

Geulwandverdedigingen en achterliggende slikken

Studie naar de effecten van de reeds aangelegde geulwandverdedigingen in de Westerschelde op de sedimentatie- en erosieprocessen op de achterliggende slikken

Rijkswaterstaat, Directie Zeeland
Nota AXW 1022.96
Middelburg, november 1996



Geulwandverdedigingen en achterliggende slikken

Studie naar de effecten van de reeds aangelegde geulwandverdedigingen in de Westerschelde op de sedimentatie- en erosieprocessen op de achterliggende slikken

Auteurs:

H. Wanningen
G.M. Krijger
H. Niessing

Rijkswaterstaat, Directie Zeeland
Nota AXW 1022.96

Middelburg, november 1996

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
bibliotheek

G-13726 712

VOORWOORD

Dit rapport is geschreven in het kader van het project MARS (Marsh Amelioration along the river Scheldt). Het project MARS is een door de Europese Commissie (programma Life '94) gesubsidieerd samenwerkingsproject tussen Nederland en Vlaanderen. Het hoofddoel van het MARS project is het ontwikkelen en toepassen van verschillende typen beleidsmaatregelen betreffende schorren langs de estuariëne gradiënt van het Schelde estuarium, met het oog op zowel bescherming als verbetering van de biologische kwaliteit van deze habitats (Meire, 1994; Niesing *et al.*, 1996). In fase I van dit project (1995, 1996) worden vier deelprojecten uitgevoerd, drie op Vlaams grondgebied en één op Nederlands grondgebied.

Op Nederlands grondgebied wordt in fase I van het MARS-project een natuurontwikkelingsproject uitgevoerd bij de voormalige slufte "De Kaloot" te Borssele. Daarnaast zijn ter voorbereiding van fase II een tweetal deelprojecten uitgevoerd, waaronder deze studie naar de effecten van geulwandverdedigingen op de ontwikkeling van de direct achter deze verdedigingsconstructies liggende slikken en schorren in de Westerschelde. Dit rapport geeft de resultaten weer van deze studie.

Dank gaat uit naar de volgende personen die direct, danwel indirect, betrokken zijn geweest bij de totstandkoming van dit rapport:

Rijkswaterstaat, directie Zeeland:

Leo Santbergen
Loes de Jong
Kees Storm
Cees van Westenbrugge
Onno van Kleef
Wim Houmes
Piet van Rooijen

Rijkswaterstaat, RIKZ:

Jaap Consemulder

Waterschap Hulster-Ambacht:

Jaap de Kroon

Stichting "het Zeeuwse Landschap":

Jos Neve

Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland:

Albert Prakken



INHOUDSOPGAVE

	VOORWOORD	5
	INHOUDSOPGAVE	7
	SAMENVATTING	9
	ABSTRACT	11
1.	INLEIDING	13
2.	GEULWANDVERDEDIGING	17
	2.1 Algemeen	17
	2.2 Morfologisch effect	18
	2.3 Ecologisch effect	18
3.	MEETRESULTATEN	21
	3.1 Metingen slikhoogten	21
	3.2 Morfologische ontwikkeling op slikken achter reeds aangelegde geulwandverdedigingen.	22
	3.2.1 Ossenisse	22
	3.2.2 Willem-Anna polder	27
	3.2.3 Hansweert	29
	3.2.4 Walsoorden	30
	3.2.5 Baalhoek	33
	3.2.6 Bath	35
	3.2.7 Saeftinge-Oost	36
4.	DISCUSSIE	39
	4.1 Effecten geulwandverdediging op achterliggend slik	39
	4.2 Zandsuppleties op slikken in combinatie met geulwandverdediging	40
5.	CONCLUSIES	43
	LITERATUURLIJST	45

Bijlagen

47

- 1, overzicht uitgevoerde oeververdedigingen
- 2, overzicht oeververdedigingen
- 3, overzicht aanleghoogtes oeververdedigingen
- 4, gebruikte gegevens over Platen van Hulst en Nol van Ossenisse
- 5, gebruikte gegevens over slik bij Hansweert
- 6, gebruikte gegevens over slik bij Walsoorden
- 7, gebruikte gegevens over slik bij Baalhoek
- 8, gebruikte gegevens over slik bij Bath
- 9, Gebruikte gegevens over slik Saeftinge-Oost

Figuren

- | | | |
|----|---|----|
| 1, | twee mogelijke situaties van sedimentatie op een slik | 15 |
| 2, | luchtfoto Platen van Hulst | 23 |
| 3, | luchtfoto Nol van Ossenisse | 26 |
| 4, | luchtfoto Hansweert | 28 |
| 5, | luchtfoto Walsoorden | 30 |
| 6, | luchtfoto Baalhoek | 32 |
| 7, | luchtfoto Bath | 34 |
| 8, | luchtfoto Saeftinge-Oost | 36 |

Tabellen

- | | | |
|----|---|----|
| 1, | ligging slik en morfologische ontwikkeling op het slik na de aanleg van de geulwandverdedigingen. | 39 |
|----|---|----|

SAMENVATTING

Dit rapport is geschreven in het kader van het project MARS (Marsh Amelioration along the river Scheldt). Het project MARS is een door de Europese Commissie (programma Life '94) gesubsidieerd samenwerkingsproject tussen Nederland en Vlaanderen. Het hoofddoel van het MARS project is het ontwikkelen en toepassen van mogelijke maatregelen voor schorren langs de estuariene gradiënt van het Schelde estuarium, met het oog op zowel bescherming als verbetering van de biologische kwaliteit (Meire, 1994; Niesing *et al.*, 1996). Een onderdeel van dit project is het onderzoek naar het effect van geulwandverdedigingen op de achterliggende slikken. Het onderzoek is gestart naar aanleiding van vragen vanuit het project LAMS-OOR waarin de effectiviteit van alternatieve schorbeschermingsmaatregelen is onderzocht (Störm '94; 1996 in voorbereiding).

Tussen 1987 en 1994 zijn op een aantal locaties in de Westerschelde geulwandverdedigingen aangelegd, om de inscharing van vaargeul tegen te gaan en daarmee de standzekerheid van de hoogwaterkering te waarborgen. De top van de aangelegde geulwandverdedigingen ligt boven de laagwaterlijn, waardoor de geulwandverdedigingen, met de bijbehorende verbindingskribben, sedimentatie van het slik in de hand zou werken. De verwachting daarbij was dat de erosie van slik en schor door de aanwezigheid van een geulwandverdediging zal afnemen en het hoogteverschil tussen de bovenkant van de geulwandverdediging en het slikniveau wordt opgevuld met sediment. De mogelijke slikverhoging kan tot een indirecte reductie van schorerosie leiden (De Jong *et al.*, 1995).

In dit rapport wordt eveneens kort aandacht besteed aan een zandsuppletie in combinatie met een geulwandverdediging als alternatieve methode om een schor te verdedigen. Zandsuppletie in combinatie met een geulwandverdediging kan als alternatieve methode toegepast worden, om verlaging van het slik te voorkomen en daarmee indirect erosie van de schorrand te vertragen. Enkele deskundigen van Rijkswaterstaat gaan nader in op de voor- en tegenargumenten voor dit type schorverdediging.

De vraagstellingen behorende bij dit onderzoek zijn:

- wat is het effect van een geulwandverdediging op de morfologie van het achterliggende slik;
- welke processen spelen hierbij een sturende rol en zijn deze afhankelijk van plaatselijke factoren (zoals geomorfologische, hydrodynamische factoren en de nabijheid van stortlocaties);
- is zandsuppletie in combinatie met geulwandverdediging een alternatief om de erosie van slik en/of schor tegen te gaan en hoe kan dit de ecologische waarde van het slik en/of schor beïnvloeden;

Aan de hand van lodingen uitgevoerd door de verschillende Waterschappen en Rijkswaterstaat, veldwaarnemingen, literatuur en interviews met drie deskundigen op het gebied van de morfologie is getracht deze vragen te beantwoorden.

Uit de resultaten blijkt dat over het algemeen direct achter (landwaarts) de geulwandverdediging sedimentatie plaats vindt. Uit de waterschapslodingen en veldwaarnemingen is geconstateerd dat in bijna alle gevallen het hoogteverschil tussen de steenconstructie aan de rand van de geulwandverdediging en het achterliggende slik wordt opgevuld met sediment. Deze sedimentatie is het duidelijkst zichtbaar bij **Walsoorden**, **Hansweert** en **Bath**, waarbij het slikdeel vanaf de geulwandverdediging tot aan de dijk is verhoogd (ca. 20 à 50 cm per jaar). Tot hoever de sedimentatie zich voordoet richting de dijkteen of schorrand, is waarschijnlijk voor een groot deel afhankelijk van het verhang van het slik en dus de hoogte ten opzichte van de bovenkant van de geulwandverdediging.

Op de **Platen van Hulst** is morfologisch zeer weinig gebeurd na de aanleg van de geulwandverdediging in 1993. Ondanks dat het slik achter de geulwandverdediging geschikt lijkt voor bezinking, blijkt geen of weinig sediment afgezet te worden. Dit kan het gevolg zijn van de afwezigheid van sediment in de waterfase aldaar, doordat het sediment al eerder is afgezet of de erosieve werking van de bij noordwesten wind gevormde golven.

Bij de geulwandverdediging voor **Saeftinge-Oost** is waarschijnlijk alleen in de monding van de Neckermann-geul slib gesedimenteerd.

Het slik achter het oostelijk deel van de aangelegde geulwandverdediging bij **Baalhoek** is in de jaren hoger geworden, waarschijnlijk onafhankelijk van de aanleg van de geulwandverdediging. Maar ook hier is er een sedimentatiepatroon, waarbij voornamelijk direct achter de constructie sediment is afgezet als gevolg van de ontstane kom achter de betreffende geulwandverdediging.

Het blijft voor deze studie moeilijk om uitsluitend op basis van aanwezige lodinggegevens en enkele veldwaarnemingen uitsluitend te geven welke factoren een dominante rol spelen bij de sedimentatie- en erosieprocessen. Eenduidige verklaringen voor verschillen tussen locaties zijn hierdoor moeilijk te geven.

Wat betreft de zandsuppletie in combinatie met een geulwandverdediging blijkt uit de interviews dat er wordt verwacht dat het gesuppleerde zand zich zal verspreiden, waarbij een gedeelte in de vaargeul en een gedeelte op het schor en in de kreken terecht komt. Een snelle verzanding van het schor en de kreken kan het gevolg zijn. Door het wegspoelen van het zand wordt ingeschat dat een redelijk hoge frequentie van herhalen van een dergelijke zandsuppletie noodzakelijk zal zijn. Tevens worden vraagtekens gezet bij het natuurrendement, omdat de bodemfauna van het slik zich telkens na een zandsuppletie aan moet passen aan een nieuwe situatie. De effecten daarvan zijn afhankelijk van de plaatselijke hydro- en morfodynamiek en de daaraan aangepaste bodemdierengemeenschap.

Het toepassen van een zandsuppletie op een slik is alleen zinvol als de omstandigheden daar geschikt voor zijn. De factoren die op het slik en schor een rol spelen bij het slagen van een zandsuppletie (experiment) zijn zeer locatie afhankelijk. Als de potenties er zijn kan het een goede schorrand-verdedigingsmaatregel zijn, alleen is het van belang een goede afweging te maken of het vanuit oogpunt van beleid gewenst is.

ABSTRACT

This report is written within the framework of the project MARS (Marsh Amelioration along the River Scheldt). This project is an international co-operation between the Dutch (Directorate Zeeland) and Flemish (AMINAL) administrations and is subsidised (restoration "Slufter Kaloot") by the European Commission (program Life '94). The main target of the project MARS is to develop and implement potential measures for tidal marshes, in order to both protect and improve the ecological value (Meire, 1994; Niesing *et al.*, 1996). This pre-liminary study is a part of the project MARS and concerns the inventory effects of the navigation channel protections in the Western Scheldt on adjacent mud-flats. This pre-liminary study is executed in connection with questions from the Dutch project LAMSOOR. The project LAMSOOR is carried out to research the effectiveness of alternative marsh defence measurements (Storm, 1994; 1996 in preparation).

Between 1987 and 1994 navigation channel protections were realised on several locations in the Western Scheldt. The objective of these constructions is to prevent a further movement of the navigation channel towards the shore. Not only the navigation purposes are served, but also the dikes are protected against undermining.

Transversal on the navigation channel protection several dams are constructed on the mud-flat. These dams connect the top of the navigation channel protection with the dike. By doing so undermining of the protection wall itself is prevented. The dams and the navigation channel protection itself lie above the low water line (-2 m NAP). The following expectation is made: the difference in height between the top of the navigation channel protection and the mud-flat is filled up with sediment. The accretion of the mud-flat can lead to a reduction of tidal marsh erosion (De Jong *et al.*, 1995).

In this report also attention is paid to a combination of a sand-supplementation with a navigation channel protection as an alternative method of marsh protection against erosion. This method prevents the degradation of the mud-flat and indirect the erosion of tidal marsh. Some experts of Rijkswaterstaat (Directorate Zeeland) will give argumentation and opinions about this alternative method of marsh protection.

The questions relevant for this pre-liminary study are:

- what is the effect of a navigation channel protection on the morphology of the mud-flat direct behind this construction;
- which processes are important and do they depend on local factors (like: geomorphologic, hydrodynamic factors or the presence of a dump location for sediment);
- is sand-supplementation in combination with navigation channel protection an effective method to reduce the erosion of the mud-flat and/or marsh and how can this affect the ecological value of the mud-flat and/or marsh;

To answer these questions the following activities were carried out:

- an elaboration of height measurements on mud-flats carried out by Polder-boards and Rijkswaterstaat, Directorate Zeeland;
- field observations were made and a literature study and interviews were done.

The results show that at four of the seven locations sedimentation occurs direct behind the navigation channel protection. The height measurements of the Polder-boards and field observations show that in almost all cases the difference in height between the top of the navigation channel protection and the mud-flat is filled up with sediment. At the locations **Wal-soorden**, **Hansweert** and **Bath** this sedimentation is about 0.2 to 0.5 meter per year. The

width over which the sedimentation occurs depends on the slope between the navigation channel protection and the mud-flat.

At the location **Platen van Hulst** no clear sedimentation nor erosion was visible on the adjacent mud-flat in 1993. A possible explanation can be the low sediment-concentration in the water and/or erosive forces through waves at wind from the north-west.

At the location at **Saeftinge-Oost** probably only sedimentation occurs in the mouth of the "Neckermann-geul". Only field observations were available for this location.

The mud-flat behind the eastern part of the navigation channel protection at **Baalhoek** raised during the years, probably independent of the time of constructing the navigation channel protection. Also at this location the difference in height between the top of the navigation channel protection and the mud-flat is filled up with sediment.

Based only on the height measurement and field observations used in this study it is difficult to give explanations about which factors are dominating the sedimentation and erosion processes, so unequivocal explanations for differences between location are difficult to give.

The expectation for sand-supplementation in combination with the navigation channel protection is: supplemented sand will disperse partly into the navigation channel and partly on the marsh and in the creeks. A fast silting up of marsh and creeks can be the consequence of this. A consequence of the dispersal of sand can be a high frequency of repeating of sand-supplementation, probably once every three years. The factors that determine the success of an sand-supplementation (experiment) depends on the location.

Also questions raise about the natural functioning of the mud-flat, because after every sand-supplementation the bottom fauna have to adapt to a new situation. The effects on bottom fauna depend on the local hydro- and morphological dynamics and adaptation capacity of the bottom fauna. It is important to consider if a sand-supplementation is desired when the natural processes are taken into account.

1. INLEIDING

Tussen 1987 en 1994 zijn op een aantal locaties in de Westerschelde geulwandverdedigingen aangelegd, om de inscharing van vaargeul tegen te gaan en daarmee de standzekerheid van de hoogwaterkering te waarborgen. Door de geulwandverdedigingen wordt de huidige geulbelijning gehandhaafd en treden er geen hinderlijke dwarsstromen op. Dit is van belang voor de veiligheid van de scheepvaart. Een nadeel is dat de van nature optredende bewegingsvrijheid van de geul (lokaal) aan banden wordt gelegd.

Het areaal slik/schor wordt door een geulwandverdediging vastgelegd, zodat de afstand van de geulrand tot de schorrand niet verder zal verminderen. Na de aanleg van de geulwandverdedigingen is vanuit Rijkswaterstaat, Directie Zeeland en het RIKZ, de vraag gesteld wat het effect is van de geulwandverdedigingen op de hoogte van de achterliggende slikken. De top van de aangelegde geulwandverdedigingen ligt namelijk boven de laagwaterlijn, waardoor de geulwandverdedigingen, met de bijbehorende verbindingskribben, sedimentatie van het slik in de hand kan werken. De verwachting daarbij was dat de erosie van slik en schor door de aanwezigheid van een geulwandverdedigingen zal afnemen en het hoogteverschil tussen de bovenkant van de geulwandverdediging en het slikniveau wordt opgevuld met sediment (zie figuur 1). De mogelijke slikverhoging kan tot een indirecte reductie van schorerosie leiden (De Jong et al, 1995). Deze verwachting is gebaseerd op de volgende hypothesen:

- De golfenergie wordt, als gevolg van de verminderde waterdiepte boven de rand van de geulwandverdediging, gedeeltelijk gedissipeerd, waardoor de erosieve werking van de golf op het slik verminderd.
- Stroomsnelheden verminderen als gevolg van de geulwandverdediging en/of de achterliggende kribben, waardoor eerder sediment afgezet kan worden.
- De bovenkant van de geulwandverdediging en eventuele kribben creëren in meer of mindere mate een 'bezinkbak', waardoor aangevoerd sediment wordt 'vast gehouden'.

In dit rapport wordt eveneens kort aandacht besteed aan een zandsuppletie in combinatie met een geulwandverdediging als alternatieve methode om een schor te verdedigen. Zandsuppletie in combinatie met een geulwandverdediging kan als alternatieve methode toegepast worden, om verlaging van het slik te voorkomen en daarmee indirect erosie van de schorrand te vertragen. Enkele deskundigen van Rijkswaterstaat gaan nader in op de voor- en tegenargumenten voor dit type schorverdediging.

De hoofddoelstelling van deze studie is te onderzoeken wat de invloed is van geulwandverdedigingen in de Westerschelde op de sedimentatie- en erosieprocessen op de achterliggende slikken.

Het betreft de geulwandverdedigingen die zijn aangelegd in de periode 1987-1994. De nieuw aan te leggen geulwandverdedigingen in het kader van de verdieping van de vaarweg in de Westerschelde worden verder buiten beschouwing gelaten, omdat deze zich in tegenstelling tot de reeds aanwezige geulwandverdedigingen onder de laagwaterlijn bevinden.

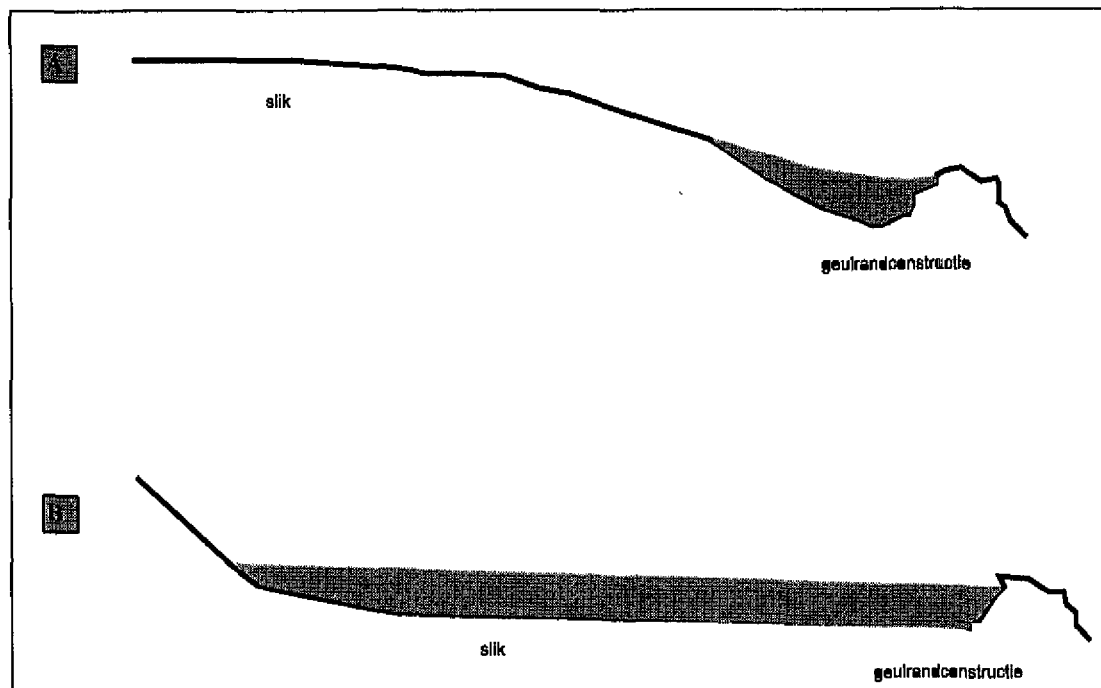
Een nevendoelstelling van deze studie is het aan de hand van interviews nagaan of een zandsuppletie in combinatie met een geulwandverdediging een goede schorverdedigingsmaatregel is.

De bijbehorende vraagstellingen zijn:

- wat is het effect van een geulwandverdediging op de morfologie van het achterliggende slik?;
- welke processen spelen hierbij een sturende rol en zijn deze afhankelijk van plaatselijke factoren (zoals geomorfologische-, hydrodynamische factoren en de nabijheid van stortlocaties)?;
- is zandsuppletie in combinatie met geulwandverdediging een alternatief om de erosie van slik en/of schor tegen te gaan en hoe kan dit de ecologische waarde van het slik en/of schor beïnvloeden;
- wat zijn de ervaringen met zandsuppleties in combinatie met geulwandverdedigingen elders in Nederland?

Om de vraagstellingen te beantwoorden is onder andere gebruik gemaakt van Rijkswaterstaat- en Waterschapslodingen van voor en na de aanleg van geulwandverdedigingen op acht locaties in de Westerschelde. Verder zijn er gesprekken gevoerd met specialisten op geomorfologisch gebied van het RIKZ en Directie Zeeland en zijn veldwaarnemingen van de beheerder van de betreffende slikken verwerkt. Vervolgens is met behulp van luchtfoto's en veldwaarnemingen een omschrijving gemaakt van de geomorfologische ontwikkeling van het slik.

Deze rapportage is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 wordt algemene informatie gegeven over geulwandverdedigingen. Daarna worden in hoofdstuk 3 de resultaten van de lodingen en veldwaarnemingen behandeld. In hoofdstuk 4 worden de resultaten bediscussieerd en wordt getracht relaties en trends te ontdekken, waarna aan de hand van de resultaten van gesprekken met de specialisten op geomorfologisch gebied de mogelijkheid van een zandsuppletie wordt bekeken. Tenslotte worden in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies beschreven.



