

Het gedrag van drempels in de Westerschelde
Beschrijving en analyse van metingen van de morfologie op en rondom de Drempel
van Hansweert

mei 1997

F.T.G. Tank
Universiteit Utrecht
Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen
Vakgroep Fysische Geographie
Instituut voor Marien en Atmosferisch Onderzoek (IMAU)

IMAU Rapport 97-09

Rapport in opdracht het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Project VERDIEPING-vaargeulbeheer
Projectgroep DREMPELS

Producten drempelonderzoek:

Binnen de reeks 'Het gedrag van drempels in de Westerschelde' zijn de volgende producten verschenen:

- Een verkennende studie. IMAU R 95-18
- Literatuurstudie en hypothesen. IMAU R 96-07
- Parameterisatie. IMAU R 96-08
- Beschrijving en analyse van metingen van de waterbeweging op en rondom de Drempel van Hansweert. IMAU R 97-01
- Beschrijving en analyse van zandtransportmetingen op en rondom de Drempel van Hansweert. IMAU R 97-08
- Beschrijving en analyse van metingen van de morfologie op en rondom de Drempel van Hansweert. IMAU R 97-09

De volgende IMAU-producten voor het drempelonderzoek staan op stapel:

- Toetsing hypothesen en morfodynamisch gedrag Drempel van Hansweert.
- Toetsing hypothesen en morfodynamisch gedrag Drempels van Bath en Valkenisse. (samen met TUD)

Andere, nog te verschijnen, producten in het drempelonderzoek zijn:

- Beschrijving morfologisch model DELFT2D-MOR van de Drempel van Hansweert. TUD
- Evaluatie beheersalternatieven. IMAU/TUD
- Eindrapportage Drempelonderzoek. RIKZ

Voorwoord

Het onderzoek naar drempels is in het voorjaar van 1995 door Directie Zeeland opgestart in het kader van het toen net ondertekende verdrag tussen België en Nederland inzake de verdieping 48'/43' van de Westerschelde. Het drempelonderzoek maakt sinds 1 januari 1997 deel uit van het project VERDIEPING-vaargeulbeheer. Het drempelonderzoek is een gezamenlijk project van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, de Technische Universiteit Delft (TUD) en de Universiteit Utrecht (UU). Het project wordt in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ - Rijkswaterstaat/Directie Zeeland uitgevoerd.

Het deel van het drempelonderzoek dat uitbesteed is aan de Universiteit Utrecht wordt uitgevoerd bij het RIKZ in Middelburg. Daar vindt ook de dagelijkse begeleiding van het Utrechtse onderzoek plaats.

Het onderzoek naar het morfodynamisch gedrag van drempels in de Westerschelde is een direct vervolg op de in het project OOSTWEST (Vroon et al., 1997) verkregen inzichten in het fysisch systeem van de Westerschelde in het algemeen en het in 1994 gerapporteerde onderzoek naar drempels door het ingenieursbureau Svasek (Bliek en Ruijter, 1994) in het bijzonder.

Mijn directe begeleiders ir A. Langerak, drs H. Verbeek (projectleider) (beiden RIKZ) en dr J.H. van den Berg (UU), de begeleidingsgroep bestaande uit dr ir J. van de Graaff en ir M. D. Groenewoud (beiden TUD) en de stagiair C.A.H. Wouters (TUD) wil ik bedanken voor hun inzet en prettige samenwerking in deze fase van het drempelonderzoek.

Middelburg, mei 1997

Inhoud

Lijst van figuren

Lijst van bijlagen

Lijst van tabellen

1	Inleiding	1
1.1	Kader	1
1.2	Onderzoeksvragen	1
2	Meetgegevens	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Beschikbare gegevens	3
2.3	Beschrijving van de voorverwerking van de gegevens	4
2.4	Foutendiscussie	5
3	Beschrijving en analyse	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Erosie- en sedimentatiepatronen	9
3.3	Morfologische zandbalans	11
3.4	Relatie baggervolumina en geulinhoud	13
4	Conclusies	15
	Literatuur	17

Lijst van figuren

- Figuur 2.1 Oppervlak verschillende lodingen op de Drempel van Hansweert
Figuur 2.2 Vakindeling morfologische zandbalans Drempel van Hansweert
Figuur 2.3 Vakindeling baggervak Drempel van Hansweert
- Figuur 3.1 Drempel van Hansweert. Sedimentatie 29 september - 5 oktober 1995
Figuur 3.2 Drempel van Hansweert. Sedimentatie 5 - 12 oktober 1995
Figuur 3.3 Drempel van Hansweert. Sedimentatie 12 - 19/20 oktober 1995
Figuur 3.4 Drempel van Hansweert. Sedimentatie 19/20 - 26 oktober 1995
Figuur 3.5 Drempel van Hansweert. Sedimentatie 29 september - 26 oktober 1995
Figuur 3.6 Drempel van Hansweert. Sedimentatie 1994 - 1995
Figuur 3.7 Drempel van Hansweert. Sedimentatie 1990 - 1996
Figuur 3.8 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 29 september - 5 oktober 1995
Figuur 3.9 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 5 - 12 oktober 1995
Figuur 3.10 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 12 - 19/20 oktober 1995
Figuur 3.11 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 19/20 - 26 oktober 1995
Figuur 3.12 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 29 september - 26 oktober 1995
Figuur 3.13 Veranderingen zandvolume en verloop getijslag in oktober 1995
Figuur 3.14 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 1994 - 1995
Figuur 3.15 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 1990 - 1996
Figuur 3.16a Baggervolume en 'natte' inhoud vak 1 1990 - 1996
Figuur 3.16b Baggervolume en 'natte' inhoud vak 2 1990 - 1996
Figuur 3.16c Baggervolume en 'natte' inhoud vak 1 + 2 1990 - 1996
Figuur 3.17a Cumulatieve baggervolumina en veranderingen geulinhoud. Vak 1. 1990-1996.
Figuur 3.17b Cumulatieve baggervolumina en veranderingen geulinhoud. Vak 2. 1990 -1996.
Figuur 3.17c Cumulatieve baggervolumina en veranderingen geulinhoud. Vak 1 + 2. 1990 - 1996.
Figuur 3.18a Verband tussen baggervolumina en veranderingen in geulinhoud. Vak 1.1990 - 1996.
Figuur 3.18b Verband tussen baggervolumina en veranderingen in geulinhoud. Vak 2. 1990 - 1996.
Figuur 3.18c Verband tussen baggervolumina en veranderingen in geulinhoud. Vak 1 + 2. 1990 - 1996.

Lijst van bijlagen

- Bijlage A Overzicht van de (drie-)maandelijkse detaillodingen op de Drempel van Hansweert: 1990 - 1996

Lijst van tabellen

- | | |
|-----------|--|
| Tabel 2.1 | Overzicht van de detailmetingen van de Drempel van Hansweert met 'single beam' in de periode dat er geen baggerwerkzaamheden zijn uitgevoerd |
| Tabel 2.2 | Overzicht van de interpolatie-instellingen in DIGIBEELD |
| Tabel 2.3 | Gemiddelde stochastische en 'vaste' systematische fout in de dieptegegevens voor verschillende morfologische gegevens (1 sigma) (bron: Storm et al., 1994) |

1 Inleiding

1.1 Kader

In het overgangsgebied tussen twee bochten is een meanderende geul relatief ondiep. Op plaatsen waar deze natuurlijke ondiepte een belemmering opleveren voor de scheepvaart spreekt men van drempels. In de Westerschelde, gelegen in ZW Nederland, komen drempels voor in de vaarweg naar de zeehaven van Antwerpen. De drempels vormen daar een probleem voor de steeds dieper stekende schepen en moeten daarom door middel van baggerwerk worden verdiept. De baggerwerkzaamheden om voldoende diepte te onderhouden, zijn in het oosten van de Westerschelde geconcentreerd en hebben jaarlijks een omvang van circa $9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. De '48/'43- verdieping, die naar verwachting in 1997 start, leidt aanvankelijk tot een initieel en onderhoudsbaggerwerk van $17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Na de verdieping, die 4 jaar duurt, zal het onderhoudsbaggerwerk stabiliseren op $14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar (Huijs, 1997). Deze toename van het bagger- en stortwerk betekent een nog grotere ingreep op de fysische structuur van het estuarium met alle gevolgen van dien voor het ecologisch systeem van de Westerschelde. In het Beleidsplan Westerschelde (Bestuurlijk Klankbordforum Westerschelde, 1991) is een lange termijn visie opgesteld, waarbij men het natuurlijk karakter van de Westerschelde zoveel mogelijk wil behouden zonder dat daarbij de maatschappelijke functies aangetast worden. Om de druk op het fysisch systeem van de Westerschelde te reduceren worden door Rijkswaterstaat/Directie Zeeland beheersalternatieven, die de baggerinspanning verminderen bij een voldoende diepe drempel, onderzocht. Dit onderzoek vindt plaats binnen het project VERDIEPING. De beheersalternatieven die overwogen worden zijn het verder naar het westen storten van specie, concentratie van de zandwinning in het oosten van de Westerschelde, vergroting van de komberging door ontpolderen, harde maatregelen zoals het aanleggen van (onderwater-) leidammen om de stroming over een drempel te concentreren en morfologisch baggeren en storten. Bij morfologisch baggeren en storten wordt gedacht aan het op overdiepte brengen van de drempel, het midden op de drempel in de vaargeul baggeren en beïnvloeding van de lokale debietverdeling door het volstorten van een nevengeul. Om de gevolgen van deze alternatieven op de baggerinspanning juist te kunnen inschatten, is kennis nodig over het morfologisch gedrag van een drempel.

De doelstelling van het onderzoek naar het gedrag van drempels in de Westerschelde luidt:

Het verkrijgen van inzicht in de morfodynamische processen die de geometrie van een drempel bepalen, zodanig dat met de verkregen kennis de gevolgen van beheersalternatieven voldoende nauwkeurig afgeschat kunnen worden en nieuwe beheersalternatieven kunnen worden gegenereerd.

In dit rapport worden metingen van de morfologie op en rondom de Drempel van Hansweert beschreven en geanalyseerd.

1.2 Onderzoeksvragen

Om inzicht te verkrijgen in het gedrag van drempels in de Westerschelde is een aantal metingen, waaronder metingen van de morfologie, verricht op en rondom de Drempel van

Hansweert. De Drempel van Hansweert is een grote drempel in het midden van het Nederlands deel van het estuarium waar jaarlijks $2,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ wordt gebaggerd (Huijs, 1997).

De beschrijving en analyse van metingen van de morfologie op de Drempel van Hansweert worden geleid door hypothesen die opgesteld zijn in Tank (1996).

Bij de beschrijving en analyse van de morfologie worden de volgende, algemene, onderzoeksvragen beantwoord:

- Wat is het autonome patroon van de veranderingen in de morfologie als er gedurende een maand niet gebaggerd wordt op Drempel van Hansweert?
- Hoe groot zijn deze autonome veranderingen in de morfologie?
- Wat is de relatie tussen de baggerinspanning en de veranderingen in de morfologie op de Drempel van Hansweert?

In hoofdstuk 2 komen de metingen aan de orde. Het gebruikte meetinstrument wordt kort beschreven. Er wordt een overzicht gegeven van de metingen. Vervolgens komt de nauwkeurigheid van de metingen en van de methode ingeschat. In hoofdstuk 3 volgt eerst een beschrijving van de morfologische veranderingen en wordt een zandbalans gepresenteerd. Het verband tussen ingreep (baggerwerken) en morfologische verandering wordt onderzocht. Tenslotte volgen in hoofdstuk 4 de belangrijkste conclusies.

2 Meetgegevens

2.1 Inleiding

Het merendeel van de metingen van het morfologie op de Drempel van Hansweert vond plaats in oktober 1995. In deze periode zijn ook een aantal metingen van de waterbeweging en het zandtransport verricht die respectievelijk in Tank (1997a) en Tank (1997b) zijn beschreven. In dit hoofdstuk wordt eerst een overzicht van de beschikbare metingen gegeven. Daarna volgt een beschrijving van de voorverwerking van de gegevens en een foutendiscussie.

2.2 Beschikbare gegevens

De morfologie is vóór 1992 opgenomen met het Interplot peil- en verwerkingssysteem en vanaf 1992 met RWSLOD. De detaillodingen van de Drempel van Hansweert zijn verricht in raaien die om de 75 m zijn gevaren. De vaklodingen in de Westerschelde hebben een raaidichtheid van 100 m.

In deze analyse is gebruik gemaakt van 5 detaillodingen van de Drempel van Hansweert die in de periode 29 september tot 26 oktober 1995 (tabel 2.1) zijn uitgevoerd. In deze periode werden geen baggerwerken uitgevoerd.

Datum	Tekening-code MD ZLD
29 september 1995	02.30.P.95.01
5 oktober 1995	02.30.P.95.02
12 oktober 1995	02.30.P.95.03
19/20 oktober 1995	02.30.P.95.05
26 oktober 1995	02.30.P.95.08

Tabel 2.1 Overzicht van de detailmetingen van de Drempel van Hansweert met 'single beam' in de periode dat er geen baggerwerkzaamheden zijn uitgevoerd

Daarnaast is gebruik gemaakt van andere detaillodingen die de drempel bedekken, van de periode 1990 tot 1997. In bijlage A is een overzicht te vinden van deze detaillodingen. In 1990, 1991 en de eerste helft van 1992 omvatten deze detaillodingen de Drempel van Hansweert en vaak ook een (noordelijke) uitbreiding daarvan (figuur 2.1; bijlage A). Vanaf de tweede helft van 1992 maakt de uitbreiding standaard onderdeel uit van de loding van de Drempel van Hansweert. De frequentie van de detaillodingen is niet in elk jaar hetzelfde: in 1990 is de drempel 12 keer gelood, in 1991 6 keer en vanaf 1992 4 keer per jaar. Het oppervlak van deze lodingen is kleiner dan dat in oktober 1995 (figuur 2.1).

Ook lodingen van lodingsvak 2 en lodingsvak 3 waarin de Drempel van Hansweert ligt zijn in de jaren '90 één keer per jaar beschikbaar. In het huidige onderzoek zijn de vaklodingen van de jaren 1990, 1994, 1995 en 1996 gebruikt.

