor kust en zee/*RIKZ*

Experimentele schorverdedigingen: kleibekleding Anna Jacobapolder bezinkvelden Zuidgors

Een evaluatie van de aanleg en het functioneren van twee experimentele schorverdedigingen in de Oosterschelde en Westerschelde

ing. J. Consemulder
drs. C. Storm
W. Houmes

RIKZ Rapport 98.017.
directie Zeeland AXW nota 98.1007
december 1998

Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee/*RIKZ*
Rijkswaterstaat directie Zeeland

Inhoud

	Voorwoord	**5**
	Samenvatting	**7**
1	**Inleiding**	**9**
1.1	ontwikkeling schorareaal	9
1.2	probleemstelling	9
1.3	experimenten	10
1.4	opzet en indeling van het rapport	10
2	**Opzet experimenten**	**13**
2.1	keuze locatie	13
2.1.1	belangrijkste kenmerken locaties	14
2.2	keuze verdediging	17
2.2.1	kleibekleding Anna Jacobapolder	18
2.2.2	bezinkvelden Zuidgors	19
2.3	aanbesteding	21
2.4	aanleg	22
3	**Opzet onderzoek**	**23**
3.1	Morfologische monitoring	24
3.2	Hydrodynamische monitoring	26
3.3	Overzicht uitgevoerde metingen	27
4	**Resultaat onderzoek**	**29**
4.1	Anna Jacobapolder	29
4.1.1	visuele waarnemingen	29
4.1.2	morfologische ontwikkelingen	30
4.1.3	hydrodynamische processen	34
4.2	Zuidgors	35
4.2.1	visuele waarnemingen	35
4.2.2	morfologische ontwikkelingen	36
4.2.3	hydrodynamische processen	42
4.2.4	bodemdieren en sediment	45
4.3	*Samenvatting van de ontwikkelingen*	47
5	**Ervaringen, problemen en verbeteringen**	**53**
5.1	kleibescherming	53
5.2	bezinkvelden	54
5.3	kosten	58
6	**Discussie 61**	
6.1	kleibekleding Anna Jacobapolder	61
6.2	prognose schor Anna Jacobapolder	63
6.3	bezinkvelden Zuidgors	64
6.4	prognose schor Zuidgors	67
7	**Conclusies**	**69**
	Referenties	**71**
	Colofon	
	Bijlagen	**73**

Voorwoord

Door erosie wordt de oppervlakte van de schorren in Zeeland steeds kleiner. In de periode van 1992 tot 1995 zijn twee experimenten voor het verdedigen van schorren uitgevoerd. Het doel van de experimenten was na te gaan, of de rand van een schor kon worden beschermd met handhaving van het dynamische karakter ervan. Van 1992 tot 1998 zijn hiervoor een groot aantal metingen uitgevoerd om het effect van de experimenten te kunnen beoordelen.
Het ontwikkelen van de ideeën over de opzet van de twee experimentele verdedigingen, het voorbereiden en aanleggen van de verdedigingen, het volgen en het rapporteren van de ontwikkelingen kon alleen tot stand komen dankzij de medewerking van velen.
Een groot aantal instanties en personen, die de afgelopen jaren hieraan direct of indirect hebben meegewerkt worden hiervoor hartelijk bedankt. Het betreft:

- Rijkswaterstaat directie Zeeland (Renske Postma, Loes de Jong, Nelie Houtekamer, Henk van de Bosch, Hugo Niesing, Leo Santbergen)
- Rijkswaterstaat RIKZ (Dick de Jong, Jon Coosen, Bart Kornman)
- Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde (René Boeters)
- Vereniging Natuurmonumenten (Remko Barkema, Gert de Groot)
- Stichting "Het Zeeuwse Landschap" (Gert-Jan Buth, Ron Brouwer)
- Staatsbosbeheer (Anton van Haperen).

Daarnaast worden ook de volgende personen en instanties hartelijk bedankt voor hun medewerking aan de uitvoering van de experimenten en de totstandkoming van deze rapportage:

- Ed Stikvoort (RIKZ) die het veldwerk, een deel van de laboratorium analyse en de rapportage heeft verricht van de ontwikkelingen in de bodemdieren. Een samenvatting van de rapportage is opgenomen in dit rapport. Anton van Berchum (Bureau Waardenburg) heeft de analyse van (een deel van) de monsters van de bodemdieren verricht en heeft daarnaast meegewerkt aan het verwerken en presenteren van gegevens;
- de Meetdienst Zeeland, directie Zeeland, in het bijzonder Wim Roelse, Cees Joosse, Frank Mous, Bert Boer, Ko Baayens, Anton Jumelet, Cees van Belzen, Jan Provoost, David Louws, Piet van der Weijde, Jan van 't Westende en de bemanning van de Schenge en Biezelinge voor het veldwerk en de verdere assistentie;
- het VCZ van de directie Zeeland, in het bijzonder Frans van Balen, voor de opslag van de golfgegevens;
- de Meetkundige Dienst voor de opnames van de terreinhoogte, de luchtfoto's en de verwerking ervan, in het bijzonder Cees Zeijler;
- Guido Krijger (directie Zeeland) voor het verzamelen en uitwerken van de morfologische metingen;
- Jan van den Broeke (RIKZ) voor het vervaardigen van presentaties en het maken van foto's alsmede Karel Hendrikse en Jaap de Ridder (RIKZ) voor de GIS presentaties.

In het voorliggende rapport worden de resultaten van de experimenten beschreven.

Samenvatting

In elk estuarium is in beginsel een dynamisch evenwicht in de morfologie aanwezig. Als de morfologie in evenwicht is, houden ook de vorming en de erosie van schorren elkaar in evenwicht. Plaatselijke omstandigheden beïnvloeden de processen die tot opbouw of afbraak van een schor kunnen leiden. In de Oosterschelde en in de Westerschelde is het dynamische evenwicht verstoord door inpolderingen, bedijkingen, baggerwerkzaamheden en de effecten van grootschalige werken, zoals de uitvoering van het Deltaplan en de verdieping van de vaargeul in de Westerschelde.
De erosie van de schorren is gaan overheersen; aangroei komt nog maar weinig voor. In verband hiermee wordt gezocht naar mogelijkheden om het nog resterende areaal aan schorgebied te behouden.
Om meer inzicht te krijgen in de voor- en nadelen van het verdedigen van schorren is in 1992 door de Rijkswaterstaat directie Zeeland in samenwerking met het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ op twee locaties een experiment gestart. Omdat reeds voldoende inzicht bestaat in de mogelijkheden van (starre) stenen glooiingsconstructies tegen de schorrand, is hier gekozen voor twee experimenten waarbij het schor tegen erosie wordt beschermd en de dynamiek in de omgeving van de rand van het schor behouden blijft.
Op het schor voor de Anna Jacobapolder, in de noordelijke tak van de

Zuidgors
Het Zuidgors met de aangelegde dammen; de eerste dam is vlak bij de overgang van de rijshouten dam naar de wiepen dam beschadigd door de golfaanval.

Oosterschelde, is over een afstand van circa 200 m een kleibekleding aangelegd tegen het klif van het schor.
Op het Zuidgors, in de Westerschelde, is op een deel van het slik een bezinkveld gecreëerd door ongeveer loodrecht op de rand van het schor een zestal wiepen en rijshouten dammen aan te leggen.

De effecten van de constructies zijn aan de hand van een monitoringprogramma gevolgd.
Uit de resultaten kan worden afgeleid, dat de kleibekleding bij Anna Jacobapolder de erosie van het verdedigde deel van het schor effectief heeft verminderd. Ter plaatse van de kleibekleding is de rand van het schor gestabiliseerd. Het niet verdedigde deel van de schorrand is

gemiddeld 2,25 m per jaar achteruit gegaan. Na verloop van tijd is de aangebrachte kleibekleding door erosie grotendeels verdwenen. Hierdoor ontstond langs de gehele beschermde rand van het schor opnieuw een klif. De in het slik aangebrachte teen van de kleibekleding bleek na vijf jaar nog steeds aanwezig te zijn. Deze teen beschermt de zandige laag onder het kleiige sediment van het schor, zodat onderspoeling van de rand van het schor wordt voorkomen. De erosie van het schor wordt hierdoor beperkt. De mondingen van de kreken zijn door de aanleg van de kleibekleding niet beïnvloed. Een verandering van de vulling en lediging van het schorgebied wordt daarom ook niet verwacht.

Het profiel van het slik van het Zuidgors is aanzienlijk veranderd. Conform de prognose is het slik tussen de dammen verhoogd. De grootste verhoging is voornamelijk opgetreden in het midden en aan het einde van de oostelijke dammen In het resterende deel van het gebied is een aanzienlijke algemene verlaging van het slik zichtbaar. De oorzaak hiervan moet vooral worden gezocht in het opdringen van de voorliggende geul. De verlaging is zo groot dat in de komende jaren moet worden gerekend op een aanzienlijke achteruitgang van de schorrand. Het slik vóór de dammen is enkele decimeters extra verlaagd. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de toename van de stroomsnelheid, die hier is ontstaan door de aanleg van de dammen. Tijdens en na de aanleg van de dammen zijn relatief grote ontgrondingskuilen ontstaan, die de stabiliteit van de constructie in gevaar brachten. Na enkele aanpassingen aan de constructie van de dammen zijn de ontgrondingskuilen veelal weer grotendeels aangevuld met sediment.
De erosie van de rand van het schor is verminderd. De aanvankelijke achteruitgang van circa 5,40 m per jaar is verminderd tot circa 2,20 m per jaar; terwijl de achteruitgang van de rand van het schor in het niet verdedigde deel juist is toegenomen van circa 2,50 m per jaar tot circa 4,60 m per jaar.
Op het eerste gezicht lijkt het erop dat de bezinkvelden niet voldoende hebben gefunctioneerd omdat de erosie van het schor niet is gestopt. Toch is een hoeveelheid sediment tussen de dammen afgezet en hebben zich enkele pollen *Spartina anglica* (Engels slijkgras) gevormd Uit waarnemingen blijkt, dat het niveau van het slik ter plaatse van het experiment nog onvoldoende hoog was om aanzienlijke golven voldoende te dempen. Er kan worden geconcludeerd, dat de dammen na de constructieve aanpassingen redelijk goed hebben gefunctioneerd en dat bij continuering van het proces van sedimentatie, de achteruitgang van de rand van het schor verder zou zijn verminderd. De toegepaste constructie heeft veel onderhoud gevergd omdat deze ten gevolge van de financiële randvoorwaarden in feite te zwak was geconstrueerd voor de ter plaatse optredende golf- en stroomomstandigheden.

1. Inleiding

1.1 Ontwikkelingen schorareaal

Het areaal aan schorgebied in zuidwest Nederland staat onder druk. Sinds 1930 is het totale areaal, met inbegrip van de schorren in het Haringvliet, de Grevelingen en het Volkerak, met circa 40 % afgenomen tot 4200 ha. Hiervan bevindt zich ongeveer driekwart in de Westerschelde, waarvan 80 % (circa 2600 ha) in één schor: het Verdronken Land van Saeftinge.
Een groot deel van de afname van het areaal is ontstaan door de uitvoering van de Deltawerken Door de aanleg van enkele primaire waterkeringen en enkele compartimenteringsdammen is in een aantal zeearmen het getij volledig verdwenen. Voorts spelen in deze periode ook inpolderingen en dijkversterkingen (Wilderom, 1968) een rol in de afname van het areaal.
Door de inpolderingen zijn de watersystemen ook in een nauw 'profiel' gedrongen, met als gevolg dat de speelruimte voor de vorming van nieuwe schorren vrijwel geheel is verdwenen. Een andere indirecte oorzaak van de versterkte erosie van schorren in de Oosterschelde is de verlaging van de slikken en platen door de zogenaamde 'zandhonger' (Iedema, 1991) van de geulen. In de Westerschelde spelen de bedijkingen, de stijging van de zeespiegel en de verdieping van de vaargeul een rol bij de erosie van schorren.

1.2 Probleemstelling

In een 'ongestoord' estuarium is sprake van een dynamisch evenwicht tussen erosie en vorming van schor. Erosie van de rand van een schor is daarom een natuurlijk fenomeen. Dit komt vooral voor bij relatief oude en hoog opgeslibde schorren. Een dynamisch evenwicht houdt echter in, dat tegenover erosie ook vorming van schor behoort te staan. Dit evenwicht is in de Oosterschelde en in de Westerschelde verstoord; de vorming van schor komt hier nog nauwelijks voor.
Het blijkt, dat momenteel bijna alle schorren in de estuaria in zuidwest Nederland onderhevig zijn aan een voortdurende erosie.
De toename van het areaal aan schorgebied, die tot 1950 is opgetreden, kan worden toegeschreven aan de zeer succesvolle kolonisatie van de slikken door de plant *Spartina anglica* (ook bekend als *Spartina x townsendii*), die rond 1930 in dit gebied is geïntroduceerd. Deze plant groeit boven het doodtij-niveau (in Zeeland afhankelijk van de locatie boven NAP +1,25 m à NAP +1,80 m) en heeft het vermogen veel slib op te vangen.

Door de Rijkswaterstaat directie Zeeland, de beheerder van de Oosterschelde en de Westerschelde, en de beheerders van de schorren (zoals de Vereniging Natuurmonumenten, de Stichting "Het Zeeuwse Landschap" en Staatsbosbeheer) is de vraag opgeworpen hoe moet worden omgegaan met de voor de natuur zo belangrijke schorren. Moeten de schorren wel of niet behouden blijven, en zo ja, hoe kan dit het best geschieden?
Bij een aantal betrokkenen bestaat het idee de natuurlijke ontwikkeling zijn gang te laten gaan en verlies van areaal aan schorgebied en slikken te accepteren als een speling der natuur.
Andere betrokkenen willen de waardevolle schorren liever behouden

door de optredende erosie zoveel mogelijk te beperken of tot stilstand te brengen door het treffen van beschermende maatregelen.
Een derde groep betrokkenen vindt het ontpolderen van cultuurgrond het beste alternatief om het areaal op peil te houden. In de regio bestaat hiertegen veel weerstand, zodat een toepassing van deze laatste mogelijkheid vooralsnog niet aan de orde is.

1.3 Experimenten

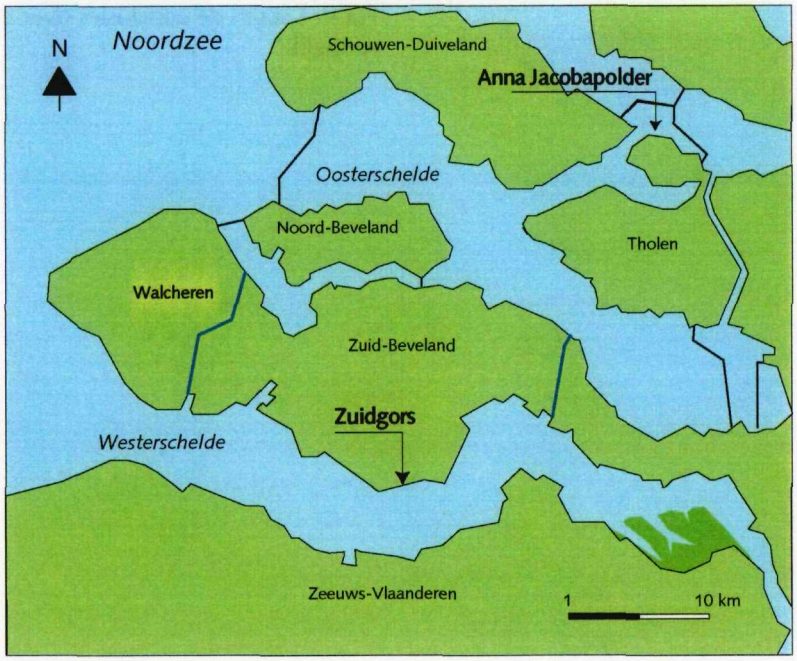
Voor het onderzoek naar onder andere de herstelmaatregelen voor het areaalverlies aan schorren is door de Rijkswaterstaat directie Zeeland de projectgroep LAMSOOR ingesteld. Het wel of niet verdedigen van schorren tegen erosie van de rand is een fundamentele keuze, die ingebed moet zijn in een lange termijn visie, afgestemd op het streefbeeld voor het watersysteem. Voordat een standpunt kan worden ingenomen ten aanzien van de vraag of het wenselijk is een schor te verdedigen, moet eerst voldoende ervaring worden opgedaan met de verschillende mogelijkheden die hiervoor ter beschikking staan. Aandacht moet worden besteed aan de effectiviteit van de constructie (blijft de rand van het schor op zijn plek?), aan eventuele neveneffecten op het nabijgelegen schor en op het slik en aan de aanleg- en onderhoudskosten, de onderhoudsinspanning en de inpassing van de verdediging in het landschap.
De projectleider van LAMSOOR heeft in januari 1992 aan het RIKZ gevraagd voor een experiment op een locatie in de Oosterschelde en in de Westerschelde een veelbelovend middel te selecteren, waarmee de erosie van schorren zou kunnen worden verminderd.
Om de effectiviteit en de invloed van de verdediging op het schor goed te kunnen bepalen, is vooraf gesteld, dat de constructies minstens twee jaar moeten functioneren en dat een meetperiode van minimaal drie jaar vereist is.

1.4 Opzet en indeling van het rapport

In het voorliggende rapport wordt ingegaan op de resultaten van de twee verrichte experimenten. Steeds wordt eerst het experiment met de kleibekleding bij de Anna Jacobapolder behandeld en vervolgens het experiment met de bezinkvelden op het Zuidgors.
Hoofdstuk 2 is voor een groot deel een samenvatting van het rapport "Bescherming van eroderende schorranden: twee experimenten in het Deltagebied" (Consemulder, 1992). Hierin wordt aangegeven op welke gronden de beide experimenten zijn gekozen. Voorts staat in dit hoofdstuk vermeld hoe het project is aanbesteed en uitgevoerd.
In hoofdstuk 3 wordt het uitgebreide meetprogramma toegelicht. Dit meetprogramma is gesplitst in metingen naar de morfologische ontwikkelingen en naar de hydrodynamische processen.
In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het onderzoek beschreven. Dit hoofdstuk is vooral bedoeld als verantwoording voor het verrichte onderzoek en als weergave van de resultaten van elk onderzoek. Lezers, die niet geïnteresseerd zijn in de uitwerking per onderzoek, wordt aangeraden de hoofdstukken 4.1 en 4.2 over te slaan en te starten met het lezen van hoofdstuk 4.3. In dit hoofdstuk staat een samenvatting van de resultaten van de verschillende metingen.
In hoofdstuk 5 komen de opgetreden problemen met de experimenten aan de orde en worden de verbeteringen aangegeven die soms noodzakelijk waren voor een goed functioneren van de constructie. Ook worden de kosten op een globale wijze berekend.
In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de vraag of de experimenten aan de vooraf gestelde verwachtingen hebben voldaan en wordt er ingegaan op overwegingen om de constructies wel of niet toe te passen. In dit hoofdstuk wordt ook een prognose gegeven van de te verwachten

schorerosie op de beide locaties.
Tot slot staan de conclusies over de beide experimenten in hoofdstuk 7 vermeld.

Figuur 2.1
Locaties experimenten.



2. Opzet experimenten

In januari 1992 zijn twee locaties geselecteerd voor het verrichten van twee experimenten ter beperking van erosie van de rand van het schor. Omdat bij het ontstaan van sedimentatie en erosie in de Oosterschelde andere processen een rol spelen dan in de Westerschelde, is besloten in beide bekkens een experiment uit te voeren.
Het doel van deze experimenten was het verkrijgen van meer inzicht in:
- de doelmatigheid in het verdedigen van de schorren;
- de effecten van de verdediging op de omgeving van het schor;
- de levensduur en de kosten.

In Zeeland is reeds enige ervaring opgedaan met het aanbrengen van een glooiing van breuksteen of zetsteen direct tegen de rand van het schor. Daarom is besloten op de twee locaties een ander soort verdediging toe te passen met een meer tijdelijk of indirect karakter Door het RIKZ is hiervoor een werkgroep opgericht (Consemulder, 1992). De doelstelling van de werkgroep is het ontwikkelen van ideeën voor een tweetal experimenten met als doel het stabiliseren van de optredende erosie van de schorrand .

2.1 Keuze locatie

Om in een betrekkelijk korte tijd te kunnen beoordelen of een middel functioneert, moet er een relatief grote erosie plaatsvinden. Voorts is het van belang te weten hoe de ontwikkelingen van de rand van het schor en de ervoor liggende oever in de loop van de tijd zijn geweest. Deze gegevens zijn niet altijd bekend. Op grond van onder andere de hiervoor aangegeven overwegingen, zijn een aantal criteria opgesteld waaraan een locatie zoveel mogelijk moest voldoen om geschikt te zijn voor het uitvoeren van een experiment.

De criteria bij keuze van de locatie waren:
1. De rand van het schor moet een duidelijke achteruitgang (liefst meer dan 2 m per jaar) vertonen.
2. Er moeten meetgegevens van de afgelopen jaren beschikbaar zijn, zodat de geometrische ontwikkelingen van het schor en de omgeving gedurende een (groot) aantal jaren bekend is.
3. De beheerder en/of de eigenaar van de locatie moet met het experiment instemmen.
4. Er wordt één locatie in de Oosterschelde en één locatie in de Westerschelde gekozen.
5. Als de oorzaak van de achteruitgang (bijvoorbeeld golven, stroming, verlaging vooroever) in een gebied bekend is, komt zo'n gebied eerder voor een experiment in aanmerking.
6. Als geen nadelige effecten optreden moet het geen bezwaar zijn het gehele experiment (bijvoorbeeld een constructie van breuksteen) of een deel van het experiment (bijvoorbeeld klei) na de periode waarin de metingen worden verricht, te laten liggen.
7. Ten aanzien van de uitvoering geldt, dat in principe geen aanvoer van materiaal, materieel of personeel over het schor mag plaatsvinden. De omgeving van de rand van het schor moet toch goed bereikbaar zijn, hetzij vanaf de dijk, hetzij over het slik of vanaf het water. Dit voorschrift geldt niet als de beheerder (gedeeltelijk) vervoer over het schor toestaat.

Vooral de eerste twee criteria, namelijk een voldoende sterke afslag van het schor en de aanwezigheid van meetgegevens, zorgden voor een belangrijke schifting.
Uiteindelijk zijn, met inachtneming van de andere criteria en in overleg met de beheerders, als proeflocatie (figuur 2.1) gekozen:
* het schor bij Anna Jacobapolder (Slaakzijde) in de Oosterschelde;
* het Zuidgors in de Westerschelde

De belangrijkste overwegingen bij deze keuzes waren:

a) Anna Jacobapolder (Slaakzijde)
- het erosieproces is bekend (door verlaging slik: een grotere golfwerking en onderspoeling van het kleipakket van het schor);
- de beheerder van het schor (de Stichting "Het Zeeuwse Landschap") staat positief tegenover het experiment;
- het schor is goed bereikbaar, zowel over land als over het water;
- de locatie is representatief voor andere schorren in de Oosterschelde (zoals bijvoorbeeld de schorren bij Sint Annaland)

b) Zuidgors
- volgens kort voor de keuze verrichte waarnemingen treedt een grotere erosie op dan uit de metingen blijkt, een grote erosie levert een eenvoudiger interpretatie van de resultaten op, doordat de verschillen veel kenmerkender zijn;
- de noodzaak tot het beschermen van schorgebieden in het westelijke deel van de Westerschelde is groter dan in het oostelijke deel vanwege het kleine areaal aan schorgebieden in het zoute deel;
- waarschijnlijk is één fysisch proces verantwoordelijk voor de erosie, namelijk de sterke golfaanval ten gevolge van de optredende verlaging van de vooroever;
- een nadeel is, dat van het Zuidgors minder meetgegevens beschikbaar zijn dan van bijvoorbeeld het schor in de omgeving van Waarde
- de beheerder (Vereniging Natuurmonumenten) wil zich actief inzetten voor de handhaving van het schor.

2.1.1 Belangrijkste kenmerken van de locaties

Anna Jacobapolder (Slaakzijde)

Uit interpretaties van luchtfoto's en metingen van dwarsprofielen is bekend dat de rand van het schor ongeveer 2 m per jaar erodeert (Blijenberg, 1990; Jonkers, 1991).
De rand van het schor bestaat uit een 0,7 m tot 0,8 m hoog recht klif. De teen van het klif is bijna over de gehele lengte van de rand ondergraven. Voor het klif liggen afgeronde kleibrokken, de resten van sediment van het schor. De bodem van het schor bestaat uit redelijk homogene klei. Hiervan is de bovenste laag sterk doorworteld. Onder deze kleiïge laag, die 0,7 m tot 0,8 m dik is, wordt zandig sediment aangetroffen. Dit sediment wordt, zelfs bij een geringe golfwerking, uitgespoeld. Zo ontstaat ter plaatse van de rand van het schor een ondergraving van de kleiige laag.
Het gemiddelde niveau van het schor ligt op NAP +1,5 m, dit is ongeveer een decimeter beneden het GHW te Stavenisse. De hoogte van de teen ligt op NAP +0,7 m. Er monden een aantal kreken uit met een breedte van circa 5 m tot 7 m. De bodem van de kreken ligt ter hoogte van de rand van het schor vrijwel op dezelfde hoogte als het slik, zodat geen geulvorming op het slik aanwezig is. Het slik is relatief smal en steil. De afstand van het klif tot de laagwaterlijn bedraagt 125 tot 150 m

Het schor bij Anna Jacobapolder

Enkele andere belangrijke kenmerken zijn:
- geen significant sedimenttransport ter plaatse van het slik;
- sterke reductie van de getijstroming als gevolg van de sluiting van de Philipsdam waardoor geen aanvoer van sediment meer voorkomt;
- de doorsnede van de voor het schor liggende geul is, hydraulisch bezien, te groot (weinig waterverplaatsing door de geul), daardoor ontstaat de zogenaamde zandhonger (Iedema, 1991);
- gerijpte schorklei (erodeert sneller);
- beschutte ligging (gunstige oriëntatie) ten opzichte van de overheersende windrichting;
- geringe strijklengte dus een beperkte golfgroei.

De vermoedelijke oorzaak van de erosie van de rand van het schor is:
- een grotere golfaanval op de rand van het schor ten gevolge van de verlaging van de vooroever; deze verlaging is het gevolg van de zandhonger;
- de verlaging van de vooroever; dit veroorzaakt de ondergraving van het kleipakket;
- de gewijzigde fysische omstandigheden (verlaging van de waterstand tijdens hoogwater en een vermindering van de stroomsnelheid) door de aanleg van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen.

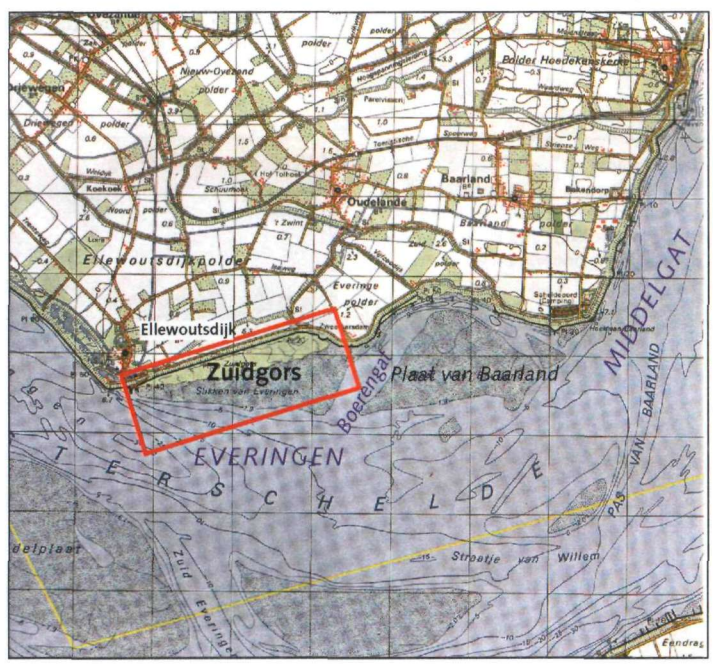
Anna Jacobapolder
Voor de aanvang van het experiment. Voor de schorrand liggen uit het schor afkomstige kleibrokken; het klif is ongeveer 0,75 m hoog en is ondergraven.

Zuidgors
Het ongeveer 0,85 m hoge klif voor de aanvang van het experiment.

Zuidgors

Het niveau van het schor ligt tussen NAP +2,5 m en NAP +2,7 m, dat is circa 0,25 m boven het GHW. De hoogte van de overgang van het slik met het klif ligt op NAP +1,7 m tot NAP +2,0 m. In het proefgebied monden een aantal kreken uit met een bovenbreedte van circa 10 m. De breedte van het slik van het klif tot de laagwaterlijn is sterk wisselend. Van west naar oost neemt deze toe van circa 100 m tot circa 600 m; ter plaatse van het experiment verloopt de breedte van 300 m tot 450 m.
De rand van het schor bestaat uit een 0,7 m tot 1,0 m hoog recht of getrapt klif. In tegenstelling tot de situatie bij het schor bij Anna Jacobapolder is dit geen ondergraven klif en worden er geen verse kleibrokken vóór het klif aangetroffen. Dit wijst op een geheel ander proces van eroderen. Het sediment van het schor is opgebouwd uit sterk gelaagde afzettingen; afwisselend kleirijke en vrijwel zandige laagjes.

Enkele andere belangrijke kenmerken zijn:
- het opschuiven van de vaargeul (Everingen) (figuur 2.2) in de richting van het schor (rotatiepunt bij het havenhoofd van Ellewoutsdijk);



Figuur 2.2
Zuidgors benamingen.

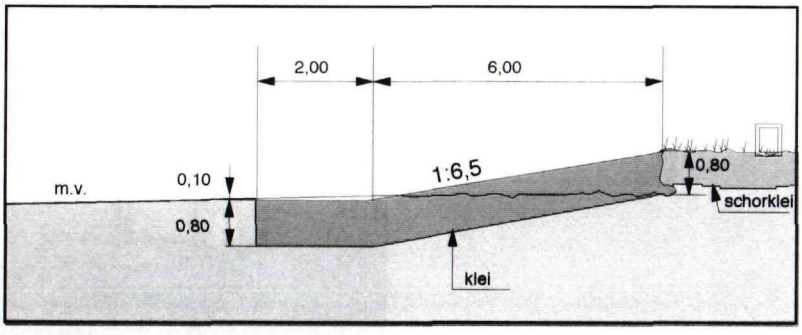
- een duidelijk aantoonbaar zandtransport in het zandige middengedeelte;
- aanvoer van sediment is mogelijk door de aanwezigheid van sedimentrijk water;
- optredende verlaging vooroever;
- ongunstige oriëntatie ten opzichte van de overheersende windrichting;
- een aanzienlijke golfbelasting door de grote strijklengte uit de verschillende windrichtingen.

De vermoedelijke oorzaak van de erosie van de rand van het schor is: De verlaging van de vooroever ten gevolge van het opdringen van de voor het slik lopende geul. Dit heeft een geringere demping van de golfhoogte tot gevolg, zodat een relatief grote golfaanval op de rand van het schor optreedt.

2.2 Keuze van de verdediging

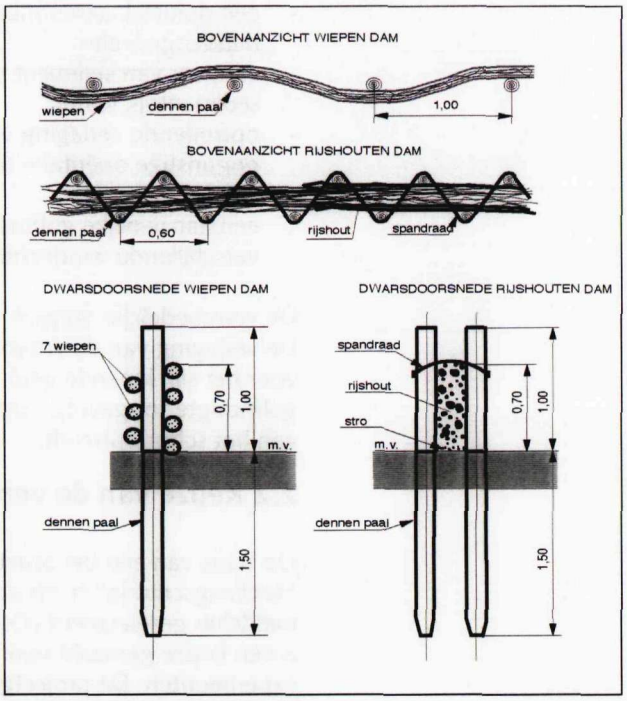
Op basis van een beoordeling aan "harde voorwaarden" en "toetsingscriteria" heeft de werkgroep per locatie enkele kansrijke middelen geselecteerd (Consemulder, 1992). Na een verdere afweging is een keuze gemaakt voor de meest in aanmerking komende experimenten. De projectgroep LAMSOOR heeft de keuze geaccepteerd, nadat bleek dat de voorgestelde experimenten volledig voldeden aan de vastgestelde doelstellingen.

Anna Jacobapolder
In overleg met de Stichting "Het Zeeuwse Landschap" is gekozen voor een bescherming van de rand van het schor door een kleibekleding in de vorm van een regelmatig terugkerende suppletie (figuur 2.3).
Het is een tijdelijke verdediging die vergeleken kan worden met de strandsuppleties aan de kust. De verdediging kan worden gekarakteriseerd als een defensieve strategie met als doel uitsluitend de rand van het schor (en daarmee het gehele schor) te beschermen. Door voortdurend te suppleren met klei wordt de oorspronkelijke rand van het schor steeds opnieuw beschermd. De frequentie van dit suppleren hangt enerzijds af van de erosiesnelheid van de suppletie en anderzijds van de aangebrachte kleidikte.
Uit kostenoverwegingen is getracht de kleibekleding voor het experiment zo klein mogelijk te maken; de dimensionering van de bescherming is zo gekozen dat het experiment gedurende een proefperiode van twee jaar zou blijven functioneren.



Figuur 2.3
Anna Jacobapolder, dwarsdoorsnede van de kleibekleding.

Zuidgors
In overleg met de Vereniging Natuurmonumenten is gekozen voor de aanleg van een bezinkveld.
Hiervoor is een constructie ontworpen bestaande uit palen en rijshout



Figuur 2.4
Zuidgors, constructie van de rijshouten en wiepen dam.

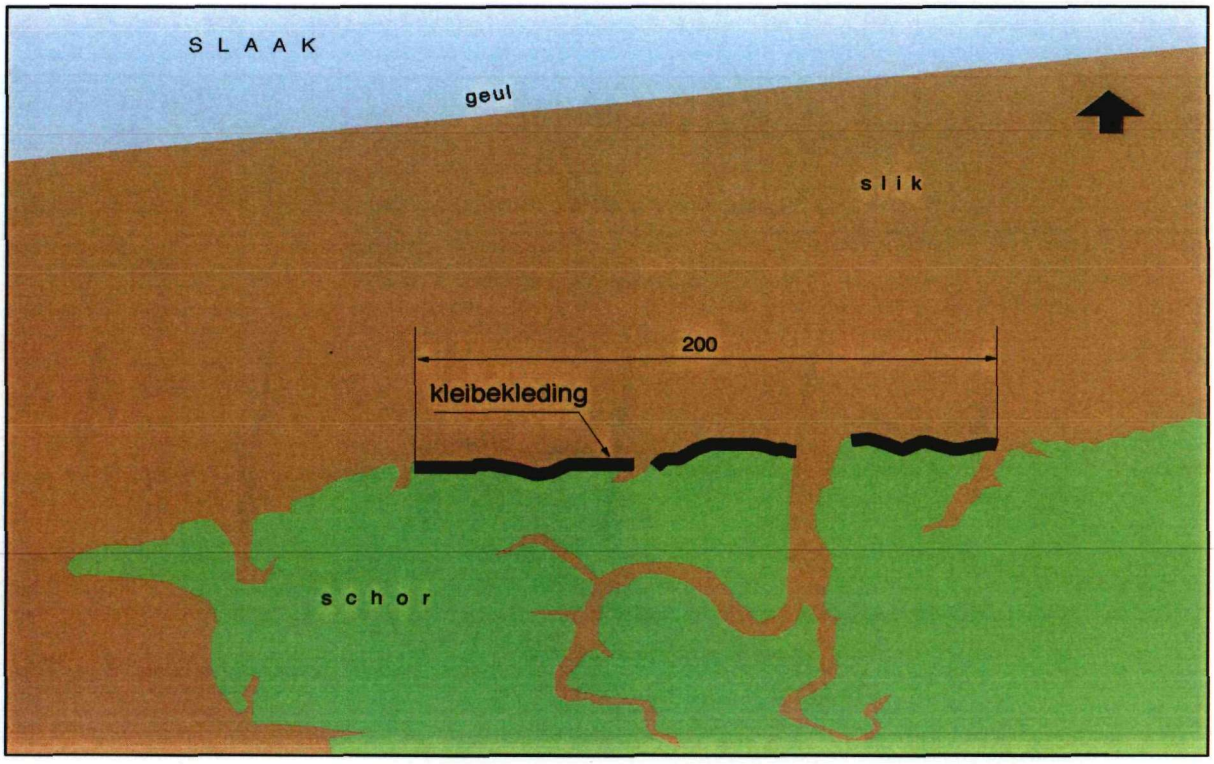
volgens het basisprincipe van de landaanwinningswerken (figuur 2.4). De verdediging kan worden gekarakteriseerd als een offensieve strategie met als doel de rand van het schor te beschermen door een uitbreiding van het schor te creëren.
De hypothese was dat ten gevolge van sedimentatie tussen de dammen, op termijn de golfaanval zou verminderen, zodat de achteruitgang van het schor zou kunnen worden gestopt. Deze verdediging beoogt het schor dus op een indirecte wijze te verdedigen, waarbij het dynamische karakter van de rand van het schor in stand wordt gehouden (Consemulder, 1992).

2.2.1 Kleibekleding Anna Jacobapolder

Het experiment is aangelegd langs een deel van de rand van het schor langs het Slaak (figuur 2.5). De verdediging is circa 200 m lang, 8 m breed, 0,80 m dik en is, over een breedte van 6 m, aangebracht onder een helling van circa 1:6,5. (figuur 2.3) Over een breedte van 2 m is een nagenoeg horizontale teen in de bodem aangebracht. Het doel

Anna Jacobapolder
De aangevoerde klei wordt met behulp van hydraulische kranen overgeslagen en tegen de rand van het schor verwerkt.

Figuur 2.5
Anna Jacobapolder, locatie van het experiment met de kleibekleding.

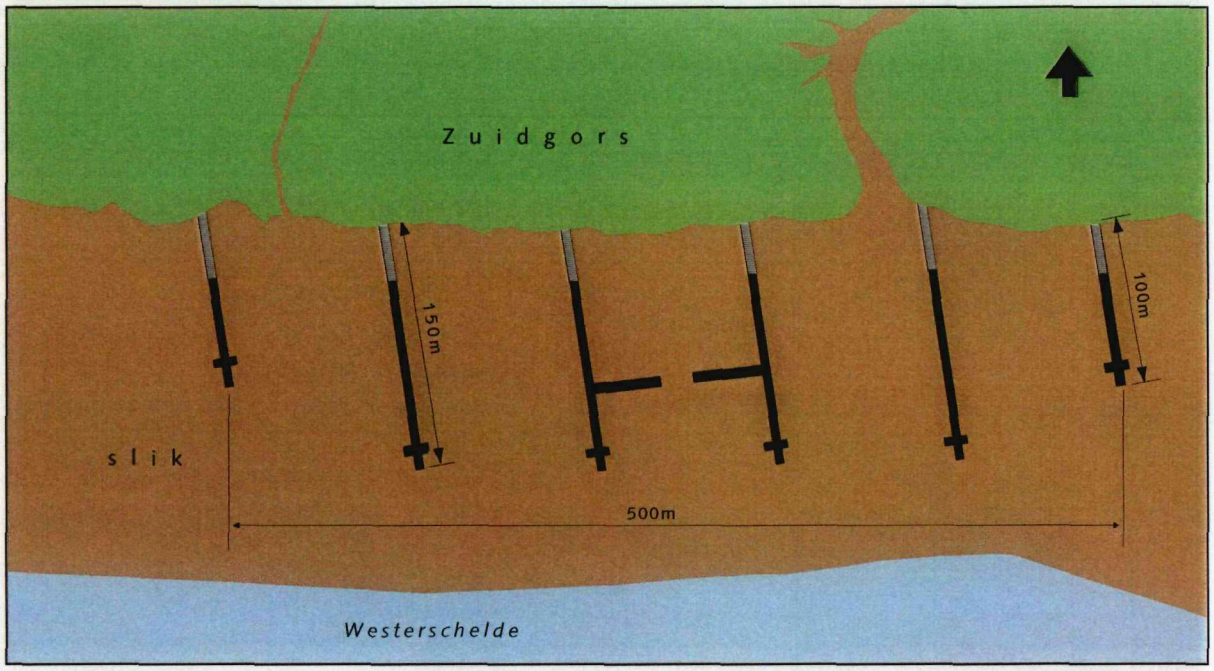


van deze teen is een bestaand probleem, namelijk het wegspoelen van zand onder de laag schorklei, te voorkomen. Hiermee wordt één van de oorzaken van de erosie van het schor, de ondergraving van het kleipakket, zoveel mogelijk beperkt.
Aan de samenstelling van de klei zijn de volgende eisen gesteld: gehalte organisch materiaal <3%, lutumgehalte 20% - 40%, zandgehalte <20%, plasticiteitsindex 18 - 35. Bovendien moest de klei voldoen aan de Algemene Milieukwaliteit volgens de derde Nota waterhuishouding.

2.2.2 Bezinkvelden Zuidgors

Het experiment is aangelegd voor een deel van de rand van het schor in de omgeving van Ellewoutsdijk (figuur 2.6). De experimentele verdediging van het schor bestaat uit zes kribben; wegens de gebruikelijke terminologie worden deze 'kribben' in het vervolg 'dammen' genoemd. Een toepassing conform de landaanwinningswerken in de Waddenzee bleek qua aanleg en onderhoud te kostbaar te zijn. Ten gevolge van de financiële randvoorwaarde was voor de realisering van de zogenaamde rijshouten dam (de 'normale' constructie waarbij gebruik wordt gemaakt van dubbele palenrijen gevuld met rijshout) te weinig geld beschikbaar. Op grond daarvan is nagegaan of een goedkopere constructie kon worden ontworpen met ongeveer dezelfde mogelijkheden voor sedimentatie. Hiervoor zijn analoog aan een bij Texel uitgevoerd experiment, zogenaamde wiepen dammen gekozen (figuur 2.4). Omdat nauwelijks enige ervaring bestaat met deze wiepen dammen, is uit voorzorg een gecombineerde constructie ontworpen. In de omgeving van de rand van het schor is de bekende stevige rijshouten dam (weliswaar onder andere omstandigheden gesitueerd en veel hoger boven de bodem

Figuur 2.6
Zuidgors, locatie van het experiment met de bezinkvelden.



uitstekend dan in het Waddengebied) ontworpen, met daarop aansluitend de wiepen dam. De dammen variëren in lengte van 115 m tot 155 m en zijn bijna haaks op het klif aangebracht.
Elke dam bestaat uit een circa 40 m lange rijshouten dam en een 75 m of 125 m lange wiepen dam, aangebracht op een hoogte van circa 1,00 m boven het maaiveld. De zes dammen zijn op een onderlinge afstand van 100 m aangebracht, zodat vijf open vakken ontstaan met een ontwikkelde lengte van 500 m. De onderlinge afstand van de dammen in het Waddengebied is aanzienlijk groter, namelijk 400 m. Op grond van de grootte van het gebied, de grootte van het experiment en de fysisch veel ongunstigere omstandigheden is hier voor een aanzienlijk kleinere afstand van 100 m gekozen.

Zuidgors
De aansluiting van enkele rijzen dammen op het schor; de afstand tussen de dammen is 100 m.

De lengte van de buitenste dammen is korter dan de lengte van de middelste dammen. Hierdoor verkrijgt de constructie langs de geulwaartse zijde een enigszins bolle vorm. Verwacht werd, dat de zogenaamde lij-erosie daardoor in een geringere mate zal optreden dan bij een rechthoekige vorm.
In het middelste vak zijn twee korte dammen geprojecteerd op een afstand van 100 m uit de rand van het schor, loodrecht op de langste dammen. Zo is als het ware een vierkant vak ontstaan, dat wordt begrensd door dammen en de rand van het schor. Deze loodrechte dam wordt bij de constructie in het Waddengebied normaliter in elk vak toegepast; op deze locatie is slechts één dwarsdam aangebracht. Dit is enerzijds geschied op grond van de kosten en anderzijds om het verschil in sedimentatie te kunnen vaststellen tussen de verschillende vakken, zodat het wellicht mogelijk is voor een toekomstige toepassing een economisch optimum te bepalen.
Om te voorkomen dat een geultje ontstaat tussen de constructie en het schor (achterloopsheid), worden de dammen enkele meters in de rand van het schor aangebracht.
Een rijshouten dam bestaat uit een dubbele rij dennen palen. De dennen palen zijn respectievelijk 2,50 m en 3,00 m lang en worden per rij met een onderlinge afstand van 0,60 m aangebracht. Tussen de palen wordt op het maaiveld een dunne laag stro rijshout gespreid. Op het stro wordt daarna een dikke laag rijshout aangebracht. Het rijshout wordt door kruiselings aangebrachte draden, die aan de palen zijn bevestigd, op de plaats gehouden.
De wiepen dam, die aansluit op de rijshouten dam, is goedkoper en veel minder sterk geconstrueerd. De goedkopere constructie bestaat uit één rij dennen palen met een lengte van 2,50 m, aangebracht met een onderlinge afstand van 1,00 m. Tussen de palen zijn 7 wiepen gevlochten. Aan de bovenzijde is de constructie voorzien van een stalen draad, die de palen onderling verbindt. Aan de zeewaartse zijde is de bovenzijde van de wiepen dam over een lengte van 6 m verlaagd tot ongeveer het niveau van de bodem. Bij het begin van de verlaging is een kruisvormige constructie gemaakt.

2.3 Aanbesteding

Voor de uitvoering van de aanleg van de oeververdedigingen is door de directie Zeeland een onderhandse aanbesteding gehouden. In de overeenkomst Z 3472 A zijn de gekozen constructies en de beschrijving van de werkzaamheden opgenomen.
De laagste inschrijver was de B.V. Aannemingsbedrijf "DE KLERK" te Werkendam voor een bedrag van ƒ 278.000 (incl. BTW). Aangezien het inschrijvingsbedrag de raming van kosten ruimschoots overschreed, is met de laagste inschrijver overlegd of de prijs kon worden verlaagd. Dit heeft uiteindelijk geleid tot een aannemingssom van ƒ 240.000.
Met de beheerders van de beide gebieden, respectievelijk de Stichting "Het Zeeuwse Landschap" en de Vereniging Natuurmonumenten, zijn afspraken gemaakt met betrekking tot het beschikbare werkterrein, de wijze waarop het materieel en materiaal kon worden aangevoerd en afgevoerd, het voorkomen van schade aan het schor en andere praktische zaken. Deze afspraken zijn in de overeenkomst Z3472 A als voorwaarden opgenomen.
Omdat de Vereniging Natuurmonumenten voor het experiment op het Zuidgors een bijdrage verleent in de kosten, is een overeenkomst opgesteld waarin afspraken zijn vastgelegd over de verdeling van de benodigde financiën, het inspecteren en het onderhouden van de dammen en het eigendom na afloop van het experiment.

Zuidgors
De palen van de rijzen dam worden met een hydraulische kraan in de bodem gezet.

