

BODEMHOOGTE ONTWIKKELING VAN HET INTERGETIJDGEBIED IN DE WESTERSCHELDE

naar aanleiding van sedimentatie/erosie-plot
metingen in de periode van 1989 tot 1994

Stagerapport
Marijke Ruitenbeek

februari 1995

Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie
Rijksinstituut voor Kust en Zee /RIKZ, Middelburg

INHOUD

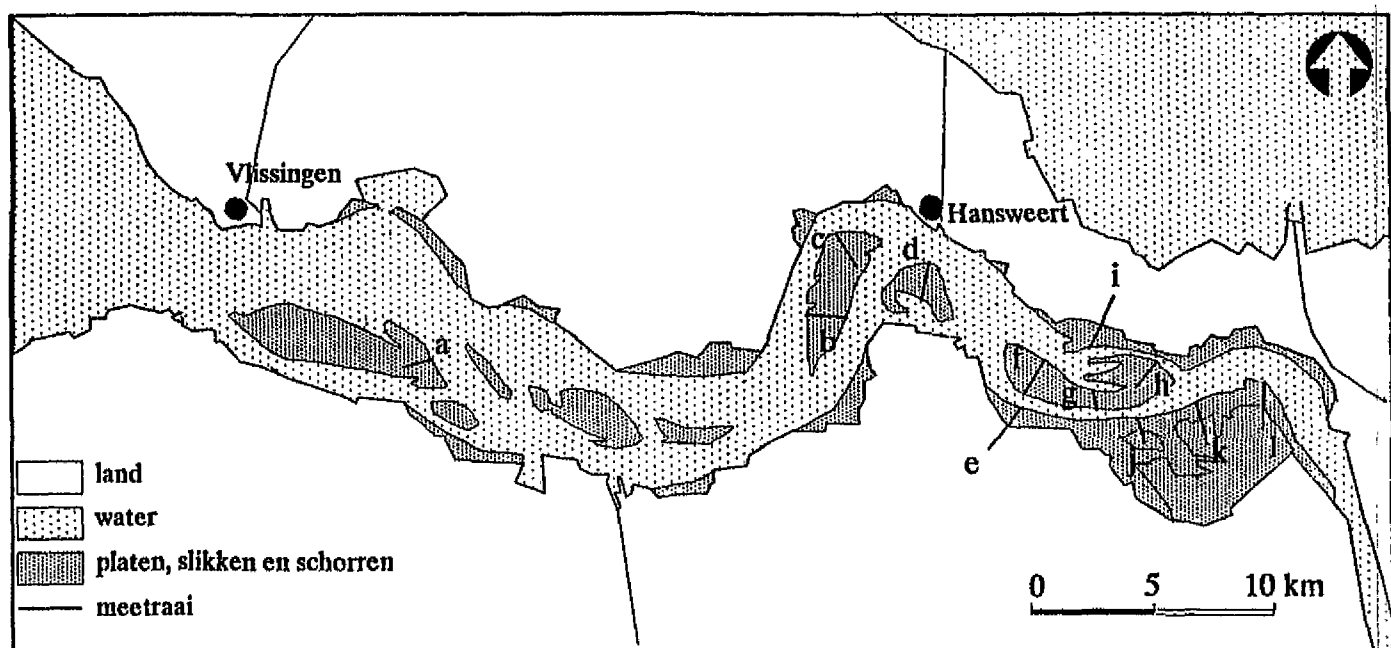
	pagina nummer
VOORWOORD	1
1 INLEIDING	3
2 PLAATONTWIKKELINGEN IN DE WESTERSCHELDE	5
2.1 Inleiding.	5
2.2 Invloed van het getij, de golven en biologische processen op de sedimentatie en erosie in intergetijdegebieden.	5
2.3 Ontwikkelingen van de platen en slikken.	7
3 WERKWIJZE EN BESCHIKBARE GEGEVENS	10
4 BESCHRIJVING PLAATONTWIKKELINGEN '89/'94	15
4.1 Inleiding.	15
4.2 Sedimentatie/erosie-raaien.	15
4.2.1 Hoogespringer.	15
4.2.2 Rug van Baarland.	17
4.2.3 Molenplaat.	17
4.2.4 Platen van Ossenissee.	21
4.2.5 Baalhoek.	24
4.2.6 Valkenisse.	27
4.2.7 Valkenisse-oost.	35
4.2.8 Waarde.	39
4.2.9 Saeftinghe.	39
5 SEDIMENT KARAKTERISTIEKEN	49
5.1 Inleiding.	49
5.2 Resultaten.	49
5.3 Mogelijke oorzaken en verklaringen.	51
5.4 Conclusies.	53
6 DISCUSSIE	55
6.1 Inleiding.	55
6.2 Synthese theoretisch hoofdstuk (2) en beschrijvend hoofdstuk (4).	55
6.2.1 inleiding.	55
6.2.2 platen.	58
6.2.3 slikken.	61
6.2.4 platen versus slikken.	62
6.3 Inventarisatie van enkele meetprogramma's.	63
7 CONCLUSIES	64
LITERATUUR	65
BIJLAGEN	

VOORWOORD

Als student fysische geografie aan de Universiteit van Utrecht heb ik ervoor gekozen om in het laatste jaar van mijn studie een stage te doen. Dit stagerapport is het resultaat van een stage die ik in de periode oktober tot en met december 1994 heb gelopen bij het Rijks Instituut voor Kust en Zee (RIKZ) in Middelburg.

Voor het goed verlopen van de stage en het tot stand komen van dit verslag wil ik de volgende personen en instellingen bedanken:

Erik-Jan Houwing (Universiteit Utrecht) en Kees Storm (RIKZ) voor de begeleiding van mijn stage. Leo Uit den Bogaard (RIKZ) en Karel Hendrikse (RIKZ) voor het maken van de kaartjes met de dieptelijnen. J.H. van den Berg (UU) voor het tussentijds lezen en het geven van suggesties bij mijn verslag. Cees Joosse (Meetdienst) wil ik bedanken voor zijn toelichtingen bij de meetgegevens. Verder wil ik de mensen van de veldmeetdienst van de Meetdienst in Vlissingen, het VCZ in Middelburg en de Meetkundige Dienst in Willemstad bedanken voor het opzoeken en opsturen van gegevens. Tot slot wil ik de bemanning van de Schenge bedanken voor het prettig verlopen van de velddagen.



- | | | |
|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| a- Hoogespringer | d- Platen v. Ossensisse | i- Waarde |
| b- Rug v. Baarland | e- Baalhoek | j,k,l- Saeftinghe |
| c- Molenplaat | f,g,h- Platen v. Valkenisse | |

figuur 1: Ligging van de meetraaien met erosie/sedimentatie-plots in de Westerschelde.

1 INLEIDING

De Westerschelde is het estuarium waar de rivier de Schelde in de Noordzee uitkomt. Volgens Pritchard (van Alphen, 1982) is de definitie van een estuarium: "een half gesloten kustwater in vrije verbinding met de zee, waarin het zeewater meetbaar verdund wordt met water afkomstig van de in het estuarium uitstromende rivieren".

De fysische processen in zo'n estuarien systeem vinden plaats onder invloed van het getij, de rivier, de wind en het sediment. De invloed van de rivier in het Schelde estuarium is gering, gezien de verhouding tussen de inhoud van de Westerschelde ($2800 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ onder NAP) en het gemiddelde vloedvolume bij Vlissingen ($1100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) enerzijds en de gemiddelde rivierafvoer per getijcyclus ($5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) anderzijds (Pieters, 1993). Behalve bovengenoemde fysische processen vinden er in de Westerschelde ook menselijke ingrepen plaats zoals onder andere inpolderingen, bagger- en stortwerkzaamheden. De morfologie in het estuarium wordt beïnvloed door waterbewegingen en sedimentverplaatsingen als gevolg van de fysische processen en menselijke ingrepen.

Om de ontwikkelingen van de platen gedetailleerd te kunnen volgen zijn in 1989 sedimentatie/erosie-raaien aangelegd op verschillende platen in de Westerschelde. De raaien liggen haaks op de plaatranden en bestaan uit verschillende plots. Ter plaatse van deze plots wordt iedere maand de bodemhoogte gemeten. De ligging van de raaien en de namen van de platen waarop de plots liggen staan in figuur 1.

De doelstellingen van deze stage zijn:

Ten eerste het beschrijven van de ontwikkelingen van de intergetijdegebieden in de Westerschelde op basis van sedimentatie/erosie-plot metingen.

Hierbij zal gekeken worden naar de veranderingen per meetraai en per plot over de periode 1989-1994, in relatie tot de ligging van de raai en de ontwikkelingen van de plaat waarop de raai ligt. Ook zal bekeken worden hoe dit past in de grootschalige morfologische veranderingen in de Westerschelde.

Een tweede doelstelling is het verklaren van de waargenomen ontwikkelingen op grond van sedimentatie- en erosieprocessen, rekening houdend met middellange (jaren) en korte termijn (seizoenen) ontwikkelingen.

Tot slot zijn de meetprogramma's van de sedimentatie/erosie-raaien en de sedimentkarakteristieken geëvalueerd. Hieruit volgen een aantal aanbevelingen.

De indeling van het verslag is als volgt:

Hoofdstuk twee is een theoretisch hoofdstuk over de ontwikkeling van de intergetijdegebieden in de Westerschelde. In hoofdstuk drie worden de meetgegevens en de uitgevoerde bewerkingen besproken, de sedimentkarakteristieken worden nader besproken in hoofdstuk vijf. In hoofdstuk vier staan de beschrijvingen van de plaatontwikkelingen op basis van de gegevens over de periode 1989-1994. De beschrijvingen van hoofdstuk vier worden in hoofdstuk zes gecombineerd met de theorie uit hoofdstuk twee. In het tweede deel van hoofdstuk zes worden de meetfrequentie van de sedimentatie/erosie-plot metingen en het meetprogramma van de sedimentmonsters geïnventariseerd. De conclusies staan in hoofdstuk zeven.

2 PLAATONTWIKKELINGEN IN DE WESTERSCHELDE

2.1 INLEIDING.

Voor de ontwikkeling van de intergetijdegebieden in de Westerschelde zijn zowel de ligging van die gebieden als de processen die in die gebieden plaats vinden van belang. De mate waarin een proces, bijvoorbeeld erosie als gevolg van verhoogde golfactiviteit tijdens storm, kan plaatsvinden en de gevolgen die dat heeft voor de morfologie kan daardoor ruimtelijk sterk variëren.

De processen die van belang worden geacht voor de plaat ontwikkeling zijn:

- A de getijstroming.
- B de golven onder invloed van de wind.
- C biologische activiteiten.

Per lokatie geldt dat de invloed van de getijstroming (A) varieert als gevolg van de springtij-doodtij cyclus die twee keer per maand optreedt. Deze variaties treden het hele jaar op zonder relatie met de seizoenen. De invloed van de golven (B) is per lokatie afhankelijk van de windsnelheid en de windrichting. De biologische activiteit (C) is afhankelijk van de watertemperatuur, de lichtintensiteit en -duur en de samenstelling van het bodemsediment, en dus seizoensgebonden. De gevolgen die de verschillende processen op een lokatie hebben is afhankelijk van de ligging en de tijd van het jaar.

Er is ook een ruimtelijke indeling gemaakt:

De intergetijde gebieden liggen in de Westerschelde tussen geul- en schaarsystemen en langs de randen tegen schorren of dijken, deze twee typen worden respectievelijk aangeduid als platen en slikken. Voor beide gebieden kan de volgende onderverdeling gemaakt worden:

- a- gelegen langs de hoofdgeul of langs een schaar of kortsluitgeul.
- b- gelegen langs een binnen- of buitenbocht.
- c- gedomineerd door eb- of vloedgedreven stroming.
- d- relatief vlakke en steile plaatdelen.
- e- expositie ten opzichte van de windrichting tijdens storm.
- f- relatieve hoogte ten opzichte van de rest van de plaat.
- g- relatieve hoogte ten opzichte van optredende waterstanden.

2.2 INVLOED VAN HET GETIJ, DE GOLVEN EN BIOLOGISCHE PROCESSEN OP DE SEDI-MENTATIE EN EROSIE IN INTERGETIJDEGEBIEDEN.

Door het getij worden eb- en vloedstromingen in het estuarium gegenereerd, die verantwoorde-lijk zijn voor het transport van sediment. In de intergetijdegebieden treedt erosie op als de stroming sterk genoeg is, terwijl er sedimentatie optreedt bij voldoende sedimentaanvoer en lage stroomsnelhe-den. Als gevolg van de asymmetrie van het getij is de getijstroming het sterkst tijdens vloed, wat resulteert in grotere sedimenttransporten tijdens de vloed dan tijdens de eb (Anderson, F.E. 1973). Behalve door de sedimenttransportverschillen tussen eb en vloed kan netto sedimentatie op de interge-tijdegebieden optreden doordat gesedimenteerd materiaal blijft liggen omdat er meer energie voor nodig is om het sediment opnieuw in beweging te brengen (erosie) dan om het in beweging te houden. Dit is beschreven als het scour-lag effect en speelt vooral een rol bij relatief fijn, cohesief materiaal, zoals slib. Tijdens springtij is het sedimenttransport bij vloed aanmerkelijk groter dan tijdens doodtij,

dit wordt ook toegeschreven aan stroomsnelheidsverschillen, zoals gemeten in de Oosterschelde (GEOMOR, 1983). De vorm en de sterkte van de getijstroming in de ruimte is afhankelijk van de morfologie en de getijamplitude. De gemiddelde getijamplitude neemt in de Westerschelde toe van west naar oost van 3,8 meter bij Vlissingen tot 4,8 meter bij Bath, bij gemiddelde getijomstandigheden (figuur 1).

Door de aanwezigheid van golven kunnen extra krachten op de bodem uitgeoefend worden. De grootte van deze krachten hangt af van de grootte van de golven en de waterdiepte, en dus van de windkracht, de windrichting en de waterdiepte. Onder grote golven kan bodemmateriaal geresuspendeerd worden en bij aanwezigheid van golf- en/of getijgedreven stroming getransporteerd worden. Stormen komen meestal voor in de periode tussen november en maart (tabel 1), de invloed van golven op erosie en sedimentatie zal dus in die periode het grootst zijn. Uit metingen bij de Galgenplaat (Oosterschelde) (GEOMOR, 1983) blijkt bij aanwezigheid van golven een duidelijke concentratieverhoging van sediment in het water op te treden, zowel bij eb als bij vloed. Deze verhoogde concentraties tijdens extreme golfsituaties zijn groter dan de verhoogde concentraties tijdens een springtij. Vooral bij golven op ondiep water treden hoge concentraties van gesuspendeerd sediment op. De totale invloed van de golven op de sedimentatie is niet alleen afhankelijk van de grootte van de golven ten opzichte van de waterdiepte, maar ook van de duur van de golfwerking. Er blijkt een lineair verband te bestaan tussen de invloed en de duur van de golfwerking (GEOMOR 1983).

Samenvattend kan de invloed van stormen, door de aanwezigheid van golven en getij- en windgedrevenstroming, resulteren in zowel verhoogde erosie als verhoogde sedimentatie. Verhoogde erosie treedt op door de erosieve kracht van golven op ondiep water, terwijl verhoogde sedimentatie optreedt doordat, bij afname van de stroomsnelheid, meer sediment kan worden afgezet als gevolg van de hoge concentraties van gesuspendeerd materiaal. De sterkte van de stroming en de golven hebben ook invloed op de sortering van het sediment, omdat fijner sediment wordt afgezet in rustiger water.

De biologische activiteit beïnvloedt de erosie en sedimentatie in de intergetijdegebieden door versterking van de bodem en bevordering van de sedimentatie. Vergroting van de sterkte van de top-laag van de bodem treedt op door verkitting van het bodemmateriaal door bijvoorbeeld diatomeeënbloei. In de bodem en het water levende dieren kunnen de sedimentatie bevorderen door pelettisatie, dat is de verkitting van sediment in uitwerpselen, waardoor de valsnelheid toeneemt en het sediment sneller wordt afgezet. Deze processen spelen zich vooral af in perioden en op plaatsen waar relatief weinig erosie en sedimentatie optreedt, in de zomer af en bij voorkeur op rustige en slibrijke lokaties. Daardoor zijn de deze processen als gevolg van biologische activiteit vermoedelijk van minder groot belang voor de ontwikkeling van de plaatgebieden in de Westerschelde dan de processen die samenhangen met getijstroming en golven.

Uit literatuur (Andersen, 1983; Bartsch-Winkler & Overshine, 1984) blijkt dat ook andere factoren zoals temperatuur, regen en ijs, afhankelijk van de tijd van het jaar, het sedimentatie/erosieproces in een intergetijde gebied kunnen beïnvloeden. Omdat deze drie factoren in het gebied van de Westerschelde geen extreme, seizoensgebonden, variaties kennen laat ik deze buiten beschouwing.

Op grond van het bovenstaande is de volgende seizoensvariatie te verwachten in de sedimentaire processen in het intergetijdegebied: in de zomer sedimentatie op de platen en erosie langs (vloedgedomineerde) geulen op stroming-geëxponeerde lokaties, en in de winter verhoogde netto erosie op de plaatranden, op plaatsen waar de golven breken, en op delen van de platen. In de winter zal sedimen-

tatie optreden op beschutte plaatdelen en in rustige perioden.

2.3 ONTWIKKELINGEN VAN DE PLATEN EN SLIKKEN.

Er wordt hier onderscheid gemaakt tussen plaatgebieden tussen geulen (platen) en plaatgebieden langs geulen (slikken). Platen worden gekenmerkt door plaatranden aan alle zijden van de plaat, terwijl slikken aan ten minste een zijde worden begrensd door een hoger gelegen gebied.

De ontwikkeling van een gebied wordt bepaald door het relatieve belang van de verschillende processen, dit kan per lokatie en in de tijd sterk verschillen. Belangrijk is hierbij of het hele jaar hetzelfde proces de grootste invloed heeft of dat het relatieve belang van de processen bijvoorbeeld seizoensgebonden is.

De invloed van de ligging op de verschillende processen zal ik hieronder beschrijven aan de hand van de in paragraaf 2.1 gemaakt indeling:

a- Platen en slikken gelegen langs de hoofdgeul of langs een schaar of kortsluitgeul.

In de hoofdgeulen is de waterdiepte groter dan in de scharen en kortsluitgeulen. Als gevolg hiervan zijn hoofdgeulen per getij gedurende langere tijd gevuld met water. Op stroomgeëxponeerde delen van een plaat, waar getijstroming tegen een plaat op stroomt als gevolg van bijvoorbeeld een geulsplitsing, vindt toevoer van sediment op de plaat plaats. De delen van een plaat waar dit plaatsvindt worden gekenmerkt door een 'schild', dat is een veelal hoger gelegen deel met hoogdynamische bodemvormen (megaribbels). Deze schilden komen vaker voor en zijn groter op vloed- dan op ebgedomineerde splitsingspunten. Scharen en kortsluitgeulen hebben een mobieler karakter dan hoofdgeulen, de plaatgebieden langs dergelijke geulen zullen ook een grilliger sedimentatie en/of erosie verloop vertonen.

b- Platen en slikken gelegen langs een binnen- of buitenbocht.

Het verschil in ligging van een lokatie in de binnen of buiten bocht van een geul is direkt terug te voeren op het verschil in stroomsnelheid. In de buitenbocht stroomt het water over het algemeen sneller, heeft het meer kracht en kan het meer sediment bevatten. Het omgekeerde geldt voor een binnenbocht. Sedimenttoevoer in de binnenbocht vindt waarschijnlijk plaats door het ontstaan van een helicoïdale stroming tijdens hoge stroomsnelheden, dus vooral tijdens vloed en maximale ebstroom. Er komen in de Westerschelde slikken in binnenbochten voor waarover het verval groot is, in dergelijke situaties zijn de stroomsnelheden over het slik mogelijk groter over een slik gelegen in een buitenbocht (mondelinge mededeling K. Storm).

c- Platen en slikken gedomineerd door eb- of vloedgedreven stroming.

De ligging ten opzichte van eb- of vloedgedomineerde geultypen bepaalt het getij met de grootste stroomsnelheden en dus de richting van de maximale stroomsnelheid in de geul. Dit betekent echter niet dat op plaatdelen langs vloedgedomineerde geultypen de ribbelvormen altijd vloedgedomineerd zijn, hetzelfde geldt voor plaatdelen langs ebgedomineerde geultypen. Zo kunnen delen van plaatranden langs bijvoorbeeld een vloedgedomineerde geul worden gedomineerd door ebstroming als gevolg van ebschaarwerking, bovendien betekent het dominant zijn van een van beide getijstromingen in de geul niet dat de andere stroomrichting daar ontbreekt.

Mogelijk verlopen sedimentatie en erosie als gevolg van getijstroming op vloedgedomineerde plaatdelen sneller dan op ebgedomineerde plaatdelen, door de hogere stroomsnelheden en sedimentconcentraties tijdens vloed. Bovendien vindt het moment van maximale vloedstroming plaats bij een hogere waterstand dan de maximale ebstroming. In het oostelijk deel vinden de maximale snelheden plaats bij

respectievelijk +2,0 m NAP en +0,5 m NAP (Jeuken, 1992). Deze verschillen zouden ook kunnen verklaren waarom vloedschilden vaker voorkomen en meestal groter zijn dan ebschilden.

d- Verschil tussen relatief vlakke en steile delen van platen en slikken.

De invloed van golven op de platen is afhankelijk van de waterdiepte en van de bodemhelling. De verhouding tussen de golfhoogte en de waterdiepte is bepalend voor de kracht die de golven op de bodem uitoefenen. Als golven breken raken ze energie kwijt die voor een deel wordt omgezet in beweging van bodemsediment. In combinatie met stroming kan dat erosie veroorzaken. Golven breken eerder op een steilere helling. Als golven breken op een steile helling zal de eroderende werking op een relatief klein deel van de plaatrand geconcentreerd worden. Is de helling minder groot, dan zal de invloed per eenheid van oppervlakte minder zijn, maar over een groter oppervlak plaats vinden.

e- Expositie van platen en slikken ten opzichte van de windrichting tijdens storm.