2.3 Beschrijving van de voorverwerking van de gegevens en van de methodiek

Voorverwerking

De dieptegegevens zijn met het verwerkingsprogramma DIGIBEELD geïnterpoleerd naar een digitaal terrein model (DTM). De volgende parameters moeten in DIGIBEELD worden ingesteld:

- zoekdiepte : afstand waarover maximaal geïnterpoleerd wordt (in pixels);
- gradiëntdiepte : gebied waarbinnen de lokale gradiënten worden berekend om tot een optimale zoekellips te komen;
- ellipsratio : maximale vervorming van de zoekellips (afhankelijk van de gradiënten);
- iteraties : het aantal keren dat wordt geïnterpoleerd en de gradiënten opnieuw worden berekend;
- hoeken : het aantal richtingen dat wordt onderscheiden;
- 'oversize' : het aantal cellen dat voorbij de rand van het interpolatievak wordt gekeken om randeffecten te reduceren.

In tabel 2.2 worden de instellingen van bovengenoemde parameters opgesomd.

Soort gegevens	raai-afstand (m)	Interpolatie-instellingen						
		pixelgrootte (m)	zoekdiepte	max. ellipsratio	gradiëntdiepte	aantal hoeken	aantal iteraties	oversize (in pixels)
detaillodingen	75	10 x 10	15	7	15	32	8	64
vaklodingen	100	20 x 20	15	7	15	32	8	64

Tabel 2.2 Overzicht van de interpolatie-instellingen in het 'geulwerkstation' DIGIBEELD

De DTM's zijn vervolgens in het GIS-programma Arc/Info verder verwerkt.

Methode

In Arc/Info zijn verschilkaarten gemaakt van de detaillodingen van oktober 1995 en van de vaklodingen om erosie- en sedimentatiepatronen te beschrijven.

Met behulp van de Arc/Info-applicatie Vakgis van drs L.A. Uit den Bogaard zijn kuberingen gemaakt van de DTM's voor een zandbalans. De detaillodingen van oktober 1995 en de vaklodingen zijn gekubeerd volgens een morfologische vakindeling. Deze vakindeling is zodanig dat verschillen tussen plateau en diepe geul, tussen binnen- en buitenbocht en tussen

het bovenstroomse en benedenstroomse deel van de Drempel van Hansweert zichtbaar worden gemaakt (figuur 2.2).

In de 3-maandelijkse detailleringen van 1990 tot 1997 vond met Vakgis een kubering plaats van het baggervak. Dit vak is onderverdeeld in een noordelijk en een zuidelijk deel (figuur 2.3). In het noordelijk deel ontbreken in 1991 en 1992 een aantal keren de dieptegegevens (zie bijlage A) en kan er ook geen kubering worden verricht. De 'natte' volumeveranderingen in beide vakken zijn vergeleken met de maandelijkse baggervolumina op de Drempel van Hansweert in de periode van 1990 tot 1997.

2.4 Foutendiscussie

Zowel in de bodemgegevens en de verwerking daarvan als in de baggercijfers zijn fouten aanwezig. De foutenbronnen worden hieronder omschreven samen met de invloed ervan op de zandbalans.

Dieptegegevens

De fouten in de dieptegegevens kunnen onderverdeeld worden in stochastische, 'vaste' systematische en variabele systematische fouten. De stochastische en 'vaste' systematische fouten in de dieptegegevens verschillen per morfologische eenheid. Onderstaande bevindingen zijn afkomstig uit Storm et al. (1994).

Stochastische fouten zijn fouten die worden veroorzaakt door fouten in de plaatsbepaling, de dieptebevestiging, de omrekening van de waterstand naar NAP, bewegingen van het schip en afrondingsfouten. Stochastische fouten worden verondersteld normaal verdeeld te zijn en zijn positief of negatief. 'Vaste' systematische fouten ontstaan door inzinking van het schip ('squat'), het te ondiep peilen van de geulhellingen door de breedte van echoloodbundel en het te diep peilen van de bodem door penetratie van het echoloodsignaal in het sediment. 'Vaste' systematische fouten hebben een bepaalde richting, positief dan wel negatief. Variabele systematische fouten zijn vaak door menselijk handelen veroorzaakt: bijvoorbeeld een verkeerde bediening of calibratie van de dieptesensor. Variabele systematische fouten kunnen een groot oppervlak beslaan en groot zijn. Variabele systematische fouten zijn fouten die wat richting en grootte betreft volstrekt willekeurig zijn.

Tabel 2.3 bevat een overzicht van de grootte van de stochastische en 'vaste' systematische fouten per morfologische eenheid.

	stochastische fout (m)	'vaste' systematische fout (m)
geulbodems/vlakke gebieden	± 0.19	-0.10
geul-/plaathellingen	± 0.39	-0.25

Tabel 2.3 Gemiddelde stochastische en 'vaste' systematische fout in de dieptegegevens voor verschillende morfologische gegevens (1 sigma) (bron: Storm et al., 1994)

Het grootste deel van het onderzoeksgebied bestaat uit geulbodems/vlakke gebieden.

Interpolatie

De interpolatie van de dieptegegevens leidt tot een vervlakking van de morfologie. De grootte van de dit effect hangt af van de gebruikte pixelgrootte. Onbekend is echter hoe groot deze fout is.

Volgens de Meetkundige Dienst en TPD-TNO is gebleken dat DIGIBEELD een objectieve en betrouwbare interpolatiemethode is (Dijk en Kamminga, 1993 en Munster en Van Antwerpen, 1993 in: Storm et al., 1994).

In Storm et al. (1994) wordt aangenomen dat de fout door interpolatie grotendeels stochastisch is en niet groter dan gemiddeld 0.1 m. Deze fout valt bij verschilluberingen voor een groot deel weg omdat er steeds sprake is van hetzelfde gebied, dezelfde raaien en min of meer dezelfde geometrie waarover gemiddeld wordt (Storm et al., 1994).

Bodemhoogteverschilkaarten

De nauwkeurigheid van de bodemhoogteverschillen wordt grotendeels bepaald door de bij het loden en interpoleren ontstane fouten. Een kleine, maar kwantitatief onbekende, fout ontstaat doordat de pixels van twee DTM's elkaar niet precies overlappen. De 'vaste' systematische fouten van de twee bodemkaarten vallen bij het maken van een bodemhoogteverschilkaart goeddeels tegen elkaar weg. Wat resteert is de stochastische fout waardoor lokaal bodemhoogteverschillen op geulbodems/vlakke delen van > 0.2 m en op geul- en plaathellingen van > 0.4 m significant zijn.

Kuberingen

De nauwkeurigheid van de kuberingen wordt bepaald door de bij het loden en interpoleren ontstane fouten. Variabele systematische fouten kunnen elkaar voor een deel opheffen of versterken (Storm et al., 1994).

Bij verschilluberingen valt naast de 'vaste' systematische fout ook de stochastische fout weg (Storm et al., 1994). De systematische fout valt weg omdat het verschil tussen twee vrijwel gelijke fouten die beide negatief (dan wel positief) zijn ongeveer 0 is. De stochastische fout wordt over het oppervlak van het gebied uitgemiddeld.

Baggercijfers

De baggercijfers zijn afkomstig van de Afdeling Maritieme Schelde (voorheen Antwerpse Zeehaven Diensten) van het Belgisch Ministerie van Openbare Werken. Bij de bepaling van de baggervolumina worden per baggerschip stochastische en systematische fouten gemaakt (Van Dam, 1993 in: Storm et al., 1994). Navolgende tekst is gebaseerd op Storm et al. (1994). De stochastische fouten in de baggervolumina worden veroorzaakt door fouten in de bepaling van de beunvolumina. De stochastische fout wordt uitgemiddeld doordat de zandvolumina over een groot aantal schepen wordt gesommeerd. De stochastische fout is ± 1.5 %. In de beun van het baggerschip heeft het sediment een lossere pakking dan op de bodem van de geul. Het verschil in volume wordt de uitlevering genoemd. Jarenlang is in de Westerschelde een uitleveringspercentage gebruikt van 20 %. Zeer waarschijnlijk is dit percentage te hoog omdat het dichtheidsverschil wordt overschat. Een uitlevering van 10 % is waarschijnlijker. De baggervolumina in dit rapport zijn niet omgerekend. Hierdoor een systematische fout gemaakt van + 10%: de baggervolumina zijn 10 % te groot.

Conclusies

In de bodemhoogteverschilkaarten wordt de fout bepaald door de stochastische fout in de lodingsgegevens; de 'vaste' systematische fout van de twee kaarten valt tegen elkaar weg. Variabele systematische fouten kunnen elkaar deels opheffen dan wel versterken waardoor onbekende fouten in de bodemhoogteverschilkaarten aanwezig kunnen zijn. De stochastische fout is op geulbodems en vlakke gebieden 0.2 m en op plaat- en geulovergangen 0.4 m. Bij verschilkueringen is door de middeling over een groot gebied de stochastische fout te verwaarlozen en vallen de 'vaste' systematische fouten goeddeels tegen elkaar weg. Voorwaarde is wel dat de verschillen in de geometrie van het gebied min of meer gelijk is. De variabele systematische fouten kunnen elkaar deels opheffen dan wel versterken.

3 Beschrijving en analyse

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de morfologische veranderingen op en rondom de Drempel van Hansweert tussen 1990 en 1996 en met een nadruk op oktober 1995 beschreven en geanalyseerd. Deze beschrijving wordt sterk geleid door de te toetsen hypothesen, zoals verwoordt in Tank (1996).

Eerst worden met verschilkaarten erosie- en sedimentatiepatronen op de drempel beschreven. Aansluitend volgt een morfologische zandbalans van dezelfde lodingen. Tenslotte worden inhoudsveranderingen op de Drempel van Hansweert vergeleken met baggervolumina.

3.2 Erosie- en sedimentatiepatronen

Erosie- en sedimentatie patronen zijn op verschillende termijnen onderzocht.

Veranderingen in de morfologie van +/- 0.20 m worden niet significant geacht (zie paragraaf 2.5) omdat ze binnen de standaard deviatie van de stochastische foutenmarge vallen.

De betrouwbaarheid van de DTM's van de detaillodingen van oktober 1995 en de vaklodingen is ingeschat door verschilkaarten te interpreteren. Het bleek dat in de detailloding van 26 oktober 1995 (kaart 02.30.P.95.08) een stuk van 3 km² op de noordelijke zijde van de Drempel van Hansweert systematisch te diep was gepeild, waarschijnlijk door een fout in de waterstandsreductie. De Meetdienst Zeeland kon de fout niet achterhalen en daarom is het te diep gepeild stuk vervangen door de peilingen van de week ervoor op 19/20 oktober 1995. De overige lodingen zien er betrouwbaar uit.

De detaillodingen van 1990 tot 1997 zijn alleen door de Meetdienst Zeeland gecontroleerd.

Oktober 1995

Het autonome erosie- en sedimentatiepatroon op de Drempel van Hansweert is in de maand oktober 1995 wekelijks onderzocht. In deze periode vonden geen baggerwerkzaamheden plaats op de drempel, vandaar de term autonoom.

29 september - 5 oktober 1995 (van springtij naar doortij) Figuur 3.1

De morfologische veranderingen op de drempel en het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse zijn over het algemeen niet significant. Alleen in de diepe bocht bij Hansweert en in het Zuidergat nabij het Oude Hoofd van Walsoorden treden lokaal significante morfologische veranderingen op die gemiddeld tussen de 0.2 en 0.5 m liggen. Deze morfologische veranderingen worden veroorzaakt door verplaatsing van grote bodemvormen die hier aanwezig zijn (Reussink, 1992). In de aanloop naar het Zuidergat lijkt (geringe) erosie te overheersen.

5 - 12 oktober 1995 (van doortij naar springtij) Figuur 3.2

In de tweede week zijn de morfologische veranderingen groter dan in de eerste week. Op de drempel zelf en op het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse zijn de morfologische veranderingen over het algemeen niet significant. In de diepe bocht bij Hansweert en in het

Zuidergat bij het Oude Hoofd overheerst erosie van 0.2 tot 0.5 m. De erosie hier wordt afgewisseld met sedimentatie. Dit duidt op verplaatsing van grote bodemvormen. In de aanloop naar de Schaar van Waarde is afwisselde erosie en sedimentatie van maximaal 0.5 m opgetreden.

12 - 19/20 oktober 1995 (van springtij naar doortij) Figuur 3.3

Vergeleken met de tweede week zijn de morfologische veranderingen geringer. Op de drempel zijn de veranderingen niet significant. Lichte erosie van maximaal 0.5 m is waarneembaar op het noordelijk deel van het plateau. In de diepe geul bij Hansweert is opnieuw afwisselend erosie en sedimentatie van maximaal 1.0 m opgetreden, zij het dat sedimentatie overheerst. Ook in het Zuidergat bij het Oude Hoofd en in de aanloop naar de Schaar van Waarde vindt afwisselend geringe erosie en sedimentatie plaats van maximaal 0.5 m.

19/20 - 26 oktober 1995 (van doortij naar springtij) Figuur 3.4

De morfologische veranderingen zijn nu weer groter dan in de derde week en geringe erosie tussen de 0.2 en 0.5 m overheerst. In het midden van de drempel en op het plateau zijn de veranderingen over het algemeen niet significant. In de bocht bij Hansweert, in het Zuidergat bij het Oude Hoofd en in de aanloop naar de Schaar van Waarde vindt afwisselend erosie en sedimentatie plaats. In de geul bij Hansweert zijn deze morfologische veranderingen maximaal 2.5 m; elders zijn deze maximaal 0.5 m.

Netto: 29 september - 26 oktober 1995 Figuur 3.5

Op de drempel langs de rand van het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenissee vindt sedimentatie tussen de 0.2 en 0.5 m plaats of zijn de bodemveranderingen niet significant. Op het plateau zijn de morfologische veranderingen als volgt: in het noorden lichte sedimentatie van tussen de 0.2 en 1.0 m, in het zuiden lichte erosie tussen de 0.2 en 0.5 m en de rest van het plateau ondergaat geen significante morfologische veranderingen.

In de diepe bocht bij Hansweert vinden afwisselend zones met erosie en sedimentatie van maximaal meer dan 2.5 m: deze veranderingen worden veroorzaakt door verplaatsing van bodemvormen. In het Zuidergat nabij het Oude Hoofd van Walsoorden vindt afwisseld erosie en sedimentatie plaats van maximaal 1.0 m: ook hier verplaatsen bodemvormen. In de aanloop naar de Schaar van Waarde wisselen erosie en sedimentatie elkaar af. De veranderingen zijn tot 0.5 m groot. Netto lijkt hier erosie te overheersen.