2.4 Aanleg

Anna Jacobapolder
Op 26-10-1992 is gestart met de uitvoering van de werkzaamheden. De benodigde klei is per ponton aangevoerd. De ponton werd, zo hoog als het getij het toeliet, op de vooroever aan de grond gezet. De klei werd van de ponton op het slik overgeslagen. Aanvankelijk is getracht de klei met behulp van een bulldozer naar de rand van het schor te schuiven. Door de geringe draagkracht van de bodem bleek deze manier van werken echter niet mogelijk. Het enkele keren overslaan met een hydraulische kraan tot de rand van het schor werd bereikt, bleek beter te voldoen. Hierna volgde de afwerking onder het voorgeschreven profiel. Doordat de klei herhaaldelijk is overgeslagen, is de onderlinge samenhang verminderd (Houmes 1993); de klei is hierdoor plastischer geworden. De klei kon als gevolg hiervan niet worden verdicht met behulp van een er overheen rijdende bulldozer. De kleibekleding is nu verdicht door met de bak van een hydraulische kraan, de klei vaksgewijs stevig aan te drukken.

Zuidgors
Op 28-9-1992 is gestart met de uitvoering van de werkzaamheden op het Zuidgors. Het ingezette materieel bestond uit een ponton en een zolderbak voor de aanvoer van het materiaal en een hydraulische kraan.
De hydraulische kraan is gebruikt voor het transport van de materialen, het in de grond drukken van de palen, het graven en egaliseren van de bodem. De overige werkzaamheden zijn handmatig door het personeel van de aannemer verricht. Er is relatief veel tijd verloren gegaan met het voortdurend verplaatsen van de hydraulische kraan, die vóór elk hoogwater zo hoog moest worden geplaatst, dat er geen gevaar bestond dat de kraan in het water zou komen te staan.
In de overeenkomst zijn geen voorwaarden opgenomen omtrent de volgorde van de aanleg van de dammen. De aannemer is gestart met de aanleg van dam 5 (nummering van west naar oost), daarna zijn de dammen 6, 1, 2, 3 en 4 aangelegd. Deze volgorde is mede bepaald door de geconstateerde morfologische ontwikkelingen, die tijdens de uitvoering van de dammen zijn opgetreden. Uitvoeringstechnisch zijn er weinig problemen voorgekomen, de draagkracht van de bodem heeft enige voorzieningen vereist.

3. Opzet onderzoek

Om de effecten van de experimenten op het schor te kunnen bepalen en om de invloed van de experimenten op het voorliggende slik en in de naastliggende gebieden te kunnen beoordelen, zijn de ontwikkelingen aan de hand van een uitgebreid meetprogramma gevolgd. Het programma is gericht op het volgen van de ontwikkelingen:

- op het schor zelf
- bij de rand van het schor (klif)
- op het slik dat voor en naast de locatie van het experiment ligt

Om het effect van de experimenten te kunnen onderscheiden van de natuurlijke ontwikkelingen moet over de locatie het volgende bekend zijn:

- de temporele en ruimtelijke ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden in een ruime periode voor de aanleg van het experiment;
- de uitgangssituatie onmiddellijk na de aanleg;
- de ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden ter plaatse van het experiment in de periode na de aanleg;
- de ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden in de omgeving van het experiment in de periode na de aanleg.

De temporele referentie (of autonome ontwikkeling) is de ontwikkeling vóór de aanleg van het experiment. Deze ontwikkeling wordt vergeleken met de ontwikkelingen die plaatsvonden na de aanleg van de constructie. Door een sterke tijdsdruk zijn de metingen voor de autonome ontwikkeling beperkt van het voorjaar 1992 tot en met september 1992. Het voor de omgeving van het schor zo belangrijke najaar, vanwege de optredende hogere windsnelheden, is hierdoor buiten beschouwing gebleven. Op basis van luchtfoto's uit verschillende jaren bestaat toch een redelijk goed beeld van de ontwikkelingen van de rand van het schor in de periode voorafgaand aan de aanleg.
De ruimtelijke referentie is de vergelijking van de morfologische ontwikkelingen ter plekke van het verdedigde schor ten opzichte van het niet verdedigde schor aan weerszijden van het experiment. Hierbij wordt aangenomen dat de ontwikkeling van de rand van het schor zonder verdediging eenduidig zou verlopen. Ook deze referentie is niet waterdicht doordat bijvoorbeeld lokaal een andere vorm van het voorliggende slik kan ontstaan, hetgeen voor de rand van dat deel van het schor een andere ontwikkeling tot gevolg heeft dan voor het overige deel van het schor.

De metingen ten behoeve van het experiment zijn onderverdeeld in twee vormen van onderzoek:

- een morfologische monitoring
- een procesgerichte (hydrodynamische) monitoring.

De exacte meetlocaties en het type meting zijn voor het schor bij Anna Jacobapolder en het Zuidgors respectievelijk weergegeven in de bijlagen 1 en 2.

3.1 Morfologische monitoring

De doelstelling van de morfologische monitoring is inzicht te verkrijgen in de optredende morfologische veranderingen ter plaatse van het experiment, alsmede in de directe omgeving ervan. De monitoring geschiedt aan de hand van opnamen, die met een bepaalde frequentie worden verricht. Door frequent te meten kan ook een indruk worden verkregen van de snelheid van de veranderingen, bijvoorbeeld ten gevolge van bijzondere omstandigheden, zoals stormen.

Per type meting wordt hierna aangegeven welke opname heeft plaatsgevonden en welke dienst de opname heeft uitgevoerd. Tenzij dit anders is vermeld, zijn de hierna vermelde metingen op de beide locaties verricht.

veldinspecties
Door verschillende medewerkers van de Rijkswaterstaat directie Zeeland en het RIKZ zijn geregeld veldinspecties uitgevoerd. De visueel geconstateerde veranderingen zijn geregistreerd. Een aantal aspecten, zoals de toestand van de constructie, ontgrondingskuilen, ontwikkelingen bij de rand van het schor, is gefotografeerd.

dwarsprofielen
Per locatie zijn op een aantal vaste plaatsen, dwarsprofielen vanaf de NAP -1 m-lijn tot en met het schor opgenomen. De frequentie van de opnames is in de loop der tijd verminderd (tabel 3.1).
Een aantal kenmerken is standaard opgenomen: de hoogte, de vorm en de verplaatsing van het klif, veranderingen in de constructie, enzovoorts.
Het veldwerk is uitgevoerd door de veldmeetploeg van de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

erosie-sedimentatie slik
Op een aantal vaste plaatsen zijn de hoogte-ontwikkelingen op het slik nauwgezet gemeten. Hiervoor zijn drie buizen verankerd in het slik. Deze buizen vormen samen een referentievlak. De hoogte-ontwikkelingen worden bepaald uit een gemiddelde van 15 metingen, gemeten vanaf de bovenkant van het referentievlak tot de bodem. In enkele dwarsprofielen zijn 2 à 3 vaste plaatsen uitgezet.
De metingen zijn tegelijk met de opnames van de dwarsprofielen door de veldmeetploeg verricht.

Digitale Terrein Meting
Direct na de aanleg van de constructie is een Digitale Terrein Meting (DTM) uitgevoerd. Een DTM is een hoogtemeting in het terrein waarbij vooral knikpunten in het gebied worden vastgelegd. Zo ontstaat een vrij nauwkeurige hoogtemeting van het gehele gebied tussen de lijn van circa NAP -1,0 m en de bovenzijde van het schor. Van het schor zijn alleen de eerste meters vanaf de rand van het schor gemeten. Een DTM is uitgevoerd in 1992 en 1994. Hiermee kan een goed ruimtelijk beeld worden verkregen van de morfologische veranderingen.
De metingen zijn verricht door de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat.

hoogte-ontwikkeling schor
In een aantal profielen is de sedimentatie op het schor vanaf maart 1992 nauwkeurig bepaald. Dit gebeurt op een aantal zogenaamde kaolien-veldjes. Een kaolien-veldje bestaat uit kaolien (een wit soort klei) vermengd met zilverzand. Na verharding lost dit mengsel niet meer in water op De kaolien is aangebracht op een vlakke bodem

tussen de aanwezige vegetatie. De afmetingen van de veldjes bedragen circa 1,0 m x 0,3 m.
Met een kleine guts wordt per opname vijf keer de diepte gemeten tussen het bodemoppervlak en de referentielaag van kaolien. De vijf opnames per veldje worden verricht volgens een vast patroon, evenredig verdeeld over het oppervlak. De veldjes zijn uitgezet op de oeverwallen (de hogere zone in de omgeving van kreken) en in de kommen (de lagere zone tussen twee kreken) van het schor.
De metingen zijn verricht door de veldmeetploeg van de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

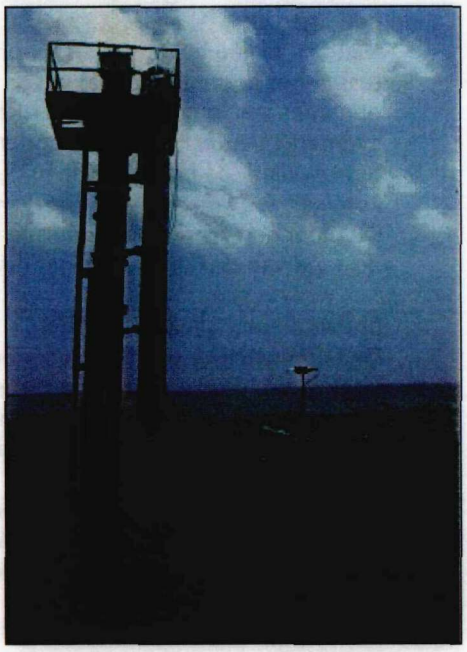
bodemdieren (alleen Zuidgors)
De bemonstering van bodemdieren is alleen op het Zuidgors uitgevoerd, omdat de sedimentatie en erosie die daar kan worden verwacht, effect zou kunnen hebben op de populatie van de bodemdieren. Bij Anna Jacobapolder wordt geen bijzondere sedimentatie of erosie verwacht.
In het voor- en in het najaar zijn bemonsteringen uitgevoerd op 3 tot 5 plaatsen op het slik ten behoeve van de samenstelling van de bodemdieren. Per plaats zijn 10 monsters met een steekbuis van ø 0,08 m gestoken.
De metingen zijn verricht door het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.

samenstelling sediment (alleen Zuidgors)
Gelijktijdig met het onderzoek naar bodemdieren zijn bodemmonsters verzameld ten behoeve van een analyse van het sediment. De bodemmonsters zijn geanalyseerd op korrelgrootte, kalkgehalte en het gehalte aan organische stof.
De analyse is verricht in het laboratorium van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.

luchtfoto's
Direct na de aanleg van de experimenten zijn zwart-wit luchtfoto's gemaakt op een schaal van 1:2000. Aan de hand van deze foto's zijn door de Meetkundige Dienst te Delft de exacte ligging van de rand van het schor en de aangebrachte constructie bepaald. In 1996 is het Zuidgors opnieuw gefotografeerd.

geulontwikkeling
Aan de hand van de reguliere vaklodingen (1:10.000) is de ontwikkeling van de voor het slik liggende geul gevolgd. De vaklodingen zijn volgens een vast programma uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

sonderingen (alleen Anna Jacobapolder)
Met een sondering wordt de conusweerstand (of indringingsweerstand) bepaald in N/cm^2. De conusweerstand is een index voor de bodemsterkte, welke wordt bepaald door bodemkarakteristieken als compactie, vochtgehalte, textuur en het type kleimineraal. Deze conusweerstand heeft echter geen directe relatie met de weerstand tegen erosie door hydrodynamische processen, omdat dan ook aspecten als bijvoorbeeld kleef, scheuren en beworteling van belang zijn.
De sonderingen zijn alleen op het schor bij Anna Jacobapolder uitgevoerd omdat het nodig bleek te bepalen of er plaatselijk verschillen in drukweerstand waren in de aangebrachte klei.
De meting is uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.



Zuidgors
De golfmeetpaal, rechts ervan staan enkele stroomsnelheidsmeters opgesteld

3.2 Hydrodynamische monitoring

Met deze monitoring worden de optredende hydrodynamische processen gevolgd in de omgeving van het experiment. De doelstelling hiervan is inzicht te verkrijgen in de processen die ter plaatse van het experiment optreden en de oorzaak zijn van de waargenomen morfologische veranderingen.

Per type meting wordt hierna aangegeven op welke wijze de opname heeft plaatsgevonden en welke dienst de opname heeft verricht. Tenzij dit anders is vermeld, zijn de metingen op de beide locaties uitgevoerd. Het aantal procesmetingen bij de locatie Zuidgors is uitgebreider dan bij Anna Jacobapolder. Dit komt, omdat bij het schor bij Anna Jacobapolder de stroming langs de rand van het schor geen rol van betekenis speelt; bij het Zuidgors is dit wel het geval. Voorts is het experiment bij het Zuidgors opgezet met het doel het schor te verdedigen door het beïnvloeden van de hydrodynamische processen. Aan de hand van de metingen moet duidelijk worden in hoeverre dit is geslaagd.

golven
Op het slik bij de twee proeflocaties is op een diepte van NAP -1 m een stappenbaak geplaatst voor het meten van de golfhoogte. Van het voorjaar 1993 tot en met het voorjaar 1994 zijn golven gemeten. Via telemetrie zijn de gegevens naar het VCZ van de Rijkswaterstaat directie Zeeland te Middelburg verzonden. De gegevens van de golven (golfhoogte, golfperiode, golfenergie, gemiddelde per 10 minuten) kunnen naar behoefte worden gepresenteerd.
De metingen zijn uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

waterstand in schorkreken
Vóór en na de aanleg van het experiment is met drukdozen de waterstand gemeten in enkele kreken. Hiermee is onderzocht of de getijdoordringing ten gevolge van het experiment is veranderd. De metingen zijn gedurende een doodtij-springtij cyclus uitgevoerd. De waterstanden zijn om de 10 minuten gemeten. Als referentie is het

dichtstbijzijnde getijstation gebruikt.
De metingen zijn uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

vervalmetingen over het slik (alleen Zuidgors)
Vóór en na de aanleg van de dammen zijn aan de hand van drukdozen de vervallen bepaald over het slik. Hiermee is onderzocht of ten gevolge van de aanleg van de dammen, de vervallen over het slik zijn veranderd. De meetpunten zijn gelegen op een hoogte van NAP +0,5 m. De metingen zijn 3 keer uitgevoerd, telkens bij een gemiddeld springtij.
De metingen zijn uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

stroming (alleen Zuidgors)
drijvermetingen
Vóór de aanleg van de constructie is tijdens een gemiddeld springtij met weinig wind, gedurende eb en vloed een drijvermeting uitgevoerd boven het slik. Hiermee is het algemene stroombeeld in de oorspronkelijke situatie vastgelegd.
De metingen zijn uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

stroomsnelheid
Op twee vaste locaties zijn gedurende een doodtij-springtijcyclus stroomsnelheden gemeten. Hiervoor zijn 2-dimensionale elektromagnetische stroomsnelheidsmeters gebruikt. De meetinstrumenten zijn gefixeerd, zodat ook stroomrichtingen kunnen worden bepaald. De stroomsnelheid is om de 5 minuten gemeten waarbij telkens de gemiddelde waarde van een meting van één minuut is opgeslagen. Deze meting is tegelijkertijd uitgevoerd met de metingen van de waterstand in de kreken van het schor en de vervalmeting over het slik.
De metingen zijn uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de Rijkswaterstaat directie Zeeland.

Concentratie zand en slib (alleen Zuidgors)
Vóór de aanleg van de constructie zijn bij de golfmeetpaal, tijdens het springtij van 7 juli 1992, zowel tijdens eb als vloed de concentratie van zand en slib in de waterkolom gemeten. Hiermee zijn de concentraties aan sediment in de waterkolom vastgelegd. De concentraties zijn bepaald op een hoogte van 0,07 m, 0,11 m, 0,25 m, 0,55 m en 1,05 m boven de bodem.
De metingen zijn vanaf een schip van de Meetdienst Zeeland verricht *met een (mini)-PFS pompsysteem. In het laboratorium van het RIKZ* zijn vervolgens het droge gewicht van de zand- en slibfracties bepaald (grens zand/slib 53 micron).

3.3 Overzicht uitgevoerde metingen

In tabel 3.1 is een maandelijks overzicht gegeven van de verrichte metingen.
Verwacht werd, dat de grootste morfologische veranderingen relatief kort na de aanleg van de constructies zouden plaatsvinden; er moet zich namelijk plotseling een nieuw hydraulisch en morfologisch evenwicht instellen. Na verloop van tijd worden de morfologische veranderingen kleiner. Analoog hieraan is de meetfrequentie in de eerste periode na de aanleg van de constructies hoger dan erna. Uit logistieke overwegingen is de meetfrequentie in het najaar van 1993 verlaagd.

Tabel 3.1
Maandelijks overzicht uitgevoerde metingen

METINGEN	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
DWARSPROFIELEN							
Anna Jacobapolder	==X=X=X=XX=X	=X==X===X==X	==X=X===X===	X=X=======X=	==X=====X===	==========X	======
Zuidgors	=X==XX===XXX	=X==X===X==X	==X=X==X===X	==X=======X=	==X=====X===	==========X=	X=====
EROSIE SEDIMENTATIE SLIK							
Anna Jacobapolder	====X=X=XXX=	X=X=X=X=X=X=	==X==X==X=X=	X=X======X==	==X=====X===	==========	======
Zuidgors	==X=XX===XXX	X=X=X=X=X=X=	==X=XX===XXX	XXXXXX=XXXXX	XXXXXXXX====	=XXXXXX=XXXX	XXXXXX
DIGITALE TERREINMETING							
Anna Jacobapolder	==========X	==========	========X==	============	==========	==========	======
Zuidgors	========X==	==========	=========X=	==========	==========	==========	======
HOOGTE-ONTWIKKELING SCHOR							
Anna Jacobapolder	==========X	=X==X===X==X	==X==X==X===	X=X======X==	==X=====X===	========X==	======
Zuidgors	==========X=	=X==X===X===	==X==X=X===X	==X======X==	==X=====X===	==========X=	X=XX=X
SAMENSTELLING SEDIMENT							
Anna Jacobapolder	==========	==========	==========	==========	==========	==========	=====
Zuidgors	===X====X===	===X====X===	===X====X===	===X====X===	===X====X===	===X====X===	===X=
LUCHTFOTO'S							
Anna Jacobapolder	+						
Zuidgors	+						
GEULONTWIKKELING							
Anna Jacobapolder		+				+	
Zuidgors	+		+		+	+	+
SONDERINGEN							
Anna Jacobapolder	==========	===X=======	==========	==========	==========	==========	======
Zuidgors	==========	==========	==========	==========	==========	==========	======

Toelichting bij de tabel:
=: deze maand geen meting verricht
x: deze maand gemeten
+: dit jaar gemeten

4. Resultaat onderzoek

Leeswijzer
In de hoofdstukken 4.1 en 4.2 worden de resultaten beschreven van de verrichte visuele waarnemingen en de metingen op het slik en schor bij respectievelijk Anna Jacobapolder en Zuidgors.
De resultaten van de morfologische en hydrodynamische monitoring worden in deze hoofdstukken per type meting aan de orde gesteld en geanalyseerd. Deze hoofdstukken zijn vooral opgenomen als verantwoording van de resultaten van de regelmatig verrichte specifieke metingen.
Voor de lezers, die alleen geïnteresseerd zijn in een korte beschrijving van de geconstateerde bijzonderheden en de invloed van de experimenten voor het slik en het schor, wordt in hoofdstuk 4.3 een samenvatting van de uitgewerkte metingen gegeven.

Anna Jacobapolder
De kleibekleding tegen de schorrand onmiddellijk na de aanleg.

4.1 Anna Jacobapolder

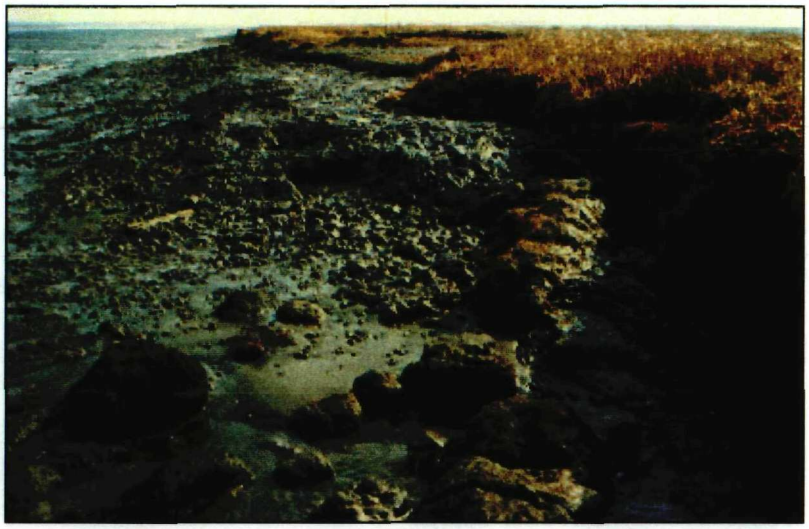
4.1.1 Visuele waarnemingen

Door het herhaaldelijk overslaan van de te verwerken klei, is deze klei gemengd met water en zand. In de aangebrachte kleibekleding is daardoor klei met een verschillende consistentie verwerkt. Hierdoor is binnen een aantal weken na de aanleg de minder goed gepakte klei uitgespoeld, hetgeen resulteerde in een grillig, pokdalig oppervlak van de kleibekleding. Na de eerste winter is het talud gladder geworden. Het westelijke deel van de kleibekleding is sneller geërodeerd dan het oostelijke deel. De randen van het nieuwe talud bij de monding van de kreken zijn relatief snel geërodeerd. Doordat de eerste erosie voornamelijk heeft plaatsgevonden in het bovenste gedeelte van de kleibekleding, is vrijwel overal een klifje ontstaan van één tot enkele decimeters. De vorm van dit klif is recht tot getrapt. De teen van de kleibekleding is in de beginfase van de experimentele periode overal goed intact gebleven.
Voor de aangebrachte kleibekleding, op het schor en in de mondingen van de kreken, zijn veel afgeronde kleibrokjes aangetroffen.

De rijsporen van de machines in het slik zijn na enige weken bijna geheel uitgewist
Op het bovenste deel van de kleibekleding zijn direct na aanleg pollen met *Spartina anglica* (Engels slijkgras) geplant De *Spartina* blijkt levensvatbaar te zijn, mede omdat ze met een kluit zijn geplant. De planten zijn wel aangeslagen, maar hebben zich niet uitgebreid. De planten zijn vervolgens door erosie uit het talud verdwenen. In het voorjaar van 1993 is een tweede serie pollen met *Spartina* geplant. Door de afslag van de kleibekleding zijn ze stuk voor stuk verdwenen; de laatste planten in februari 1994 (Houmes, 1994).
In de loop der tijd is de bekleding steeds verder geërodeerd, waarna ook de rand van het schor weer begon te eroderen. In 1998 is op het eerste gezicht niets meer van de aangebrachte bekleding zichtbaar. Vlak onder de oppervlakte van het terrein is echter nog steeds een deel van de aangebrachte teen van de bekleding aanwezig.

4.1.2 Morfologische ontwikkelingen

dwarsprofielen
De plaats van de profielen staat vermeld in bijlage 1 De dwarsprofielen (bijlage 3A tot en met 3F) zijn regelmatig opgenomen. Twee dwarsprofielen, ter plaatse van de aangebrachte kleibekleding, zijn gedurende een kortere tijd gemeten.
De niet van een kleibekleding voorziene rand van het schor is in de periode tussen november 1992 en januari 1995 met gemiddeld 2,25 m per jaar geërodeerd Dit komt ongeveer overeen met de erosie zoals deze globaal is bepaald voor de aanvang van het experiment. De gemiddelde achteruitgang van de rand in de periode tussen januari 1995 en januari 1998 bedroeg 0,85 m per jaar. Het blijkt dus, dat de erosie in deze jaren veel geringer is dan in de periode ervoor. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk aan de geringere golfbelasting op het klif. In de periode voor januari 1995 stormde het vaker dan in de periode erna, zodat minder vaak grote golven werden opgewekt.
De afstand van de NAP-lijn op het slik tot de rand van het schor is veelal minder dan 20 m. De in deze zone optredende verlaging heeft een directe relatie met de terugschrijding van de schorrand; het is een dynamisch evenwichtsprofiel dat met het eroderen van de rand, verschuift. Op het slik beneden het niveau van NAP à NAP -0,50 m is de hoogte vrijwel niet veranderd.
De dwarsprofielen over de aangebrachte kleibekleding zijn voor het eerst gemeten op 3 december 1992. Dit is 17 dagen na het gereedkomen van de verdediging. Van de later toegevoegde profielen 5 en 6 is de oorspronkelijke rand van het schor niet gemeten Als gevolg hiervan is geen exacte meting beschikbaar van het aangebrachte profiel en kan er niet worden berekend hoeveel klei in de verschillende jaren is geërodeerd.
Ruim 2 jaar na de start van het experiment blijkt de oorspronkelijke rand van het schor in dwarsprofiel 6 ongeveer 1 m landwaarts te zijn verplaatst. De boven het maaiveld aangebrachte klei is vrijwel geheel verdwenen. Bijzonder is, dat er een verschil in de erosie zichtbaar is van west naar oost; de erosie langs de westzijde van de kleibekleding is veel groter dan langs de oostzijde. In het voorjaar van 1993 is het bovenste gedeelte van het oorspronkelijke klif weer vrijgekomen Opmerkelijk is, dat tot 1996 het oorspronkelijke klif nauwelijks is verplaatst De hoogte van het klif is in de loop van de tijd wel hoger geworden door de voortgaande erosie van de aangebrachte klei.
Na de proefperiode is men doorgegaan met het regelmatig meten van de dwarsprofielen. De jaarlijkse erosie van de rand van het schor is in de periode van januari 1995 tot januari 1998 kleiner geworden dan voorheen en varieert tussen 0,51 m en 1,03 m. De gemiddelde



Anna Jacobapolder
Circa 1/2 jaar na de aanleg is erosie zichtbaar aan de bovenzijde van de kleibekleding.

jaarlijkse achteruitgang van de rand van het schor buiten het proefgebied bedraagt 0,85 m; binnen dit gebied is de gemiddelde achteruitgang 0,65 m. Het verschil met de autonome ontwikkeling is zo klein en de variatie in achteruitgang van de rand van het schor tussen de profielen is zo groot, dat niet met zekerheid kan worden gesteld dat de geringere achteruitgang het gevolg is van de nog steeds aanwezige teen van de aangebrachte kleibekleding in de bodem van het slik.
Uit de dwarsprofielen volgt, dat de helling van het slik van west naar oost verloopt van 1:70 naar 1:125. Het feit, dat de westzijde van de bekleding sneller is geërodeerd dan de oostzijde, is waarschijnlijk het gevolg van de steilere helling van het slik langs de westelijke zijde. Door deze steilere helling wordt de golfhoogte namelijk minder snel verkleind dan bij een flauwe helling, zodat de invloed van de golven op de rand van het schor groter is.

Erosie-sedimentatie slik
Op acht plaatsen is de hoogte-ontwikkeling van het slik nauwkeurig bepaald. Vier plaatsen, de oneven locatie-nummers, zijn ongeveer gesitueerd op het niveau van NAP; de overige plaatsen liggen ongeveer op het niveau van NAP -0,90 m.
Het slik in de omgeving van het schor blijkt aan een geringe erosie onderhevig te zijn (bijlage 4A en 4B). In de periode van 1992 tot 1996 varieert de erosie tussen 33 mm en 66 mm. De schorrand ligt dicht bij deze meetlokaties. De gemeten erosie is voornamelijk het gevolg van de aanpassing van het bodemprofiel van het hogere deel van het slik door de verschuiving van de rand van het schor.
Het slik op het niveau van ongeveer NAP -0,90 m is stabieler; er treedt hier een zeer geringe erosie op. In de periode van 1992 tot 1996 varieert deze van 1 mm tot 23 mm.
Opvallend is de trendbreuk, die is opgetreden in de winter van 1993/1994. Deze trendbreuk valt samen met een periode van hogere windsnelheden. Uit de gegevens van een meetlocatie in het Marollegat (25 km van het proefgebied verwijderd) blijkt, dat van november 1993 tot februari 1994, een periode van slechts drie maanden, de gemiddelde dagelijkse windsnelheid hoger dan 14 meter per seconde gedurende 4 maal is overschreden. In een periode van zes jaar (januari 1992 tot januari 1998) is deze gemiddelde windsnelheid slechts 10 maal overschreden.
Na deze trendbreuk is het slik ongeveer op hetzelfde niveau

Tabel 4.1
Anna Jacobapolder, meting erosie en sedimentatie

LOCATIE	HOOGTE		VERSCHIL	DIEPSTE METING		HOOGSTE METING	
	aanvang	einde	1992-1995/96				
	mei 1992	jan '95/sep '96		hoogte	datum	hoogte	datum
1301	0,126	0,066	0,060	0,055	3-1994	0,127	3-1994
1303	-0,034	-0,067	0,033	-0,088	3-1995	-0,024	11-1992
1305	-0,240	-0,306	0,066	-0,321	3-1994	-0,227	3-1993
1307	-0,208	-0,247	0,039	-0,257	6-1994	-0,202	3-1993
1302	-0,822	-0,832	0,010	-0,862	11-1993	0,822	6-1992
1304	-0,877	-0,886	0,009	-0,914	11-1992	-0,865	5-1993
1306	-0,842	-0,843	0,001	-0,867	11-1993	-0,842	5-1992
1308	-0,836	-0,859	0,023	-0,859	9-1996	-0,821	5-1993

Toelichting bij de tabel
hoogte in m ten opzichte van NAP

gestabiliseerd. Er zijn geen seizoensinvloeden geconstateerd. De fluctuaties, die eind 1992 in de meetpunten 1303 en 1304 zichtbaar zijn, zijn mogelijk het gevolg van de werkzaamheden voor de aanleg van de kleibekleding.
Deze waarnemingen nuanceren voor dit gebied de algemeen gangbare theorie dat de slikken in de Oosterschelde verlagen. Het slik erodeert inderdaad; de erosie omstreeks het niveau van NAP -0,90 m is echter zeer gering; zo'n 2,5 mm per jaar.
In tabel 4.1 staan de belangrijkste gegevens van de meetpunten samengevat.

Digitale Terrein Meting
In het najaar van 1992 en 1994 is de bodemhoogte van het slik en de eerste meters van het schor gedetailleerd ingemeten. In bijlage 5A zijn de uitgewerkte opnames weergegeven. De hierop betrekking hebbende verschilkaart (bijlage 5B) is eveneens afgebeeld. Op het slik komt afwisselend een geringe sedimentatie en een geringe erosie voor, zonder dat hieruit duidelijke patronen naar voren komen. De weergegeven erosie langs de gehele rand van het schor wordt veroorzaakt door de achteruitgang van de rand van het schor en de aanpassing van het dwarsprofiel hieraan.

hoogte-ontwikkeling schor
De sedimentatie op het schor is over het algemeen klein (bijlage 6A, 6B en 6C). Op de meeste plaatsen bedraagt de ophoging van maart 1992 tot en met oktober 1997 10 tot 50 mm; dit komt overeen met een ophoging van 2 tot 9 mm per jaar. De grootste sedimentatie heeft plaatsgevonden op de oeverwallen, de hoge zones in de omgeving van de kreken. De geringe ophoging van het schor is het gevolg van de aanleg van de stormvloedkering in de Oosterschelde (De Jong, 1994). Door de aanleg is de overspoeling van het schor verminderd en heeft het water een lager slibgehalte dan voorheen.
Er is één duidelijke uitschieter, namelijk de meetlocatie in raai B van 0 tot 1 m, een lage oeverwal, die van maart 1992 tot oktober 1994 90 mm is verhoogd. Daarna bleek de referentielaag onvindbaar te zijn. In een nieuw meetpunt op die plaats is eveneens een relatief grote

sedimentatie opgetreden: 37 mm in de periode van maart 1995 tot oktober 1997.
Doordat de autonome ontwikkeling niet bekend is, kan niet worden aangegeven of de hoogte-ontwikkeling van het schor is veranderd als gevolg van de aanleg van de kleibekleding. Dit lijkt voor het grootste deel van het schor overigens niet aannemelijk omdat de waterstand in de kreken en het aanbod van sediment door de bekleding niet zijn beïnvloed. De zone langs de rand van het schor kan wel in geringe mate beïnvloed zijn. Door erosie van de aangebrachte kleibekleding kan sediment op het schor neerslaan. Dit is gebeurt echter ook in een onbeïnvloede situatie; voor deze zone is dit een natuurlijk proces.

luchtfoto's
Er is in de onderzoeksperiode slechts één serie luchtfoto's van het gebied gemaakt. Hieruit kunnen geen conclusies worden getrokken ten aanzien van de ontwikkelingen van de rand van het schor gedurende de experimentele periode.

ontwikkeling geul
De omgeving van het schor is door de uitvoering van het Deltaplan regelmatig ingrijpend veranderd. In de periode van 1964 tot en met 1987 is de aanleg van de Grevelingendam, de Volkerakdam en de Philipsdam voltooid en is de stormvloedkering in de Oosterschelde opgeleverd.
Het hoogwater is hierdoor in de jaren zeventig en tachtig met 0,20 m tot 0,30 m verhoogd. Na het gereedkomen van de stormvloedkering en de afsluiting van de Philipsdam in 1987 is het getij weer gereduceerd. In de voor het schor liggende geul Slaak is de stroomsnelheid verkleind, zodat de geul voor de nu heersende hydrodynamische omstandigheden is overgedimensioneerd. Dit heeft tot gevolg dat de geul de neiging heeft kleiner te worden. De zandhonger, karakteristiek voor de geulen in de Oosterschelde, veroorzaakt een transport van sediment van het slik naar de geul. De zandhonger heeft dus een verlaging van het slik tot gevolg (Iedema, 1991). Aan de hand van de niet zo nauwkeurige lodingen is het verschil bepaald tussen 1993 en 1997 (bijlage 7). Hieruit blijkt niet, dat in dit gebied zandhonger optreedt. Uit de zeer nauwkeurige erosie-sedimentatie metingen blijkt, dat omstreeks het niveau van NAP -0,90 m een geringe erosie voorkomt. Uit elders verricht onderzoek is gebleken, dat de erosie veelal zal sedimenteren op de geulwand. De hoeveelheid verplaatst sediment is hier echter zeer klein.

sonderingen.
De erosie aan de westzijde van de aangebrachte kleibekleding bleek groter te zijn dan aan de oostzijde. In eerste instantie werd vermoed, dat de oorzaak hiervan moest worden gezocht in de consistentie van de aangebrachte klei.
Door middel van sonderingen is daarom op een aantal plaatsen de conusweerstand bepaald. Deze conusweerstand heeft echter geen directe relatie met de weerstand tegen erosie. De conusweerstand is hier gebruikt om een indicatie te verkrijgen voor de vastheid van het materiaal.
Uit de resultaten blijkt duidelijk, dat de weerstand in het sediment van het schor kleiner is dan de weerstand van de aangebrachte klei. Vlak onder het oppervlak van het bestaande schor is het weerstandsverhogende effect van de wortelzone te zien. De gemeten weerstand in de aangebrachte kleibekleding varieert aanzienlijk. Zelfs op een kleine onderlinge afstand treden al flinke verschillen op. De oorzaak hiervan komt enerzijds voort uit het feit dat de klei door een hydraulische kraan herhaaldelijk is overgeslagen van een ponton naar de rand van het schor en anderzijds door de verdichting met de bak

van een hydraulische kraan. De gemiddelde conusweerstand per profiel schommelt tussen 10 en 15 N/cm^2, met uitschieters naar beneden en naar boven van respectievelijk bijna 0 en 100 N/cm^2. Op grond van deze sonderingen zijn geen duidelijke verschillen aangetroffen tussen het westelijke en het oostelijke deel van de aangebrachte kleibekleding.

4.1.3 Hydrodynamische processen

golven

De golven zijn continu gemeten in de periode maart 1992-april 1993. Deze periode is aanzienlijk korter dan de experimentele periode. De meetperiode van de golven is te kort om een compleet beeld te verkrijgen van het heersende golfklimaat op deze locatie.
De golfgegevens zijn verzameld op een bodemhoogte van NAP -1 m. Deze bodemhoogte is tijdens de opnameperiode nauwelijks gewijzigd.
De golven worden opgewekt door de wind; de golfhoogte is afhankelijk van de waterdiepte en de strijklengte (fetch) over het water met de daarbij behorende windsnelheid Op deze locatie is de strijklengte uit alle richtingen gering, zodat geen grote golven voorkomen. De grootste fetch komt voor bij een wind uit noordwestelijke richtingen, namelijk 3,7 km. Uit de andere richtingen is de fetch veelal kleiner dan 1 km.
De golfhoogte wordt in het algemeen gekarakteriseerd door de significante golfhoogte (H_S), dit is de gemiddelde golfhoogte van het hoogste derde deel van de gemeten golven.
Ter indicatie van de optredende golfhoogten op het niveau van NAP-1 m is de gemiddelde H_S per dag uitgewerkt. Vaak is de H_S kleiner dan 0,10 m. Een H_S van 0,20 m wordt in de aangegeven periode bijna niet overschreden. De grootste H_S (gemiddelde van 5 minuten) in de meetperiode is eind januari 1993 gemeten. Bij een gemiddelde windsnelheid van ongeveer 15 m/s (7 à 8 Beaufort) en een noordwestelijke windrichting is een significante golfhoogte van 0,42 m gemeten.
De grootste golven (H_{max}) zijn in het algemeen kleiner dan 0,40 m. De grootste golf die in de meetperiode is gemeten, overschrijdt net de hoogte van 1 m.
De golfperiode varieert tussen 4 en 8 seconde.
Als karakterisering voor deze locatie kan worden aangehouden, dat de golfhoogte gering is.

waterstand in schorkreken

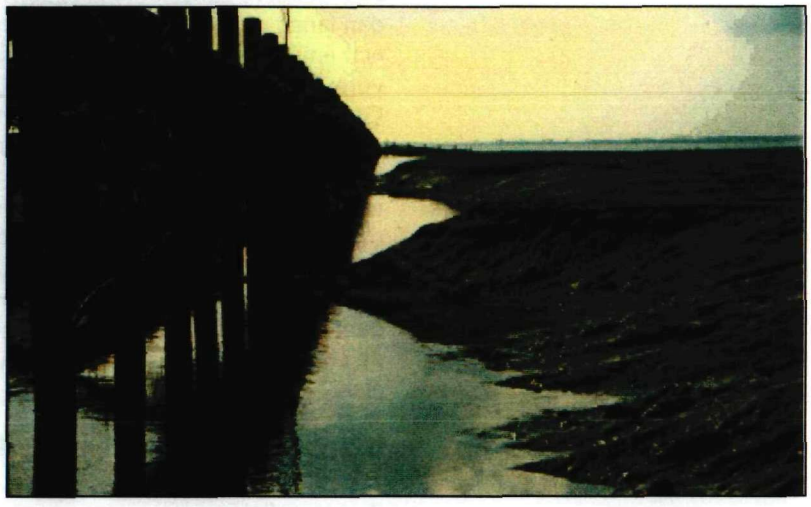
Vooraf is gesteld, dat de wateruitwisseling tussen het schor en het watersysteem niet mocht worden belemmerd ten gevolge van de aangebrachte kleibekleding.
Ter controle is in twee kreken de waterstand gemeten met een drukdoos. Een eventuele beïnvloeding van de waterstanden kan worden gereconstrueerd door voor vergelijkbare getij- en weersomstandigheden de grafieken van de waterstand te vergelijken met de gegevens van de drukdoos. Een andere mogelijkheid is om de waterstanden uit te drukken ten opzichte van de waterstand van een bekende, vaste meetlocatie, zoals deze op de Philipsdam (Oosterschelde zijde) aanwezig is. Als de coëfficiënten gelijk blijven, zijn de waterstanden in de kreken van het schor niet beïnvloed. Deze uitwerking is niet uitgevoerd, omdat achteraf is gebleken, dat het doorstromingsprofiel van de geulen niet is gewijzigd.
Door de Meetdienst Zeeland is de waterstand voor de meting in november 1993 uitgewerkt (bijlage 8). Het hoogwater komt in beide kreken vrijwel exact overeen, zowel wat betreft het tijdstip als de waterhoogte. Opmerkelijk is de fluctuatie van de waterstand in de vorm van een dubbele piek rond het tijdstip van hoogwater. Dit verschijnsel wordt mogelijk veroorzaakt door een resonantie van de

getijgolf. Het is niet waarschijnlijk, dat de dubbele piek wordt veroorzaakt door het boven een bepaald niveau vollopen van gebieden, die in verbinding staan met de schorkreken, omdat de waterhoogte waarop de dubbele piek optreedt, in hoogte varieert. De dubbele piek treedt niet op gedurende de volledige doodtij-springtij cyclus; omstreeks doodtij wordt een normale (enkele) piek tijdens hoogwater waargenomen.

4.2 Zuidgors

4.2.1 Visuele waarnemingen

Tijdens en direct na de aanleg van het experiment ontstonden naast de dammen relatief grote ontgrondingskuilen, vooral ter plaatse van de wiepen dammen (bijlage 9). Om de stevigheid van de constructie zo goed mogelijk te waarborgen zijn enkele keren werkzaamheden ter verbetering van de dammen (hoofdstuk 5.2) uitgevoerd (Houmes, 1993 en 1994).
De erosie van de rand van het schor heeft zich na de aanleg van de dammen gecontinueerd. Alle rijshouten dammen moesten worden verlengd in de richting van het schor om achterloopsheid te voorkomen. Met deze verlenging is overigens vooraf rekening gehouden.
Tussen de dammen is sediment afgezet. Van west naar oost nam de



Zuidgors
Onmiddellijk na de aanleg van de constructie zijn ontgrondingskuilen ontstaan die de standzekerheid van de dammen in gevaar brachten

hoeveelheid afgezet sediment toe. Dit komt overeen met de conclusie van Witteveen en Bos (1998), dat in oostwaartse richting een verschil in omvang bestaat van het getij residueel transport van sediment. De vijfde dam vanaf het westen stak in 1995 nog maar 0,1 m à 0,2 m boven het oppervlak van het slik uit. Normaliter had deze dam moeten worden verhoogd om een continuering van de sedimentatie te bewerkstelligen. Dit is wegens de extra kosten echter niet gedaan. Het slik direct vóór de dammen is verlaagd. Hierdoor vertoont het profiel van het slik net buiten de dammen een duidelijke knik.
Gedurende het najaar en de winter is het uiterlijk van het slik sterk bepaald door erosiekuilen en de vele kleirandjes. In het voorjaar en in de zomer is de bodem bedekt met een matig geconsolideerde sliblaag, met een dikte variërend van 0,02 m tot 0,10 m. Deze sliblaag is van de rand van het schor tot de laagwaterlijn aangetroffen. Op het slib is soms een groenige laag zichtbaar, die bestaat uit op en in de bodem levende algen. Hiervan is bekend, dat dit een grotere bodemsterkte tot gevolg heeft (Kornman 1998). Zo'n laagje kan dus remmend werken op een optredende erosie.

Door de sliblaag is het slik hydraulisch gezien zeer "glad" geworden. Het gevolg hiervan is, dat de stroomsnelheden vlak boven de bodem hoger zijn dan normaal kan worden verwacht.
Na de eerste stormen in het najaar verdwijnt de sliblaag ten gevolge van de door de turbulentie van windgolven veroorzaakte resuspensie. Het slik is dan zandig en er worden stroomribbels waargenomen
De kreken hebben, zowel in het schor als op het slik, een zachte bodem. Door de verhoging van het slik tengevolge van sedimentatie op de bezinkvelden, zijn de kreken daar dieper geworden. Van een aantal kreken verandert de plaats van de bedding. De ontgrondingskuil van de wiepen dammen gaat als nieuwe bedding functioneren. Dit is ongewenst in verband met de standzekerheid van de dammen. Na het najaar van 1994 zijn de dammen niet meer onderhouden; vanaf het najaar in 1995 zijn ze in verval te geraakt. De vulling van rijshout en de wiepen zijn langzamerhand verouderd Mede door de ijsgang in 1997 zijn de vulling en de wiepen langzamerhand uit de constructie verdwenen.
Na een controle in het begin van 1998 is gebleken, dat alleen de dennen palen nog in de bodem staan, de vulling tussen de palen is geheel verdwenen.
Het blijkt niet zo te zijn, dat de in de jaren ontstane laag sediment door de afbraak van de dammen plotseling geheel verdwijnt. Er is het laatste jaar slechts een geringe erosie opgetreden De oorzaak hiervan moet worden gezocht in een na-ijl effect van de ontwikkelingen en van de invloed van de open paalrijen, die de stroming nog in een geringe mate beinvloeden Langs de oostzijde van elke paalrij ligt het sediment hoger dan langs de westzijde. Het lengteprofiel van het slik heeft hierdoor een enigszins getande vorm gekregen, min of meer analoog aan de vorm van een zandkust die van paalhoofden is voorzien.
Opmerkelijk is, dat er in 1993 twee pollen *Spartina* op het slik worden waargenomen. In 1998 is gebleken dat deze ontwikkeling zich heeft gecontinueerd. Er zijn meer zones met een beginnende ontwikkeling van *Spartina* zichtbaar. Deze zones liggen zowel binnen als buiten de dammen op ongeveer 50 meter voor de rand van het schor. Op enkele plaatsen beslaat de *Spartina* een oppervlakte van meer dan 10 m^2.
Het slik oostelijk van de dammen is ten gevolge van de werking van de dammen verhoogd Dit deel bevindt zich min of meer in de luwte van de constructie.

4.2.2 Morfologische ontwikkelingen

dwarsprofielen
achteruitgang schorrand
In bijlage 10 is de jaarlijkse achteruitgang van de rand van het schor uitgezet. De achteruitgang laat een wisselend beeld zien, zowel bij de raaien in de omgeving van het experiment als bij de raaien 2 en 6 buiten het experiment, die zijn bedoeld als referentie voor het aangeven van de autonome ontwikkeling.
De rand in de raaien 2 en 6 is tot eind 1994 circa 2 m per jaar achteruitgegaan. Tot eind 1995 is de achteruitgang toegenomen tot 4,5 m respectievelijk 8 m per jaar Hierna heeft een afname plaatsgevonden tot circa 3 m per jaar.
De achteruitgang van de schorrand tussen de dammen ter plaatse van meetraai 4 is ongeveer gelijk aan de gemiddelde achteruitgang van de raaien 3 en 5. Voor de aanvang van het experiment is de achteruitgang ter plaatse van de locatie van het experiment aanzienlijk groter dan de achteruitgang ter plaatse van de referentie-raaien. Een goede onderlinge vergelijking is daardoor niet mogelijk. Tot december 1994 is de achteruitgang in raai 4 verminderd van 7 m per jaar tot 2,5 m per jaar Na een sterke toename in 1995 heeft weer een even sterke

afname plaatsgevonden in het jaar erna. Gesteld kan worden, dat de gemiddelde achteruitgang van de raaien 3, 4 en 5 verminderd is van circa 5,40 m per jaar in 1992 en 1993, tot circa 2,20 m per jaar in 1996 en 1997. In dezelfde periode is de achteruitgang in de referentieraaien toegenomen van circa 2,50 m per jaar tot circa 4,60 m per jaar.
Opgemerkt wordt, dat de ontwikkeling van de rand van het schor in het gehele gebied ongelijkmatig verloopt; er is een zone met een zeer grote achteruitgang en er zijn zones met een matig grote achteruitgang. Hierdoor heeft de ruimtelijke referentie een beperkte waarde. Toch kan op grond van de metingen worden geconcludeerd dat de achteruitgang van de rand van het schor ter plaatse van de bezinkvelden aanzienlijk is verminderd.
Opgemerkt wordt, dat voor de uitvoering van het experiment in 1992 met opzet een locatie met een grote achteruitgang van de rand van het schor is gekozen. Volgens de Vereniging Natuurmonumenten bedroeg de achteruitgang op die plaats, volgens een globale meting, ongeveer 10 m per jaar. Deze achteruitgang wordt bevestigd door de resultaten van de metingen in raai 4 en 5 in 1992. De achteruitgang op jaarbasis bedroeg daar meer dan 7 m, gemeten in een zomerseizoen.