De oriëntatie van een lokatie ten opzichte van een golfveld is van belang omdat de invloed van golven afhankelijk is van de grootte van de golven. De grootte van de golven wordt behalve door de windsnelheid en de waterdiepte ook bepaald door de strijklengte, dat is de lengte waarover een golf heeft kunnen groeien voordat hij op ondieper water komt. Een bepaalde lokatie kan afhankelijk van de windrichting worden beïnvloed door golven of in de luwte van een plaat liggen, dit kan dus per storm verschillen.

f- Relatieve hoogte van platen en slikken ten opzichte van de rest van de plaat.

Behalve de morfologie van de geul en plaatsystemen is ook de morfologie van de plaat zelf van invloed op het stromingspatroon over de plaat en de golfwerking. Het is afhankelijk van de oriëntatie van de lagergelegen delen ten opzichte van de hogergelegen delen en de richting van de stroming en golven of een lagergelegen plaatdeel beschut ligt of juist niet. Lagergelegen geïsoleerde gebieden op een plaat of langs een schorrand liggen beschut voor zowel stroming als golven, zodat daar fijn sediment kan worden afgezet.

g- Relatieve hoogte van platen en slikken ten opzichte van optredende waterstanden.

De relatieve hoogteligging ten opzichte van gemiddeld hoogwater is bepalend voor de overstromingsduur. Tijdens stormen is de optredende waterdiepte van belang vanwege de relatie tussen de golfhoogte en de waterdiepte. Omdat de piek van een storm vaak maar kort is (enkele uren) is van belang op welk moment van de getijcyclus de piek van de storm plaatsvond en hoe groot de set-up als gevolg van de storm op dat moment was.

Omdat een intergetijdegebied, zowel langs de plaatrand als dwars over de plaat, altijd in meerdere typen van de hierboven besproken indeling valt is de ontwikkeling van de intergetijdegebieden lokaal variabel.

Algemeen kan worden gesteld dat het afhankelijk is van de ligging van een lokatie of de bodemhoogte-ontwikkeling op zo'n lokatie gedomineerd wordt door getijstroming, door golfwerking of door een combinatie van beide. Wordt een lokatie gedomineerd door getijstroming, dan zal de invloed van golven tijdens stormen ondergeschikt zijn aan de invloed van getijstroming. Golfgedomineerde lokaties zullen sterk worden beïnvloed door golven tijdens storm, daardoor zal het sedimentatie of erosie verloop van zo'n lokatie een gepiekt verloop vertonen afhankelijk van het voorkomen van stormen.

De invloed van bagger- en stortwerkzaamheden is in dit hoofdstuk niet besproken. Dit wil niet zeggen dat deze geen invloed hebben op de plaatontwikkeling. Vanwege het continue karakter van het baggeren in de geulen en het storten op bepaalde plaatlokaties in de periode waarover dit rapport gaat beschouw ik deze als een constante factor.

In hoofdstuk 6 zal gekeken worden in hoeverre de in dit hoofdstuk genoemde relaties tussen ligging en processen zijn terug te vinden in de ontwikkelingen van de plohoogten die in hoofdstuk 4 worden besproken.

3 WERKWIJZE EN BESCHIKBARE GEGEVENS

Sedimentatie/erosie-plot gegevens

Van sedimentatie/erosie-plots langs twaalf raaien in de Westerschelde (figuur 1) zijn sinds april 1989 (Baalhoek, Saeftinghe en delen van Valkenisse sinds september 1990) ongeveer iedere maand de hoogten gemeten. Per plot worden vijftien waarden per keer gemeten, voor de verdere verwerking zijn gemiddelden van de vijftien waarden gebruikt als de plothoogte op dat moment. Sommige plots zijn tijdelijk niet opgemeten, dit kan verschillende oorzaken hebben. De plots kunnen verstoord zijn door kokkelvisserij (vooral op de Rug van Baarland en de Molenplaat), of door sterke erosie of sedimentatie.

Van de plothoogten zijn de volgende grafieken gemaakt:

* De ontwikkeling per plot uitgezet tegen de tijd:

Per raai zijn de plothoogte-ontwikkelingen van alle plots in een grafiek uitgezet. Alleen de lange raaien van Valkenisse (5.2 en 5.3) zijn gesplitst in twee grafieken. De schaal van de x-as en de y-as is voor alle grafieken gelijk, zodat ze onderling vergeleken kunnen worden. De grafieken staan in hoofdstuk 4; figuren 4.1B tot en met 4.6B, 4.6E, 4.7B, 4.8A, 4.9B, E en H.

* Sedimentatie/erosie-intensiteit per dag.

Door het totale hoogteverschil tussen twee metingen te delen door het aantal dagen waarin deze verandering is ontstaan wordt per datum een dag-gemiddelde waarde voor de periode ervoor berekend, dit is een maat voor de intensiteit van de sedimentatie of erosie. Deze waarden zijn in staafdiagrammen uitgezet, in deze staafdiagrammen zijn ook de stormen van windkracht 8 en meer aangegeven zoals gemeten in het Marollegat in de Oosterschelde (zie ook 'windgegevens'). De schalen van de x- en y-as van deze figuren zijn per raai constant, maar kan voor de diverse raaien verschillen. De staafdiagrammen staan in bijlage 1.

Bij de interpretatie van deze grafieken moet er rekening mee gehouden worden dat als de periode tussen twee metingen langer is, de kans dat er achtereenvolgens erosie en sedimentatie zijn opgetreden groter is, waardoor de berekende intensiteit verlaagt. Daarom moeten deze grafieken altijd in combinatie met de grafieken van het plothoogte verloop in de tijd worden bestudeerd.

Als een plot een aantal malen niet is opgenomen dan krijgen al de niet gemeten datums, en de eerstvolgende wel gemeten datum, de waarde van het gemiddelde over de hele periode. Als om deze reden de staven voor een plot een aantal malen even lang zijn wordt er 'verstoord' in de grafieken vermeld om misverstanden bij de interpretatie te voorkomen. Verstoringen kunnen veroorzaakt zijn door kokkelvisserij, door erosie of door het verdwijnen van een plot onder het zand.

* profielen op basis van plothoogten.

Deze profielen zijn gemaakt door van een datum per jaar, voor alle gemeten jaren, de plothoogten van de verschillende plots van een raai met elkaar te verbinden. Deze profielen kunnen snel een beeld geven van de consequenties van individuele plothoogteveranderingen voor het profiel van de raai. De schaal van de profielen is voor alle raaien hetzelfde. De profielen staan in hoofdstuk 4; figuren 4.1C tot en met 4.6C, 4.6F, 4.7C, 4.8B, 4.9C, F en I.

Door het geringe aantal meetpunten zijn deze profielen onnauwkeurig. Voor de werkelijke vorm van de raaien kunnen beter de waterpasprofielen worden gebruikt. Waterpasprofielen zijn echter niet van ieder jaar aanwezig.

Waterpasgegevens langs de plotraaien

Langs de sedimentatie/erosie-plot raaien zijn in 1990 en/of 1991 waterpasraaien opgenomen van plaatrand tot plaatrand. Ook van 1993 zijn de waterpassingen uitgewerkt, om een recent beeld van de vorm van de platen ter plaatse van de raaien te verkrijgen. De precieze vorm van de raaien geeft informatie over de relatieve hoogteligging van plotlokaties ten opzichte van de rest van de raai. De waterpasraai geeft deze informatie natuurlijk alleen in de richting van de raai, de precieze hoogteligging van gebieden direct naast de raai is niet bekend.

De waterpasraaien staan afgebeeld in hoofdstuk 4; figuren 4.1A tot en met 4.6A, 4.6D, 4.7A, 4.9A, D en G.

Lodingskaarten

Van in GIS ingevoerde lodingskaarten van de jaren 1988, 1990 en 1992 zijn per plaatgebied kaarten gemaakt met daarop de NAP-lijn en de NAP -2 meter-lijn. Deze twee diepte lijnen zijn gekozen om voor de hele plaat een beeld te krijgen van de veranderingen in ligging van deze zone, waarin ook de sedimentatie/erosie-raaien liggen. De nauwkeurigheid van deze bestanden is, voor gebieden boven NAP, beperkt door het ontbreken van voldoende meetwaarden voor een nauwkeurige interpolatie en door het feit dat de boot waarmee de lodingen worden uitgevoerd op ondiep water dieper in het water ligt. De grootte van de afwijking als gevolg van de diepteligging van de boot is afhankelijk van de snelheid en de vorm van de boot en van de waterdiepte (Storm, et al., 1994).

Op de kaarten zijn ook de sedimentatie/erosie-raaien aangegeven met de plotlokaties en nummers.

Windgegevens

Voor de periode van 1989 tot en met 1994 is gebruik gemaakt van bestanden met de per 10 minuten gemiddelde windsnelheden, de maximale windsnelheden en de windrichtingen in het Marollegat (Oosterschelde).

Van deze gegevens is een tabel gemaakt van alle perioden met windkracht 6 Bf of meer, met vermelding van de maximale windkracht tijdens zo'n periode (in m/s en Bf), de duur, en de windrichting (tabel 1). Hierbij is gebruik gemaakt van de windklasse-indeling zoals vermeld in de toelichting bij tabel 1. Deze 'Beaufort'-schaal is overgenomen van een figuur in het stagerapport van Krijger (1991). Het VCZ hanteert een andere schaal die overigens weinig blijkt af te wijken van de schaal in tabel 1. In sommige boeken en artikelen worden echter andere klassegrenzen voor 'de' Beaufort-schaal gehanteerd, met verschillen van 0,1 tot 2 m/s per klassegrens.

Van drie stormen die belangrijk lijken te zijn geweest voor de ontwikkeling van de plots heb ik het verloop van de windsnelheid en de windrichting uitgezet in grafieken, die gekombineerd met de gemeten waterstanden inzicht kunnen geven in de verschillende morfologische gevolgen die de stormen hebben gehad (figuur 6.1 tot en met 6.3).

Sedimentkarakteristieken

Sinds 1991 zijn bij alle plots van de sedimentatie/erosie-raaien in de Westerschelde twee keer per jaar bodemonsters gestoken, in het voorjaar (maart) en in het najaar (september), met een bemonsteringsdiepte van 10 cm. De gegevens of de monsters van het najaar van 1991 zijn zoek en zijn dus niet verwerkt. Per monster zijn het slibgehalte, het zandgehalte, 15 zandfracties, het humusgehalte en het kalkgehalte geanalyseerd. In de gegevens is 20 micron gehanteerd als grens van de korrelgrootte tussen zand en slib, deze waarden zijn omgerekend naar de meer gangbare grens van 63 micron.

De gegevens zijn verwerkt tot de volgende grafieken en tabellen:

- * Voor iedere raai is per plot het verloop van het slibgehalte in de tijd weergegeven in een grafiek (bijlage 2). Per plot uitgezet kunnen de gegevens extra informatie bieden bij de bespreking van de plots (hoofdstuk 4).

Onderstaande verwerkingen worden in hoofdstuk 5 uitvoeriger behandeld:

- * Het slibgehalte (< 20 en < 63 micron), het zandgehalte (> 63 micron), het humusgehalte en het kalkgehalte zijn in een correlatiegrafiek tegen elkaar uitgezet. Hierbij is ook de correlatiematrix (Spearman, voor niet normaal verdeelde gegevens) gevoegd (figuur 5.2).

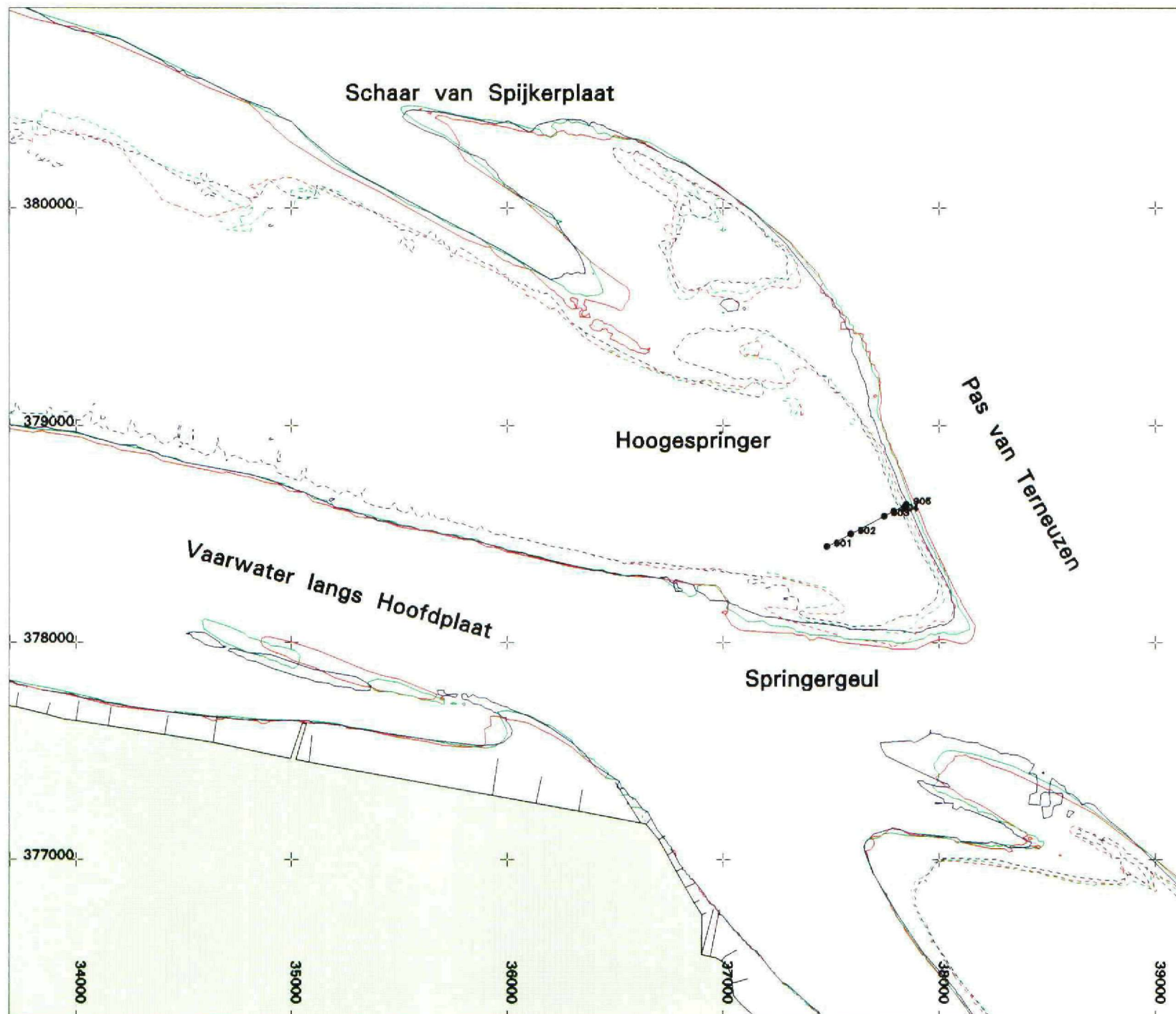
- * Voor alle voorjaars metingen samen en voor alle najaars metingen samen is een tabel gemaakt met beschrijvende statistiek, de volgende statistische waarden zijn berekend: minimum, maximum, gemiddelde, standaarddeviatie en mediane korrelgrootte (tabel 2).

- * Een zelfde tabel is gemaakt voor alle perioden afzonderlijk (tabel 3).

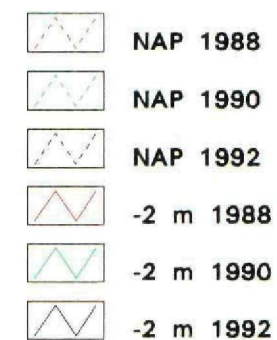
- * De tabel voor de perioden apart is voor de parameters humus en slib inzichtelijk gemaakt door middel van box-whisker plots (figuur 5.3).

Literatuur en al bestaande verwerkingen

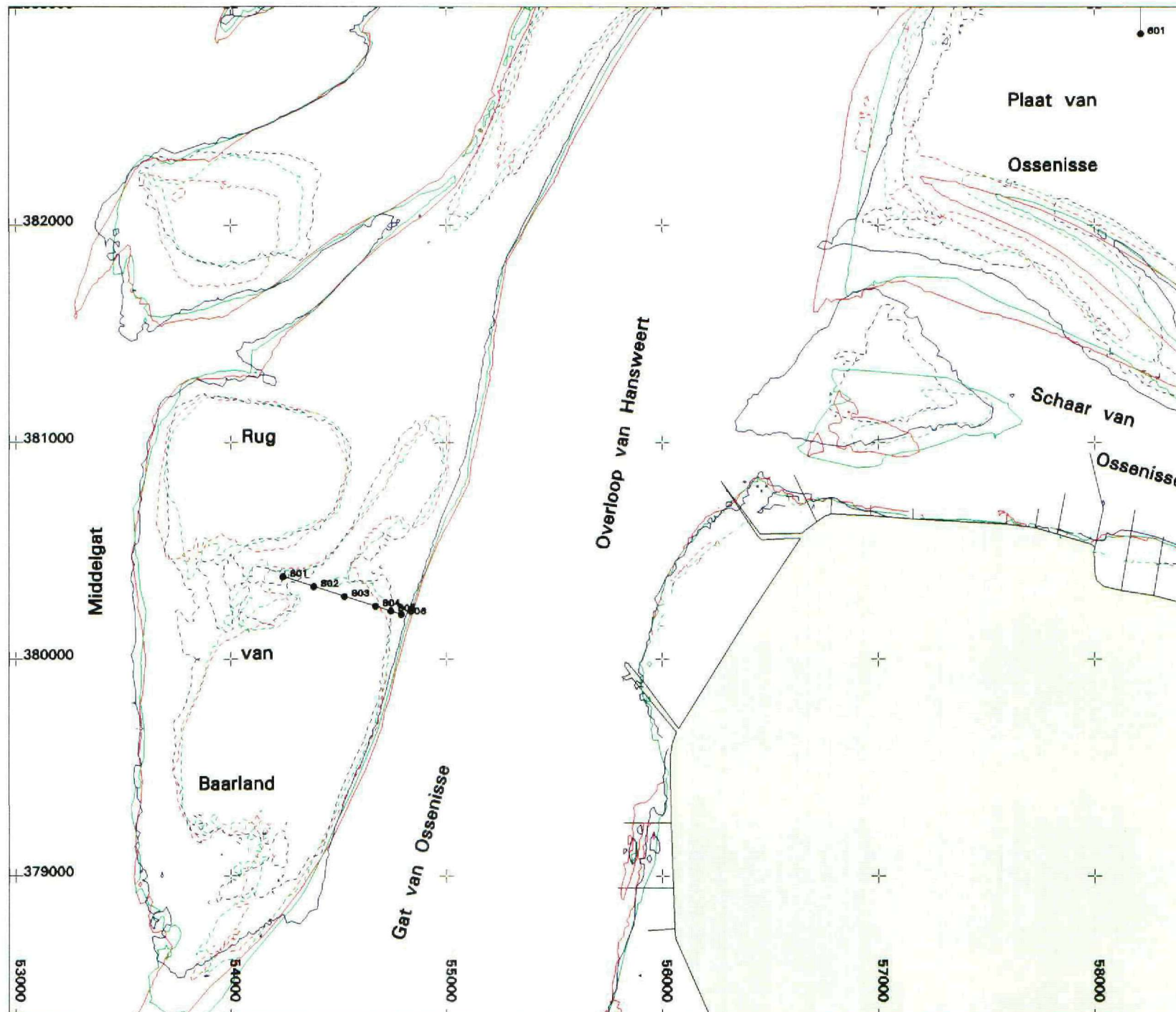
Behalve de bovenstaande gegevens heb ik gebruik gemaakt van bestaande literatuur over processen in intergetijde gebieden in het algemeen en de Zeelandse Delta en de Westerschelde in het bijzonder. Verder heb ik bij de beschrijving gebruik gemaakt van de geomorfologische kaarten van de plaatgebieden in de Westerschelde gemaakt van Huijs (1994).