1994 - 1995 Figuur 3.6

De erosie- en sedimentatiepatronen in oktober 1995 komen voor een groot deel overeen met de morfologische veranderingen in het jaar 1994 - 1995. De morfologische veranderingen zijn zoals te verwachten is op jaarbasis groter dan in een maand. Opvallend verschil is de grote sedimentatie in de diepe geul voor de haven van Hansweert van meer dan 2.5 m en de grote erosie van de kop van de Plaat van Ossenissee. De erosie van de kop van de Plaat van Ossenissee kan deels verklaard worden door baggerwerkzaamheden die op westelijke deel van de kop in de Overloop van Hansweert plaatsvinden.

1990 - 1996 Figuur 3.7

Over een periode van 6 jaar vallen de volgende grote morfologische veranderingen op:

- aanzanding tussen de 1.0 en 2.5 m van het noordelijk deel van de Drempel van Hansweert, voor de veerhaven van Kruiningen; in feite is hier een nieuwe drempel

- ontstaan waardoor de Drempel van Hansweert uit twee delen is opgebouwd;
- aanzanding van gemiddeld tussen de 0.5 en 1.0 m van de drempel net langs de rand van het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenis;se;
- verdieping van meer dan 2.5 m in de Overloop van Hansweert en de westelijke kop van de Plaat van Ossenis;se; de verdieping hier vindt plaats door baggerwerken;
- erosie van gemiddeld 0.75 m van het noordelijk deel van het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenis;se;
- erosie van meer dan 2.5 m langs de oostelijke rand van de Plaat van Ossenis;se;
- sedimentatie van de geulen in de Schaar van Ossenis;se en de aanloop daartoe;
- aanzanding van meer dan 2.5 m het westelijk deel van het Zuidergat ter hoogte van het Oude Hoofd van Walsoorden;
- erosie van gemiddelde 1.0 m in de aanloop van de Schaar van Waarde, de noordelijke kop van de Plaat van Walsoorden en het oostelijk deel van het Zuidergat;
- geulverleggingen van de Schaar van Valkenisse en daardoor erosie en sedimentatie van 2.5 m en meer.

Een aantal van deze fenomenen treden ook op in oktober 1995 (figuur 3.5). Dit zijn: aanzanding van de noordelijke zijde van de drempel bij Kruiningen, aanzanding in de geul langs het plateau, erosie op het plateau en in de aanloop van de Schaar van Waarde. Dit duidt erop dat de morfologische processen die het drempelgebied in oktober 1995 hebben veranderd deel zijn van een langjarige trend. De aanzanding op het noordelijk deel van de drempel bij Kruiningen in de jaren '90 is in feite een uitbreiding van de Drempel van Hansweert. De uitbreiding kan gezien worden als een soort ebdrempel van de Schaar van Waarde die zich in de jaren '90 heeft verruimd.

3.3 Morfologische zandbalans

De ruimtelijke patroon van de veranderingen in de zandvolumina wordt hier onderzocht. Bij de beschrijving wordt een eerste onderverdeling gemaakt van het beschouwde gebied in de drempel (vak 2, 3, 5 en 6), het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenis;se (vak 4 en 7) en de diepe geulen boven- en benedenstrooms van de drempel (respectievelijk vak 1 en 8; figuur 2.2). Eventueel worden deze drie deelgebieden weer nader onderverdeeld.

Oktober 1995

29 september - 5 oktober 1995 Figuur 3.8

De drempel zandt netto met $5 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ aan. Op het plateau vindt netto aanzanding van $3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ plaats. In de bocht bij Hansweert erodeert $250 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ zand en in de diepe geul bij Walsoorden sedimenteert ruim $130 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ zand.

5 - 12 oktober 1995 Figuur 3.9

In de tweede week vindt netto erosie plaats van de drempel: de erosie is geconcentreerd op het noordelijk deel van de drempel. Op het plateau is de aanzanding toegenomen tot $80 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. In de diepe geulen is in totaal $200 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ zand verdwenen.

12 - 19/20 oktober 1995 Figuur 3.10

De drempel zandt met $240 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ aan. Op het plateau is de aanzanding van een week eerder omgeslagen naar erosie van $25 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. In de diepe geulen vindt netto $200 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ aanzanding aan.

19/20 - 26 oktober 1995 Figuur 3.11

In de vierde week vinden de grootste morfologische verschillen plaats in het drempelgebied. Netto vindt aanzanding van $344 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ plaats op de drempel. De aanzanding is met name fors in vak 2 op het noordoostelijk deel van de drempel: er sedimenteert daar bijna $500 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Het plateau zand met ruimt $300 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ fors aan. In de diepe geulen vindt boven- en benedenstrooms erosie plaats van $130 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Netto: 29 september - 26 oktober 1995 Figuur 3.12

In de hele periode zandt de drempel ruim $500 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ aan. Binnen dit gebied erodeert de aanloop van de schaar van Waarde met bijna $170 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Op het plateau vindt sedimentatie van $370 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ plaats. De diepe geul bij Hansweert erodeert $400 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. De diepe geul bij Walsoorden zandt aan met $26 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Vergelijking met baggervolumina

Op de Drempel van Hansweert is in september 1995 $396 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ gebaggerd. De baggerwerkzaamheden waren toen extra groot om de drempel extra diep te maken omdat in oktober 1995 niet gebaggerd kon worden. In november 1995 werd $202 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ gebaggerd. Op de Drempel van Hansweert werd in 1995 per maand gemiddeld $190 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ gebaggerd; in 1996 was dit gemiddelde $270 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

De aanzanding op de drempel en in het hele beschouwde gebied in oktober 1995 is $500 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ en is groter dan de baggervolumina in de maand ervoor en erna. Hieruit kan geconcludeerd worden dat in een maand tijd en soms in een week tijd, zoals in de week van 19/20 tot 26 oktober 1995, aanzandingen plaats vinden die in dezelfde orde van grootte liggen als de baggervolumina per maand op de drempel.

Relatie volumeveranderingen en de doortij - springtij cyclus

De relatie tussen de morfologische veranderingen en de doortij - springtijcyclus is onderzocht. Verwacht werd dat van springtij naar doortij aanzanding optreedt omdat de (gemiddelde en maximale) stroomsnelheden evenals de getijvolumina afnemen en in de periode van doortij naar springtij erosie optreedt omdat de stroomsnelheden en de getijvolumina toenemen. Uit figuur 3.13 blijkt dat deze aanname deels wordt bevestigd.

1994 - 1995 Figuur 3.14

In dit jaar vindt er op de drempel sedimentatie van ruim $500 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ plaats. Binnen dit gebied is de aanloop naar de Schaar van Waarde (vak 5) erosief. Op het plateau verdwijnt netto $400 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. In de diepe geulen vindt sedimentatie plaats van $475 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. In het hele beschouwde gebied is netto $600 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ aanzanding opgetreden. In het jaar 1994 - 1995 is $2500 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ op de Drempel van Hansweert gebaggerd. Dit baggervolume wordt op een jaar tijd dus ruimschoots gecompenseerd door natuurlijke aanzanding.

1990 - 1996 Figuur 3.15

In deze meerjarige periode zandt de drempel ruim 600.10^3 m^3 aan. Binnen dit gebied zandt het noordoostelijk deel van de drempel (vak 2) 1200.10^3 m^3 aan en erodeert de aanloop van de Schaar van Waarde (vak 5) met 1000.10^3 m^3 . In de diepe geul bij Hansweert erodeert 400.10^3 m^3 en in de diepe geul bij Walsoorden sedimenteert 200.10^3 m^3 . Het hele beschouwde gebied zandt tussen 1990 en 1996 netto 175.10^3 m^3 aan. De baggerwerken zijn in deze periode $15,5.10^6 \text{ m}^3$ groot. Op jaarbasis is dit gemiddeld $2,5.10^6 \text{ m}^3$ in de periode 1990 - 1996. Dit betekent dat enorme langjarige zandonttrekkingen door natuurlijke sedimentatie worden gecompenseerd.

3.4 Relatie baggervolumina en geulinhoud

In de periode 1990 - 1996 is het verloop van de baggervolumina vergeleken met de 'natte' inhoud van het baggervak. Het vak waarvan de 'natte' inhoud is berekend is opgedeeld in twee delen: een noordelijk en een zuidelijk vak (figuur 2.3). Van het noordelijke vak ontbreekt in de jaren 1992 en 1993 een aantal inhouden. Een toename van de geulinhoud duidt op verruiming van het vak, door erosie of baggerwerken. De baggervolumina zijn per maand beschikbaar; de geulinhoud is soms 1 keer per maand bekend en soms 1 keer per 3 maanden. De baggervolumina worden alleen voor de hele Drempel van Hansweert door de Belgen geleverd. Daarom is er op basis van de ook door de Belgen geleverde baggeroppervlakken een schatting van de verdeling gemaakt tussen de maandelijkse baggervolumina in het noordelijke en het zuidelijke vak. Volgens deze methode vond er in de periode 1990 - 1996 gemiddeld 35% van de baggerwerken op de Drempel van Hansweert plaats in het noordelijke vak.

Noordelijk vak (vak 1) Figuur 3.16a

De 'natte' inhoud van het noordelijk vak neemt tussen 1990 en 1996 af met $1,2.10^6 \text{ m}^3$. De grootste afname van bijna 1.10^6 m^3 treedt op van 1992 tot 1995. Verder valt op dat bij een piek in de baggervolumina de geulinhoud reageert door toe te nemen. In de maanden na de piek, als de baggerinspanning aanzienlijk kleiner is, neemt de geulinhoud langzaam weer af.

Zuidelijk vak (vak 2) Figuur 3.16b

De 'natte' inhoud van het zuidelijke vak vertoont een toenemende trend in de periode 1990 - 1996: in totaal is de toename $0,4.10^6 \text{ m}^3$. Dit vak verruimt dus. Net als in vak 1, maar hier sterker, reageert in dit vak de geulinhoud direct op een toename van de baggerinspanning. De fluctuaties in de geulinhouden zijn groter dan in vak 1. Dit wordt verklaard doordat de grootste baggerinspanning op de Drempel van Hansweert in dit vak plaatsvinden. Als de baggervolumina vervolgens aanzienlijk kleiner zijn, komt de geulinhoud in de loop van enkele maanden weer op het oude niveau. Overigens is dit niet altijd het geval: bijvoorbeeld in de zomer van 1992 wordt er gedurende 5 maanden ruim 800.10^3 m^3 gebaggerd maar de 'natte' inhoud blijft min of meer constant.

Vak 1 en 2 Figuur 3.16c

De geulinhoud van vak 1 en 2 tezamen neemt tussen 1990 en 1996 langzaam af met in totaal 1.10^6 m^3 . De fluctuaties in de geulinhoud van vak 1 en 2 fluctueren met toe- en afnamen in de baggerinspanning.

In figuur 3.17 zijn in een tijdsreeks de veranderingen in de geulinhoud en de baggervolumina die in die periode hebben plaats gevonden uitgezet. In 1990 bedroeg de periode waarover de veranderingen berekend zijn 1 maand en vanaf 1991 3 maanden. Daarbij gaat in de figuur de verandering in de geulinhoud vooraf aan de baggervolumina in dezelfde periode.

In vak 1 varieert de geulinhoud met een bepaalde baggervolume (in beun gemeten) tussen de -200 en 200 % (figuur 3.17a). Op een uitzondering na varieert in vak 2 de geulinhoud met een bepaald baggervolume tussen de -50 en 50 % (figuur 3.17b). Voor vak 1 en 2 samen varieert de geulinhoud met het baggervolume tussen de -200 en 150 % (figuur 3.17c). Hieruit blijkt dat de baggerwerkzaamheden niet alleen de morfologische veranderingen op de Drempel van Hansweert verklaren. De geulinhoud van het noordelijke vak, vak 1, wordt het minst gestuurd door de baggerwerkzaamheden. Deels kan dit verklaard worden door de verruiming van de Schaar van Waarde in de jaren '90 en waarbij een ebdrempel is opgeworpen. Een tweede verklaring is dat in dit deel van de Drempel van Hansweert de baggerinspanning geringer is dan op het zuidelijk deel in de binnenbocht.

Om het verband tussen ingreep en gevolg te toetsen is een regressie tussen de baggervolumina en de veranderingen in 'natte inhoud' uitgevoerd. Daarvoor zijn dezelfde gegevens als in figuur 3.17 gebruikt. In het noordelijke vak (vak 1) en het totale baggervak (vak 1 + 2) is er geen verband tussen ingreep en gevolg (figuur 3.18a en 3.18c): de R^2 is < 0.1 . In het zuidelijke vak (vak 2) is er een zwak, positief verband ($R^2 = 0.3$; figuur 3.18b). De verbanden zouden mogelijk verbeteren als gecorrigeerd wordt voor de trend in de 'natte inhoud'.