Ontwikkeling bodemhoogte vóór het klif
Om een indruk te verkrijgen van de ontwikkelingen van de bodemhoogte vóór het klif is steeds op een afstand van 10 m en 20 m voor het klif het hoogteverschil bepaald tussen het slik en de bovenzijde van het schor. Doordat het klif landwaarts verplaatst, verplaatst ook de positie waar het hoogteverschil is bepaald. De resultaten zijn uitgezet in bijlage 11A en 11B.
In de referentieraai 2 is het hoogteverschil op een afstand van 10 m en 20 m voor het klif, gedurende de gehele periode ongeveer gelijk gebleven; in raai 6, de andere referentieraai, is een vermindering van het hoogteverschil zichtbaar. In de onderzoeksperiode is in deze raai op 10 m voor het klif het hoogteverschil met circa 0,10 m en op 20 m voor het klif met circa 0,25 m verminderd.
Vanaf december 1994 is de ontwikkeling in raai 4 ongeveer gelijk aan het gemiddelde van de ontwikkelingen in de raaien 3 en 5. Gedurende de periode mei 1992 tot september 1996 is een vermindering van het hoogteverschil zichtbaar van 0,40 m à 0,50 m.
Plaatselijk, direct ten oosten van de dammen, is het hoogteverschil tussen het slik en de bovenzijde van het schor het meest verminderd. Dit is visueel geconstateerd en is niet door een meting vastgelegd.
De geconstateerde vermindering van de klifhoogte is aanzienlijk maar kennelijk nog onvoldoende om de achteruitgang van de rand van het schor tot stilstand te brengen.

profiel slik
Uit de opgenomen dwarsprofielen (bijlage 12A tot en met 12E) is de ontwikkeling van de bodemhoogte van het slik te beoordelen. Door de verlaging van het lagere deel van het slik is het profiel van de vooroever ter hoogte van raai 2 gedurende de proefperiode iets steiler geworden. De overige dwarsprofielen zijn op overeenkomstige wijze veranderd. Het hogere deel van het slik, tussen en naast de aangelegde dammen, is verhoogd. Hierdoor is in de omgeving van de dammen een steiler gedeelte ontstaan in het dwarsprofiel van de vooroever. Deze hellingsknik is in de loop van de tijd steeds meer geprononceerd, doordat enerzijds erosie optreedt en anderzijds sedimentatie voorkomt. Een jaar nadat is gestopt met het onderhoud is bijna overal een geringe verlaging zichtbaar in het gehele dwarsprofiel. Het is mogelijk dat de verlaging van het slik mede is veroorzaakt door het opdringen van de voor het slik lopende geul, omdat een opdringende geul in beginsel een algemene verlaging van het dwarsprofiel tot gevolg heeft.
In tabel 4.2 zijn de hoogten in verschillende jaren aangegeven op een

Tabel 4 2
Zuidgors, hoogte-ontwikkeling slik

Raai	afstand	mei 1992	nov.1992	dec.1994	sept 1996	nov. 1997
2	100	0,96	0,90	0,81	0,81	?-0,08
	150	0,28	0,26	0,14	0,03	-0,21
	250	-0,90	-0,93	-1,17	-1,42	-1,42
	350	*	*	*	*	*
3	100	1,10	1,12	1,28	1,35	1,27
	150	0,76	0,78	0,89	0,86	0,67
	250	-0,29	-0,31	-0,55	-0,89	-1,10
	350	-1,39	-1,47	-1,50	-1,84	*
4	100	1,19	1,19	1,37	1,49	1,47
	150	1,03	1,08	1,24	1,24	1,29
	250	0,43	0,42	0,07	0,04	-0,09
	350	-0,49	-0,59	-0,81	-1,00	-1,23
5	100	1,23	1,33	1,49	1,55	1,51
	150	0,99	1,12	1,25	1,42	1,35
	250	0,64	0,61	0,64	0,63	0,35
	350	0,00	-0,05	-0,32	-0,47	-0,60
6	100	*	1,28	1,55	1,60	1,56
	150	*	1,17	1,40	1,51	1,42
	250	*	0,72	0,77	0,65	0,37
	350	*	0,14	-0,09	-0,21	-0,49

Toelichting:
hoogten in m ten opzichte van NAP
* niet gemeten

aantal vaste afstanden in de raaien. De afstand van 100 m ligt binnen de contour van de aangelegde dammen; de afstand van 150 m ligt voor raai 4 net binnen de contour van de dammen en voor de overige profielen buiten de dammen. De afstand van 250 m en 350 m ligt overal buiten de begrenzing van de dammen

De referentie-raaien 2 en 6 laten een verschillende ontwikkeling zien in de zone tot 150 m vanaf de meetlijn. Raai 2 vertoont in 5,5 jaar een voortdurende erosie, zowel voor, tijdens, als na de experimentele periode. De verlaging van het slik varieert in deze raai veelal van 0,04 m tot 0,06 m per jaar. In raai 6 daarentegen is de bodem verhoogd. In de periode 1992-1994 is de totale verhoging circa 0,25 m en tot 1996 is nog een extra verhoging van 0,05 m à 0,10 m ontstaan. Daarna is een geringe erosie opgetreden. De oorzaak van de sedimentatie in raai 6 moet worden gezocht in de luwte-werking van de dammen ten opzichte van de dominante vloedstroming. Op een afstand van 250 m tot 350 m van de meetlijn is het slik in beide referentie-raaien verlaagd. Deze verlaging is overal aanzienlijk: 0,35 m tot 0,65 m in vijf jaar.
De raaien 3, 4 en 5, die in of in de onmiddellijke omgeving van het proefgebied liggen, laten een ontwikkeling zien conform raai 6. Vanaf de start van het experiment is tot september 1996 op 100 m en 150 m vanaf de meetlijn het slik verhoogd met 0,10 m tot 0,45 m. De kleinste verhoging heeft plaatsgevonden in raai 3, welke westelijk van de dammen aan de ongunstige zijde is gesitueerd
De aanzienlijke verlaging die optrad in raai 2 en 6 buiten de dammen, heeft ook in de overige raaien plaatsgevonden. De verlaging tot 1994

Zuidgors
Een niet zo vaak voorkomend beeld in de Westerschelde; in januari 1997 beproefden ijsschotsen de sterkte van de palen.

is voor een deel het gevolg van de aangelegde dammen. Deze verlaging varieert van 0,10 m tot 0,35 m in 2,5 jaar; daarna is de verlaging gecontinueerd: 0,15 m tot 0,55 m in 2 jaar. Deze verlaging is zeer groot en levert geen goede vooruitzichten op voor een langdurige instandhouding van de rand van het schor.

Erosie-sedimentatie slik
Op 9 plaatsen is de hoogte-ontwikkeling op het slik nauwkeurig bepaald (bijlage 13A, 13B en 13C). Vanzelfsprekend leveren deze nauwkeurige erosie-sedimentatie metingen een overeenkomstige ontwikkeling op als de geconstateerde ontwikkeling in de dwarsprofielen.
De bodem ter plaatse van de meetpunten 1201, 1204 en 1207, alle gesitueerd op ongeveer 50 m voor de oorspronkelijke rand van het schor, is door sedimentatie opgehoogd. De bodem ter plaatse van de overige vaste meetpunten, die buiten de dammen liggen op een afstand van ongeveer 175 m tot 375 m vanaf de rand van het schor, is door erosie verlaagd.
In de ontwikkeling van de hoogte van het slik kunnen fluctuaties per seizoen worden waargenomen; een stabilisatie of verhoging in het voorjaar en in de zomer en een verlaging in het winterseizoen. Deze seizoensdynamiek wordt veroorzaakt door een verschil in golfklimaat. Hieruit blijkt, dat het golfklimaat voor de slikmorfologie op het Zuidgors van groot belang is.
Op de vaste meetpunten is in oktober 1992 een duidelijke trendbreuk zichtbaar. Dit is de maand waarin het experiment op deze locatie werd gerealiseerd. Bij de meetpunten in de omgeving van het klif is op dat moment een sedimentatie ontstaan, terwijl bij de overige meetpunten in het algemeen een vergroting van de erosie zichtbaar is.
De mate van erosie en sedimentatie na de trendbreuk liep nogal uiteen. Op de hoogst gelegen meetlocaties varieerde de sedimentatie van 0,31 m tot 0,34 m; op de meetlocaties in de zone omstreeks NAP (1202, 1205 en 1208) varieerde de erosie van 0,42 m tot 0,69 m en op de meetlocaties in de lage zone (1203, 1206 en 1209) varieerde de erosie van 0,34 m tot 0,71 m.

Uit het verloop van de grafisch weergegeven ontwikkelingen in bijlage 13 is duidelijk zichtbaar dat de constructie bijzonder grote invloed heeft gehad op de bodemligging van het Zuidgors. Als het experiment niet was aangelegd, had het niveau van de hoogst gelegen meetpunten in de tijd min of meer een overeenkomstig verloop moeten vertonen met het niveau van de lager gelegen meetpunten. In de lager gelegen meetpunten is een erosie van circa 0,50 m opgetreden; in de hoger

Tabel 4.3
Zuidgors, erosie en sedimentatie

LOCATIE	HOOGTE		VERSCHIL	DIEPSTE METING		HOOGSTE METING	
	aanvang maart 1992	einde dec 1997		hoogte	datum	hoogte	datum
1201	1,133	1,310	0,177	1,133	3-1992	1,444	9-1995
1204	1,231	1,548	0,317	1,227	5-1992	1,562	11-1995
1207	1,252	1,581	0,329	1,252	3-1992	1,595	10-1997
1202	0,307	-0,069	-0,376	-0,069	12-1997	0,355	6-1992
1205	0,435	-0,126	-0,561	-0,126	12-1997	0,435	3-1992
1208	0,497	-0,125	-0,622	-0,125	12-1997	0,568	6-1992
1203	-0,861	-1,126	-0,265	-1,132	9-1995	-0,792	6-1992
1206	-0,753	-1,451	-0,698	-1,451	12-1997	-0,737	6-1992
1209	-0,621	-1,196	-0,575	-1,196	11-1997	-0,510	6-1992

Toelichting
hoogte in m ten opzichte van NAP

gelegen meetpunten trad echter een verhoging op van circa 0,30 m. Op grond hiervan kan worden geconcludeerd dat de constructie in beginsel beter heeft gefunctioneerd dan uit de metingen op één vast meetpunt blijkt. Als rekening wordt gehouden met een aanmerkelijke erosie van het gehele slik, heeft er in feite ter plaatse van de bezinkvelden, een belangrijke verhoging plaatsgevonden.
In tabel 4.3 staan de belangrijkste waarnemingen samengevat.

Digitale Terrein Meting
In oktober 1992 en november 1994 is de bodemhoogte van het slik en de eerste 5 meter van het schor gedetailleerd ingemeten (bijlage 14A). Uit de verschilkaarten (bijlage 14B) blijkt de optredende achteruitgang van de rand van het schor en de algemene verlaging van het slik buiten de dammen.
Ten westen van de dammen is het slik verlaagd. De verlaging is in sterkere mate opgetreden op het slik in de zone tussen de buitenste dammen en de voor het slik liggende geul. Het slik in de omgeving van de bezinkvelden is opgehoogd, vooral langs de dammen. Opvallend is de luwe zone die de dammen hebben veroorzaakt in het gebied oostelijk van het experiment. De dominerende vloedstroom (Witteveen en Bos, 1998), die in dit gebied optreedt, is hier duidelijk zichtbaar. De overgang tussen erosie en sedimentatie strekt zich over het slik uit als een vloeiende lijn van west naar oost.
Het opdringen van een getijgeul heeft in principe een algehele profielaanpassing tot gevolg. Vermoed wordt daarom, dat de algehele verlaging van het slik, niet is ontstaan als gevolg is van de aanleg van de dammen, maar door het opdringen van de voor het slik lopende getijgeul.

hoogte-ontwikkeling schor
Ter plaatse van de meetpunten, die in de omgeving van de rand van het schor liggen, is het schor over een periode van 5 jaar tussen de 40 mm en 200 mm opgehoogd (bijlage 15A tot en met 15D). De raaien A en C, waar de grootste sedimentatie heeft plaatsgevonden, liggen aan relatief kleine kreken op vergelijkbare afstand van de rand van het schor. Opvallend is, dat de ophoging op de langs de kreken

liggende oeverwallen soms kleiner is dan de ophoging in de kommen, gelegen tussen de kreken. In raai B, dat vlak bij de rand van het schor is aangelegd, bedraagt de verhoging plaatselijk meer dan 50 mm in een periode van 8 maanden. Hierna is het meetpunt door erosie van de rand van het schor, geheel verdwenen. De sterke verhoging in de nabijheid van de rand van het schor treedt op, doordat van een eroderende schorrand, sediment op het schor terecht komt. Zo ontstaat een pseudo-oeverwal. Deze oeverwal verplaatst zich met de erosie van de rand van het schor. Dit is ook zichtbaar in de ophoging in raai A op 11-12 m en raai C op 19-20 m, beide gelegen in de kommen. Hier zijn na een sterke sedimentatie nieuwe kaolien-veldjes aangelegd.
Op grond van de geproduceerde gegevens kan geen uitspraak worden gedaan over de eventuele invloed van de dammen op de hoogte-ontwikkeling op het schor. Dit komt, omdat geen referentie-raaien buiten het experiment aanwezig zijn en omdat het niet mogelijk is een autonome ontwikkeling vast te stellen na een meetperiode van slechts een half jaar.
In vergelijking met andere schorren langs de Westerschelde is de hier optredende verhoging ongeveer even groot.

luchtfoto's
In bijlage 16A is de ligging van het klif weergegeven in verschillende jaren. De positie van het klif is gereconstrueerd aan de hand van luchtfoto's uit de jaren 1935, 1959, 1970, 1978 en 1988. Opvallend is de grote uitbreiding van het schor in de periode van 1935 tot 1959. De rand van het schor in het westelijke deel is daarna weinig meer verplaatst. Het schor in het oostelijke deel is tot 1978 verder uitgebreid. Na 1978 is vooral het gedeelte waar nu de proef is gesitueerd, gaan eroderen. Het oostelijke deel van de schor is in die periode nog uitgebreid. De rand van het schor is daardoor als het ware rechtgetrokken.
In december 1992 zijn ten behoeve van een vegetatie-opname opnieuw luchtfoto's gemaakt. In 1996 is de positie van de rand van het schor, gevormd door de begroeiingsgrens, nauwkeurig ingemeten door de Meetkundige Dienst. In bijlage 16B staan deze twee opnamen aangegeven.
Uit de gegevens valt af te leiden dat inmiddels de gehele rand van het schor aan erosie onderhevig is. Gemeten van de kaart, bedraagt de erosie in het westelijke deel in een periode van ruim drie jaar, 15 m à 20 m. In het middendeel bedraagt de erosie 10 m à 15 m en in het oostelijke deel 5 m à 10 m. De op deze wijze bepaalde erosie is iets kleiner dan uit de resultaten van de nauwkeurigere metingen van de dwarsprofielen blijkt

Ontwikkeling geul
In bijlage 17A, 17B en 17C staat op verschilkaarten de ontwikkeling van de voor het slik liggende geul aangegeven voor de jaren 1990 tot 1997. Deze verschilkaarten zijn gebaseerd op de vaklodingen die volgens een standaard meetprogramma regelmatig worden opgenomen. De vaklodingen bezitten een nauwkeurigheid van enkele decimeters, zodat de verschilkaarten alleen goed te gebruiken zijn voor het beschouwen van tendensen; ze zijn niet geschikt voor een nauwkeurige analyse van de ontwikkelingen.
Als de verschilkaart van 1990 en 1992 (bijlage 17A) wordt beoordeeld, valt op dat langs de oever tot de lijn van NAP -10 m bijna overal erosie is opgetreden. Alleen westelijk van de haven van Ellewoutsdijk en langs de oostelijke rand heeft sedimentatie plaatsgevonden. Bijna alle dieptelijnen zijn in de richting van het schor opgeschoven. De erosie is aanzienlijk. Midden voor het schor is in deze korte periode een verdieping van 1 m ontstaan.

De verschilkaart van 1992 en 1994 (bijlage 17B) vertoont een wat vriendelijker beeld. Toch is de verlaging van de bodem tot een diepte van NAP -5 m gecontinueerd; plaatselijk komt nog een verdieping voor van 0,80 m.
Ook op de verschilkaart van 1994 en 1997 (bijlage 17C) is een voor de instandhouding van het schor ongunstig beeld zichtbaar. Een flinke sedimentatie in de westelijke zone wordt gevolgd door een aanzienlijke erosie in het midden en oosten van het weergegeven gebied.
De oorzaak van deze ontwikkelingen moet waarschijnlijk worden gezocht in de kortsluiting van de geul Everingen met het Middelgat (figuur 2.2), net ten zuiden van de Plaat van Baarland. Deze geul heeft zich de laatste jaren sterk ontwikkeld
De geul vóór het Zuidgors, een noordelijke tak van de Everingen, laat over de afgelopen 50 jaar een wisselend verloop zien in de migratie. Van 1935 tot 1978 is de laagwaterlijn naar het zuiden verplaatst. Het laatste decennium is de laagwaterlijn juist naar het noorden, in de richting van het schor, gemigreerd. Deze migratie is vooral groot in het westelijke deel van het slik. De geul is van 1978 tot 1988 circa 80 m in de richting van het schor verplaatst. De slikbreedte is hierdoor verminderd. In de periode hierna heeft deze ontwikkeling zich voortgezet. In de omgeving van het experiment is de laagwaterlijn in de periode 1990-1997 circa 100 m in de richting van het schor verplaatst.
De laagwaterlijn van 1988 ligt in het oostelijke deel ongeveer op dezelfde plaats als in 1970. De fluctuaties zijn hier over het algemeen groter omdat de helling van het slik flauwer is. Een klein hoogteverschil betekent hier een relatief grote verplaatsing van een dieptelijn. Het oostelijke deel wordt ook beïnvloed door de ontwikkelingen in het Boerengat Deze kortsluitgeul ten oosten van het Zuidgors is sinds de zestiger jaren sterk in betekenis afgenomen. De geul is verondiept en de westelijke inloop voor het Zuidgors valt bij laagwater droog. Het is niet onderzocht of deze morfologische veranderingen het stroombeeld op het hoge slik voor het Zuidgors hebben beïnvloed.

Het is opvallend dat juist het gebied waar het slik naar verhouding het sterkst is versmald en steiler is geworden, de rand van het schor relatief weinig is verplaatst De laagwaterlijn in het oostelijke deel is het laatste decennium in de richting van het schor opgeschoven. De rand van het schor volgt deze migratie met een zekere vertraging.
Op grond van de hier weergegeven grootschalige ontwikkelingen kan worden voorspeld, dat de rand van het schor nog vele jaren een achteruitgang zal blijven vertonen.

4.2.3 Hydrodynamische processen

golven
De golven zijn continu gemeten in de periode april 1993-mei 1994. Deze periode is aanzienlijk korter dan de experimentele periode. De meetperiode van de golven is te kort om een compleet beeld te verkrijgen van het heersende golfklimaat op deze locatie.
De golfgegevens zijn verzameld op een bodemhoogte van NAP -1 m. Deze bodemhoogte is tijdens de opnameperiode circa 0,15 m verdiept
De golven worden opgewekt door de wind; de golfhoogte is afhankelijk van de waterdiepte en de strijklengte (fetch) over het water met de daarbij behorende windsnelheid. Op deze locatie komen vooral golven voor uit de richting tussen oost, zuid en west. De fetch is dan steeds groter dan 5 km. Veelal komen zandbanken voor, die een dempend effect hebben op de golfhoogte. Naarmate de waterstand lager is, is dit dempend effect groter
De golfhoogte wordt in het algemeen gekarakteriseerd door de significante golfhoogte (H_S), dit is de gemiddelde golfhoogte van het

hoogste derde deel van de gemeten golven.
Ter indicatie van de optredende golfhoogten op het niveau van NAP -1 m à NAP -1,15 m is de gemiddelde H_S per dag uitgewerkt. De H_S, die hoger is dan de gemeten golfhoogte bij Anna Jacobapolder, ligt veelal tussen 0,10 m en 0,20 m. In de periode van november 1993 tot april 1994 komen een aantal uitschieters voor tot 0,40 m à 0,50 m. Bij een gemiddelde windsnelheid van 16 m/s (8 Bft.) uit het zuidwesten is de hoogste gemiddelde H_S in deze periode gemeten: 0,53 m.
De grootste H_S (gemiddelde van 5 minuten) is gemeten op 9 december 1993. Bij een gemiddelde windsnelheid van ongeveer 22 m/s (10 Beaufort) en een westelijke windrichting is een significante golfhoogte van 1,01 m gemeten.
De grootste golven (H_{max}) die hier voorkomen zijn regelmatig groter dan 1 m. Deze golven komen alleen voor bij een windrichting uit het zuidwesten. De grootste golf die in de meetperiode is gemeten, heeft een hoogte van 1,70 m.
De golfperiode varieert tussen 3 en 6 seconden; bij relatief grote golven komen perioden voor tot 9 seconden.

Door Hendrikse (1993) is het golfklimaat onderzocht bij windsnelheden van 12 m/s tot 23 m/s (windkracht 6 tot 10 Beaufort) in de Everingen te zuidwesten van Ellewoutsdijk. Bij een windkracht van 9 Bft bedraagt de gemiddelde golfperiode in het "diepe" water 4 tot 6 seconden. De hoogste golven worden gemeten bij een windrichting tussen de 250° en 290° (westelijke tot noordwestelijke wind). Tijdens de stormen van 11-11-'92 en 25-01-'93 met een windkracht van 10 en 9 Bft, uit een westnoordwestelijke richting, zijn maximale golfhoogten (H_{max}) gemeten van respectievelijk 1,60 m en 1,90 m. De significante golfhoogte ligt dan ongeveer tussen 1 m en 1,20 m. De golven, die uiteindelijk het schor bereiken zijn kleiner, door energieverlies ten gevolge van bodemwrijving, refractie en diffractie.

Als karakterisering voor deze locatie kan worden aangehouden, dat sprake is van een aanzienlijke golfbelasting.

waterstand in schorkreken
Vooraf is gesteld, dat de wateruitwisseling tussen het schor en het watersysteem niet mocht worden belemmerd ten gevolge van de aangebrachte constructie.
Ter controle is in twee kreken de waterstand gemeten door middel van een drukdoos. Een eventuele beïnvloeding van de waterstand kan worden gereconstrueerd door voor vergelijkbare getij- en weersomstandigheden de elders opgenomen waterstand te vergelijken met de gegevens van de drukdoos.
Deze uitwerking is niet uitgevoerd, omdat een exacte vergelijking niet mogelijk blijkt te zijn wegens lokale omstandigheden en meteorologische verschillen. Eén der geulen is door de opgetreden sedimentatie dieper in het slik komen te liggen. Hierdoor zal de afvoer van het water iets belemmerd zijn.
Achteraf bezien, is de gestelde eis ook minder relevant. De afvoer van water via de geulen moet worden gezien als een bij een schor behorend fenomeen. Zo zal sedimentatie op het schor een kleinere komberging veroorzaken, waardoor minder water door de geulen behoeft te worden aan- en afgevoerd; sedimentatie vóór het schor levert een kleine profielvernauwing en een verlenging van de geul op. Dit veroorzaakt een vertraging in de afvoer van het water. Door erosie wordt de afwatering van het schor ook beïnvloed. Erosie van de rand van het schor veroorzaakt kortere schorgeulen. Het water wordt dan gemakkelijker aan- en afgevoerd. Erosie van het slik levert ook een grotere afvoer op omdat de geul dan een ruimer profiel verkrijgt.

vervalmetingen over het slik
Op het slik zijn op twee punten de waterstanden gemeten in de richting van de stroming, om na te gaan of de vervallen tijdens de maximum stroming ten gevolge van het experiment meetbaar zijn veranderd.
Bijlage 18 geeft een indruk van het optredende verval op 16 juni 1992, gedurende een deel van de getijcyclus. De metingen zijn gecorrigeerd voor een geconstateerde systematische fout in de hoogteligging van de twee meetpunten. Het maximale verval in de meetpunten tijdens vloed bedraagt ongeveer 0,10 m; tijdens de maximum eb is dit ongeveer 0,04 m. Het verschil in verval tussen vloed en eb wordt veroorzaakt door het verschil in de stroomsnelheid tussen eb en vloed.
Niet alle gegevens zijn uitgewerkt , omdat de vergelijking tijdens de wisselende omstandigheden (fase in de getijcyclus, windrichting, windsnelheid) met een beperkt aantal metingen niet mogelijk is.
Tijdens de experimentele periode zijn geen vervalmetingen verricht.

Stroming
drijvermetingen
Vóór de aanleg van de dammen zijn omstreeks het springtij op 30 juni 1992, drijvermetingen uitgevoerd op het slik van het Zuidgors bij vloed en de daaropvolgende eb. De resultaten zijn weergegeven in bijlage 19A, 19B en 19C voor de situatie waarin onder andere de hoogste stroomsnelheden optreden tijdens de vloed- en de ebfase. Tijdens de maximum vloed (bijna hoogwater) volgt de stroming min of meer de lijn tussen het haventje van Ellewoutsdijk en de dijk ten oosten van het Zuidgors. Dit is vrijwel evenwijdig aan de ligging van de huidige rand van het schor. Direct na de stroomkentering volgen de stroombanen eerst de helling van het slik (traagheidsstroming) om vervolgens nabij de geul bij te buigen in een duidelijke zuidwestelijke richting. Ongeveer één uur na hoogwater stroomt het water in vrijwel tegengestelde richting als de vloed. De stroomsnelheid is op het niveau van NAP tijdens vloed ongeveer 1,25 m/s en tijdens eb 0,75 m/s. Dicht bij de rand van het schor komen stroomsnelheden voor van meer dan 0,70 m/s.

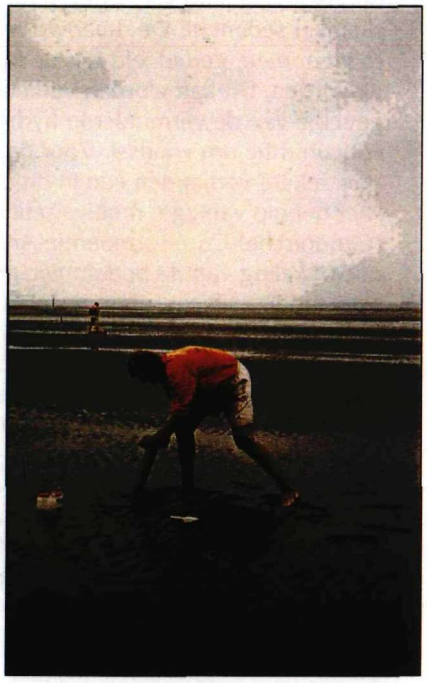
stroomsnelheidsmeting
Op verschillende vaste plaatsen en op verschillende niveaus zijn op het slik de optredende stroomsnelheden gemeten. Vooral de snelheden tijdens de vloedfase zijn hoog. Dit is ook tijdens de drijvermetingen geconstateerd. De maximum stroomsnelheid is vaak hoger dan 1 m/s. Een voorbeeld van de gemeten stroomsnelheden is gegeven in bijlage 20A en 20B.

Concentratie zand en slib
De resultaten van de metingen van de concentratie aan zand- en slib op het slik zijn gepresenteerd in bijlage 21A voor de ebfase en bijlage 21B voor de vloedfase. In de waterkolom zijn een reeks metingen verricht op een hoogte boven de bodem tussen 0,07 m en 1,05 m. Alle waarnemingen zijn in de grafiek weergegeven. Volgens de verwachting zijn de hoogste concentraties waargenomen vlak boven de bodem en de laagste concentraties op 1,05 m boven de bodem. Door een storing in de apparatuur is de concentratie en de stroomsnelheid niet gelijktijdig gemeten.
De concentratiemeting tijdens de ebfase is circa 1,5 uur na de hoogwaterkentering gestart; dit is ongeveer 45 minuten na de stroomkentering. De concentratie aan slib is in het begin vrij hoog. Er treden grote variaties op. Ongeveer 1,5 uur voor het droogvallen van de meetlocatie, is de concentratie aan slib afgenomen van ruim 600 mg/l tot 100 à 300 mg/l. De zandconcentratie is in het algemeen kleiner dan 100 mg/l. Alleen rond 10.00 uur zijn hogere

zandconcentraties gemeten, met een maximum van 350 mg/l. De maximum concentratie treedt op vlak na de maximum stroomsnelheid. Tijdens de vloedfase neemt, na het onderlopen van het slik, de concentratie aan slib toe van 250 mg/l tot maximaal 600 mg/l. Hieruit blijkt, dat het slib in de ondiepe waterkolom snel in suspensie is geraakt en goed over de gehele verticaal is verdeeld. Na het maximum om 16.45 uur is de concentratie verminderd tot waarden van 200 mg/l tot 400 mg/l. De invloed van de stroomkentering is duidelijk zichtbaar. Na 20.00 uur loopt de concentratie snel terug tot circa 50 mg/l. De zandconcentratie vertoont tijdens de hoogste stroomsnelheid een duidelijk maximum rond 19.00 uur. Vlakbij de bodem is de zandconcentratie het hoogst, 350 mg/l. Op 1,05 m boven de bodem is de zandconcentratie verminderd tot 100 mg/l. De maximale zandconcentratie tijdens de vloedfase is gedurende lange tijd groter dan tijdens de ebfase, zodat geconcludeerd kan worden dat het transport van zand hier vloedgedomineerd is. Dit komt overeen met de conclusie van Witteveen en Bos (1998).
Aan de hand van deze metingen is niet vastgesteld of het slibtransport wordt gedomineerd door een eb- of een vloedtransport.

4.2.4 Bodemdieren en sediment

Omdat een kans bestond dat de populatie aan bodemdieren ten gevolge van het experiment zou veranderen, zijn de effecten van de bodemveranderingen op de bodemdieren (macrozoöbenthos) onderzocht (Stikvoort, 1995). Het macrozoöbenthos bestaat uit diertjes die in of op de bodem leven en zo groot zijn dat ze op een zeef met een diameter van 1 mm achterblijven.
Op drie locaties (bijlage 2) werden jaarlijks, in de maanden april en september, bodemdieren met behulp van steekbuizen bemonsterd. Twee locaties bevonden zich tussen de aangelegde dammen (B1 en B2) en één westelijk van de constructie (B4). Tegelijkertijd werden op deze locaties ook monsters genomen van het sediment, teneinde de mogelijke veranderingen in de samenstelling van het benthos te kunnen verklaren. Alle monsters van het sediment zijn geanalyseerd; van de bemonsteringen van de bodemdieren, zijn alleen de monsters geanalyseerd uit de periode 1992-1994.
De bemonsteringen die in 1992 werden uitgevoerd, zijn bedoeld om de uitgangssituatie (T0) vast te leggen, voor zowel het voor- als het najaar. Omdat de samenstelling van de bodem en het benthos van jaar tot jaar aanzienlijk kan verschillen, diende de locatie ten westen van de constructie als geografische referentie, om de autonome ontwikkeling te volgen.



Zuidgors
Met een steekbuis worden de bodemdieren verzameld; na het zeven vindt een analyse in een laboratorium plaats.

samenstelling sediment
Van de sediment-monsters zijn de mediane korrelgrootte (D50) en het gehalte aan slib, humus en kalk bepaald. De mediane korrelgrootte is vastgesteld aan de hand van de fractionele verdeling van de zeefanalyse. Van de korrels heeft 50% een kleinere diameter dan de mediane waarde. Uit de

analyses van het sediment blijkt, dat de constructie invloed heeft gehad op de samenstelling van het sediment van alle bemonsterde locaties. Duidelijk blijkt dat er een afname is van de mediane korrelgrootte (bijlage 22A) van ongeveer 100 µm tot ongeveer 70 µm. Ook na het in verval raken van de constructie lijkt de mediane korreldiameter te zijn gestabiliseerd op 70 µm. De piek, die in het najaar van 1996 is opgetreden, zou mogelijk verklaard kunnen worden door een zomerstorm, die 6 dagen voor de meting is opgetreden. Voorts blijkt, dat het slibgehalte (dit is het bodemmateriaal kleiner dan 16 µm) hoger is geworden (bijlage 22B). Gesproken kan dus worden van een verslibbing van het sediment. Dit was conform de verwachting (Consemulder, 1992). Ten gevolge van de ontwikkelingen buiten de dammen bleek de locatie van de geografische referentie helaas (althans voor dit onderzoek) te zijn beïnvloed, zodat geen goede referentie beschikbaar is voor het vergelijken van de opgetreden ontwikkelingen.

bodemdieren

Van de uitgewerkte monsters met bodemdieren zijn de soorten, de aantallen en de biomassa bepaald.
Het macrozoöbenthos bleek, met name op de locaties B1 en B4, rijk genoemd te kunnen worden. De dichtheden en biomassa's behoren tot de hoogste die in het westelijke deel van de Westerschelde op de slikken en platen worden gevonden.
De totale dichtheden lijken na de aanleg van de constructie toe te nemen, maar bereiken geen waarden die duidelijk boven de oorspronkelijke waarden liggen (bijlage 23A). Een eventuele toename zou verklaard kunnen worden door een afname in hydrodynamiek, wat de broedval gunstig zou kunnen beïnvloeden. De totale biomassa's lijken niet onderhevig te zijn aan een trend, al waren de waarden in het najaar van 1993 relatief laag (bijlage 23B). Ook het aantal soorten lijkt niet beïnvloed te zijn geweest (bijlage 23C).
De belangrijkste soorten op de drie locaties waren: de kokkel *Cerastoderma edule*, het slijkgarnaaltje *Corophium volutator*, de draadworm *Heteromastus filiformis*, het nonnetje *Macoma balthica*, de veelkleurige zeeduizendpoot *Nereis diversicolor*, de borstelarme wormen *Oligochaeta*, het kokerwormpje *Pygospio* elegans en de platte slijkgaper *Scrobicularia plana*. Voor slechts enkele soorten zou er een effect op de populatie ten gevolge van het experiment kunnen worden herkend. Zo vertoont het slijkgarnaaltje een toename na de aanleg, hetgeen verklaard kan worden door de ophoging van het slik met slibrijker sediment. De draadwormen zijn in dichtheid ook wat toegenomen, gemiddeld zijn de individuen echter wel kleiner geworden. Dit kan worden verklaard door een verbeterde broedval ten gevolge van de verminderde hydrodynamiek, maar vervolgens meer concurrentie om voedsel. Voor de borstelarme wormen geldt hetzelfde. Van zekere verbanden kan in dit stadium nog niet worden gesproken. Met behulp van zgn. multivariate statistische technieken als (Canonische) Correspondentie Analyse en TWINSPAN is getracht de ontwikkeling van de bodemdier-gemeenschappen in de tijd en ten opzichte van elkaar, op grond van de soortensamenstelling en dichtheden, te analyseren. Daarbij is ook beoordeeld of de gemeten omgevingsvariabelen die ontwikkelingen konden verklaren. Uit die analyses komt een beeld naar voren waarbij de bodemdieren van de locaties B1 en B4 zeer overeenkomen en een gelijke ontwikkeling doormaken; de locatie B2 wijkt hiervan wat af. De bodemdieren van locatie B2 kunnen gekenschetst worden als een 'arme' variant van die van de andere locaties. Een deel van de verschuivingen blijkt verklaard te kunnen worden door seizoenseffecten. De gemeten omgevingsparameters bieden vooralsnog weinig houvast voor een verklaring van de ontwikkelingen.

Zuidgors
De dichtheid van de bodemdieren is hoog, de kokkel is hier een veel voorkomende soort.

Resumerend kan gesteld worden dat de bodemdieren op de drie locaties een stabiele indruk maken. Vooralsnog kunnen er over de waarnemingsperiode geen duidelijke verschuivingen aangetoond worden. De bodemdieren zijn er noch op vooruit noch op achteruit gegaan.
Door de bodemveranderingen buiten de dammen ontbreekt een goede geografische referentie. Hierdoor is de autonome ontwikkeling van de bodemdieren onbekend. De waarnemingsperiode is relatief kort. Significante verschuivingen deden zich voor bij enkele belangrijke omgevingsparameters. De verschuivingen zijn echter niet zo extreem dat de samenstelling van de bodemdieren daardoor aantoonbaar is veranderd. Vanuit dit oogpunt bezien verdient het daarom aanbeveling door te gaan met het nemen van monsters en de bewaarde monsters uit de jaren 1995 tot 1998 uit te werken.
In dit rapport wordt er vanuit gegaan dat, indien de constructie niet aangelegd zou zijn, de autonome ontwikkeling in fysische zin gekenmerkt zou worden door erosie van het slik. Het is niet eenvoudig te speculeren over de vraag hoe het macrobenthos zich bij die erosie zou hebben ontwikkeld, zeker wanneer de erosie geleidelijk en beperkt van omvang zou zijn geweest. Er zijn dan zowel factoren aan te wijzen die positief zouden kunnen uitwerken (bijvoorbeeld het effect van een langere overspoelingsduur) als negatief (bijvoorbeeld een slechtere broedval ten gevolge van uitspoeling).

4.3 Samenvatting van de ontwikkelingen

Anna Jacobapolder

Ontwikkelingen geul

Door de uitvoering van het Deltaplan is de omgeving van het schor regelmatig ingrijpend veranderd. In de periode van 1964 tot en met 1987 zijn de Grevelingendam, de Volkerakdam, de Philipsdam en de stormvloedkering in de Oosterschelde opgeleverd.
Het hoogwater is op deze locatie in de jaren zeventig en tachtig met 0,20 m tot 0,30 m verhoogd. Na het gereedkomen van de stormvloedkering en de afsluiting van de Philipsdam in 1987 is het getij weer gereduceerd. In de voor het schor liggende geul Slaak is de stroomsnelheid verkleind, zodat de geul voor de nu heersende hydrodynamische omstandigheden is overgedimensioneerd. Dit heeft tot gevolg dat de geul de neiging heeft kleiner te worden. De zandhonger, karakteristiek voor de geulen in de Oosterschelde, veroorzaakt een transport van sediment van het slik naar de geul. Het

sediment wordt onder andere ontleend aan het slik (Iedema, 1991). Uit de zeer nauwkeurige erosie-sedimentatie metingen blijkt, dat langs de NAP -0,90 m lijn een zeer geringe erosie voorkomt. Uit onderzoek elders blijkt dat het hier geërodeerde materiaal veelal zal sedimenteren op de geulwand. De hoeveelheid verplaatst sediment is echter klein.

Ontwikkelingen slik
De hoogteligging van het slik in de omgeving van de laagwaterlijn is vrij stabiel. Omstreeks het niveau van NAP -0,90 m is een gemiddelde erosie gemeten van minder dan 2,5 mm per jaar. Omstreeks het niveau van NAP treedt een iets grotere erosie op, ongeveer 12 mm per jaar. Dichtbij de rand van het schor is de erosie groter (tabel 4.1). De oorzaak hiervan is de achteruitgang van de schorrand, waardoor vóór de rand een aanpassing van het profiel ontstaat.

Ontwikkelingen kleibekleding en rand van het schor
Door het herhaaldelijk overslaan van de te verwerken klei, is de klei gemengd geraakt met water en zand. Hierdoor is in de bekleding klei met een verschillende consistentie verwerkt. Al snel na de aanleg van de kleibekleding ontstaat er een talud met een pokdalig oppervlak, doordat de zachtere klei uit het talud spoelt.
Op het bovenste deel van de bekleding zijn pollen *Spartina* geplant. Deze blijken levensvatbaar te zijn, mede omdat ze met een kluit zijn verplant. De planten zijn echter vervolgens door de optredende erosie weer uit de bekleding gespoeld. Na ongeveer 2 jaar is de kleibekleding tot de oorspronkelijke rand van het schor geërodeerd. Het is opmerkelijk dat de erosie van de kleibekleding aan de westzijde van de proef groter is dan aan de oostzijde. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk het verschil in de helling van het voorliggende slik; aan de westzijde van het experiment is deze steiler dan aan de oostzijde. Dit heeft verschillen in golfaanval tot gevolg.
De niet van een kleibekleding voorziene rand van het schor is in de periode tussen november 1992 en januari 1995 gemiddeld 2,25 m per jaar geërodeerd. In de periode van januari 1995 tot januari 1998 is de achteruitgang afgenomen tot 0,85 m per jaar. Ter plaatse van het experiment, waar de kleibekleding is geërodeerd, is in deze periode een achteruitgang opgetreden van 0,65 m per jaar. Het is mogelijk, dat het verschil in achteruitgang wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van de teen van de oorspronkelijk aangebrachte kleibekleding in de bodem niet ver van het klif.

Ontwikkelingen schor
De sedimentatie op het schor is over het algemeen klein; (bijlage 6A, 6B en 6C), de ophoging ligt veelal tussen 2 mm en 9 mm per jaar. De geringe ophoging is het gevolg van de aanleg van de stormvloedkering in de Oosterschelde (de Jong, 1994), waardoor het water een lager slibgehalte heeft dan voorheen en waardoor ook de overspoeling van het schor is verminderd. De grootste sedimentatie heeft plaatsgevonden op de oeverwallen, de hoge zones in de omgeving van de kreken.
Doordat de autonome ontwikkeling niet bekend is, kan niet worden aangegeven of de hoogte-ontwikkeling is veranderd door de aanleg van de kleibekleding. Dit lijkt voor het grootste deel van het schor overigens niet aannemelijk, omdat de waterstand in de kreken en het aanbod van sediment niet zijn beïnvloed. Het gebied langs het oorspronkelijke klif kan wel opgehoogd zijn door geërodeerd sediment van de kleibekleding. Een snellere ophoging is echter voor deze zone een natuurlijk proces, dat altijd plaatsvindt.

Zuidgors

Ontwikkelingen geul

De geul vóór het Zuidgors laat over een periode van 50 jaar een wisselend verloop zien in de migratie. Vanaf 1935 tot de jaren zeventig is de geul in zuidelijke richting verplaatst. Het laatste decennium is de geul juist in de richting van het schor gemigreerd.
In de bijlagen 17A, 17B en 17C staan op de verschilkaarten de ontwikkelingen van de voor het slik liggende geul aangegeven voor de periode 1990-1997. De verschilkaarten zijn gebaseerd op vaklodingen, die een beperkte nauwkeurigheid hebben. Het valt op dat de dieptelijnen naar het schor verschuiven; de erosie van de langs het gebied lopende geulwand is aanzienlijk. Vooral het midden en oostelijke deel hebben continu onder een aanzienlijke erosie te lijden. Zones met een verdieping van 0,5 m per jaar komen regelmatig voor. In het midden van het gebied verschuift de laagwaterlijn gemiddeld 15 m per jaar in de richting van het schor.
De oorzaak van de ontwikkelingen moet waarschijnlijk worden gezocht in de kortsluiting van de geul Everingen met het Middelgat.
Een dergelijke verplaatsing van de geul heeft in principe ook een algehele profielaanpassing van het slik tot gevolg.
Op grond van de ontwikkelingen kan worden voorspeld dat de rand van het schor nog vele jaren een achteruitgang zal blijven vertonen.

Ontwikkelingen slik

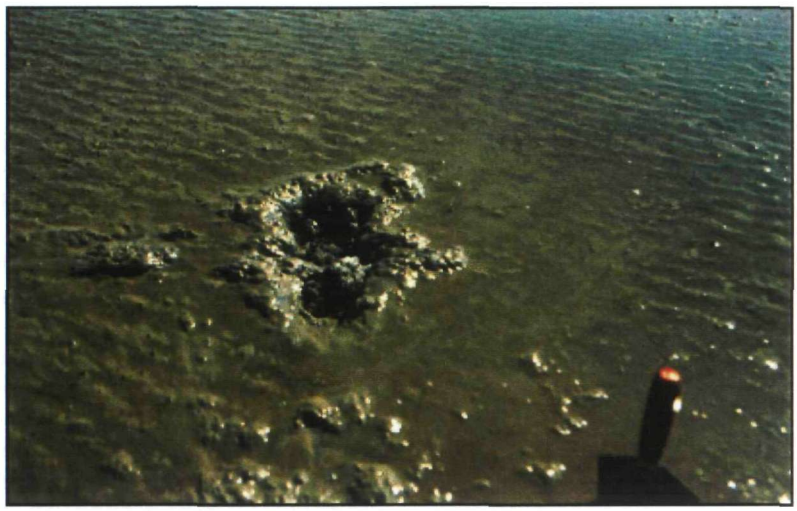
Tijdens en na de aanleg van de constructie zijn relatief grote ontgrondingskuilen naast de dammen ontstaan. Constructieve aanpassingen aan de dammen hebben echter effect gesorteerd. De ontgrondingskuilen zijn later geminimaliseerd.
Tussen de dammen is sediment afgezet. Van west naar oost nam de hoeveelheid afgezet sediment toe. Oostelijk van de dammen is eveneens sediment afgezet. De oorzaak hiervan is de luwe zone, die ten opzichte van de dominerende vloedstroom, door de aanleg van de dammen is gecreëerd.
Na het najaar van 1994 zijn de dammen niet meer onderhouden; vanaf het najaar 1995 zijn ze in verval geraakt. Na een controle in het begin van 1998 is gebleken, dat alleen de palen nog in de bodem staan. De vulling van rijshout en de wiepen zijn verdwenen.

Tijdens de proefperiode is gebleken, dat het sediment langs de oostzijde van de paalrijen hoger ligt dan langs de westzijde. Het langsprofiel van het slik heeft hierdoor een enigszins getande vorm gekregen. In 1995 steekt de vijfde dam vanaf de westzijde nog maar 0,1 m à 0,2 m boven de aangeslibde bodem uit.

In het voorjaar en in de zomer is een matig geconsolideerde sliblaag zichtbaar, in dikte variërend van 0,02 m tot 0,10 m. Op het slib is soms een groen laagje, bestaande uit algen, zichtbaar. Zo'n laagje werkt remmend op een optredende erosie (Kornman, 1998). In het najaar is het slib verdwenen en is een zandige laag met stroomribbels waar te nemen.

Het slik waterwaarts van de dammen, is verlaagd; de oorzaak hiervan is enerzijds de opdringende geul en anderzijds de invloed van de dammen. Deze verlaging is zeer groot.

De aanleg van de constructie heeft grote invloed gehad op de hoogte van het slik. De bodemhoogte in de omgeving van de voorliggende geul vertoont in ruim 5 jaar een verlaging van circa 0,50 m; ter plaatse van het experiment is een verhoging van circa 0,30 m opgetreden



Zuidgors
Ongeveer 1 jaar na de aanleg van de constructie was een 0,05 m dikke laag slib tussen de dammen aanwezig.

(tabel 4.2).
De hoogtegegevens van de zone binnen de dammen geven daarom geen goed beeld van de effectiviteit van de constructie, omdat het gehele omliggende slik aan erosie onderhevig is.
Opmerkelijk is, dat ondanks het verval van de constructie in 1997, de ontstane verhoging van het slik slechts heel traag erodeert. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in een na-ijl effect van de ontwikkelingen en in de invloed van de nog aanwezige open paalrijen.

In 1993 worden twee pollen *Spartina* waargenomen. Tijdens de experimentele periode zijn meer zones met een *Spartina*-ontwikkeling ontstaan; op enkele plaatsen beslaat de oppervlakte aan planten meer dan 10 m^2.