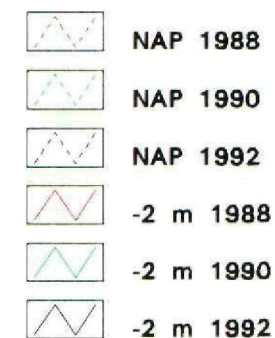
Hoogespringer



Schaal: 1:25.000



Rug van Baarland



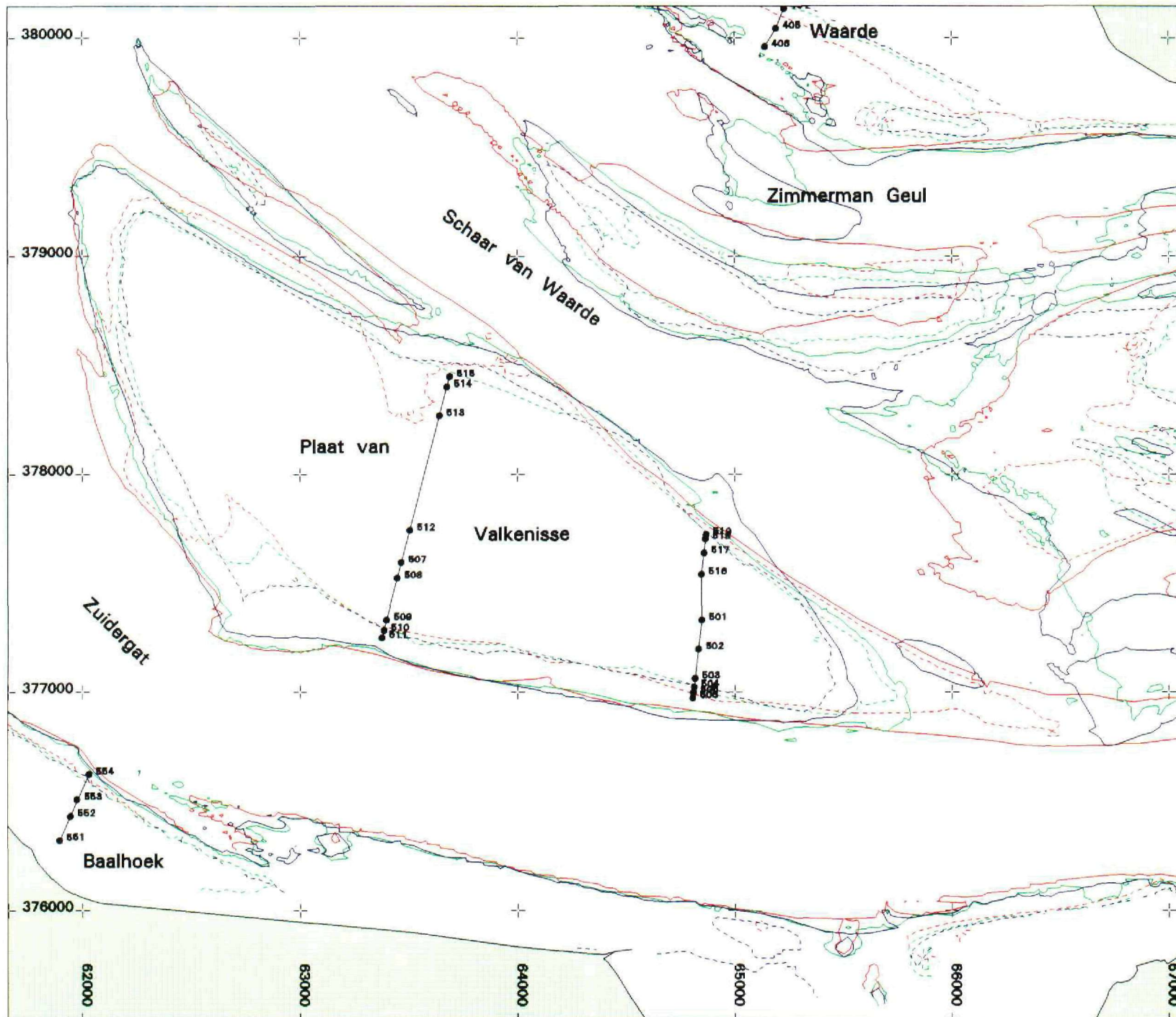
Schaal: 1:25.000



Ossenisse

- NAP 1988
- NAP 1990
- NAP 1992
- 2 m 1988
- 2 m 1990
- 2 m 1992

Schaal: 1:25.000



Valkenisse

-  NAP 1988
-  NAP 1990
-  NAP 1992
-  -2 m 1988
-  -2 m 1990
-  -2 m 1992

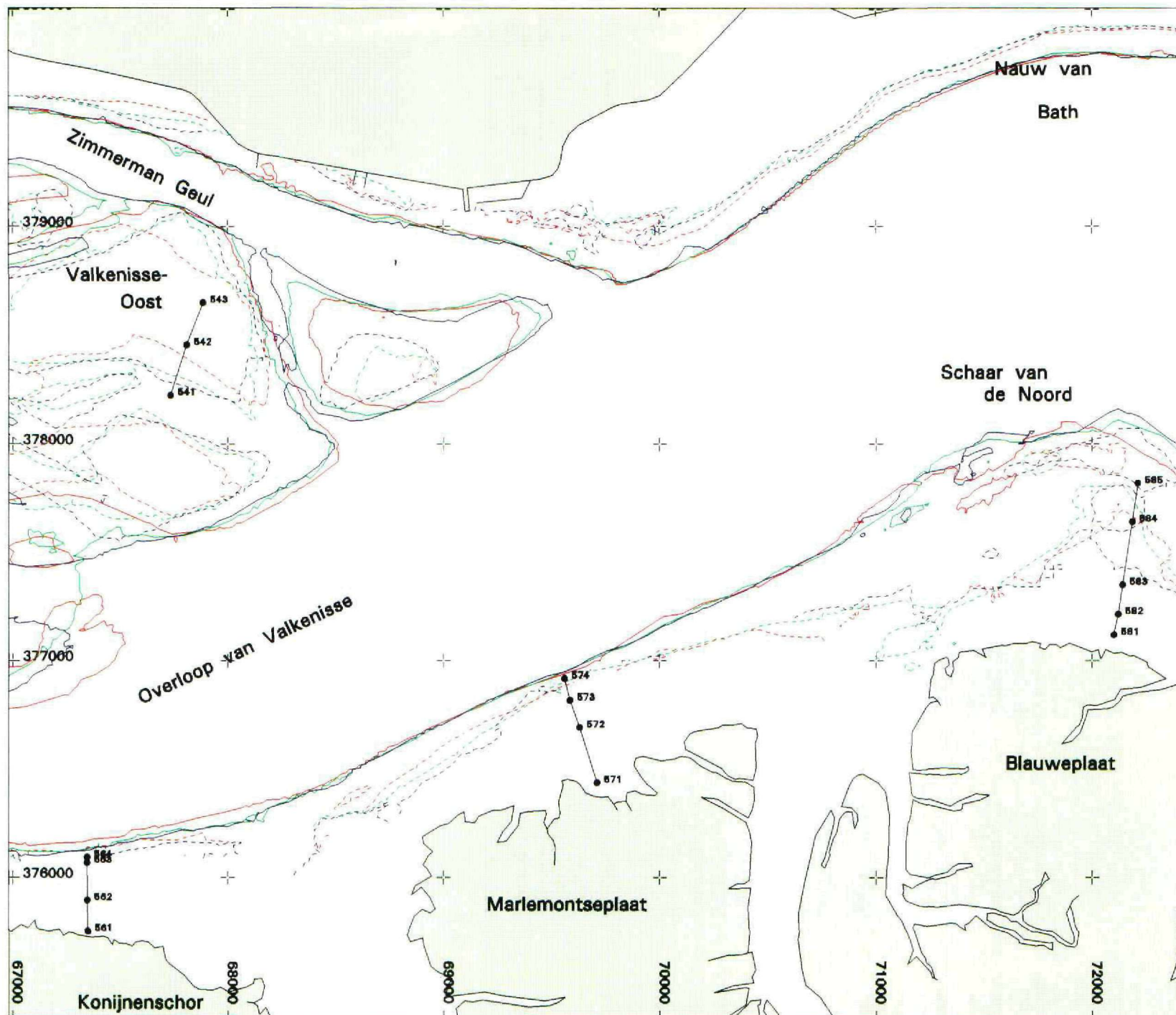
Schaal: 1:25.000



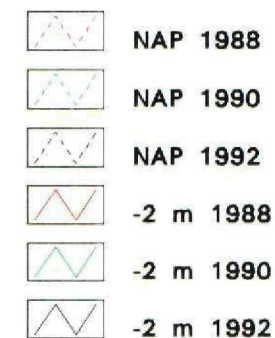
Oostwest

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee

Arc-Info applicatie PlotGIS
Drs. L.A. Uit den Bogaard



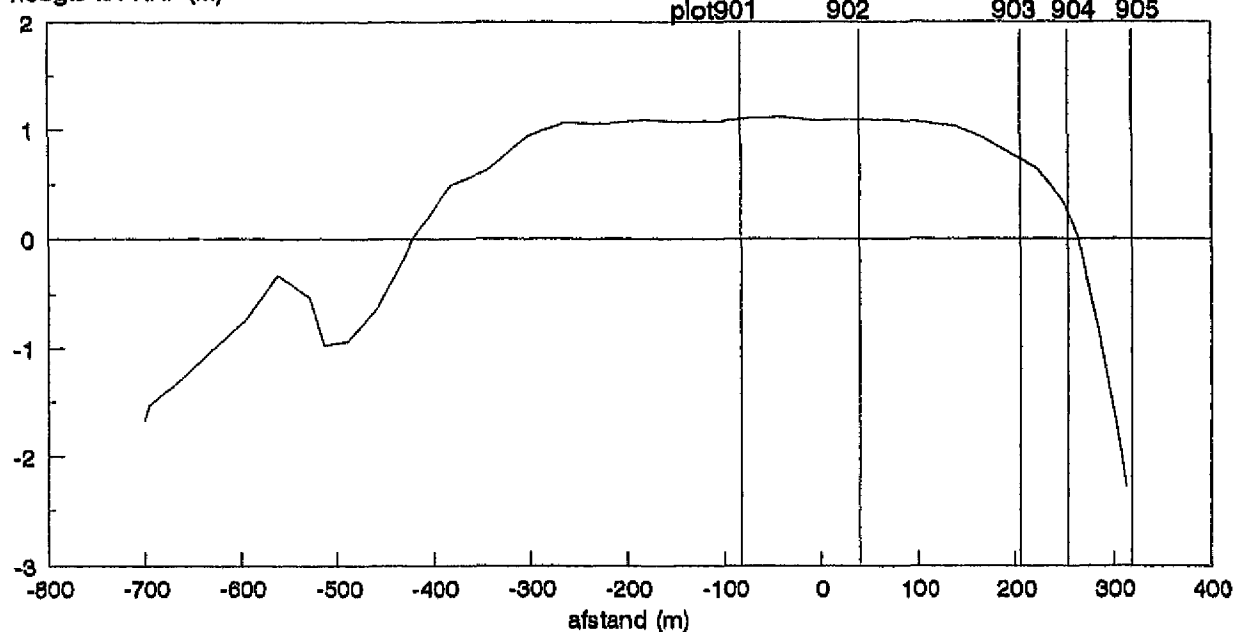
Saeftinghe



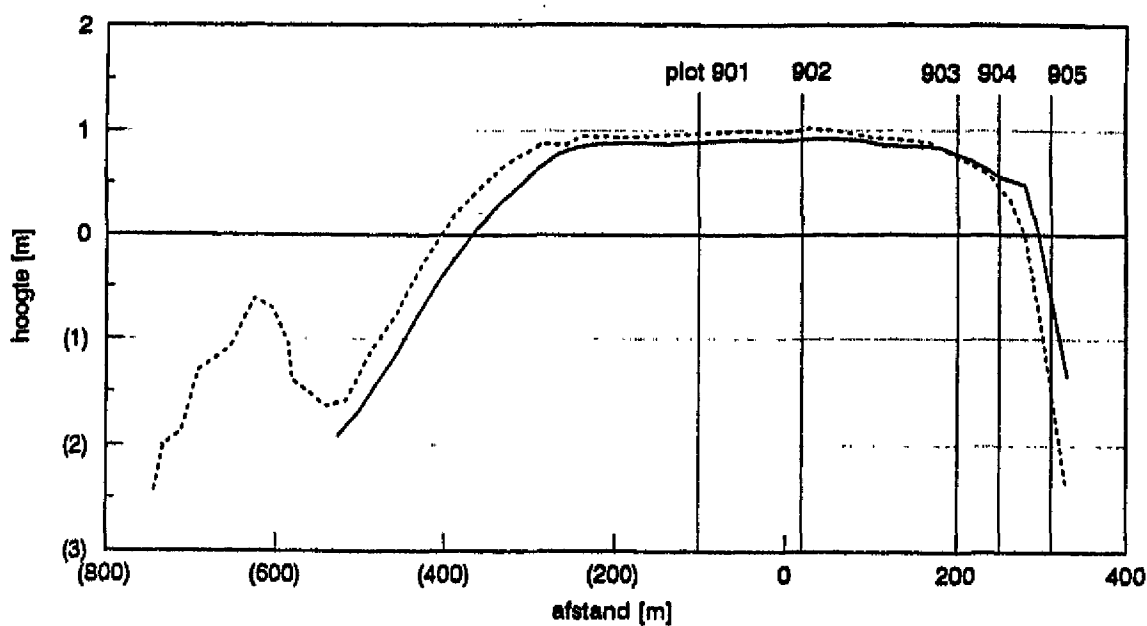
Schaal: 1:25.000

Waterpasraal Hoogespringer - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel: rivierafwaarts



profiel : rivierafwaarts

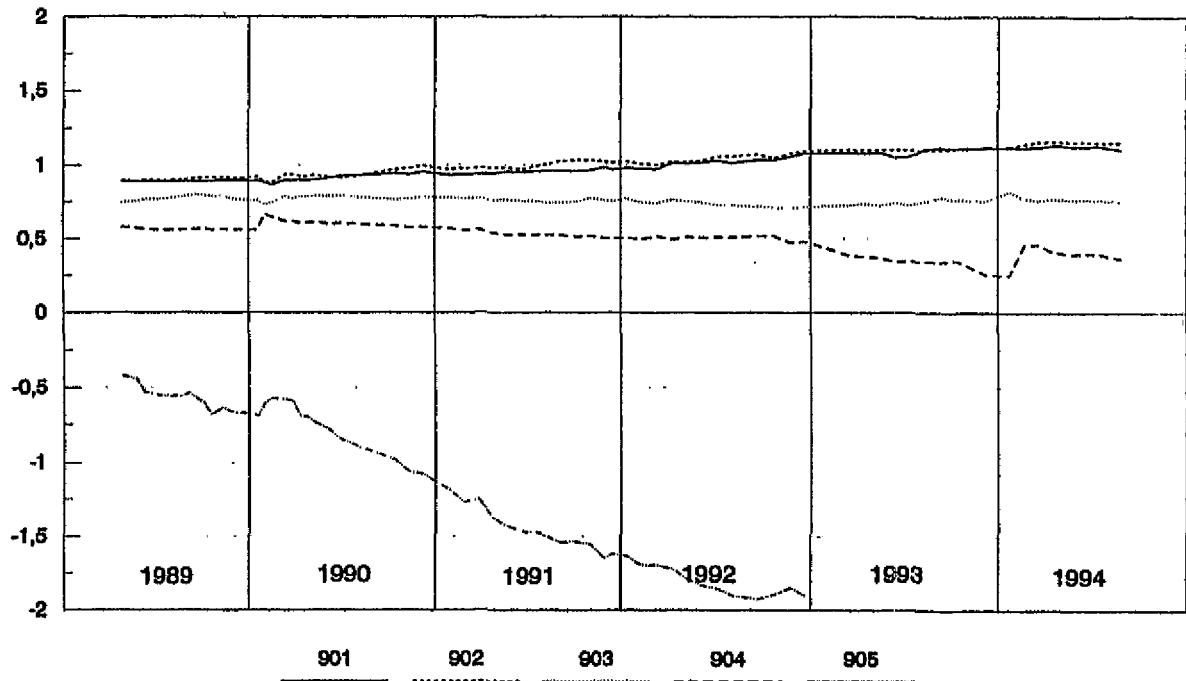
jan.1990 dec.1991

figuur 4.1A: Waterpasraaien Hoogespringer, 1993, 1991 en 1990.

hoogespringer

raai 9.2

bodemhoogte t.o.v. NAP (m)

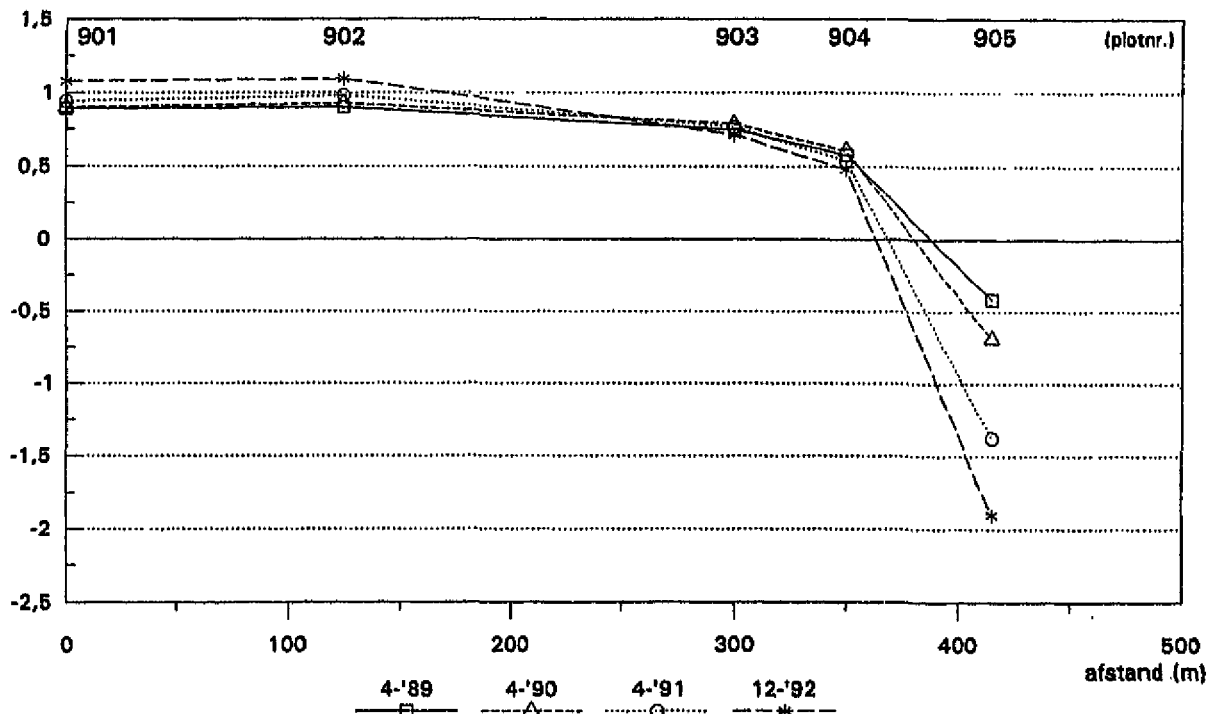


figuur 4.1B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots.

hoogespringer

profielen op basis van plothoogten

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.1C: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren.

4 BESCHRIJVING VAN DE PLAATONTWIKKELINGEN IN '89/'94

4.1 INLEIDING.

De beschrijving van de plaatontwikkeling in de periode 1989 - 1994 is gebaseerd op sedimentatie/erosie-plot gegevens, waterpassingen, kaarten afgeleid van lodingskaarten (met NAP -2 meter, en NAP-lijnen) en sediment karakteristieken. In figuur 1 staat de Westerschelde schematisch weergegeven met de belangrijkste plaatgebieden en de ligging van de raaien. Op de dieptelijnen kaarten (GIS-kaarten, tussen Hoofdstuk 3 en Hoofdstuk 4) staan de precieze lokaties van de raaien en de plots aangegeven.

De sedimentatie/erosie-raaien worden besproken van west naar oost, dus van de monding bij de zee naar de rivier. Bij het beschrijven plotgegevens is gekeken naar veranderingen met een seizoenal karakter en naar middellange termijn veranderingen. Als er aantoonbare seizoensvariaties in de ontwikkeling van de plohoogten optreden wordt verondersteld dat deze het gevolg zijn van variaties in de factoren wind en biologische activiteit. In hoofdstuk 2 zijn al verschillende mogelijkheden besproken. In hoofdstuk 6 zal vervolgens gekeken worden in hoeverre de waargenomen ontwikkelingen te verklaren zijn met de theorie van hoofdstuk 2.

Uitschieters in de gemeten variaties van het plohoogteverloop kunnen behalve door extreme omstandigheden ook veroorzaakt worden door het migreren van megaribbels en geultjes.

4.2 SEDIMENTATIE/EROSIE-RAAIEN.

4.2.1 Hoogespringer

Ligging van de raai:

De Hoogespringer is de meest westelijk gelegen plaat in de Westerschelde (figuur 1). De sedimentatie/erosie-raai (9.2) ligt op de zuidoost punt van deze plaat (kaart 'Hoogespringer'), aan de buitenbocht van de ebgedomineerde Pas van Terneuzen. De Springergeul die aan de zuidzijde van deze punt van de plaat loopt is tussen 1988 en 1992 ongeveer 100 meter naar het noorden opgeschoven, ten koste van de Hoogespringer. Het restant van een kleine vloodschaar ten zuidwesten van de raai is in 1992 bijna verdwenen (kaart 'Hoogespringer').

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

De raai over de Hoogespringer wordt gekenmerkt door een vlak deel tussen de 0,5 en 1,0 m NAP, dat na punt 904 (knikpunt) overgaat in een steiler deel richting de geul (figuur 4.1A). De vorm van het profiel is versteild door een geringe ophoging van de punten 901 en 902 en erosie van punt 905 (30 tot 60 cm per jaar) (figuur 4.1B en C).