Figuur 1: twee mogelijke situaties van sedimentatie op een slik

Deze figuur illustreert twee extremen met betrekking tot het profiel van het slik en de ligging van de geulwandverdediging. Situatie A is een vrij hoog gelegen slik ten opzichte van de hoogte van de bovenkant van de constructie. Hierdoor ontstaat alleen heel dicht tegen de steenconstructie een kom, waarin sediment kan bezinken. Situatie B is een vrij vlak profiel (klein verhang), waardoor het hoogteverschil tussen slik en bovenkant geulwandconstructie veel minder groot is. Hierdoor is de "kom" over een veel breder stuk uitgestrekt

2. GEULWANDVERDEDIGING

2.1 Algemeen

In het Verdrag inzake de verdieping van de vaarweg in de Westerschelde wordt de noodzaak aangegeven van het plaatselijk verdedigen van geulwanden. Vooruitlopend op de verdieping van de vaargeul zijn in de periode 1987-1994 ter hoogte van de oevergedeelten Platen van Hulst, Walsoorden, Baalhoek, Verdrongen Land van Saeftinge (oostzijde), Hansweert en Nauw van Bath geulwandverdedigingen aangelegd. Het gaat hier om de meest bedreigde punten voor de hoogwaterkering. De totale lengte aan geulwandverdedigingen in de Westerschelde bedraagt ruim 5.7 km. Bij de Nol van Ossensisse is een oeververdediging aangebracht ter bescherming van de nol en ter hoogte van de Willem Annapolder is een bestaande oeververdediging verstevigd. Naast deze verdedigingen is er in 1988 een oeververdediging ter hoogte van Perkpolder aangelegd. Aangezien over deze locatie weinig gegevens beschikbaar zijn, is deze locatie in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

Voor de exacte ligging van de geulwandverdedigingen en het jaar van oplevering wordt verwezen naar bijlage 1. In augustus 1996 wordt begonnen met de aanleg van de resterende geulwandverdedigingen, over een totale lengte van circa 16 km. In bijlage 2 zijn deze aangegeven door middel van open (witte) vakken; de reeds uitgevoerde geulwandverdedigingen zijn in deze bijlage aangegeven met een zwart vak.

Het doel van de geulwandconstructie is tweeledig:

- het waarborgen van de standzekerheid van de hoogwaterkering. Door de aanleg van de geulwandverdediging zal het voorland van de hoogwaterkering niet verder afnemen;
- het handhaven van de huidige geulbelijning, hetgeen van belang is voor de veiligheid van de scheepvaart. Verder worden hinderlijke dwarsstromen die zouden kunnen gaan optreden bij plaatselijk uitbochten van de vaargeul voorkomen.

Tot voor kort werd het bovenstaande doel gerealiseerd door het aanbrengen van kribben. Kribben hebben net als een geulwandverdediging een sturende werking op de stroming, waardoor het uitbochten van de geul wordt voorkomen. Het voordeel van een geulwandverdediging t.o.v. kribben is dat de verdediging over een breed stuk geulwand plaatsvindt en deze zodoende niet meer geërodeerd kan worden.

De constructie van de geulwandverdediging bestaat hoofdzakelijk uit steen of steenachtig materiaal tot een talud van 1:3, dat boven het niveau van NAP -5.0 m wordt afgedekt met stenen van 40 tot 200 kilogram per stuk (zie bijlage 3). Deze zware stortsteen is bedoeld om de met slakken bestorte oever te beschermen tegen wind- en scheepsgolven. Bij de locatie Bath is als eerste een geulwandverdediging aangelegd (1987-1988). Deze geulwandverdediging bestaat, in tegenstelling tot de overige locaties, uit een constructie van zinkstukken. Bij de overige locaties is vanuit kosten oogpunt gebruik gemaakt van de constructie (een zogenaamd granulair filter) zoals hierboven beschreven. Bij de locatie Platen van Hulst (Gat van Ossensisse) is de top van de geulwandverdediging op verschillende manieren afgewerkt (zie bijlage 3): waar het slik laag is en de overgang van geul naar het slik geleidelijk verloopt (flauw talud), is gebruik gemaakt van een extra verhoging onder het zogenaamde kapje (de bovenkant van de geulwandconstructie dat boven het maaiveld uitsteekt) ter besparing van stortmateriaal. Het andere deel van de geulwandverdediging is op de conventionele manier afgewerkt tot boven de laagwaterlijn (-2 m NAP)

De geulwandverdedigingen zijn vaak middels dwarsdammen (kribben) over het slik verbonden met de dijk of via een bestaande nol of krib, om eventuele ongewenste stromingspatronen (achterloopsheid) van de geulwandverdediging te voorkomen. Indien de afstand tot de dijk erg groot is, is de dwarsdam op een voldoende hoog niveau beëindigd. De rol van de dwarsdam staat echter ter discussie, omdat de dwarsdammen de sedimentaanvoer zouden kunnen blokkeren (Storm et al, 1995). Hoe de dwarsdammen het best kunnen worden aan-

gelegd zal afhangen van het lokale hoogteverloop van het slik, het stroombeeld ter plaatse (met name tijdens maximum vloed), de golfaanval en de sedimentbalans. Kennis over deze slikvormende processen is beperkt en het is niet duidelijk of deze voldoende is om de locatie en de vorm van de dwarsdammen goed te dimensioneren (Storm *et al.*, 1995).

De top van de nog aan te leggen geulwandverdedigingen zullen, in tegenstelling tot de al aanwezige geulwandverdedigingen, zo mogelijk tot aan de laagwaterlijn komen te liggen. Hiermee wordt de noodzaak tot de aanleg van (lange) dwarsdammen aanzienlijk kleiner of zelfs overbodig. Ook vanuit landschappelijk oogpunt is het beter dat bij eb de geulwandverdediging niet boven het water uitsteekt. Mede gezien de onzekerheden wat betreft morfologische processen wordt de toepassing van dwarsdammen bij de aanleg van de nieuwe geulwandverdedigingen tot een minimum beperkt of wordt gebruik gemaakt van kortere dwarsdammen. Indien de slikerosie ondanks de geulwandverdediging doorgaat, wordt alsnog een uitbreiding gemaakt tot hoger nivo.

2.2 Morfologisch effect

De gevolgen van de verdieping van de vaarweg zullen bestaan uit de toename van de stroomsnelheden langs de buitenbochten van de hoofdgeul en (in mindere mate) over de slikken en langs de schorranden. Door deze toename kunnen de slikken verlagen en kan de erosie van de schorranden versnellen door de sterkere stroom- en golfaanval. Ook de tijdsduur dat de schorrand onder invloed staat van de eroderende werking van het water neemt met het verlagen van het slik toe. De inscharing van de geul zal versneld plaatsvinden, waardoor de breedte van het slik sneller afneemt en daarmee ook de schorrand sneller erodeert.

De verwachte effecten van de geulwandverdediging op de erosie van het schor en slik zijn als volgt: de geulwandverdediging stopt de geulranderosie en daarmee de achteruitgang van het slikareaal en de slikhoogte en daarmee indirect de erosie van de schorrand. Het totale slikareaal neemt hierdoor niet verder af. Door de dwarsdammen (geulwandverdediging 1987-1994) zullen de stroomsnelheden op de slikken en langs de schorranden naar verwachting afnemen. Dit zou betekenen dat het sediment in de waterkolom achter de geulwandverdediging kan uitzakken en bezinken. Door een verhoging van het slik neemt de reducerende werking van het slik op de golfhoogte toe. Dit kan vervolgens een reducerende werking op de golferosie van de schorrand tot gevolg hebben (De Jong *et al.*, 1995).

Kortom de aanleg van de geulwandverdediging kan mogelijk een vermindering van erosieprocessen op het achterliggende slik en schor betekenen.

2.3 Ecologisch effect

Een positief neveneffect van een geulwandverdediging kan zijn dat de erosie van biologisch belangrijke leefgebieden als slikken en schorren vermindert en sedimentatie wordt bevorderd.

De geulwandverdediging heeft geen invloed op de uitwisseling van water en organismen tussen open water, slik en schor. Door de geulwandverdediging wordt de geulwand vastgelegd en hierdoor wordt de plaats van de achterliggende slikken gefixeerd en is de beweeglijkheid daarvan weggenomen. Door de aanwezigheid van de geulwandverdediging kunnen de fysische processen veranderen die bepalend zijn voor textuur, structuur en aanzien van schor en slik. Bodemdiergemeenschappen kunnen geleidelijk van soortensamenstelling veranderen, andere soorten kunnen gaan domineren. Hiermee kan de geschiktheid van slikgebieden en schorren voor (jonge) vis en voor vogels wijzigen op langere termijn (>25 jaar) (De Jong *et al.*, 1995). Monitoring zal nodig zijn om ecologische effecten te volgen.

De geulwandverdediging zelf kan, afhankelijk van de stroomsnelheid, als hard substraat dienen voor organismen. De verwachting is dat in het zoute (westelijke) deel van de Westerschelde op met name de bovenste breuksteenlaag van de geulwandverdediging zich een levensgemeenschap kan vestigen, met een voor de Westerschelde algemene soortensamenstelling van Zeepokken, de Japanse Oester en mosselen. In aanvulling op de levensgemeenschappen van het zachte substraat zal de totale biomassa en diversiteit aan soorten hierdoor waarschijnlijk toenemen. Richting de Belgische grens speelt de toename van zoetwaterinvloed een rol. Hier zou de Brakwaterkokkel (*Congeria cochleata*) tot ontwikkeling kunnen komen. Ook bestaat er een kans dat de vlokreeft *Corophium curvispinum*, een recente immigrant, zal gaan domineren (Van Moorsel, 1996).

3. RESULTATEN

3.1 Metingen slikhoogten

Lodingen RWS

Door Rijkswaterstaat worden jaarlijks vaklodingen verricht in de Westerschelde. Deze vaklodingen strekken zich uit van oever tot oever en de hoogte tot waar het meetschip de metingen verricht is, afhankelijk van de diepgang van het schip en de waterstand, gemiddeld NAP. Omdat de hoogte van elk slik anders is en in de tijd varieert, verschillen de metingen op het slik zowel ruimtelijk als temporeel variërend.

De gegevens afkomstig van de vaklodingen zijn met behulp van het computerprogramma Digibeeld gedigitaliseerd en gevisualiseerd in de vorm van verschilkaarten. Op een verschilkaart is het verschil tussen de bodemhoogten van twee verschillende jaren weergegeven, waardoor een netto erosie- of sedimentatie in de tussenliggende periode zichtbaar is. De ligging van de geulwandverdediging is op de verschilkaart door middel van een rechthoek weergegeven. De aangegeven ligging is overigens niet exact. Bij de interpretatie van de verschilkaart, is de juiste ligging aan de hand van de bestekstekeningen aangehouden.

Om een indruk te krijgen van de morfologische ontwikkelingen van het slik voor de aanleg van de geulwandverdediging, is gestreefd naar een verschilkaart van ca. 4 jaar voor de aanleg. Tevens zijn er verschilkaarten gemaakt van de periode na de oplevering. Indien de twee verschilkaarten (voor en na de aanleg) worden vergeleken, kunnen mogelijke invloeden van de geulwandverdedigingen op het slik zichtbaar worden.

Lodingen Waterschappen

Naast de lodingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat worden eveneens lodingen door de verschillende Waterschappen uitgevoerd, omdat de waterschappen verantwoordelijk zijn voor de waterkerende functie van de oeverstrook.

De waterschapslodingen worden over het algemeen tot hogerop het slik uitgevoerd dan de lodingen door Rijkswaterstaat. De gegevens van het waterschap geven hierom een completer en gedetailleerder beeld dan de gegevens van Rijkswaterstaat.

De lodinggegevens zijn opgeslagen in het Zeekoe-bestand, waarmee verschillende berekeningen uitgevoerd kunnen worden.

Bij elke geulwandverdediging zijn er een aantal representatieve transecten (raaien) gekozen, die gebruikt zijn voor de interpretatie van de gegevens. Van elk transect is een aparte kaart gemaakt, waarop de profielen van de verschillende jaren zijn weergegeven.

Op deze wijze zijn de hoogte-ontwikkelingen van het betreffende slik in de tijd te volgen, en kunnen mogelijke invloeden van een geulwandverdediging worden gesignaleerd.

Veldwaarnemingen

Uit verschillende telefonische gesprekken zijn observaties van terreinbeheerders vastgelegd. Aangezien deze waarnemingen betrekking hebben op de hoogtes en soms samenstelling van het slik achter de geulwandverdediging, zijn deze waarnemingen in dit hoofdstuk bijgevoegd. Verder heeft er nog veldbezoek plaatsgevonden. De Platen van Hulst (Gat en Nol van Ossensse), Slikken bij Walsoorden, Baalhoek en Saeftinge-Oost zijn op 17 juli 1996 bezocht en de slikken bij Hansweert en Bath op 19 juli 1996 [H.Wanningen, G.M. Krijger].

3.2 Morfologische ontwikkelingen op slikken achter reeds aangelegde geulwandverdedigingen

Deze paragraaf geeft per locatie een uiteenzetting van de morfologische ontwikkelingen op de slikdelen in de Westerschelde, gelegen achter de reeds aangelegde geulwandverdedigingen. Per locatie is een luchtfoto gepresenteerd, waarop de gebruikte Waterschapsraaien aangegeven zijn. De zwarte pijl op de luchtfoto (schaal: 1:10.000) wijst naar het noorden.

Voor de gebruikte foto's, lodingen van de verschillende waterschappen en rijkswaterstaat wordt verwezen naar de bijlagen 4 t/m 9.

3.2.1 Ossenisse

Bij Ossenisse is er ter bescherming van het hoofd (de Nol van Ossenisse) een verdediging aangelegd. Deze verdediging is geen geulwandverdediging, maar is hier toch meegenomen omdat deze eveneens invloed kan uitoefenen op de erosie/sedimentatieprocessen op het achterliggende slik.

Een lang stuk geulwandverdediging is aangelegd voor de Platen van Hulst (Het Gat van Ossenisse). Het zuidelijke deel van de geulwandverdediging bij de Platen van Hulst is anders uitgevoerd dan het noordelijke deel. Het zogenaamde kapje van het zuidelijk deel van de geulwandverdediging is verhoogd aangelegd (ten opzichte van het maaiveld) ter besparing van stortmateriaal. Zonder deze verhoging zou het noodzakelijk zijn om de verdediging verder het slik op aan te leggen, omdat het slik laag is en het talud zeer flauw.



Figuur 2: Luchtfoto Platen van Hulst - schaal 1:10.000

Platen van Hulst*Lodingen RWS*

De aangegeven ligging van de geulwandverdediging op de verschilkaarten is niet helemaal correct. De verdediging is langer en ligt meer noordwaarts uitgestrekt.

Bij bestudering van de verschilkaarten van 1992-1990 en die van 1995-1994 (bijlage 4) valt op dat het slik achter het zuidelijke deel van de verdediging in de periode na de aanleg (1994-1995) een paar decimeter is opgehoogd in tegenstelling tot de periode voor de aanleg. Een deel van het slik in het midden van de geulwandverdediging is daarentegen in hetzelfde jaar ca. een halve meter geërodeerd, terwijl het slik achter het noordelijke deel van de verdediging stabiel is gebleven.

In de perioden voor de aanleg vindt geen verandering of mogelijk lichte erosie op de Platen van Hulst plaats.

Lodingen Waterschap Hulster Ambacht

Er zijn vier raaien bestudeerd: drie dwars over de aangelegde geulwandverdediging en één ten zuiden ervan (zie bijlage 4).

De meest zuidelijke raai (139) duidt op sterke sedimentatie in de vaargeul zelf, maar het slik lijkt vanaf 1989 weinig aan verandering onderhevig geweest.

Op de ontwikkelingskaart van raai 133, gelegen over het zuidelijke deel van de geulwandverdediging, is de aanleg van de geulwandverdediging duidelijk waar te nemen. Het slik lijkt na 1993 ietwat te zijn verhoogd.

In het midden van de geulwandverdediging is een raai onderzocht (raai 129) waar alleen de aanleg is terug te vinden. Hoogteveranderingen op het achterliggende slik lijkt niet te zijn opgetreden.

De noordelijkste raai (123) vertoont achter de geulwandverdediging een wisselend patroon.

Veldwaarnemingen

Bij een veldbezoek op 17 juli 1996 werden de volgende waarnemingen gedaan:

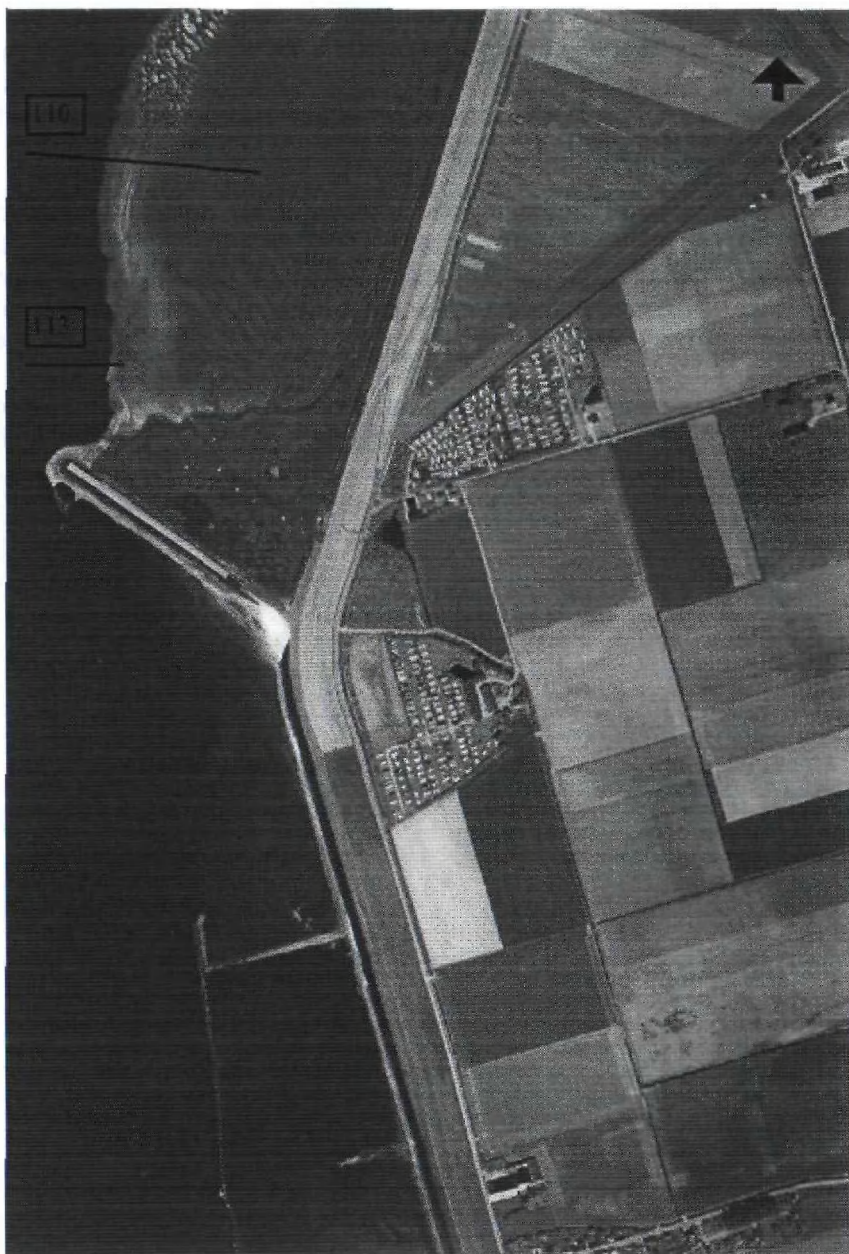
- De bodem van het slikdeel tussen de twee noordelijkste kribben bestaat uit een hard substraat (Hollandveen), waardoor hier veel schelpen en mosselen vertoeven. Hieruit blijkt dat er geen sprake is van sedimentatie ter plaatse.
- Bij laagwater blijft er water op dit slikdeel achter. Bij laagwater springtij werd geconstateerd dat het waterpeil in het betreffende vak ca. 40 cm hoger was als het waterpeil in de geul en de slikhoogte in het kribvak ten zuiden ervan.
- De bodem van het zuidelijke slikdeel (tussen de zuidelijkste drie kribben) gelegen achter de geulwandconstructie met het verhoogde kapje, is duidelijk anders van samenstelling (zandig materiaal). Hier bleef alleen water achter de geulwandverdediging staan langs een strook van ca. 25 meter parallel aan de rand van de constructie.

Resumerend

Uit de resultaten blijkt dat **De Platen van Hulst** (gemiddeld 400 meter breed) niet noemenswaardig ophogen achter de geulwandconstructie. Het profiel van het slik is vrij vlak en is over het algemeen hoger gelegen dan de bovenkant van de geulwandconstructie. Alleen het zuidelijke deel is hoogstwaarschijnlijk enkele decimeters aangezand na de oplevering van de constructie.

Het gebied beschikt echter wel over de potenties voor sedimentatie. Achter de constructie is het slik opgedeeld in zogenaamde afgesloten kribvakken ("bakken" met semi-doorlatende wanden), waar het vloedwater bij laagwater achterblijft. Blijkbaar is de aanvoer van sediment naar deze gebieden afwezig of, minder waarschijnlijk is de afvoer even groot als de aanvoer. Bij de laatste optie kan golfwerking een rol spelen; immers de strijklengte bij noordwesten wind is aanzienlijk.

Wel is duidelijk zichtbaar dat de constructie met het verhoogde kapje op de rand meer potenties tot aanzanding heeft dan de andere constructie, aangezien daar lichte sedimentatie is opgetreden.



Figuur 3: Luchtfoto Nol van Ossensisse - schaal 1:10.000

Nol van Ossensisse

Lodigen RWS

Rondom de Nol is zowel voor als na de oplevering van de verdediging duidelijke sprake van erosie (meer dan 2 meter). In de periode voor de aanleg van de verdediging is een klein sedimentatiegebied ten zuiden van de nol tegen de rand van het slik zichtbaar. De verschilkaart 1994-1995 toont dat dit sedimentatiepatroon nu ten noorden van de Nol gelegen is, in de luwtehoek van de geulwandverdediging en de nol (zie bijlage 4).

Lodingen Waterschap Hulster Ambacht

Hier zijn twee raaien bestudeerd: raai 113 en 110 die respectievelijk over en ten noorden van de geulwandverdediging lopen (bijlage 4). De raaien zijn echter alleen in diep water ingemeten, zodat hier geen ontwikkelingen van het slik zijn waar te nemen.