Ontwikkelingen rand van het schor
Voor de uitvoering van het experiment is een locatie gekozen met een grote achteruitgang van de rand van het schor. Volgens een globale meting van de Vereniging Natuurmonumenten in een periode voorafgaand aan het experiment, bedraagt de achteruitgang 10 meter per jaar. Deze aanzienlijke achteruitgang wordt bevestigd door enkele metingen in de zomerperiode, voorafgaand aan de proef. Op jaarbasis bedraagt de achteruitgang in deze gunstige periode, meer dan 7 meter.
De erosie van de rand van het schor heeft zich na de aanleg van de dammen in een trager tempo voltrokken dan voor de aanleg. Zoals werd verwacht, moesten alle rijshouten dammen worden verlengd om achterloopsheid te voorkomen.
De achteruitgang laat jaarlijks, binnen en buiten de proeflocatie, een wisselend beeld zien. Het vaststellen van de autonome ontwikkeling is daarom niet goed mogelijk. Wel is vast te stellen dat de gemiddelde achteruitgang in de raaien 3, 4 en 5 verminderd is van 5,40 m per jaar in 1992 en 1993, tot circa 2,20 m per jaar in 1996 en 1997. In dezelfde periode is de achteruitgang in de referentie-raaien toegenomen van circa 2,50 m per jaar tot circa 4,60 m per jaar.
Om een indruk te verkrijgen van de hoogte van het klif in de periode 1992-1996, is op 10 m en 20 m vóór het klif het verschil in hoogte bepaald tussen het slik en de bovenzijde van het schor. In referentieraai 2 is het hoogteverschil ongeveer gelijk gebleven; in referentieraai 6, die in de luwte ligt van de dammen, is een vermindering van het hoogteverschil opgetreden; op 10 m en 20 m voor het klif respectievelijk 0,10 m en 0,25 m. Ter plaatse van het experiment is de vermindering van het hoogteverschil overal 0,40 m à 0,50 m (bijlage 11A en 11B).

Hoewel het slik ter plaatse van het experiment duidelijk is verhoogd, is deze verhoging kennelijk nog onvoldoende om de achteruitgang van de rand van het schor tot stilstand te brengen.

Ontwikkelingen schor
Ter plaatse van de meetpunten, die niet ver van de rand van het schor liggen, is het schor in een periode van 5 jaar met 40 mm tot 200 mm opgehoogd.
De verhoging van het schor is ongeveer gelijk aan de verhoging die plaatsvindt op andere schorren in de Westerschelde.
Er kan geen uitspraak worden gedaan over de invloed van de dammen op de hoogte-ontwikkeling van het schor, omdat er geen meetpunten zijn die voldoende ver buiten de proeflocatie zijn gesitueerd.

Bodemdieren en sediment
In de periode 1992-1994 zijn tweemaal per jaar de bodemdieren met behulp van steekbuizen bemonsterd en zijn de gegevens uitgewerkt. Tegelijkertijd is de bodemsamenstelling onderzocht.
Door de ontwikkelingen buiten de dammen is geen goede referentie beschikbaar voor het beoordelen van de ontwikkeling van de bodemdieren en de wijzigingen in de samenstelling van het sediment. De autonome ontwikkeling is niet bekend.
De dichtheid van de bodemdieren is hoog. Het blijkt, dat het Zuidgors tot de locaties met de hoogste dichtheid aan bodemdieren in het westelijke deel van de Westerschelde behoort. De dichtheden lijken na de aanleg van de dammen te zijn toegenomen, maar bereiken in 1994 geen waarden die significant hoger zijn dan de waarden van de eerste bemonstering. Het aantal soorten lijkt niet te zijn beïnvloed. De belangrijkste soorten op de drie meetpunten zijn: de kokkel, het slijkgarnaaltje, de draadworm, het nonnetje, de veelkleurige zeeduizendpoot, het kokerwormpje en de platte slijkgaper.
De samenstelling van het sediment is tot 1998 uitgewerkt. Het blijkt, dat de bezinkvelden invloed hebben gehad op de samenstelling van de bodem. Er heeft een afname plaatsgevonden van de mediane korrelgrootte (bijlage 22A) en een toename van het slibgehalte (bijlage 22B). Deze veranderingen zijn conform de verwachtingen.

5 Ervaringen, problemen en verbeteringen

Tijdens de aanleg van het experiment en tijdens de proefperiode bleken onderdelen van de constructie niet goed te voldoen. Hierop is zo flexibel mogelijk ingespeeld door verbeteringen aan de constructie aan te brengen. In het hierna volgende worden per locatie allereerst de opgetreden problemen besproken en vervolgens de aangebrachte verbeteringen. Voor het Zuidgors zijn de ervaringen en problemen en de verbeteringen per jaar vermeld.

5.1 Kleibescherming

ervaringen en problemen
Het principe van deze verdediging is een suppletie van klei, aangebracht voor het klif, die in de loop der tijd als gevolg van de heersende omstandigheden geheel verdwijnt. De opgetreden erosie van de kleibekleding is daarom geheel volgens de verwachting. Tweemaal is een proef uitgevoerd met het planten van *Spartina anglica* (Engels slijkgras). Hiervoor zijn pollen *Spartina* uit het achterliggende schor gestoken en in de nieuw aangebrachte kleibekleding geplant. De planten zijn wel aangeslagen, maar er heeft geen verdere kolonisatie plaatsgevonden. Door de continue erosie zijn de planten vervolgens uit de bekleding gespoeld.
In 1998 is de kleibekleding tegen de rand van het schor geheel verdwenen. Deze rand van het schor is, in tegenstelling tot de periode vóór het experiment, nog steeds niet ondergraven. Dit is het gevolg van het feit, dat de teen van de aangebrachte kleibekleding nog steeds in de bodem aanwezig is.

verbeteringen
Het is niet nodig geweest onderhoudswerkzaamheden aan het profiel van de kleibekleding te verrichten. De erosie is op een hoger niveau gestart dan was verwacht. Hierdoor is de bovenrand van het schor eerder door erosie aangetast dan vooraf is getaxeerd. Uit de opgetreden erosie blijkt, dat de vorm van het aangebrachte profiel niet zo belangrijk is. Er zijn derhalve tijdens de proef geen verbeteringen aangebracht.

Anna Jacobapolder
Door erosie van het oppervlak van de kleibekleding steken de als proef geplante pollen *Spartina*, steeds verder boven de klei uit.

5.2 Bezinkvelden

1992

ervaringen en problemen

Al enkele dagen na de start van de werkzaamheden is gebleken, dat er constructieve aanpassingen noodzakelijk waren. Bij alle wiepen dammen en, in mindere mate, ook bij de rijshouten dammen, zijn aan weerszijden van de dammen ontgrondingskuilen ontstaan (bijlage 9). De oostelijke zijde van de kuil is dieper en breder dan de westelijke zijde. Na circa twee weken zijn de ontgrondingskuilen in vorm en diepte, min of meer gestabiliseerd. Een bijkomend fysisch probleem is, dat de ontgrondingskuilen, die als laagste strook in de omgeving aanwezig waren, gingen functioneren als geul voor de waterafvoer van het slik. Hierdoor wordt ook de afvoer van sediment bevorderd; iets wat juist niet de bedoeling is. Een tweede probleem van de ontgrondingskuilen ter plaatse van de dammen is, dat het gevaar ontstond dat de palen onvoldoende inklemming in de bodem overhielden. Plaatselijk zijn palen dan ook los komen te staan. De ontgrondingskuilen zijn het grootst in de omgeving van de kruisvormige beëindiging van de dammen.
Bij de rijshouten dammen hebben de ontgrondingen tot gevolg dat de vulling van rijshout gaat zakken. Hierdoor worden de dammen minder effectief en bestaat ook het gevaar dat deformatie gaat optreden.

Zuidgors
De ontgrondingskuilen zijn het grootst in de omgeving van de kruisvormige uiteinden van de wiepen dammen.

verbeteringen

Getracht is het negatieve effect van de afvoer van water via de ontgrondingskuilen te voorkomen. Met behulp van een hydraulische kraan is een nieuwe afvoer gegraven op enige afstand van de dammen. Dit is een aantal keren mislukt. Het water vond steeds weer snel de door de ontgrondingskuilen van de dammen gecreëerde afvoer terug.
Reeds tijdens de aanleg van de eerste dam is beslist de inklemming van de palen te vergroten door alle palen circa 0,25 m dieper te plaatsen (bijlage 24). Het gevolg hiervan is, dat enerzijds meer weerstand tegen omvallen ontstaat, doch dat anderzijds de speelruimte om de constructie bij een aanzienlijke sedimentatie goedkoop te kunnen verhogen, niet meer aanwezig is.
Ter vergroting van de stevigheid zijn de palen onderling gekoppeld door een doorlopende plank langs de bovenrand van de constructie aan te brengen. De standzekerheid is vergroot door op regelmatige afstand tuien van staaldraad aan te brengen. De tuien zijn aangebracht

Zuidgors
Na zware stormen trad soms schade aan enkele dammen op, de palen kwamen door de pulserende werking van de golven omhoog en braken daarna soms af.

tussen de bovenzijde van de palen in de dammen en nieuw aangebrachte perkoenpalen.
Met als doel het verkleinen van de ontgrondingskuilen, zijn twee proefjes gestart. Hiervoor is net onder het niveau van de bodem over een hoogte van 0,60 m op de ene plaats een strook samengebonden bossen rijshout en op de andere plaats een rij houten planken aangebracht. Zowel de bossen rijshout als de planken zijn aan de palen bevestigd. De gedachte bij de proefjes is, dat als de hoge, turbulente stroomsnelheid weerstand krijgt op de plek waar de erosie zich voordoet, er op die plaats een vermindering van de stroomsnelheid optreedt. Een lagere stroomsnelheid heeft een aanzienlijk geringere erosie tot gevolg. Beide constructies hebben aan de verwachtingen voldaan.

1993
ervaringen en problemen
De stormen in de winter hadden tot gevolg dat de ontgrondingskuilen plaatselijk dieper zijn geworden. Op enkele plaatsen bij de westelijk gelegen dammen, zijn de palen door de werking van de golven omhoog gekomen. Op drie plaatsen zijn gaten ontstaan met een lengte van enkele tientallen meters in de omgeving van de kruisvormige beëindiging van de dammen en ter plaatse van de westelijke dam op de overgang van de wiepen dam naar de rijshouten dam. Op deze plaatsen zijn de palen gebroken of omgevallen.
Door de erosie van de rand van het schor is vrij snel het gevaar

Zuidgors
Het aanbrengen van enkele modificaties aan de wiepen dammen was noodzakelijk.

ontstaan, dat de dammen achterloops zouden raken.
Gedurende het jaar zijn na stormen opnieuw gaten in verschillende wiepen dammen ontstaan. Meestal zijn de palen omhoog gekomen en daarna omgevallen, omdat deze geen of te weinig weerstand van de bodem ondervonden. Dit heeft vooral plaatsgevonden tussen twee tuien, maar ook ter plaatse van de tuien is dit voorgekomen. Een enkele keer is de kruisvormige constructie aan het eind van de dam weggeslagen.

verbeteringen
In het begin van het jaar is klein onderhoud verricht. De schade, die door de stormen in de winter is veroorzaakt, is met hetzelfde materiaal hersteld
De twee proeven voor het verkleinen van de ontgrondingskuilen hebben een goed resultaat opgeleverd. Omdat werd vermoed, dat de aangebrachte houten planken duurzamer zijn dan de aangebrachte bossen rijshout, is besloten overal houten planken aan te brengen beneden het niveau van de bodem. Deze constructieve aanpassing heeft er wel toe geleid dat de wiepen dam minder flexibel is geworden
Voorts zijn de gezakte vullingen van rijshout weer op peil gebracht en is opnieuw getracht de via de ontgrondingskuil lopende afwatering te verplaatsen.
Om de achterloopsheid van de dammen te voorkomen, is als proef aan de westzijde van een dam, tegen de rand van het schor, een aaneengesloten schermwandje van dennen palen geplaatst.
De reparatie van de schade ten gevolge van de stormen heeft plaatsgevonden in december. Gelijktijdig is groot onderhoud verricht.
Bij het herstel van de dammen zijn palen gebruikt met een lengte van 3,50 m inplaats van de oorspronkelijke lengte van 3,00 m. Het doel hiervan is een grotere inklemming in de bodem te verkrijgen. Voorts zijn de planken, die zijn aangebracht voor het verkleinen van de ontgrondingskuilen, circa 0,30 m onder het maaiveld aangebracht. Daarnaast is het aantal tuidraden uitgebreid. Op plaatsen waar de kruisvormige beëindiging van de dammen is weggeslagen, is deze niet meer vervangen, omdat de functionaliteit ervan wordt betwijfeld. Het niveau van het zeewaartse einde van deze dammen is vloeiend verlaagd tot de hoogte van het slik.

1994
ervaringen en problemen
Na de zomer is op dezelfde plaats als in 1993 een gat ontstaan in een wiepen dam. De constructie, die destijds is gerepareerd met langere palen en dieper aangebrachte planken, blijkt nog steeds onvoldoende stevig te zijn. Bovendien is een deel van een kruisvormige beëindiging beschadigd. Door de voortgaande erosie van de rand van het schor zijn een aantal dammen achterloops geraakt.
Omdat de proefperiode tot eind 1994 loopt, is besloten geen onderhoud meer te verrichten na 1994. In de maand oktober is voor de laatste keer groot onderhoud verricht.
De stormen na oktober hebben geen schade aan de dammen veroorzaakt; wel is steeds een duidelijke erosie van de rand van het schor zichtbaar.

verbeteringen
In de zomerperiode heeft nog enig klein onderhoud plaatsgevonden, zoals het aanvullen van rijshout, het vernieuwen of aanspannen van de tuidraden, het vastmaken van losse wiepen en dergelijke.
De reparatie van de schade die na de zomer is ontstaan, heeft plaatsgevonden in oktober. Gelijktijdig is groot onderhoud verricht, waarin onder andere de achterloopsheid van enkele dammen is tegengegaan

Zuidgors
Om de erosie bij de aansluiting van de rijzen dam op de schorrand te beperken is als proef een extra schermwandje aangelegd.

Bij het herstel van het ontstane gat zijn nu palen gebruikt met een lengte van 4,00 m, dus 1 m langer dan de oorspronkelijke lengte. Opnieuw is getracht de grootste geul een andere bedding te geven omdat de opgetreden verlaging bij de dammen tot gevolg heeft dat deze zone als afvoergeul van het schor en het slik blijft functioneren.

1995
ervaringen en problemen
De zware stormen in de eerste weken van januari hebben geen schade aan de dammen veroorzaakt. In de loop van het jaar zijn het rijshout en de wiepen in de dammen voor een deel uitgespoeld. Ongeveer 25% van het hout is verdwenen. De ontgrondingskuilen zijn kleiner geworden.
Het in 1993 aangebrachte schermwandje levert inderdaad een geringere erosie van de rand van het schor op ter plaatse van de aansluiting van de rijshouten dam.
Voor het eerst is de afvoergeul van het schor in de gegraven bedding gebleven, waardoor de standzekerheid van de dam beter is gewaarborgd.
Het algemene beeld van de rand van het schor is aan het veranderen. De erosie van de rand midden tussen de dammen is groter dan in de omgeving van de aansluiting van de dammen. De rand van het schor krijgt zo tussen de dammen een hol profiel, zoals dit ook vaak zichtbaar is tussen de kribben bij een rivier. Het klif zelf heeft overal een getrapt profiel.

verbeteringen
Dit jaar zijn er geen verbeteringen meer aangebracht; ook is gestopt met het onderhoud.

1996 en 1997
ervaringen en problemen
In de loop der tijd is de vulling van de dammen geheel verdwenen. De palen staan nog steeds in de bodem. Opmerkelijk is, dat een groot deel van het gesedimenteerde materiaal is blijven liggen. Dit komt mogelijk door het effect van de nog aanwezige palen in het slik. Door de erosie van de rand van het schor zijn de palenrijen geheel vrij van het schor op het slik komen te staan.

1998
ervaringen en problemen
Ten opzichte van de vorige jaren hebben geen bijzondere ontwikkelingen plaatsgevonden. In een wat hogere zone op een

afstand van ongeveer 50 meter uit de rand van het schor vindt een beginnende ontwikkeling plaats van *Spartina anglica*. Tussen de dammen is de vorm van de schorrand nog steeds hol; het klif zelf heeft nog steeds een getrapt profiel. De klifhoogte is duidelijk verminderd.

5.3 Kosten

De hier genoemde kosten zijn gebaseerd op het prijspeil 1992-1993. De aannemingssom voor de beide experimenten bedraagt *f* 240.000 incl. BTW. In de loop van de experimentele periode zijn extra kosten ontstaan door modificaties en onderhoud aan de constructie bij het Zuidgors.
Uit de afrekening met de aannemer zijn de afzonderlijke kosten voor de twee experimenten afgeleid. De gegevens staan vermeld in tabel 5.1.

Tabel 5.1
Kosten (incl. BTW) van de experimenten

LOCATIE	AANLEG (*f*)	MODIFICATIES (*f*)	ONDERHOUD (*f*)	TOTAAL (*f*)
Anna Jacobapolder	63.115	—	—	63 115
Zuidgors	176 885	53 333	71 136	301 354
Totaal	240.000	53.333	71.136	364 469

Anna Jacobapolder
Gesteld kan worden, dat de kleibekleding gedurende 2 jaar goed heeft gefunctioneerd. Daarna is gedurende enkele jaren een vertraagde erosie opgetreden; een deel van de aangebrachte teen functioneert in de eerste helft van 1998 echter nog steeds.
Globaal kan daarom worden aangehouden dat de kleibekleding 3 jaar lang heeft gefunctioneerd.
De bekleding is over een lengte van 200 m aangebracht. In de bekleding is 1400 m^3 klei verwerkt.
De jaarlijkse kosten per m schorrand bedragen *f* 105,=.

De kosten voor een eventuele nieuwe suppletie kunnen iets worden verlaagd door:
1 het toepassen van klei met een betere samenstelling (hoofdstuk 6.1) dan de nu toegepaste klei;
2 het aanleggen van een grotere (bredere) suppletie, waardoor de kosten per m^3 klei zullen dalen.

Zuidgors
De constructie is aangelegd over een lengte van 500 m. Een sedimentatie is ook oostelijk van de aangelegde dammen vastgesteld. Tussen de twee westelijke dammen is alleen een geringe sedimentatie opgetreden. Aangehouden wordt, dat een lengte van circa 500 m als bezinkveld heeft gefunctioneerd.
De kosten per meter schorrand bedragen *f* 600,=.
Het vaststellen van de jaarlijkse kosten is hier niet goed mogelijk. Het onderhoud is eind 1994 gestopt, dat wil zeggen ongeveer twee jaar na de start van het experiment. Hierna heeft nog sedimentatie plaatsgevonden, later is de bodemhoogte gestabiliseerd. In 1998, ruim vijf jaar na de aanleg van de dammen, ligt de bodem nog steeds enkele decimeters hoger dan voor de aanvang van het experiment. Onder normale omstandigheden zou echter wel onderhoud hebben plaatsgevonden in het jaar 1996 of 1997. De jaarlijkse kosten zijn sterk

gerelateerd aan de levensduur van de samenstellende delen van de constructie. De palen en de later aangebrachte planken zijn in 1998 nog steeds intact, zodat nog een restwaarde aanwezig is.
Als globaal wordt gesteld dat de levensduur van de constructie 3 à 5 jaar is geweest, bedragen de jaarlijkse kosten *f* 200,= à *f* 120,= per m schorrand.

De kosten voor een nieuw bezinkveld op deze locatie zouden als volgt kunnen worden verminderd:

1. toepassen van kortere dammen. Het sedimentatie patroon heeft zich vooral voorgedaan op enige afstand van de rand van het schor. Door het toepassen van kortere dammen zal de sedimentatie waarschijnlijk dichter in de omgeving van de rand van het schor optreden. De toegepaste dammen kosten ongeveer *f* 300 per meter (kosten van aanleg en onderhoud).
2. de meest westelijke dam(men) zwaarder uitvoeren. Deze dam(men) vangen de grootste golfklappen op, waardoor hier de meeste schade ontstaat. De hogere aanlegkosten worden gecompenseerd door de veel lagere onderhoudskosten.
3. geen dwarsdammen toepassen; ter plaatse van het experiment is door de toepassing van een extra dwarsdam geen verhoogde sedimentatie geconstateerd.
4. de wiepen dammen niet beëindigen met een kruisvormig einde; bij wiepen dammen functioneert zo'n kruisvormig einde niet op dezelfde wijze als bij rijshouten dammen. De ter plaatse optredende turbulentie veroorzaakt grotere ontgrondingskuilen op die plaats.
5. vergroting van de tussenruimte van de meer oostelijke dammen. De sedimentatie neemt in oostelijke richting toe; waarschijnlijk is het in deze zone mogelijk een tussenruimte van 150 m aan te houden inplaats van 100 m, zonder dat de sedimentatie aanzienlijk vermindert. Als de dammen echter korter worden gemaakt (punt 1), is een vergroting van de tussenruimte niet zonder meer mogelijk.

Zuidgors
De ontgrondingskuilen werden na het aanbrengen van de modificaties snel ondieper.

6. Discussie

Het resultaat van de experimenten is uitgebreid beschreven in de vorige hoofdstukken. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag of de twee experimenten aan de vooraf gestelde verwachtingen hebben voldaan. Voorts wordt ingegaan op prognoses en ideeën die nu, na afloop van de proefperiode, zijn ontstaan over de te verwachten ontwikkelingen in de omgeving van zo'n constructie en op de gevolgen van een definitieve toepassing van één der experimentele constructies op een locatie.
Door de verrichte metingen is een uitgebreide set gegevens beschikbaar van de twee locaties. Hierdoor is het mogelijk een prognose te maken van de te verwachten ontwikkelingen in het gebied.

6.1 Kleibekleding Anna Jacobapolder

1 *erosie rand van het schor buiten het proefgebied*
De achteruitgang van de rand van het schor bedroeg voor de aanvang van het experiment ongeveer 2 m per jaar. Verwacht werd, dat de achteruitgang buiten het proefgebied niet door het experiment zou worden beïnvloed.

Plaatselijk blijkt er een grote variatie in de achteruitgang van de rand van het schor te zijn. In drie dwarsprofielen is de erosie tussen november 1992 en januari 1995 gemiddeld 2,25 m per jaar geweest; dit is ongeveer gelijk aan de globaal bepaalde erosie van vóór deze tijd. De erosie van januari 1995 tot januari 1998 bedraagt ongeveer 0,85 m per jaar. Dit is veel kleiner is dan in de periode hiervoor. In verband met de verschillen in de autonome ontwikkeling, kan niet worden vastgesteld of de achteruitgang buiten het proefgebied is beïnvloed door het experiment.

2 *erosie ter plaatse van de kleibekleding*
De kleibekleding moest gedurende 2 jaar blijven functioneren; het ontwerp was gebaseerd op een functioneren van 3 jaar. Hierna zou de oorspronkelijke rand weer gaan eroderen.

Ruim 2 jaar na de start van het experiment bleek dat de bovenrand van het klif door erosie ongeveer 1 m landwaarts is verplaatst. De teen van het klif is echter nog steeds met een laag van de aangebrachte klei bedekt. De gemiddelde positie van de bovenrand en de teen van het schor komt ongeveer overeen met de uitgangssituatie. De prognose, dat het ontwerp drie jaar (tot eind 1995) zou kunnen functioneren, is wat te optimistisch geweest; echter, zelfs in 1998 is nog niet alle aangebrachte klei geërodeerd. Een deel van de aangebrachte teen is nog steeds in de bodem aanwezig.
De erosie in de periode erna blijkt iets geringer te zijn dan de autonome ontwikkeling. Hiervoor kan echter geen duidelijke verklaring worden gevonden. Het is mogelijk dat de geringere achteruitgang van de schorrand het gevolg is van de opheffing van de onderspoeling van het kleipakket van het schor.

3 *onderspoeling van het kleipakket*
Door een lage teen aan te brengen wordt voorkomen dat de

zandige laag onder het kleirijke sediment van het schor wordt weggespoeld.

Het aanbrengen van een lage teen heeft ervoor gezorgd, dat het zandige sediment gedurende een lange tijd niet onder het kleipakket is weggespoeld. In verband met de snelheid van de erosie van de kleibekleding en de voortgang van de erosie van het klif kan tot 1998 worden aangenomen dat de onderspoeling van het kleipakket niet de belangrijkste oorzaak is van de achteruitgang van de rand van het schor.

4 *indirecte oorzaak van de erosie van het schor*
De indirecte oorzaak van de erosie van de rand van het schor is de verlaging van de vooroever. Deze verlaging is ontstaan ten gevolge van de zogenaamde zandhonger (ontstaan als gevolg van de Deltawerken). Deze voortschrijdende verlaging heeft enerzijds een steeds grotere golfaanval op het klif tot gevolg en anderzijds veroorzaakt het een grotere ondergraving van het kleipakket.

Ter plaatse van het slik treedt voortdurend erosie op. Deze erosie is gering en verloopt van 2,5 mm per jaar vlak boven de laagwaterlijn tot 12 mm per jaar omstreeks het niveau van NAP. Omdat een voortdurende erosie optreedt kan van zandhonger worden gesproken. De opgetreden verlaging van 1992 tot 1998 is geringer geweest dan vooraf werd getaxeerd aan de hand van specifieke kenmerken op het slik. De grotere waterdiepte ten gevolge van de verlaging van het slik is zo gering, dat het niet aantoonbaar is dat hierdoor ter plaatse van het klif een grotere golfaanval optreedt. De aangebrachte klei beschermt in het begin van 1998 nog steeds het schor tegen ondergraving. Omdat de achteruitgang van de schorrand binnen en buiten het proefgebied zich min of meer in een gelijk tempo voltrekt, kan worden geconcludeerd dat de continue golfaanval van de (meestal) relatief kleine golven waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak is van de erosie van de rand van het schor.

Overwegingen voor het wel of niet toepassen van een kleibekleding
Uit de verzamelde gegevens kan worden afgeleid dat de kleibekleding de erosie van het schor effectief heeft verminderd. Ter plaatse van het experiment is de oorspronkelijke rand van het schor tijdens de experimentele periode gestabiliseerd. Er zijn geen negatieve neveneffecten waargenomen als gevolg van de kleibekleding. Een groot voordeel van het toepassen van een kleibekleding is, dat het natuurlijk aanzien van het schor nauwelijks wordt beïnvloed. De inpassing in het landschap is daarmee voldoende gewaarborgd.

Een probleem bij het toepassen van een kleibekleding is de beschikbaarheid van goede, niet verontreinigde klei. Veel klei is ernstig verontreinigd door de atmosferische depositie en door bestrijdingsmiddelen die in de landbouw worden gebruikt. Deze klei mag niet worden verwerkt.
De proef, die als een kleisuppletie kan worden beschouwd, moet in een definitieve toepassing met een relatief lage frequentie worden aangebracht om de verstoring van de natuur door de werkzaamheden zoveel mogelijk te beperken. De afmetingen zullen dan aanzienlijk groter moeten zijn dan de afmetingen, die voor het experiment zijn gehanteerd. Echter, bij grotere afmetingen zal ook de erosie van de kleibekleding toenemen, omdat het niveau van de (golfdempende) vooroever lager wordt in de richting van de laagwaterlijn. Voorts wordt de afstand van de suppletie tot de laagwaterlijn kleiner. Dit heeft een grotere golfbelasting tot gevolg De erosie van de kleibekleding zal

daardoor omvangrijker zijn dan de opgetreden erosie in de experimentele periode.

Bij een aanzienlijk grotere suppletie dan is toegepast bij het schor van Anna Jacobapolder, ontstaat een bovenzijde op hetzelfde niveau als het bestaande schor. Het is dan mogelijk de bovenzijde van de klei te voorzien van een beplanting met *Spartina*. De kans dat de pollen *Spartina* uit de bovenzijde van de kleibekleding worden gespoeld is veel kleiner dan de kans dat ze uit het talud worden gespoeld

In hoofdstuk 2.2.1 staan de eisen vermeld waaraan de klei voor de suppletie moest voldoen. De samenstelling van de klei wordt bepaald op de winplaats. Tijdens het verwerken van de klei bij Anna Jacobapolder is de samenstelling beïnvloed doordat de klei een paar keer moest worden overgeslagen tussen de zolderbak en de oever. Als gevolg hiervan is de plasticiteit van de klei veranderd (meer water in de klei) en is het zandgehalte vergroot. Dit heeft tot gevolg, dat de in het profiel verwerkte klei niet meer volledig aan de opgestelde eisen voldeed. Hierdoor is de bekleding sneller geërodeerd dan in het geval de samenstelling niet zou zijn gewijzigd. Er moet daarom bij het toepassen van een kleisuppletie naar worden gestreefd, de klei rechtstreeks van het transportmiddel in het profiel van de bekleding te verwerken. Hiermee blijft de samenstelling van de klei gewaarborgd. Het is te overwegen klei toe te passen, die minder snel erodeert dan de toegepaste klei. Deze beter geschikte klei moet een zo hoog mogelijk lutumgehalte en een zo laag mogelijk zandgehalte bevatten. Deze klei is echter beperkt beschikbaar.

Als voor een schor een glooiing wordt aangebracht, treedt een verlaging van het slik ervoor op. Deze verlaging wordt veroorzaakt door de ter plaatse heersende omstandigheden: een eroderende trend en een harde constructie, die door reflectie van de golven een verhoogde turbulentie veroorzaakt. Verwacht wordt, dat een reeks van suppleties met klei uiteindelijk eenzelfde beeld te zien zal geven. Het voorliggende, zandige slik zal blijven verlagen, zodat de hoogte van het klif toeneemt. Dit zal tot gevolg hebben dat nieuwe suppleties steeds zwaarder worden aangevallen. Door de verlaging van de oever zal de te suppleren hoeveelheid klei steeds groter worden. Als de optredende erosie van het slik structureel is, zullen de suppleties elkaar steeds sneller moeten opvolgen. De kosten voor het behouden van een schor zullen in een dergelijke situatie bij een suppletie met klei dus een stijgende trend vertonen.

6.2 Prognose schor Anna Jacobapolder

Zoals is aangegeven, is de indirecte oorzaak van de achteruitgang van het schor bij Anna Jacobapolder de verlaging van het voorliggende slik. De verlaging is het gevolg van de zandhonger. Omstreeks het niveau van NAP bedraagt de jaarlijkse verlaging 12 mm; op een lager gelegen niveau is de verlaging aanzienlijk geringer, namelijk minder dan 2,5 mm per jaar.
De helling van het slik beneden NAP verloopt van west naar oost van 1:70 naar 1:125. Ter plaatse van het experiment is de helling circa 1:70. Als er voor een globale benadering van de ontwikkelingen vanuit wordt gegaan dat het huidige (evenwichts-)profiel maatgevend is voor de positie van de rand van het schor, dan kan als indicatie worden aangegeven dat door de huidige verlaging van het slik, een achteruitgang van de rand van het schor kan voorkomen van jaarlijks 0,70 m. Wel zal bij een gelijk blijvende verlaging van het profiel de achteruitgang van de rand van het schor geleidelijk minder worden doordat het slik jaarlijks iets breder wordt.

Verwacht wordt, dat de zandhonger langer dan een eeuw zal doorgaan. Een echte prognose van de mate van de achteruitgang van de huidige rand van het schor is niet te geven. Wel is het zeker, dat de erosie van het slik, en daardoor ook van het schor, zich langdurig zal voortzetten.

6.3 Bezinkvelden Zuidgors

1 *erosie rand van het schor ter plaatse van het experiment*
De achteruitgang van de rand van het schor bedroeg voor de aanvang van het experiment meer dan 2 m per jaar; volgens de beheerder bedroeg de werkelijke achteruitgang kort voor de aanvang van het experiment plaatselijk ongeveer 10 m per jaar. Verwacht werd, dat de achteruitgang zou worden geminimaliseerd.

Zuidgors
De grootste schade trad meestal op in de omgeving van het kruisvormige einde van de wiepen dam.

De achteruitgang van de rand is verminderd van meer dan 7 m per jaar tot ongeveer 2,20 m per jaar in 1996 en 1997. De raaien die ter referentie worden gemeten, vertonen een toenemende achteruitgang van 2,50 m per jaar tot 4,60 m per jaar. Voorts is de hoogte van het klif kleiner geworden en is er lokaal een aanzet van een groei van *Spartina* ontstaan in een zone waar sedimentatie is opgetreden. De oostelijke dammen hadden twee jaar na de aanvang van het experiment eigenlijk verhoogd moeten worden, om een grotere sedimentatie te verkrijgen.
Geconcludeerd kan worden, dat er ter plaatse van de bezinkvelden een aantal gunstige ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. De verwachting dat de achteruitgang zou worden geminimaliseerd, is echter niet geheel gehaald.
De ontwikkeling van de hoogte van het slik buiten het experiment is ongunstig. Ten gevolge van de migratie van de voor het slik liggende geul in de richting van het schor, zijn in de zone tussen de bodem van de geul en de NAP-lijn flinke verdiepingen opgetreden. De verdiepingen van de geul veroorzaken een algemene aanpassing van het niveau van het slik; er treedt een verlaging van de bodem op en het dwarsprofiel wordt steiler. Op een afstand van 350 m van de rand van het schor vond in de periode van 1992 tot 1997 bijvoorbeeld, een verdieping plaats van NAP -0,50 m tot NAP -1,25 m. Hierdoor zal in de toekomst het effect van de golfwerking en daarmee ook de snelheid van de achteruitgang van de rand van het schor, eerder toenemen dan afnemen.

Samengevat kan worden gesteld dat de doelstelling, het minimaliseren van de achteruitgang van de rand van het schor, niet is gehaald. Ondanks het feit dat de ontwikkelingen in het gehele gebied ongunstiger waren dan vooraf werd getaxeerd, kan worden gesteld dat het effect van de constructie op de achteruitgang van de rand van het schor ter plaatse van de bezinkvelden, toch als 'goed' kan worden gekwalificeerd, omdat de erosie wel is verminderd.

2 *sedimentatie bezinkvelden*
Er zal sedimentatie tussen de dammen plaatsvinden. Deze sedimentatie heeft een hogere ligging van het slik tot gevolg. Door een grotere bodemwrijving zal de golfhoogte worden beperkt, zodat de golfaanval op de rand van het schor zal verminderen.

Vooral in het oostelijke deel van het proefgebied is sedimentatie opgetreden. Mede als gevolg hiervan is de hoogte van het klif met 0,40 m à 0,50 m verminderd. De sedimentatie heeft tot een iets kleinere golfaanval op het klif geleid; de verkleining van de klifhoogte heeft ervoor gezorgd dat de golfbelasting op het klif zelf, aanzienlijk is verminderd.

3 *verandering sedimentsamenstelling*
Ter plaatse van de bezinkvelden zal de korrel van het sediment fijner zijn dan buiten de bezinkvelden. Hierdoor zal het aantal bodemdieren toenemen.

De verwachting dat tussen de dammen een fijner sediment zou worden afgezet, is uitgekomen. Dit heeft er niet toe geleid dat er significante verschillen zichtbaar zijn in de populatie van de bodemdieren. Opgemerkt wordt, dat de verzamelde monsters na 1994 nog niet zijn uitgewerkt. Juist vanaf deze jaren is een stabielere situatie ontstaan, zodat de verschillen in de populatie na 1994 wellicht groter zullen zijn

4 *verlenging dammen*
Door de erosie van de rand van het schor zal het nodig zijn de dammen in de richting van het schor te verlengen om achterloopsheid te voorkomen

De dammen zijn verschillende keren verlengd om gelijke tred te houden met de optredende achteruitgang van de rand van het schor. Omdat de erosie op het Zuidgors groter was dan voor de aanvang van het experiment was verwacht, was ook de noodzakelijke verlenging van de dammen groter dan vooraf was getaxeerd.

5 *constructie van de dammen*
Wegens een beperkt budget konden niet uitsluitend rijshouten dammen worden toegepast. De alternatieve keuze viel toen op wiepen dammen. Uit voorzorg is bij de rand van het schor een rijshouten dam toegepast. Deze gecombineerde constructie zou geschikt zijn voor het verkrijgen van sedimentatie.

Het is een goed idee geweest gecombineerde dammen met respectievelijk rijshout en wiepen toe te passen. In het begin heeft de constructie van de wiepen dam slecht gefunctioneerd. Hierdoor zijn relatief grote ontgrondingskuilen ontstaan. De standzekerheid van de constructie is daardoor in gevaar gekomen. Dichter bij de rand van het schor zijn deze problemen niet voorgekomen, omdat de stroomsnelheid daar iets lager is en omdat gebruik is gemaakt

van de bekende rijshouten dam. Na enkele modificaties hebben de wiepen dammen ongeveer even goed gefunctioneerd als de rijshouten dam. Door deze modificaties zijn de initiële kosten van de wiependam wel verhoogd; deze wiepen dammen zijn juist gekozen vanwege de lage kosten De kosten, die besteed zijn aan het onderhoud van de constructie en aan de benodigde modificaties, zijn hoger dan was verwacht.

6 *extra dwarsdam*
Als extra proef is een dwarsdam aangelegd met als doel het creëren van meer luwere gebieden, waardoor een grotere sedimentatie kan worden verkregen. Door verschillen in sedimentatie te interpreteren kan een optimalisatie in kosten worden bereikt.

In de omgeving van de dwarsdam is geen grotere sedimentatie geconstateerd dan op de plaatsen waar deze dwarsdam niet is aangelegd. Dit betekent, dat een dwarsdam niet functioneel is in de opzet zoals deze voor het Zuidgors is gekozen.

7 *functioneren constructie*
Het experiment moest gedurende twee jaar kunnen functioneren. Er moest geld worden gereserveerd voor onderhoudswerkzaamheden.

Dankzij het verrichten van regelmatig onderhoud en het uitvoeren van modificaties, is het gelukt de constructie van 1992 tot 1994 intact te houden. De modificaties hebben tot gevolg gehad dat de dammen, zonder dat nog onderhoud is verricht, ook in 1995 nog goed hebben gefunctioneerd. Het bleek toen een redelijk goed functionerende constructie te zijn, die voor de op die plaats heersende fysische omstandigheden wel aan de zwakke kant was. De taxatie was, dat het bijvullen van rijshout in de rijshouten dam eenmaal per vier jaar diende te geschieden. Door het ontstaan van de ontgrondingskuilen is vaker rijshout bijgevuld Bij een normaal functionerende constructie is eenmaal bijvullen per vier jaar waarschijnlijk haalbaar. Dezelfde onderhoudsperiode kan waarschijnlijk worden aangehouden voor de wiepen in de wiepen dam. In 1997, vijf jaar na de start van het experiment, bleken de meeste wiepen te zijn verdwenen. Uit het oogpunt van de doorlatendheid van de constructie is de keuze voor een wiependam een goede keuze geweest Een rijshouten dam levert namelijk een grotere blokkade op van de stroming dan de wiependam. In verband met de hoge stroomsnelheden op die plaats lijkt een grotere blokkade niet aan te bevelen.

Overwegingen voor het wel of niet toepassen van bezinkvelden
Uit de verzamelde gegevens kan worden afgeleid dat de bezinkvelden de erosie van de rand van het schor met ongeveer 60 % heeft verminderd, terwijl in het referentie gebied de erosie met 80 % is toegenomen. Ook de hoogte van het klif is verminderd en er is een begin van een nieuwe vegetatie ontstaan in de zone waarin sedimentatie is opgetreden.
De inpassing in het landschap kan verschillend worden beoordeeld. Vroeger heeft in deze omgeving (het Sloe, 10 km westelijk van het Zuidgors) landwinning plaatsgevonden. Men heeft toen ook gebruik gemaakt van bezinkvelden.
De persoonlijke voorkeur zal maatgevend zijn of deze constructie al dan niet in Zeeland wordt geaccepteerd Sommigen vinden dat een dergelijke constructie, mede uit historische overwegingen, ook nu kan worden toegepast, omdat de constructie min of meer bij het aanzien

van een schor kan behoren. Ook in de Waddenzee worden voor het behoud van de kwelders de bezinkvelden algemeen toegepast. Anderen vinden dat deze constructie kunstmatig en onnatuurlijk is en daarom niet in een dergelijk gebied moet worden toegepast.
Bij het toepassen van bezinkvelden moeten de dammen in het gehele gebied vanaf de rand van het schor worden aangebracht. De visuele beïnvloeding van het gebied wordt daardoor groter dan bij het experiment het geval is.
De bezinkvelden hebben goed gefunctioneerd. De aangepaste experimentele constructie kan goed worden toegepast. De heersende omstandigheden en de ontwikkelingen die in een gebied plaatsvinden zijn randvoorwaarden voor de toepassing van een schorverdediging. Per locatie dient daarom te worden afgewogen of het zinvol is deze constructie aan te brengen of over te gaan tot een andere vorm van een schorverdediging.
Omtrent de kosten wordt verwezen naar hoofdstuk 5.3. In dat hoofdstuk wordt ook aangegeven hoe de constructie kan worden geoptimaliseerd, zodat de kosten kunnen worden verminderd.

Voor het Zuidgors geldt, dat het niet gewenst is deze constructie zonder nader onderzoek naar de verplaatsing van de geul en de ontwikkeling van het slik, te gaan toepassen. Als de verplaatsing van de geul voor het Zuidgors continueert, zal de oever voor de bezinkvelden namelijk steeds steiler worden. De constructie zal dan steeds zwaarder worden aangevallen door de golven. De golven en de optredende erosie zullen een deformatie van de constructie veroorzaken. Uiteindelijk zal de hele constructie in de geul verdwijnen.

6.4 Prognose schor Zuidgors

De achteruitgang van de schorrand wordt veroorzaakt door de grote golfaanval op het klif. Het sediment dat van het klif wordt afgeslagen, wordt vervolgens voor een deel op het schor afgezet (er ontstaat een zogenaamde pseudo oeverwal, een verhoging op het schor in de omgeving van het klif) en voor een deel door de stroming afgevoerd naar elders.
De grote golfaanval wordt veroorzaakt doordat het slik laag ligt ten opzichte van het schor. De golven ondervinden daardoor weinig bodemwrijving. Bij een hogere bodemligging wordt door dissipatie de energie van de golven, en daarmee ook de hoogte van de golven, verminderd.
De gedurende lange tijd plaatsvindende verlaging van het slik, is ongunstig voor de stabiliteit van het schor. De verplaatsing van de voor het slik liggende geul veroorzaakt een aanzienlijke verlaging van het slik. Op 350 m van de rand van het schor, ongeveer op de lijn van NAP -0,50 m, is ter plaatse van het experiment in 5,5 jaar een verlaging opgetreden van 0,75 m, geulwaarts is deze verlaging nog groter. De geulwand verplaatst daardoor met een snelheid van meer dan 10 m per jaar in de richting van het schor. Deze verplaatsing heeft een na-ijl effect op de rand van het schor. Op grond hiervan kan worden geconcludeerd, dat de erosie van de rand van het schor de komende jaren zal doorgaan.
In verband met de aanwezigheid van een vast punt, de havendam aan de westzijde van het schor, is het niet te verwachten dat het huidige dwarsprofiel van het slik onder een voortdurende erosie dezelfde helling blijft houden. Als dit wel het geval is, zal het betekenen, dat de rand van het schor de komende jaren met meer dan 10 m per jaar achteruit zal gaan.

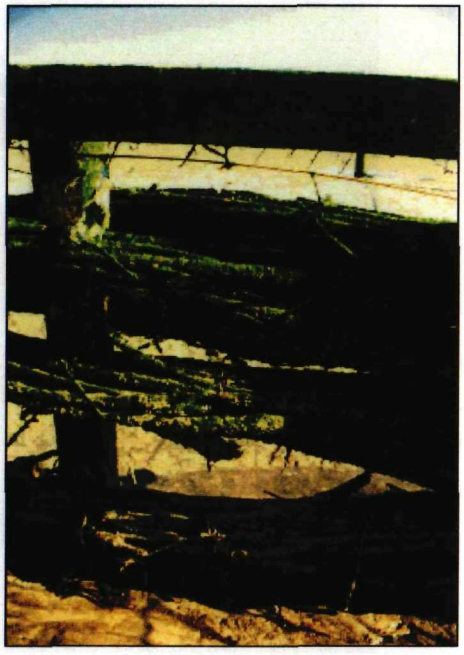
7. Conclusies

Bij het experiment in de omgeving van de Anna Jacobapolder is een kleibekleding toegepast, die tegen het klif is aangebracht.

De belangrijkste doelstelling van de beide experimenten was het stabiliseren van de rand van het schor, op een zodanige wijze dat de dynamiek in de omgeving van het schorklif behouden bleef.
bekleding mag in de loop der tijd eroderen. Op het Zuidgors zijn bezinkvelden aangelegd. waarvan de constructieve opzet afwijkt van de hiervoor gebruikelijke constructie. De dammen hebben een kleinere onderlinge afstand, zijn afwijkend geconstrueerd en hebben een afwijkende lengte.
Ten aanzien van de experimenten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

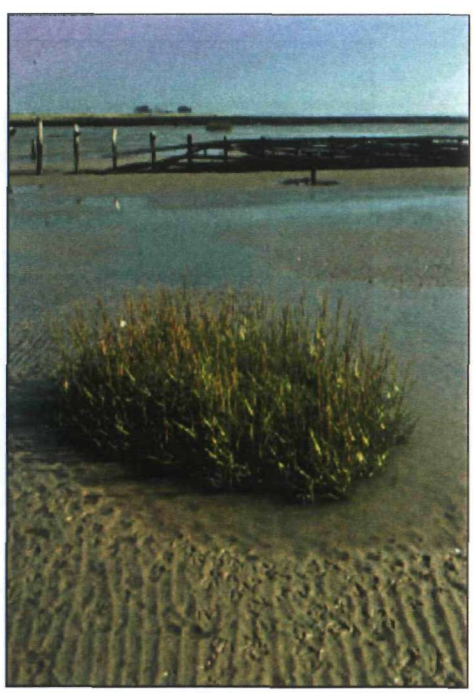
Kleibekleding Anna Jacobapolder
Ter plaatse van de kleibekleding is het schorklif gedurende de proefperiode van twee jaar gestabiliseerd. Na de proefperiode is een achteruitgang geconstateerd van 0,65 m per jaar. In het niet verdedigde deel bedroeg de achteruitgang tijdens de proefperiode 2,25 m per jaar en na de proefperiode 0,85 m per jaar. Vastgesteld kan worden, dat de kleibekleding goed heeft gefunctioneerd.
De hoogteveranderingen in de omgeving van de suppletie zijn gering geweest. Op het slik is een geringe verlaging van het profiel vastgesteld. De verlaging is het kleinst op het lagere deel van het slik.
De sedimentatie op het schor is gering, namelijk minder dan 0,01 m per jaar.
De geulen in het schor zijn door de kleibekleding niet beïnvloed.
De kleibekleding heeft geen nadelige gevolgen gehad voor het schor en het slik in de omgeving van de proeflocatie.
De jaarlijkse kosten per meter schorrand bedragen (gedurende drie jaar) ƒ 105,=. Het is mogelijk deze kosten nog iets te verlagen, door bijvoorbeeld andere (betere) klei te kiezen en/of per keer grotere

Zuidgors
De wiepen dam 1 jaar na de aanvang van het experiment.



hoeveelheden klei te verwerken. Op andere locaties is het wellicht mogelijk de klei op een goedkopere wijze te verwerken.
Een belangrijk voordeel van de kleibekleding is de zeer goede inpassing van de constructie in het landschap. In gebieden waar een continue verlaging van het slik optreedt, zal een steeds hoger klif ontstaan, ook na het opnieuw aanbrengen van de klei. Het nadeel hiervan is, dat de erosie van de aangebrachte kleibekleding zal toenemen, waardoor de kosten per meter schorrand in de loop van de tijd zullen stijgen.

Bezinkvelden Zuidgors
De hoogteveranderingen in de omgeving van het experiment zijn aanzienlijk. Dit komt enerzijds door de opdringende getijgeul en anderzijds door de aanleg van de bezinkvelden. Hoewel de bezinkvelden goed hebben gefunctioneerd, is het niet gelukt de achteruitgang van de rand van het schor tot stilstand te brengen. De hoogte van het klif is met 0,40 m tot 0,50 m verminderd. Tussen de dammen is in het algemeen een verhoging van de bodem van enkele decimeters geconstateerd. Buiten de dammen is daarentegen een aanzienlijke verlaging van het slik opgetreden. Deze verlaging is veelal meer dan 0,50 m. De achteruitgang van de rand van het schor ter plaatse van het experiment is ten gevolge van de opgetreden sedimentatie verminderd van circa 5,40 m per jaar tot circa 2,20 m per jaar, terwijl de achteruitgang in het niet verdedigde gebied is toegenomen van 2,50 m per jaar tot 4,60 m per jaar.
De dammen zijn tijdens het onderhoud niet verhoogd. Een verhoging van de oostelijke dammen zou in die omgeving tot een grotere sedimentatie hebben geleid.
De constructie heeft veel onderhoud gevergd. Ter plaatse van de wiepen dammen zijn flinke ontgrondingskuilen ontstaan. Na enkele modificaties aan deze wiepen dammen is een goed functionerend geheel ontstaan. Toch is het noodzakelijk gebleken regelmatig onderhoud aan de constructie te verrichten, zoals het vullen met rijshout en het vastbinden van de wiepen.
De samenstelling van het sediment tussen de dammen is fijner dan de samenstelling van het sediment buiten de dammen. Ten aanzien van de populatie van bodemdieren heeft dit vooralsnog niet geleid tot een significante verschuiving.
Hoewel de wiepen en het rijshout geheel uit de constructie zijn verdwenen, is het effect van de dammen in 1998 nog steeds zichtbaar.
De kosten per meter schorrand hebben tijdens de gehele periode circa ƒ 600,= bedragen. Dit is globaal per jaar ƒ 120,= à ƒ 200,=. Deze kosten kunnen door enkele specifieke maatregelen, zoals het niet toepassen van dwarsdammen, aanzienlijk worden verlaagd.