4 Conclusies

De beschrijving en analyse van metingen van de morfologie op de Drempel van Hansweert levert de volgende inzichten op die van belang zijn voor het morfodynamisch gedrag van die drempel:

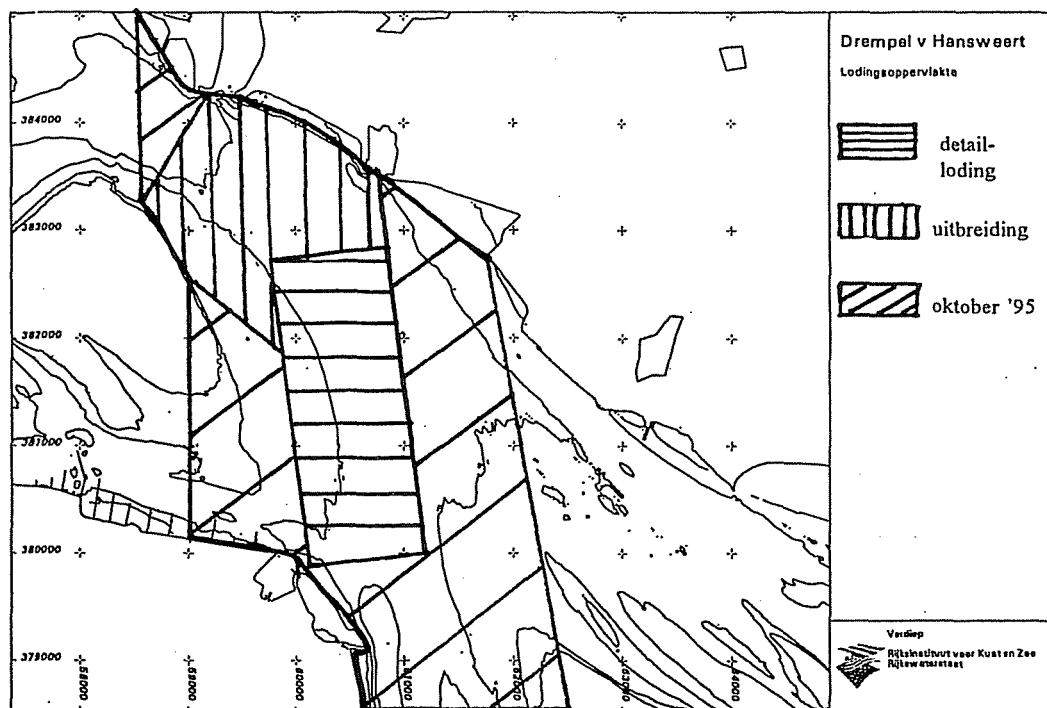
- het autonome sedimentatiepatroon op de drempel in de maand oktober 1995, wanneer er geen baggerwerkzaamheden plaatsvinden, bestaat uit aanzanding waarbij in de binnenbocht en op de noordelijke zijde van de drempel bij de haven van Kruiningen de meeste aanzanding plaatsvindt; de plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse zandt aan; in de diepere bochten boven- en benedenstrooms van de drempel vindt respectievelijk erosie en (geringe) sedimentatie plaats; in de bochten geven verplaatsende beddingvormen grote verschillen in diepten te zien; de aanloop van de Schaar van Waarde erodeert;
- de netto aanzanding op de drempel in de maand oktober 1995 is $700 \cdot 10^3 \text{ m}^3$; op het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse $350 \cdot 10^3 \text{ m}^3$; de erosie in de aanloop naar de Schaar van Waarde is ruim $150 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ en de diepe bocht bij Hansweert verliest ruim $400 \cdot 10^3 \text{ m}^3$;
- de netto aanzanding van de drempel in oktober 1995 is $300 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ groter dan de baggerinspanning in september: in een maand tijd wordt de hoeveelheid weggebaggerd zand ruimschoots vervangen door 'natuurlijke' aanzanding;
- de natuurlijke aanzanding van het drempelgebied in een jaar is net zo groot als de baggerinspanning van gemiddeld $2.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ in dat jaar;
- het verband tussen baggerinspanning en geulinhoud op het zuidelijk deel van de drempel is zwak; er is geen verband tussen de baggerinspanning en de geulinhoud van het noordelijk deel van de drempel en de totale drempel; globaal gezien reageert de geulinhoud van de drempel reageert op een toename in de baggerinspanning: daarna neemt de geulinhoud in de loop van enkele maanden weer af tot het oude niveau; gesuperponeerd op de baggerinspanning verloopt de natuurlijke morfologische ontwikkeling die soms groter is dan de baggerinspanning.

Een belangrijke nevenconclusie is dat in de jaren '90 op de noordelijke zijde van de drempel voor de haven van Kruiningen een nieuwe verondieping is ontstaan. Deze uitbreiding kan gezien worden als een uitbreiding van de Drempel van Hansweert, waardoor deze uit twee delen bestaat. In dit gebied is in de jaren '90 ruim $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ zand gesedimenteerd. Deze verondieping is de ebschaardrempel van de Schaar van Waarde die zich in de jaren '90 verdiept heeft.

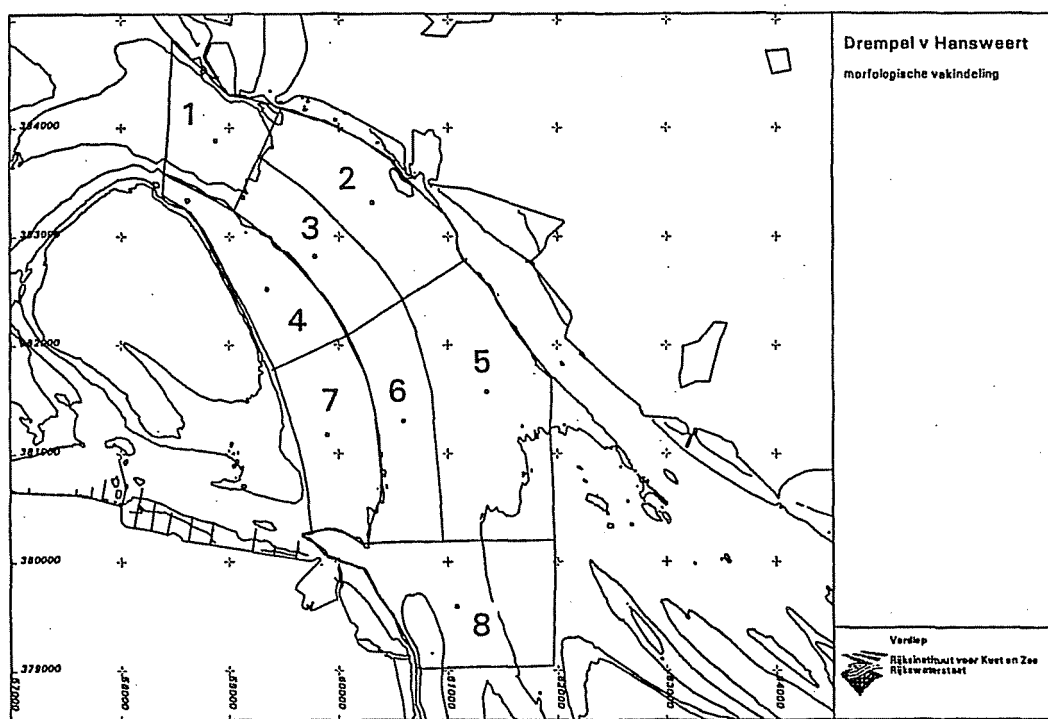
Literatuur

- Bestuurlijk Klankbordforum Westerschelde, 1991. Beleidsplan Westerschelde. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, 92 p.
- Blik, A.J. en M.N. Ruijter, 1994. Verklarend onderzoek drempels Westerschelde. Ingenieursbureau Svasek, project 940.
- Huijs, S.W.E., 1997. Baggerinspanning bij verdieping '48/'43. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Afdeling Rivierkunde (NWL), Notitie NWL-97.21, 6 p.
- Reussink, G., 1992. De bodemmorfologie in de geulen van het oostelijk deel van de Westerschelde. Stage-rapport UU/Fysische Geographie UU, Rijkswaterstaat/Dienstgetijde Wateren, DGW Werkdoc-92.808X.
- Storm, C., P. Bollebakker, J. de Jong en G. Mol, 1994. Nauwkeurigheid zandbalans Westerschelde 1965 - 1990 en aanbevelingen ter optimalisatie. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Rapport RIKZ-94.008.
- Tank, F.T.G., 1996. Het gedrag van drempels in de Westerschelde. Literatuurstudie en hypothesen. Universiteit Utrecht, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, IMAU R 96-07.
- Tank, F.T.G., 1997a. Het gedrag van drempels in de Westerschelde. Beschrijving en analyse van metingen van de waterbeweging op en rondom de Drempel van Hansweert. Universiteit Utrecht, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, IMAU R 97-01.
- Tank, F.T.G., 1997b. Het gedrag van drempels in de Westerschelde. Beschrijving en analyse van zandtransportmetingen op en rondom de Drempel van Hansweert. Universiteit Utrecht, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, IMAU R 97-08.
- Vroon, J.H., C. Storm en J. Coossen, 1997. Westerschelde, stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwante biologische patronen in een estuarium. Rijkswaterstaat/RIKZ, Rapport RIKZ-97.023, 106 p.