Veldwaarnemingen

Er zijn enkele foto's van de situatie van het slik achter de geulwandverdediging net na de aanleg en een jaar later gemaakt (bijlage 4). Hier is de slikophoging ten noorden van de Nol duidelijk zichtbaar. Bij een veldbezoek op 17 juli 1996 werden de volgende waarnemingen gedaan:

- Er is schorvegetatie (Engels Slijkgras) ten oosten van de Nol en over een strook langs de dijk aanwezig.
- Ten oosten van de geulwandverdediging bestaat het slik uit een grote "zandplaat", die een gelijke hoogte heeft als de bovenkant van de geulwandverdediging.

Resumerend

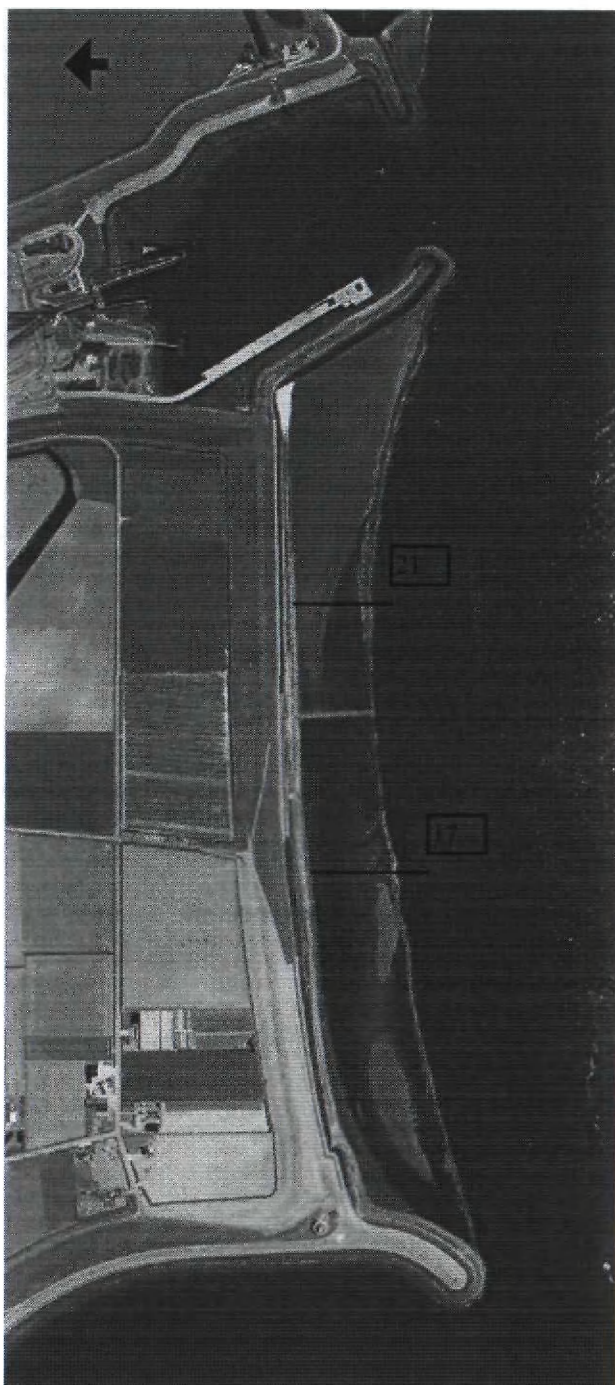
De verdediging voor de Nol van Ossensisse heeft weinig invloed op de hoogte van het achterliggende slik. Alleen de aanzanding vlak naast de nol is mogelijk het resultaat van de aanleg van de verdediging.

3.2.2 Willem Anna polder.

Bij Willem Anna polder betreft de aangegeven verdediging geen geulwandverdediging.

Hier is op grotere diepte onder de bestaande oververdediging, waar vanwege verdiepingsactiviteiten geen bestorting lag, een zettingsvloeiing opgetreden. Daarop is de gehele onderwand tot aan de geulbodem aangestort en is de schade in de bestaande verdediging hersteld.

Er is dus geen relatie tussen deze constructie en het achterliggende slik. Daarom is er geen verdere studie gedaan naar morfologische ontwikkelingen op het slik aldaar. \



Figuur 4: Luchtfoto Hansweert - schaal 1:10.000

3.2.3 Hansweert

Lodigen RWS

Te Hansweert is de geulwandverdediging in twee fasen aangelegd, het meest oostelijke deel (deel I) - aan de kant van de veerhaven - in oktober 1993 en het westelijke deel (deel II) in december 1994. De verschilkaarten (bijlage 5) hebben hierom alleen betrekking op het oostelijke deel van de geulwandverdediging.

De hoogte van het slik achter de geulwandverdediging vertoont zowel voor als na de aanleg een morfologisch evenwichtig patroon.

Lodigen Waterschap Zeeuwse Eilanden

Er zijn hier ten westen van de veerhaven, over de geulwandverdediging twee raaien opgenomen (17 en 21, bijlage 5), waar de aanleg van de geulwandverdediging duidelijk zichtbaar is. Op beide is tevens na oplevering van de geulwandverdediging sedimentatie op het achterliggende slik zichtbaar. Vooral in 1995 is het slik vlak achter de rand circa een halve meter opgehoogd, dus niet gelijk na de aanleg van de constructie. De ophoging is aan de voet van de dijk minder dan vlak achter de constructie.

B. van Liere (Waterschap de Zeeuwse Eilanden, Beheerder Waterkeringen)

Sinds de oplevering van de geulwandverdediging is dit gebied in twee jaar ongeveer een halve meter gesedimenteerd. Volgens van Liere is dit een gevolg van de verdediging, want er is ook geen stortlocatie in de nabijheid.

De sedimentatie heeft over het gehele slik tot aan de dijk plaatsgevonden. Er is een flauwe helling aflopend van de voet van de dijk naar de verdediging zichtbaar.

Het sediment heeft een hoog zandgehalte, want het is goed te betreden. Er hebben zich enkele afwateringsgeulen gevormd, maar deze ondermijnen de geulwandverdediging niet omdat ze boven de rand uitkomen.

Veldwaarnemingen

Bij een veldbezoek op 19 juli 1996 werden de volgende waarnemingen gedaan:

In het midden van de geulwandverdediging zorgt een krib voor de verbinding met de dijk, waardoor men over een westelijk en een oostelijk deel van het slik kan spreken. In het midden van het slik, ter hoogte van de krib, is het slik het laagst. Het slik is zeer slibrijk en bevat maar een kleine zandfractie. Vanaf de dijk was het hierom ook niet mogelijk het slik te betreden met kaplaarzen.

Het westelijke slikdeel stond bij laagwater onder water. Blijkbaar komt dit deel bijna of nooit droog te staan. Het gehele slik is ook zeer laag gelegen, te weten ca. NAP-2m.

De bodem bevat weinig of geen zichtbaar en/of hoorbaar bodemleven en is vrijwel direct onder de oppervlakte al anaeroob.

Resumerend

Achter de geulwandverdediging is het slik, ca. 100 meter breed, sterk gesedimenteerd. Deze sedimentatie strekt zich uit tot aan de voet van de dijk in tegenstelling tot andere locaties. Dit proces is te verklaren uit het feit dat het slik vrij vlak loopt, waarbij de hoogte van het slik bij de dijk lager is gelegen dan de bovenkant van de rand van de constructie (fig. 1, situatie B).

Afgezien van deze sedimentatieprocessen is het "slik" zeer laag gelegen, waardoor men bijna niet meer over een intergetijdegebied kan spreken; immers het slik komt zo goed als nooit droog te liggen.



Figuur 5: Luchtfoto Walsoorden - schaal 1:10.000

3.2.4 Walsoorden

Lodingen RWS

Uit de verschilkaart van voor de oplevering van de geulwandverdediging blijkt dat er gedurende vier jaar, periode 1988-1992, sterke erosie op en langs de geulwand ter plaatse heeft opgetreden (bijlage 6). Het slik lijkt in deze vier jaar circa een halve meter te zijn verlaagd.

Na de aanleg van de constructie daarentegen is op het slik achter de geulwandverdediging in twee jaar tijd circa een halve meter gesedimenteerd.

Om een beter beeld van deze processen te krijgen is uitgegaan van de nauwkeurigere lodingen uitgevoerd door het Waterschap Hulster Ambacht.

Lodigen Waterschap Hulster Ambacht

Hier zijn vier raaien bestudeerd (zie bijlage 6), twee dwars over de geulwandverdediging (raai 36 en 38) en twee ten zuiden ervan (raai 30 en 34). Op de meetraaien 36 en 38 is de aanleg van de geulwandverdediging keurig zichtbaar (blauwe lijn).

Het slik achter de geulwandverdediging is na de aanleg van de geulwandverdediging behoorlijk aangezand, in tegenstelling tot de periode voor de aanleg waarin, ondanks afwisseling van erosie en sedimentatie, netto erosie heeft opgetreden.

In een strook achter de rand van de geulwandverdediging is in drie jaar tijd ongeveer één meter gesedimenteerd. Deze ophoging neemt naar de dijkteen geleidelijk af tot 0.

Raai 34 ligt aan het einde van de geulwandverdediging en raai 30 ligt ca. 500m ten zuiden ervan.

Uit de raaien 30 en 34 blijkt dat de geulwand en het lage slik tot ca. NAP-1m morfologisch dynamisch zijn en onderhevig zijn aan afwisselend erosie- en sedimentatieprocessen. Het slik boven NAP lijkt weinig dynamisch te zijn en heeft vanaf 1989 een redelijk constante hoogte gehad. Er is hier dan ook geen invloed van de geulwandverdediging te constateren.

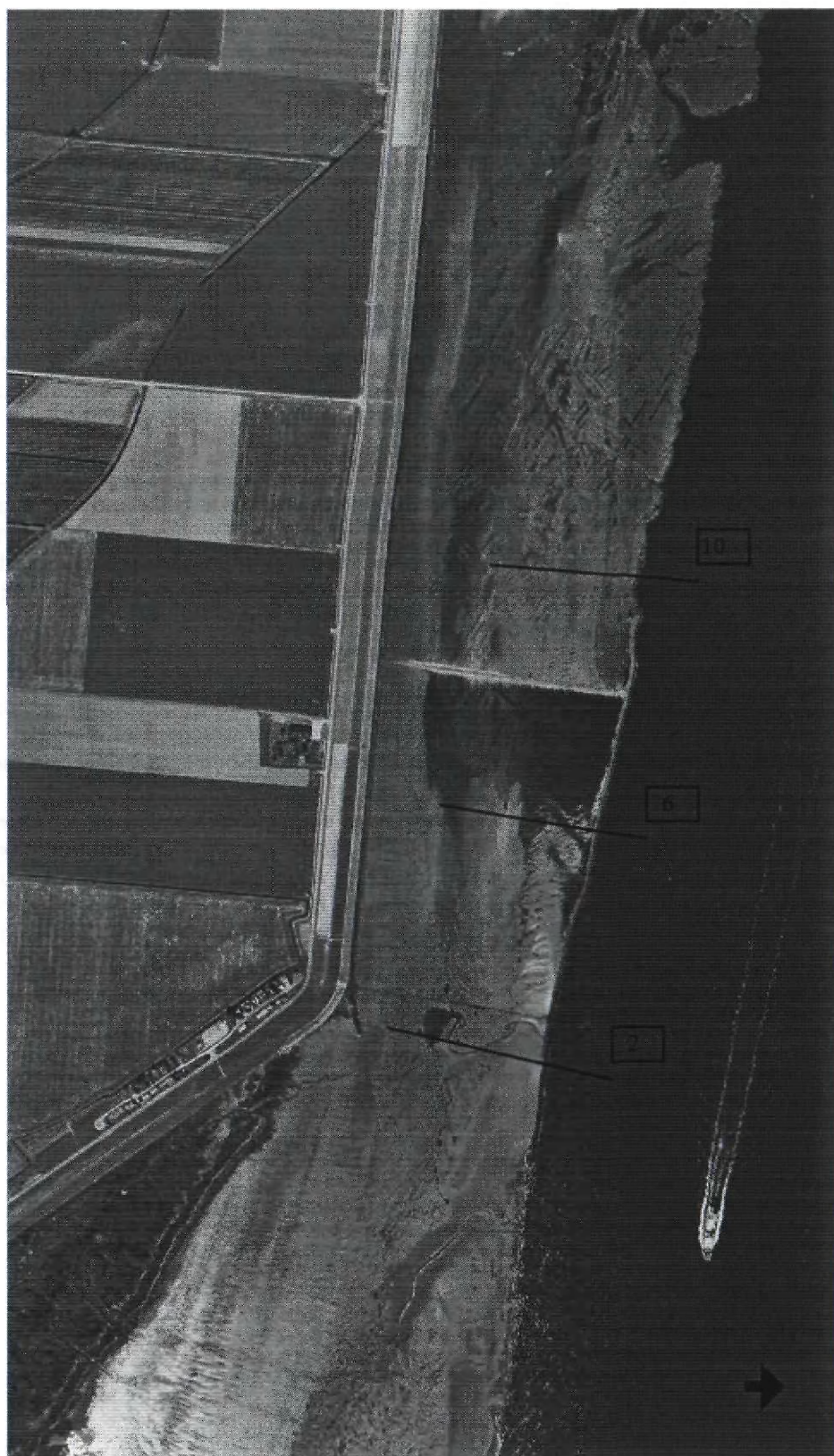
Veldwaarnemingen

Uit foto's genomen bij de oplevering en een jaar na de aanleg van de geulwandverdediging is de sedimentatie vlak achter de constructie goed zichtbaar (bijlage 6). Bij een veldbezoek werd het sedimentatieproces wederom geconstateerd; het slik heeft ongeveer dezelfde hoogte als de rand van de geulwandverdediging en de krib ligt diep in het slik. Het slik (slibrijk zand) lijkt een geschikte habitat voor bodemdieren, gezien het bruisend bodemleven.

Resumerend

Het slik achter de geulwandverdediging bij Walsoorden is circa 100 m breed. Het slik is over de gehele breedte verhoogd, als gevolg van de aangelegde constructie. Het is als het ware uitgevlakt tot de hoogte van de geulrand. De situatie bij Walsoorden is te vergelijken met situatie A in figuur 1, waarbij de sedimentatie zich uitstrekt tot aan de voet van de dijk.

Overigens is hier geen stortlocatie in de nabijheid, maar de expositie van het slik speelt waarschijnlijk in deze situatie een belangrijke rol. Het slik ligt naar het oosten gericht, waardoor de golfwerking bij een noordwester-storm, de windrichting waarbij in het estuarium de grootste golven ontwikkelen, zeer gering is. De geulwandverdediging op een locatie, waar de hydrodynamische omstandigheden rustig zijn, creëert dus goede mogelijkheden voor sedimentatie.



Figuur 6: Luchtfoto Baalhoek - schaal 1:10.000

3.2.5 Baalhoek

RWS lodingen

Voor de oplevering is ten westen van het Speelmansgat van Saeftinge over een lange strook bij de overgang tussen het slik en de vaargeul sterke erosie waar te nemen, terwijl er op het slik zelf sedimentatie plaatsvindt (zie bijlage 7).

De geulwandverdediging bij Baalhoek is in december 1994 gereed gekomen. Aangezien geen lodinggegevens van 1996 gereed zijn, kan nog niet met behulp van een verschilkaart gekeken worden naar de effecten van de verdediging op het achterliggend slik.

Lodingen Waterschap Hulster Ambacht

Hier zijn drie raaien bestudeerd, (raai 2, 6, 10; bijlage 7), bij allen komt de sterk inscharende beweging van de vaargeul duidelijk naar voren.

Raai 2, ter hoogte van het oostelijke punt van de geulwandverdediging en het kleine piertje op de hoek van de dijk, is na 1988 ca. 1 meter gesedimenteerd. Op deze kaart is niet duidelijk te zien wanneer dit heeft plaatsgevonden. Uit de lodingen van Rijkswaterstaat blijkt dat het eerste jaar na de oplevering van de verdediging weinig is gebeurd. Mogelijk duidt dit op een eerdere ophoging van het slik onafhankelijk van de geulwandverdediging.

Raai 6, in het middenstuk van de geulwandverdediging gelegen, is weinig onderhevig geweest aan erosie- en sedimentatieprocessen. Alleen de strook van ca. 100 m breed parallel aan de geulrand lijkt een dynamisch gebied te zijn. Dit blijkt ook uit de veldwaarnemingen verricht op 17 juli 1996 toen hier een megaribbelveld is aangetroffen.

Raai 10, gelegen iets ten westen van de geulwandverdediging vertoont een stabiele slikhoogte. Verder lijkt de geul ook daar minder in te scharen als gevolg van de oostelijk ervan gelegen geulwandverdediging.

Veldwaarnemingen

Op een strook van ca. 100 meter breed, gelegen langs de oostelijke zijde van de geulwandverdediging, zijn op 17 juli 1996 vloedgedomineerde megaribbels van ca. 40 cm hoog en 2 m lang aangetroffen. Dit duidt op zeer hoge stroomsnelheden op het slik tijdens vloed.

Oostelijk van de oostelijke krib is het vrij zandig aan de slikrand en steeds slibrijker richting de dijk.

Luchtfoto-interpretatie

Op de luchtfoto lijkt het volgende patroon in het veld voor te doen:

Het slikdeel aan de oostzijde van de meest westelijke krib lijkt een stuk lager te liggen dan het slikdeel ten westen van dezelfde krib.

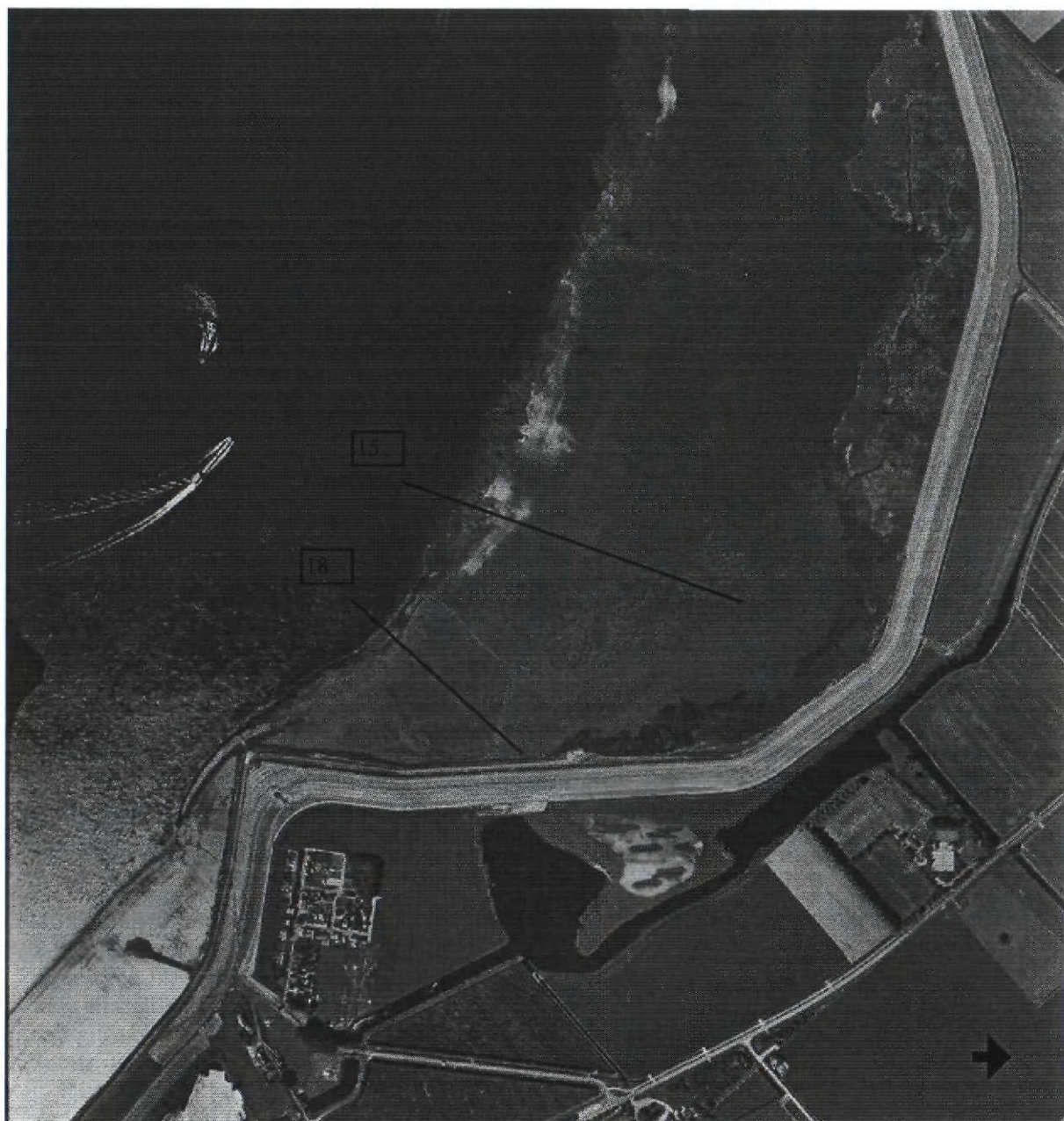
Resumerend

Het oostelijke deel van het slik van Baalhoek (hier is het slik circa 300 meter breed) lijkt al vanaf 1977 onderhevig te zijn aan sedimentatie. Het is niet duidelijk of dit proces gewijzigd is als gevolg van de aanleg van de geulwandverdediging in 1994. Aanmelijker lijkt het dat de sedimentatie langer aan de gang is als gevolg van de in de nabijheid gelegen stortlocatie voor het Konijnenschor en natuurlijke morfologische processen. Deze autonome ontwikkeling van ophoging blijkt ook uit het rapport van Huijs: "in de periode 1977/1989 is over een strook met een breedte van 200m, parallel aan de laagwaterlijn, 2m opgehoogd tot NAP-niveau".

Verder kunnen de stroomsnelheden achter de geulrand sterk zijn. Dit blijkt uit de megaribbels die daar zijn aangetroffen. Het is niet duidelijk of dit voor de aanleg van de verdediging ook het geval was.

De ligging van het slik en de geulwandverdediging bij Baalhoek wijkt sterk af van de andere, in deze studie, besproken locaties. Het slikdeel achter de geulwandverdediging wordt namelijk niet ingesloten door de constructie van de verdediging en de kribben. Het water stroomt bij eb en vloed langs de dijk, waarbij de geulwandverdedigingsconstructie geen belemmering vormt.

Een kleine invloed van de geulwandverdediging beperkt zich tot een smalle strook langs de constructie; namelijk het plaatselijk opvullen van de laagte langs de constructie (zie figuur 1, situatie A).



Figuur 7: Luchtfoto Bath - schaal 1:10.000

3.2.6 Bath

Lodingen RWS

Er zijn twee verschilkaarten van het slik bij Bath (bijlage 8), over de periode voor de aanleg (1985-1987) en die daarna (1988-1994). De informatie van de verschilkaarten beperkt zich tot een strook van ongeveer 100 à 200 meter boven de NAP-2m (laagwaterlijn).