Zuidgors
Tussen de dammen, ongeveer 50 m voor het klif, heeft een beginnende ontwikkeling plaatsgevonden van *Spartina anglica*; buiten de dammen groeiden al eerder enkele pollen met *Spartina*.

Referenties

Blijenberg, H.M., 1990.
Erosie van schorren in de Oosterschelde. Stagerapport Rijksuniversiteit Utrecht.

Consemulder, J., 1992.
Bescherming van eroderende schorranden: twee experimenten in het Deltagebied. Rijkswaterstaat DGW Rapport 92.023.

Hendrikse, K., 1993.
Natuurgegevens getij, wind en golven; proef schorrandverdediging Zuidgors. Rijkswaterstaat Werkdocument GWWS-93.842X.

Houmes, W., 1993.
Evaluatie overeenkomst Z 3472 A en constructie ervaringen. Rijkswaterstaat directie Zeeland Memo.

Houmes, W., 1994.
Constructieve ontwikkelingen in de periode juli 1993 tot juni 1994 *Rijkswaterstaat directie Zeeland Memo*

Iedema, W., 1991.
Veilig getij, evaluatie van de Oosterschelde na 5 jaar stormvloedkering. Rijkswaterstaat directie Zeeland. Rapport AX 91.089

Jong, D.J. de, Jong, Z. de, Mulder, J.P.M., 1994.
Changes in area, geomorphology and sediment nature of salt marshes in the Oosterschelde estuary (S.W. Netherlands) due to tidal changes. Hydrobiologia 282/283: 303-316

Jonkers, 1991.
Inventarisatie en procesanalyse van de schorranderosie in de Oosterschelde. Rapport GEOPRO 1991.025.

Kornman, B. A. en Deckere, E. de, 1998.
Temporal variation in sediment erodibility and suspended sediment dynamics in the Dollard estuary Geological Society, London. Special Publications, 139: 231-241.

Stikvoort, E.C., 1993.
Referentie situatie bodemdieren op Slikken van Everingen. Rijkswaterstaat DGW Werkdocument GWWS-93.815x.

Stikvoort, E.C., 1995.
Evaluatie schorverdediging Zuidgors: effecten op bodemdieren. Rijkswaterstaat RIKZ, Werkdocument RIKZ/AB-95 848x.

Storm, C., 1993.
Sonderingen kleitalud Anna Jacobapolder (Slaak) Rijkswaterstaat DGW, Werkdocument GWAO-93.822X.

Storm, C., en De Jong, D.J., 1991.
Monitoring proeven schorrandverdedigingen. Rijkswaterstaat DGW, Werkdocument GWAO-92.846X.

Wilderom, ing. M.H., 1968.
Tussen Afsluitdammen en Deltadijken III, Midden-Zeeland.

Witteveen en Bos, 1998.
Eindverslag waterbeweging en morfologie van slikken in de Westerschelde.

Overzicht bijlagen

Anna Jacobapolder

bijlage 1	meetlocaties op schor en slik
bijlage 3A	dwarsprofiel 1
bijlage 3B	dwarsprofiel 2
bijlage 3C	dwarsprofiel 3
bijlage 3D	dwarsprofiel 4
bijlage 3E	dwarsprofiel 5
bijlage 3F	dwarsprofiel 6
bijlage 4A	erosie-sedimentatie hoge slik
bijlage 4B	erosie-sedimentatie lage slik
bijlage 5A	hoogtekaart 1992 en 1994
bijlage 5B	verschilkaart *1992-1994*
bijlage 6A	hoogte-ontwikkeling schor raai A
bijlage 6B	hoogte-ontwikkeling schor raai B
bijlage 6C	hoogte-ontwikkeling schor raai C
bijlage 7	geulontwikkeling lodingskaarten 1990-1993
bijlage 8	waterstand in kreken op 16 november 1993

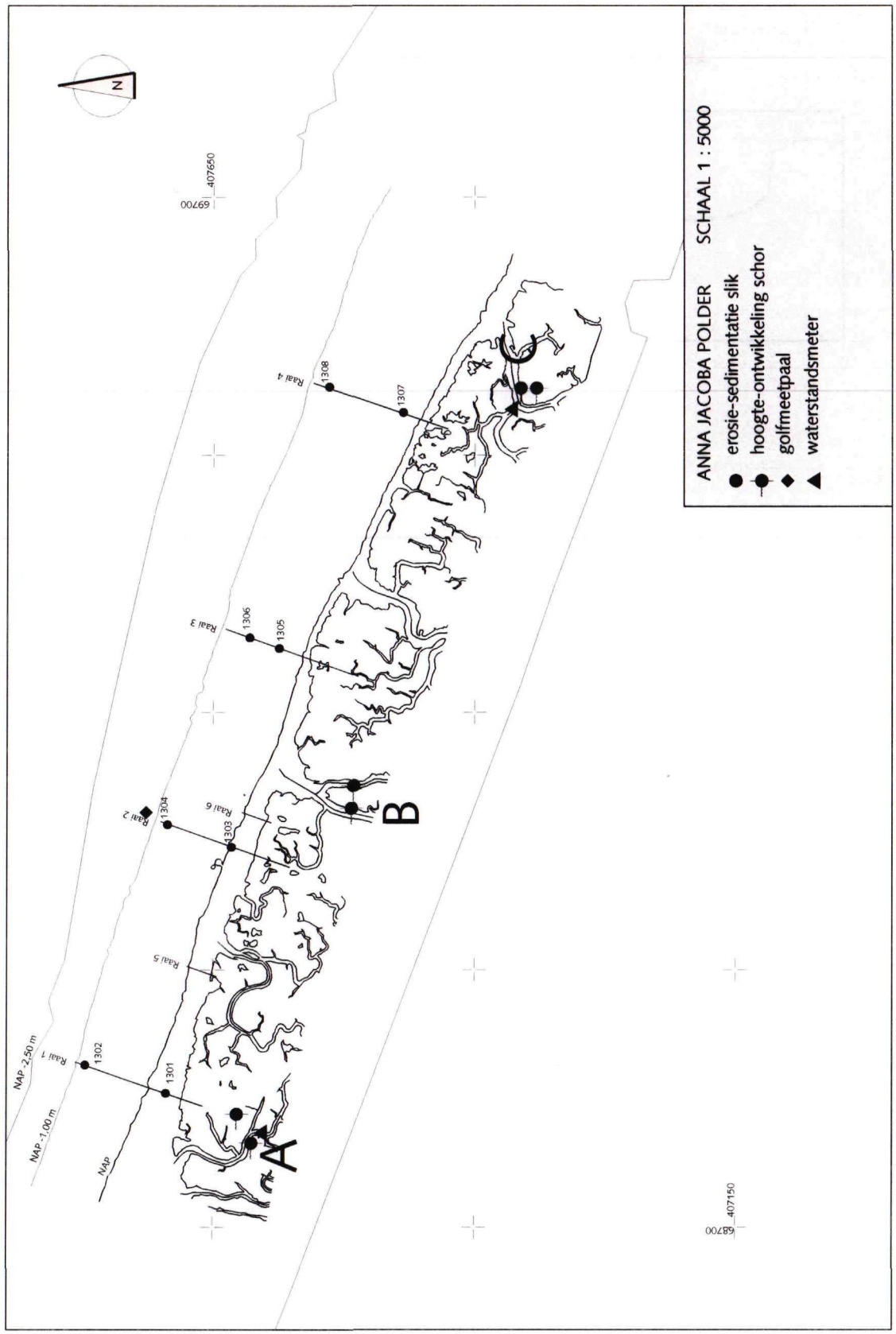
Zuidgors

bijlage 2	meetlocaties op schor en slik
bijlage 9	ontgrondingskuil kort na de aanleg van de dam
bijlage 10	berekende jaarlijkse achteruitgang klif
bijlage 11A	*hoogte-ontwikkeling bodem 10 m voor het klif*
bijlage 11B	hoogte-ontwikkeling bodem 20 m voor het klif
bijlage 12A	dwarsprofiel 2
bijlage 12B	dwarsprofiel 3
bijlage 12C	dwarsprofiel 4
bijlage 12D	dwarsprofiel 5
bijlage 12E	dwarsprofiel 6
bijlage 13A	erosie-sedimentatie hoge slik
bijlage 13B	erosie-sedimentatie omstreeks NAP
bijlage 13C	erosie-sedimentatie lage slik
bijlage 14A	hoogtekaart 1992 en 1994
bijlage 14B	verschilkaart 1992-1994
bijlage 15A	hoogte-ontwikkeling schor raai A
bijlage 15B	*hoogte-ontwikkeling schor raai B*
bijlage 15C	hoogte-ontwikkeling schor raai C
bijlage 15D	hoogte-ontwikkeling schor raai D
bijlage 16A	ontwikkeling schorrand voor de jaren 1935, 1959, 1970, en 1978
bijlage 16B	klif,1988, 1992 bepaald van luchtfoto's en 1996 van terreinwaarnemingen
bijlage 17A	geulontwikkeling lodingskaarten 1990-1992
bijlage 17B	geulontwikkeling lodingskaarten 1992-1994
bijlage 17C	geulontwikkeling lodingskaarten 1994-1997
bijlage 18	waterstand en verval voor de meetlocaties 13 en 14
bijlage 19A	stroomsnelheden wateroppervlak tijdens maximum vloed; drijvermeting 30 juni 1992
bijlage 19B	stroomsnelheden wateroppervlak tijdens het begin van de eb; drijvermeting 30 juni 1992
bijlage 19C	stroomsnelheden wateroppervlak tijdens de maximum eb; drijvermeting 30 juni 1992
bijlage 20A	stroomsnelheden voor en na hoogwater op meetpunt 9 op 16 juni 1992
bijlage 20B	stroomsnelheden voor en na hoogwater op meetpunt 9 op 6 juli 1992
bijlage 21A	concentratie zand en slib tijdens eb ter hoogte van meetpunt 9

bijlage 21B concentratie zand en slib tijdens vloed ter hoogte van meetpunt 9
bijlage 22A ontwikkeling slibgehalte
bijlage 22B ontwikkeling mediane korreldiameter
bijlage 23A ontwikkeling bodemdieren, dichtheid
bijlage 23B ontwikkeling bodemdieren, biomassa
bijlage 23C ontwikkeling bodemdieren, aantal soorten
bijlage 24 constructieve aanpassingen aan de wiepen dammen

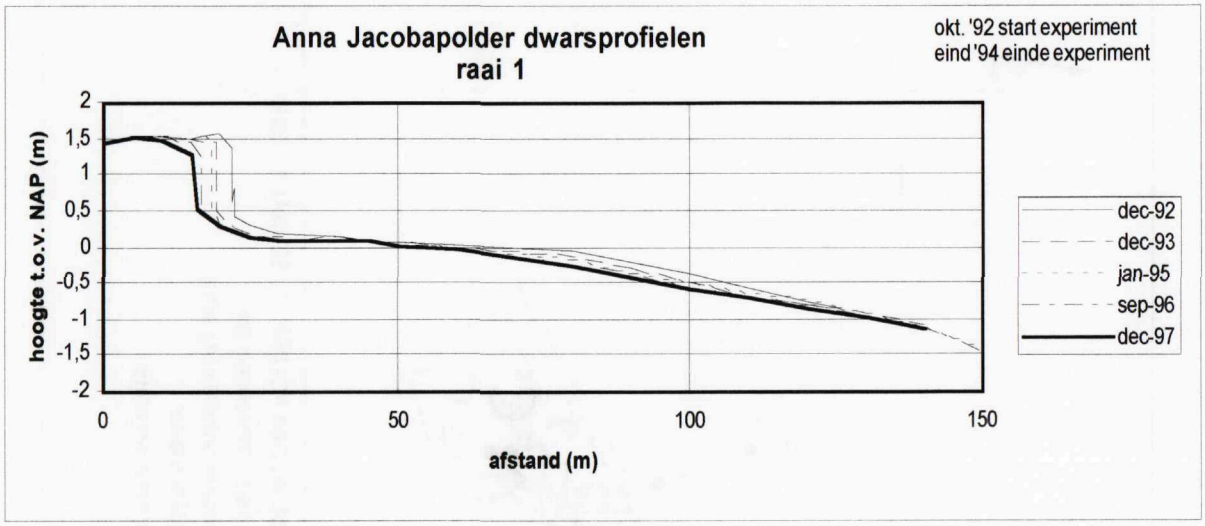
Anna Jacobapolder bijlage 1

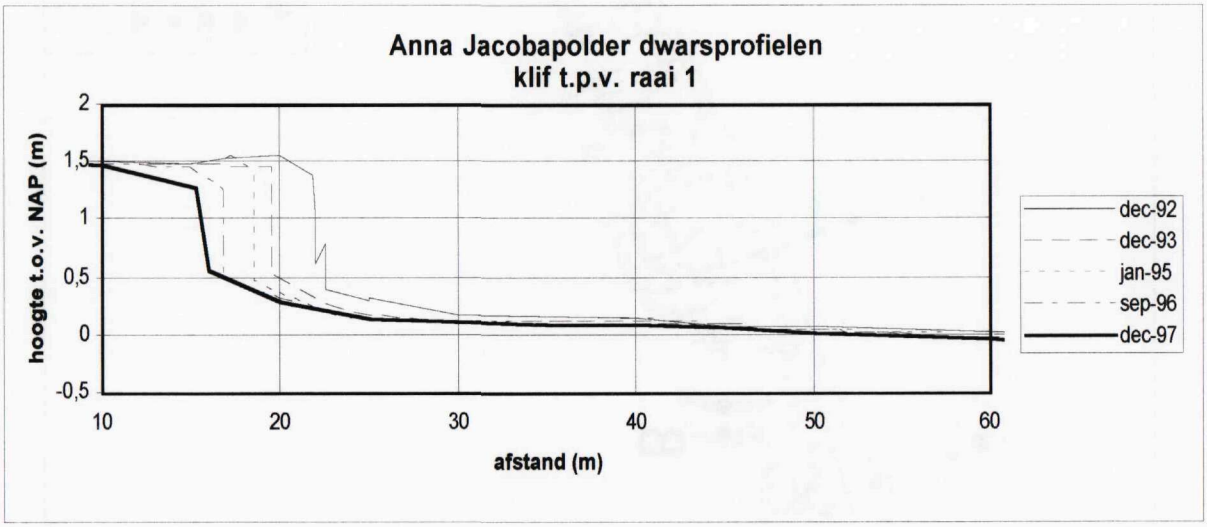
meetlocaties op de schor en slik

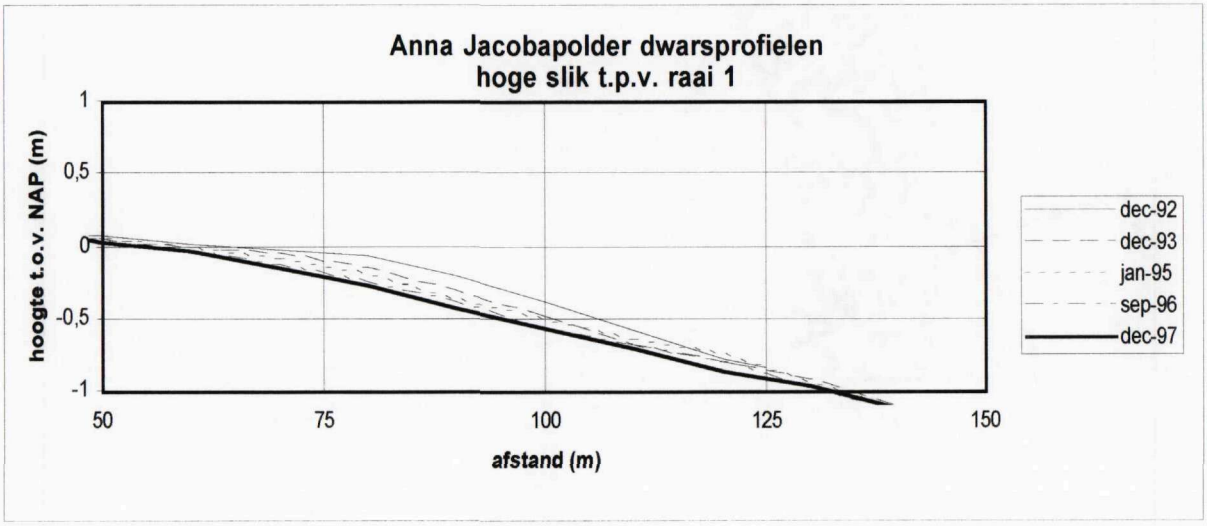


Anna Jacobapolder bijlage 3A

dwarsprofiel 1

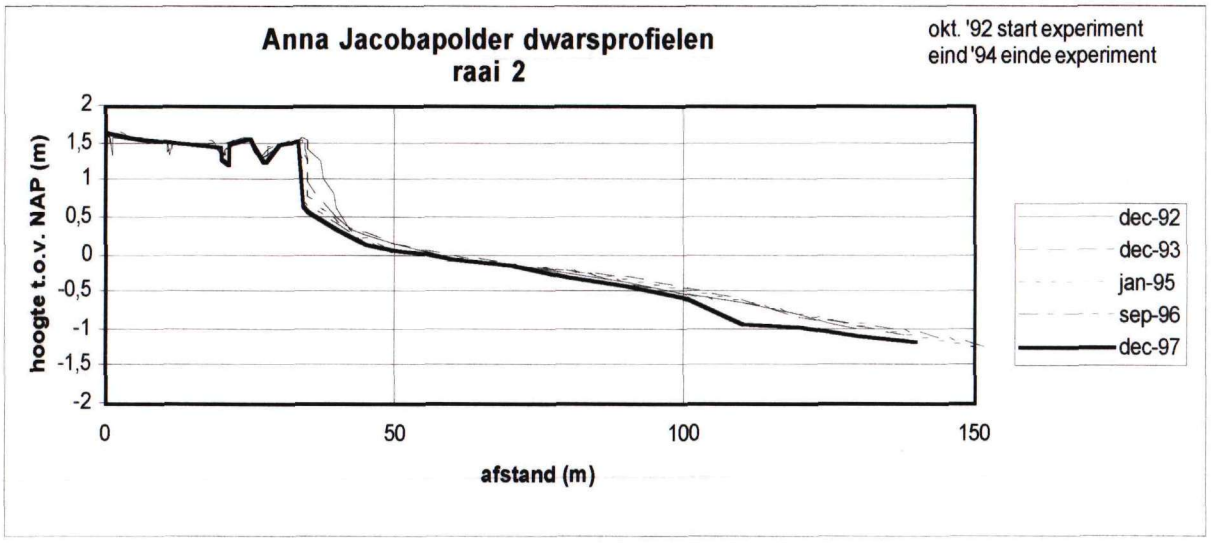


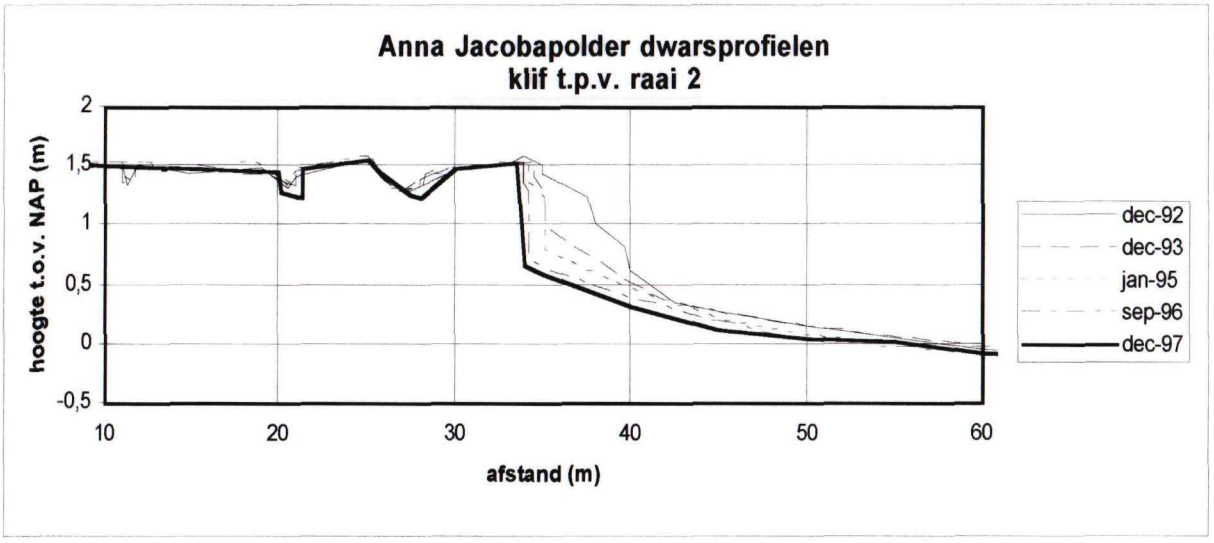


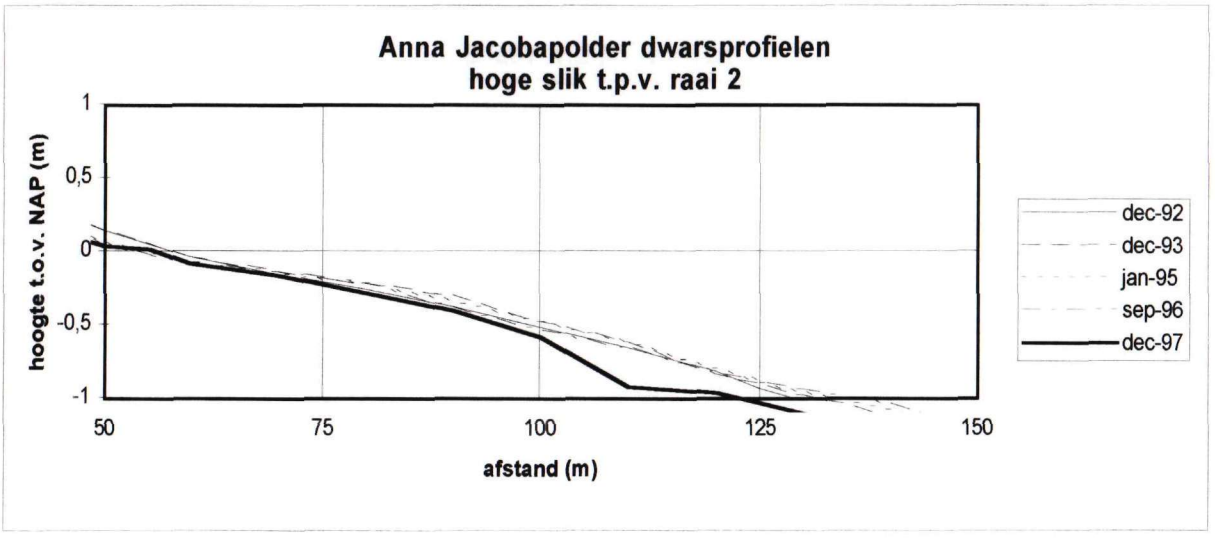


Anna Jacobapolder bijlage 3B

dwarsprofiel 2

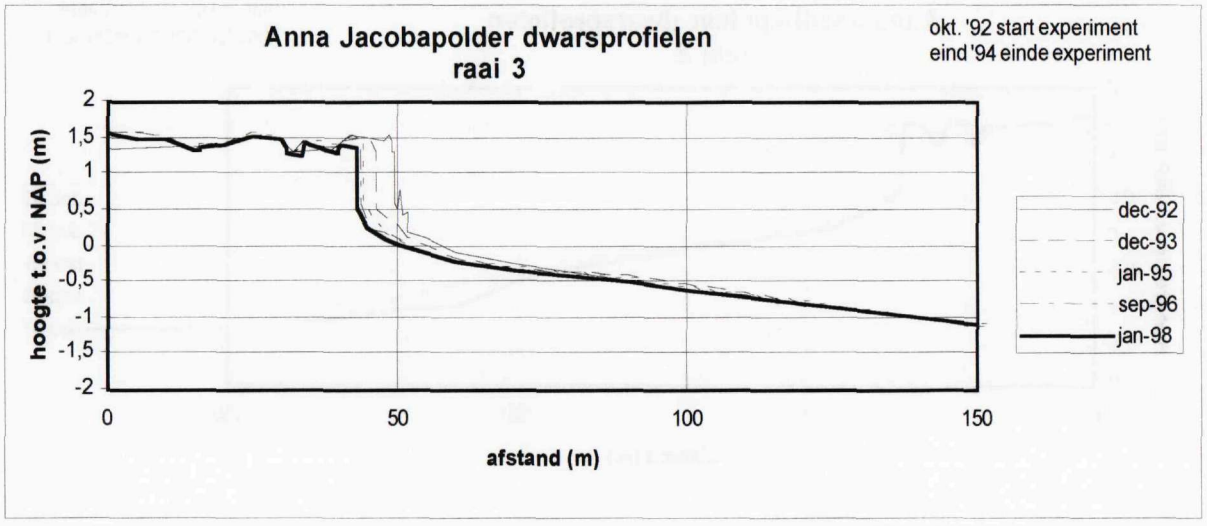


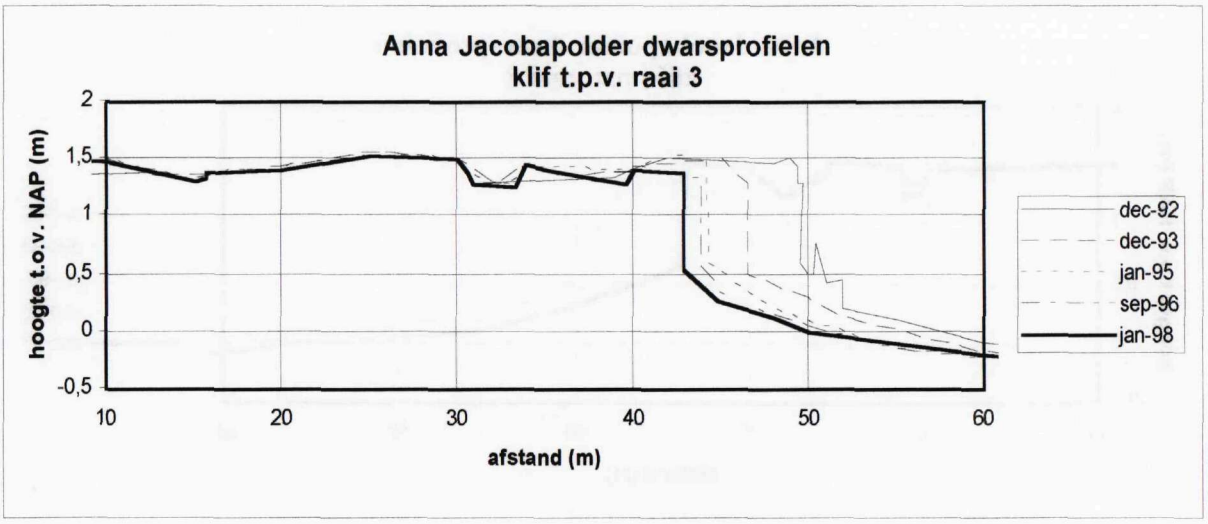


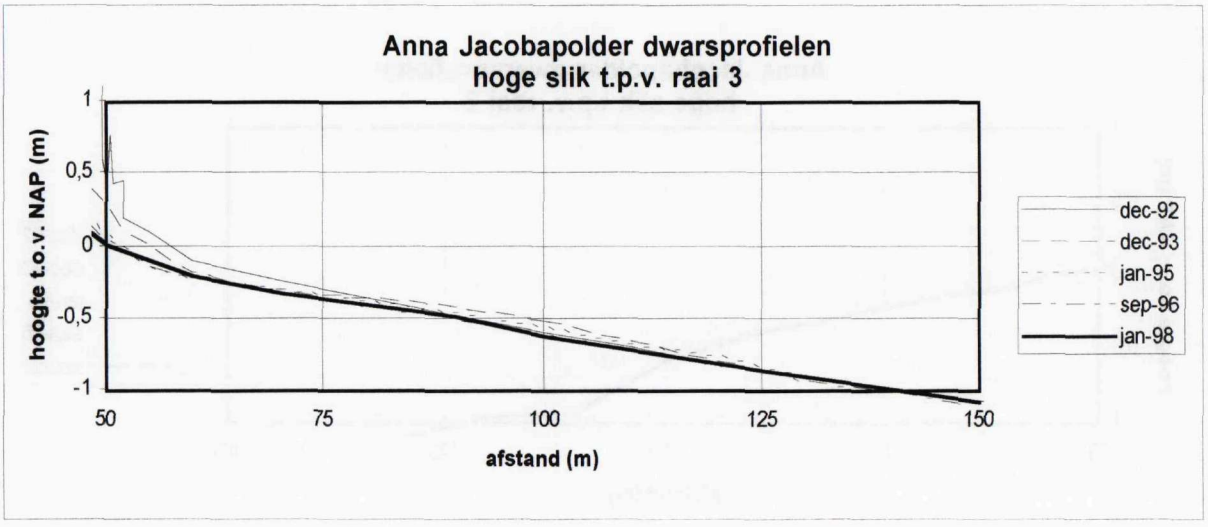


Anna Jacobapolder bijlage 3C

dwarsprofiel 3

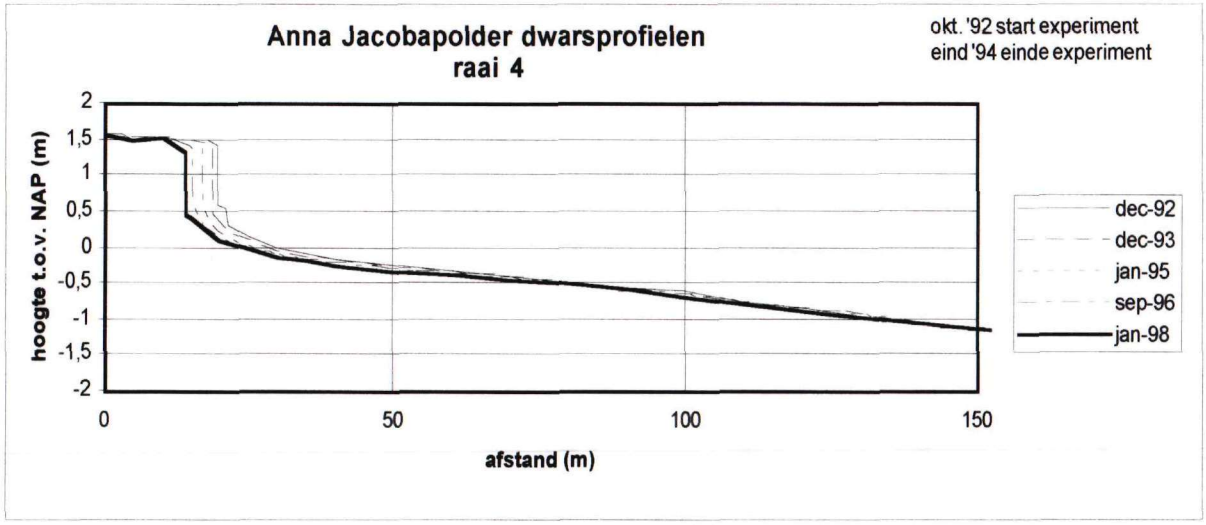


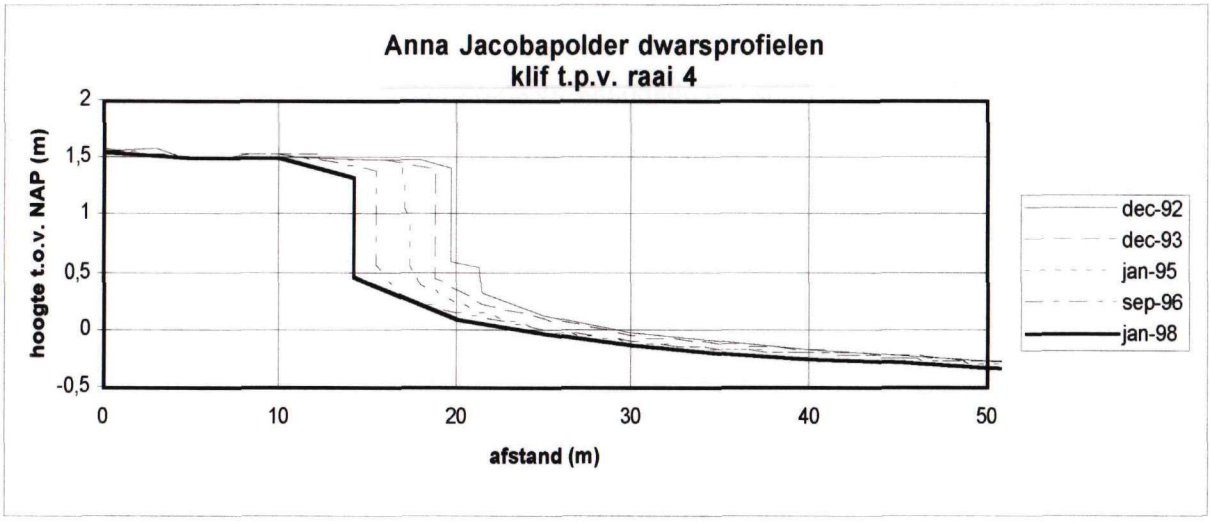


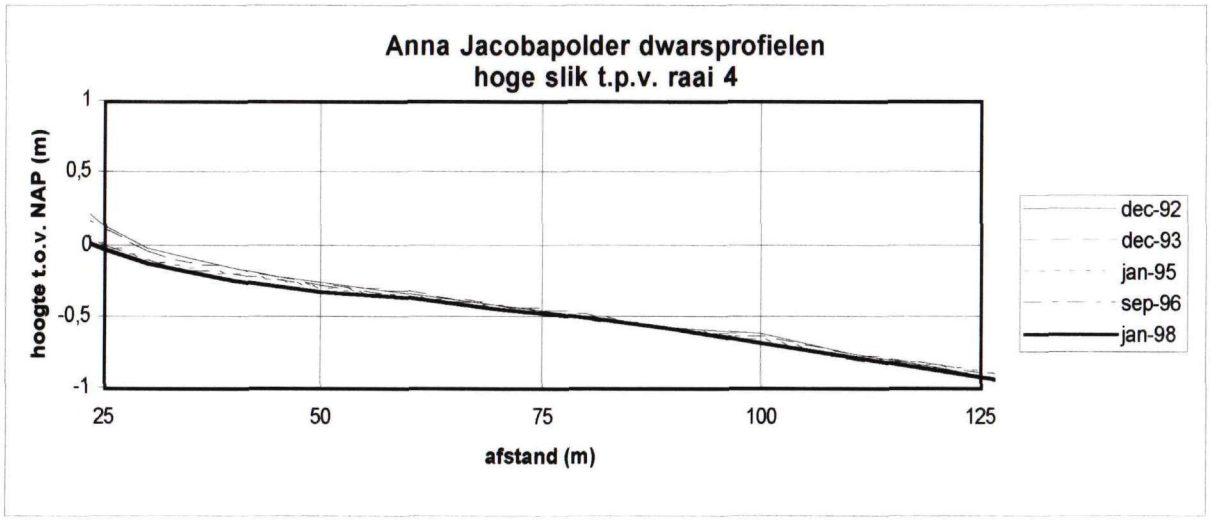


Anna Jacobapolder bijlage 3D

dwarsprofiel 4

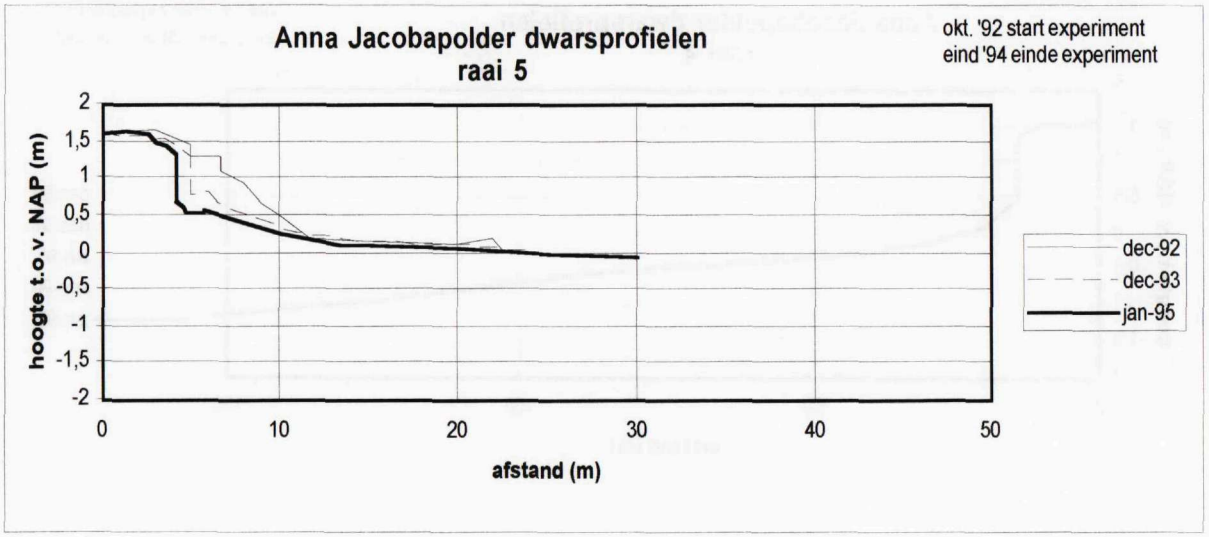


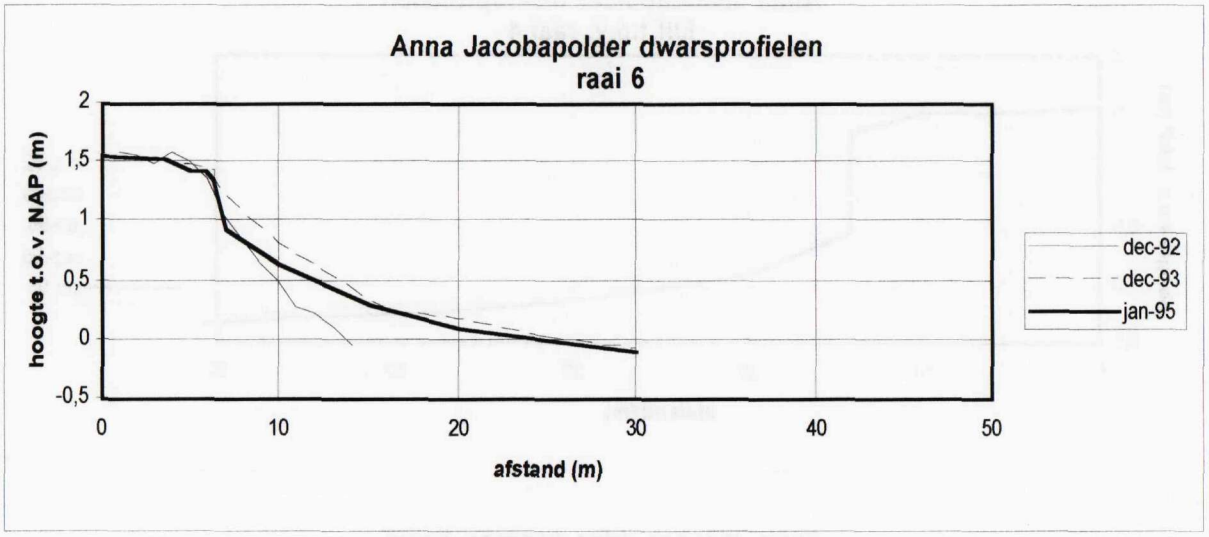




Anna Jacobapolder bijlage 3E, 3F

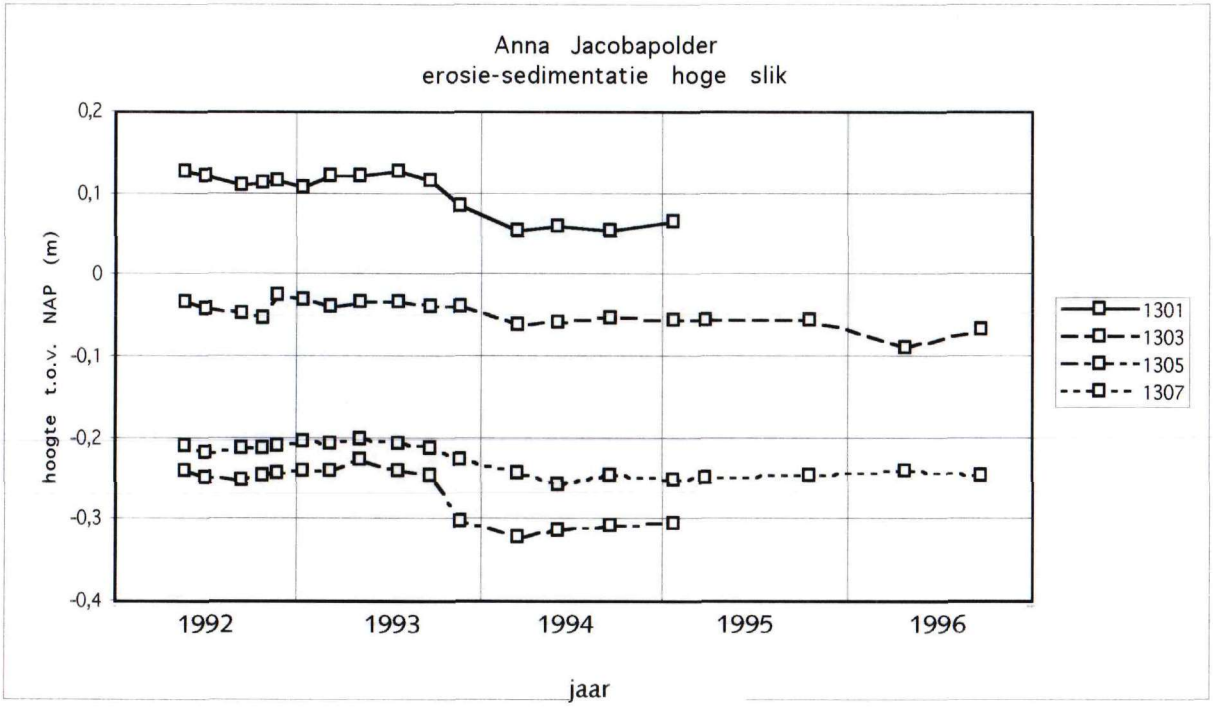
dwarsprofiel 5 en 6

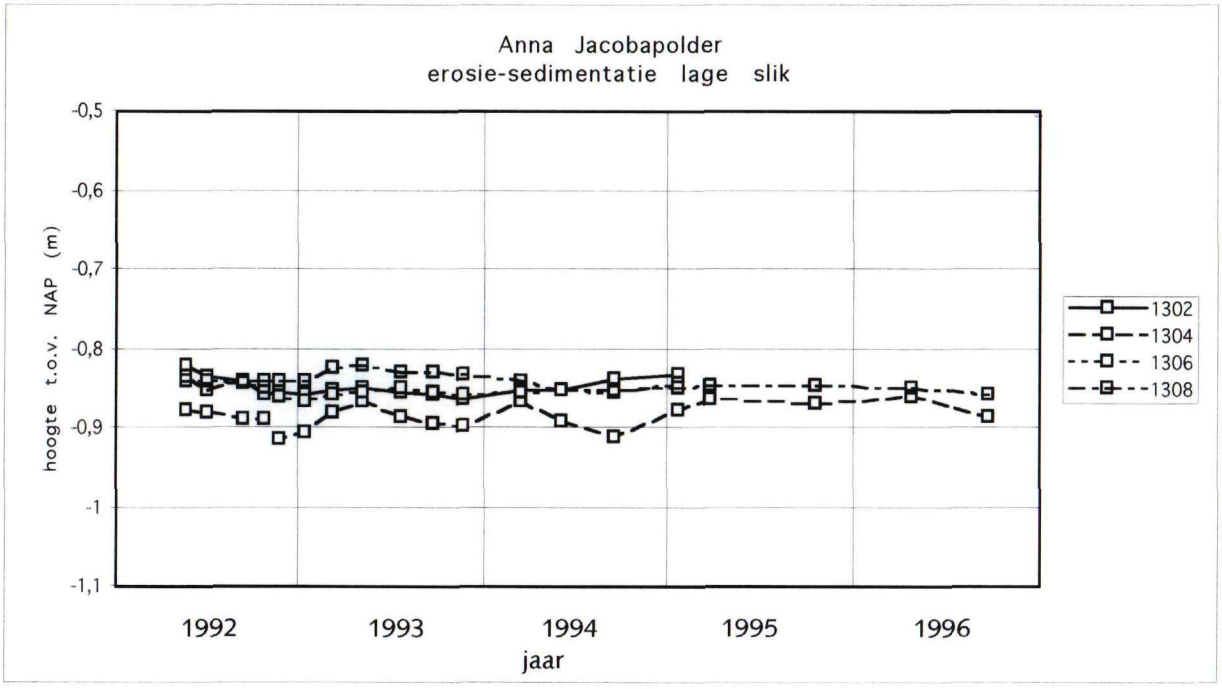




Anna Jacobapolder bijlage 4A, 4B

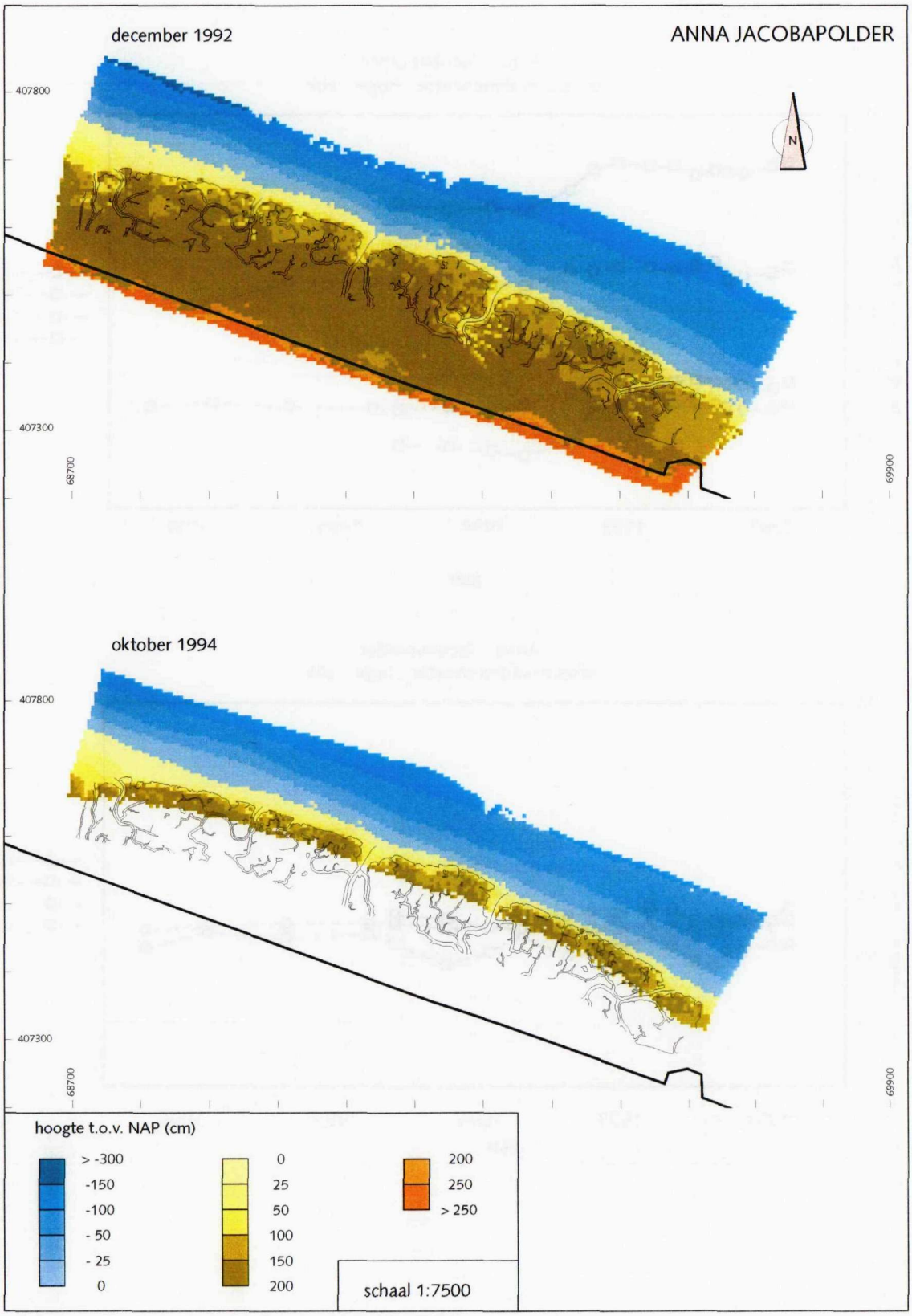
erosie-sedimentatie hoge slik
erosie-sedimentatie lage slik