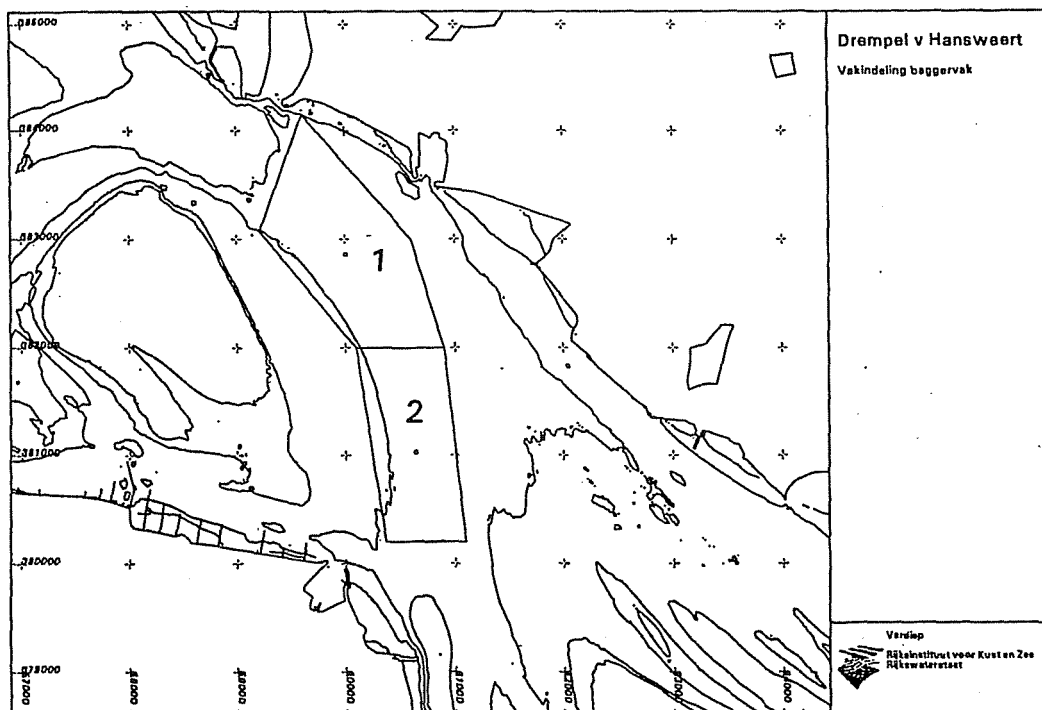
Figuren



Figuur 2.1 Oppervlak verschillende lodingen op de Drempel van Hansweert



Figuur 2.2 Vakindeling morfologische zandbalans Drempel van Hansweert



Figuur 2.3 Vakindeling baggervak Drempel van Hansweert

Drempel v Hansweert

Sedimentatie
29 sep - 5 okt 1995
+ baggervak

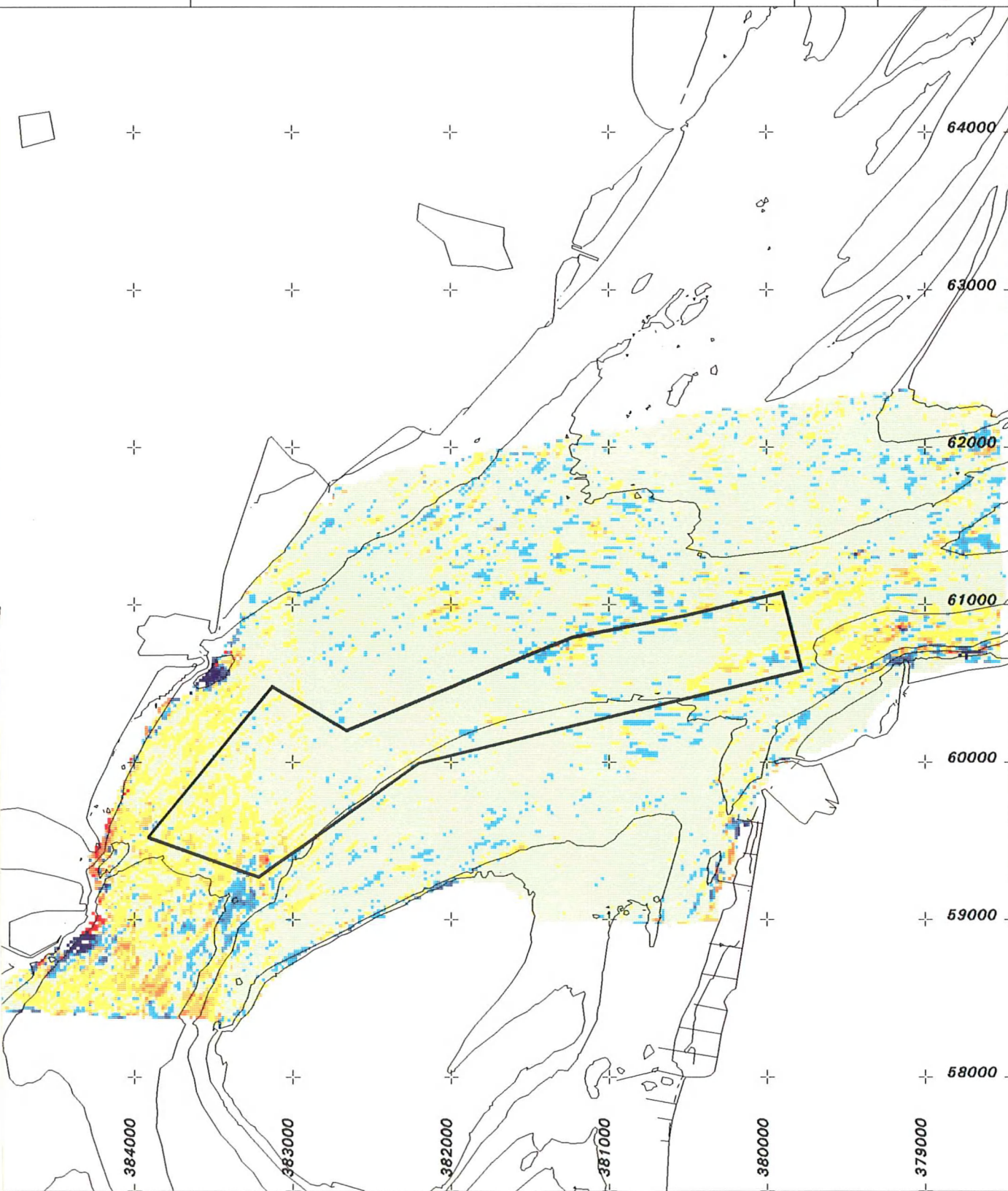
Legenda
meters



Schaal: 1:35.000

Verdiep

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat



Figuur: 3.1

Drempel v Hansweert

Sedimentatie
5 - 12 okt 1995
+ baggervak

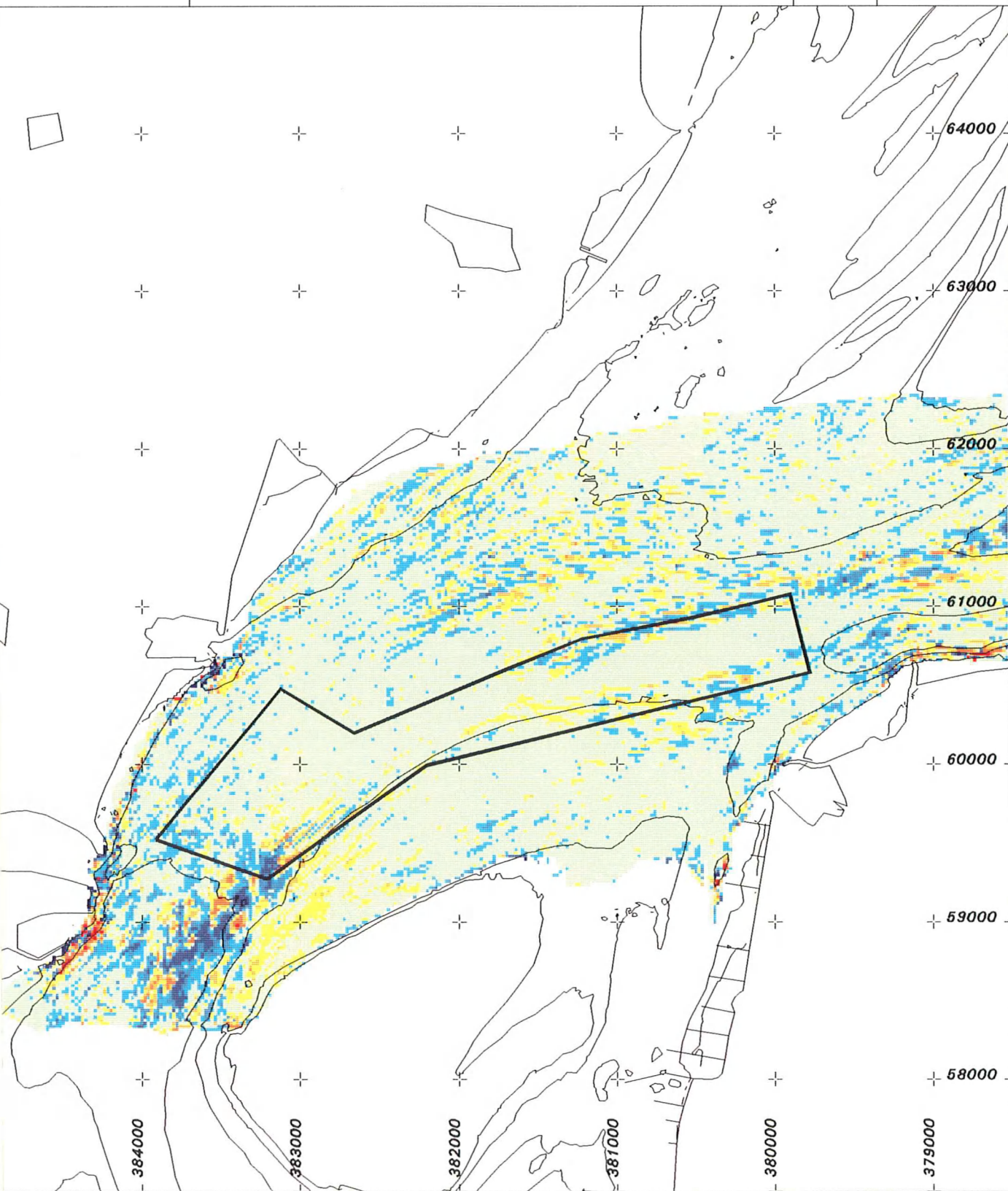
Legenda
meters



Schaal: 1:35.000

Verdiep

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat



Figuur: 3.2

Drempel v Hansweert

Sedimentatie
12 - 19/20 okt 1995
+ baggervak

Legenda
meters

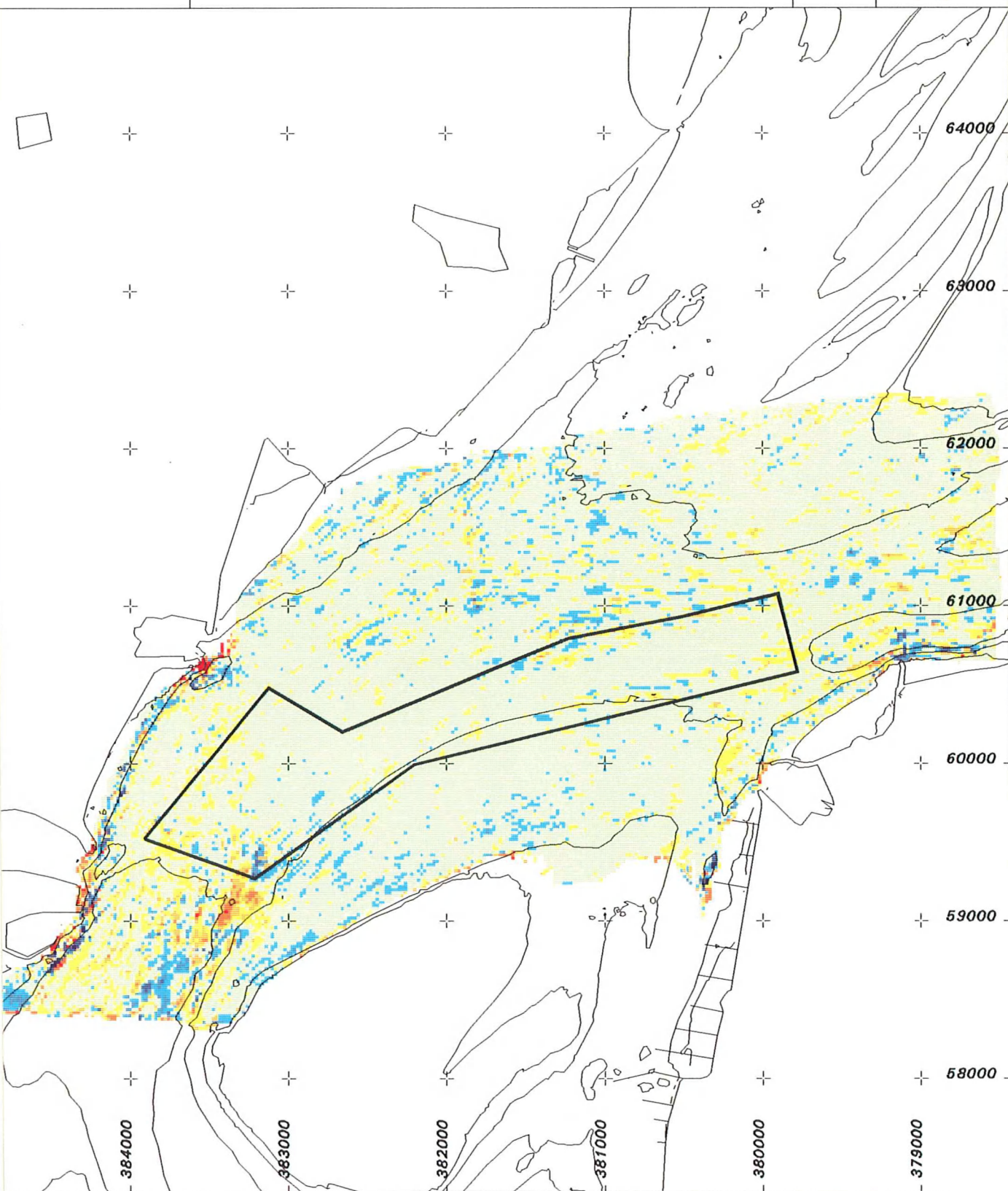


Schaal: 1:35.000

Verdiep



Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat



Figuur: 3.3

Drempel v Hansweert

Sedimentatie
19/20 - 26 okt 1995
+ baggervak

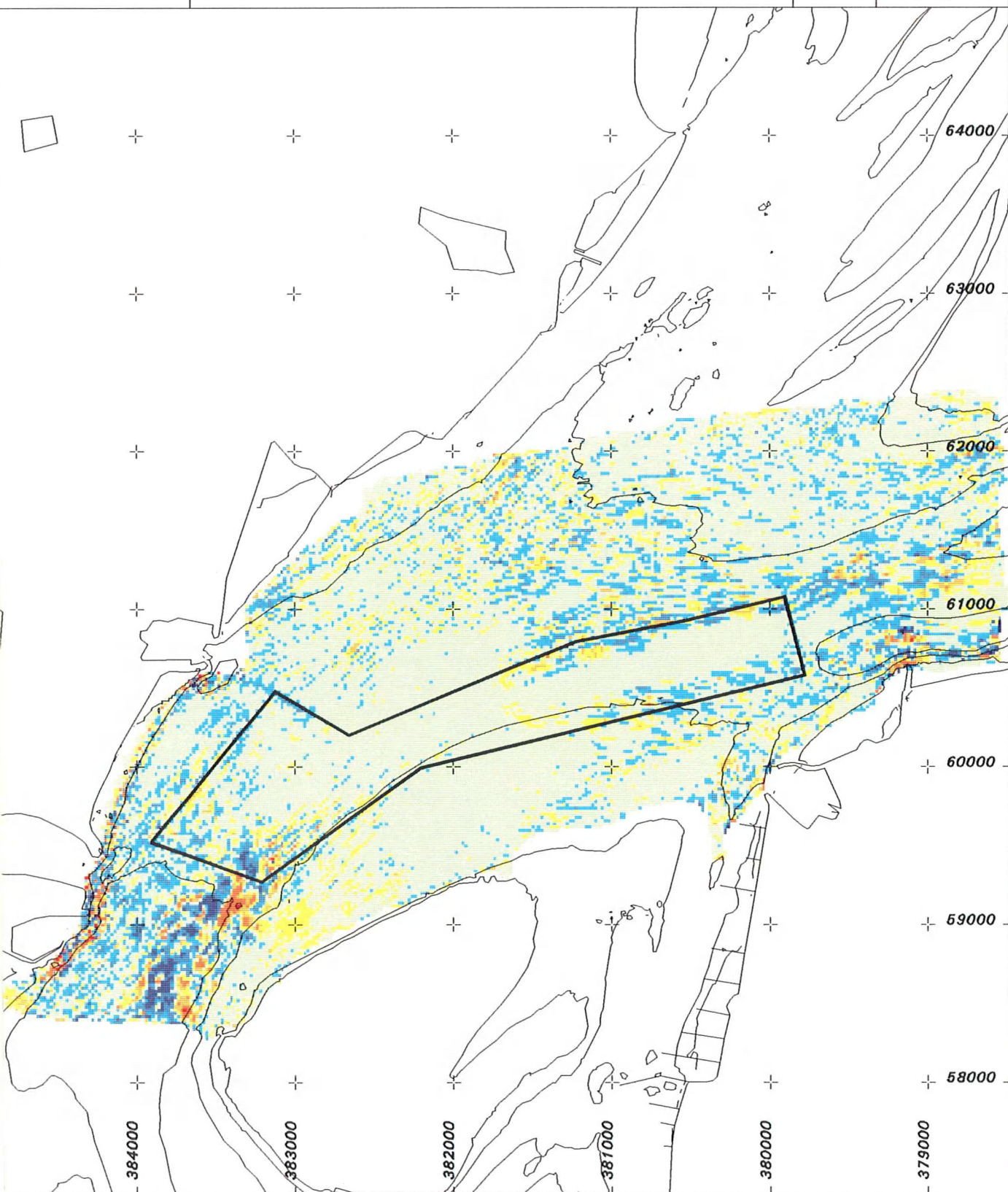
Legenda
meters



Schaal: 1:35.000

Verdiep

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat



Figuur: 3.4

Drempel v Hansweert

Sedimentatie
29 sep - 26 okt 1995
+ baggervak

Legenda
meters

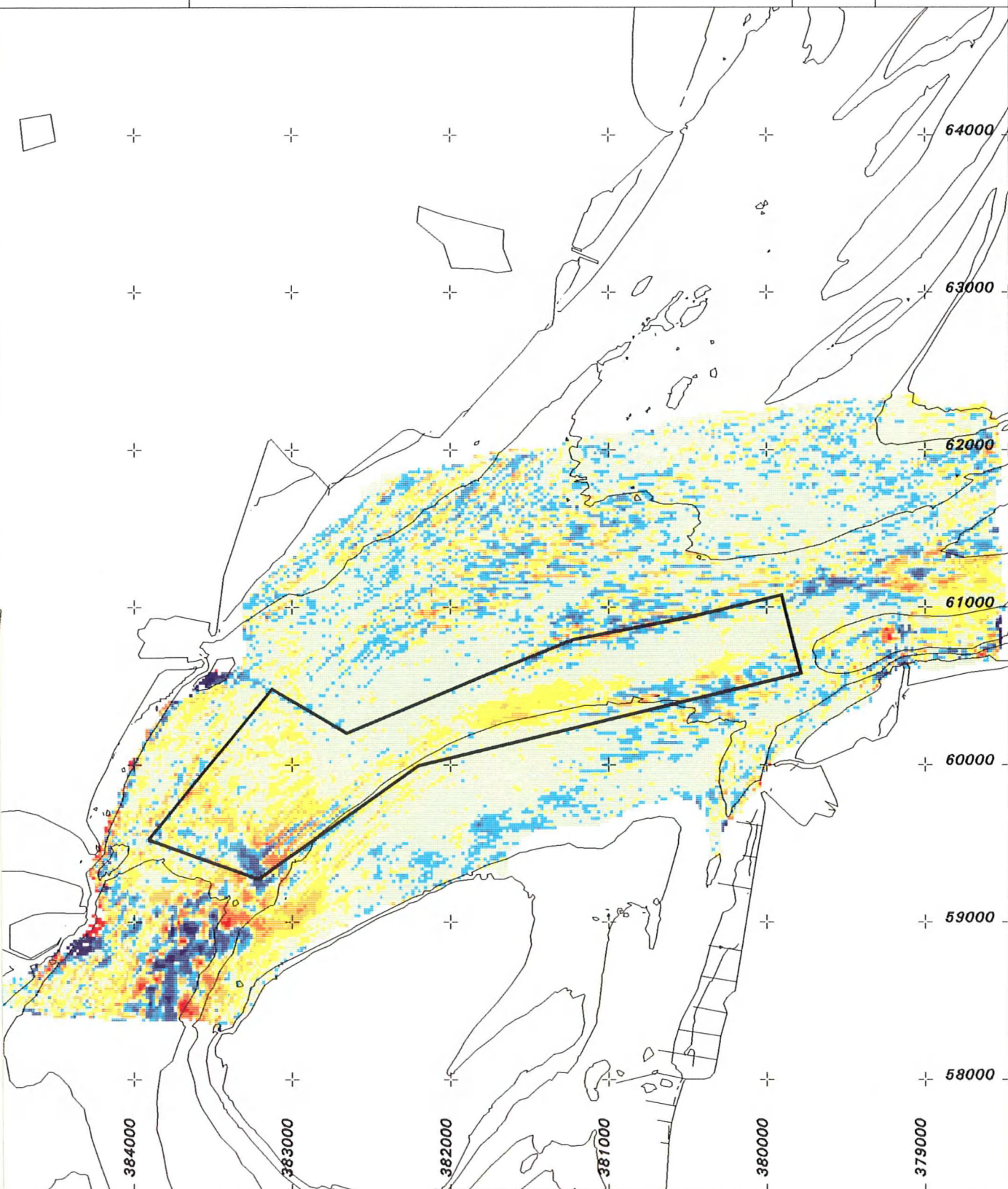
11.62 t/m 2.51
2.5 t/m 1.01
1 t/m 0.51
0.5 t/m 0.21
0.2 t/m -0.19
-0.2 t/m -0.49
-0.5 t/m -0.99
-1 t/m -2.49
-2.5 t/m -12.67