Op de verschilkaart van voor de aanleg is sterke erosie waar te nemen, zowel een verlaging als ook versmalling van het slik. Dit laatste duidt op laterale erosie als gevolg van inscharing van de vaargeul.

Na de aanleg van de geulwandverdediging lijkt de erosie te verminderen. Direct achter de constructie lijkt zelfs een verhoging te zijn opgetreden.

Lodingen Waterschap Zeeuwse Eilanden

Er zijn twee raaien bestudeerd, één dwars op de aangelegde geulwandverdediging en één ca. 250m ten westen van de constructie (raai 18 & 15 zie bijlage 8). Ook hier zijn de raaien tot ongeveer 100 à 200 m boven de geulrand ingemeten.

De eerste raai (18) loopt over de geulwandverdediging. Bij bestudering van de lodingen is de inscharing van de vaargeul in periode 1985-1986 ook duidelijk zichtbaar. De loding van 1987 vond tijdens de aanleg van de geulwandverdediging plaats en is dus niet bruikbaar. Het eerst jaar na de oplevering van de verdediging is het slik achter de geulwandverdediging sterk verhoogd, waarna het in 1989 weer stabiliseerde.

Uit de ontwikkelingen in profiel 15 blijkt ook dat over een strook van ca. 200 meter langs de slikrand circa een halve meter is gesedimenteerd.

Over de rest van het slik bij Bath valt op basis van deze gegevens geen uitspraak te doen.

Veldwaarnemingen

Bij een veldbezoek op 19 juli 1996 is geconstateerd dat de steenconstructie al redelijk dichtgeslibd is en dat het achterliggende slik een stuk hoger dan de rand van de verdediging is. Achter de geulwandverdediging is het slik zeer slibrijk, wat werd beaamd door het geruis van het bodemleven.

Ten westen van de verdediging werd het slik een stuk beter betreedbaar, maar de bovenste 5 cm was nog wel slibrijk.

Resumerend

Achter de geulwandverdediging bij Bath is in het eerste jaar na oplevering van de constructie circa een halve meter gesedimenteerd, al is dit beperkt tot het deel achter en in de omgeving van de constructie (een strook van circa 200 meter). Over de rest van het slik valt op basis van deze gegevens niets te zeggen.

De waterbeweging ter plaatse is vrij sterk en heeft een erosieve werking op het slik. Deze situatie verschilt duidelijk ten opzichte van de situatie bij Hansweert en Walsoorden, omdat de helling van het slik zeer groot is; een convex profiel (zie figuur 1A). De sedimentatie achter de constructie bij Bath is mogelijk louter een opvulling van het hoogteverschil tussen het slik en de bovenkant van de geulwandverdediging.



Figuur 8: Luchtfoto Saefting-Oost - schaal 1:10.000

3.2.7 Saefting-Oost

RWS lodingen

Deze geulwandverdediging ligt ten oosten van Saefting, vlakbij de Belgische grens. In de verschilkaart tussen de lodingen van 1990 en 1994 (bijlage 9) is langs de gehele overgang vaargeul/slikrand een erosie van meer dan 2 meter waar te nemen. Uit de verschilkaart van het jaar hierna is weinig op te maken; de periode is zeer kort en de lodingen van 1996 zijn nog niet helemaal betrouwbaar (mondelijke mededeling L. Nijssse). Hier kan dus weinig gezegd worden over de gevolgen van de geulwandverdediging.

Waterschap lodingen zijn hier niet aanwezig, omdat dit slik geen waterkerende functie heeft en de waterkerende dijk op grotere afstand ligt.

Dhr. J. Neve (Terreinbeheerder van de Stichting Zeeuws Landschap)

Van de betreffende gebieden is alleen het Land van Saefting in het beheer van SZL. Het slik achter het noordelijkste deel van de geulwandverdediging is volgens Neven in het eerste jaar na aanleg zeer sterk gesedimenteerd. Het materiaal was zeer slibrijk, want "men zakte tot aan de middel in de 'pap' weg". Dit gebied, de monding van de Neckermann geul, staat nu ook bij Het Zeeuws Landschap op de zwarte lijst als gevaarlijk gebied. Volgens Neven is deze sterke sedimentatie nu niet meer actief, waardoor de hoogte van het betreffende gebied zal stabiliseren. Deze sterke aanslibbing heeft volgens Neven niet achter het zuidelijk deel van de geulwandverdediging plaatsgevonden.

Resumerend

Over de geulwandverdediging bij het Land van Saeftinge (oostzijde) kunnen alleen uitspraken worden gedaan aan de hand van visuele waarnemingen door Stichting het Zeeuws Landschap. Er zijn geen lodinggegevens.

Achter het noordelijke deel van de geulwandverdediging bij het **Land van Saeftinge** (oostzijde) heeft na de aanleg sedimentatie plaatsgevonden. Dit deel bevindt zich in de monding van de Neckermann-geul en het gesedimenteerde materiaal is zeer slibrijk. Waarschijnlijk vormt de geulwandverdediging een soort drempel waarachter slib in suspensie sedimenteert. Op dit deel van het slik achter de geulwandverdediging zijn de stroomsnelheden blijkbaar minimaal waardoor slib, aangevoerd door de Neckermann-geul of gewoon door de Beneden-Zeeschelde, kan bezinken. In het eerste geval is de reden, dat achter het zuidelijke deel van de constructie geen slib afgezet wordt, wellicht de afwezigheid van het sedimentaanbod. In het tweede geval zijn de stroomsnelheden op het zuidelijke deel van het betreffende slik te sterk om sediment te laten bezinken.

4. DISCUSSIE

4.1 Effecten geulwandverdediging op achterliggend slik

Alle beschouwde slikdelen zijn gelegen in een buitenbocht van de vaargeul (ebgeul) in de Westerschelde. Vóór de aanleg van de geulwandverdedigingen waren de betreffende slikken hierdoor onderhevig aan laterale erosie door de inscharing van de vaargeul. Dit proces is door de aanleg van de geulwandverdedigingen gestopt, waardoor het totale areaal aan slikken en schorren tussen geulwandverdediging en waterkering gefixeerd is.

De beschouwde slikken zijn over het algemeen vloedgedomineerd, vanwege de doorgaans hogere stroomsnelheden op het slik tijdens vloed. Het moment van maximale vloedstroming vindt plaats bij een hogere waterstand dan bij maximale ebstroming. In het oostelijk deel vinden de maximale stroomsnelheden plaats bij respectievelijk NAP +2,0 m en NAP -0,5 m (Jeuken, 1994). Echter de ligging van de ebgeul kan zijn invloed uitoefenen en dit effect van de vloedstroom reduceren. Het bovengenoemde aspect kan zelfs binnen één slik ruimtelijk variëren in intensiteit.

De hydrodynamiek en de geomorfologie op een slik zijn sturende factoren voor de optredende erosie- en/of sedimentatieprocessen. Een menselijke ingreep, zoals de aanleg van geulwandverdedigingen, beïnvloedt de hydrodynamiek en de geomorfologie en daardoor de sedimentatie- en erosieprocessen ter plaatse.

Uit deze studie blijkt dat over het algemeen direct landwaarts achter de geulwandverdediging sedimentatie plaatsvindt. Uit de waterschapslodingen en veldwaarnemingen is geconstateerd dat in bijna alle gevallen het hoogteverschil tussen de steenconstructie aan de rand van de geulwandverdediging en het achterliggende slik wordt aangevuld met sediment. Tot hoever de sedimentatie zich voordoet richting de dijkteen of schorrand, is afhankelijk van de vorm van het slik en de hoogte van de geulwandconstructie. In tabel 1 is een kort overzicht gegeven van de ligging van het slik en de morfologische verandering door de aanwezigheid van de geulwandverdedigingen.

Tabel 1: ligging slik en morfologische ontwikkeling op het slik na de aanleg van de geulwandverdedigingen.

Locatie	ligging slik	geulwandverdedigingen. (aanleg, lengte)	Breedte slik (m) ¹	trend (erosie- /sedimentatie)
Platen van Hulst	buitenbocht ebgeul	1993 / 1800 m	± 400	geen
Nol van Ossenisse	idem	1993 / 50 m	± 300	n.v.t. ²
Hansweert	idem	1993 / 800 m	± 100	sedimentatie
Walsoorden	idem	1992 / 700 m	± 100	sedimentatie
Baalhoek	idem	1994 / 800 m	± 300	geen
Bath	idem	1988 / 350 m	± 200	sedimentatie
Saeftinge-Oost	idem	1994 / 850 m	± 200	sedimentatie

¹ gemiddelde breedte slikdeel achter de geulwandverdediging, zie figuur 1).

² n.v.t. = niet van toepassing, aangezien de verdediging maar 50 m lang is en dus weinig achterliggend slik aanwezig is.

Naast het profiel en de hoogte van de geulwandverdediging ten opzichte van het niveau van het slik, spelen er vele andere factoren een rol bij sedimentatieprocessen. De mate en omvang van de sedimentatieprocessen zijn sterk gebonden aan lokale omstandigheden zoals stroomsnelheid, sedimentaanbod en expositie van het slik. De sedimentsamenstelling van het water wordt bepaald door onder andere: plaats in estuarium, stroomsnelheden, aanwezigheid van

stort- en/of baggerlocaties, geomorfologie, etc. Het blijft dus voor deze studie moeilijk om op basis van aanwezige lodinggegevens en enkele veldwaarnemingen uitsluitend te geven welke factoren domineren bij de sedimentatie- en erosieprocessen. Eenduidige verklaringen voor verschillen tussen locaties zijn hierdoor moeilijk te geven.

Wat betreft sedimentsamenstelling kan worden gezegd dat bij **Saeftinge-Oost** en **Bath** meer slib in het water aanwezig is dan verder zeewaarts. Deze situatie zal zich in de toekomst nog versterken, aangezien het storten van zand wordt verplaatst naar het westen. Op meer westelijk gelegen locaties is er meer zand in suspensie, dat wederom versterkt wordt door verplaatsing van de stortlocaties naar het westelijk deel.

Bij het vergelijken van de lodingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat en die uitgevoerd door de verschillende waterschappen komt naar voren dat in de meeste gevallen de rijkswaterstaatsloding maar tot over een korte afstand achter de geulwandverdediging is ingemeten. Het inmeten van de rijkswaterstaatslodingen is afhankelijk van de diepgang van het schip en de waterstand. De waterschapslodingen daarentegen komen over het algemeen hoger op het slik en geven een beter overzichtsbeeld over een breder spectrum. De gegevens verkregen via de verschillende methoden vullen elkaar daarom goed aan.

4.2 Zandsuppleties op slikken in combinatie met geulwandverdediging

De nuvolgende paragraaf is onder andere gebaseerd op interviews met deskundigen op het gebied van de morfologie van de Westerschelde, te weten Kees Storm (RIKZ) en Onno van Kleef (Dir. Zeeland).

Langs de Nederlandse kust worden zandsuppleties toegepast om de duinen te beschermen tegen erosie en zo de achteruitgang van de kust te voorkomen. Hierbij wordt zand uit de zee opgespoten op het strand om het geërodeerde zand aan te vullen. Op Ameland is in 1994 als aanvullende verdedigingsmaatregel, over een strook van 800 m breedte, een zandsuppletie toegepast in combinatie met een oeververdediging. De oeververdediging zorgt ervoor dat de geul niet verder inschaart en dat het aangebrachte zand beschermt wordt tegen de schurende werking van het water (Prakken, 1993).

Hetzelfde principe van zandsuppletie zou in combinatie met een geulwandverdediging een oplossing kunnen zijn erosie van schorranden in de Westerschelde tegen te gaan. Door het ophogen van het slik met zand direct achter de geulwandverdediging wordt de kracht en de energie van de golven gedissipeerd.

Er worden echter nogal wat vraagtekens gezet bij het eventueel toepassen van een dergelijke methode. De grote vraag is hoe lang het opgespoten zand blijft liggen en met welke frequentie een zandsuppletie moet worden herhaald. Hieraan moet worden getoetst in hoeverre zo'n maatregel een structurele oplossing biedt. Naast de levensduur van een dergelijke constructie is het verder van belang hoe het plaatselijk aanwezige bodemleven en schorvegetatie reageert op een zandsuppletie.

De verwachting van Storm is dat wanneer een zandsuppletie op het slik uitgevoerd wordt het zand zich zal verspreiden, waarbij een gedeelte in de vaargeul en een gedeelte op het schor en in de krekens terecht komt. Een snelle verzanding van het schor en de krekens kan het gevolg zijn. Ook Van Kleef verwacht door de zandsuppletie een ophoging van het achterliggende schor en slik.

Voor het eventueel uitvoeren van een zandsuppletie is in 1994 voorgesteld om dit als experiment toe te passen bij de locatie Bath. Volgens Van Kleef is toepassen van een zandsuppletie bij Bath, wat betreft de oude constructie (met kapje) een geschikte optie. Het te suppleren zand kan samen met het slibrijke sediment een goed substraat voor bodemfauna vormen. Volgens Storm zal de bodemfauna op het slik zich, door onder andere het slibrijke water, pas na enige jaren waarschijnlijk weer herstellen. Hier komt nog bij dat het gesuppleerde sediment vrijwel altijd een andere samenstelling heeft dan het oorspronkelijke sliksediment. Of de tijd

die de bodemfauna nodig heeft voor herstel langer is dan de tijd tussen twee suppleties hangt af van onder andere de stroomsnelheid ter plaatse en expositie van het slik. Hij verwacht dat een zandsuppletie minimaal één keer in de drie jaar toegepast moet worden. Bij de hierboven beschreven zandsuppletie op Ameland wordt er vanuit gegaan dat de zandsuppletie na 5 à 10 jaar, vanwege de erosieve processen, herhaald zal moeten worden (Prakken, 1993). Uit veldwaarnemingen blijkt dat na aanleg van de constructie er nog geen duidelijke erosie van het gesuppleerde zand heeft plaatsgevonden. Er zijn nog geen meetresultaten gepubliceerd (Mondelinge mededeling Prakken, 1996). Hier moet wel bij vermeld worden dat de situatie qua erosieve processen op Ameland en in de Westerschelde verschillend kunnen zijn.

Bij het beschouwen van effecten op de bodemdiergemeenschap moet worden uitgegaan van de oorspronkelijke soortensamenstelling, de gemiddelde (re)kolonisatie snelheid en de hydrodynamiek ter plaatse. Bij een slibrijke, laagdynamische uitgangssituatie zal het suppleren van zand zeker tot veranderingen in de oorspronkelijke bodemdiergemeenschap leiden. Bij zandige, hoogdynamische omstandigheden zal er veel minder verstoring optreden, ook niet bij herhaald suppleren (mondelinge mededeling de Jong, 1996).

De factoren die op het slik en schor een rol spelen bij het slagen van een zandsuppletie (experiment) zijn zeer locatie afhankelijk. Slikken kunnen worden opgedeeld in verschillende groepen wat betreft ligging, stroomsnelheden en overige omstandigheden die gerelateerd zijn aan de herhalingsfrequentie van een zandsuppletie (Storm). Locaties als de Kappelle-Bank, Biezelingse-Ham en Walsoorden hebben een gunstige, beschutte ligging. Zeer hoge stroomsnelheden kunnen optreden bij Waarde, Zuidgors en Baalhoek (megaribbels). De locatie Bath neemt hier een middenpositie in (Simons & Notebaart, 1996).

Bij de constructie van de tot nu toe aangelegde geulwandverdedigingen die een "kapje" bovenop de geulwandconstructie hebben, kan er tussen de dwarskribben en de bovenkant van de verdediging een slibbak ontstaan. Door het opvullen van deze ruimtes met zand kan dit voorkomen worden. Uit de resultaten valt echter niet duidelijk te achterhalen wat de invloed van het "kapje" is. Bij de locaties Hansweert en Saeftinge-Oost is wel duidelijk sprake van een slibbezinkbak, terwijl dit bij de locatie Platen van Hulst, niet duidelijk het geval is. Locale omstandigheden maakt het moeilijk om een algemene voorspelling te doen omtrent het optreden van erosie of sedimentatie voor de hele Westerschelde.

De geulwandverdediging die momenteel aanwezig is bij Bath is volgens Storm te kort om enig inzicht in de heersende processen te krijgen (350 meter). In principe vindt Storm een zandsuppletie op het slik eventueel gecombineerd met de geulwandverdediging een goede schorrand-verdedigingsmaatregel. Of Bath wel een geschikte locatie is, gezien het feit dat het gelegen is tegenover Saeftinge, het grootste West-Europese brakwaterschor, is voor hem de vraag. Ook Van Kleef heeft zijn bedenkingen bij de locatie Bath, omdat hij het beter vindt om het areaal schor en slik constructief uit te breiden of op zinnigere locaties te verdedigen, dan kunstmatige ingrepen uitvoeren zoals mogelijk deze, waar naar verwachting uiteindelijk niets mee gewonnen wordt. Uit deze studie blijkt dat bij Bath het slik achter de geulwandverdediging na de aanleg is opgehoogd, waardoor de noodzaak voor een zandsuppletie is afgenomen.

De nieuw aan te leggen geulwandverdedigingen in de Westerschelde bevinden zich onder de laagwaterlijn en hier is zandsuppletie achter de geulwandverdediging volgens Van Kleef zeker niet zinvol, omdat het zand direct zal worden weggespoeld richting de vaargeul of op het schor. Een zandsuppletie met het doel om de schorrand te verdedigen zal altijd boven NAP uitgevoerd moeten worden (Storm).

Samengevat kan worden gesteld dat het toepassen van een zandsuppletie alleen zinvol is als de omstandigheden daar geschikt voor zijn. Als de potenties er zijn kan het een goede schorrand-verdedigingsmaatregel zijn, alleen is het van belang een goede afweging te maken of het uit natuurlijk oogpunt wel gewenst is. Het toepassen van een zandsuppletie op het slik bij Bath lijkt hier niet aan te raden.

5. CONCLUSIES

Uit deze studie blijkt dat over het algemeen direct achter (in landwaartse richting) de geulwandverdediging sedimentatie optreedt. Uit de lodingen en veldwaarnemingen is geconstateerd dat in bijna alle gevallen het hoogteverschil tussen de steenconstructie aan de rand van de geulwandverdediging en het achterliggende slik wordt opgevuld met sediment. Deze sedimentatie is het duidelijkst zichtbaar bij **Walsoorden**, **Hansweert** en **Bath**, waarbij het slikdeel vanaf de geulwandverdediging tot aan de dijk is verhoogd (ca. 20 à 50 cm per jaar). Tot hoever de sedimentatie zich voordoet richting de dijkteen of schorrand, is waarschijnlijk voor een groot deel afhankelijk van het verhang van het slik en dus de hoogte ten opzichte van de bovenkant van de geulwandverdediging.

Op de **Platen van Hulst** is morfologische zeer weinig gebeurd na de aanleg van de geulwandverdediging. Ondanks dat het slik achter de geulwandverdediging geschikt lijkt als bezinkbak, blijkt er geen of weinig sediment afgezet te worden. Dit kan het gevolg zijn van de afwezigheid van sediment in de waterfase aldaar, doordat het sediment al eerder is afgezet of de erosieve werking van de bij noordwesten wind gevormde golven.

Bij de geulwandverdediging voor **Saeftinge-Oost** is waarschijnlijk alleen in de monding van de Neckermann-geul slib gesedimenteerd.

Het slik achter het oostelijk deel van de aangelegde geulwandverdediging bij **Baalhoek** is in de jaren hoger geworden, waarschijnlijk onafhankelijk van de aanleg van de geulwandverdediging. Maar ook hier is er een sedimentatiepatroon, waarbij voornamelijk direct achter de constructie sediment is afgezet als gevolg van het hoogteverschil tussen het slikniveau en de betreffende geulwandverdediging.

Het blijft voor deze studie moeilijk om uitsluitend op basis van aanwezige lodinggegevens en enkele veldwaarnemingen uitsluitend te geven welke factoren een dominante rol spelen bij de sedimentatie- en erosieprocessen. Eenduidige verklaringen voor verschillen tussen locaties zijn hierdoor moeilijk te geven.

Wat betreft de zandsuppletie in combinatie met een geulwandverdediging blijkt uit de interviews dat er wordt verwacht dat het gesuppleerde zand zich zal verspreiden, waarbij een gedeelte in de vaargeul en een gedeelte op het schor en in de krekens terecht komt. Een snelle verzanding van het schor en de krekens kan het gevolg zijn. Door het wegspoelen van het zand wordt ingeschat dat een redelijk hoge frequentie van herhalen van een dergelijke zandsuppletie noodzakelijk zal zijn. Tevens worden vraagtekens gezet bij het natuurrendement, omdat de bodemfauna van het slik zich telkens na een zandsuppletie aan moet passen aan een nieuwe situatie. De effecten daarvan zijn afhankelijk van de plaatselijke hydro- en morfodynamiek en de daaraan aangepaste bodemdiergemeenschap.

Het toepassen van een zandsuppletie op een slik is alleen zinvol als de omstandigheden daar geschikt voor zijn. De factoren die op het slik en schor een rol spelen bij het slagen van een zandsuppletie (experiment) zijn zeer locatie afhankelijk. Als de potenties er zijn kan het een goede schorrand-verdedigingsmaatregel zijn, alleen is het van belang een goede afweging te maken of het vanuit oogpunt van beleid gewenst is.

LITERATUURLIJST

- Beleidsplan Westerschelde, 1991.** Bestuurlijk klankbordforum Westerschelde.
- Huljs, S.W.E., 1996.** De ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde in relatie tot menselijke ingrepen - 1955-1994. Rijkswaterstaat, RIKZ Middelburg.
- Jeuken, M.C.J.L., 1992.** Een analyse van stroom- en sedimenttransportmetingen in het oostelijk deel van de Westerschelde. Nota NWL-92.17. RWS/Directie Zeeland; Nota NWL-92.17.
- Jong de, S.A., N.L. Houtekamer, W. Houmes & H.G. van de Bosch, 1995.** Geulwandverdedigingen in de Westerschelde: effecten op schorren en slikken. Discussiedocument project Lamsoor. RWS/Directie Zeeland; Nota AX-95.054.
- Jong de, S.A. & A. van Kleef, 1996.** Ontwikkelingen in de Westerschelde. Prognose voor de komende 25 jaar. RWS/Directie Zeeland; Nota AX-96.009.
- Meire P., 1995.** Integraal waterbeheer in het Schelde-estuarium. Een uitdaging.
- Moorsel van, G.W.N.M., 1996.** De aangroei van geulwandverdedigingen in de Westerschelde; een oriënterende studie. In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland. Bureau Waardenburg; Rapportnr. 96.09.
- Niessing H., L.L.P.A. Santbergen & S.A. de Jong, 1996.** Marsh Amelioration along the river Scheldt (MARS). Dutch projectplan, phase I (1995-1996).
- Prakken, A., 1993.** Beleidsanalyse kustverdediging Ameland-zuidwest. RWS, Directie Friesland; Rapport ANW 93.20.
- Ruitenbeek, M., 1995.** Bodemhoogte ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde; naar aanleiding van sedimentatie/erosie-plot metingen in de periode 1989 tot 1994. Stagerapport Fysische Geografie, Universiteit Utrecht. RIKZ Middelburg.
- Storm C. et al., 1995.** Discussiestuk geulwandverdediging, Coördinatie-overleg Westerschelde. RIKZ/95.829X.
- Storm C. 1996.** Schorverdediging: achtergrondinformatie bij de cursus milieuvriendelijke oevers Zeeland. In Simons J. & Y. Notebaart, 1996. Cursus natuurvriendelijke oevers langs de getijdewateren in Zeeland. Rijkswaterstaat, Dienst Weg en Waterbouw, Rapport-W-DWW-96.029.
- Tank, F., 1994.** Inventarisatie van een aantal schorren in de Westerschelde in de loop van de twintigste eeuw en de relatie tussen de ontwikkeling van schorrand en slik. Stagerapport Vakgroep Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, RIKZ Middelburg.