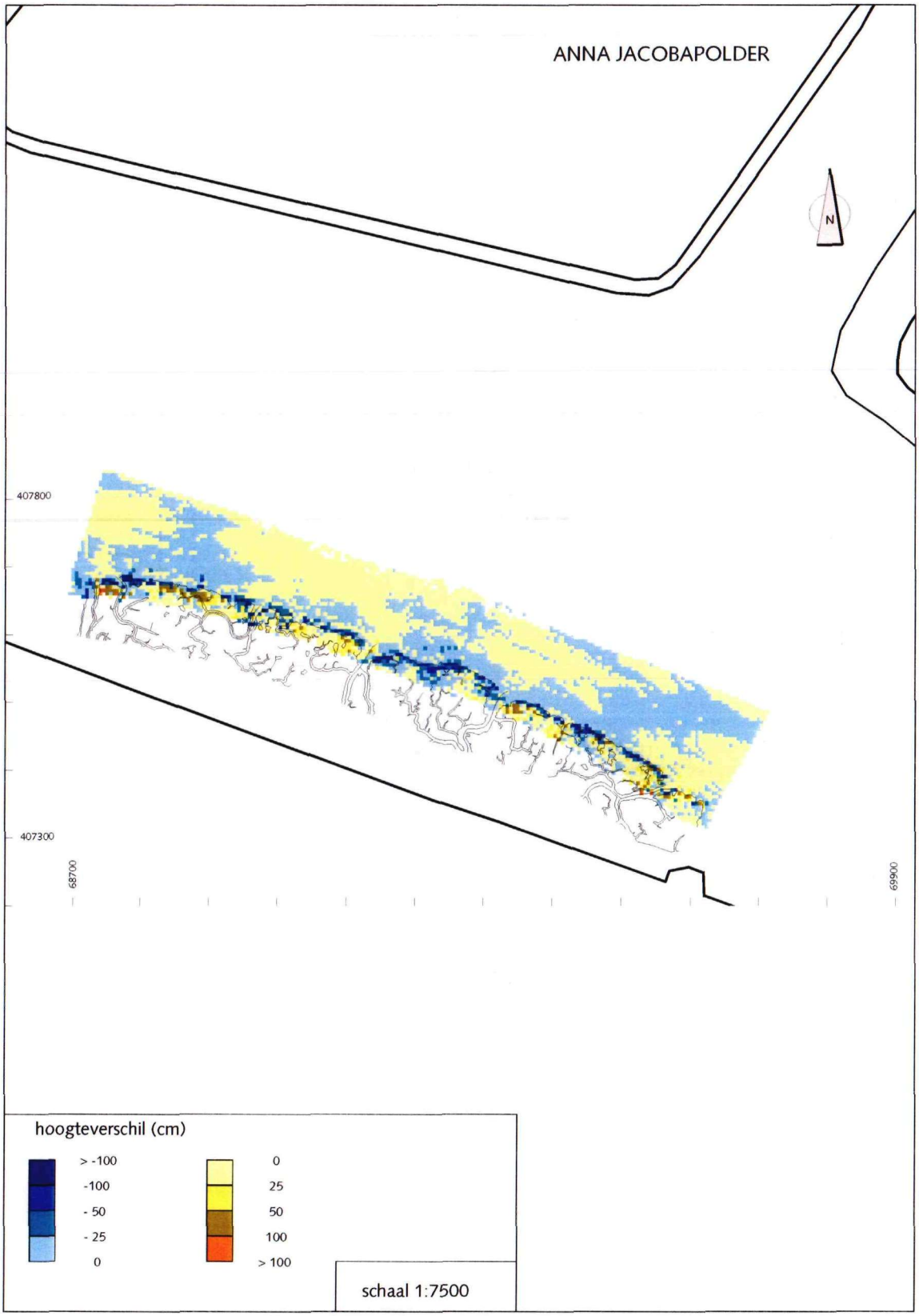
Anna Jacobapolder bijlage 5A

hoogtekaart 1992 en 1994



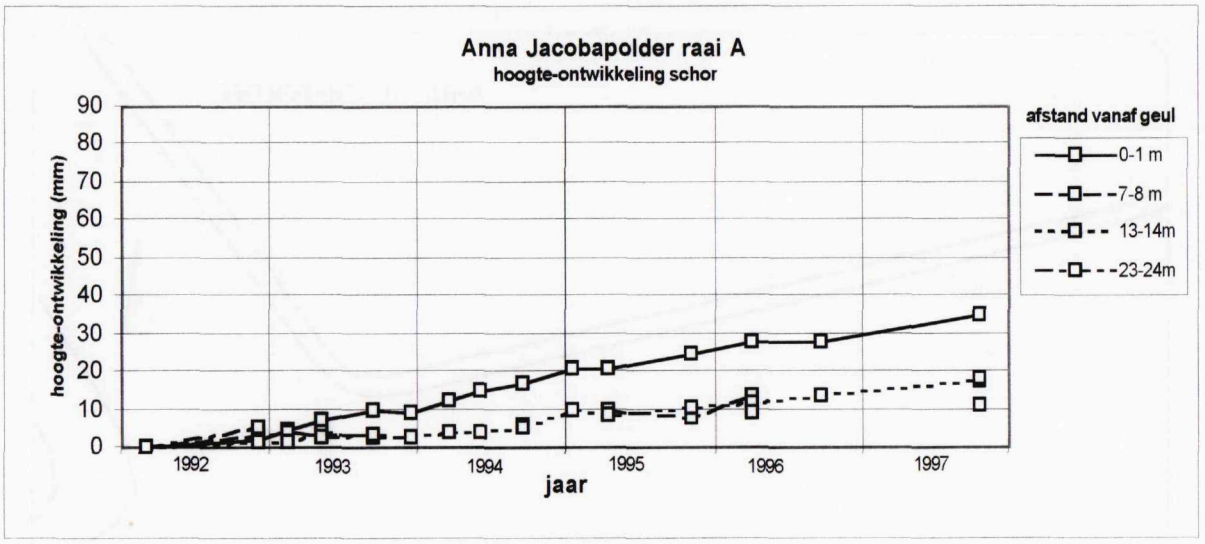
Anna Jacobapolder bijlage 5B

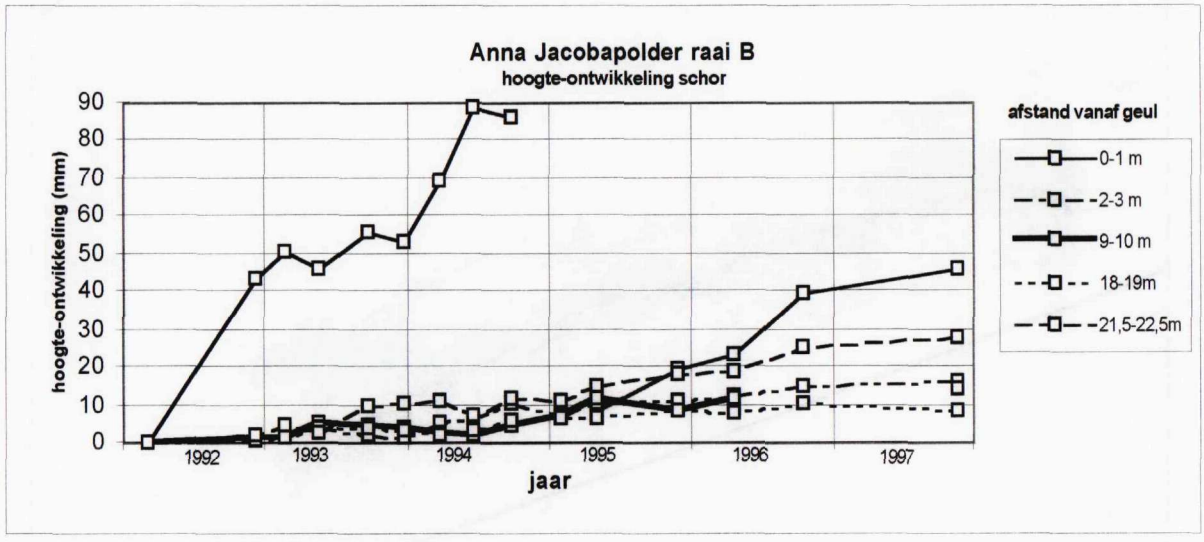
verschilkaart 1992-1994

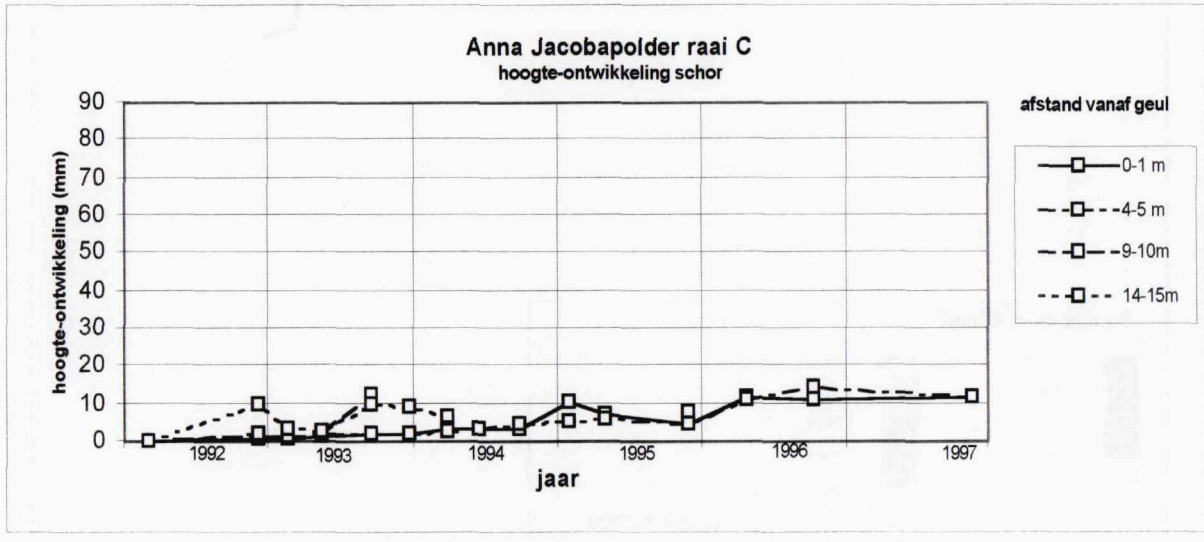


Anna Jacobapolder bijlage 6A, 6B, 6C

hoogte-ontwikkeling schor raai A, B, C.

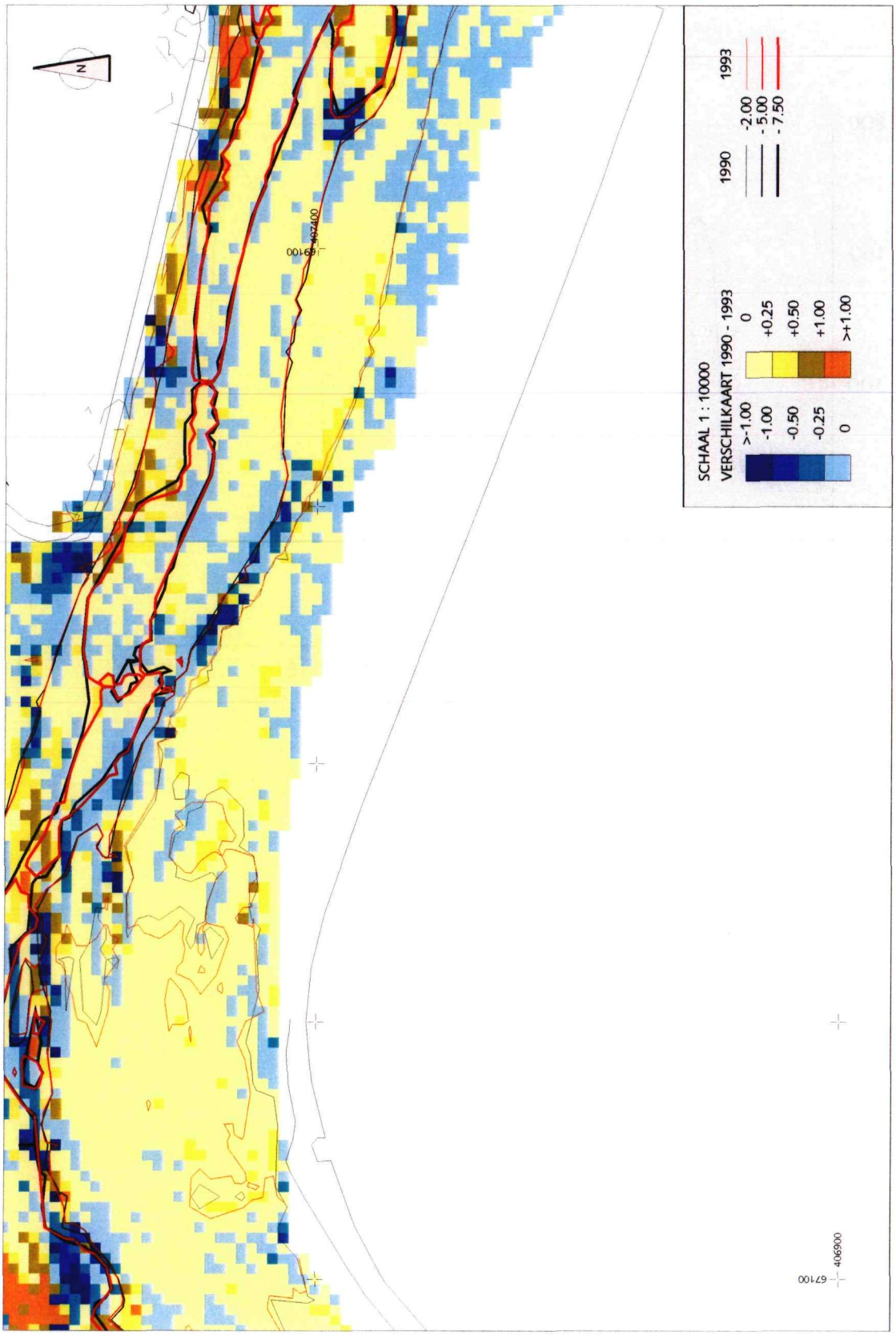






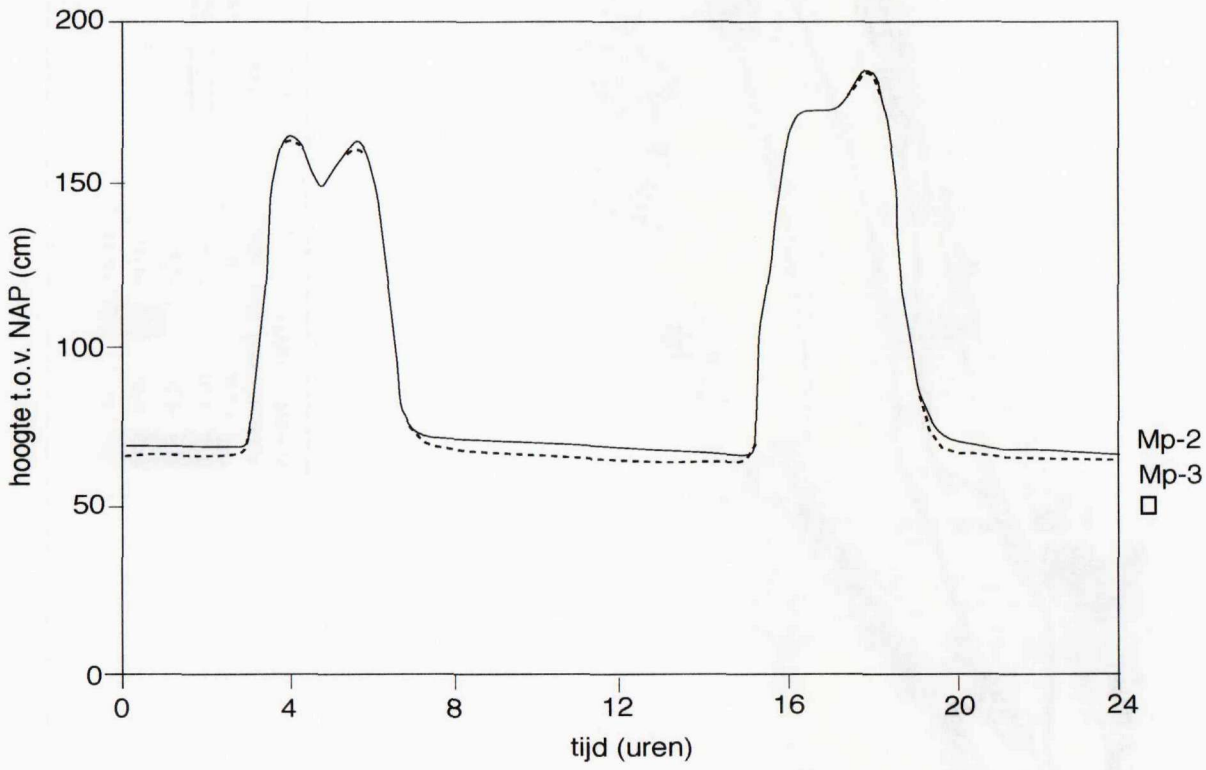
Anna Jacobapolder bijlage 7

geulontwikkeling lodingskaarten 1990-1993



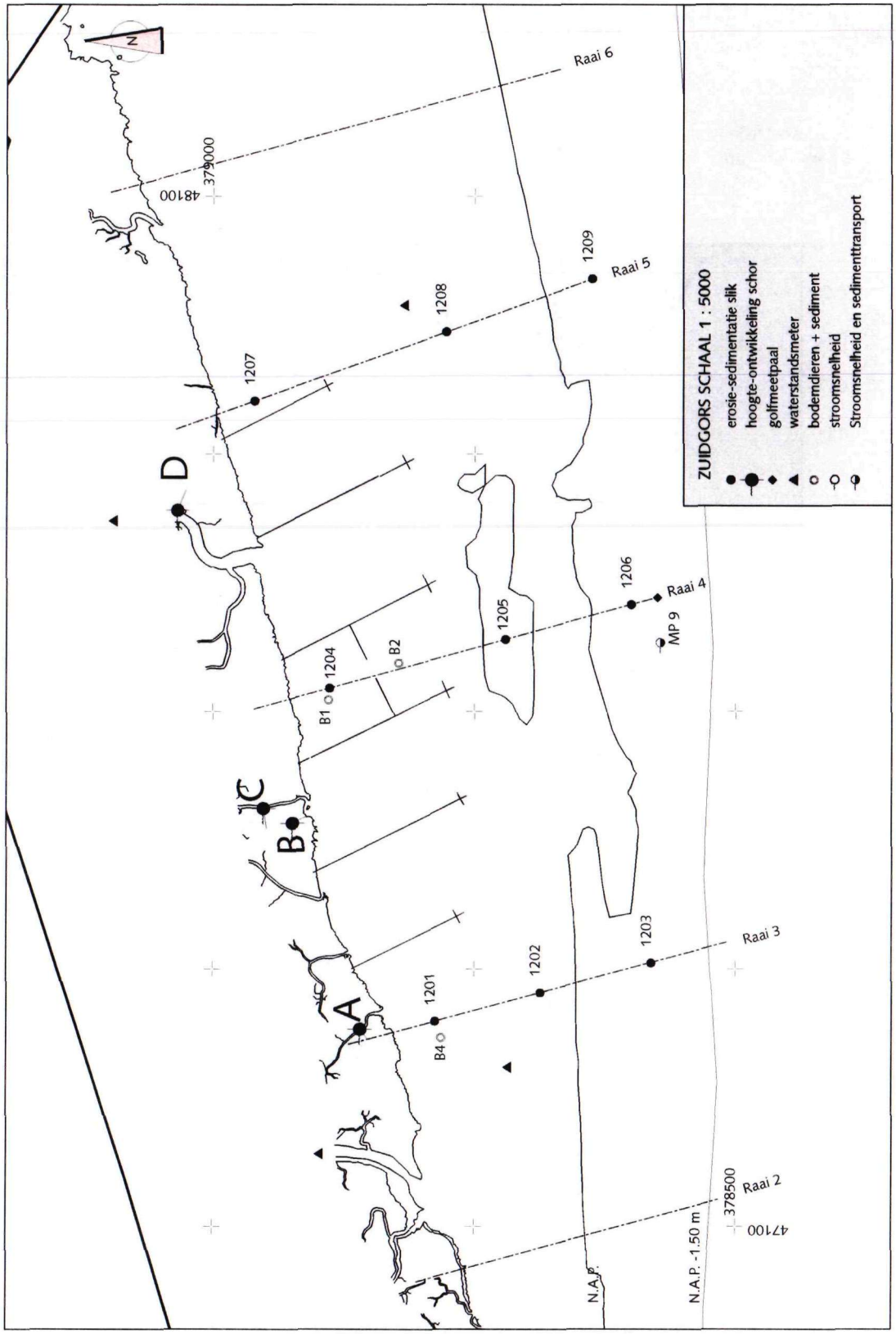
Anna Jacobapolder bijlage 8

waterstand in kreken op 16 november 1993



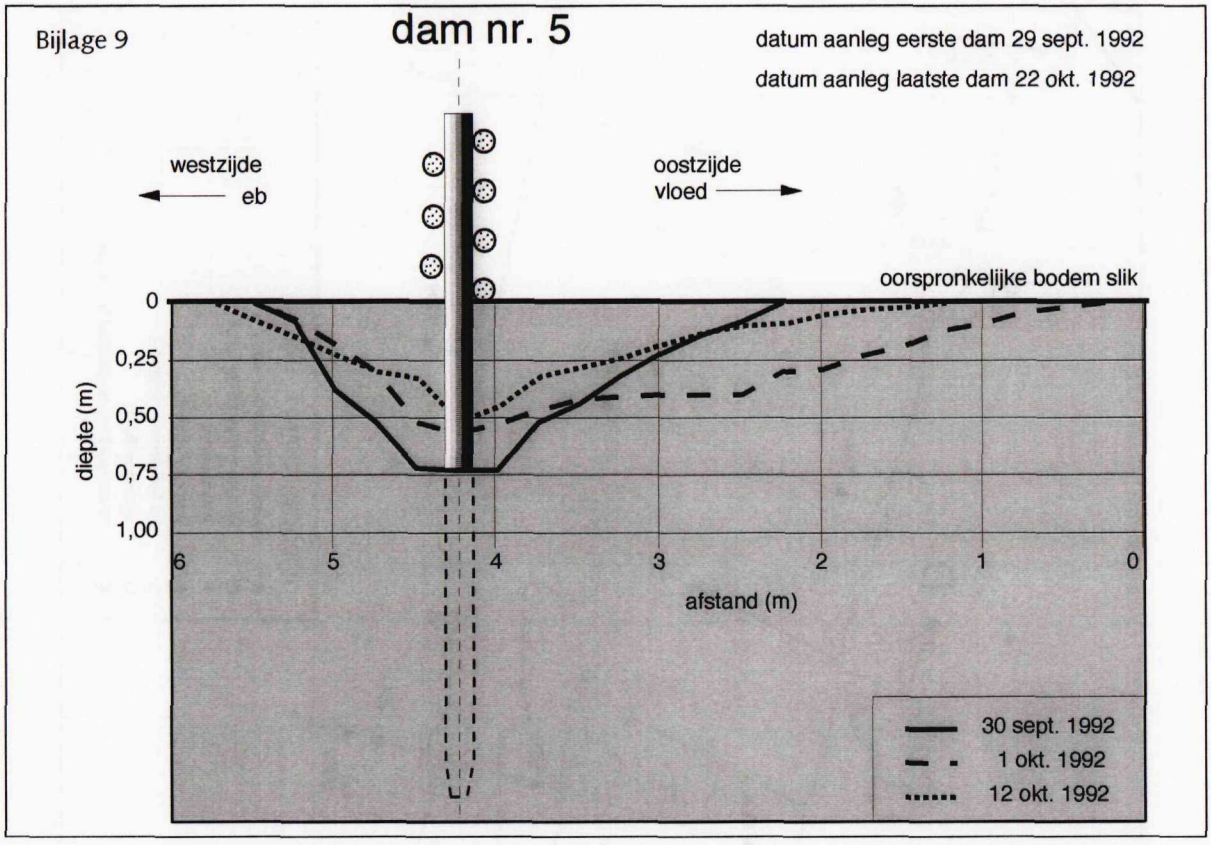
Zuidgors bijlage 2

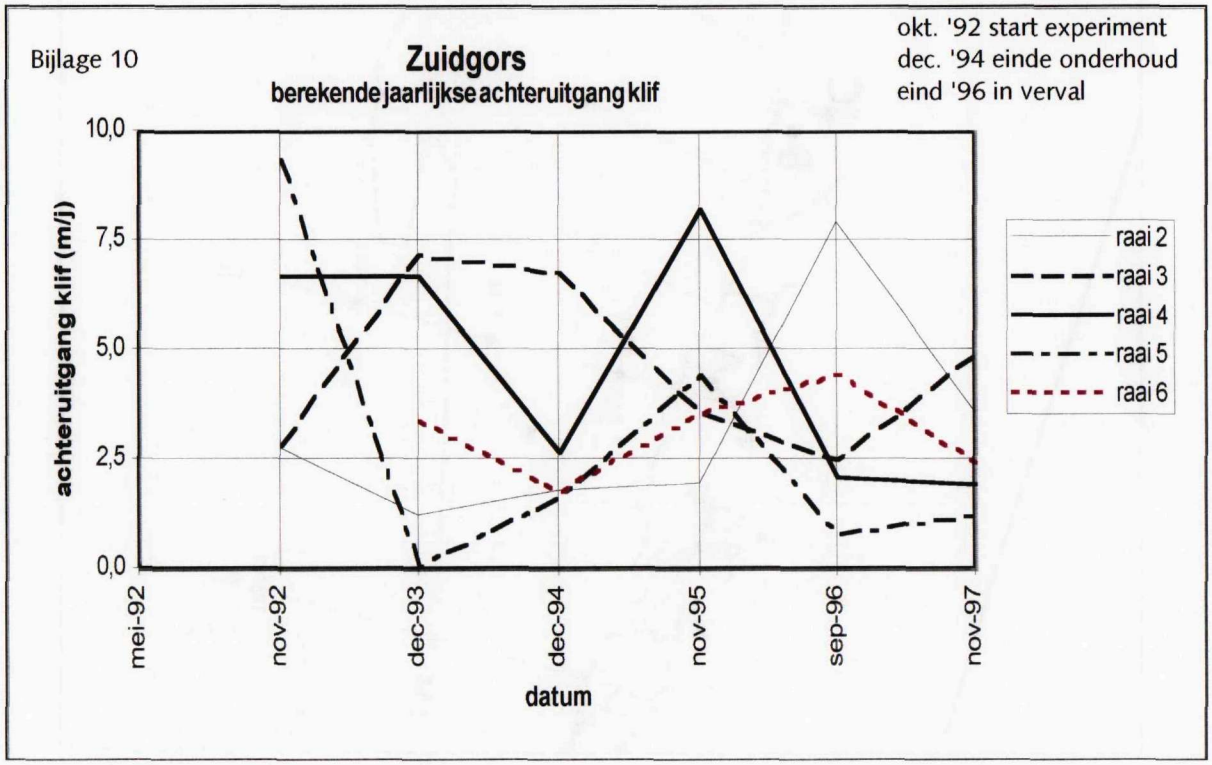
meetlocaties op schor en slik



Zuidgors bijlage 9, 10

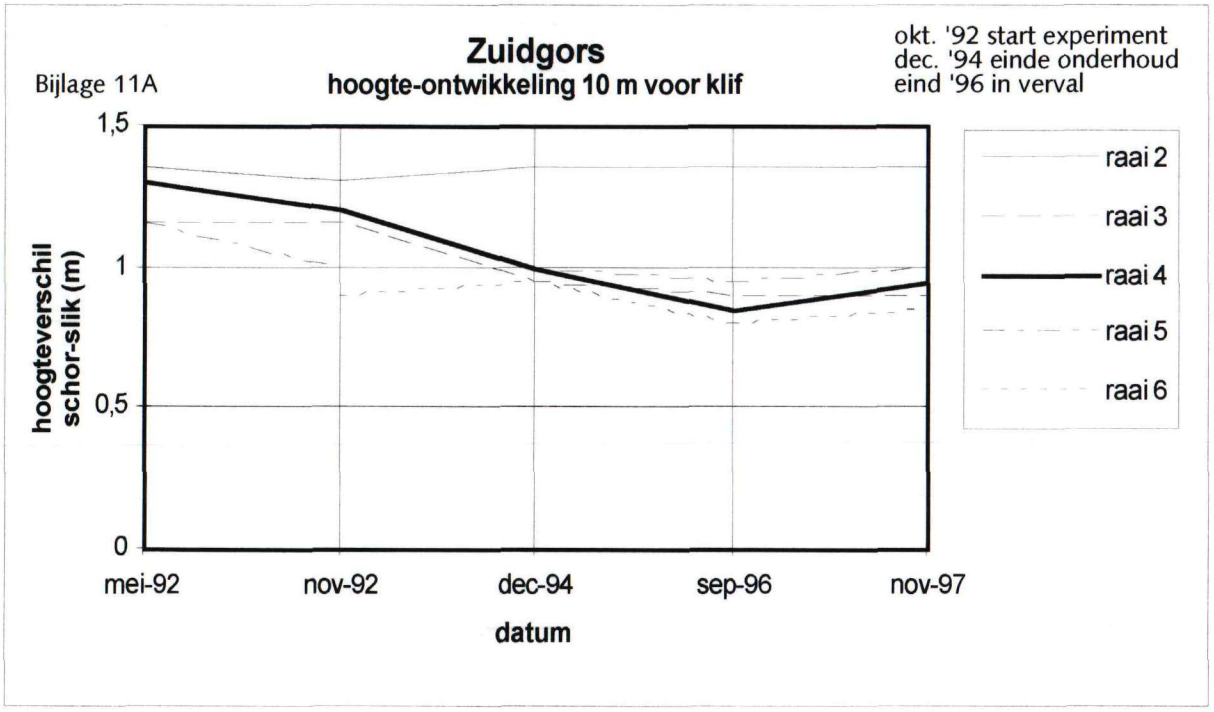
ontgrondingskuil kort na de aanleg van de dam berekende jaarlijkse achteruitgang klif

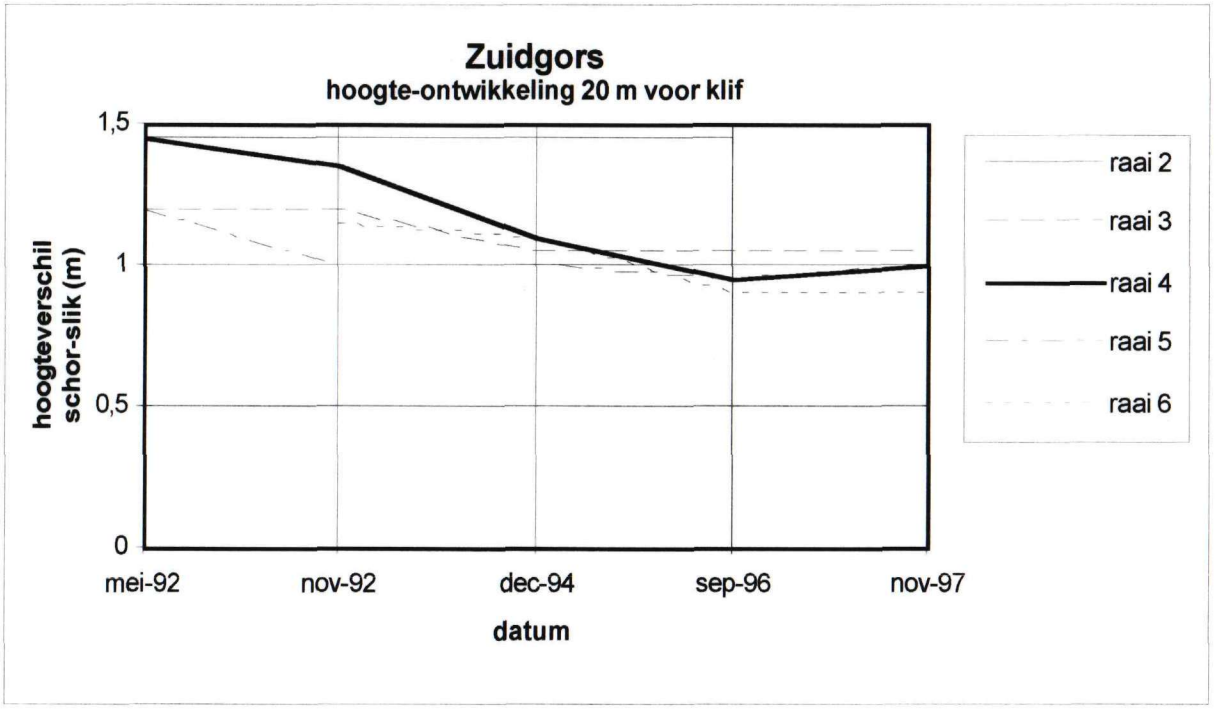




Zuidgors bijlage 11A, 11B

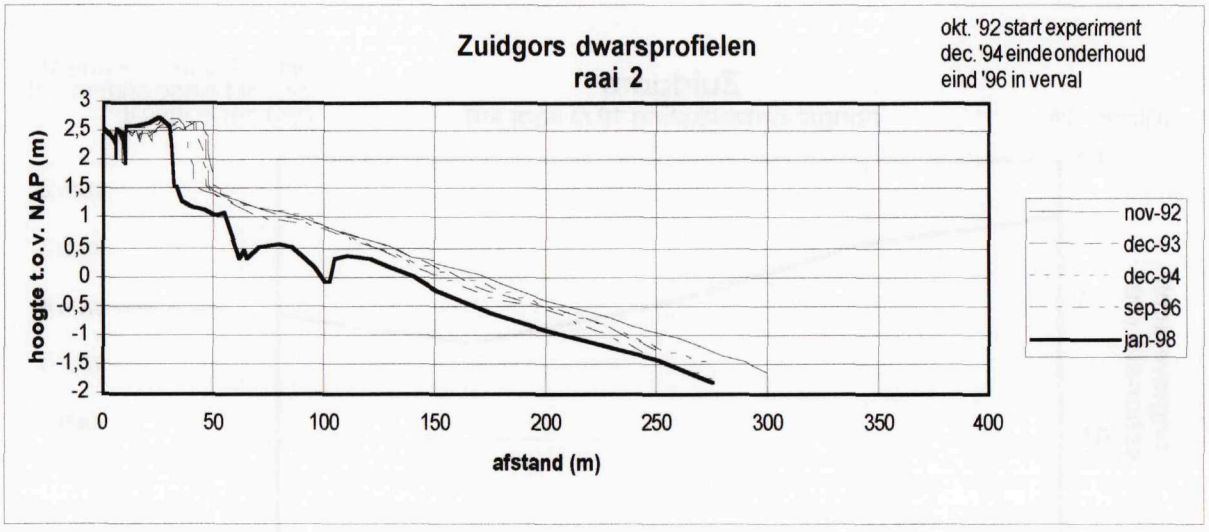
hoogte-ontwikkeling bodem 10m voor het klif
hoogte-ontwikkeling bodem 20m voor het klif