Schaal: 1:35.000

Verdiep

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat



Figuur: 3.5

Drempel v Hansweert

Sedimentatie
1994 - 1995
+ baggervak

Legenda
meters

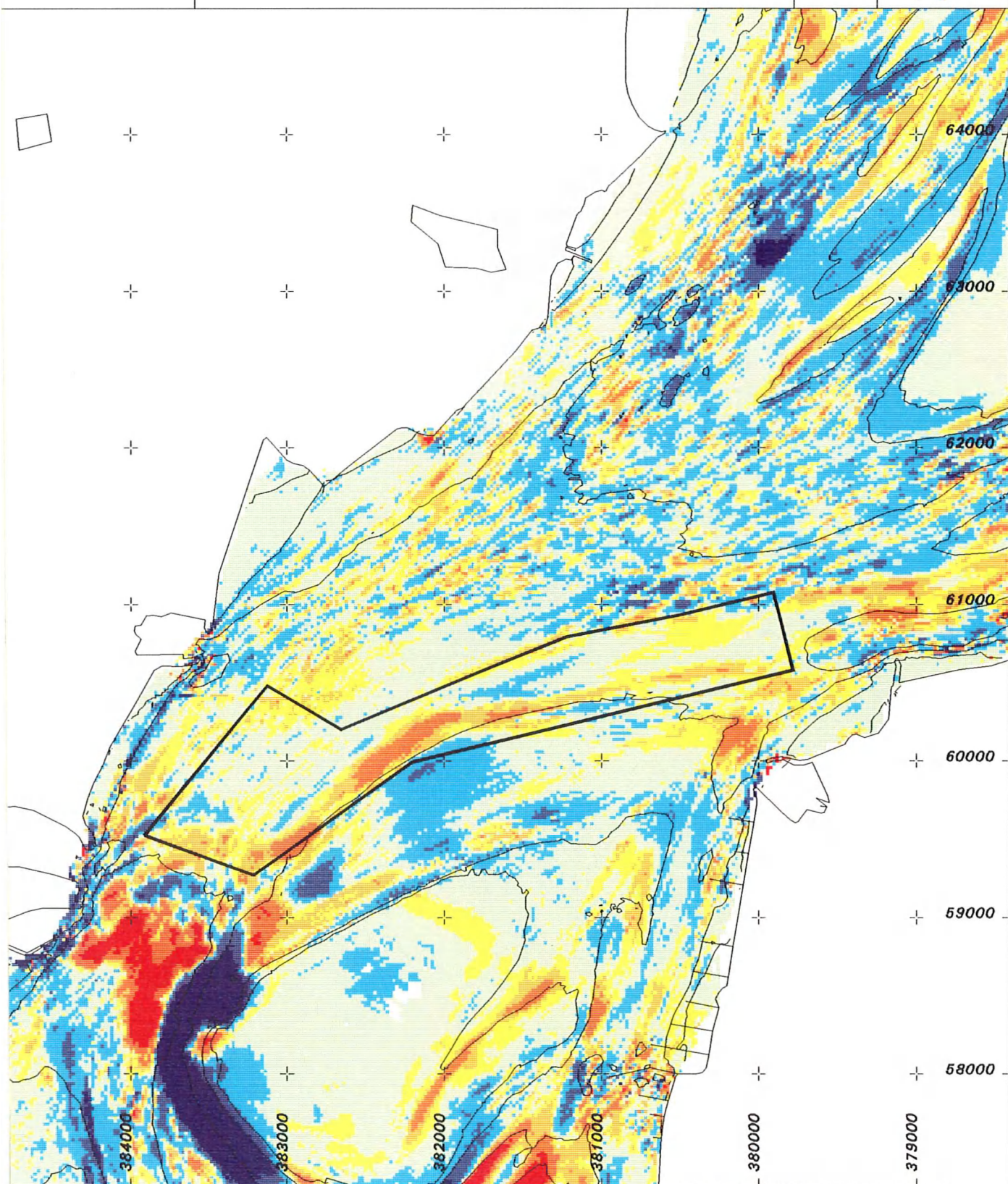
10.94 t/m 2.51
2.5 t/m 1.01
1 t/m 0.51
0.5 t/m 0.21
0.2 t/m -0.19
-0.2 t/m -6.01
-1 t/m -2.49
-2.5 t/m -18.11



Schaal: 1:35.000

Verdiep

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat

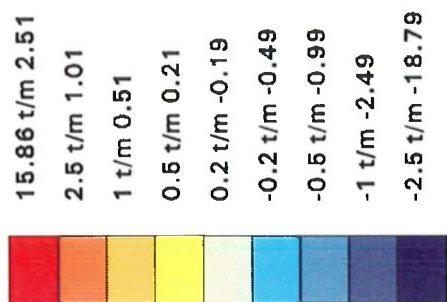


Figuur: 3.6

Drempel v Hansweert

Sedimentatie
1990 - 1996
+ baggervak

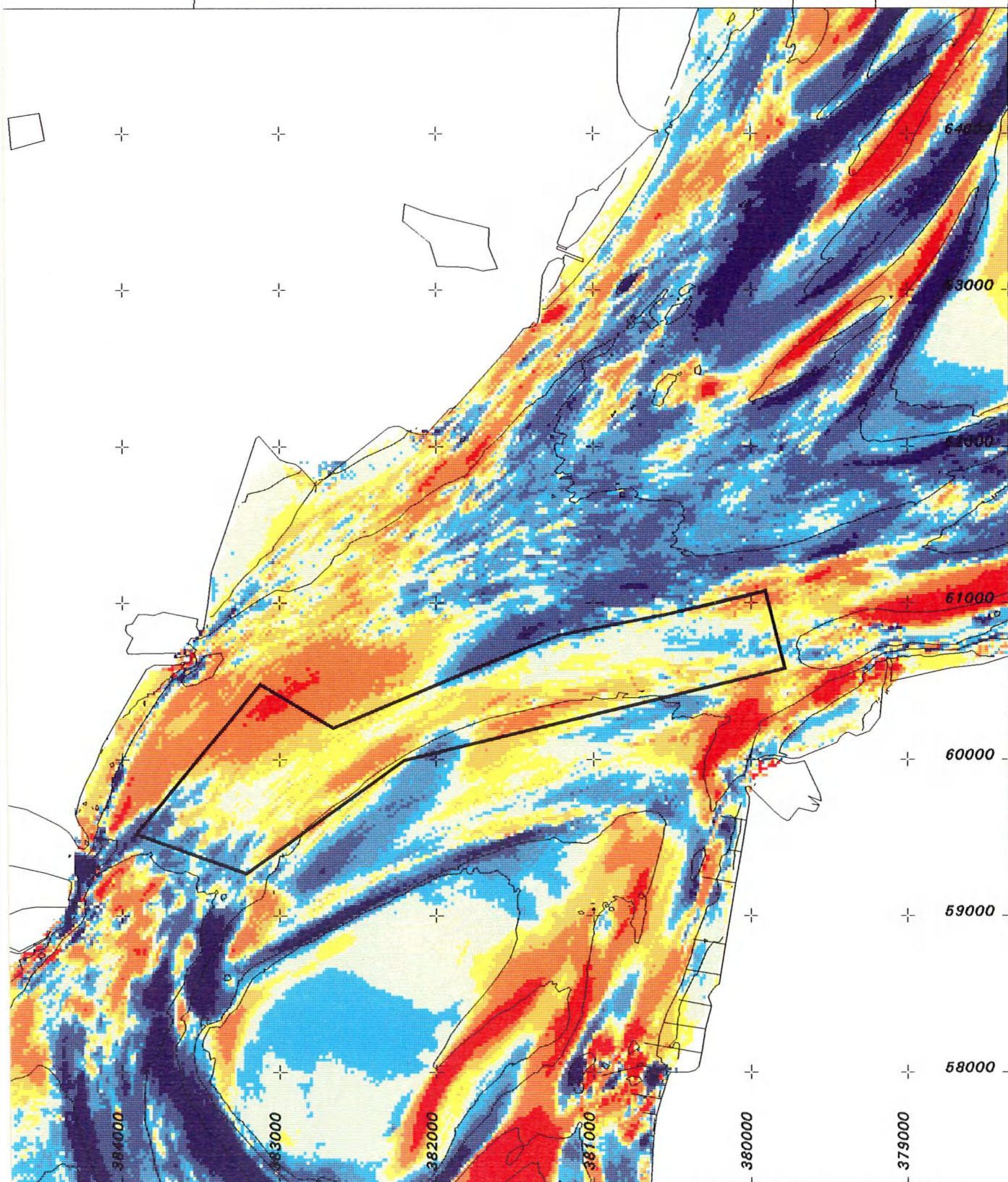
Legenda
meters



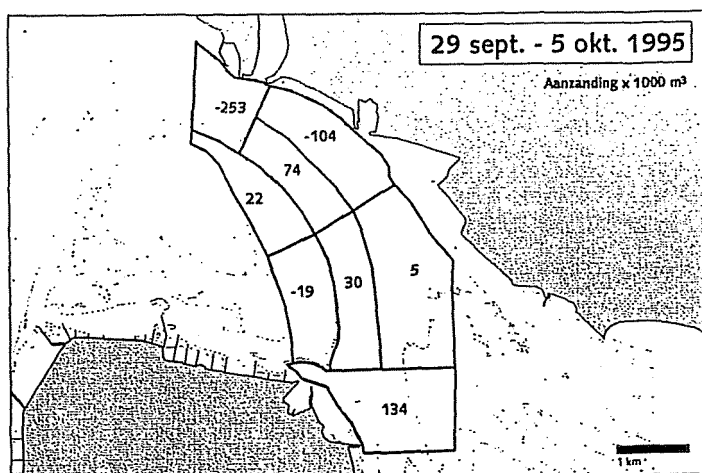
Schaal: 1:35.000

Verdiep

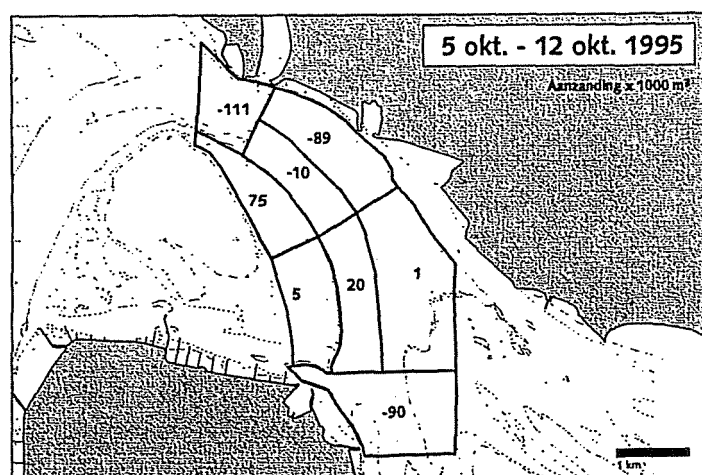
Rijksinstituut voor Kust en Zee
Rijkswaterstaat



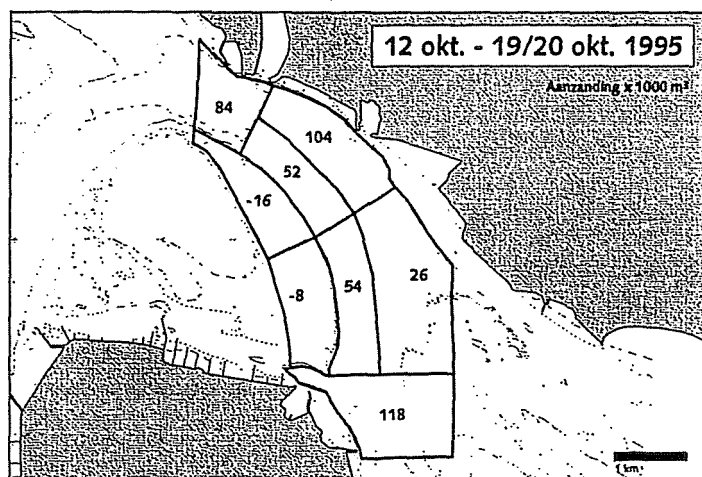
Figuur: 3.7



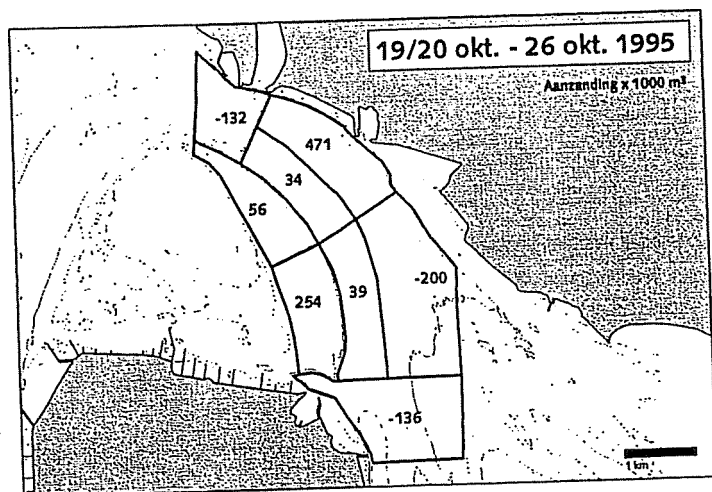
Figuur 3.8 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 29 september - 5 oktober 1995