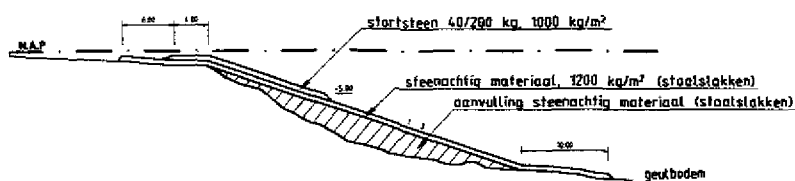
BILLAGEN

- 1, overzicht uitgevoerde oeververdedigingen
- 2, overzicht oeververdedigingen
- 3, overzicht aanleghoogtes oeververdedigingen
- 4, gebruikte gegevens over Platen van Hulst en Nol van Ossensisse
- 5, gebruikte gegevens over slik bij Hansweert
- 6, gebruikte gegevens over slik bij Walsoorden
- 7, gebruikte gegevens over slik bij Baalhoek
- 8, gebruikte gegevens over slik bij Bath
- 9, Gebruikte gegevens over slik Saeftinge-Oost

Bijlage 1: Overzicht uitgevoerde oeververdedigingen

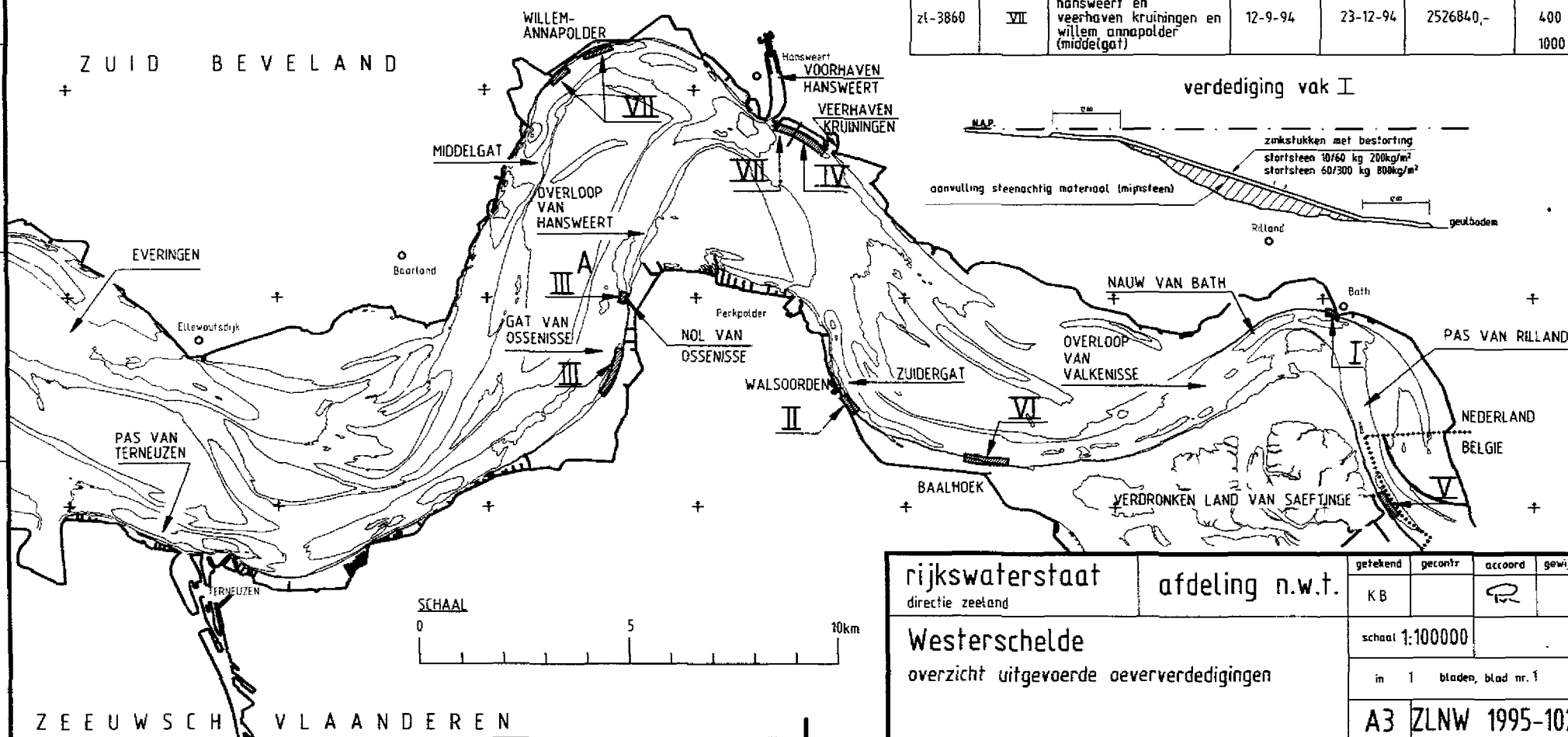
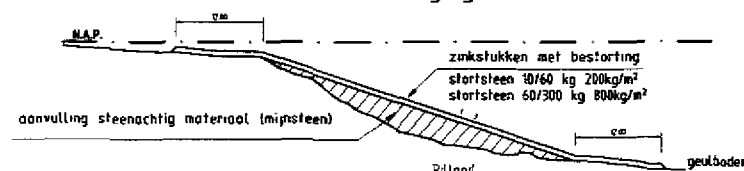
SITUATIE VAN OEVERVERDEDIGINGEN

verdediging t.b.v. de vakken II t/m VII



besteknr	vak nr	omschrijving	aanvang	oplevering	eindsom (excl. b.t.w.)	lengte in m
zl-2574	I	nauw van bath	10-6-87	1-4-88	2926633,-	350
zl-3385	II	walsoorden (zuidergat)	13-5-92	9-10-92	2777060,-	700
zl-3410	III A	gat van ossenisse	16-11-92	15-7-93	5565800,-	1800
		nol van ossenisse	15-4-93	15-7-93	567810,-	50
zl-3641	IV	voorhaven hansweert en veerhaven kruiningen	15-6-93	22-10-93	2000000,-	800
zl-3723	V	ten noordoosten van het verdronken land van saeffinge (pas v.rilland)	30-5-94	12-10-94	4041245,-	850
zl-3830	VI	nabij baathoek (overloop v valkenisse)	13-6-94	16-12-94	4570440,-	800
zl-3860	VII	tussen voorhaven hansweert en veerhaven kruiningen en willem annapolder (middelgat)	12-9-94	23-12-94	2526840,-	400
						1000

verdediging vak I



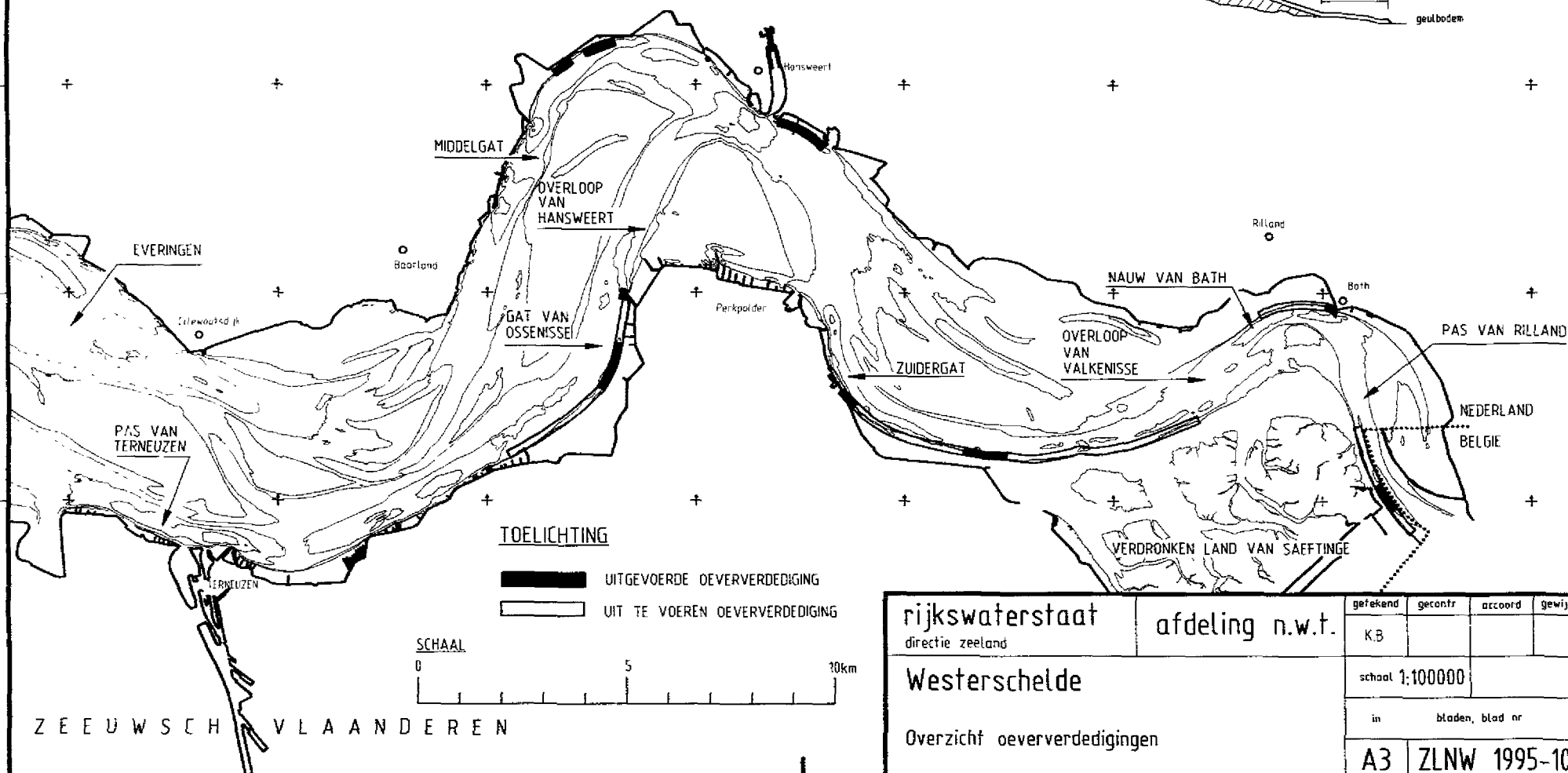
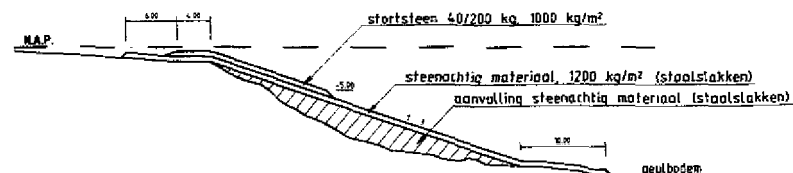
rijkswaterstaat directie zeeland	afdeling n.w.t.	getekend K B	gecont. R	accord R	gewijzigd
Westerschelde overzicht uitgevoerde oeververdedigingen		schaal 1:100000		in 1 bladen, blad nr. 1	
		A3		ZLNW 1995-1025	

Bijlage 2: Overzicht oeververdedigingen

SITUATIE VAN OEVERVERDEDIGINGEN

ZUID BEVELAND

dwarsdoorsnede verdediging



rijkswaterstaat
directie zeeland

afdeling n.w.t.

Westerschelde

Overzicht oeververdedigingen

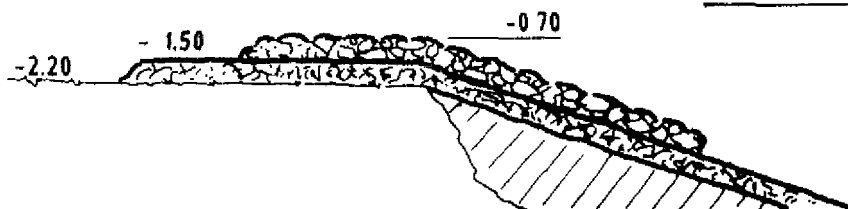
getekend	gecontr.	accord	gewijzigd
K.B.			
schaal 1:100000			
in bladen, blad nr			
A3	ZLNW 1995-1038		

nw951038.dwg

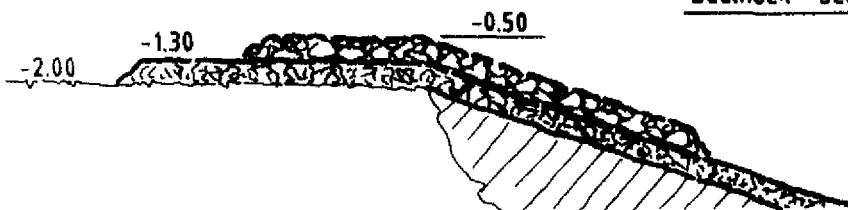
Bijlage 3: Overzicht aanleghoogtes oeeververdedigingen

overzicht aanleghoogtes oeververdedigingen

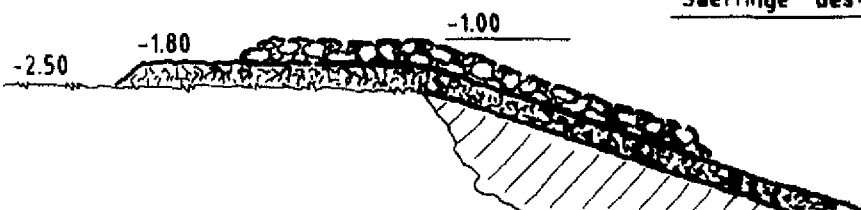
Walsoorden bestek ZL - 3385 mei t/m okt '92



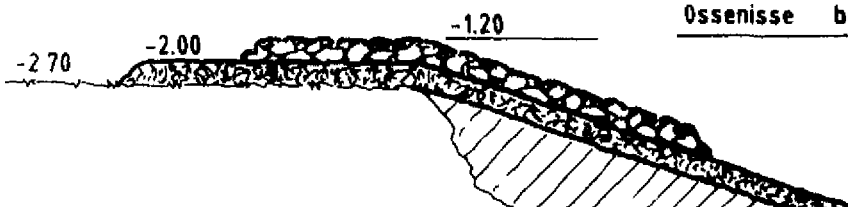
Baalhoek bestek ZL - 3830 juni t/m dec '94



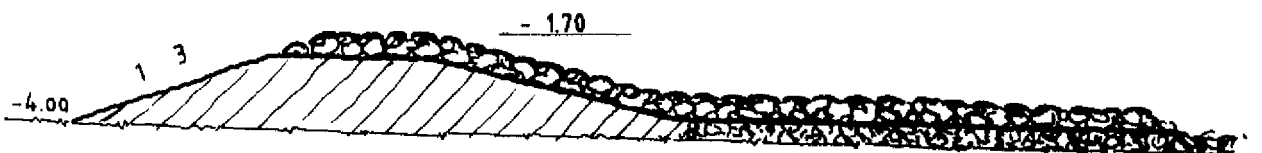
Saeftinge bestek ZL - 3723 mei t / m okt '94



Ossenisse bestek ZL - 3410 nov '92 t/m juli '93

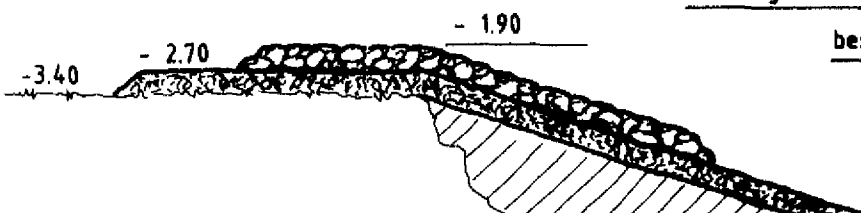


Ossenisse bestek ZL - 3410

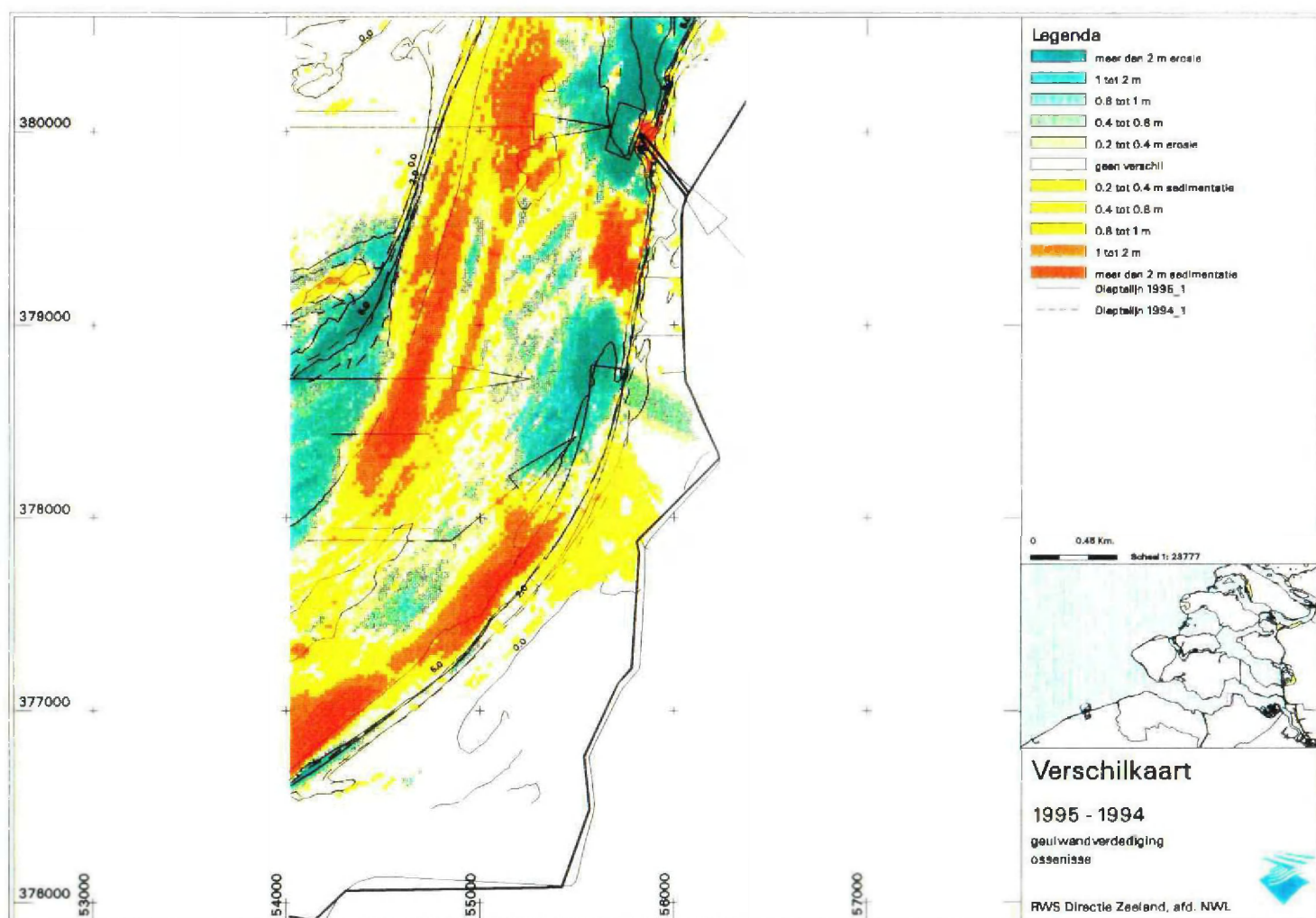
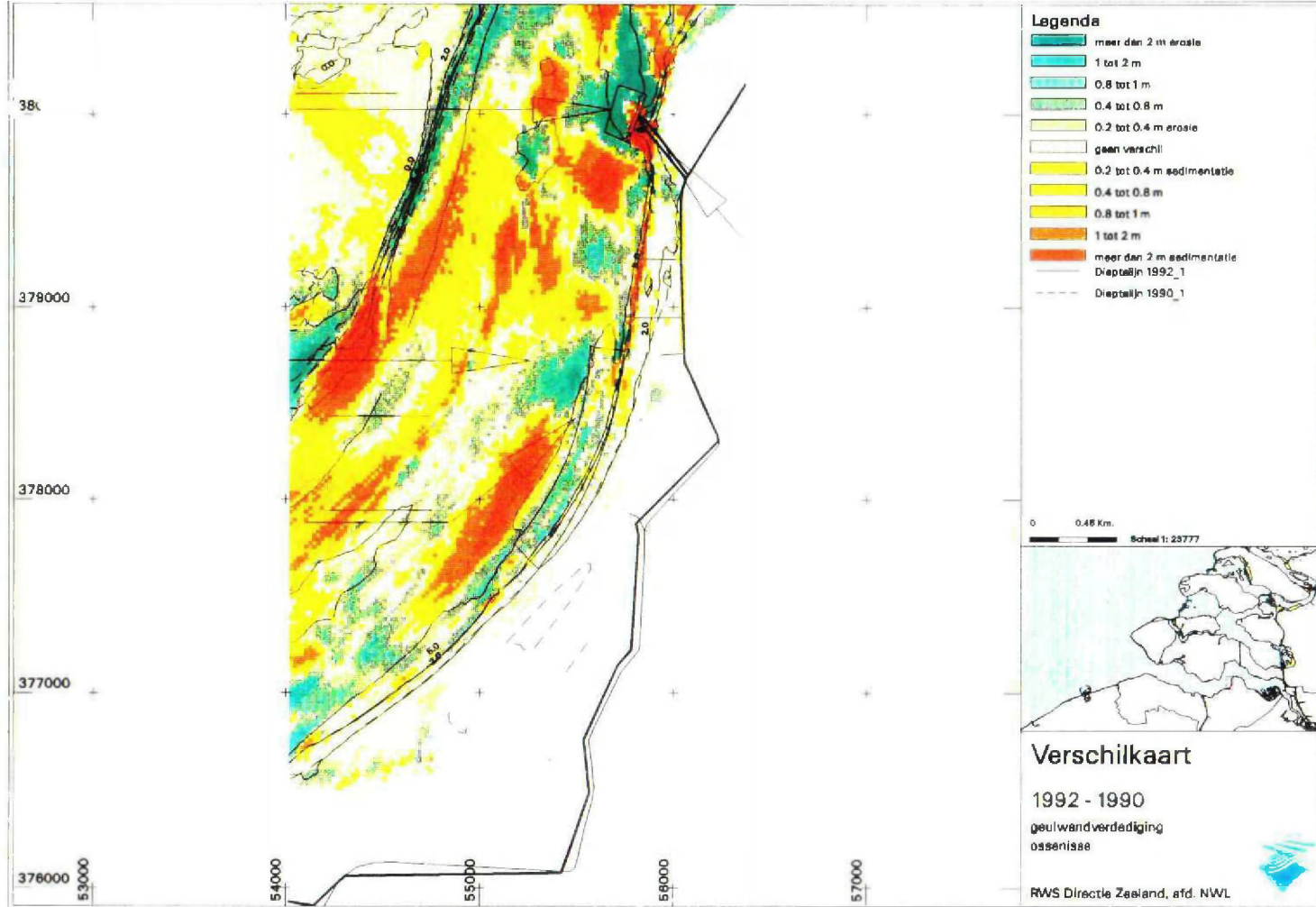