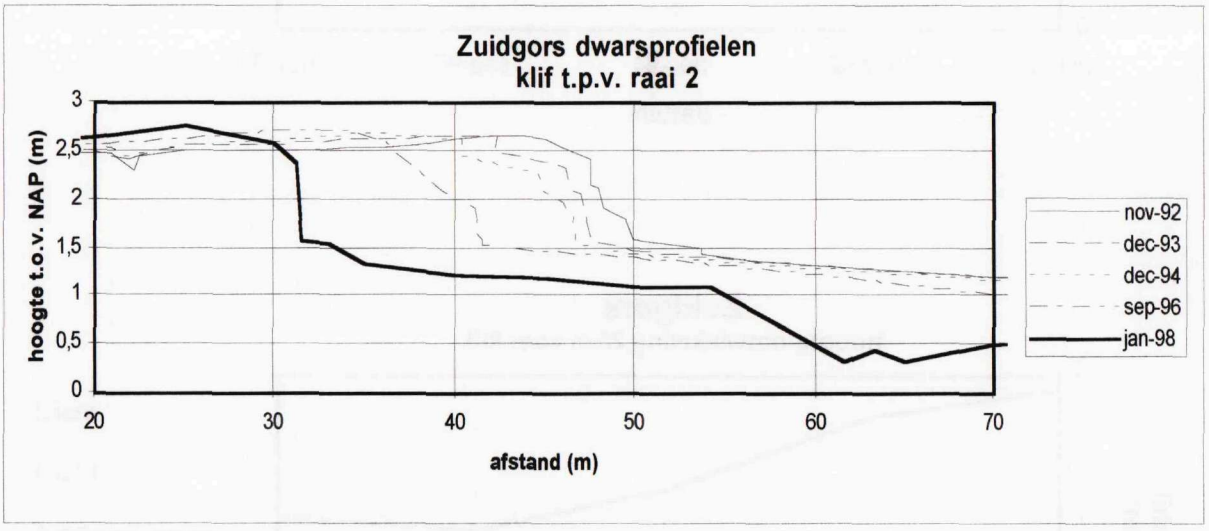


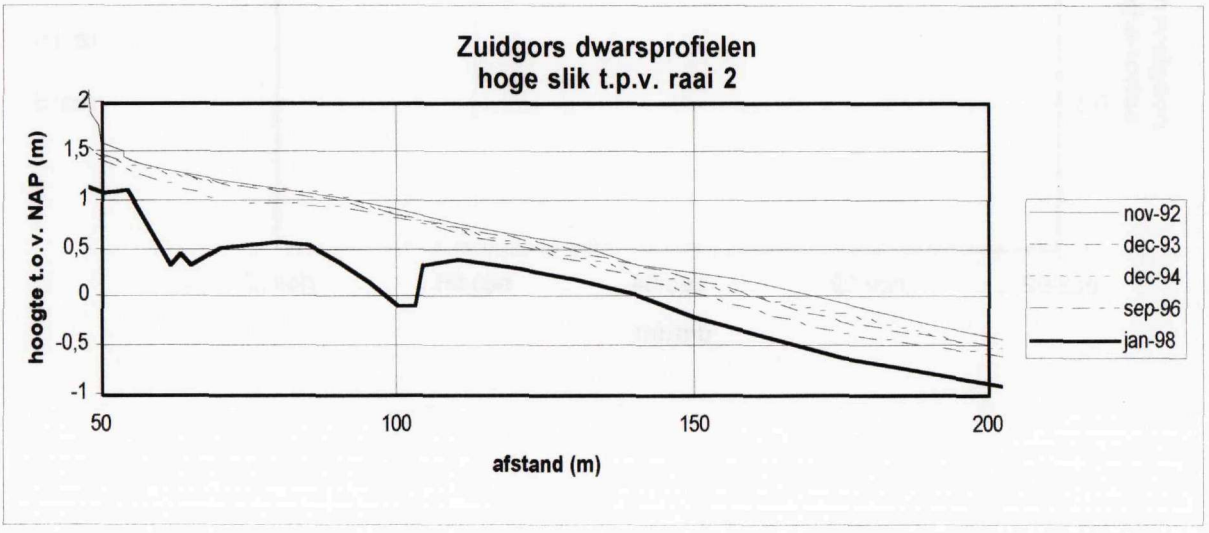


Zuidgors bijlage 12A

dwarsprofiel 2

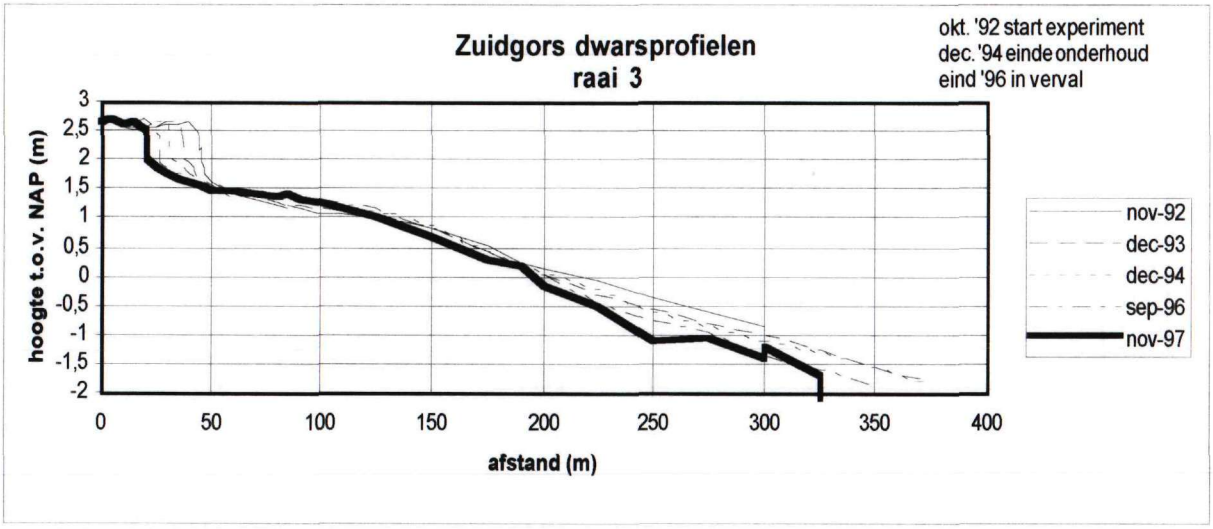


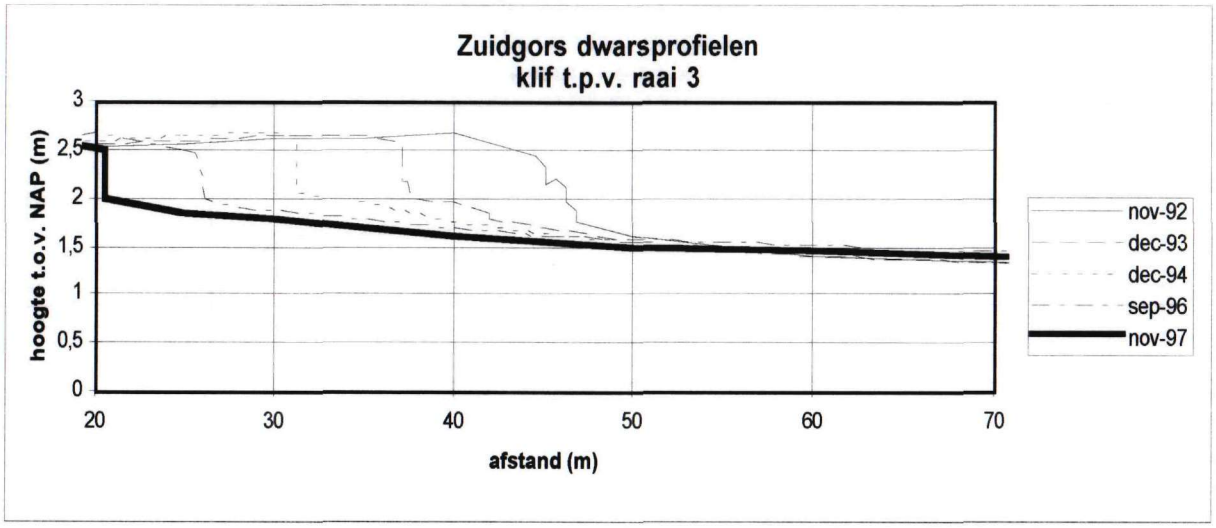


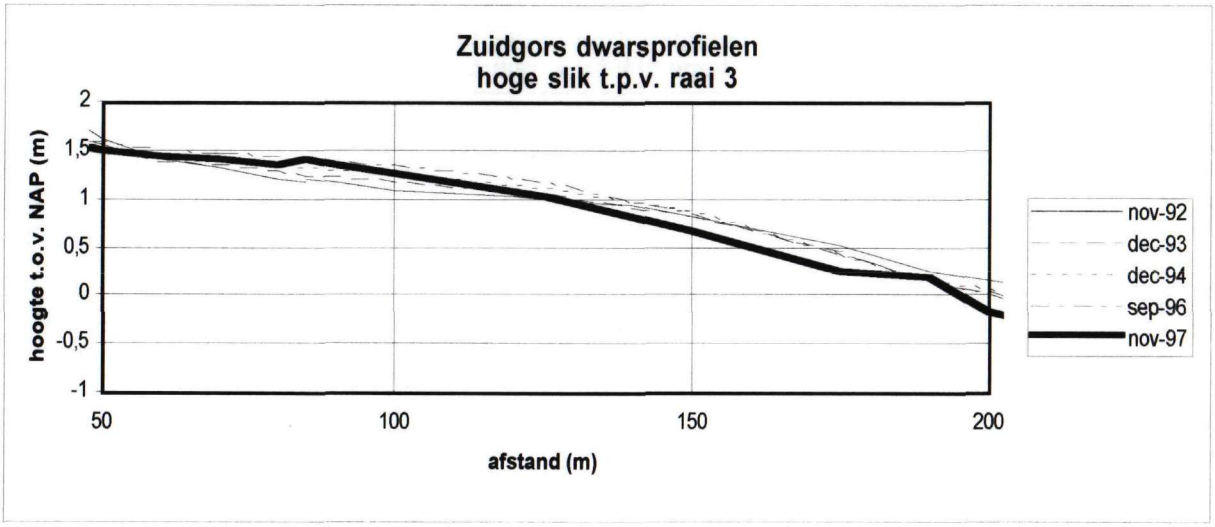


Zuidgors bijlage 12B

dwarsprofiel 3

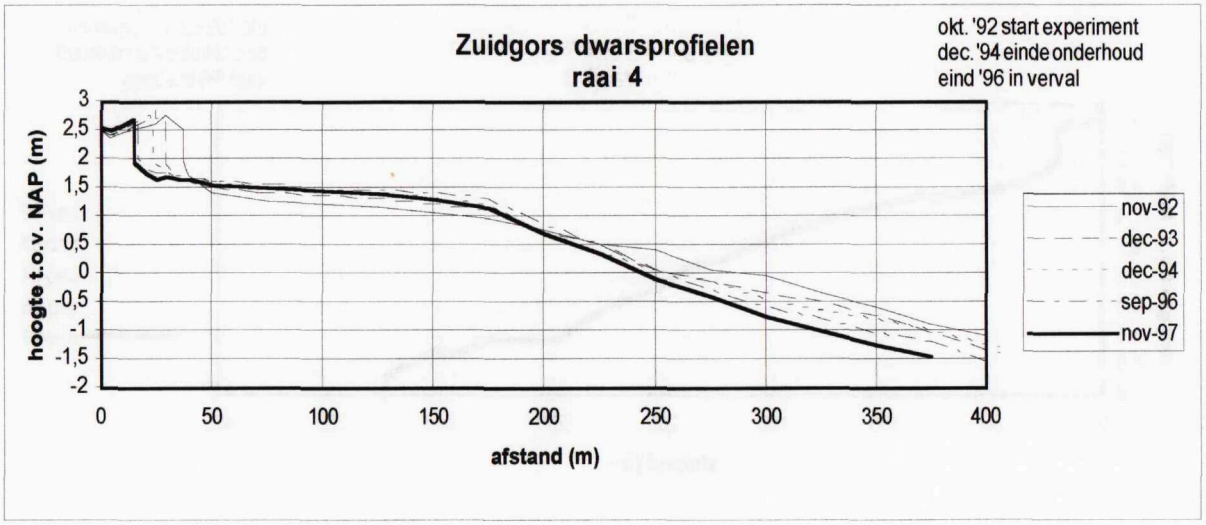


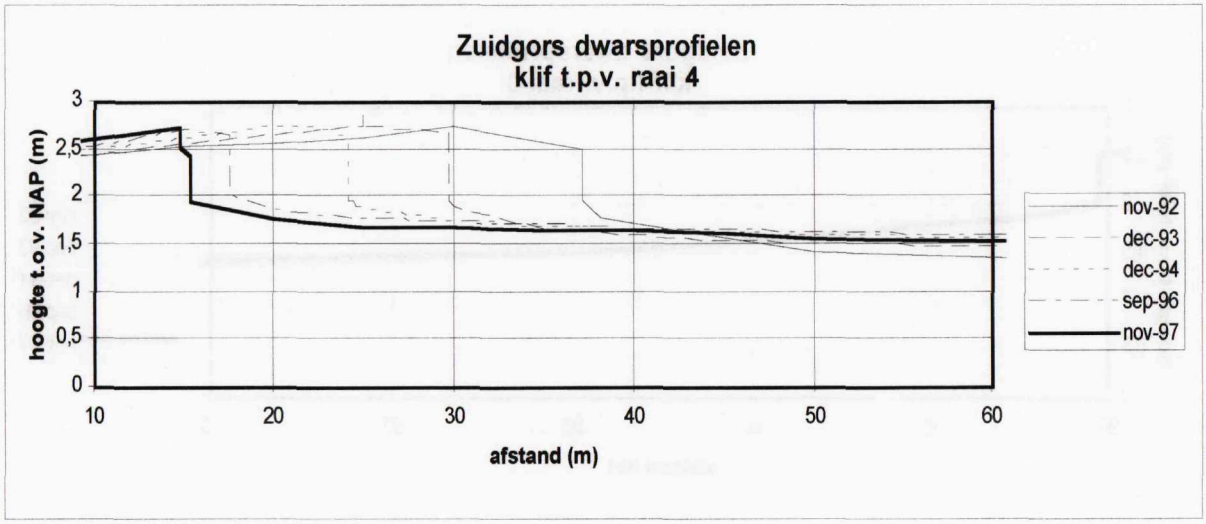


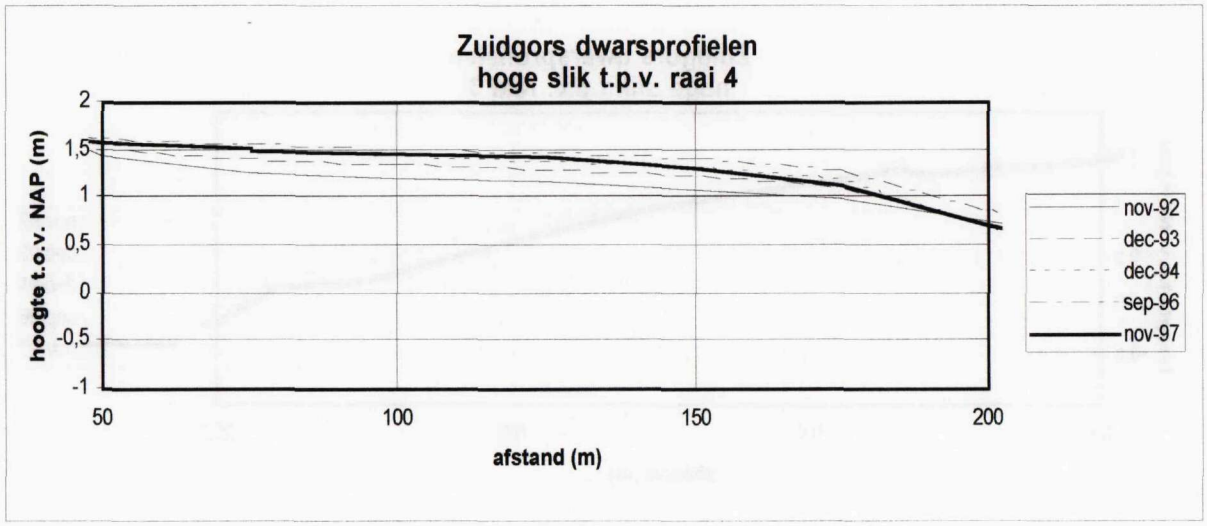


Zuidgors bijlage 12C

dwarsprofiel 4

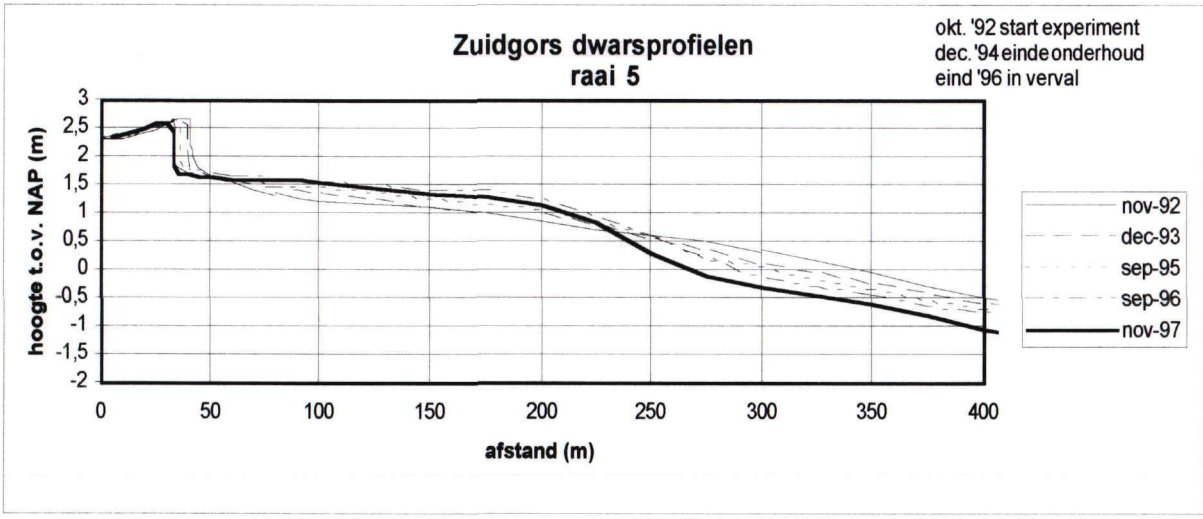


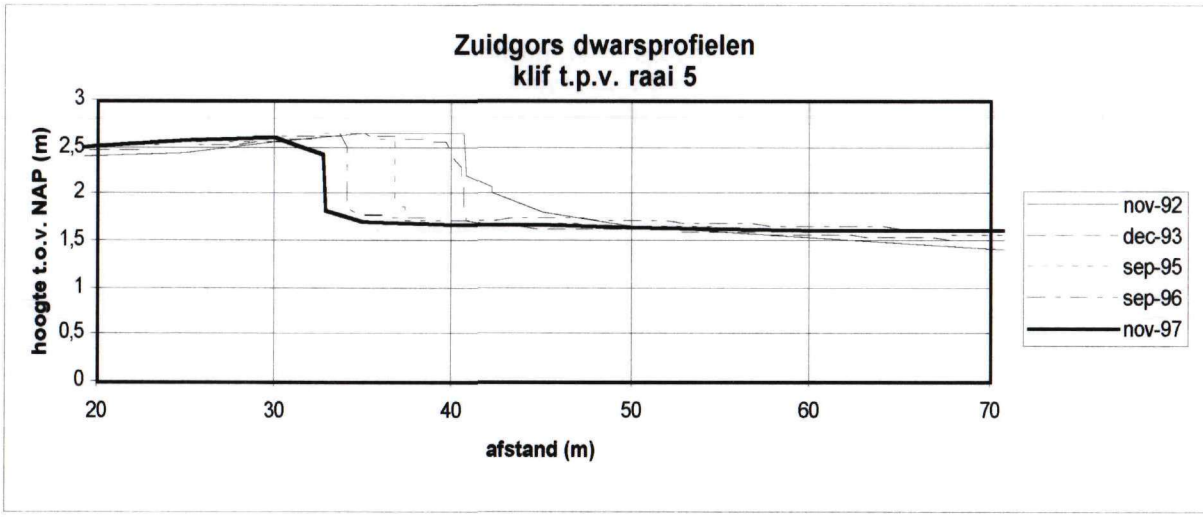


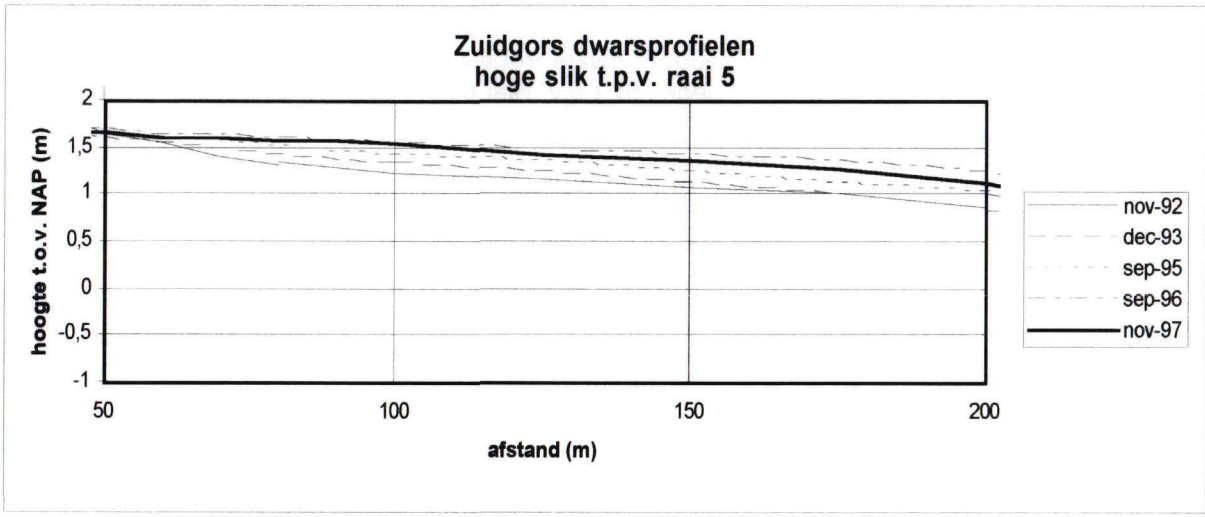


Zuidgors bijlage 12D

dwarsprofiel 5

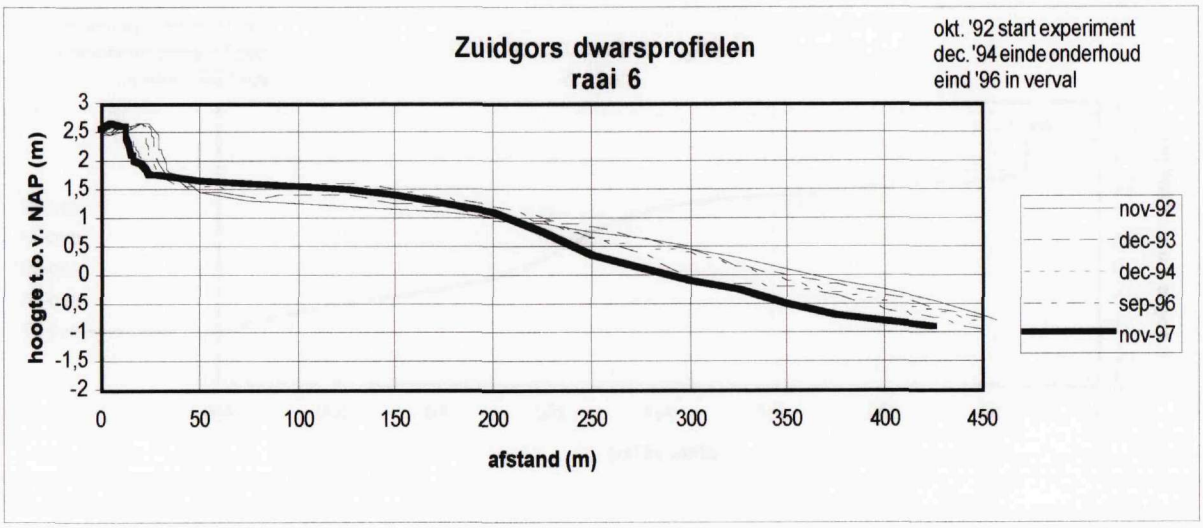


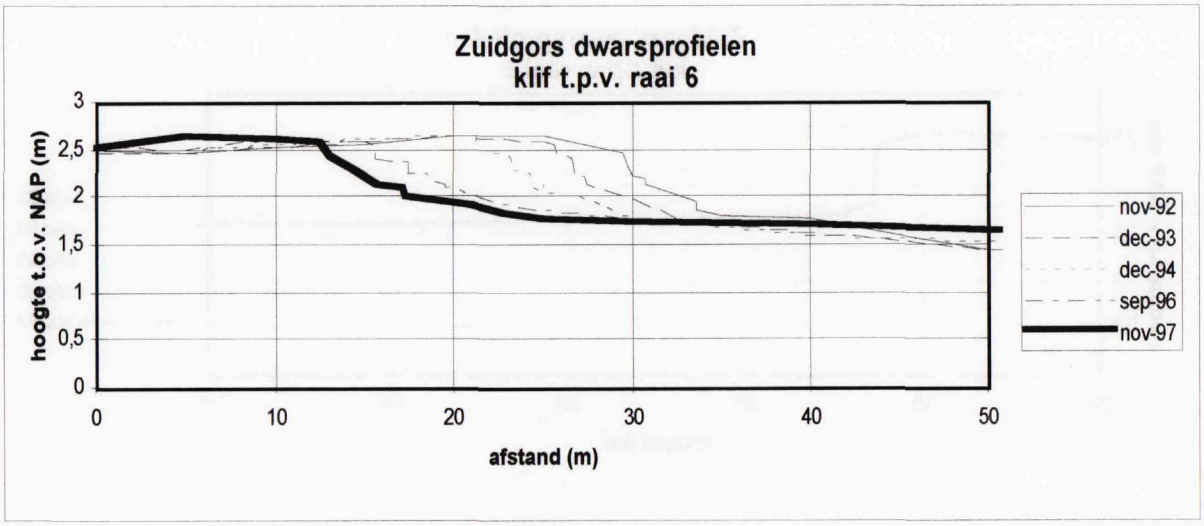


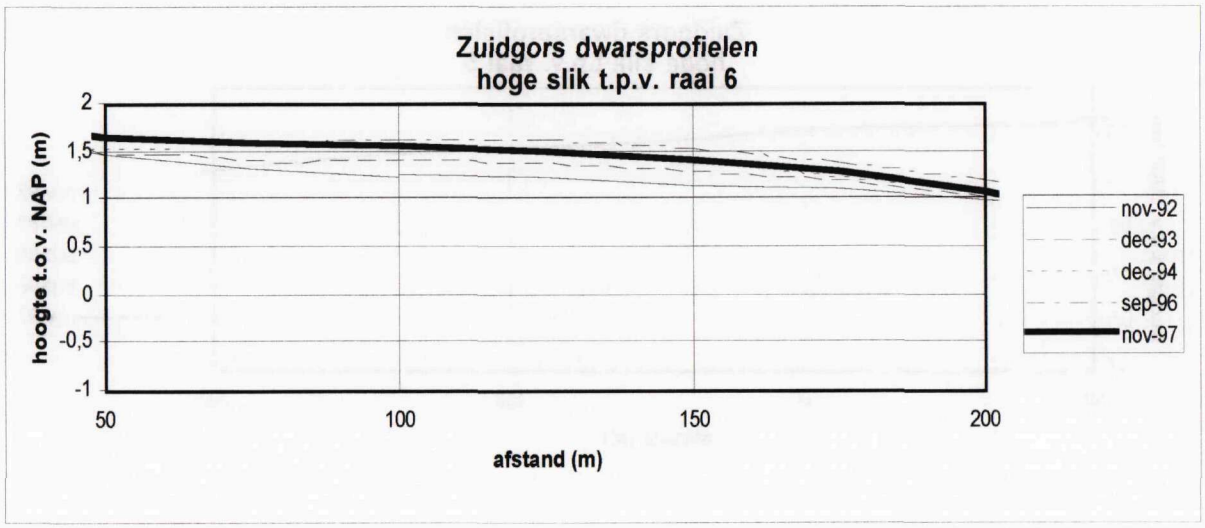


Zuidgors bijlage 12E

dwarsprofiel 6

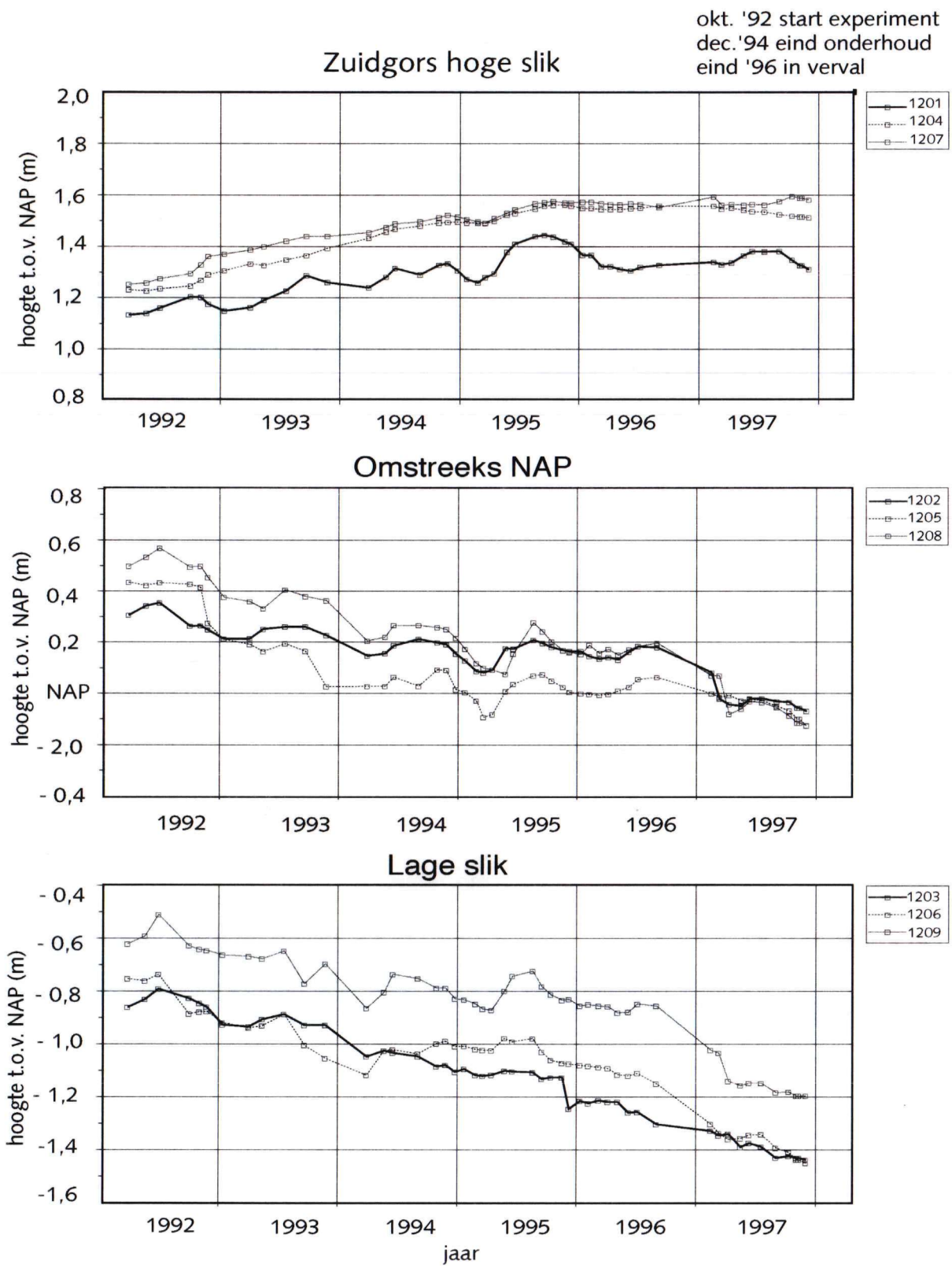






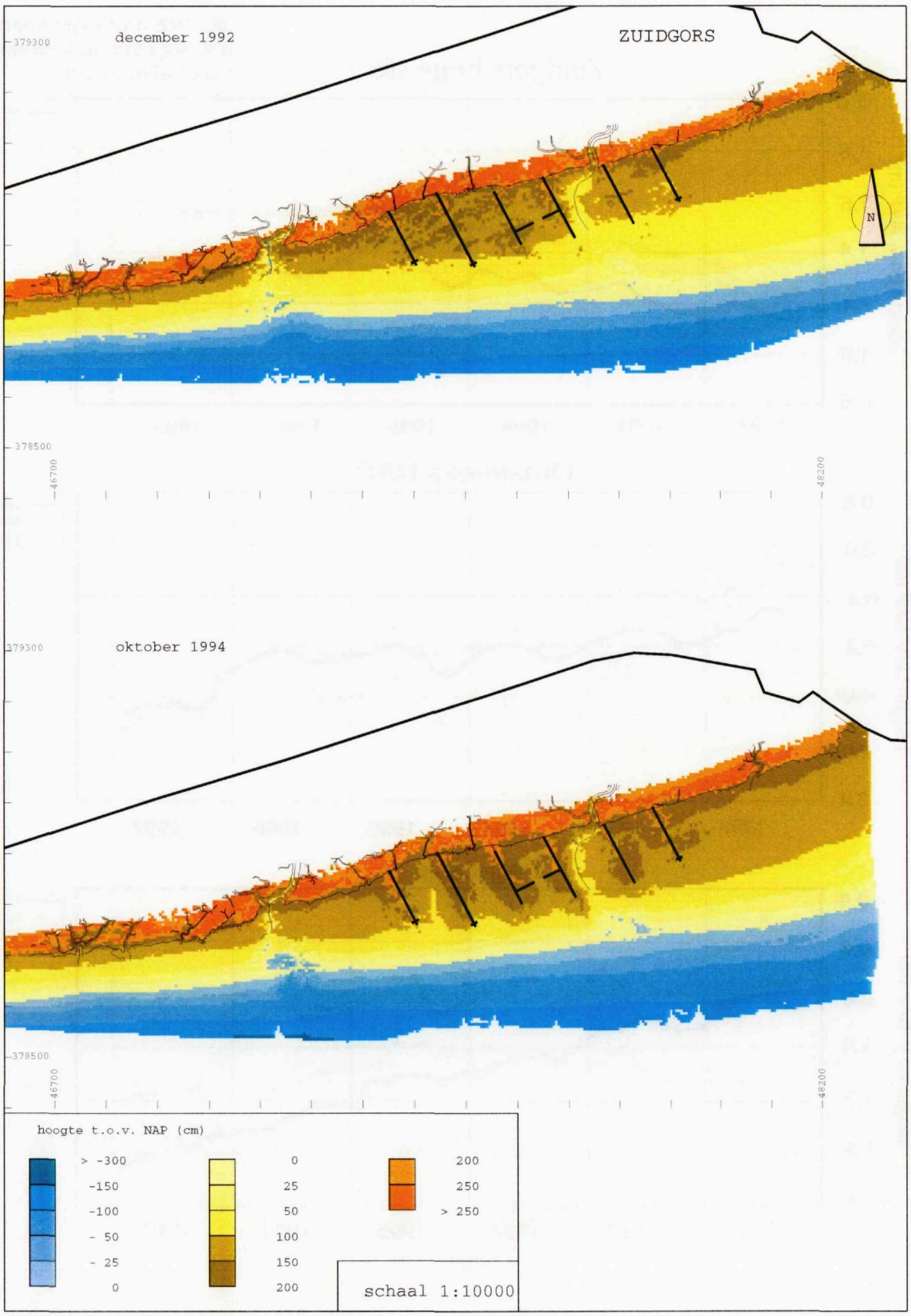
Zuidgors bijlage 13A, 13B, 13C

erosie-sedimentatie hoge slik, omstreeks NAP, lage slik



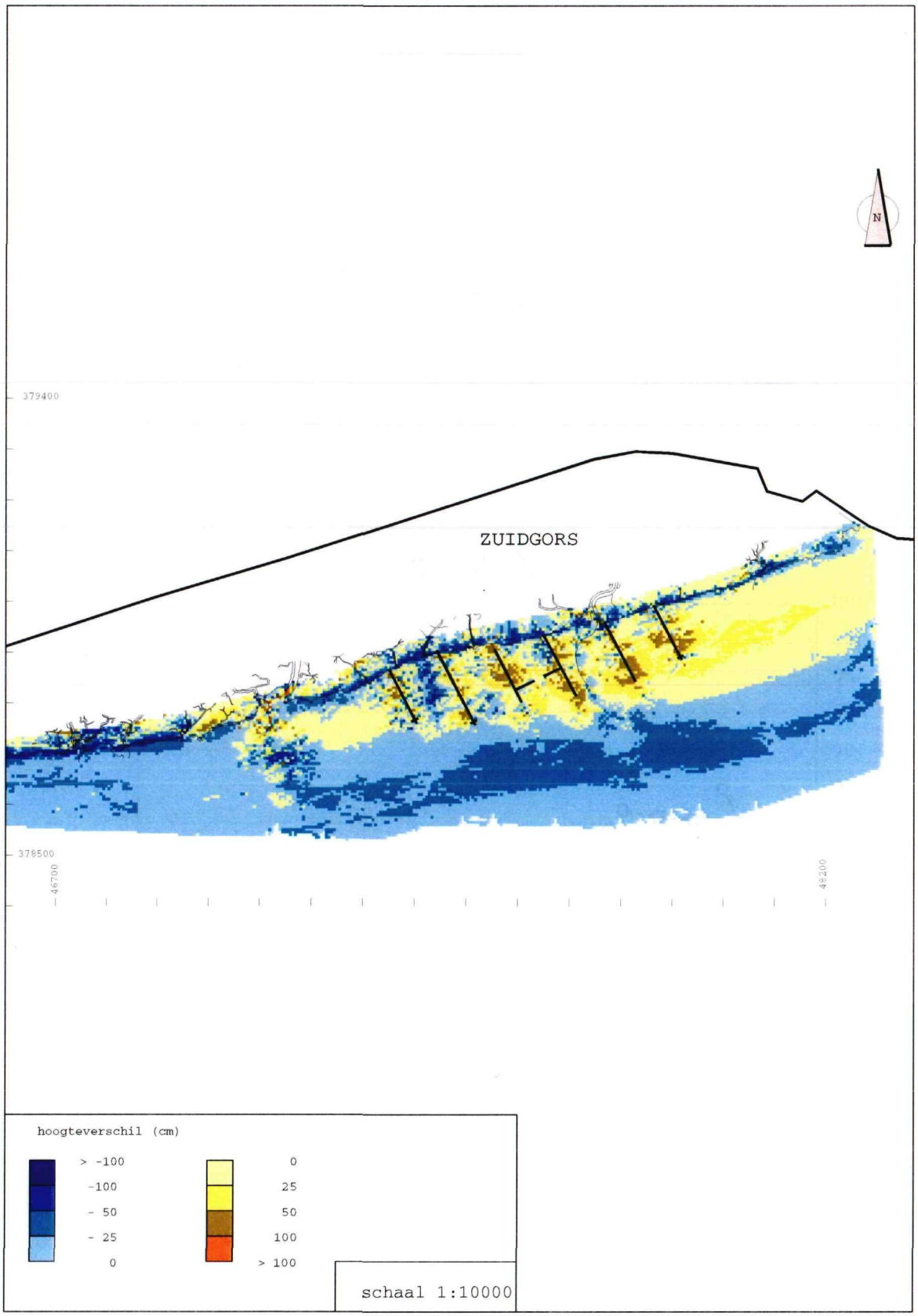
Zuidgors bijlage 14A

hoogtekaart 1992 en 1994



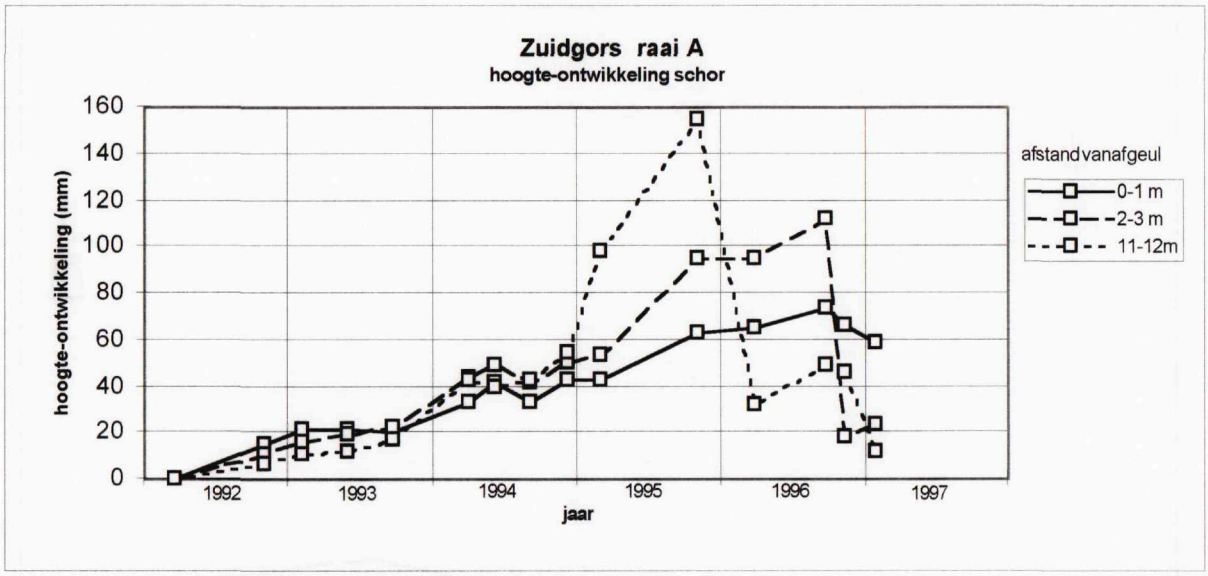
Zuidgors bijlage 14B

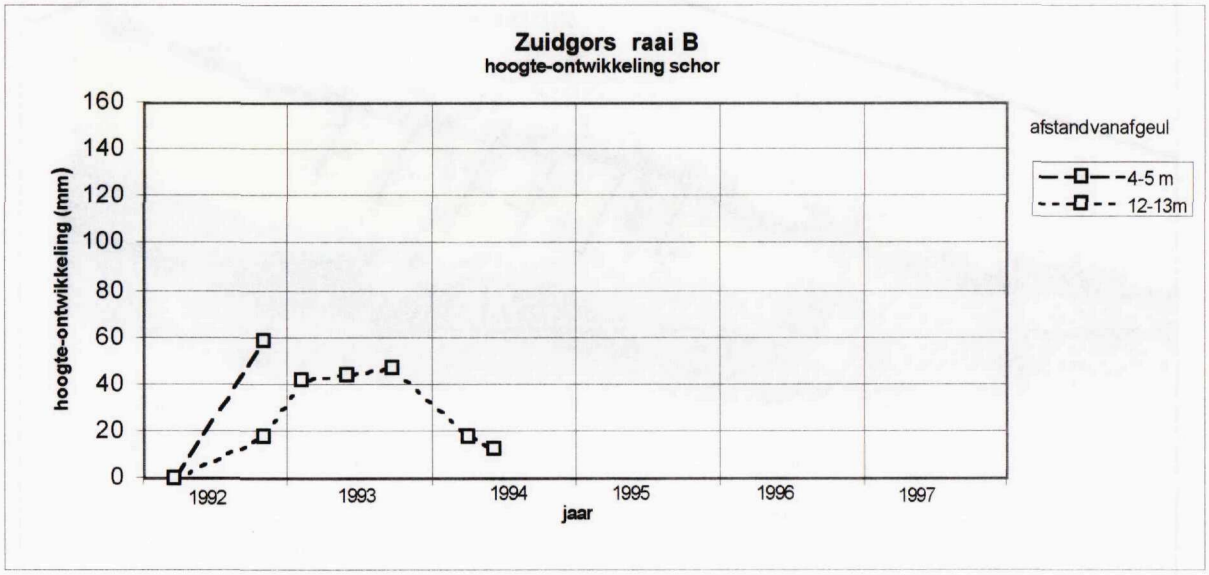
verschilkaart 1992-1994



Zuidgors bijlage 15A en 15B

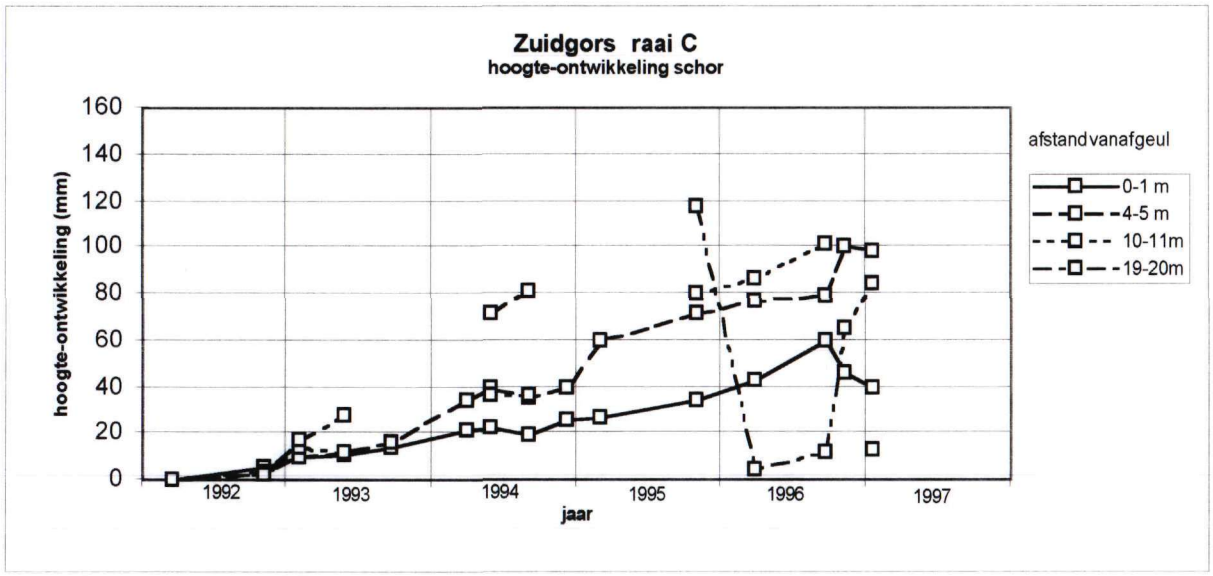
hoogte-ontwikkeling schor raai A en B

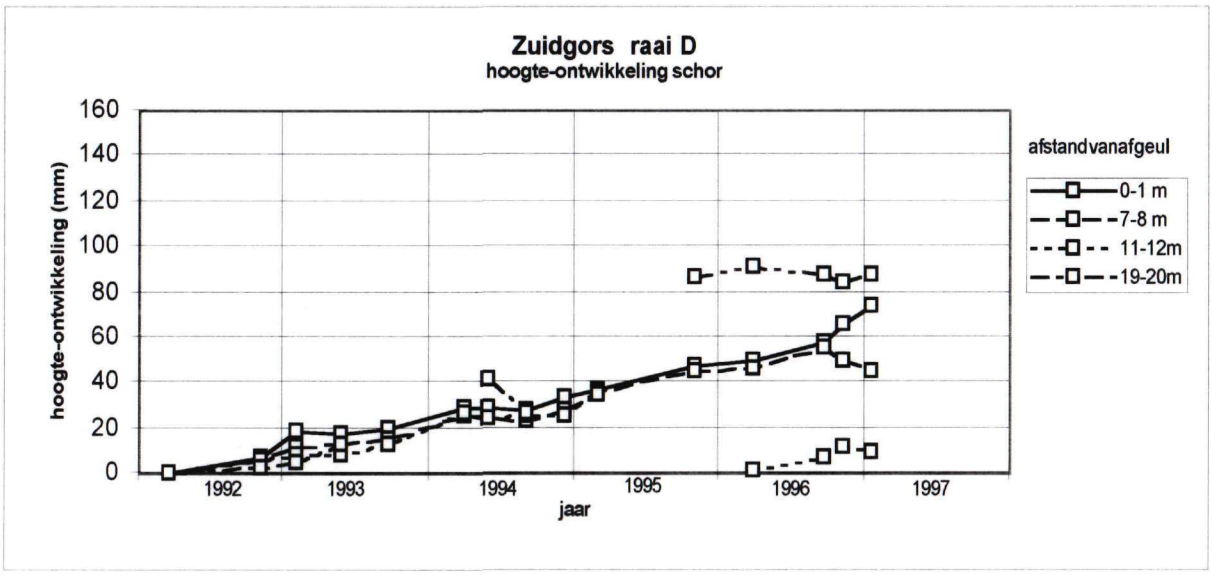




Zuidgors bijlage 15C en 15D

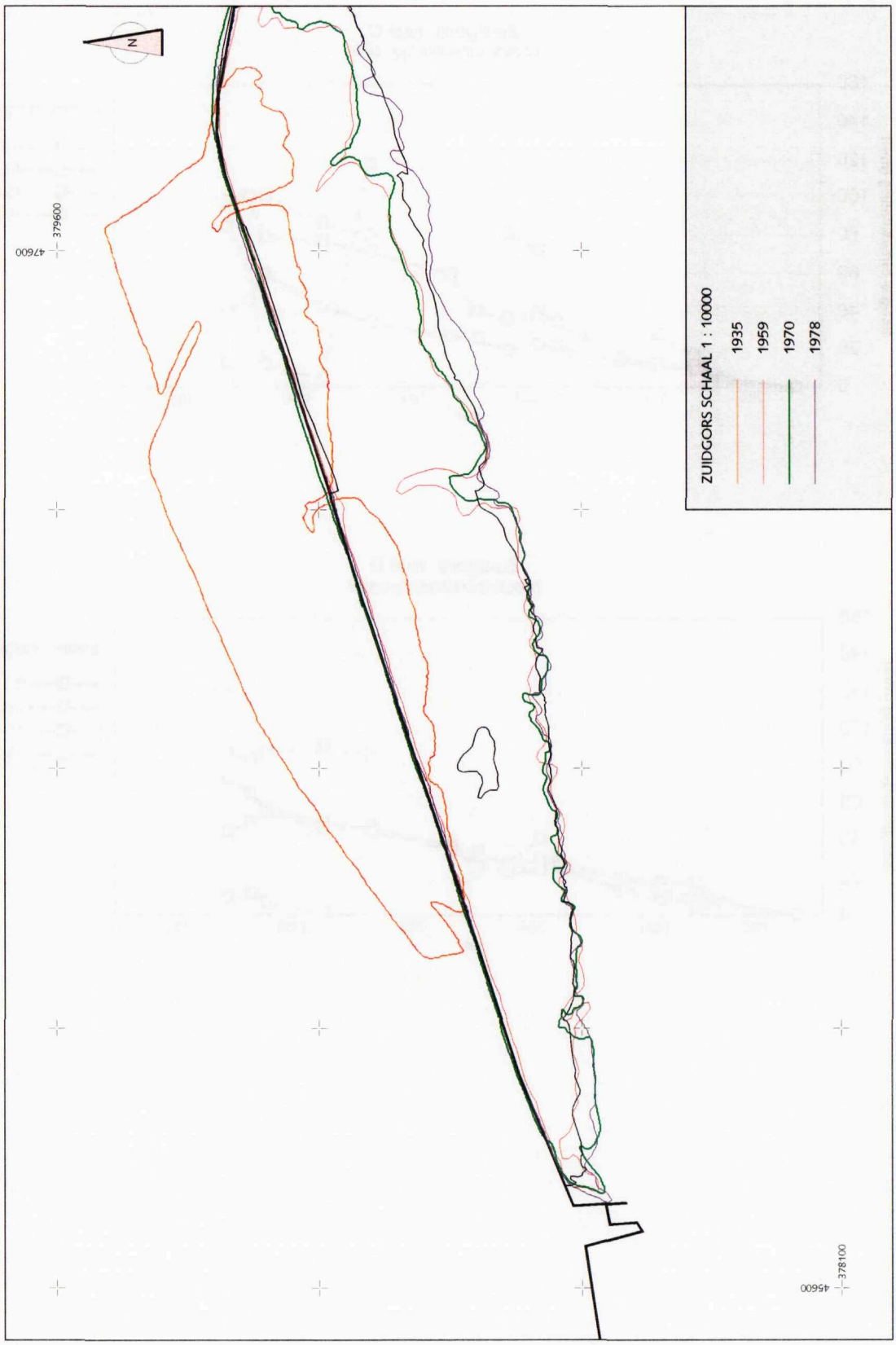
hoogte-ontwikkeling schor raai C en D





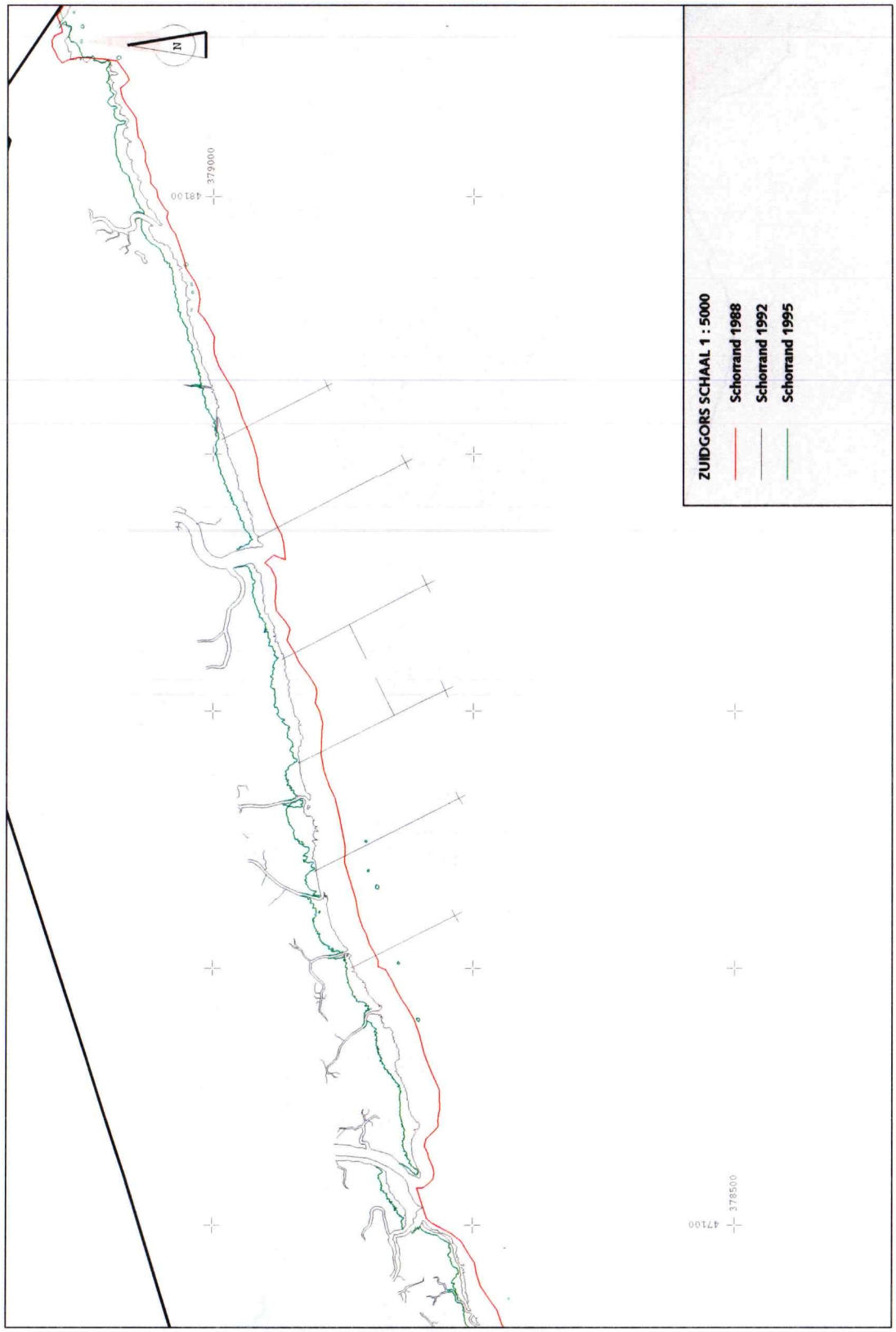
Zuidgors bijlage 16A

ontwikkeling schorrand en laagwaterlijn voor de jaren 1935, 1959, 1970 en 1978



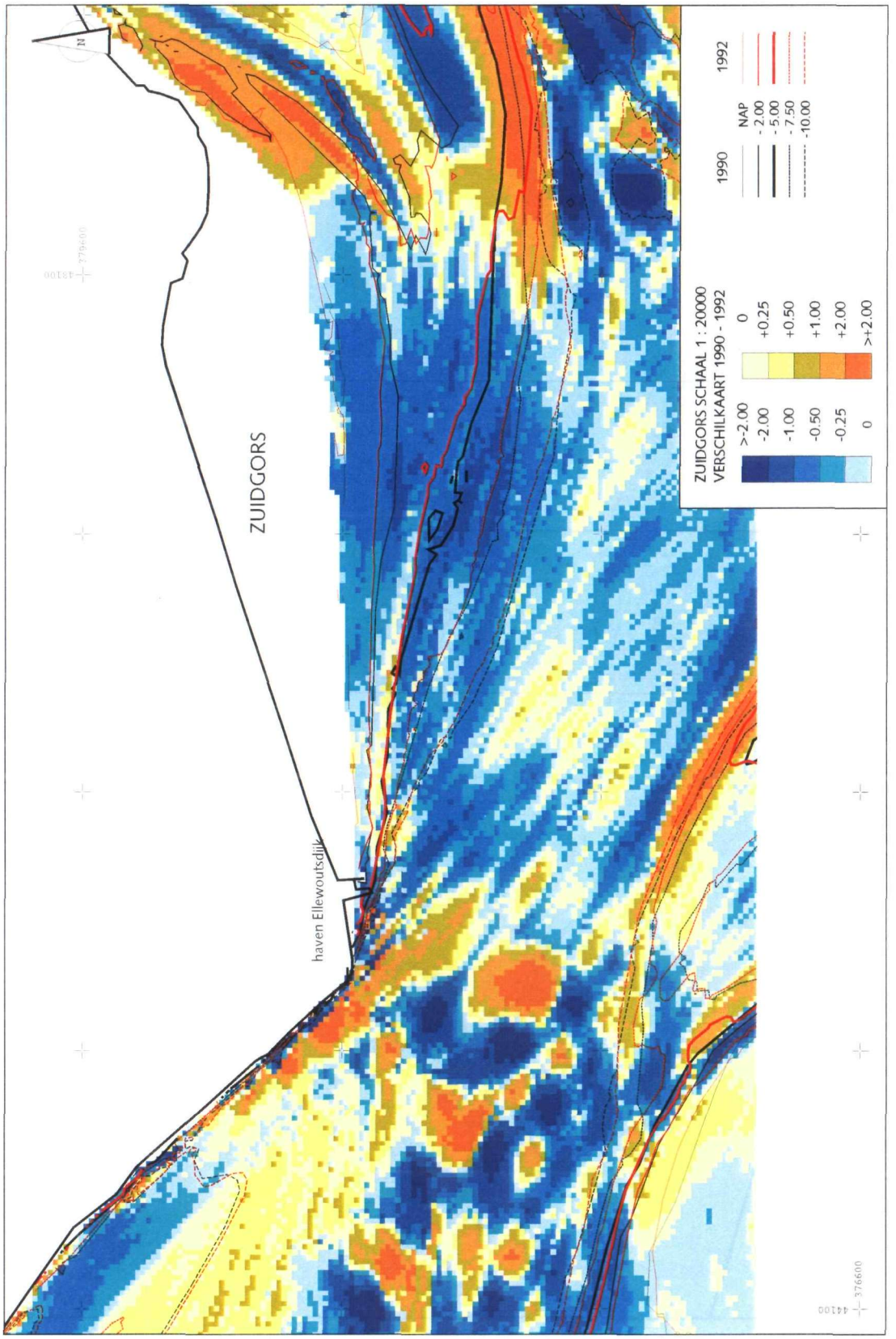
Zuidgors bijlage 16B

klif, 1988, 1992 bepaald van luchtfoto's en 1996 van terreinwaarnemingen



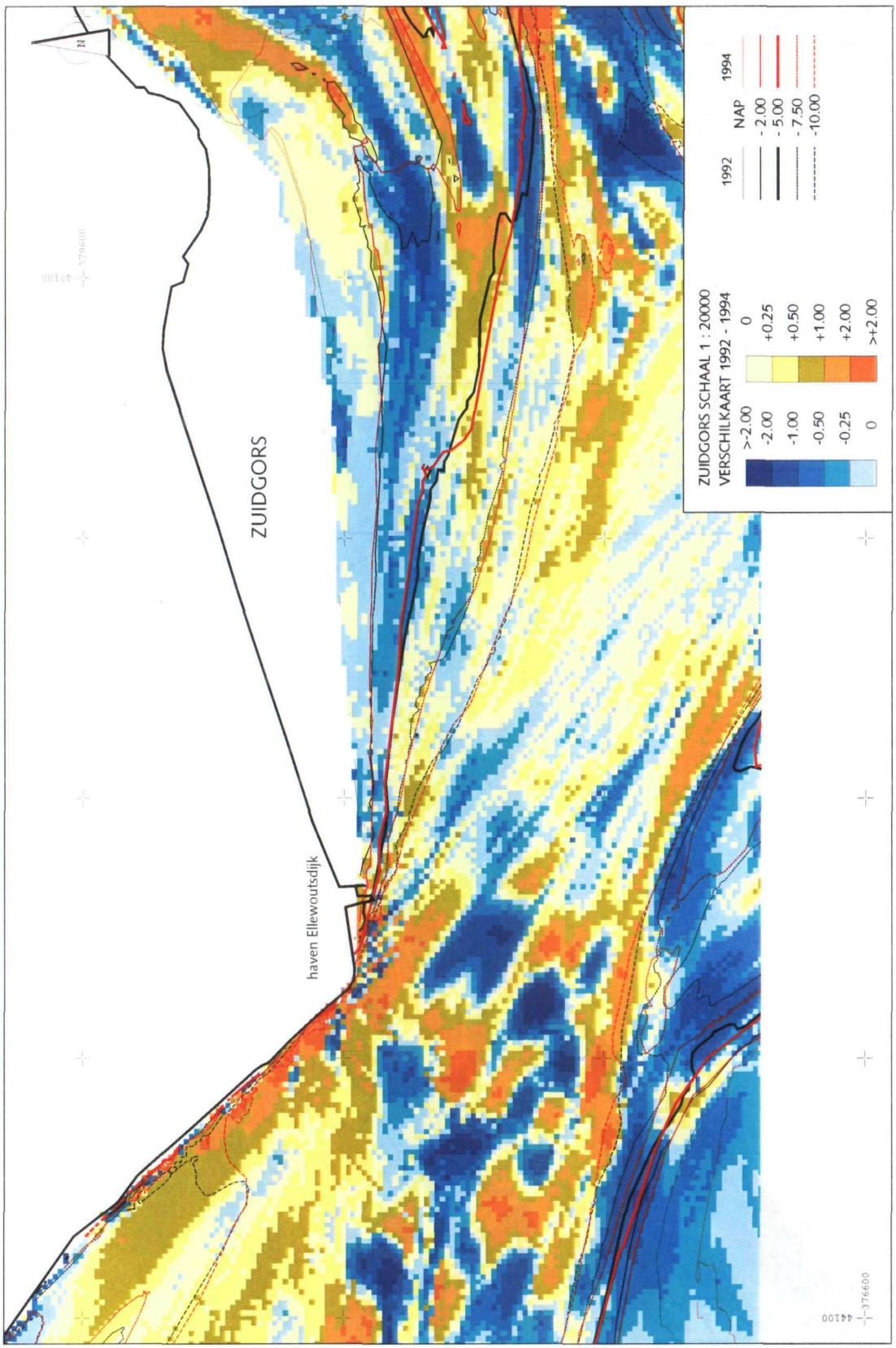
Zuidgors bijlage 17A

geulontwikkeling lodingskaarten 1990-1992



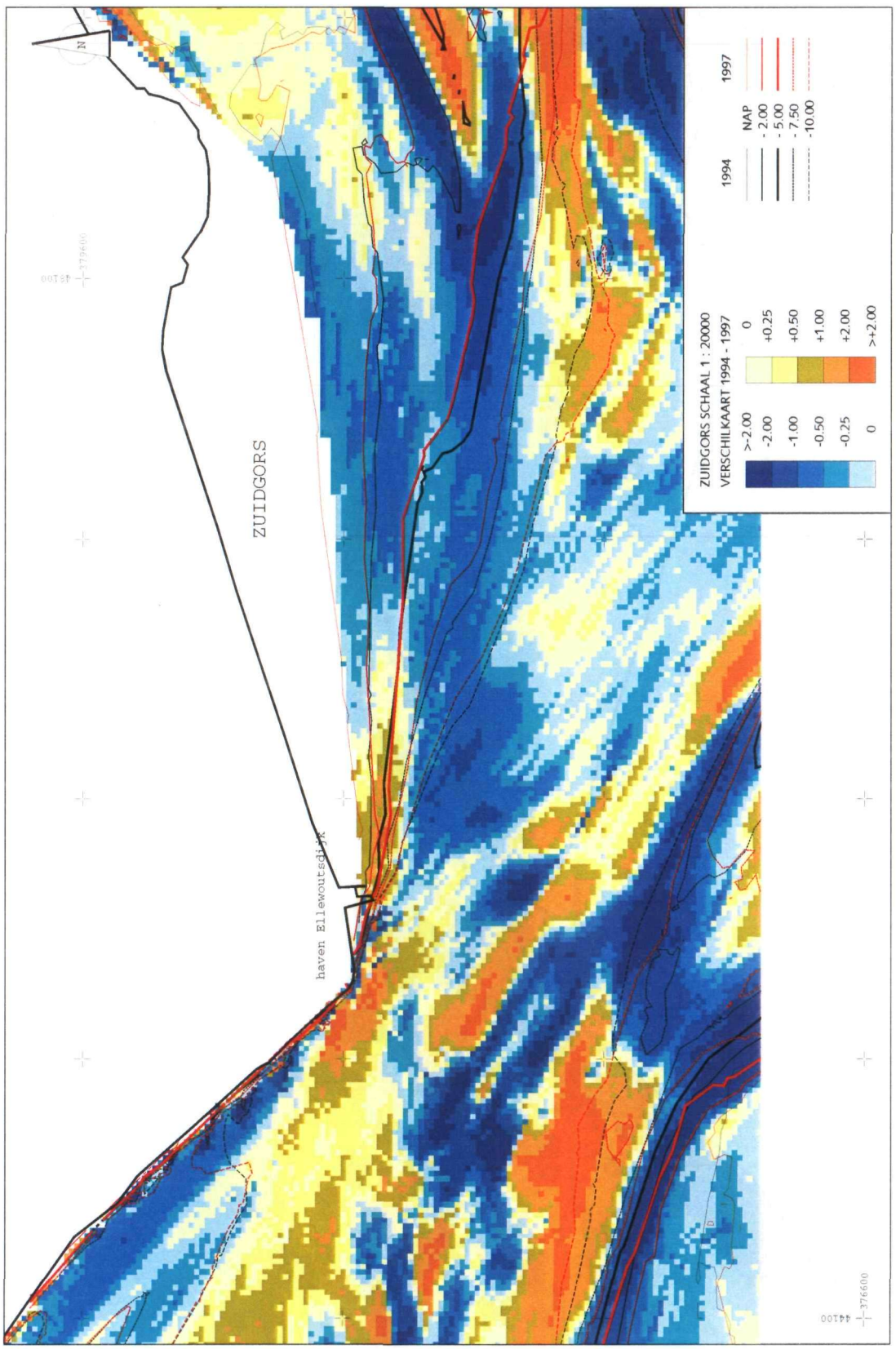
Zuidgors bijlage 17B

geulontwikkeling lodingskaarten 1992-1994



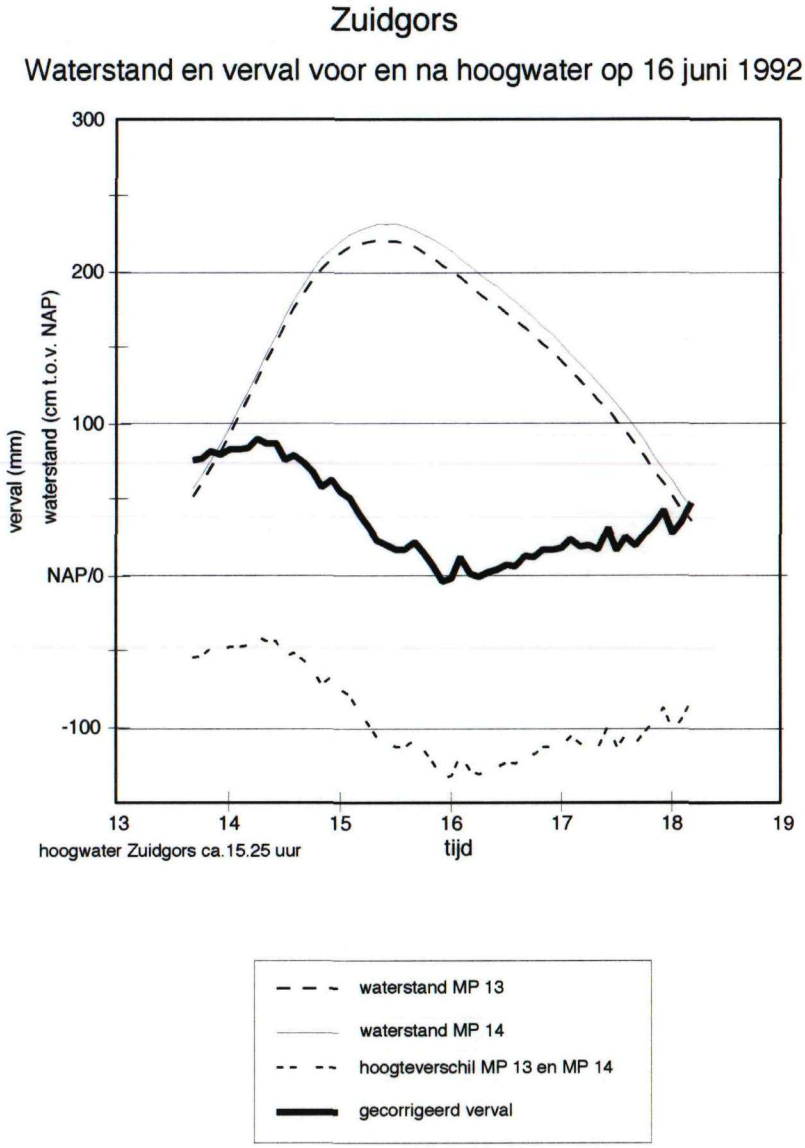
Zuidgors bijlage 17C

geulontwikkeling lodingskaarten 1994-1997



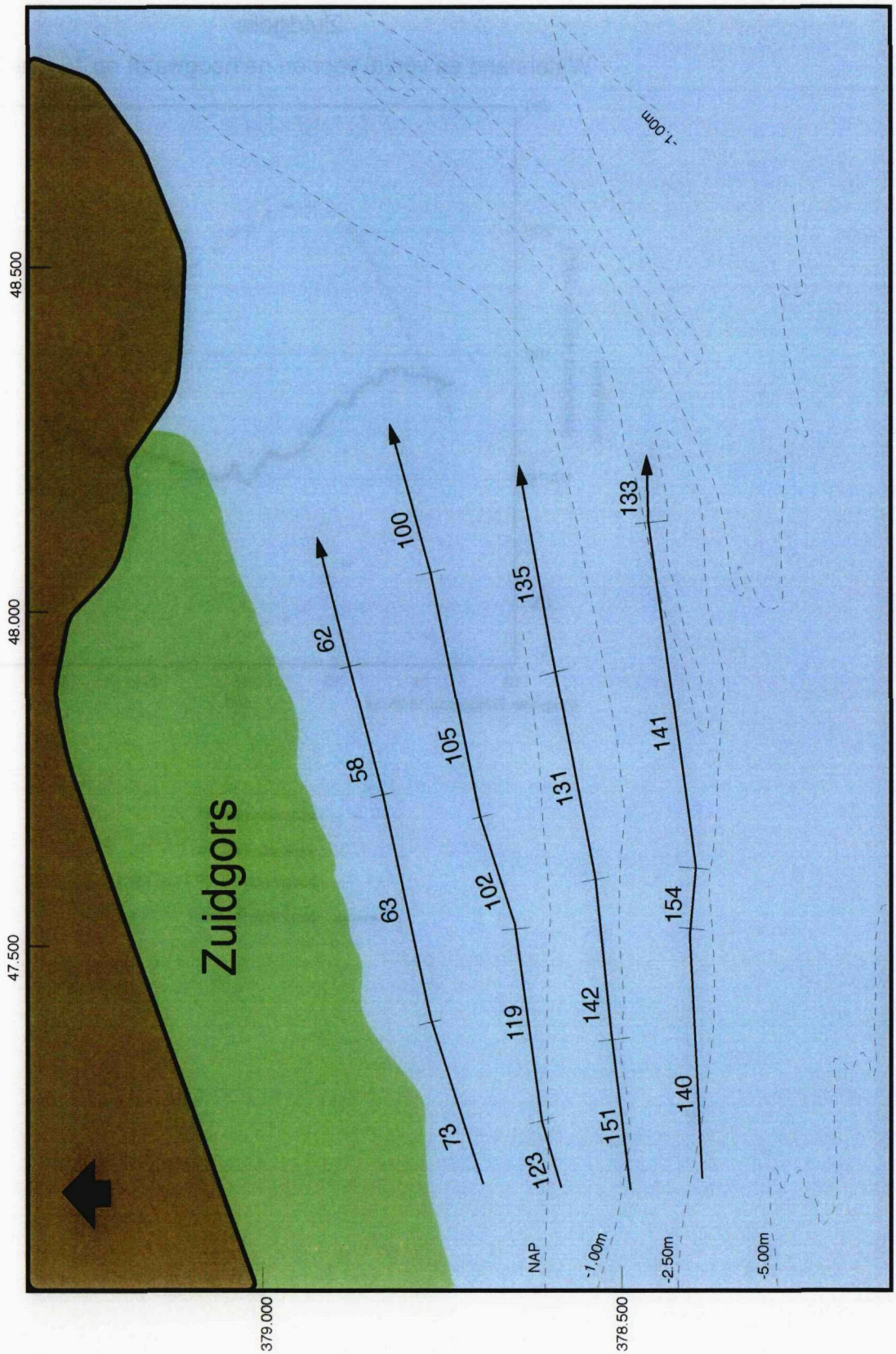
Zuidgors bijlage 18

waterstand en verval voor de meetlocaties 13 en 14



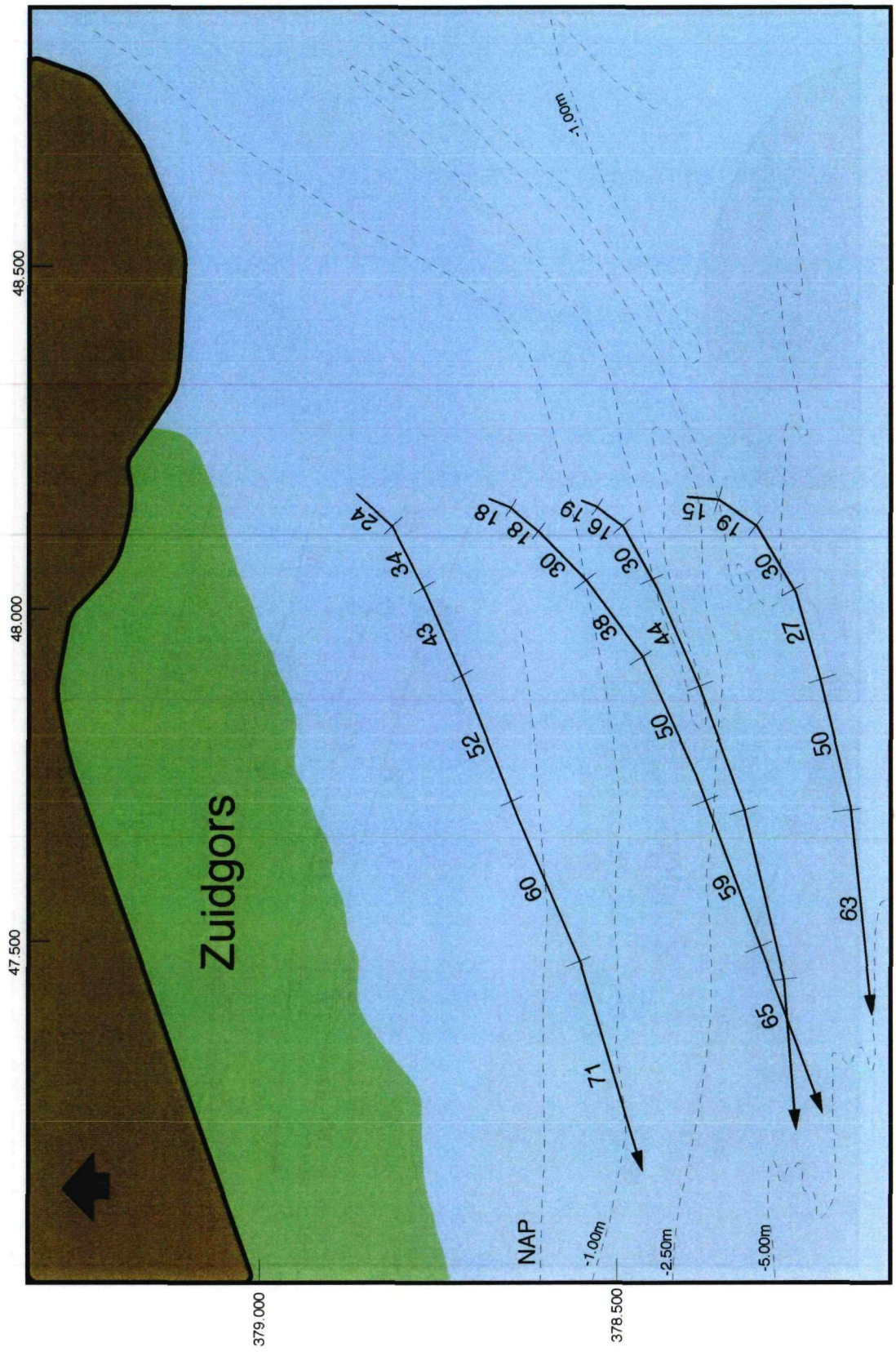