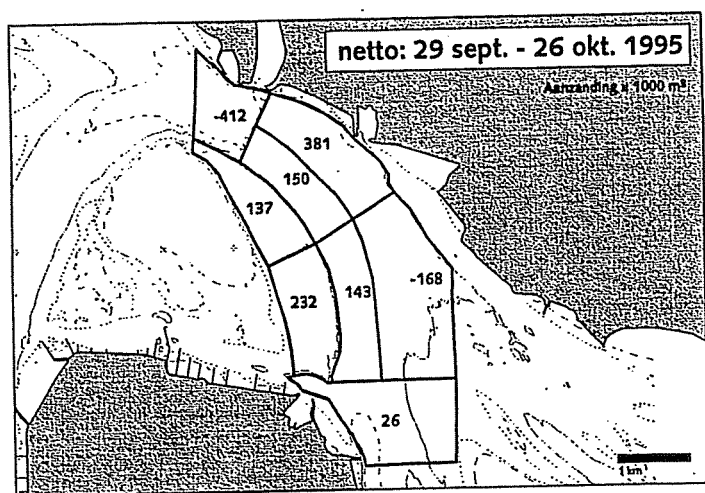
Figuur 3.9 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 5 - 12 oktober 1995



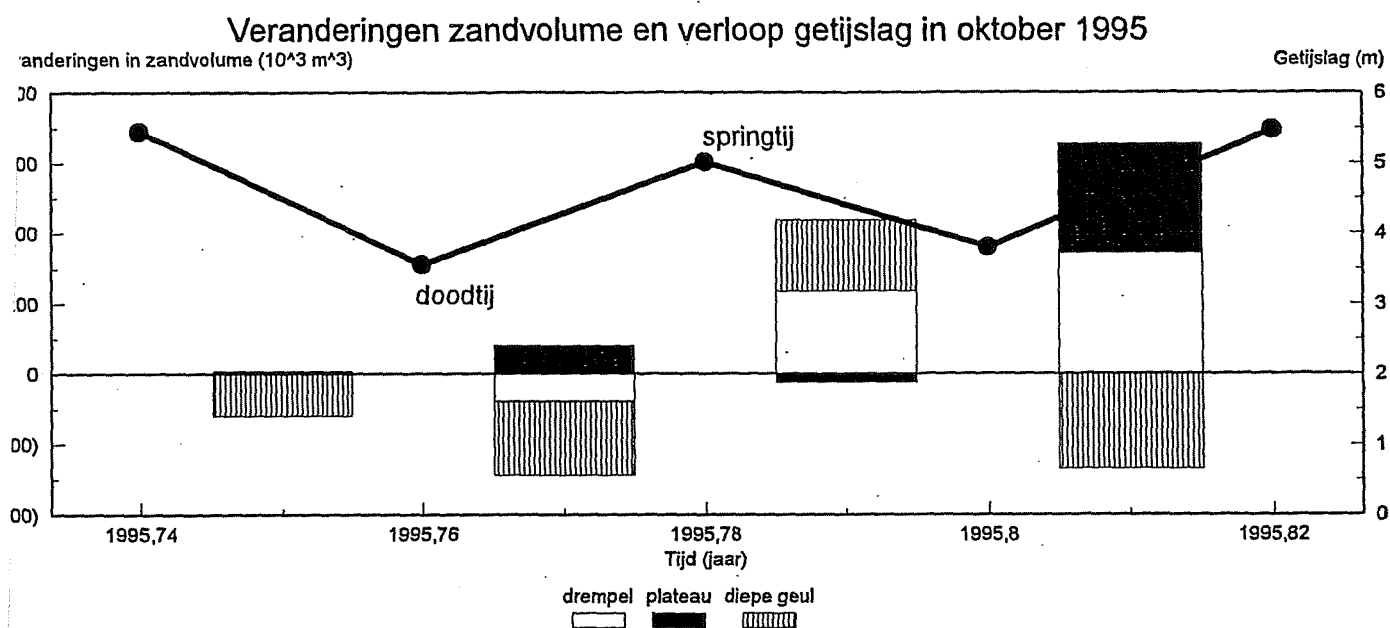
Figuur 3.10 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 12 - 19/20 oktober 1995



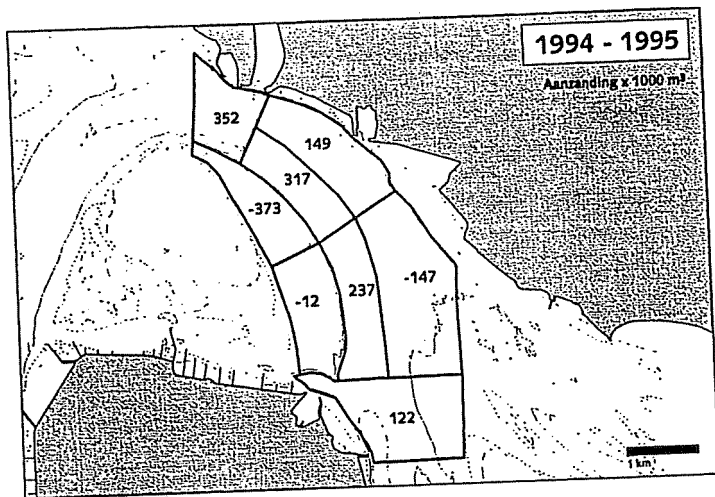
Figuur 3.11 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 19/20 - 26 oktober 1995



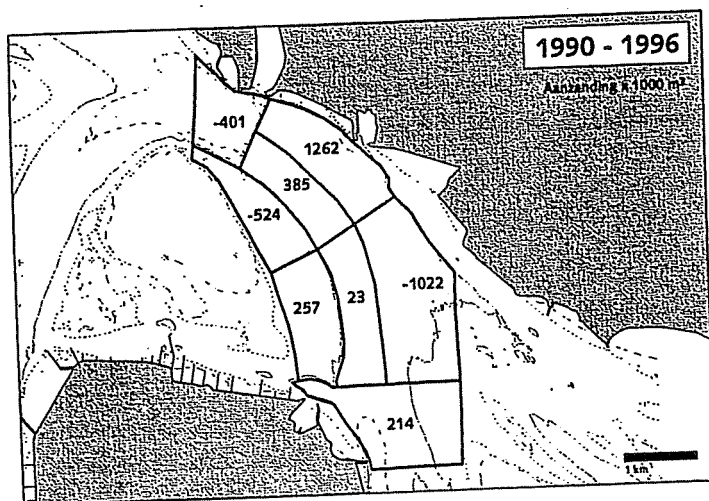
Figuur 3.12 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 29 september - 26 oktober 1995



Figuur 3.13 Veranderingen zandvolume en verloop getijslag in oktober 1995

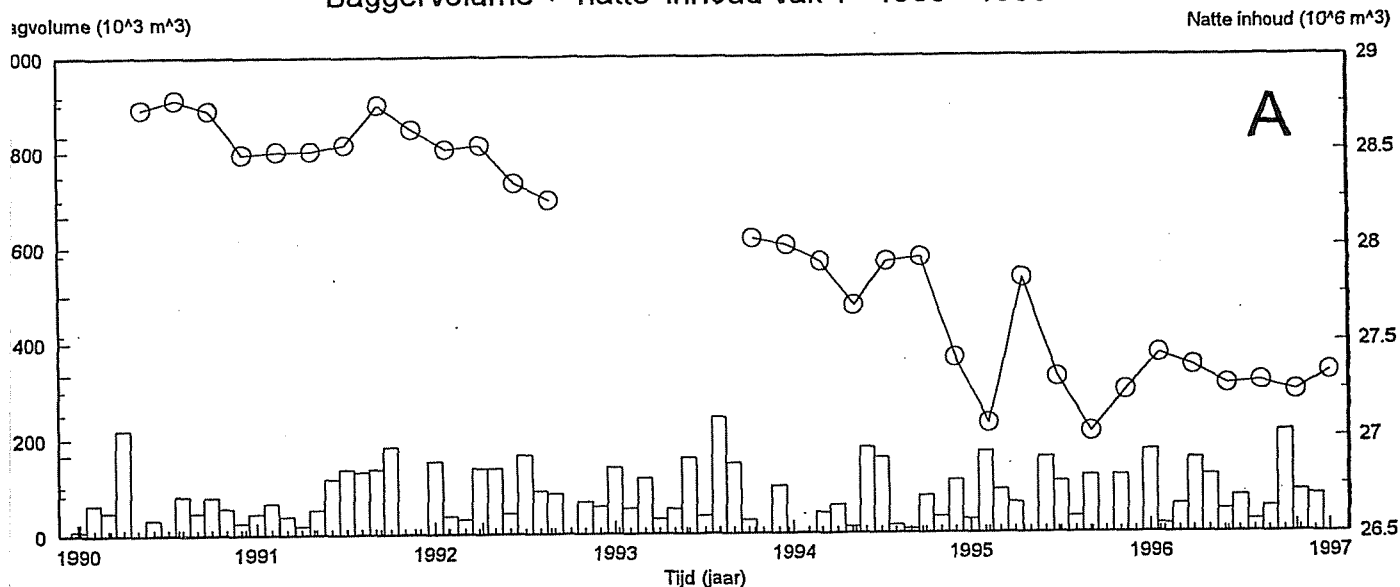


Figuur 3.14 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 1994 - 1995

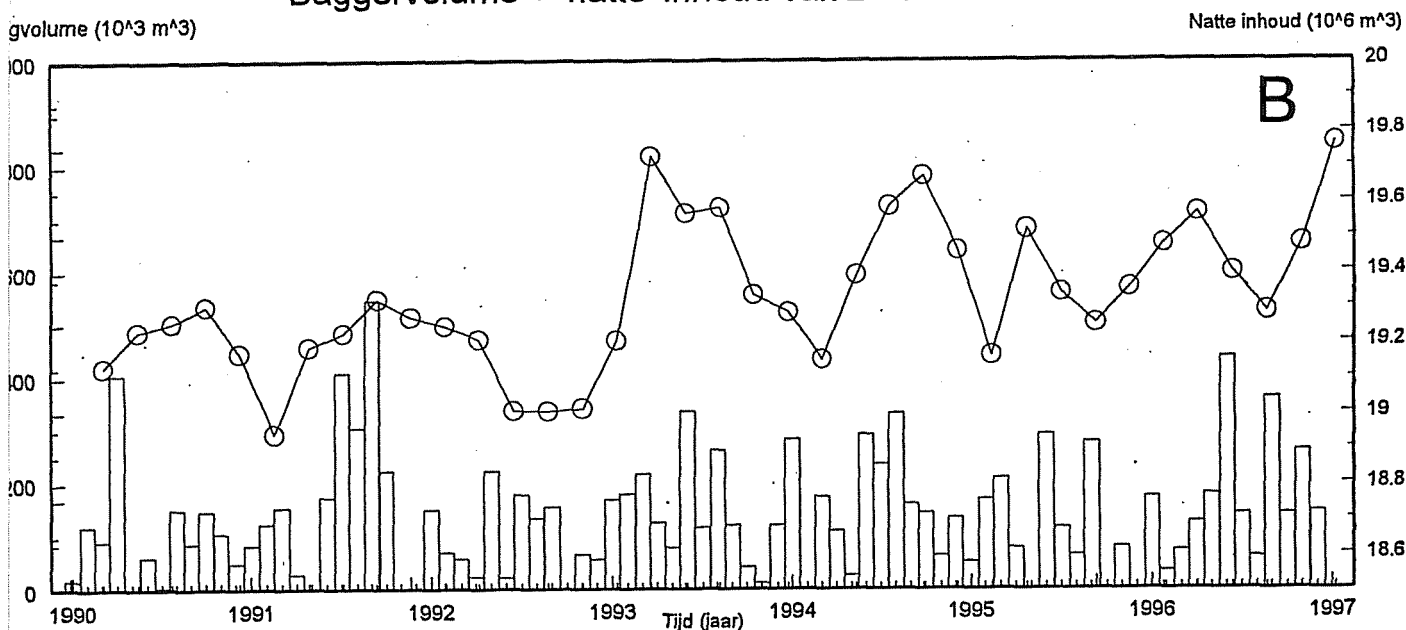


Figuur 3.15 Drempel van Hansweert. Morfologische zandbalans 1990 - 1996

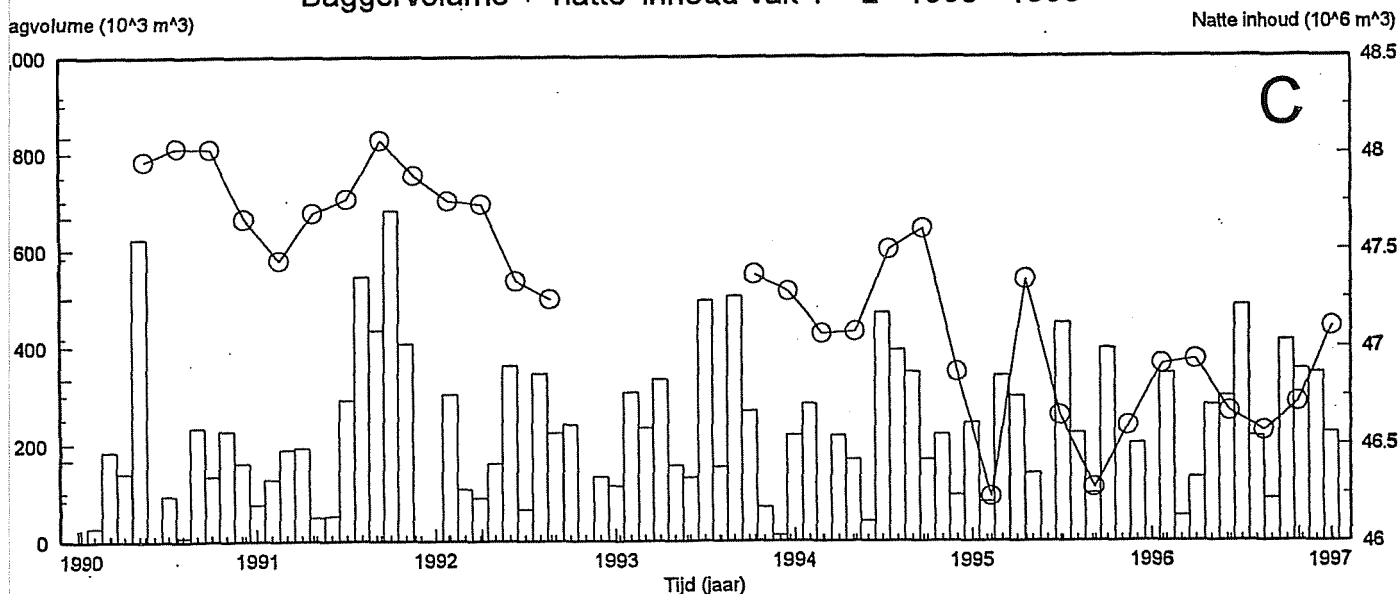
Baggervolume + 'natte' inhoud vak 1 1990 - 1996