Kruiningen bestek ZL - 3641 juni '93 t/m okt '93

bestek ZL - 3860 sept '94 t/m dec '94



Bijlage 4: Gebruikte gegevens over Platen van Hulst en Nol van Ossenisse

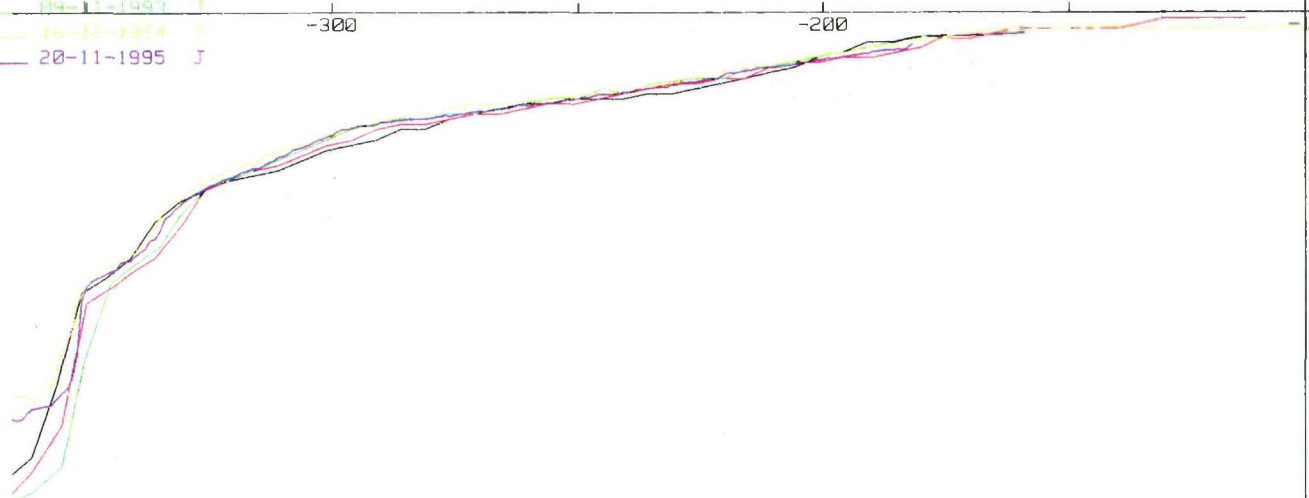


Waterschap Hulsterambacht
Ser-Arendspolder
raai: 139 code: 7121

ZEEKOE
11 JUL 1996 10:13

Horizontale schaal = 1 : 1000
Verticale schaal = 1 : 100

27-09-1989 J
22-10-1992 J
09-11-1993 J
16-12-1994 J
20-11-1995 J

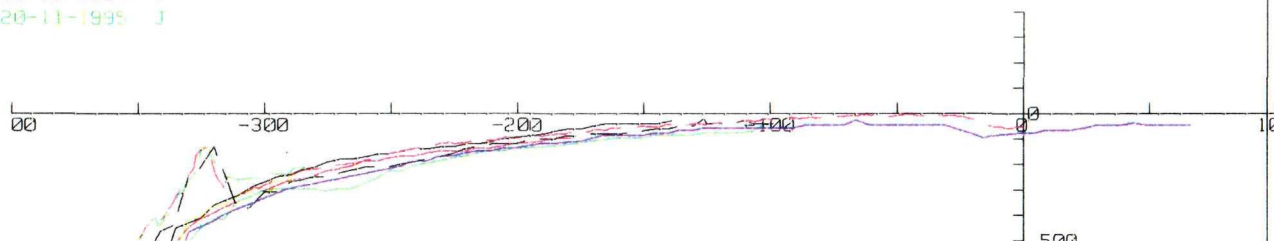


Waterschap Hulsterambacht
Ser-Arendspolder
raai: 133 code: 7118

ZEEKOE
22 MEI 1996 08:06

Horizontale schaal = 1 : 2000
Verticale schaal = 1 : 200

21-12-1988 JE 1
27-09-1989 J
15-10-1990 J
01-11-1991 J
22-10-1992 J
09-11-1993 J
16-12-1994 J
20-11-1995 J

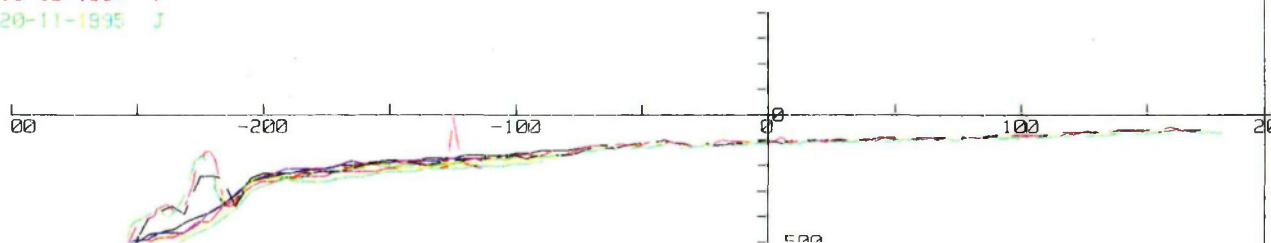


Waterschap Hulsterambacht
Hooglandpolder
raai: 129 code: 7116

ZEEKOE
22 MEI 1996 08:10

Horizontale schaal = 1 : 2000
Verticale schaal = 1 : 200

20-12-1988 J
27-09-1989 J
15-10-1990 J
24-10-1991 JE 1
21-10-1992 JE 1
09-11-1993 J
16-12-1994 J
20-11-1995 J

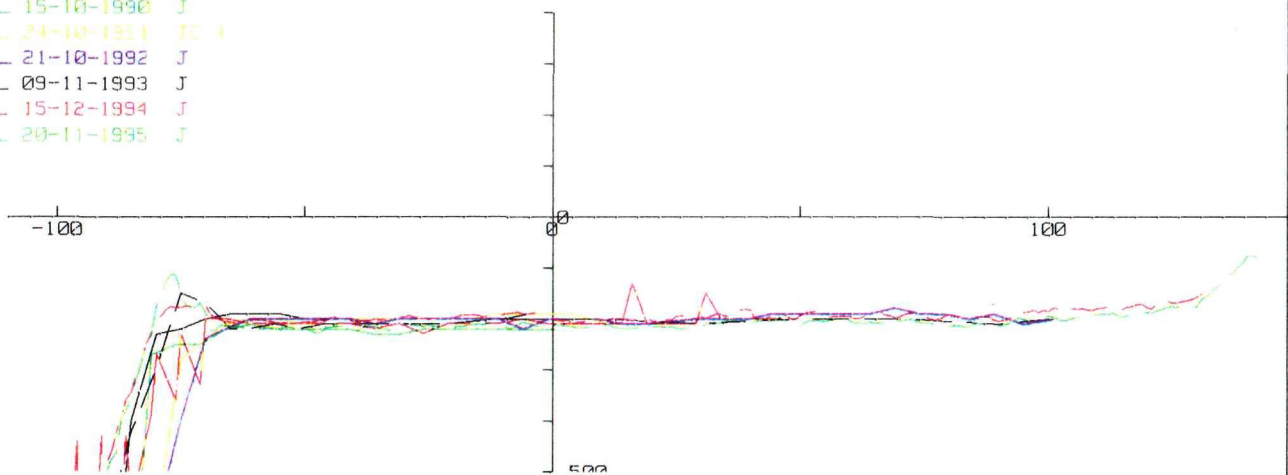


Waterschap Hulsterambacht
Nijspolder
raai: 123 code: 7113

ZEEKOE
22 MEI 1996 08:08

Horizontale schaal = 1 : 1000
Verticale schaal = 1 : 100

20-12-1988 JE 1
27-09-1989 J
15-10-1990 J
24-10-1991 JE 1
21-10-1992 J
09-11-1993 J
15-12-1994 J
20-11-1995 J

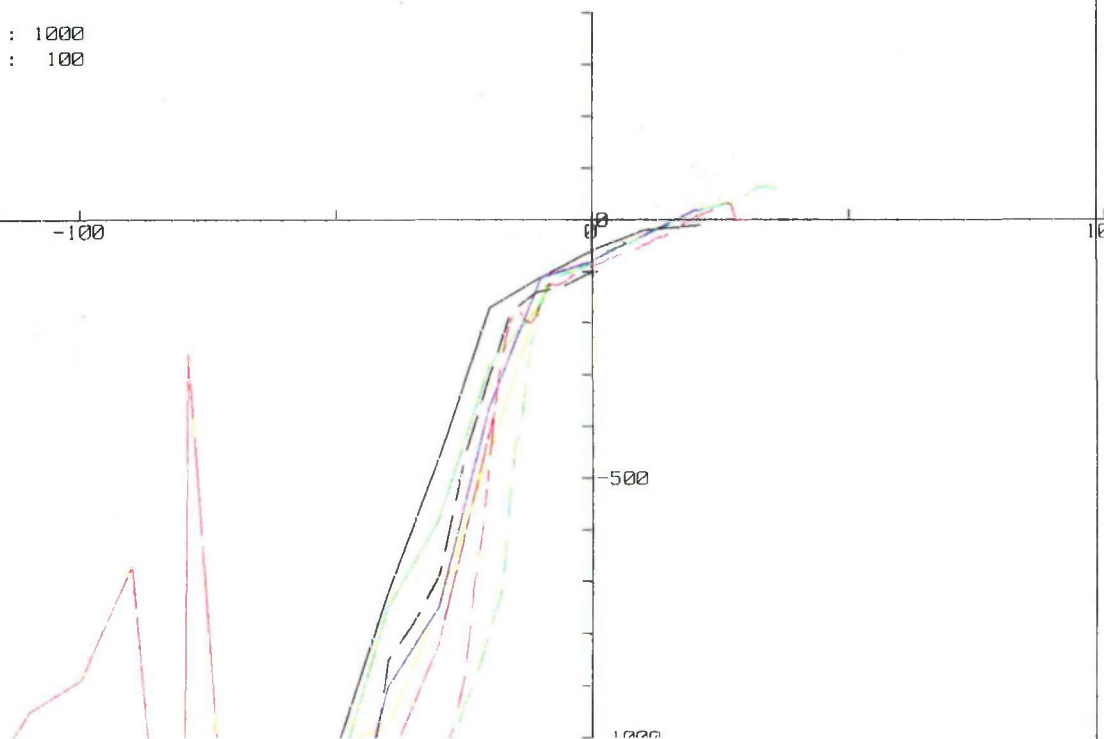


Waterschap Hulsterambacht
Nijspolder
raai: 113 code: 7101

ZEEKOE
22 MEI 1996 08:22

Horizontale schaal = 1 : 1000
Verticale schaal = 1 : 100

20-12-1988 J
29-09-1985 J
16-10-1990 J
01-11-1991 J
21-10-1992 J
29-10-1993 J
15-12-1994 J
09-11-1995 J

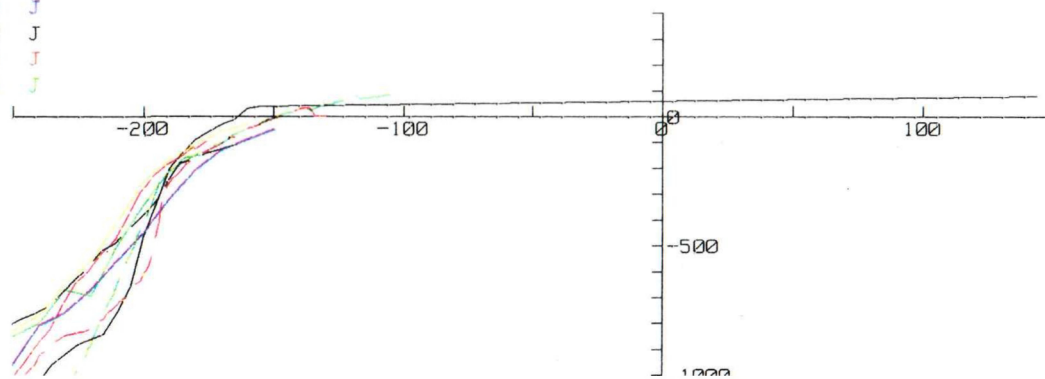


Waterschap Hulsterambacht
Nijspolder
raai: 110 code: 7099

ZEEKOE
22 MEI 1996 08:21

Horizontale schaal = 1 : 2000
Verticale schaal = 1 : 200

21-12-1988 J
29-09-1985 J
16-10-1990 J
01-11-1991 J
21-10-1992 J
29-10-1993 J
15-12-1994 J
09-11-1995 J

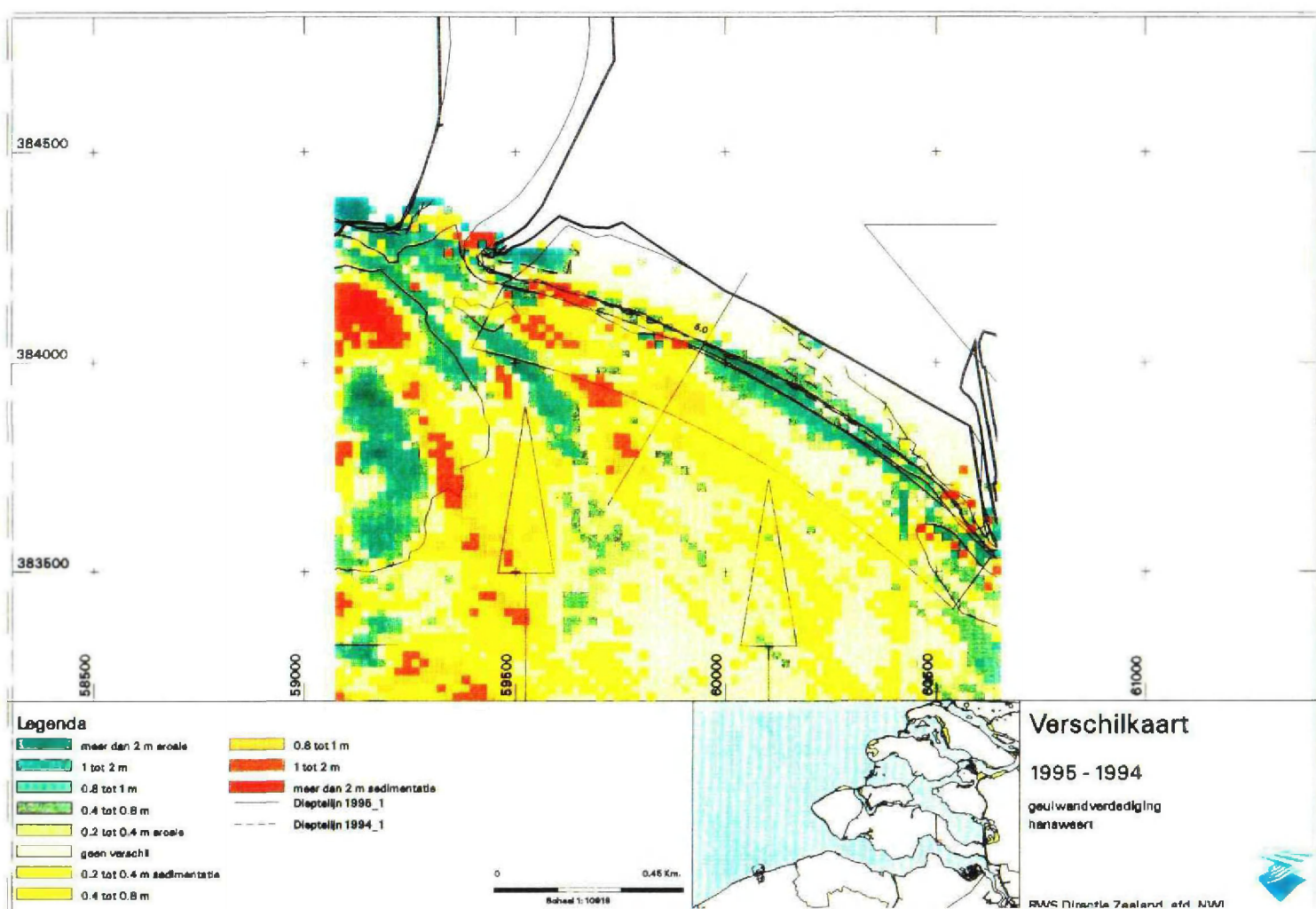
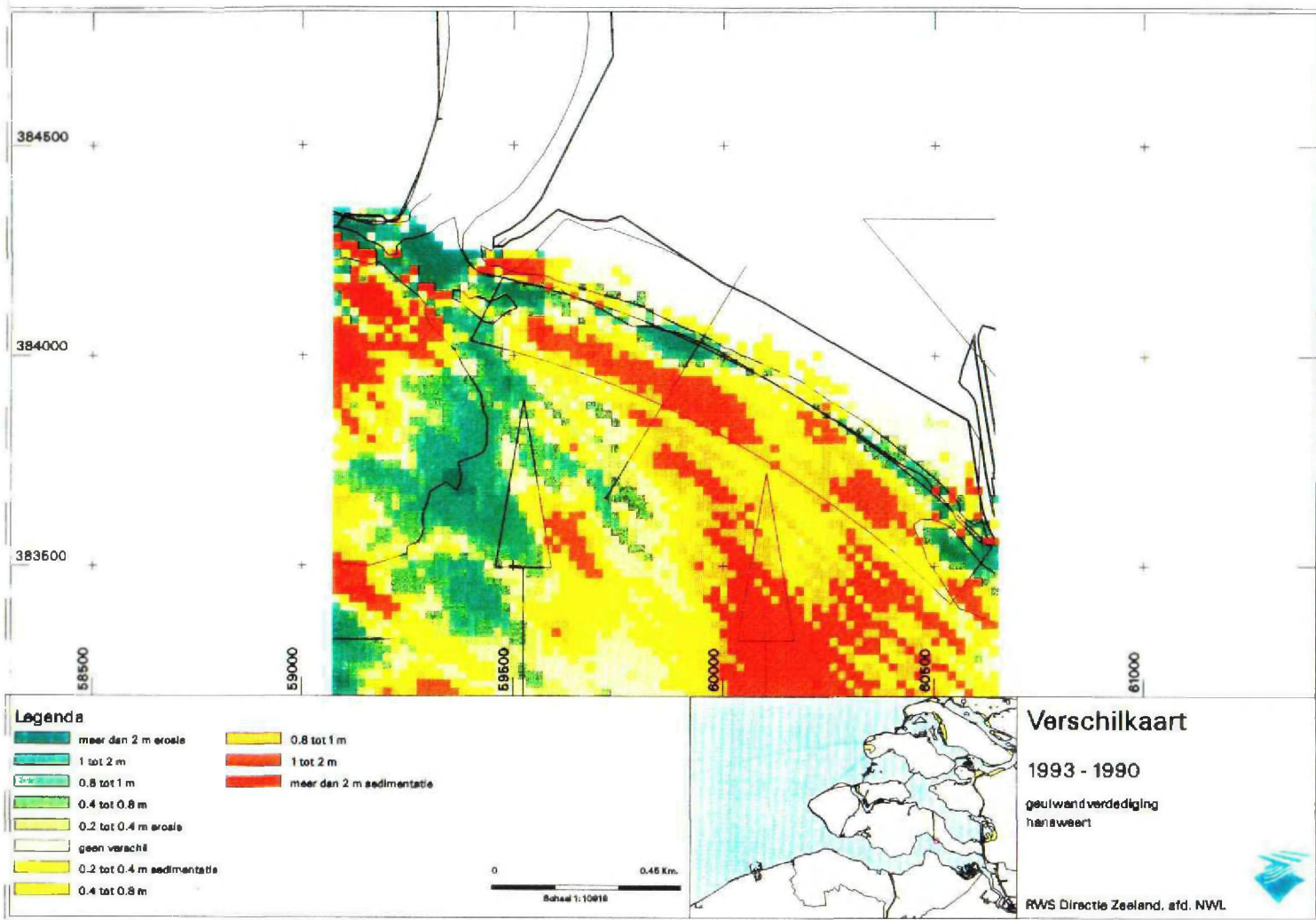