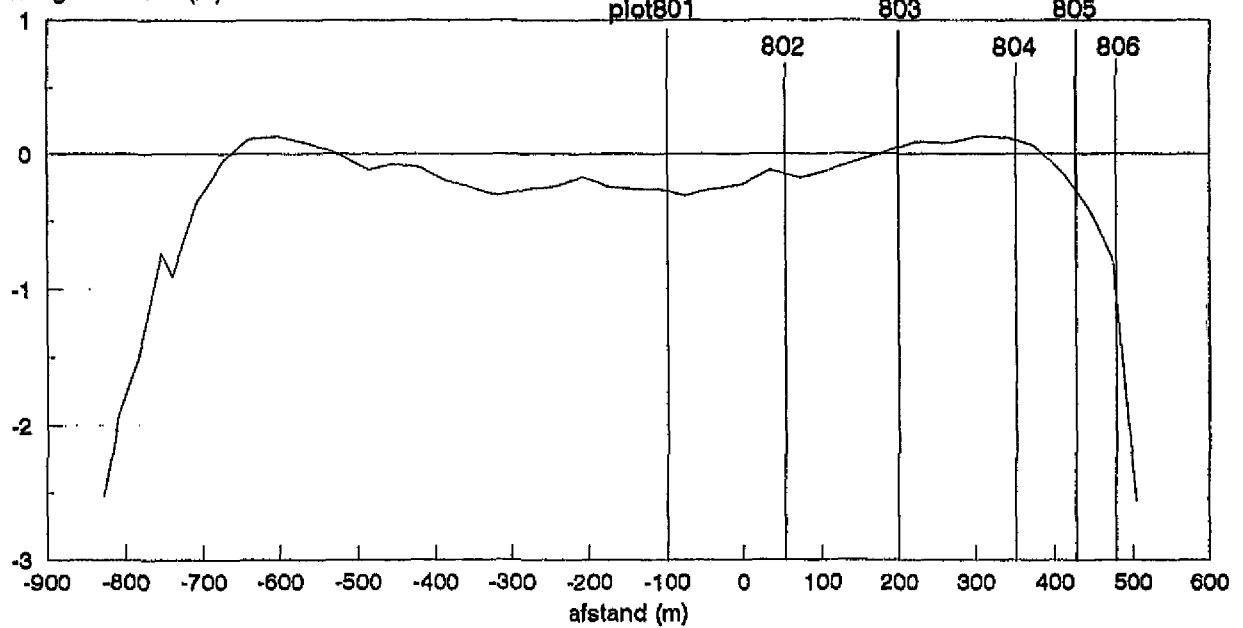
Aan het individuele verloop van de plohoogten (figuur 4.1B) en de intensiteit van die veranderingen per plot (bijlage 1) is af te lezen dat bijna alle stormen (> 8 Bf) invloed hebben gehad op de sedimentatie/erosie-trend die op dat moment aanwezig was. Ook is te zien dat die stormeffecten vrijwel direct weer zijn verdwenen door herstel van het oude erosie- of sedimentatiepatroon of zelfs een tijdelijke versterking daarvan.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

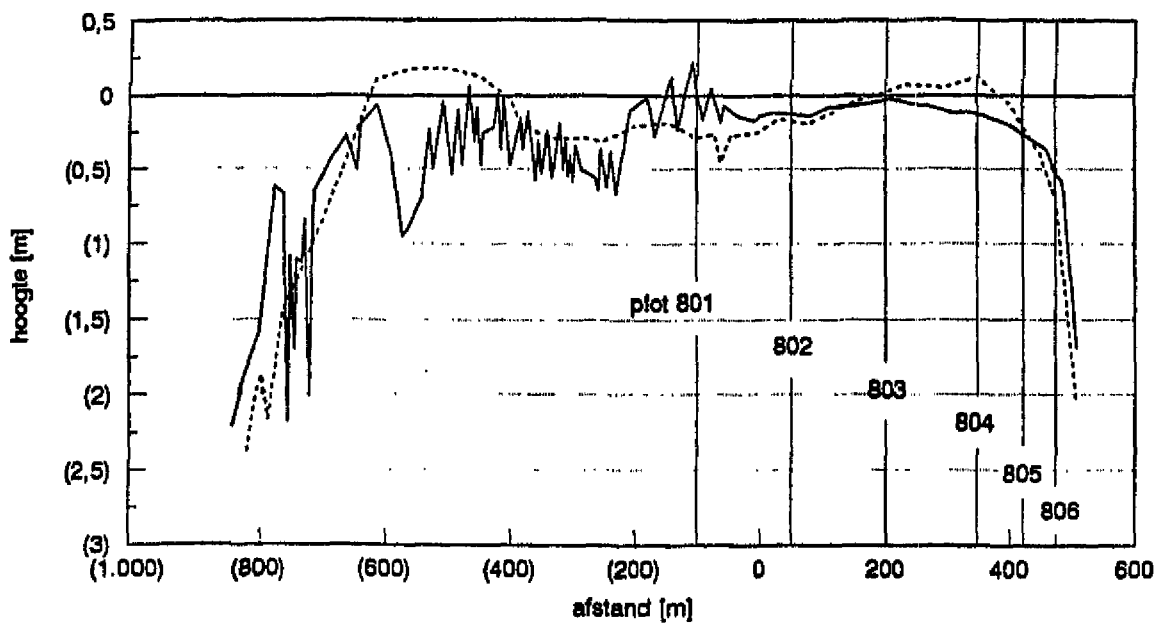
Het verloop van de slibgehalten van deze raai vertoont een vreemde sprong in de meting van voorjaar 1993 (bijlage 2). Bij navraag blijkt hier geen verklaring voor en lijken de uitkomsten, mede naar aanleiding van veldwaarnemingen, zelfs onwaarschijnlijk. Bij de onderstaande beschrijving zijn ze

Waterpasraai Rug van Baarland - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel: rivieropwaarts



profiel : rivieropwaarts

jan.1990 dec.1991

figuur 4.2A: Waterpasraaien Rug van Baarland, 1993, 1991 en 1990.

buiten beschouwing gelaten.

Plot 904 en 905 hebben een laag slibgehalte ($< 7,5$ %). Plot 903 dat 50 meter achter het knikpunt (904) van dit profiel ligt heeft een hoog slibgehalte (12,5 - 20 %) dit is het punt met de minste hoogteverschillen in de tijd. Ook de plots 901 en 902 hebben een hoog slib gehalte (10 - 15 %).

In het verloop van het slibgehalte van deze raai zit geen aanwijsbare seizoenstrend.

4.2.2 Rug van haarland

Ligging van de raai:

De raai op de Rug van Baarland ligt aan de oostzijde van de plaat langs een noord-zuid lopende hoofdgeul, op de overgang van het Gat van Ossensisse (zuid) en de Overloop van Hansweert (noord) (kaart 'Rug van Baarland'). Afgaande op de ligging van de NAP -2 meter-lijn is de Rug van Baarland ongeveer 25 meter naar het westen verplaatst en de zuidpunt 375 meter naar het noorden verplaatst. De grilligheid en veranderlijkheid van het gebied (NAP-lijn) ten westen van plot 802 wordt veroorzaakt door het verdwijnen van het restant van een vloedschaar en het voorkomen van megaribbels, een aanwijzing voor een dynamisch milieu.

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

Vanaf oktober 1991 tot en met november 1992 zijn de plothoogten van plot 801, 802, 803 en 804 niet opgenomen vanwege verstoring door kokkelvisserij. De hoogte van plot 801 neemt af van NAP tot NAP -0,4 meter (figuur 4.2B). Deze erosieve trend verloopt grillig, veroorzaakt door het voorkomen van megaribbels, zoals aangegeven met een m op de figuren in bijlage 1. De fluctuaties van plot 802 en 803 zijn gering (schommelingen binnen 20 cm) en vertonen geen seizoen- of meerjarige trend. De stormperiode in het begin van 1990 is bij plot 803 zichtbaar als een verhoging van 10 cm die in de periode daarna niet wordt weggewerkt (figuur 4.2B en bijlage 1). De plots 804 tot en met 806 liggen op het steile deel van de plaat (figuur 4.2A en C), dat van 1989 tot het voorjaar van 1993 sterk is versteild, waardoor het knikpunt van het profiel is verschoven van 805 naar 804.

Ter plaatse van deze raai wordt, in tegenstelling tot de raai op de Hoogespringer, de invloed van stormen niet direkt gecompenseerd.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

Alle meetpunten hebben in de vijf meetperioden een slibgehalte kleiner dan 5%, met uitzondering van punt 803 in het voorjaar van 1992 (6%) (bijlage 2). De verschillen tussen de plots onderling zijn minimaal. Binnen de 5% is een geringe seizoensfluctuatie waar te nemen met hogere waarden in het voorjaar dan in het najaar.

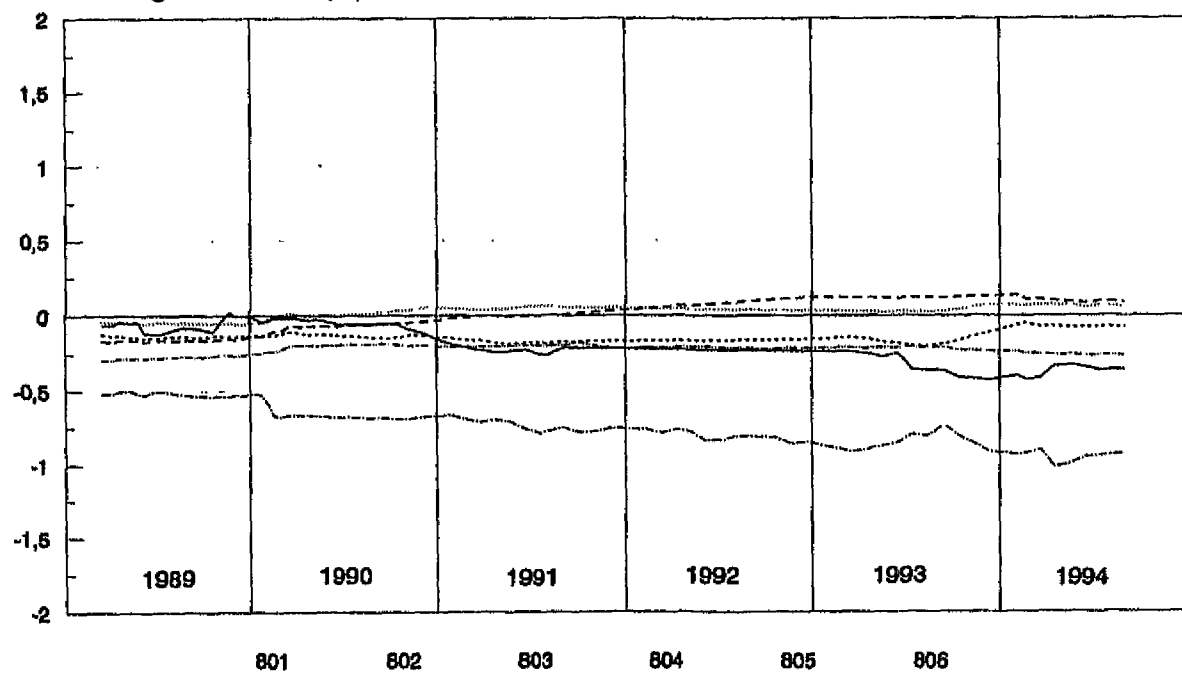
4.2.3 Molenplaat

Ligging van de raai:

De Molenplaat ligt in de binnenbocht van het Middelgat, een nevengeul van de hoofdgeul ter plaatse van de Overloop van Hansweert en het Gat van Ossensisse (kaartje 'Molenplaat'). De ligging van de Molenplaat is sinds 1988 weinig veranderd; de oostelijke punt is 25 meter naar het westen verplaatst en in de noordwest hoek, waar de raai op ligt, is de NAP -2 meter-lijn 75 meter naar het westen uitgebouwd. In de binnenbocht van het Middelgat vindt sedimentatie plaats (verschilkaart 1986 - 1992). De raai bevindt zich op het midden van de plaat, dat 10 tot 20 centimeter lager ligt dan de uitloper van het ebschild in het westen, en de ongeveer 50 centimeter hogere rug in het zuidoosten.

rug van baarland raai 8.2

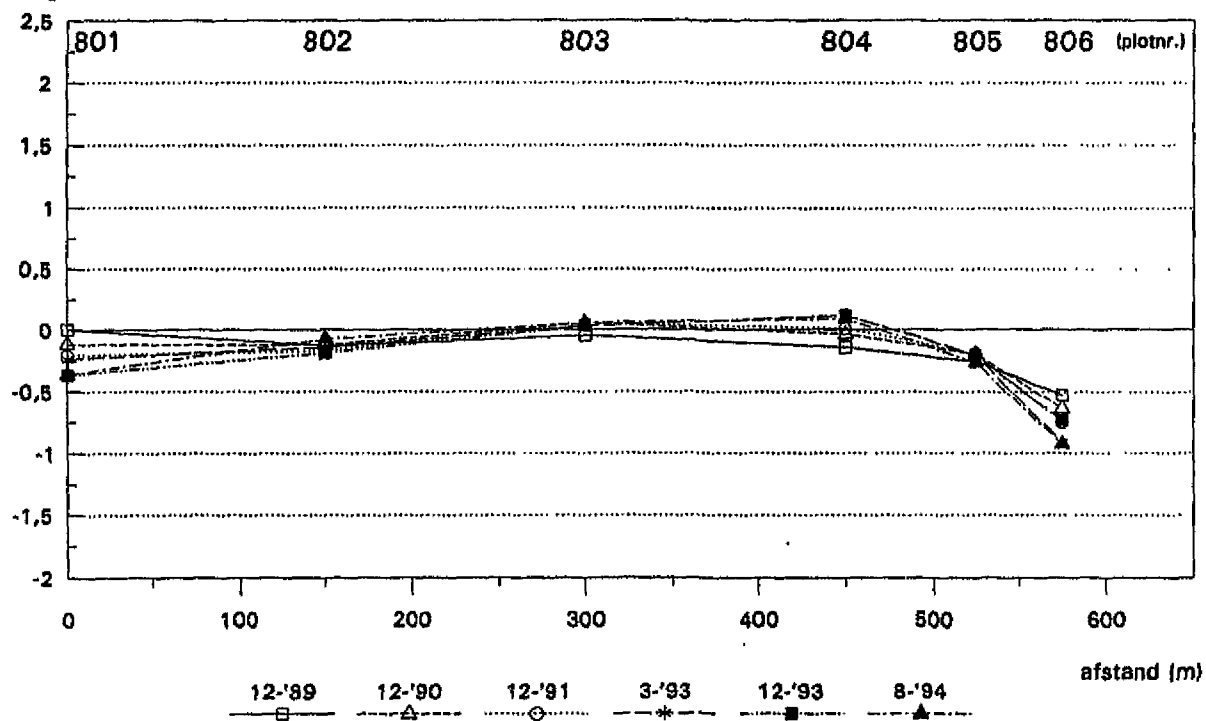
bodemhoogte t.o.v.NAP (m)



figuur 4.2B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots.

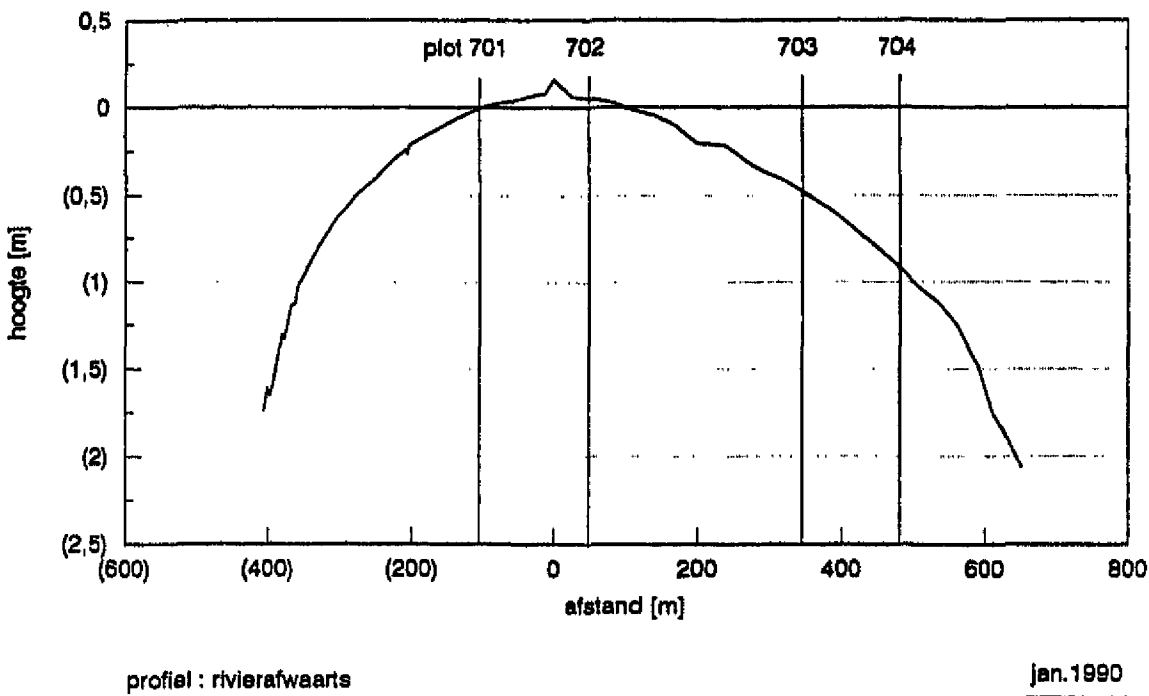
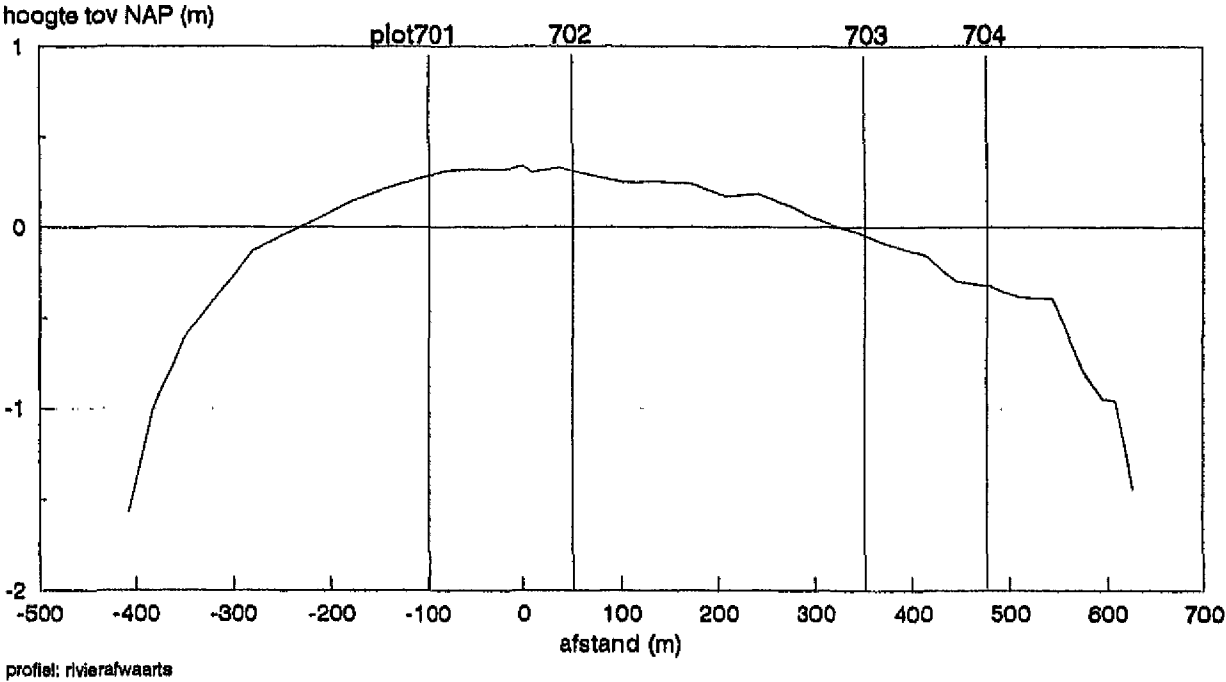
rug van baarland profielen op basis van plothoogten

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.2C: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren.

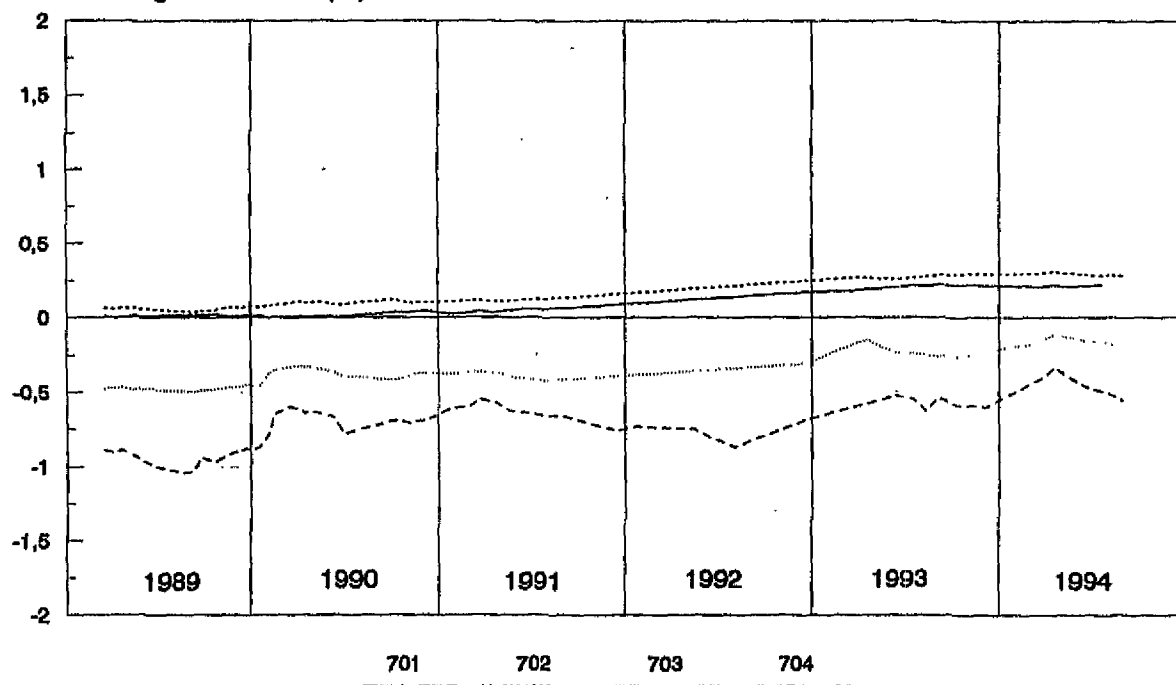
Waterpasraai Molenplaat - oktober 1993



figuur 4.3A: Waterpasraaien Molenplaat, 1993, en 1990.

molenplaat raai7.2

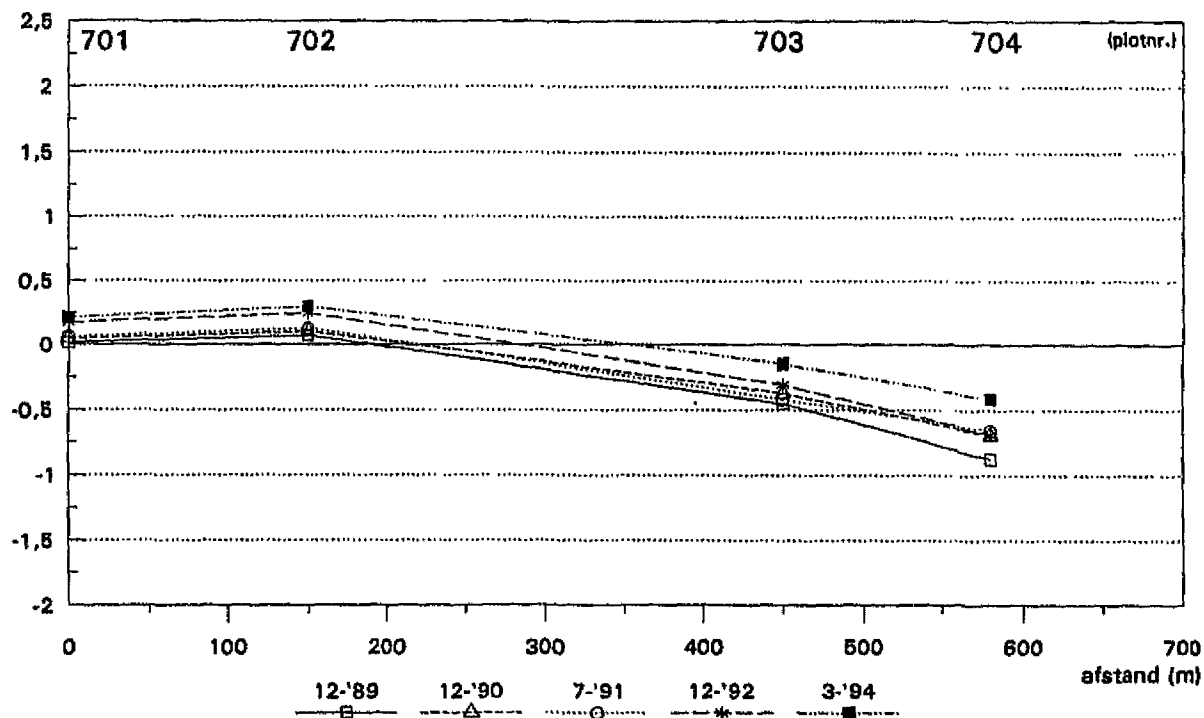
bodemhoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.3B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots.

molenplaat profielen op basis van plothoogten

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.3C: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren.