Zuidgors bijlage 19A

stroomsnelheden wateroppervlak tijdens maximum vloed; drijvermeting 30 juni 1992



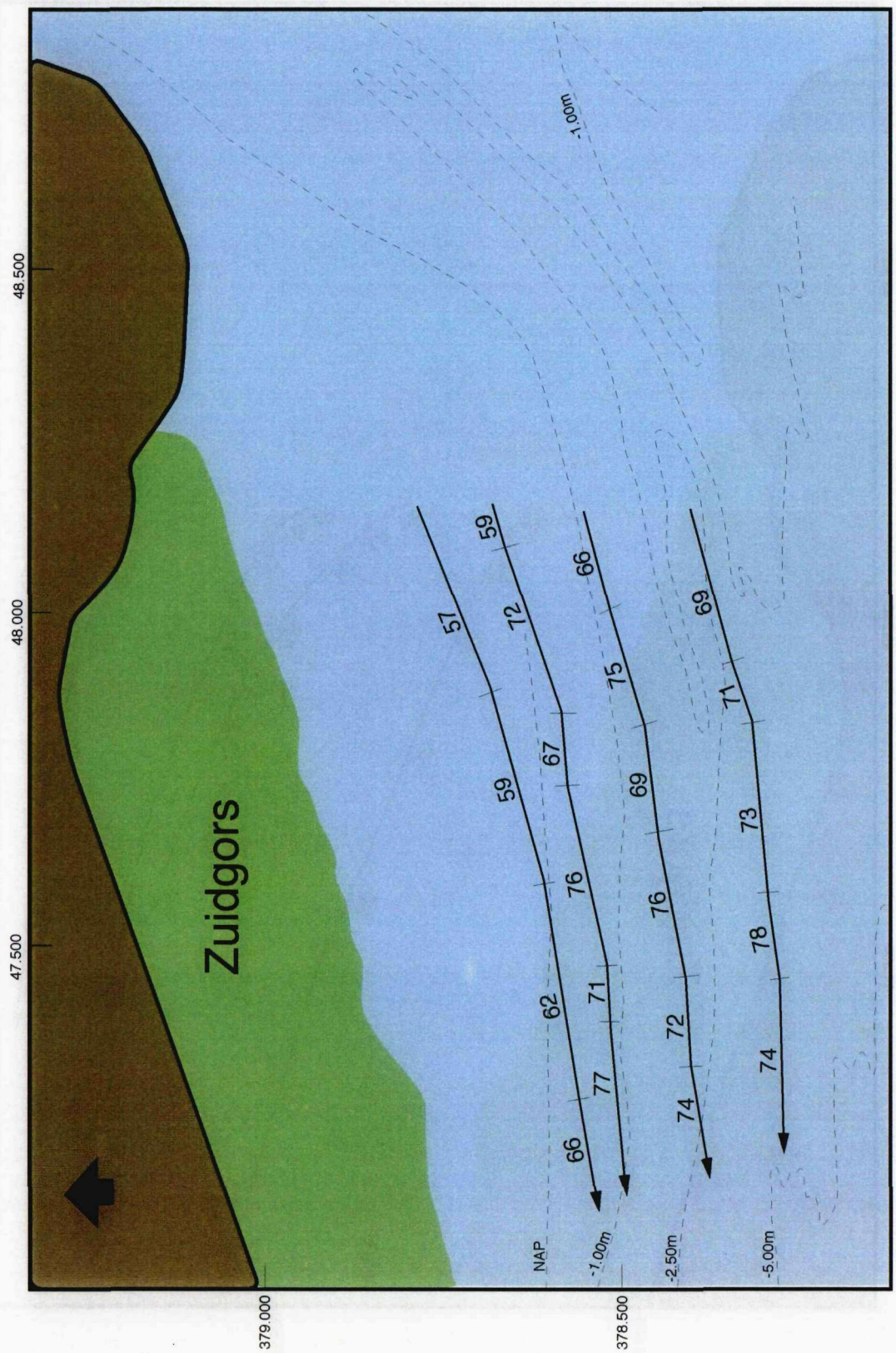
Zuidgors bijlage 19B

stroomsnelheden wateroppervlak tijdens het begin van de eb; drijvermeting 30 juni 1992



Zuidgors bijlage 19C

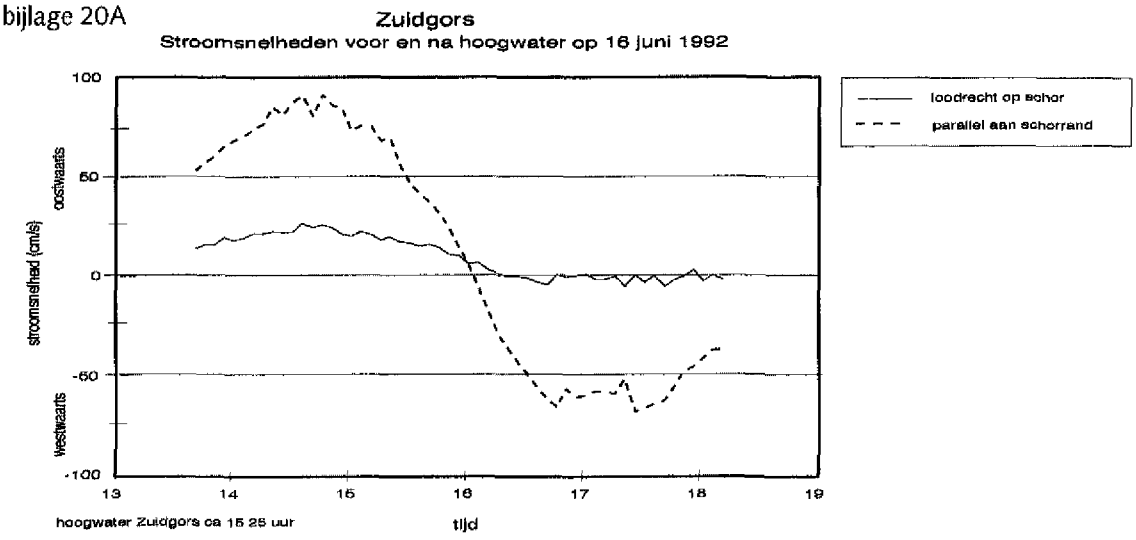
stroomsnelheden wateroppervlak tijdens maximum eb; drijvermeting 30 juni 1992



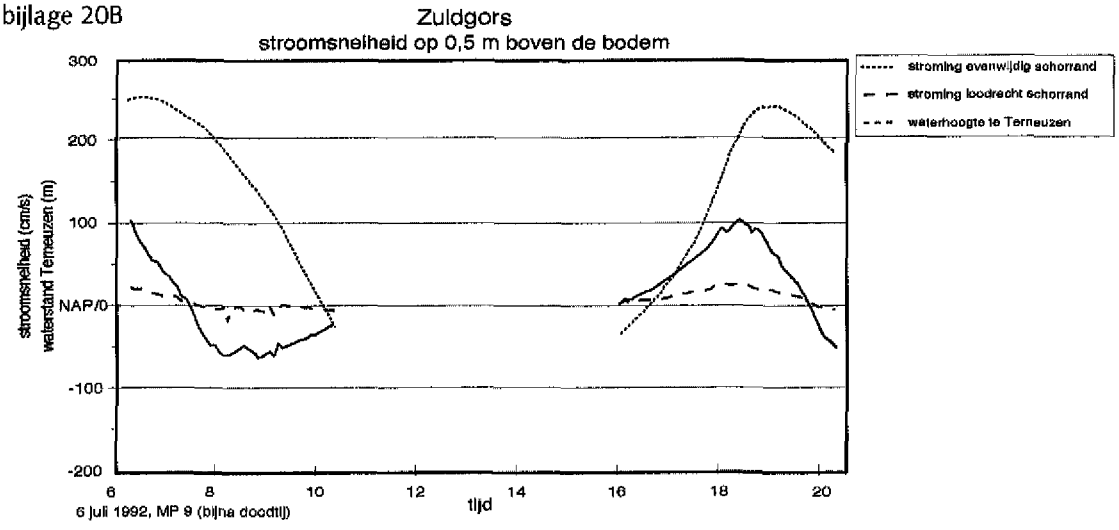
Zuidgors bijlage 20A 20B

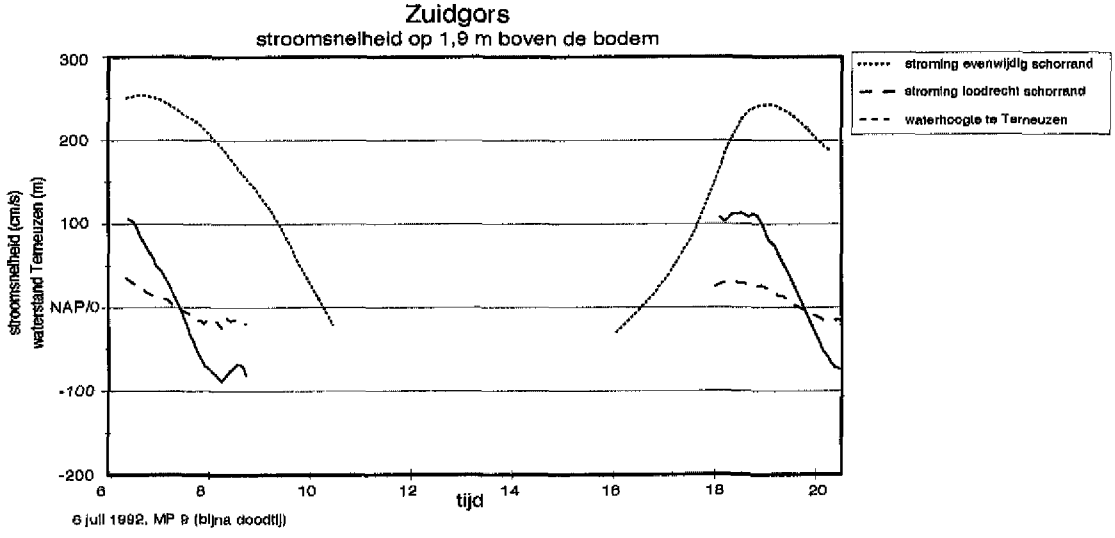
stroomsnelheden voor en na hoogwater in meetpunt 9 op 16 juni 1992 en 6 juli 1992

bijlage 20A



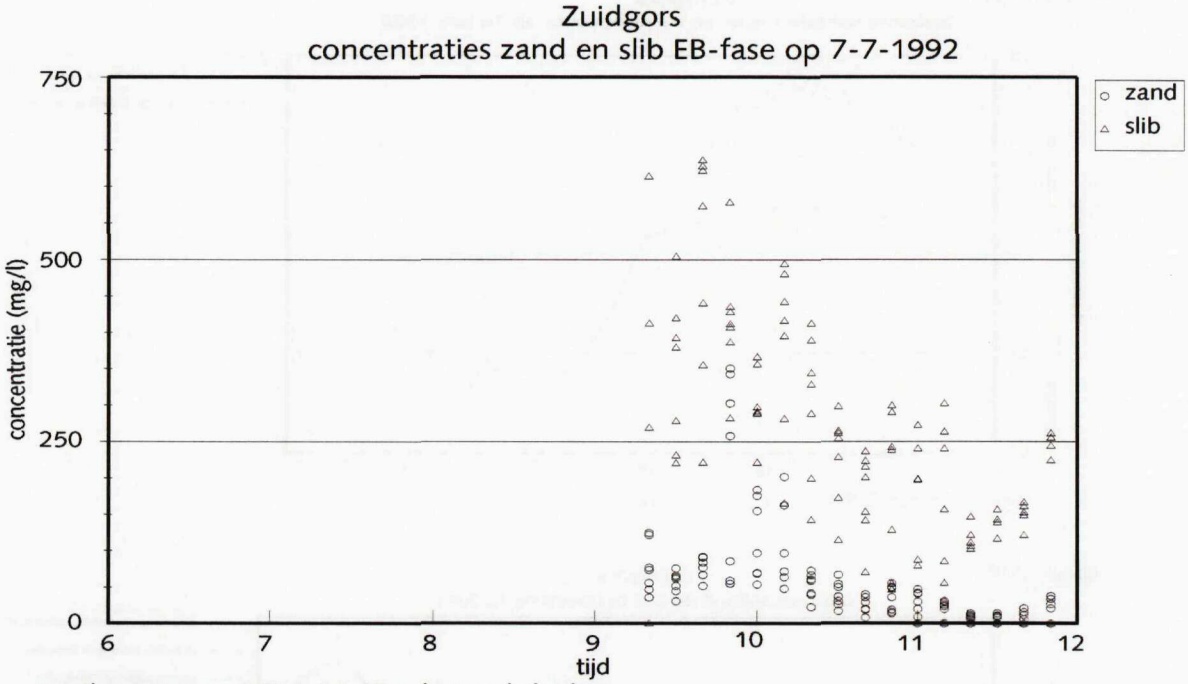
bijlage 20B



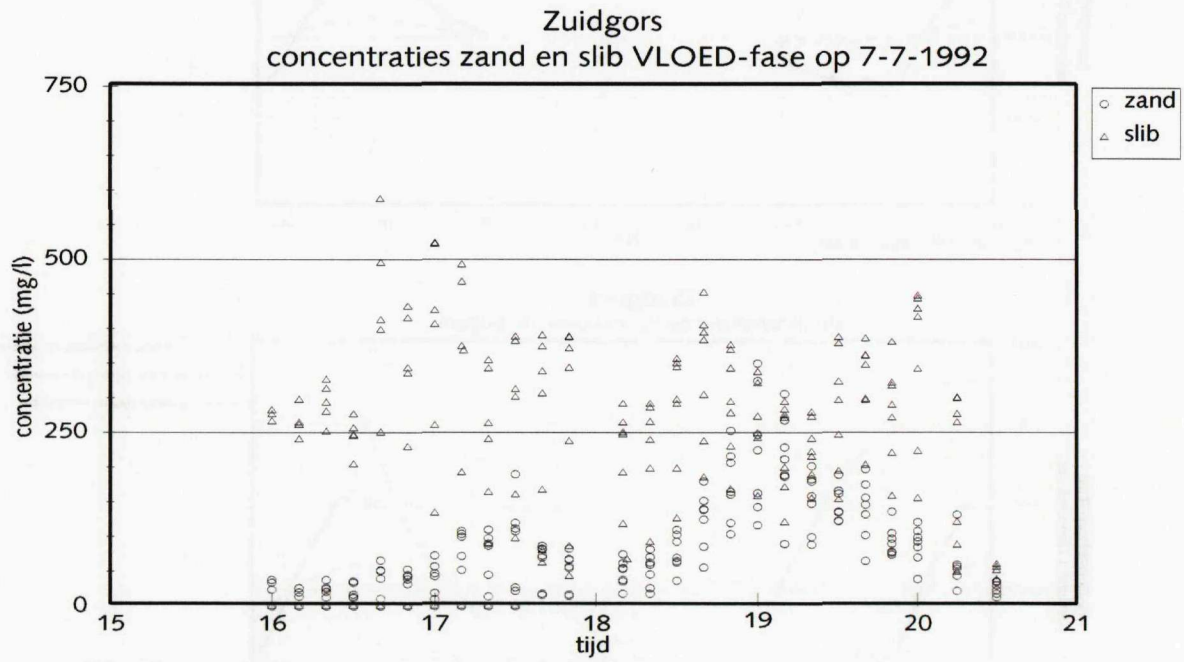


Zuidgors bijlage 21A, 21B

concentratie zand en slib tijdens eb en vloed ter hoogte van meetpunt 9



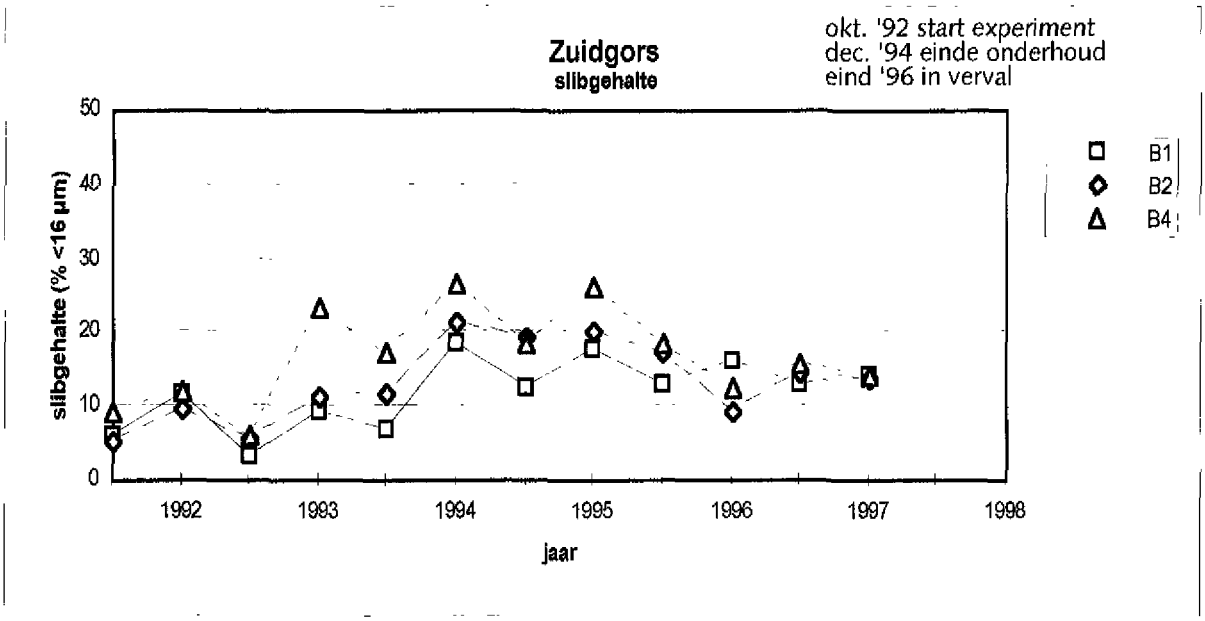
meethoogten van 0,07 tot 1,05 m boven de bodem
hoogwater 7.30 uur, laagwater 13.50 uur

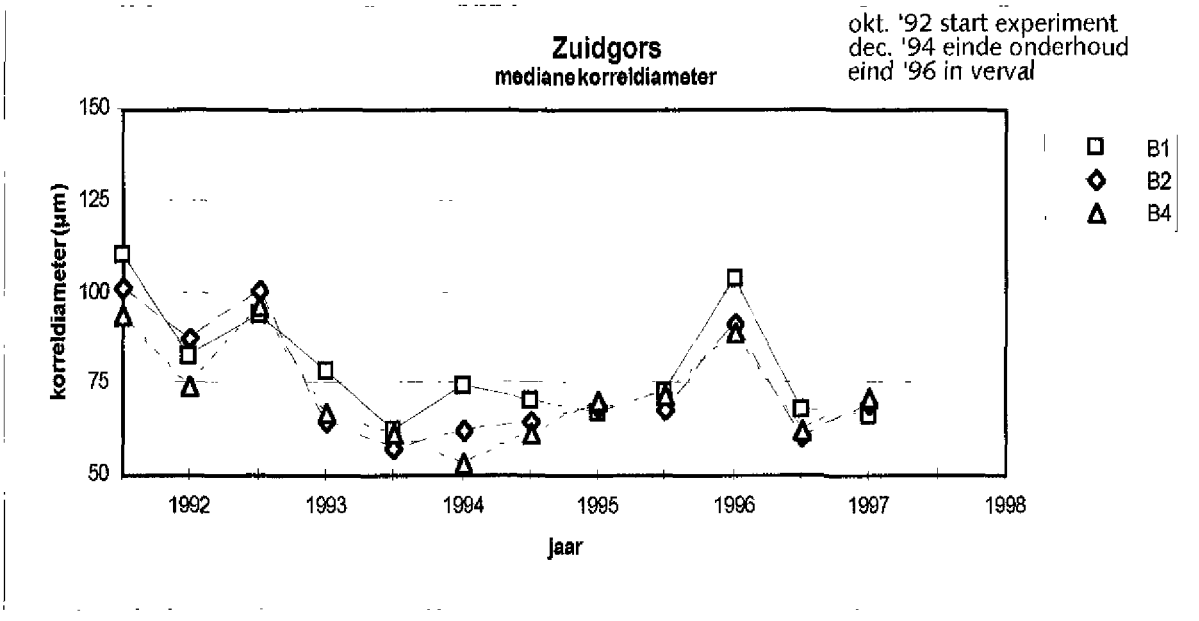


meethoogten van 0,07 m tot 1,05 m boven de bodem
laagwater ca. 13.50 uur, hoogwater ca. 20.00 uur

Zuidgors bijlage 22A, 22B

ontwikkeling mediane korreldiameter, ontwikkeling slibgehalte

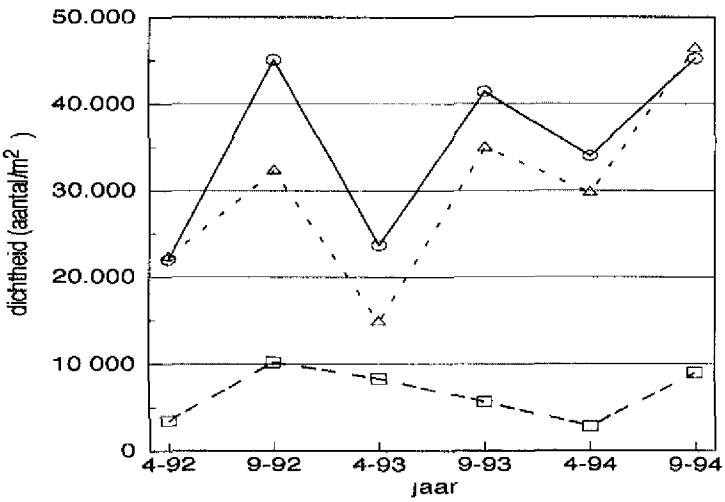




Zuidgors bijlage 23A, 23B en 23C.

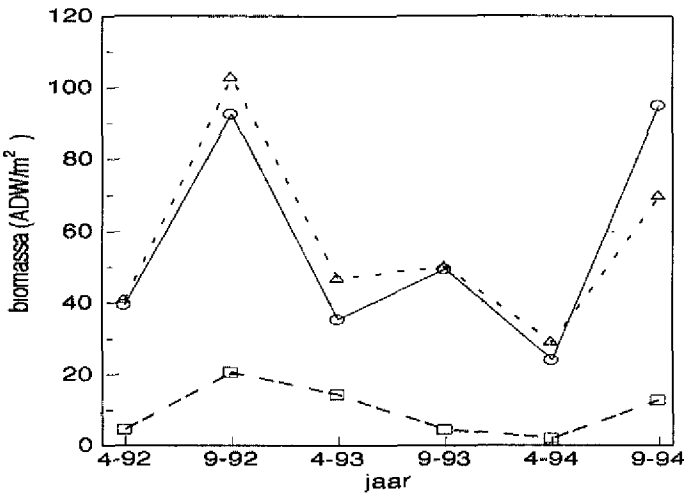
ontwikkeling bodemdieren, dichtheid, biomassa en aantal soorten

Bijlage 23A Ontwikkeling bodemdieren - dichtheid



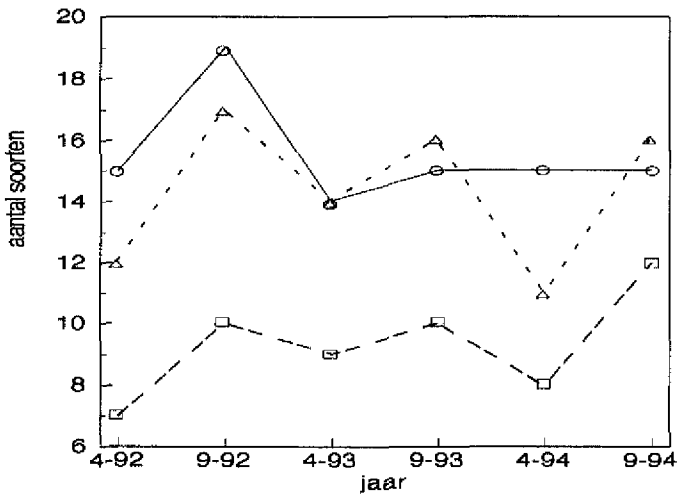
okt. '92 start experiment
dec. '94 einde onderhoud

Bijlage 23B Biomassa



okt. '92 start experiment
dec. '94 einde onderhoud

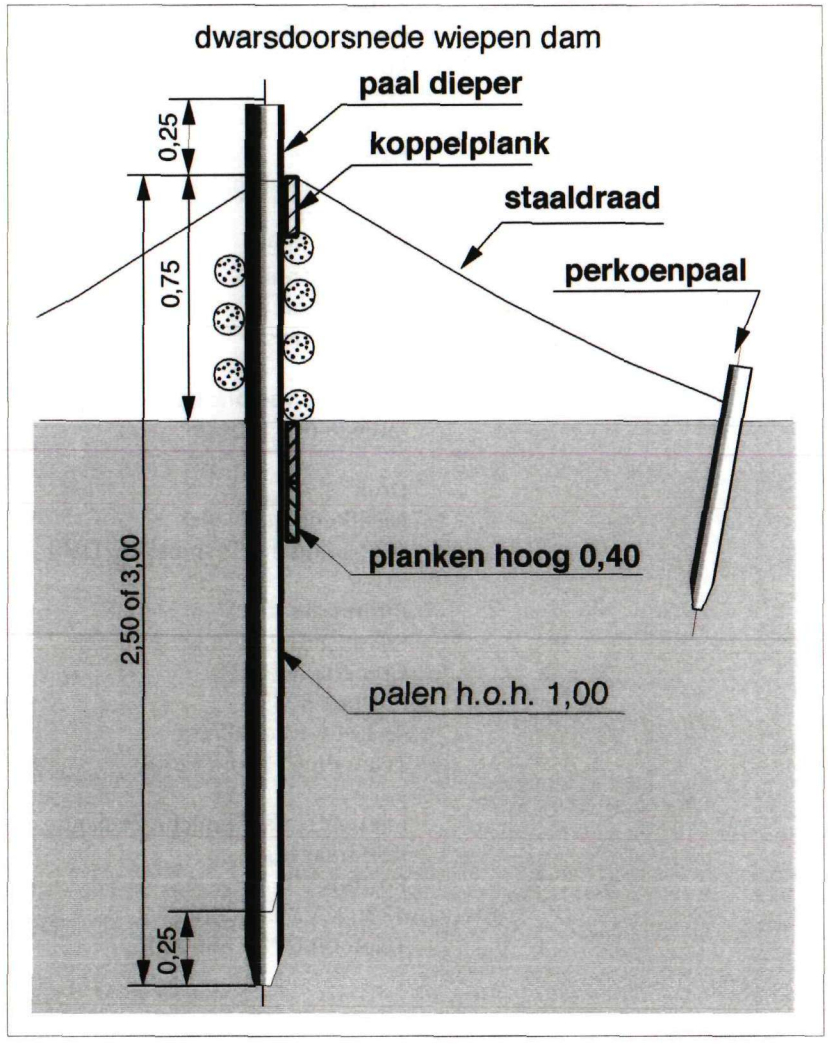
Bijlage 23C Aantal soorten



okt. '92 start experiment
dec. '94 einde onderhoud

Zuidgors bijlage 24

constructieve aanpassingen aan de wiepen dammen



Colofon

Auteur
ing. J Consemulder
drs C. Storm
W. Houmes

Fotografie
Jan van den Broeke
Kees Storm
Wim Houmes
Luc Aalderink
Ed Stikvoort
David Louws

Grafische verzorging
Jan van den Broeke

Druk
Meetkundige Dienst,
Afd. Grafische Technieken, Delft

Informatie
Rijksinstituut voor Kust en Zee
Grenadierweg 31
Postbus 8039
4330 EA Middelburg
Telefoon 0118-672200

Rijkswaterstaat directie Zeeland
Koestraat 30
Postbus 5014
4330 KA Middelburg
Telefoon 0118-686000