Nol van Ossenis - Oktober 1993



Bijlage 5: Gebruikte gegevens over slik bij Hansweert



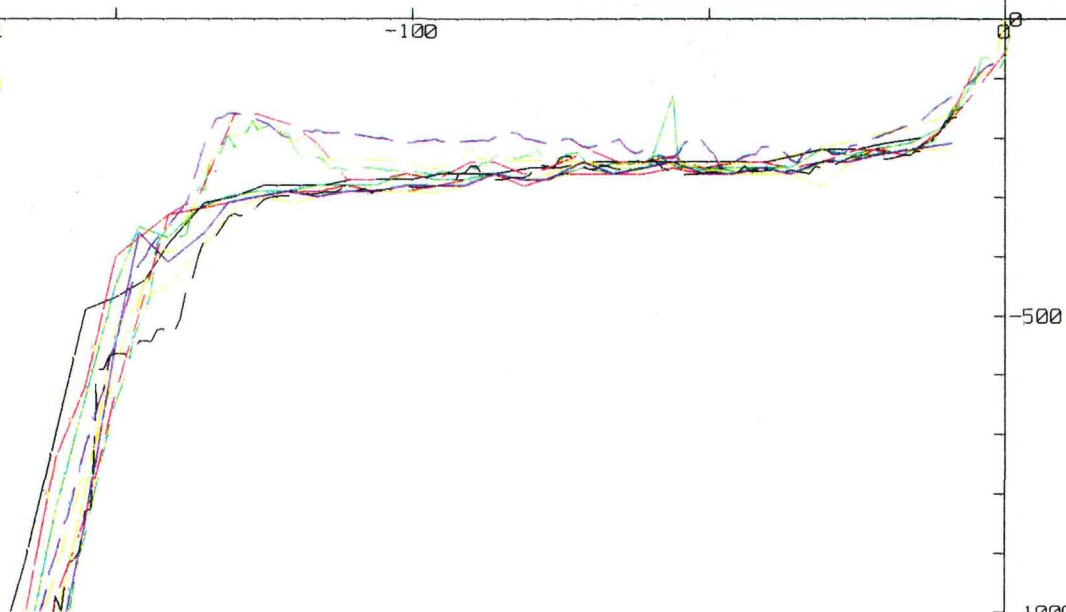
Zuid-Beveland (Westerschelde)
Kruiningenpolder
raai: 17 code: 2755

ZEEKOE
22 MEI 1996 16:35

Horizontale schaal = 1 : 900

Verticale schaal = 1 : 90

— 20-10-1988 J
 — 26-07-1989 J
 — 22-07-1990 J
 — 05-09-1991 J
 — 02-07-1992 J
 — 24-01-1992 S 1
 — 13-10-1993 J
 — 29-07-1994 S 1
 — 02-12-1994 J
 — 06-10-1995 J



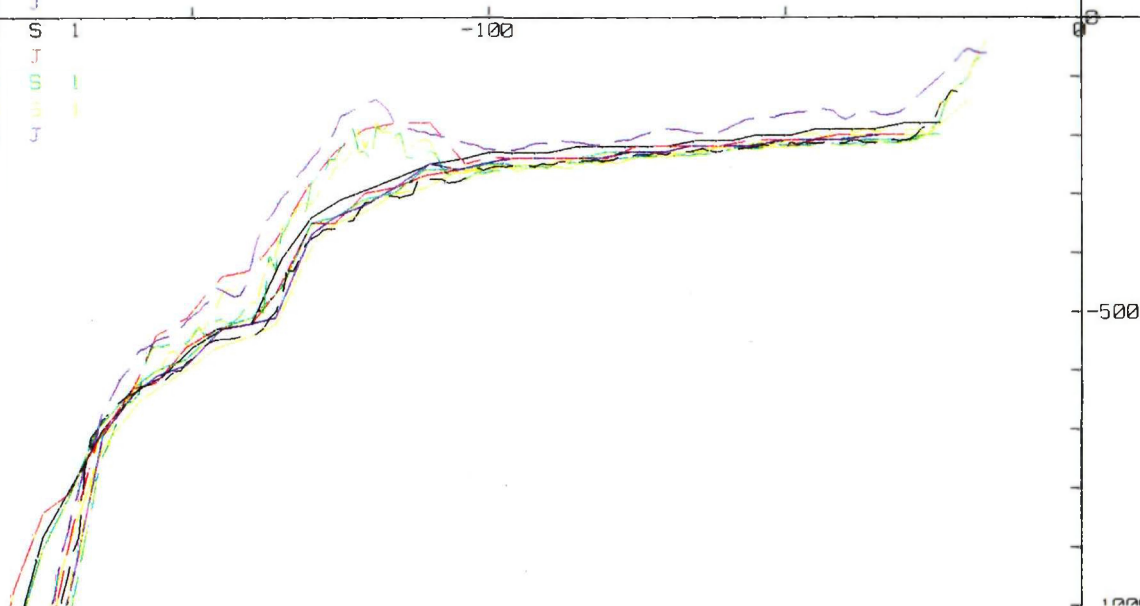
Zuid-Beveland (Westerschelde)
Kruiningenpolder
raai: 21 code: 2757

ZEEKOE
22 MEI 1996 16:36

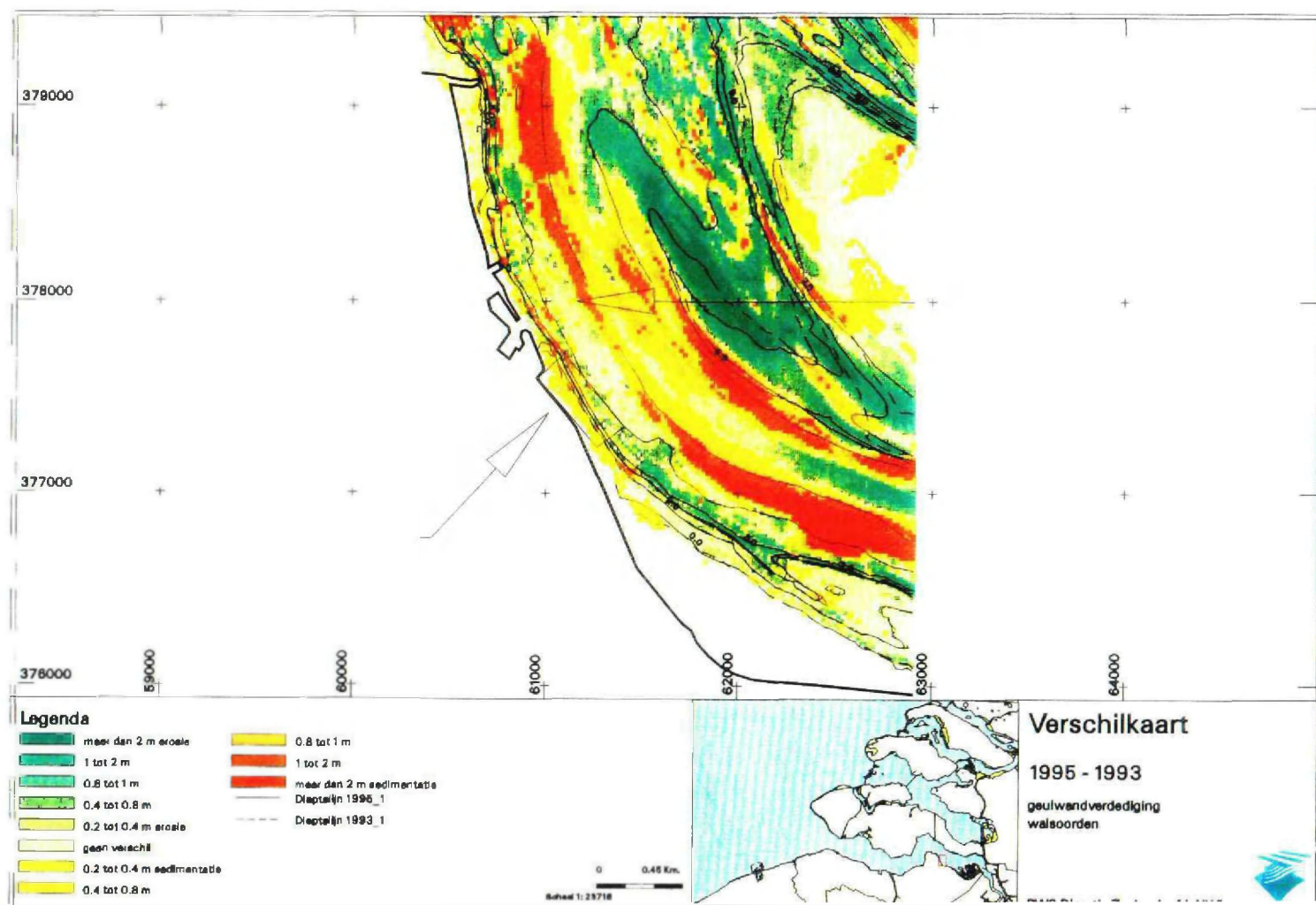
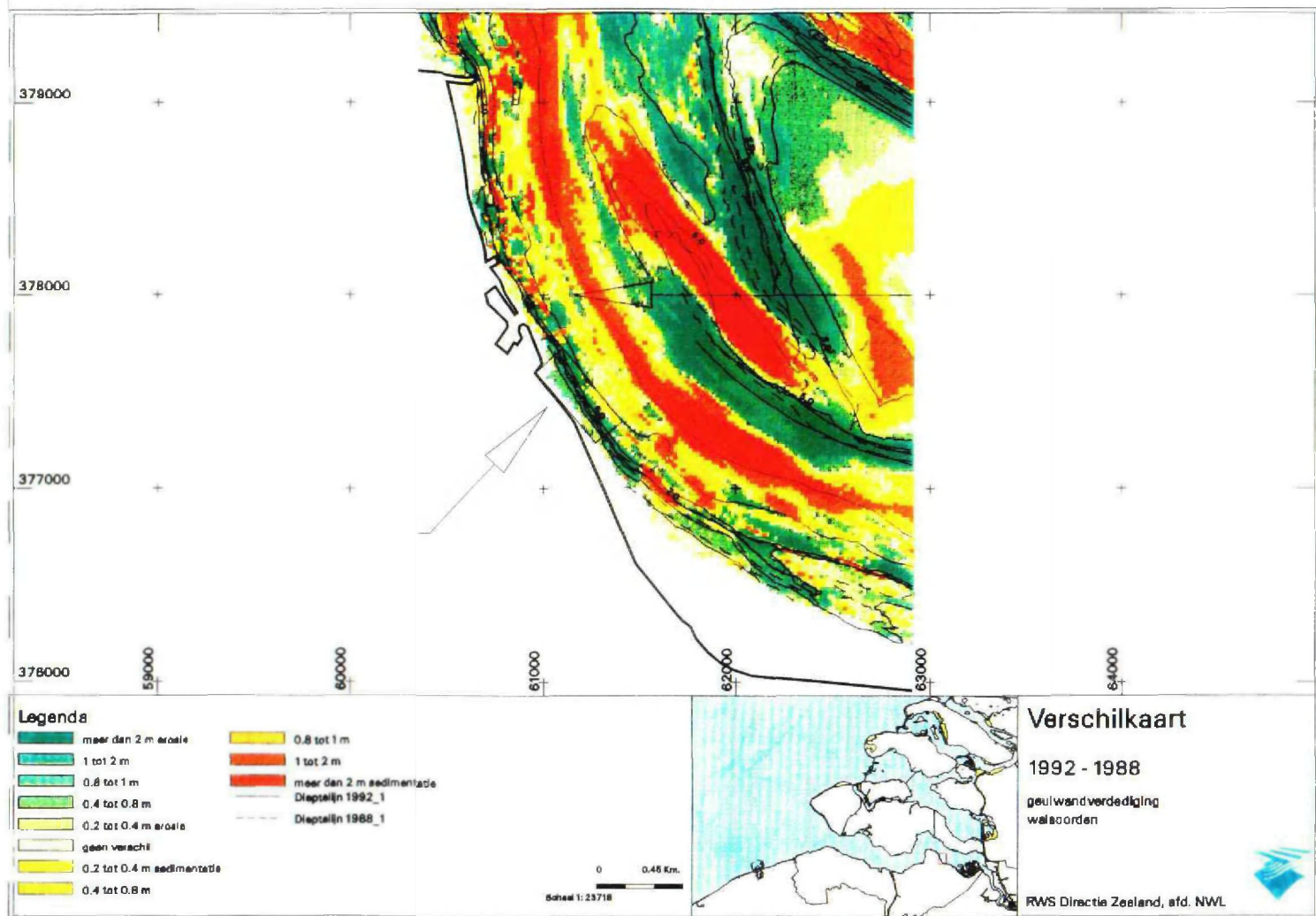
Horizontale schaal = 1 : 900

Verticale schaal = 1 : 90

— 20-10-1988 J
 — 26-07-1989 J
 — 22-07-1990 J
 — 05-09-1991 J
 — 02-07-1992 J
 — 24-01-1992 S 1
 — 13-10-1993 J
 — 29-07-1994 S 1
 — 02-12-1994 J
 — 06-10-1995 J