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

De plots van de Molenplaat zijn, net als die van de Rug van Baarland, verstoord of kapot gevaren door kokkelvisserij. Hierdoor zijn er van de plots 701, 702 en 703 geen gegevens vanaf september 1991 tot en met november 1992.

De helling waar de raai op ligt is relatief flauw en laag (1 m onder tot 0,25 m boven NAP) (figuur 4.3A en C). Het hoogste punt van de raai bevindt zich tussen plot 701 en 702. Bij alle punten van deze raai vindt netto sedimentatie plaats (figuur 4.3B). De plots 701 en 702 vertonen een zeer geleidelijke ophoging, en geen reactie op stormen. Plot 703 en 704 zijn over de periode 1989 - 1994 ongeveer 40 cm opgehoogd. Uit het verloop van de plotheogte-grafiek (figuur 4.3B) en de sedimentatie/erosie-intensiteit grafieken (bijlage 1) valt af te lezen dat bij de plots 703 en 704 hoofdzakelijk netto sedimentatie optreedt in perioden waarin een storm van windkracht acht of harder voorkomt, terwijl in de overige perioden netto erosie overheerst. Opvallend is bijvoorbeeld dat bij plot 704 de rustige winter van 1991 op 1992 samenvalt met een periode van doorgaande erosie. Het verschil tussen perioden van erosie en sedimentatie is in de sedimentatie/erosie-intensiteit grafiek minder duidelijk terug te vinden bij plot 704 dan bij plot 703, dit zou verklaard kunnen worden door de aanwezigheid van megaribbels bij plot 704.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar najaar:

Plot 701 heeft een hoog slibgehalte, tussen 10% en 15%, van 702 naar 704, dat is van plaat naar geul, neemt het slibgehalte af (bijlage 2). De plots 703 en 704 vertonen bovendien nog een geringe afname van het slibgehalte in de tijd, respectievelijk van 5,5% tot 2,5% en van 3,5% tot 1,5%, tussen voorjaar '92 en najaar '93.

Er zijn geen seizoensfluctuaties waargenomen.

4.2.4 Platen van ossenisse

Ligging van de raai:

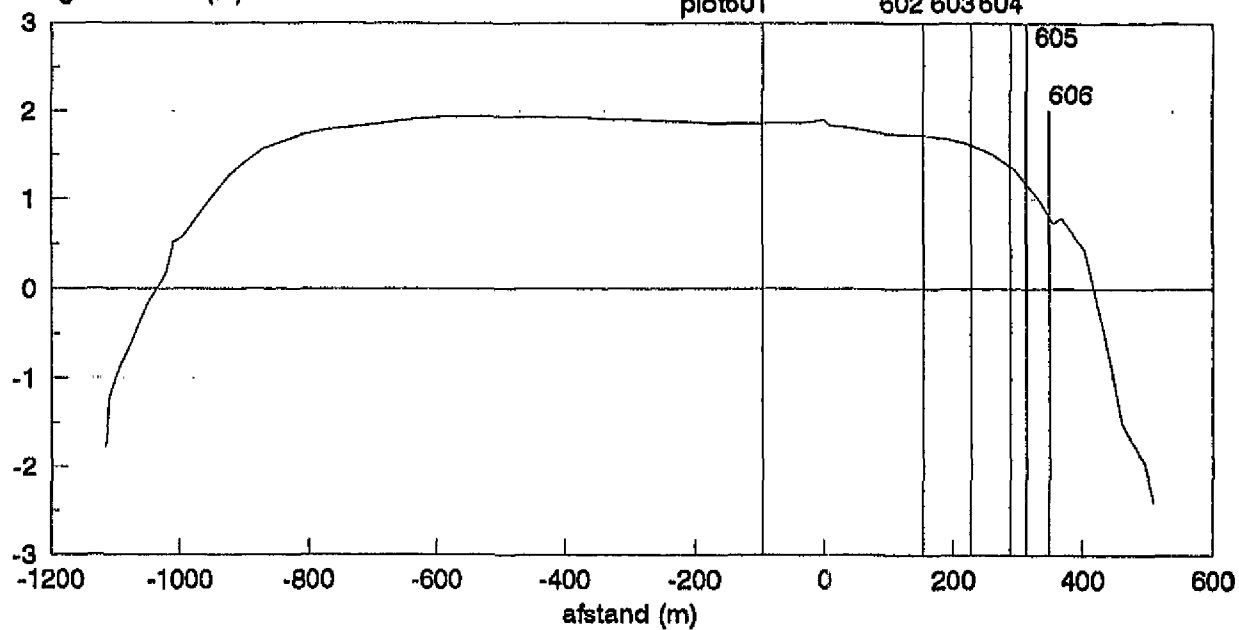
De plaat van Ossenissee waar de raai op ligt, ligt in de binnenbocht van het Zuidergat, dat de hoofdgeul is ten oosten van de splitsing in de Overloop van Hansweert en het Middelgat (kaartje 'Ossenisse'). De steile noordwest-zuidoost georiënteerde oostzijde van de plaat is ebgedomineerd en is tussen 1988 en 1992 ter plaatse van NAP -2 meter tot maximaal 75 meter naar het westen gemigreerd. De verplaatsing van de zuidzijde van de plaat wordt bepaald door een migrerende ebschaar. De noordwest kant van de plaat is verandert van vorm, zodanig dat de westflank, is opgeschoven in oostelijke richting (100 tot 225 meter ter plaatse van NAP -2 meter), en dat de noordkant is uitgebouwd met 100 tot 175 meter. Ten zuidwesten van de raai is de plaat ongeveer 0,5 meter hoger dan ter plaatse van de raai, waardoor de raai beschut ligt voor stroming en golven uit het zuidwesten.

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

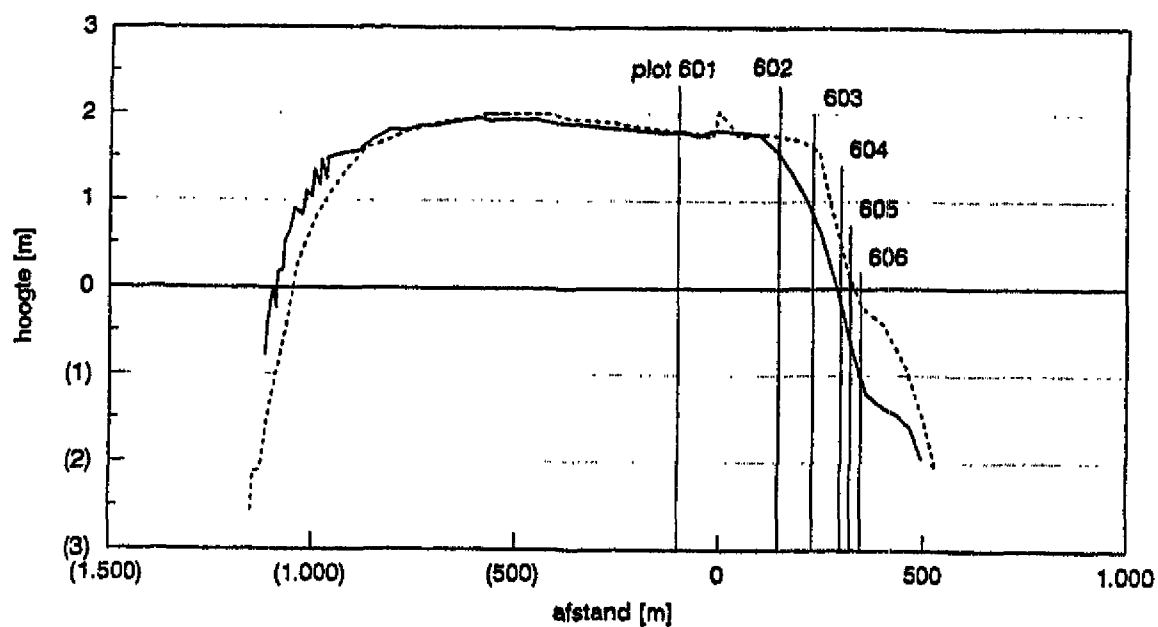
Het uitbouwen van de plaat in noordelijke richting resulteert ter plaatse van de raai in een sterke vervlakking van het profiel, door ophoging van de laagste punten (604,605 en 606) (figuur 4.4B en C). Hierdoor is het hoogteverschil afgenomen van 2,05 meter in 1991 tot 0,8 meter in 1993. Na de stormperiode in 1990 is het begin van de helling verschoven van punt 602 naar 603 (figuur 4.4A). Behalve in punt 601 heeft de stormperiode op alle plots sedimentatie veroorzaakt (bijlage 1), hierbij valt op dat voor de verschillende plots een ander deel van de periode (er is tussen 23-1-'90 en 1-3-'90 drie keer gemeten) de meeste invloed heeft gehad. Algemeen kan gesteld worden dat voor de plots

Waterpasraai Ossensisse - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel: rivierafwaarts



profiel : rivierafwaarts

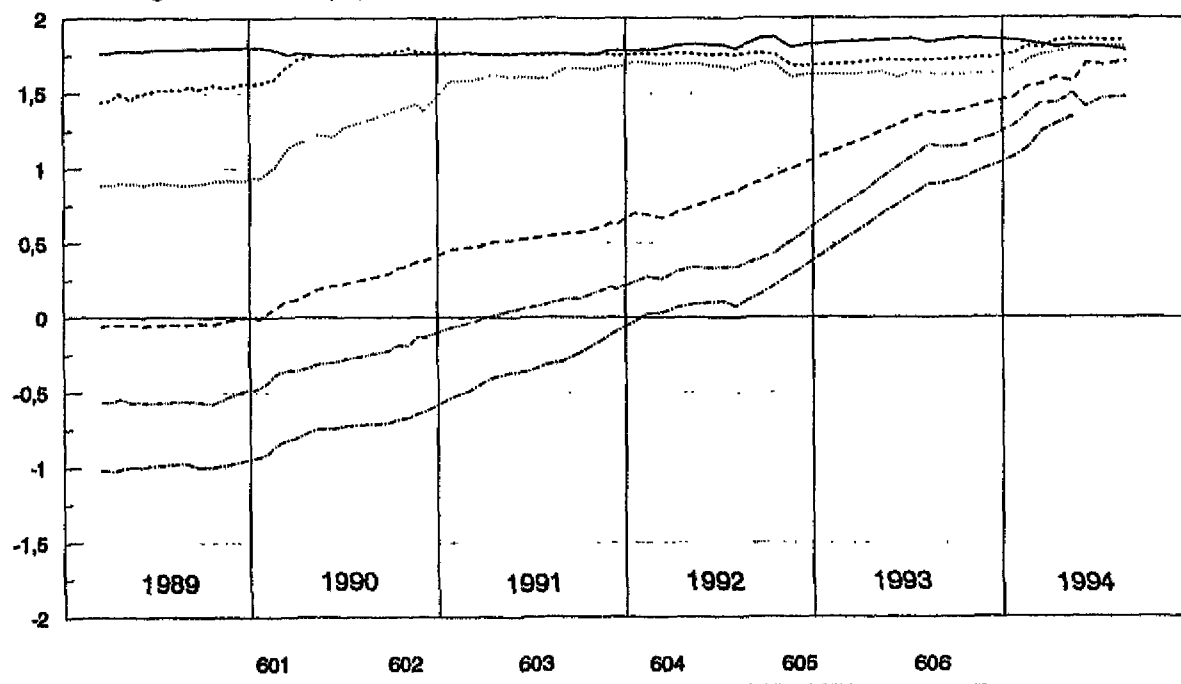
Jan. 1990 dec. 1991

figuur 4.4A: Waterpasraaien Platen van Ossensisse, 1993, 1991 en 1990.

plaat van ossenisse

raai6.2

bodemhoogte t.o.v.NAP (m)

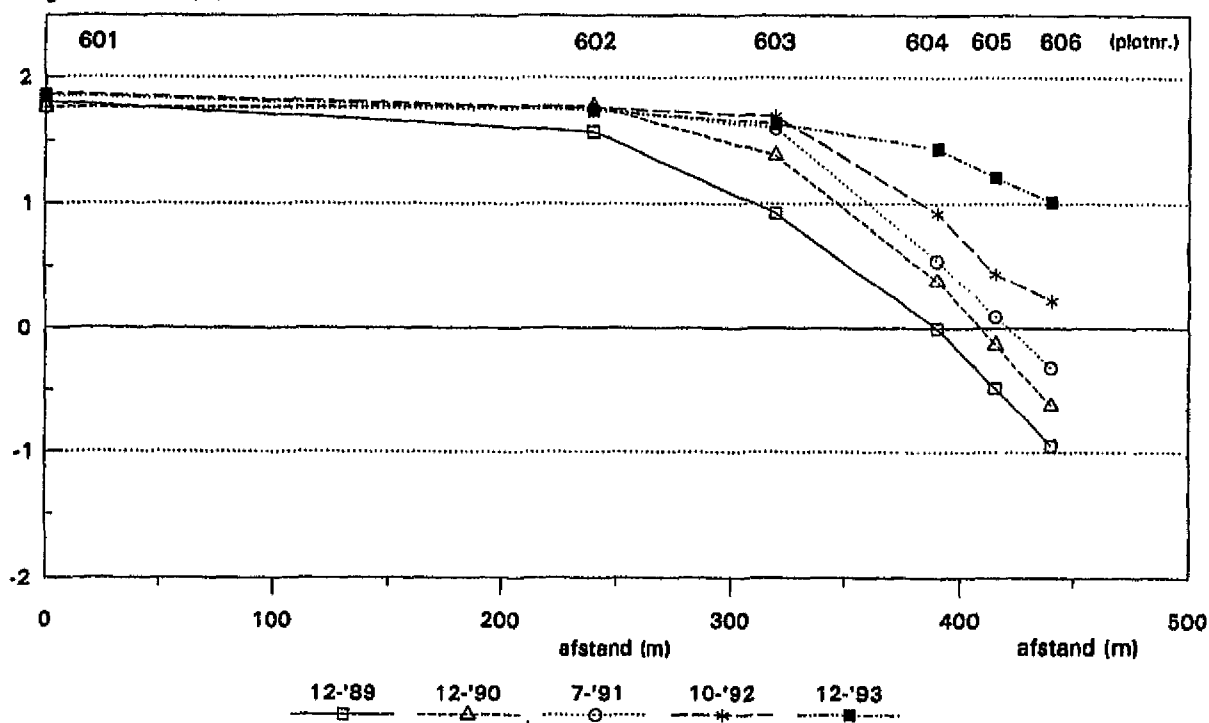


figuur 4.4B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots.

plaat van ossenisse

profielen op basis van plothoogten

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.4C: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren.

602, 603, 604, 605 en 606 geldt dat de stormen een versnelde sedimentatie tot gevolg hebben gehad. Een opvallende uitzondering hierop vormt de storm van 11 november 1992, die bij de hogergelegen plots (601, 602 en 603) erosie heeft veroorzaakt. Wat er tijdens die storm bij de andere plots is gebeurd is niet bekend omdat die in die periode niet zijn opgenomen door een verstoring. Bij plot 603 en 604 valt op dat in de rustige winter van 1991 op 1992 de sedimentatie minder is dan in de overige jaren.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

Het slibgehalte is laag over het hele profiel, minder dan 5%. De plots 602 en 603 hebben het laagste slibgehalte. Binnen de 5% fluctueert het slibgehalte zonder aanwijsbaar seizoenaal verband. De dynamiek van de punten 604, 605 en 606 is groter of gelijk aan 10 centimeter per jaar, het is hier dus niet waarschijnlijk dat fluctuaties in het slibgehalte worden weggemiddeld door de bemonsteringsdiepte van 10 centimeter.

4.2.5 Baalhoek

Ligging van de raai:

Het slik van Baalhoek grenst aan de buitenbocht van het Zuidergat. Op de kaart (kaart 'Valkenisse') is te zien dat de raai grenst aan een vloodschaartje dat in oostelijke richting het slik erodeert. Het slik zelf is vlak ($\pm 0,5$ m boven NAP), met een steile rand vlakbij plot 554, aan de rand van de geul en het begin van het vloodschaartje. Aan de steile kant van het slik heeft onder de laagwaterlijn erosie plaatsgevonden van meer dan 1,5 m, tussen 1986-1992, zoals te zien is op verschilkaarten op basis van de lodingskaarten. Plot 551 ligt dicht bij het schor van Baalhoek.

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

De raai ligt in zijn geheel tussen NAP +0,7 meter en NAP (figuur 4.5A). De veranderingen in plothoogten zijn op deze raai zeer gering (figuur 4.5B en C). Punt 551 ligt iets lager dan punt 552, op het slik in een gebied waar prielen voorkomen. De punten 551 en 552 zijn ongeveer 5 centimeter verhoogd, terwijl de punten 553 en 554 10 tot 15 centimeter zijn verlaagd, hierdoor is het profiel iets versteild. Bij punt 554 wordt vaak een schelpenbed aangetroffen, met 5 tot 50% schelpen. Bij geen van de plots is een relatie te vinden tussen het voorkomen van stormen en de gemeten sedimentatie- of erosiesnelheid.

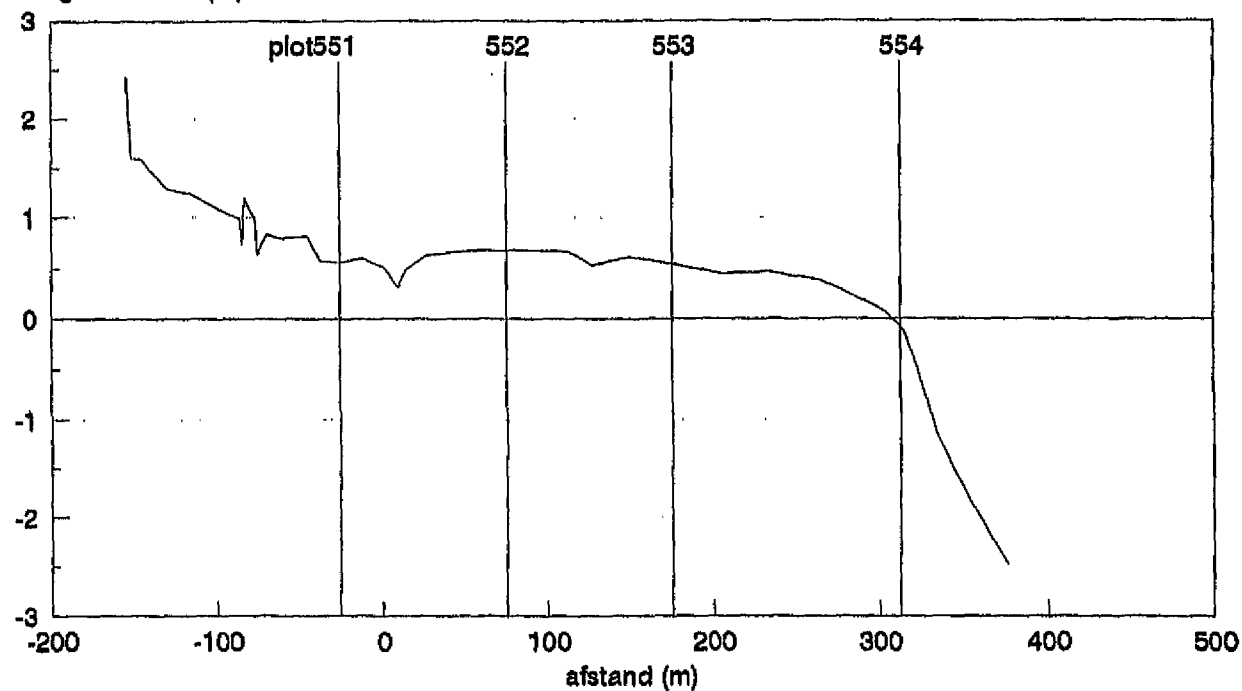
Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

Plot 551, dicht bij het schor in een gebied met prielen, heeft een hoog slibpercentage tussen 20% - 27%. De overige plots, 552, 553 en 554 hebben een slibpercentage tussen de 5% en de 10%. Alle plots vertonen een lichte toename van het slibgehalte in de tijd (voorjaar 1991 tot en met najaar 1993). De punten 551 en 554 hebben een hoog slibgehalte, respectievelijk 27% en 11,5% in de monsters van het voorjaar van 1993. Er is in het geheel geen seizoensgebonden fluctuaties waar te nemen in de slibgehalten van deze plots.