Baggervolume + 'natte' inhoud vak 2 1990 - 1996



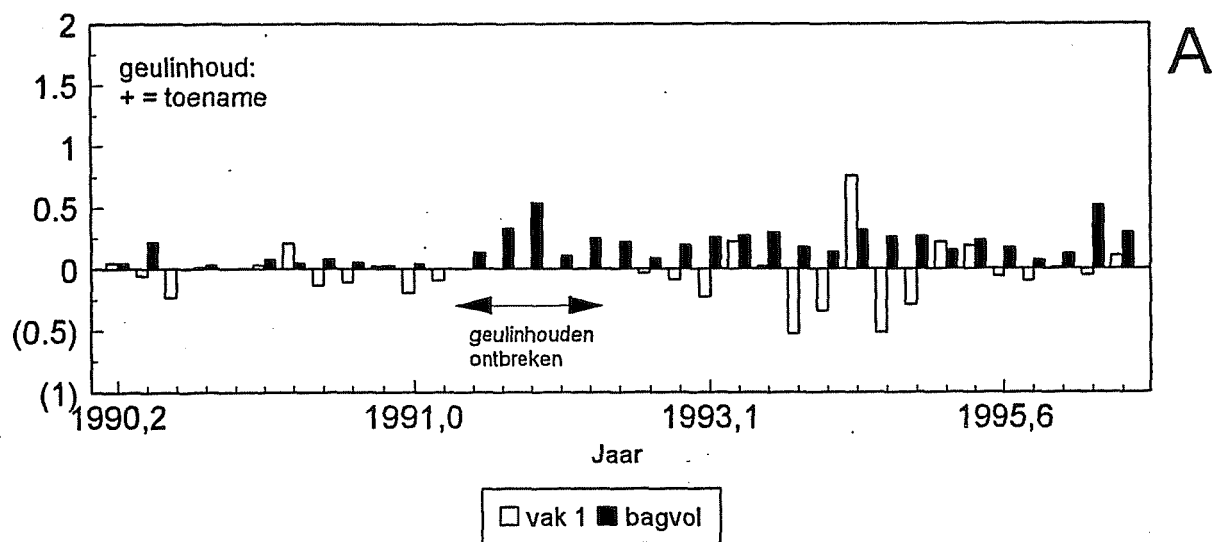
Baggervolume + 'natte' inhoud vak 1 + 2 1990 - 1996



Figuur 3.16 Verloop op de Drempel van Hansweert tussen 1990 en 1996 van het baggervolume en de 'natte' inhoud onder NAP van vak 1, vak 2 en vak 1 en 2 gesommeerd.

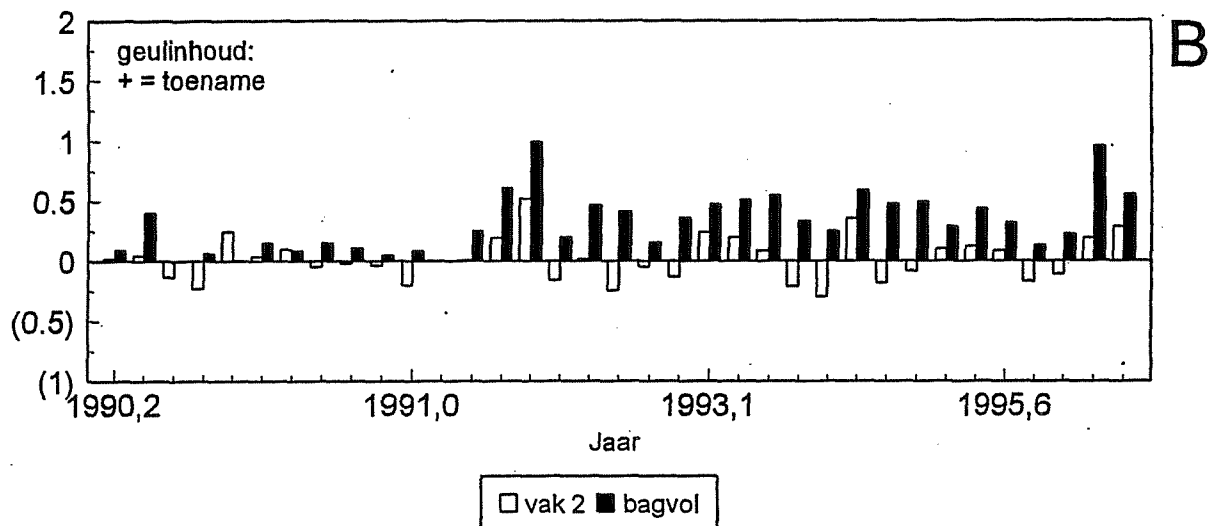
Cumulatieve baggervolumina en veranderingen geulinhoud vak 1

Volume (10^6 m^3)



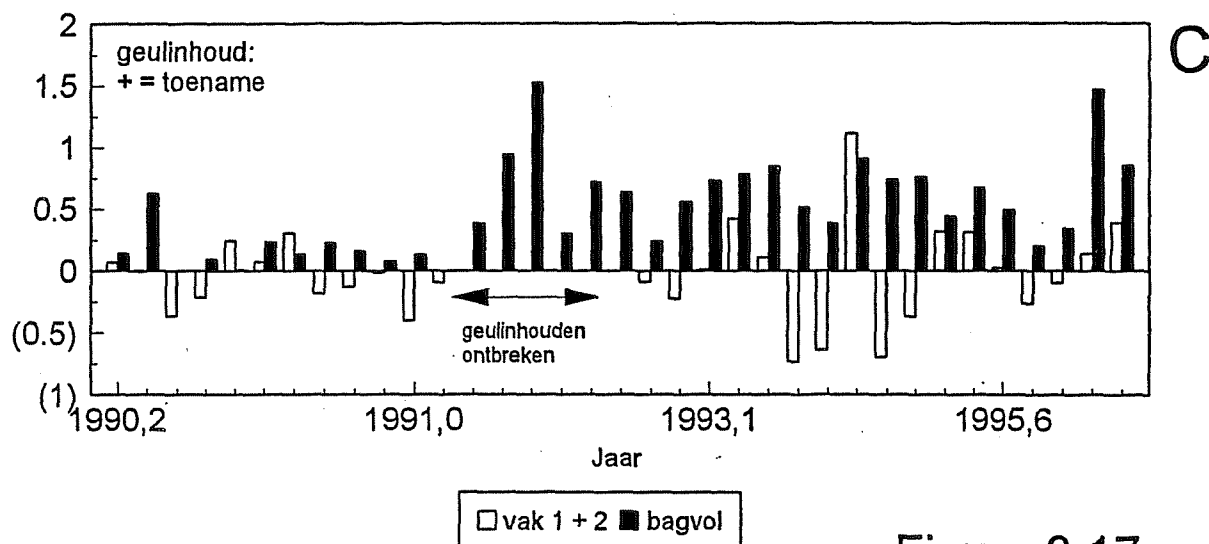
Cumulatieve baggervolumina en veranderingen geulinhoud vak 2

Volume (10^6 m^3)



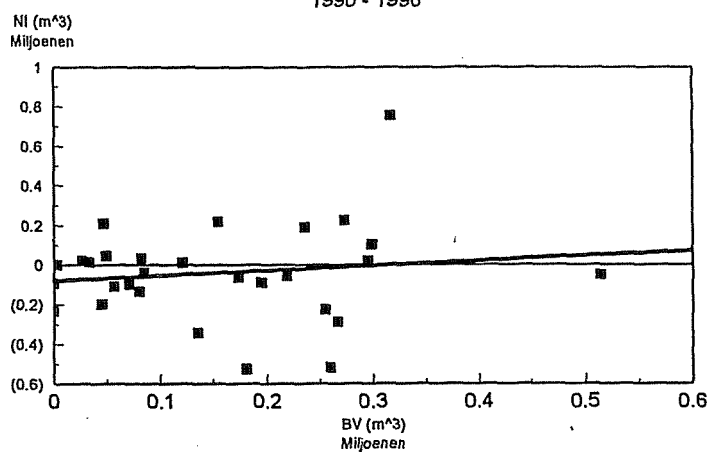
Cumulatieve baggervolumina en veranderingen geulinhoud vak 1 + 2

Volume (10^6 m^3)



Figuur 3.17

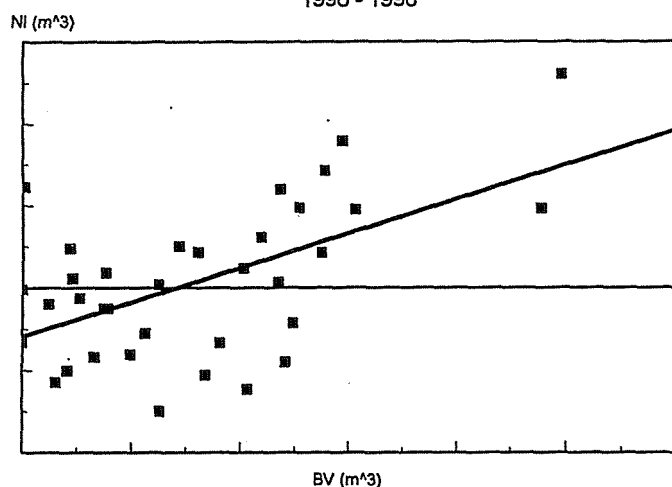
Vak 1. Verandering baggervolume (BV) vs verandering natte inhoud (NI)
1990 - 1996



$R^2 = 0.02$
 $n = 29$
 $NI = 0.25BV - 79998$

A

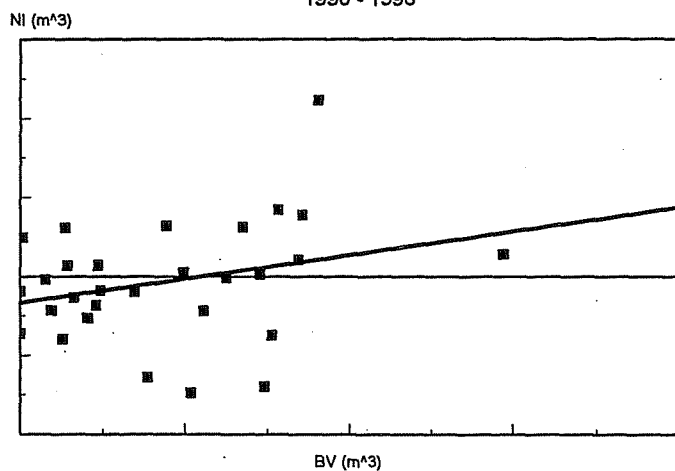
Vak 2. Verandering baggervolume (BV) vs verandering natte inhoud (NI)
1990 - 1996



$R^2 = 0.31$
 $n = 35$
 $NI = 0.42BV - 119525$

B

Vak 1+2. Verandering baggervolume (BV) vs verandering natte inhoud (NI)
1990 - 1996



$R^2 = 0.08$
 $n = 29$
 $NI = 0.30BV - 166464$

C

Figuur 3.18 Verband tussen baggervolumina en geulinhoud.
1990 - 1996

Bijlagen

Bijlage A

Bijlage A.1

Drempel van Hansweert ¹			Uitbreiding	
Datum	Code		Datum	Code
1990	6/8 februari	02.16.P.90.01	niet gelood	
	23 maart	02.16.P.90.02	30 maart	03.64.P.90.01
	18 april	02.16.P.90.03	19 april	03.64.P.90.02
	14/16 mei	02.16.P.90.04	23/28 mei	03.64.P.90.03
	14 juni	02.16.P.90.05	13 juni	03.64.P.90.04
	5 juli	02.16.P.90.06	9/10 juli	03.64.P.90.05
	2 augustus	02.16.P.90.07	2 augustus	03.64.P.90.06
	3 september	02.16.P.90.08	3/4 september	03.64.P.90.07
	9 oktober	02.16.P.90.09	9 oktober	03.64.P.90.08
	19/20 november	02.16.P.90.11	20 november	03.64.P.90.10
	13 december	02.16.P.90.12	12 december	03.64.P.90.11
1991	8 januari	02.16.P.91.01	9 januari	03.64.P.91.01
	7 februari	02.16.P.91.02	8 februari	03.64.P.91.02
	4 maart	02.16.P.91.03	8 maart	03.64.P.91.03
	19 april	02.16.P.91.04	niet gelood	
	29 augustus	02.16.P.91.05	niet gelood	
	12 november	02.16.P.91.06	niet gelood	

Tabel Overzicht (drie-) maandelijks detailloodingen op de Drempel van Hansweert: 1990 - 1996

Opmerkingen: ¹ Vanaf detailmeting 02.16.P.92.03 maakt de uitbreiding onderdeel uit van het standaarddetaillooding van de Drempel van Hansweert

Bijlage A.2

Drempel van Hansweert ¹			Uitbreiding	
Datum		Code	Datum	Code
1992	26 februari	02.16.P.92.04	niet gelood	
	1 juni	02.16.P.92.04	niet gelood	
	1/2 september	02.16.P.92.04		
	16/17 november	02.16.P.92.04		
1993	16/17 februari	02.16.P.93.01		
	27 mei	02.16.P.93.02		
	24/25 augustus	02.16.P.93.03		
	15/16 november	02.16.P.93.04		
1994	1/2 februari	02.16.P.94.01		
	17/18 mei	02.16.P.94.02		
	17/18 augustus	02.16.P.94.03		
	28/30 november	02.16.P.94.04		
1995	22/23 maart	02.16.P.95.01		
	10/11 mei	02.16.P.95.02		
	21 augustus	02.16.P.95.03		
	19/20 oktober	02.16.P.95.04		
1996	25/26 januari	02.16.P.96.01		
	3/4 maart	02.16.P.96.02		
		02.16.P.96.03		
		02.16.P.96.04		

Tabel (vervolg)

Overzicht (drie-) maandelijks detailleringen op de Drempel van Hansweert: 1990 - 1996

Opmerkingen:

¹ Vanaf detailmeting 02.16.P.92.03 maakt de uitbreiding onderdeel uit van het standaarddetailleding van de Drempel van Hansweert