Bijlage 6: Gebruikte gegevens over slik bij Walsoorden

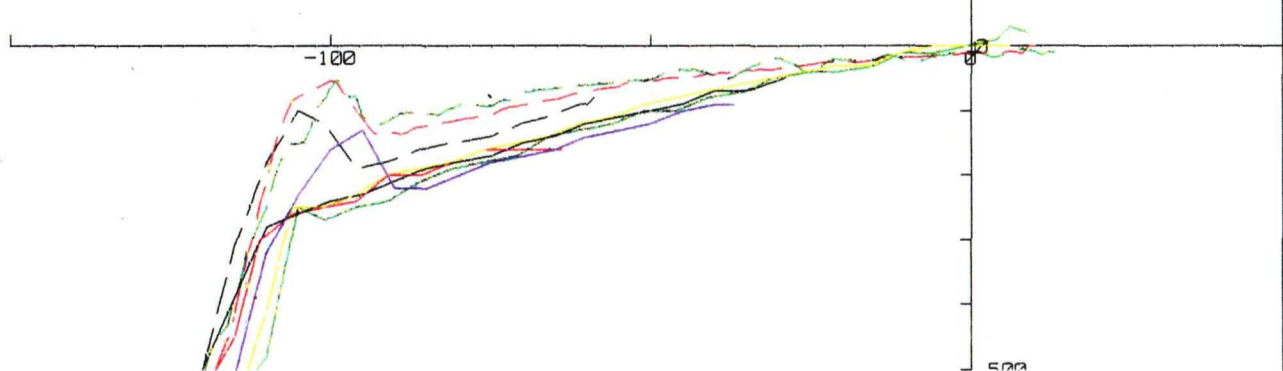


Waterschap Hulsterambacht
Wilhelmuspolder
raai: 38 code: 7017

ZEEKOE
22 MEI 1996 07:46

Horizontale schaal = 1 : 800
Verticale schaal = 1 : 80

09-12-1988 JE 1
10-10-1989 J
17-10-1990 J
04-11-1991 JE 1
26-10-1992 J
11-11-1993 J
13-12-1994 J
03-11-1995 J

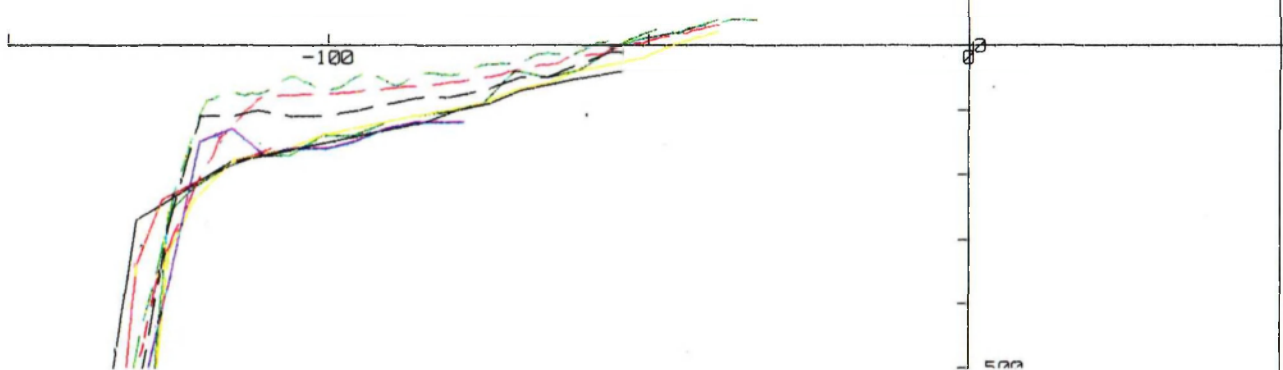


Waterschap Hulsterambacht
Wilhelmuspolder
raai: 36 code: 7015

ZEEKOE
22 MEI 1996 07:45

Horizontale schaal = 1 : 800
Verticale schaal = 1 : 80

09-12-1988 JE 1
10-10-1989 J
17-10-1990 J
04-11-1991 JE 1
23-10-1992 J
11-11-1993 J
13-12-1994 J
03-11-1995 J



Waterschap Hulsterambacht

Wilhelmuspolder

raai: 34 code: 7013

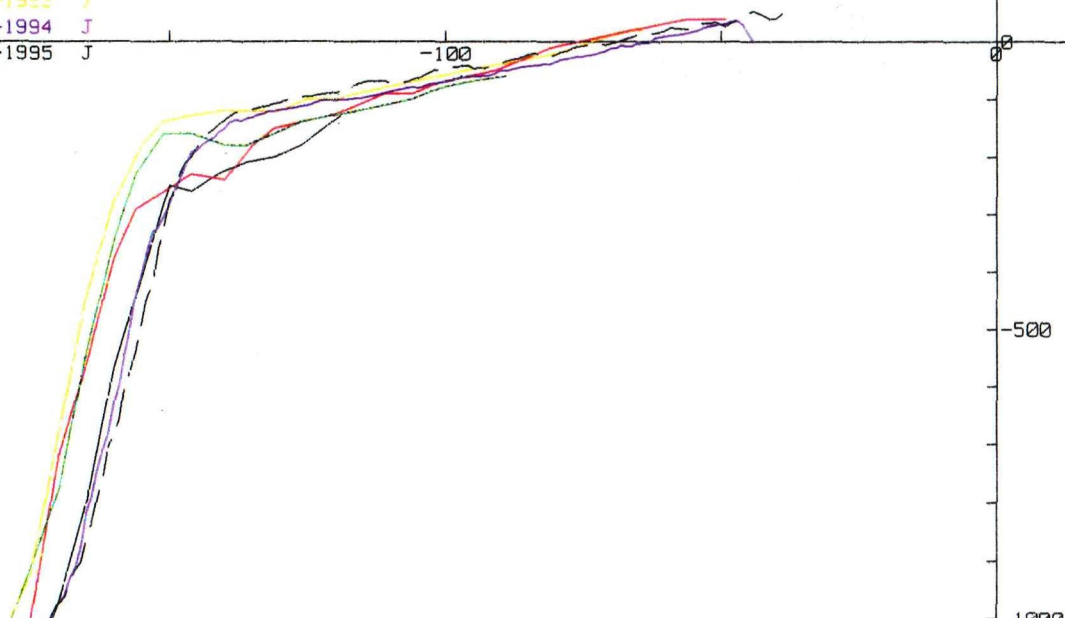
ZEEKOE

11 JUL 1996 10:21

Horizontale schaal = 1 : 900

Verticale schaal = 1 : 90

10-10-1989 J
04-11-1991 JE 1
23-10-1992 J
11-11-1993 J
13-12-1994 J
00-03-1995 J



Waterschap Hulsterambacht

Wilhelmuspolder

raai: 30 code: 7011

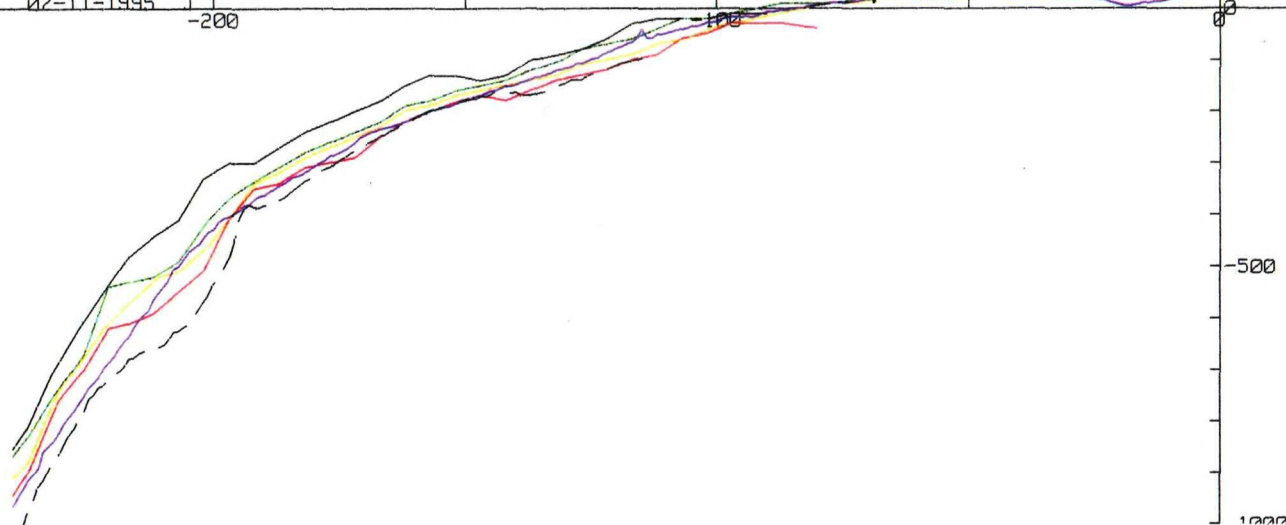
ZEEKOE

11 JUL 1996 10:24

Horizontale schaal = 1 : 1000

Verticale schaal = 1 : 100

11-10-1989 J
04-11-1991 JE 1
23-10-1992 J
11-11-1993 J
13-12-1994 J
07-11-1995 J

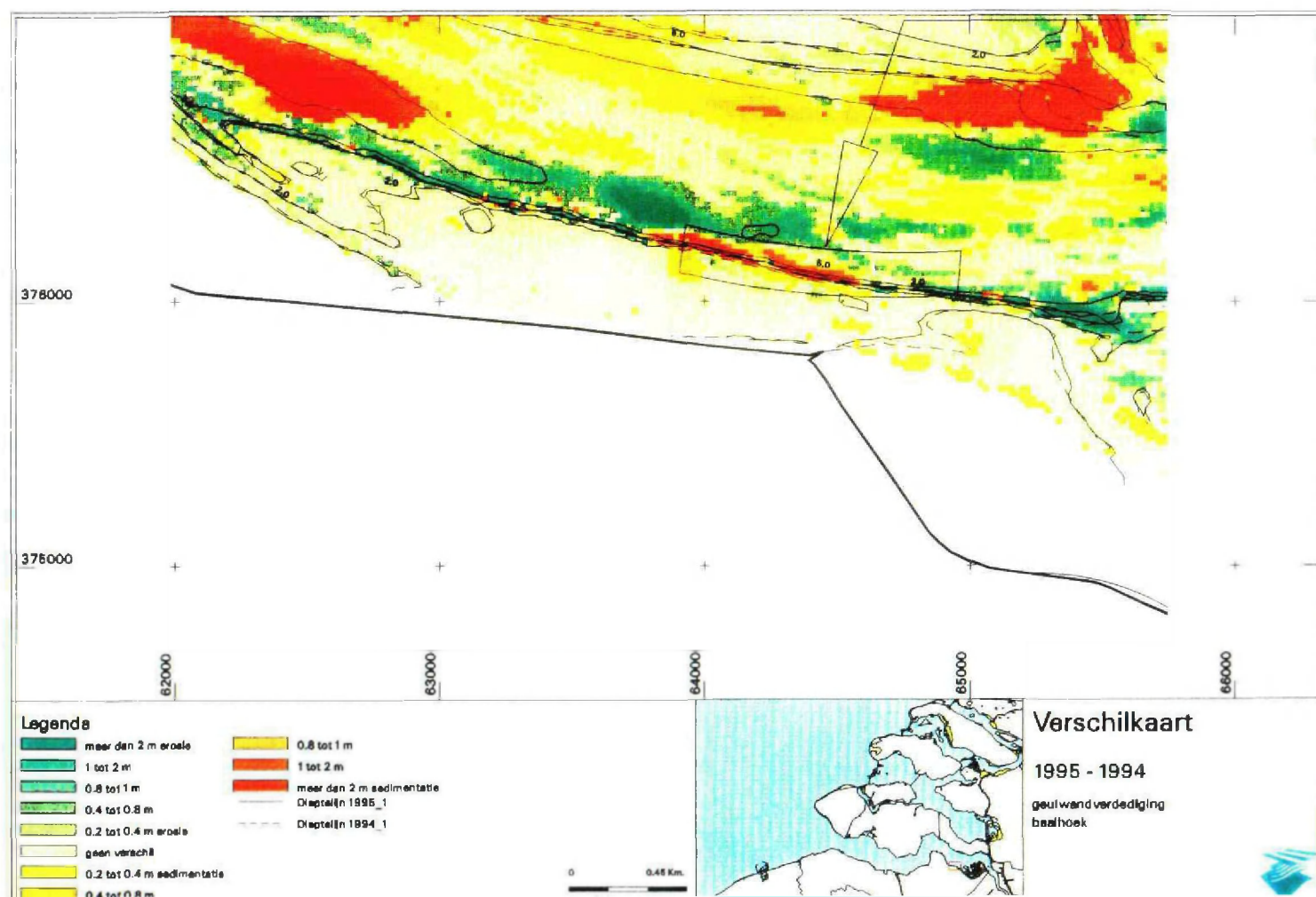
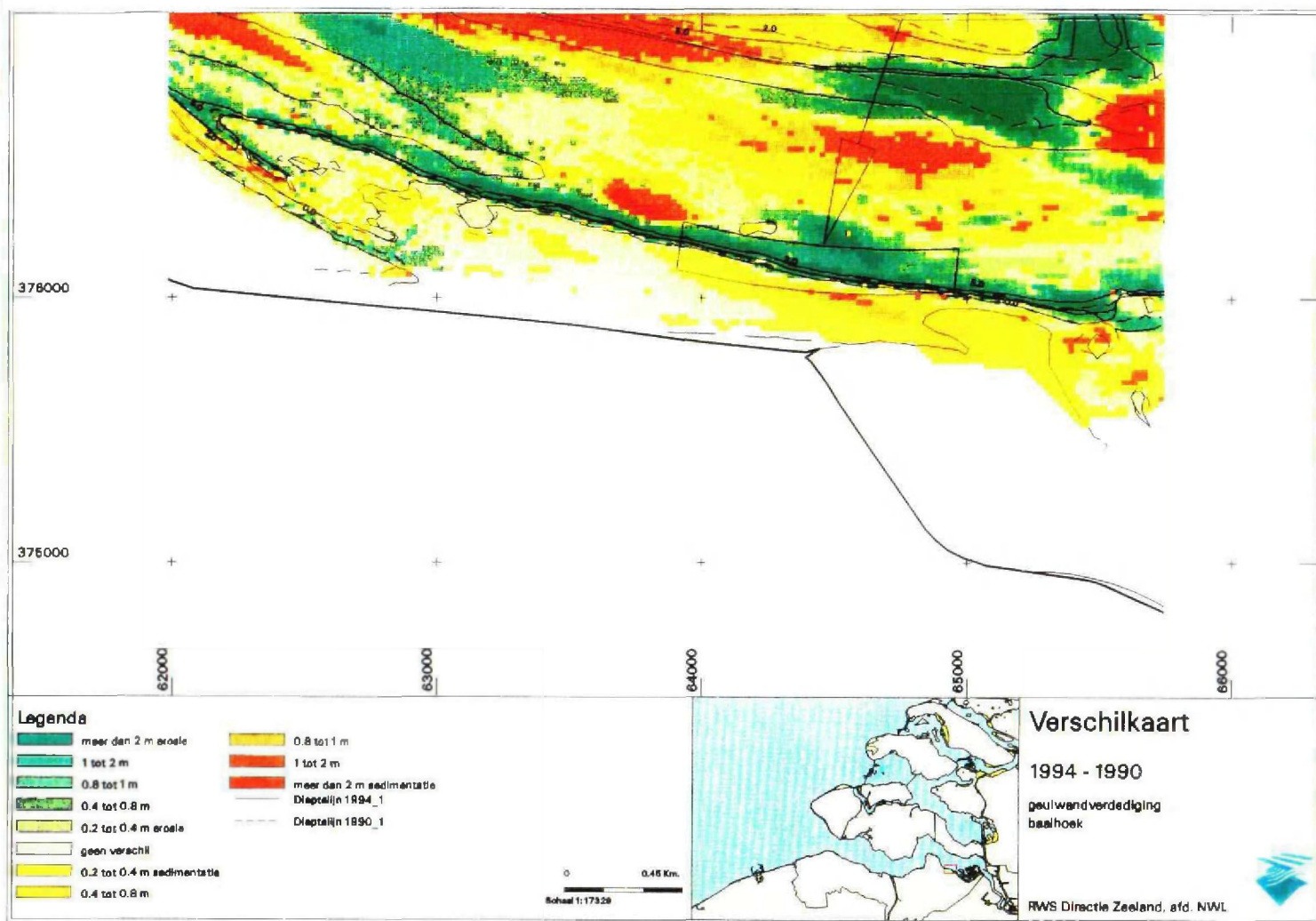




Walsoorden - Oktober 1993



Bijlage 7: Gebruikte gegevens over slik bij Baalhoek



Waterschap Hulsterambacht
Kruispolder
raai: 2 code: 7001

ZEEKOE
22 MEI 1996 07:39

Horizontale schaal = 1 : 2000
Verticale schaal = 1 : 200

12-12-1988 J
11-10-1989 J
17-10-1990 J
04-11-1991 J
23-10-1992 J
11-11-1993 J
13-12-1994 J
03-11-1995 J

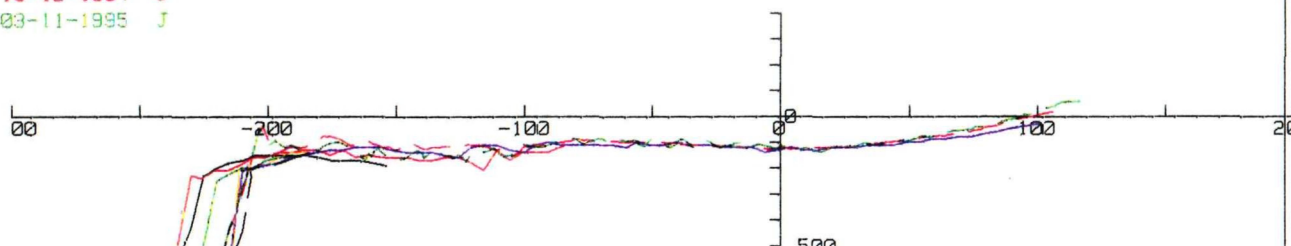


Waterschap Hulsterambacht
Kruispolder
raai: 6 code: 7003

ZEEKOE
22 MEI 1996 07:40

Horizontale schaal = 1 : 2000
Verticale schaal = 1 : 200

12-12-1988 J
11-10-1989 J
17-10-1990 J
04-11-1991 J
23-10-1992 J
11-11-1993 J
13-12-1994 J
03-11-1995 J

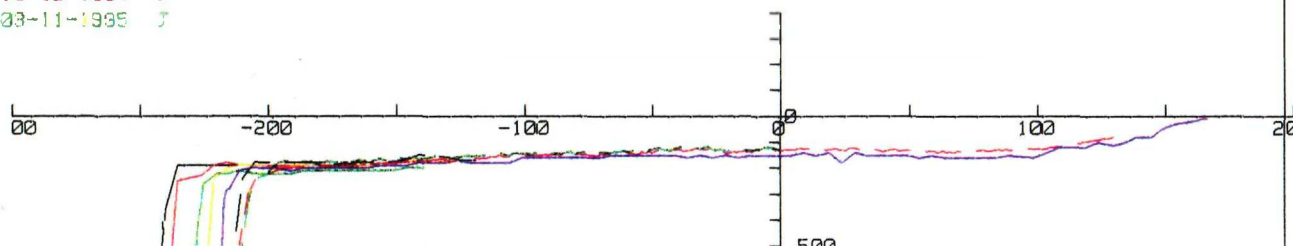


Waterschap Hulsterambacht
Kruispolder
raai: 10 code: 7005

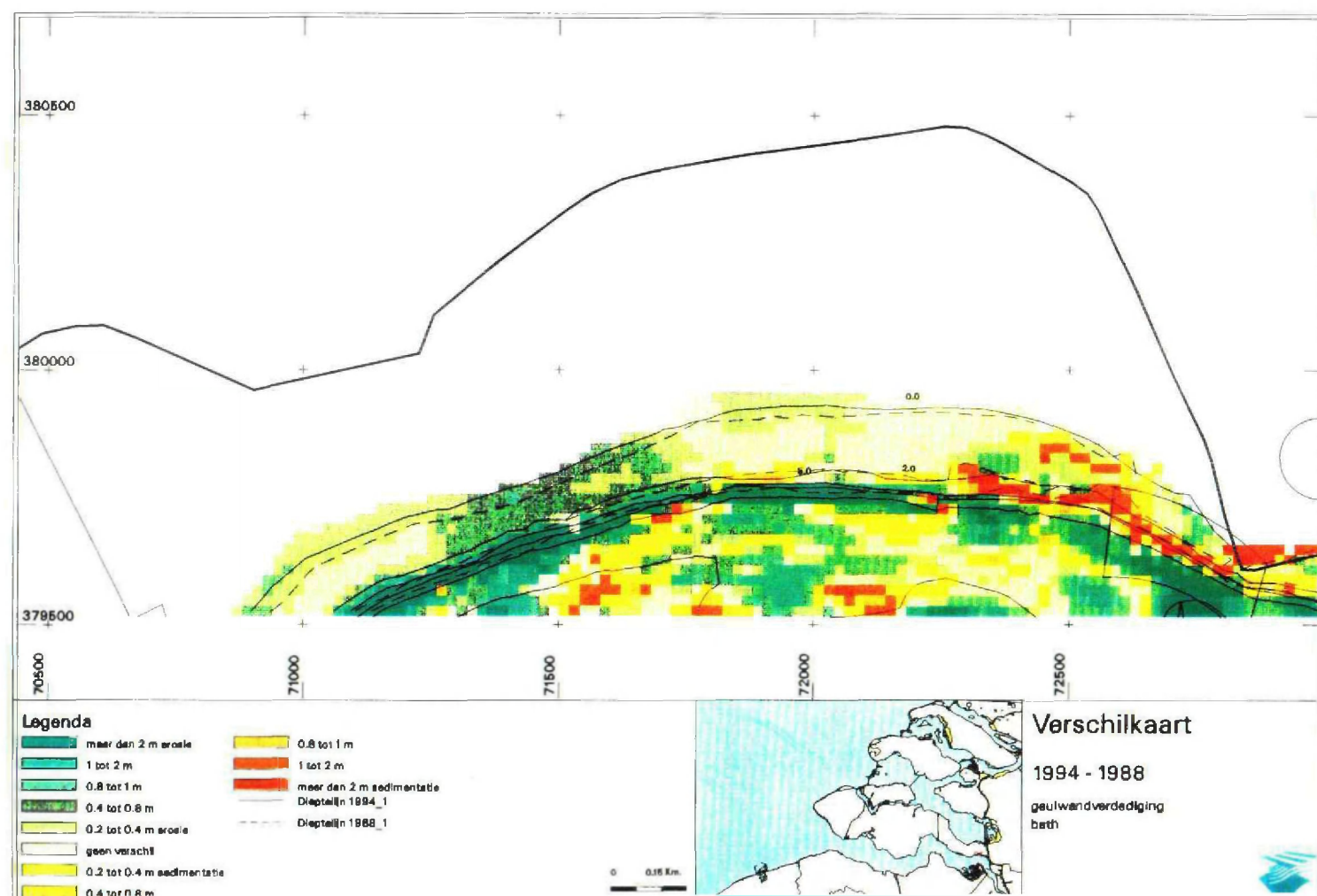
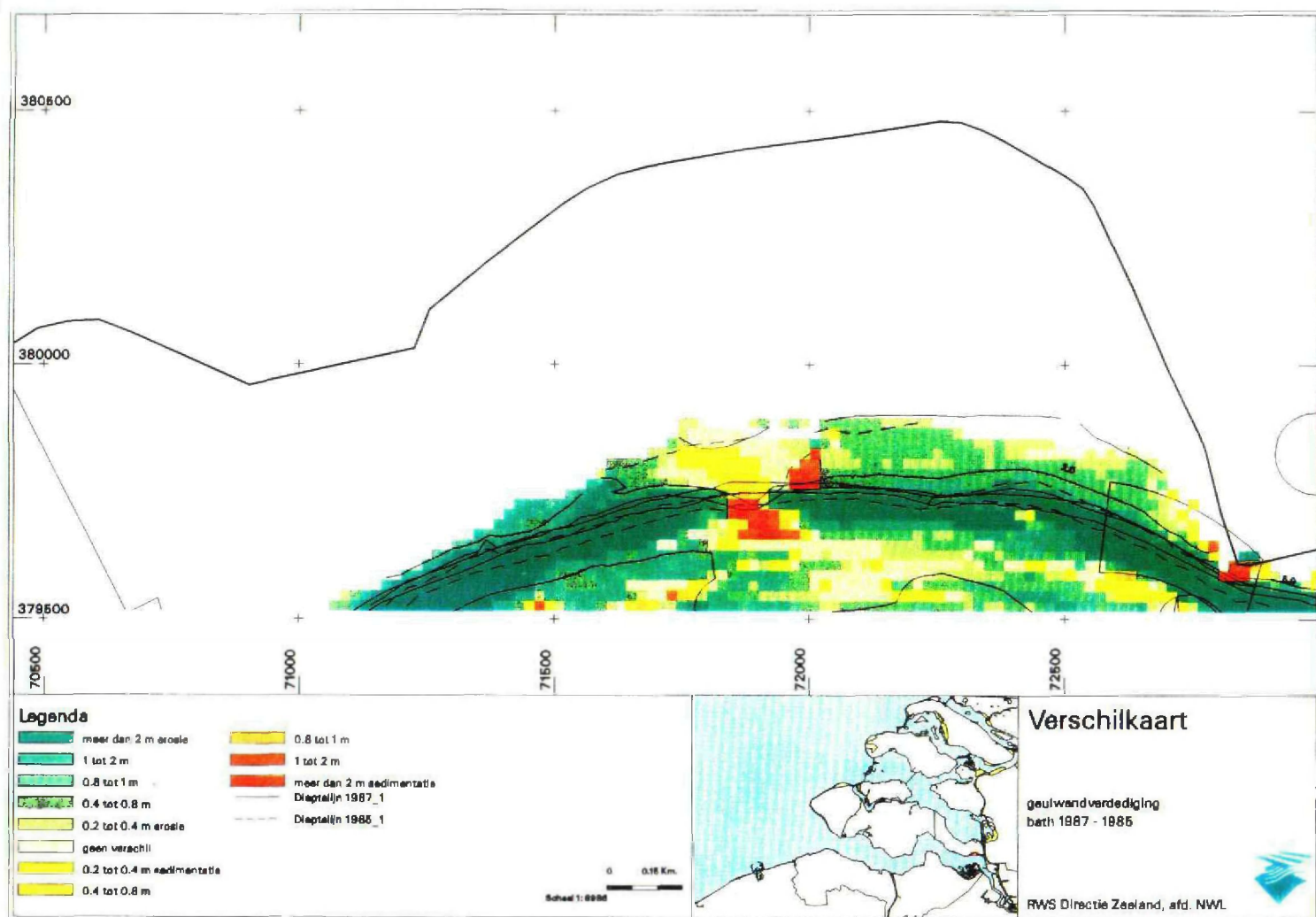
ZEEKOE
22 MEI 1996 07:40

Horizontale schaal = 1 : 2000
Verticale schaal = 1 : 200

12-12-1988 J
11-10-1989 J
17-10-1990 J
04-11-1991 J
23-10-1992 J
11-11-1993 J
13-12-1994 J
03-11-1995 J



Bijlage 8: Gebruikte gegevens over slik bij Bath



Zuid-Beveland (Westerschelde)

Reigersbergse polder

raai: 13 code: 2855

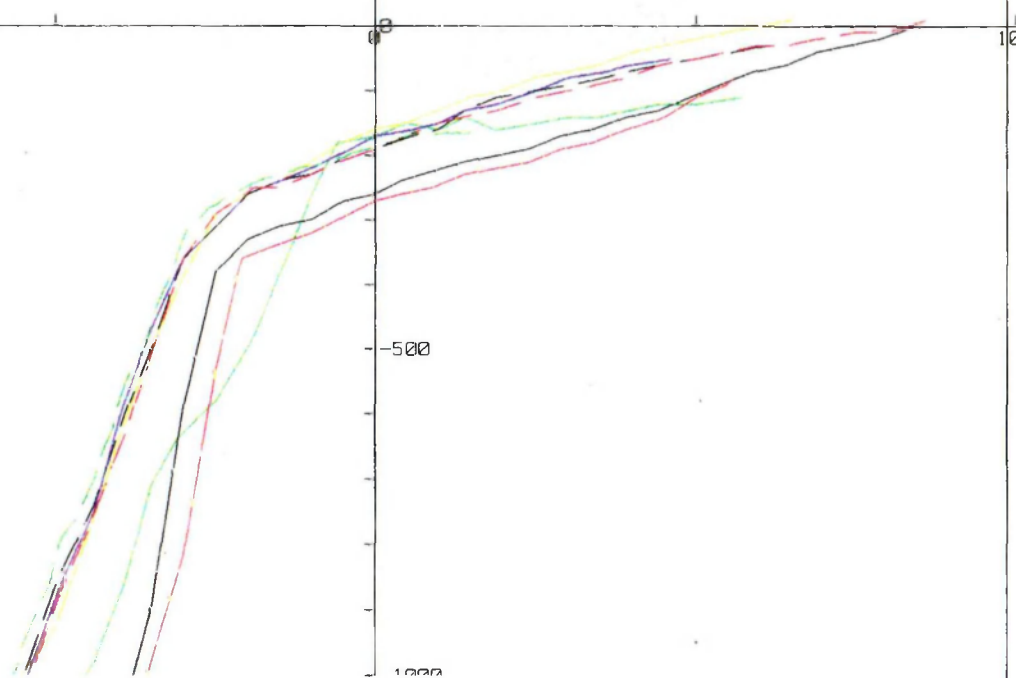
ZEEKOE

22 MEI 1996 16:25

Horizontale schaal = 1 : 800

Verticale schaal = 1 : 80

29-07-1985 J
31-10-1986 J
05-11-1987 J
09-11-1988 J
26-09-1989 J
31-07-1990 J
06-09-1991 J
04-10-1995 J



Zuid-Beveland (Westerschelde)

Reigersbergse polder

raai: 15 code: 2852

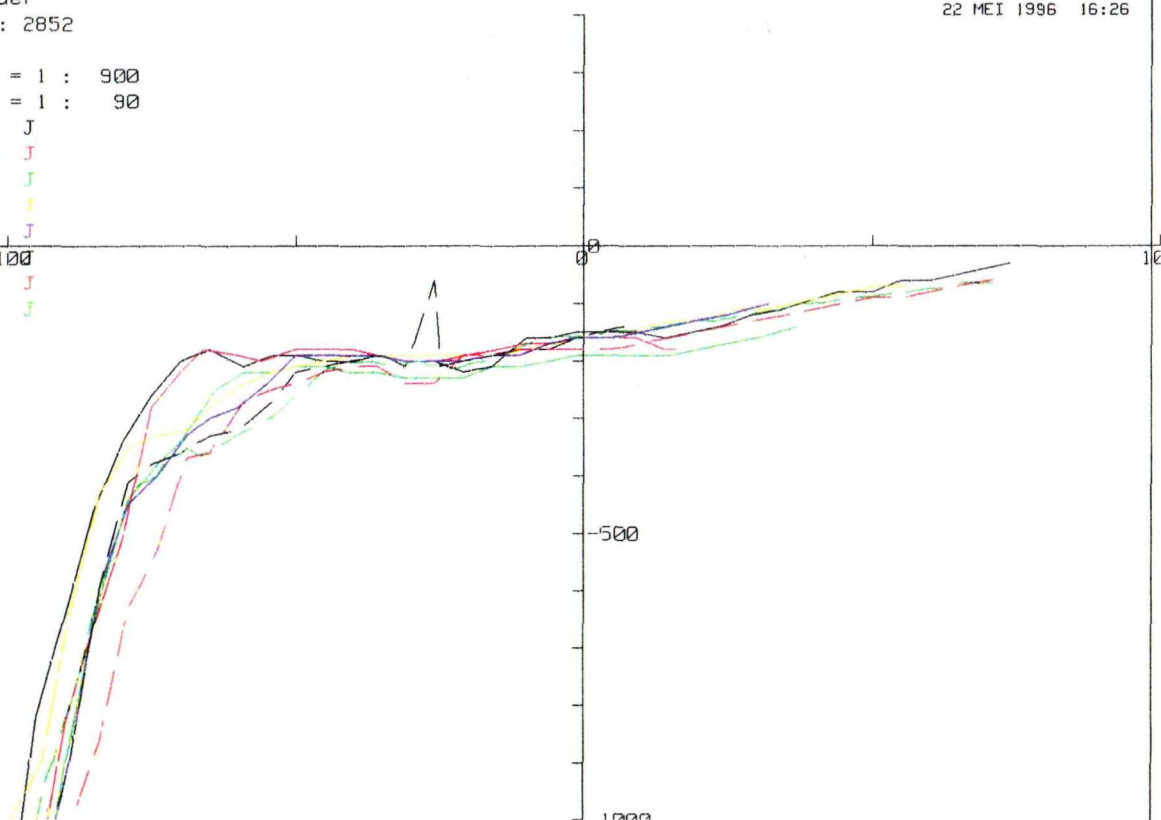
ZEEKOE

22 MEI 1996 16:26

Horizontale schaal = 1 : 900

Verticale schaal = 1 : 90

29-07-1985 J
31-10-1986 J
05-11-1987 J
09-11-1988 J
26-09-1989 J
31-07-1990 J
06-09-1991 J
04-10-1995 J



Bijlage 9: Gebruikte gegevens over slik Saeftinge-Oost