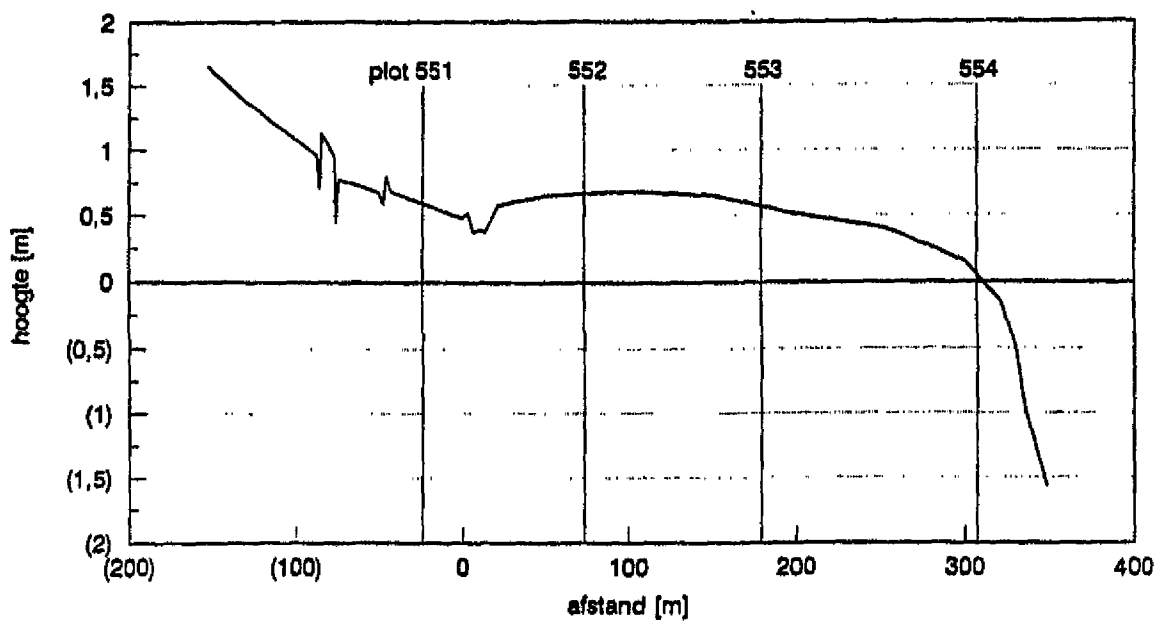
Uit de aantekeningen die in het veld gemaakt zijn tijdens het opnemen van de plothoogten blijkt dat de slibgehalten bij punt 551 door het jaar heen sterk fluctueren.

Waterpasraai Baalhoek - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel: rivierafwaarts



profiel : rivierafwaarts

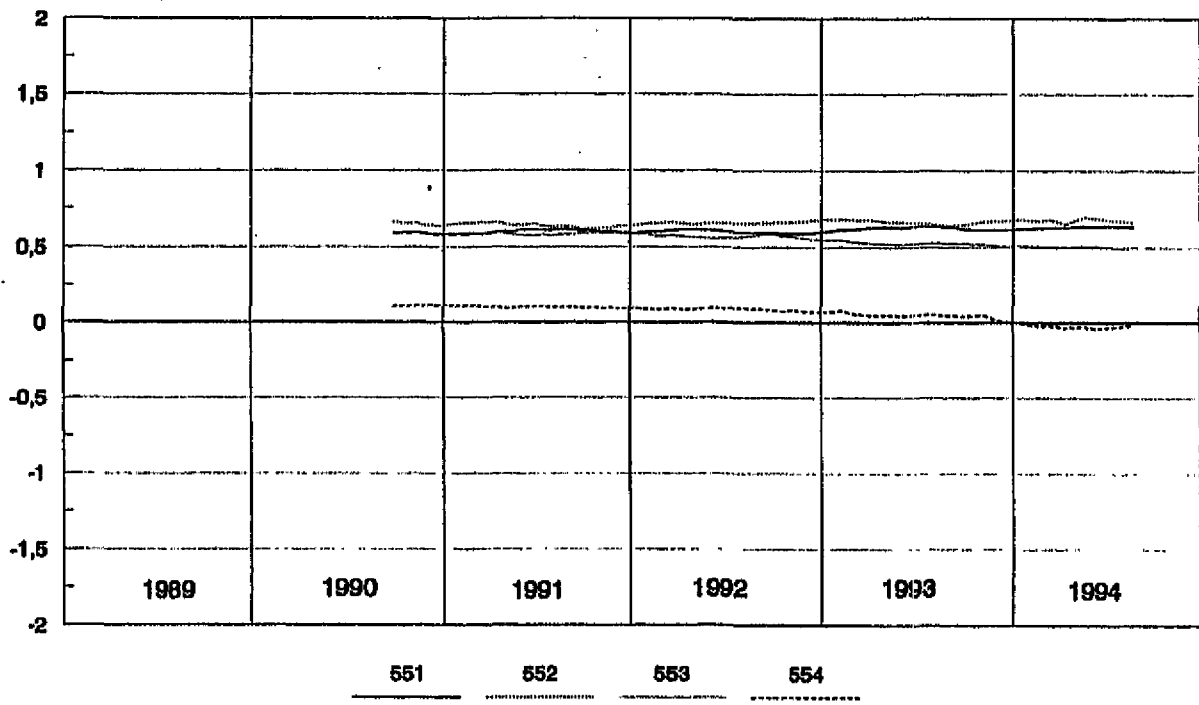
dec. 1991

figuur 4.5A: Waterpasraaien Baalhoek, 1993 en 1991.

baalhoek

raai 5.5

bodemhoogte t.o.v.NAP (m)

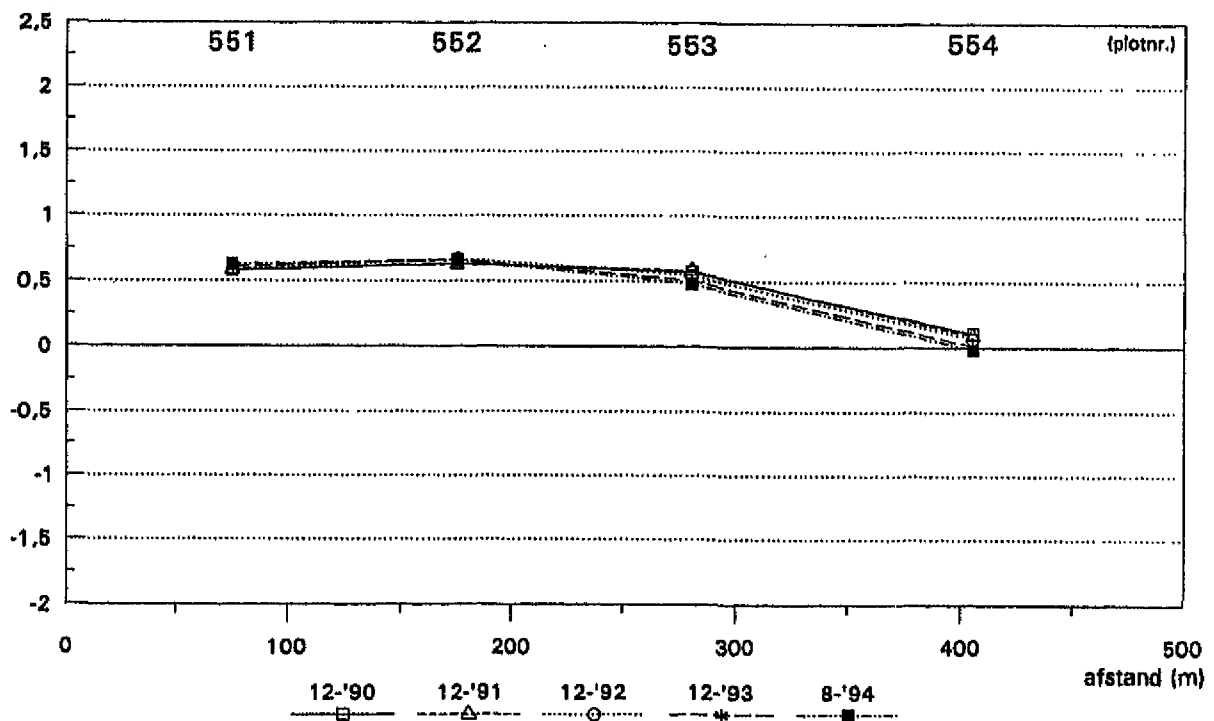


figuur 4.5B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots.

baalhoek

profielen op basis van plothoogten .

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.5C: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren.

4.2.6. Valkenisse

Op de platen van Valkenisse liggen drie raaien. De raaien 5.2 en 5.3 liggen op de grote plaat van Valkenisse, raai 5.4 (ook Valkenisse) ligt op een kleinere en lagere plaat ten noordoosten van de eerst genoemde plaat (kaart 'Valkenisse').

Oostelijke raai (5.2)

Ligging van de raai:

Deze raai loopt van noord naar zuid over de zuidoost punt van de plaat van Valkenisse. De plaat van Valkenisse ligt in de binnenbocht van de hoofdgeul, die er aan de zuidkant langs stroomt, aan de noordzijde wordt de plaat begrenst door de Schaar van Waarde, dit is een vloodschaar (kaart 'Valkenisse').

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

noordzijde: plotnummers 516 t/m 519.

Dit deel van de raai loopt van NAP -0,5 meter in het noorden tot NAP +1,75 meter bovenop de plaat (figuur 4.6A). Sinds 1992 is het hoogte verschil binnen de raai met ongeveer 80 centimeter afgenomen, door ophoging van de twee laagst gelegen plots, 518 en 519 (figuur 4.6B en C). Vanaf 1993 is ook plot 517 iets omhoog gekomen (20 cm), plot 516 heeft afgezien van een paar kleine fluctuaties een constante hoogte. In de aantekeningen wordt regelmatig melding gemaakt van pollen *Spartina*, bij plot 516. Vlak bij plot 517 ligt vaak een geultje. De grillige vormen in de ontwikkeling van de plothoogten (figuur 4.6B en bijlage 1) komen vaak overeen met meldingen van geultjes in de aantekeningen.

zuidzijde: plotnummer 501 t/m 506.

Tussen december 1989 en voorjaar 1991 is het profiel aan de zuidzijde van de plaat versteild en verlaagd (figuur 4.6B en C). Na die tijd is het profiel weer opgehoogd en afgevlakt (figuur 4.6A), zodanig dat de plots 502, 503, 504 en 505 in december 1993 hoger liggen dan in december 1989.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

noordzijde: plotnummers 516 tot en met 519.

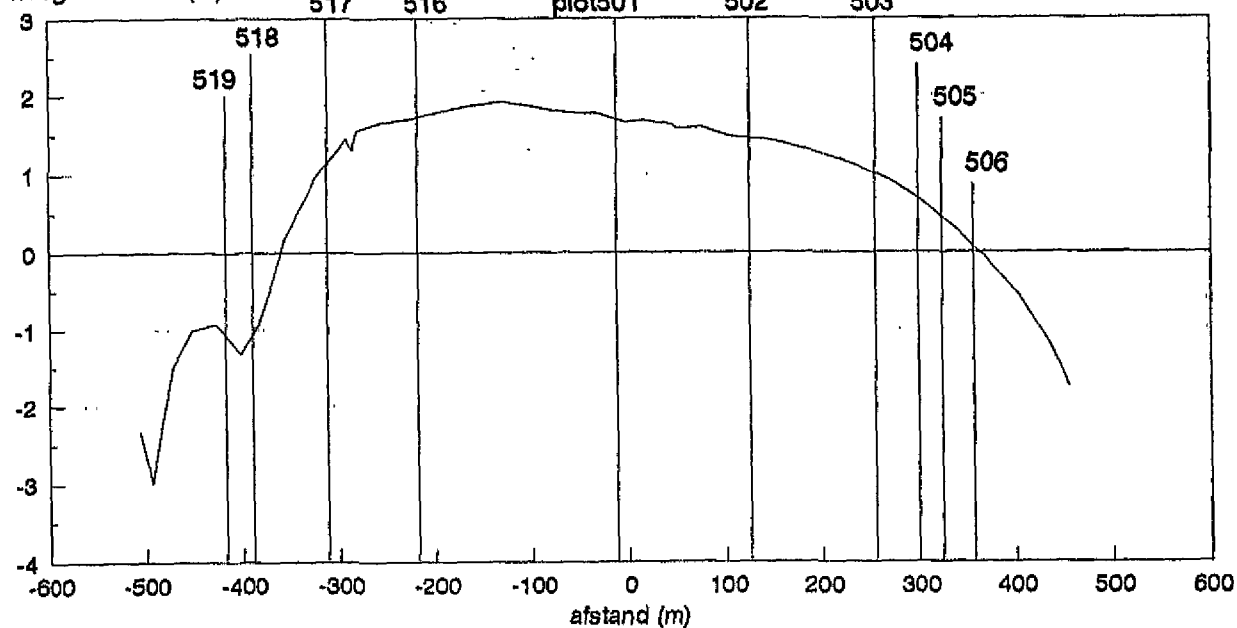
Het verloop van de slibgehalten op deze raai is zeer variabel zowel in de ruimte als in de tijd (bijlage 2). Bij plotnummer 519 is het slibgehalte tussen voorjaar 1991 en najaar 1992 gedaald van 6% tot 2%, daarna is het weer toegenomen tot 8% in het najaar van 1993. Ook bij de plots 516 en 518 neemt het slibgehalte toe, vanaf najaar 1992 bij plot 518 en vanaf voorjaar 1993 bij plot 516. De verhoging van het slibgehalte bij plot 518 kan samenhangen met de uitbouw van een ondiepte waardoor het plot in een luwte ligt ten opzichte van de vloedstroom. Bij de plothoogte-meeting van 3-8-'93 staat bij plot 518 de mededeling "kleiig; naast geultje", in de sedimentkarakteristieken van najaar 1993 heeft plot 518 een sterk toegenomen slibgehalte. De verhoging van het slibgehalte bij plot 516 hangt mogelijk samen met de aanwezigheid van begroeiing (*Spartina*).

Het slibgehalte bij plot 517 is sterk afgenomen van 27,5% in voorjaar van 1991 tot 8% in het najaar van 1993. De grote variaties in slibgehalte van plot 517 kunnen te maken hebben met de ligging van dit plot ten opzichte van een geultje.

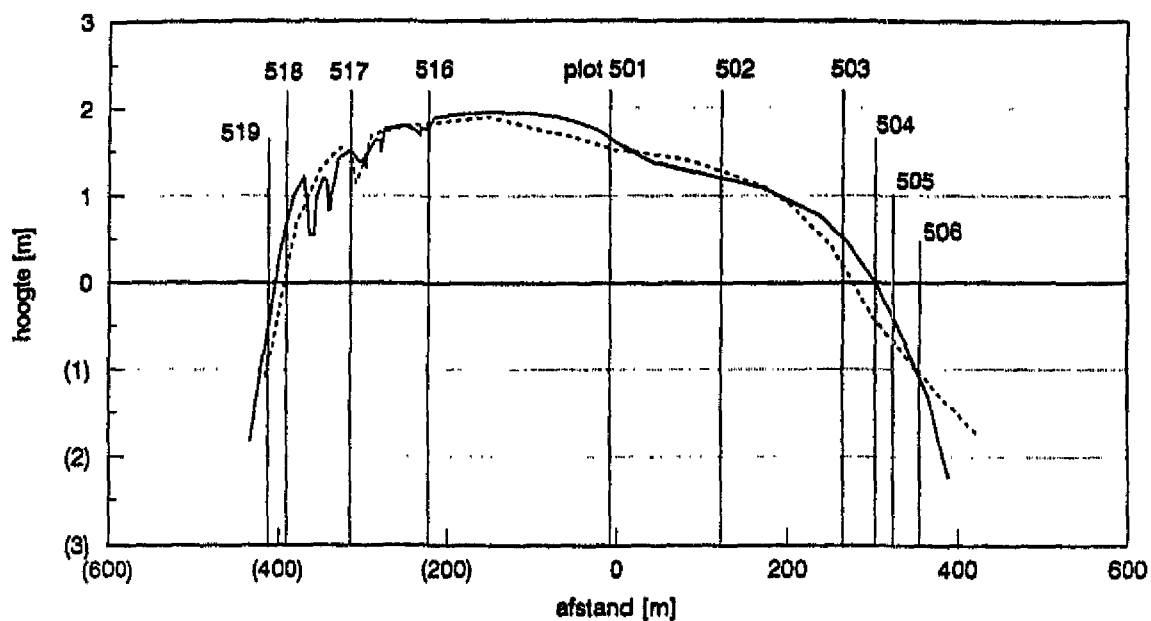
Ter plaatse van de plots 517, 518 en 519 is het sediment sterk gelaagd (klei en zand laagjes), dit zal invloed hebben op het gemeten slibgehalte van de monsters.

Waterpasraai Valkenisse 5.2 - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel: rivieropwaarts



profiel : rivieropwaarts

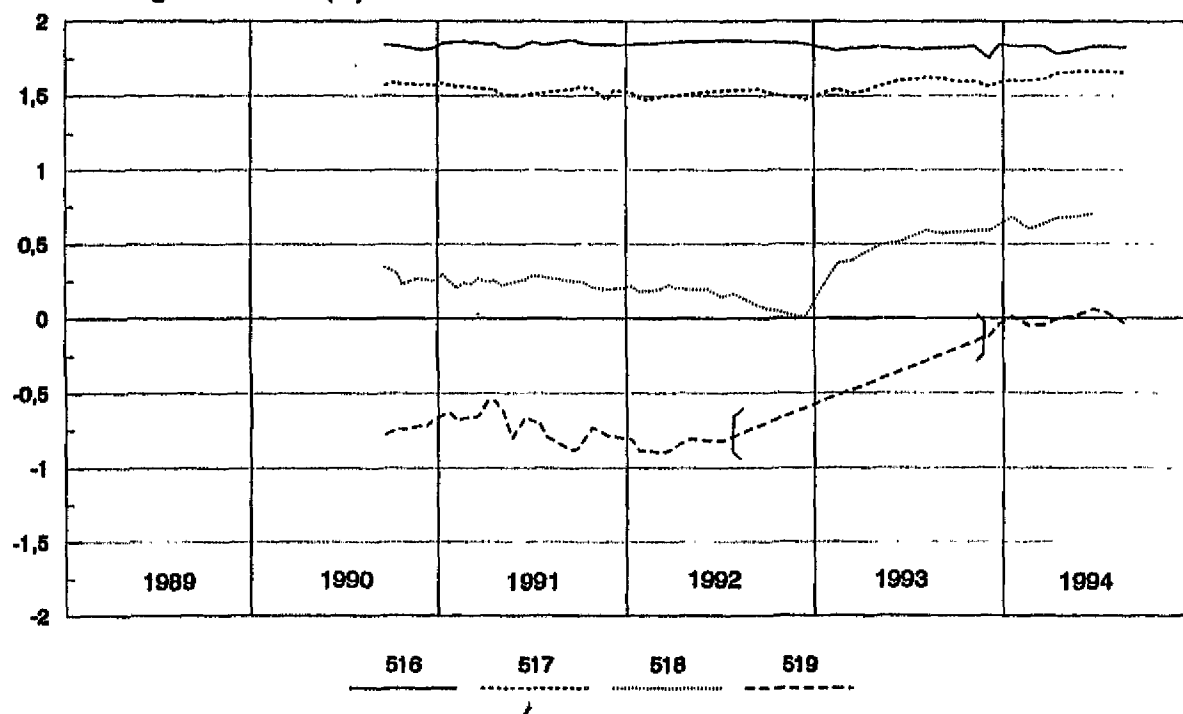
jan.1990 dec.1991

figuur 4.6A: Waterpasraaien Valkenisse, raai 5.2, 1993, 1991 en 1990.

platen van valkenisse

raai 5.2 (516/519) - noord

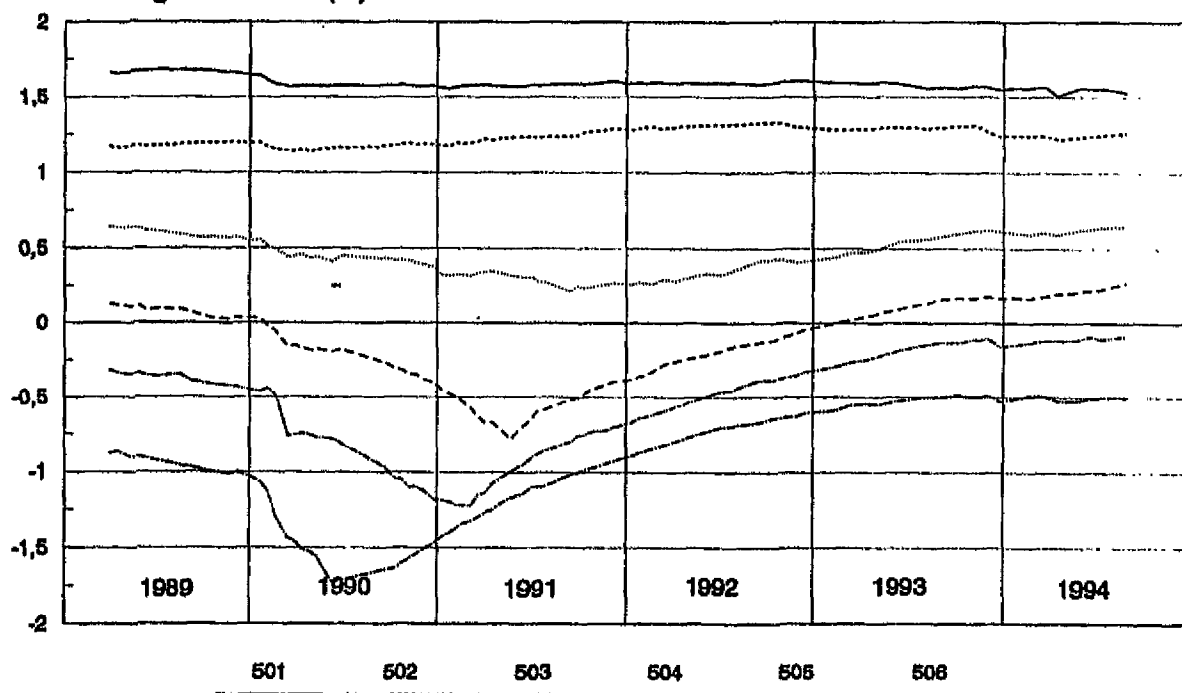
bodemhoogte t.o.v.NAP (m)



platen van valkenisse

raai 5.2 (501/506) - zuid

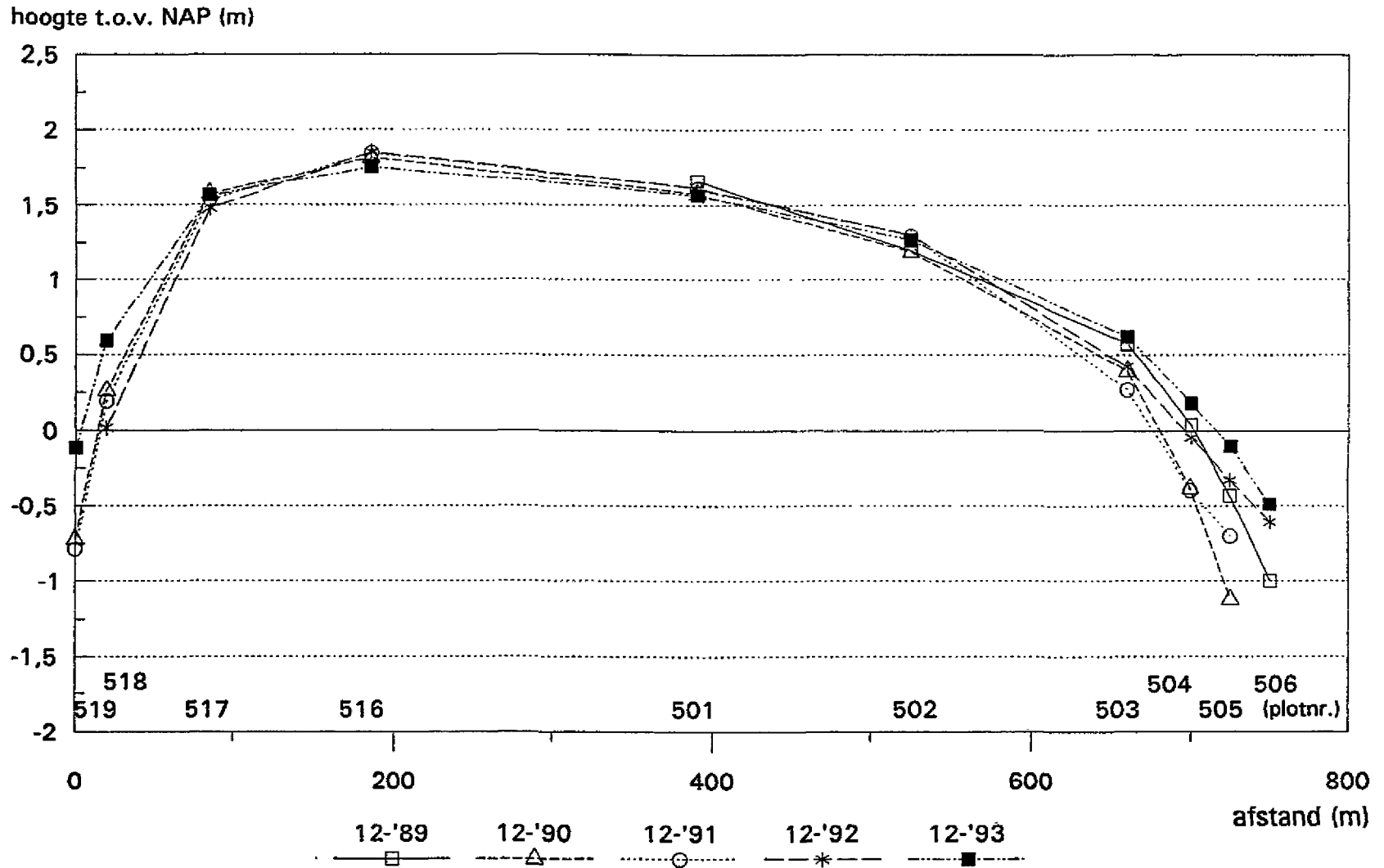
bodemhoogte t.o.v.NAP (m)



figuur 4.6B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots, raai 5.2, noord en zuid.

platen van valkenisse

profielen op basis van plothoogten, raai 5.2



figuur 4.6C: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren, raai 5.2.

zuidzijde: plotnummer 501 tot en met 506.

De plots 501 en 502 hebben allebei een slibgehalte dat tussen de 10% en 15% fluctueert, en een lichte afname in de tijd vertoont. De slibgehalten van de plots 503, 504, 505 en 506 liggen beneden de 10%, en vertonen allemaal een geringe toename ($\pm 2,5\%$) in de tijd. Op plot 505 is het slibgehalte steeds ongeveer 2% hoger in het najaar dan in het voorjaar, bij 506 is dit niet terug te vinden.

Westelijke raai (5.3)

Ligging van de raai:

Deze raai ligt parallel aan raai 5.2, ongeveer 1,5 km naar het westen (kaart 'Valkenisse').

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

noordzijde: plotnummers 512 tot en met 515.

Tussen december 1990 en december 1991 heeft er een verhoging van 20 tot 30 centimeter over het hele profiel plaats gevonden, daarna is er tot mei 1994 op de meeste plaatsen een zeer geringe ophoging geweest van minder dan 10 centimeter in 2,5 jaar (figuur 4.6D, E en F). Het grillige verloop van de plothoogten is voor een groot deel te verklaren door een nabijgelegen megaribbelveld, ten westen van de raai, met uitlopers ter plaatse van de raai.

Opgemerkt moet worden dat dit profiel niet lager is doorgetrokken dan de NAP lijn. Op de kaart 'Valkenisse' is te zien dat in het gebied tussen NAP en NAP -2 meter wel veranderingen plaatsvinden, namelijk een verbreding van dit gebied in de periode 1988-1990, waarna de NAP-lijn tussen 1990 en 1992 weer richting de geul is verplaatst. In een profiel zou dit te zien zijn als een sterke vervlakking gevolgd door een versteiling.

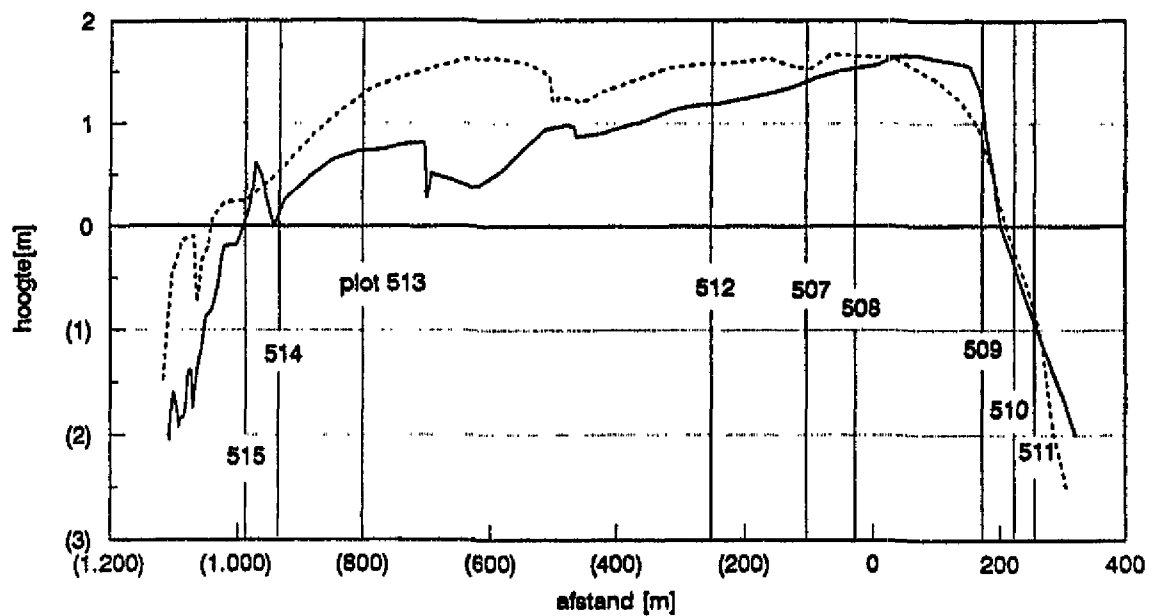
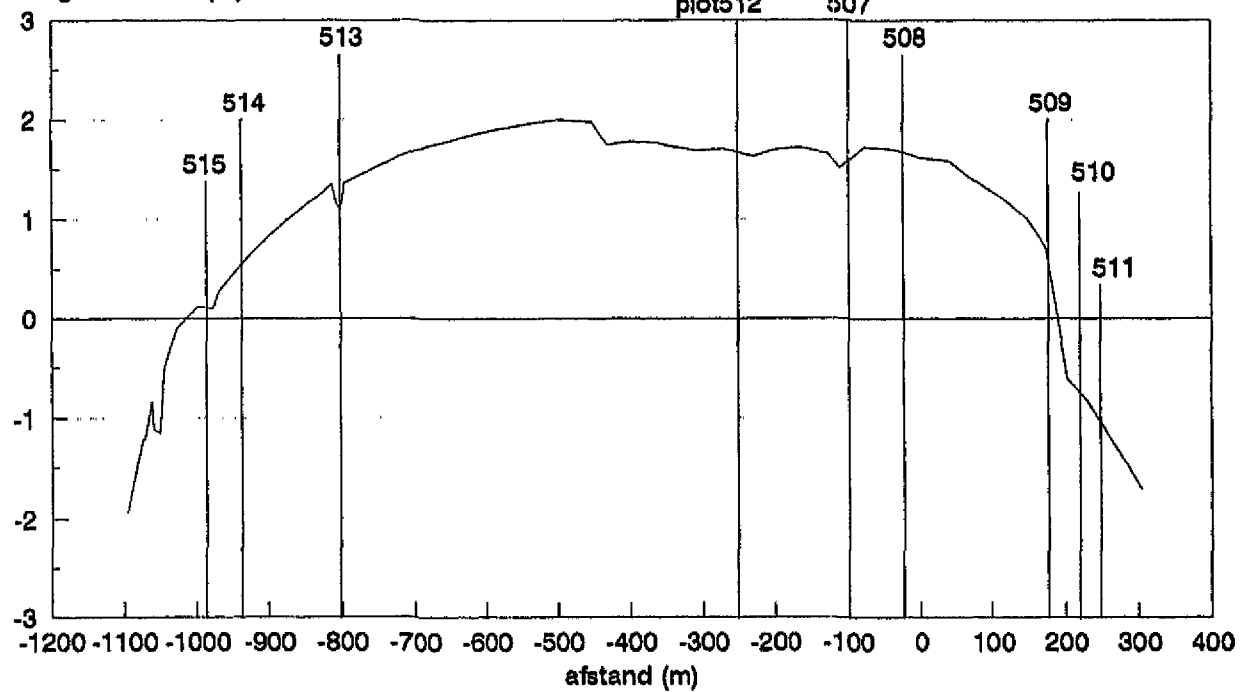
zuidzijde: plotnummers 507 tot en met 511.

De twee hoogste plots van deze raai (507 en 508) zijn geleidelijk opgehoogd met respectievelijk 40 en 20 centimeter (figuur 4.6E). Bij plot 507 is in januari 1990 en in november 1993 tijdelijk versnelde sedimentatie opgetreden. In dezelfde perioden had bij plot 509 versnelde erosie plaats. Plot 509 is in de gehele periode ongeveer 90 centimeter gedaald, in 1989 vormde dit plot nog het knikpunt van het profiel, dit is tussen december 1992 en december 1993 opgeschoven naar plot 508 (figuur 4.6D en F). De plots 510 en 511 hebben geen eenduidige ontwikkeling doorgemaakt. Plot 510 werd tot mei 1992 geleidelijk opgehoogd tot NAP -0,25 meter, waarna het tot februari 1993 erodeerde tot een diepte van NAP -1,2 meter, om daarna weer op te hogen tot NAP -0,5 meter. Het lager gelegen plot 511 werd al vanaf november 1991 verlaagd van NAP -0,7 meter tot NAP -1,75 meter in mei 1992, daarna is het ongelijkmatig opgehoogd tot ongeveer NAP -0,7 meter. Netto heeft dit verloop van de afzonderlijke plothoogten voor het hele profiel geleid tot een vervlakking door ophoging van het laagste plot (511) en verlaging van het middelste plot (509) (figuur 4.6F).

Het onregelmatige verloop van de plots 510 en 511 tussen zomer 1991 en najaar 1993 heeft waarschijnlijk te maken met het geleidelijk verdwijnen en verplaatsen van het restant van een ebschaar ten westen van deze plots, die duidelijk te zien is op kaart 'Valkenisse'.

Waterpasraai Valkenisse 5.3 - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)

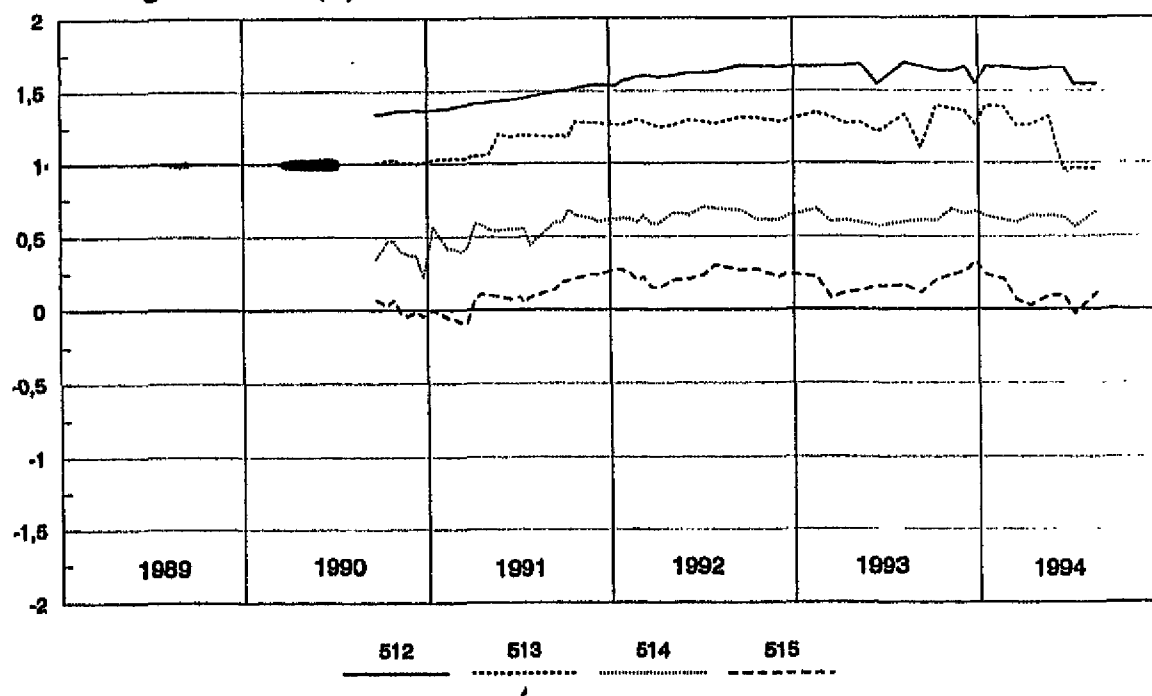


figuur 4.6D: Waterpasraaien Valkenisse, raai 5.3, 1993, 1991 en 1990.

platen van valkenisse

raai 5.3 (512/515) - noord

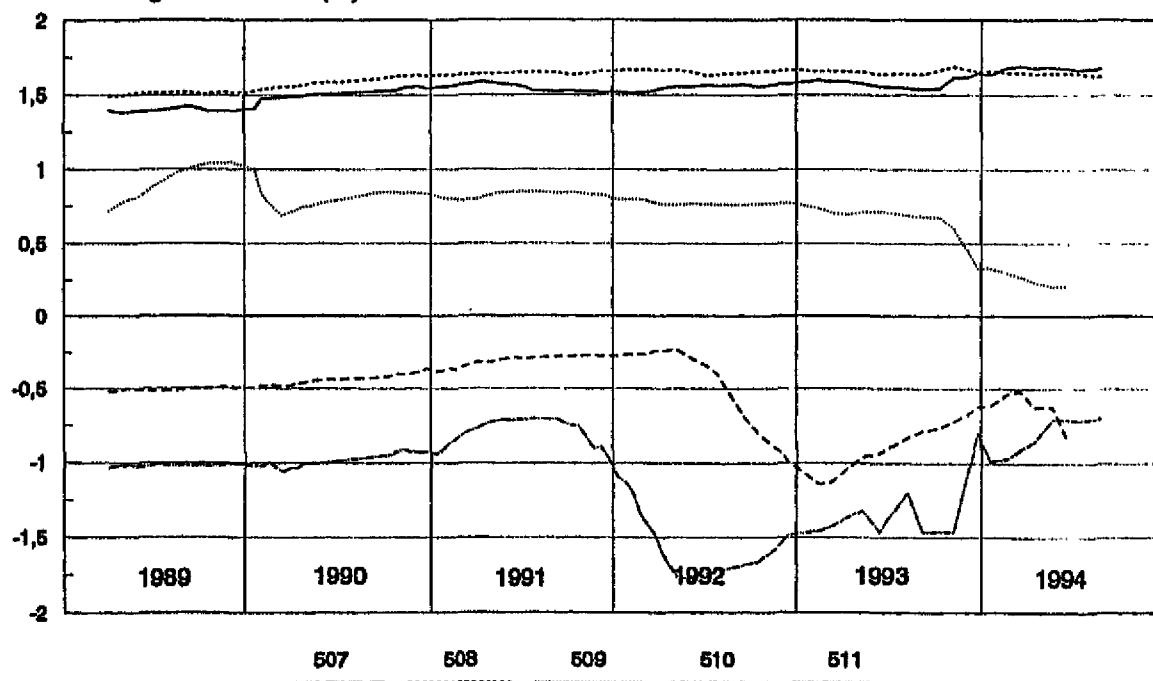
bodemhoogte t.o.v.NAP (m)



platen van valkenisse

raai 5.3 (507/511) - zuid

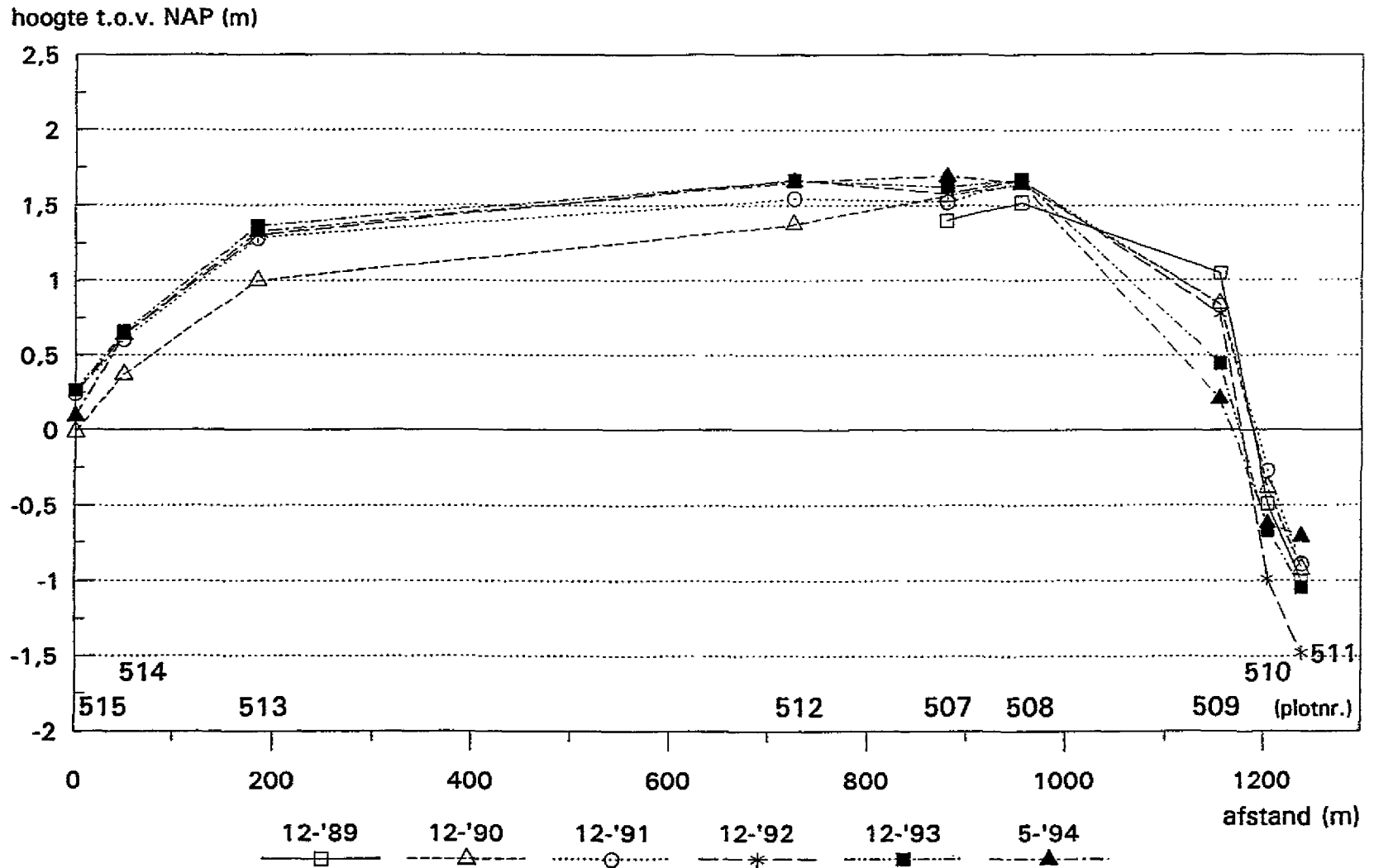
bodemhoogte t.o.v.NAP (m)



figuur 4.6E: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots, raai 5.3, noord en zuid.

platen van valkenisse

profielen op basis van plothoogten, raai 5.3



figuur 4.6F: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren, raai 5.3.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

noordzijde: plotnummers 512 tot en met 515.

Het slibgehalte bij plot 512, bovenop de plaat, varieert tussen de 5% - 10% met een lichte afname vanaf voorjaar 1993 (bijlage 2). De plots 513, 514 en 515 hebben allen een slibgehalte kleiner dan 4%. Geen van de plots vertonen aanwijsbare (seizoens)fluctuaties. Het lage slibgehalte van de plots 513, 514 en 515 hangt samen met het voorkomen van megaribbels, dat duidt op een zandig en dynamisch milieu. Plot 514 ligt in de eerste helft van 1991 bovendien bij een geultje.

zuidzijde: plotnummers 507 tot en met 511.

Plot 510 heeft een relatief hoog slibgehalte tussen 6% en 9%. De rest van de plots heeft een vrij constant slibgehalte tussen 3% en 7,5%. Geen van de plots vertoont een seizoensgebonden fluctuatie in de slibgehalten (bijlage 2).

hele plaat van Valkenisse:

De oostelijke raai (kaart 'Valkenisse') is duidelijk slibrijker dan de westelijke raai. Bij de oostelijke raai (5.2) is de noordzijde slibrijker dan de zuidzijde, terwijl bij de westelijke raai (5.3), het verschil tussen noord en zuid minder groot is en de zuidelijke iets slibrijker is dan de noordelijke raai. De twee zuidelijke raaien, gelegen langs de hoofdgeul, vertonen onderling een minder groot verschil in slibgehalte dan de twee noordelijke raaien, gelegen langs de vloedsehaar, in beide gevallen is de oostelijke van de twee slibrijker.

4.2.7 Valkenisse-oost

Ligging van de raai:

Deze oostelijke plaat van Valkenisse ligt los van de 'grote' plaat van Valkenisse. De plaat is relatief laag, maximaal NAP +1 meter, en veranderlijk van vorm (kaart 'Saeftinghe') en staat onder invloed van het veranderende stroomregime in de Zimmerman Geul (noord), de Schaar van Waarde (zuidwesten) en de Overloop van Valkenisse - hoofdgeul (zuid en zuidoost). Deze raai ligt, in tegenstelling tot de andere raaien, niet op de rand van de plaat, maar meer in het midden.

Het hoge deel van dit oostelijke plaatje, waar raai 5.4 op ligt is sinds 1988 zowel naar het noorden als naar het zuiden uitgebreid (kaart 'Saeftinghe').

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

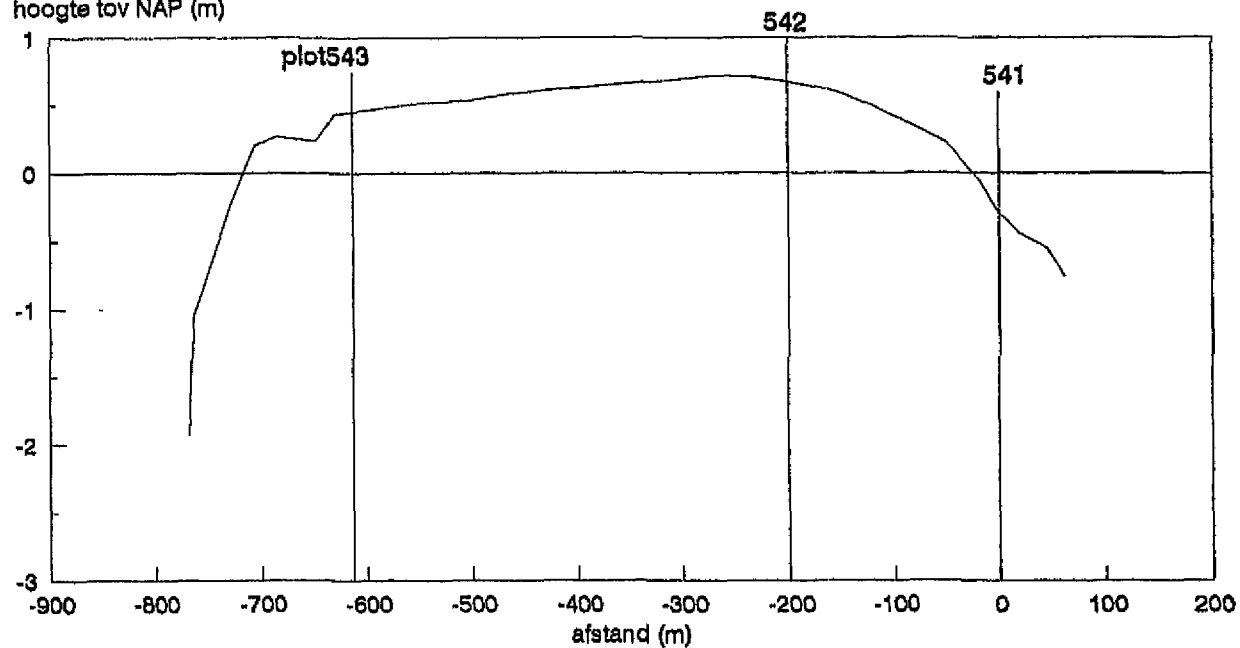
Aan het verloop van de plothoogten is te zien dat de uitbreiding van het hogere deel ter plaatse van raai 5.4 heeft geleid tot een ophoging van het hele profiel (plot 541, 542 en 543) met 0,30 meter in het zuiden tot 1,0 meter in het noorden. Plot 543 ligt pas sinds eind 1992 boven NAP.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

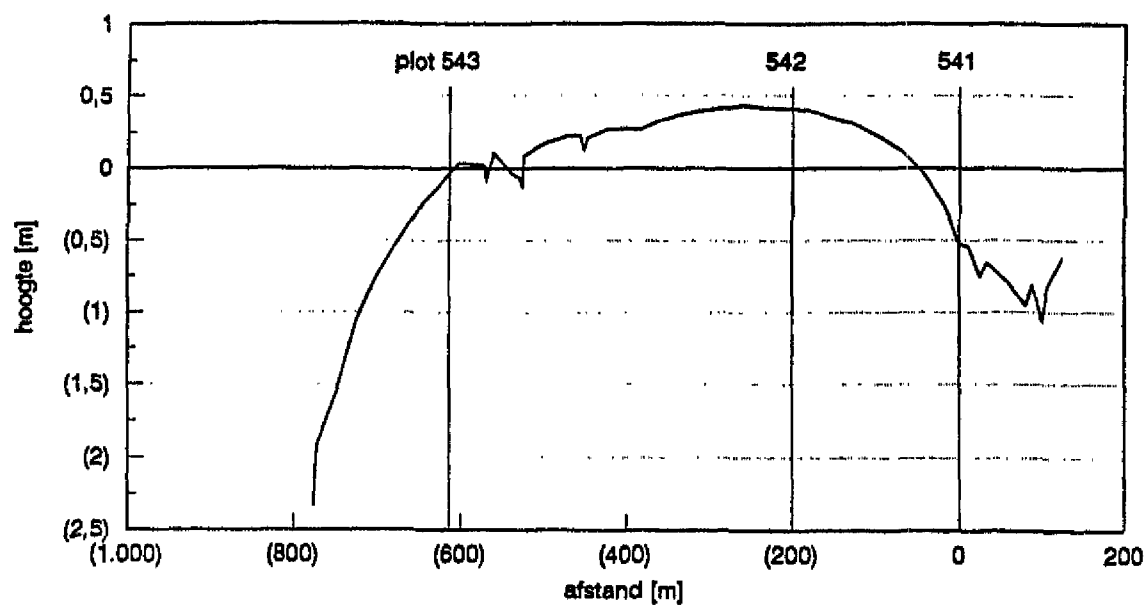
Het slibgehalte van plot 543 varieert onafhankelijk van de seizoenen tussen 11% en 2,5% (bijlage 2). Bij de plots 541 en 542 is het slibgehalte afgenomen sinds het voorjaar van 1991, resp. van 9% tot 3% en van 5% tot 1,5%.

Waterpasraai Valkenisse 5.4 - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel: rivieropwaarts



profiel : rivieropwaarts

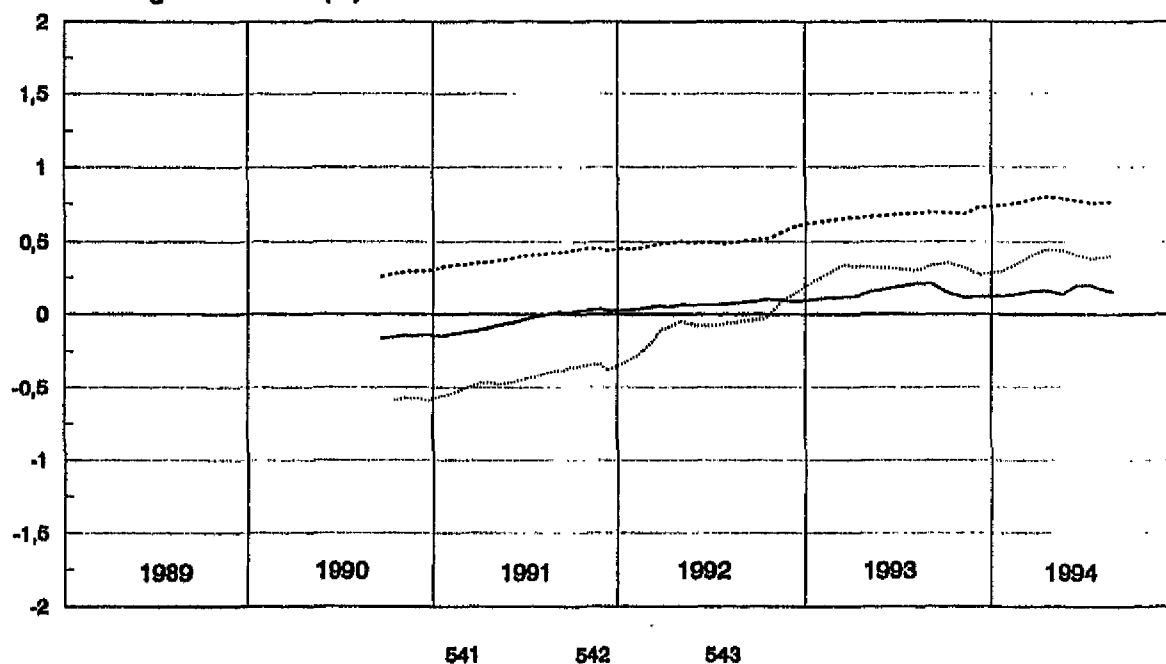
dec.1991

figuur 4.7A: Waterpasraaien Valkenisse-oost, 1993 en 1991.

valkenisse - oost

raai 5.4

bodemhoogte t.o.v. NAP (m)

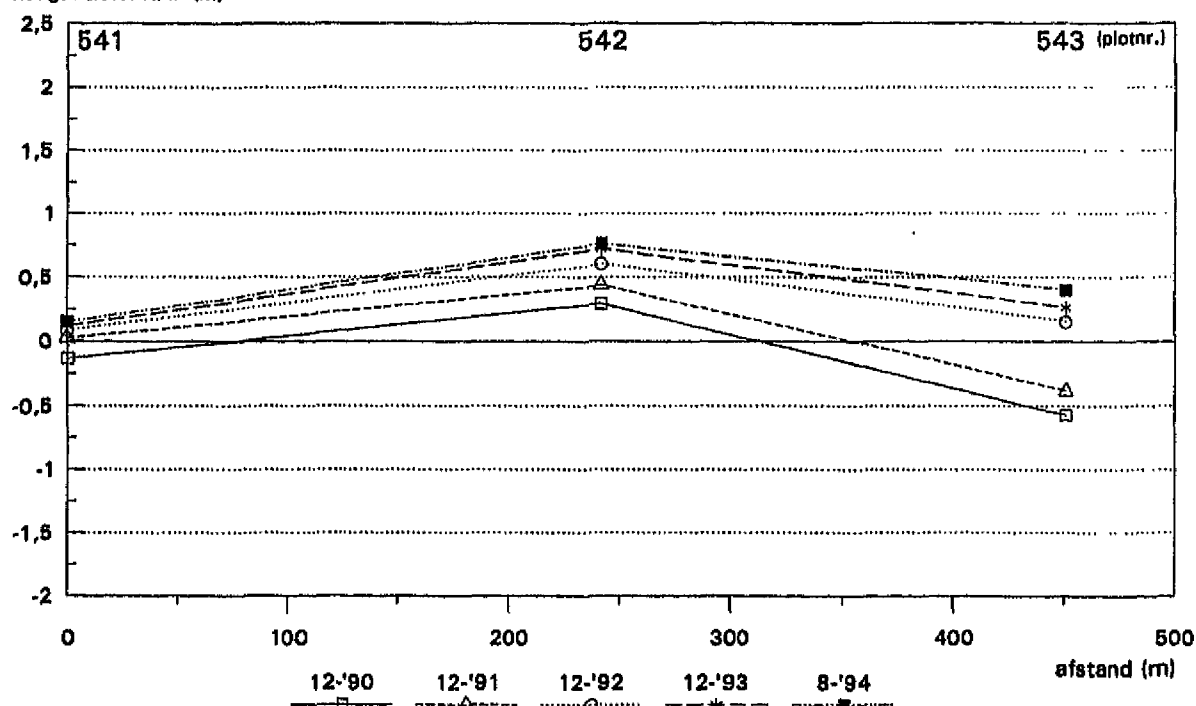


figuur 4.7B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots.

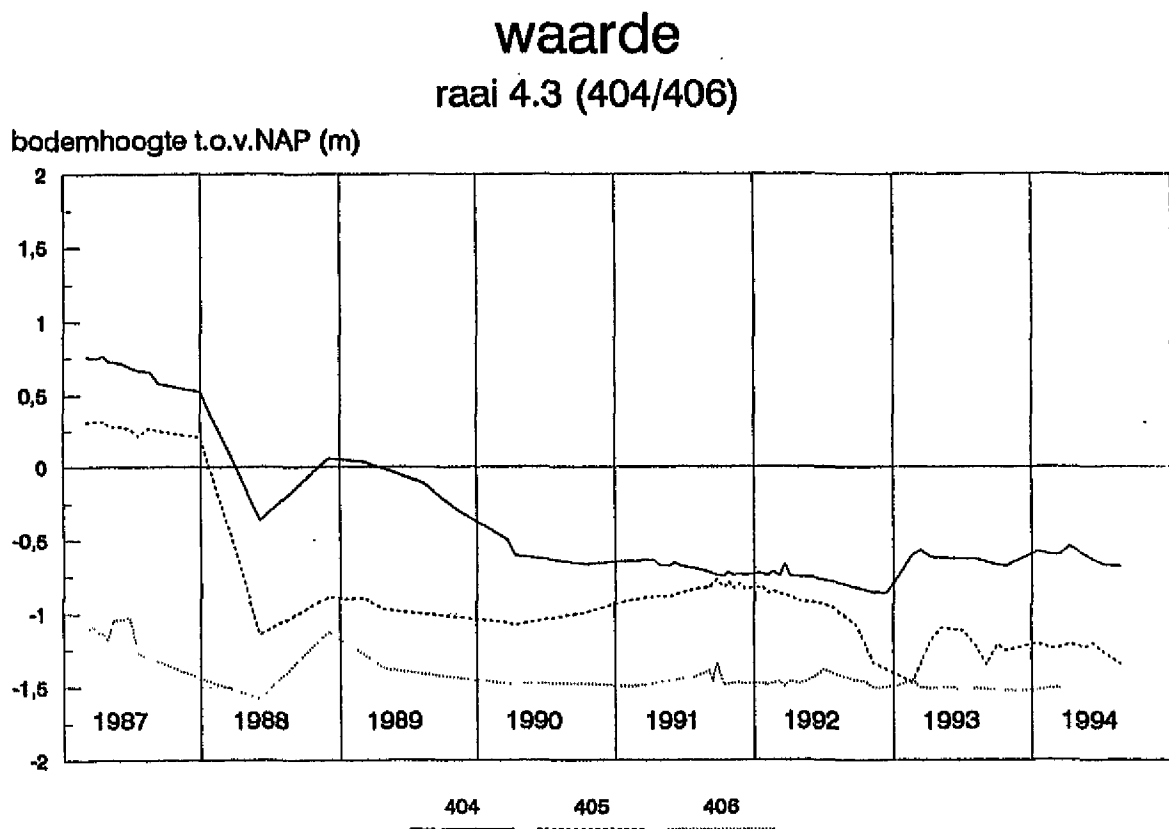
platen van valkenisse

profielen op basis van plothoogten, raai 5.4

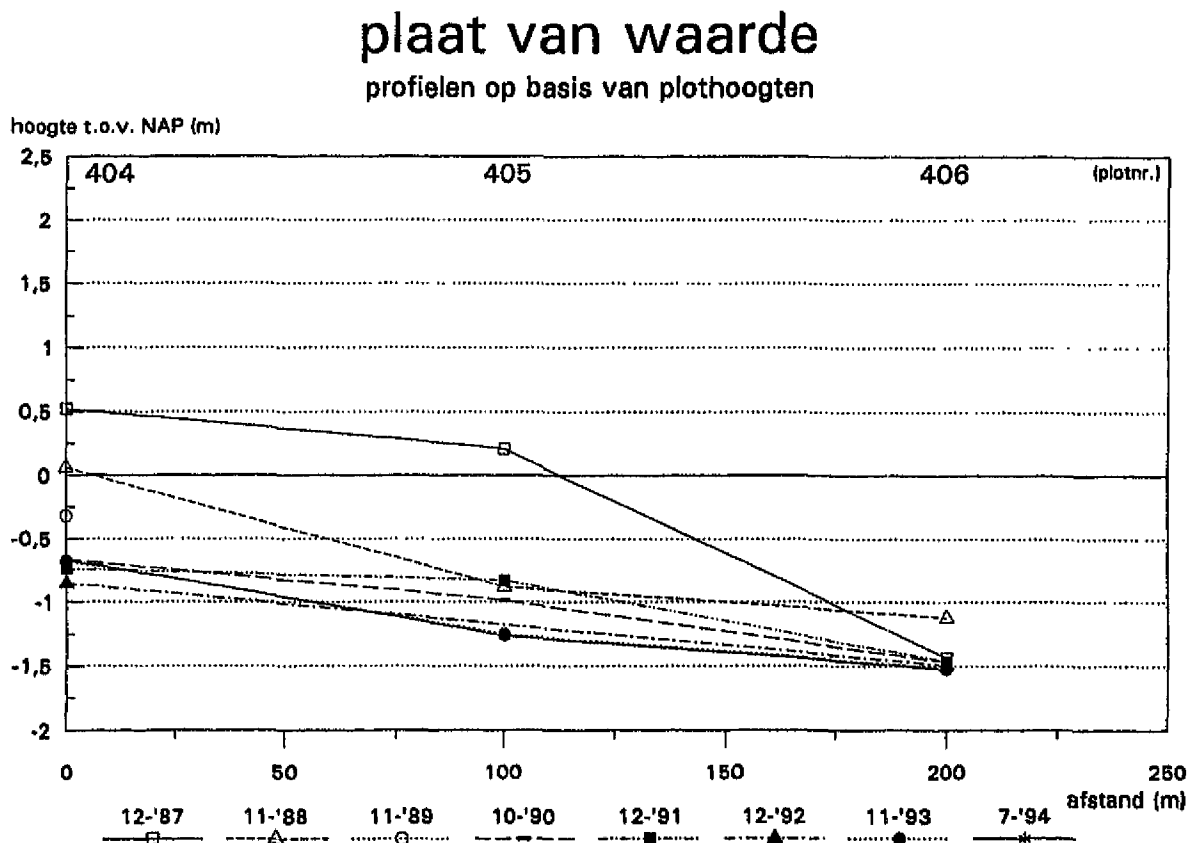
hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.7C: Profielen van de raai op Valkenisse-oost op basis van plothoogten van verschillende jaren.



figuur 4.8A: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots.



figuur 4.8B: Profielen van de raai op basis van plothoogten van verschillende jaren.

4.2.8 Waarde

Ligging van de raai:

Deze raai ligt voor het schor van Waarde langs de Zimmerman Geul (kaart 'Valkenisse'). Op kaart 'Valkenisse' is te zien dat in de Zimmerman Geul, voor de plaats van de raai, een verondieping is ontstaan die is uitgebreid sinds 1988, zie ook de NAP -2 meter-lijn.

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

Het verloop van de 3 plots van deze raai ziet er voor het jaar 1988 heel grillig uit (figuur 4.8A), bij de interpretatie hiervan moet bedacht worden dat er in dat jaar maar twee keer is gemeten. Bovendien staan bij de meting van 2-6-'88 de volgende bijzonderheden vermeld: 404 - ontgrond; 405 - ter plaatse van een geultje; 406 - veenbank met zand.

De plots van Waarde, raai 4.3, zijn al vanaf 1987 opgemeten. Plot 406 dat het dichtst bij de geul ligt is vanaf 1987 tot 1990 verlaagd van -1 m NAP tot -1,5 m (figuur 4.8A en B), sindsdien is de hoogte niet meer veranderd en zijn de onregelmatigheden in het plothoogte verloop te verklaren door het voorkomen van megaribbels ($\pm 0,30$ meter). De hoogte van plot 404 is sinds 1987 geleidelijk afgenomen van NAP +0,75 meter tot NAP -0,7 meter in 1991, daarna is de bodemhoogte variabel tussen NAP -0,8 meter en NAP -0,5 meter. Bij plot 404 wordt vaak "puin", "klei en stenen", "overall puin" en "stenen" aangetroffen, afgewisseld door "plot in geul". Plot 405 heeft een variabel verloop, met een snelle afname in 1988 van NAP +0,2 meter naar NAP -0,8 meter. De depressie in de winter van 1992 - 1993 bij de plots 404 en 405 wordt verklaard door de aanwezigheid van een geultje.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

Het slibgehalte bij plot 404 varieert tussen 8% en 27% in het voorjaar en 36% en 38% in het najaar (bijlage 2), hier lijkt sprake te zijn van seizoensvariaties. Bij de plots 405 en 405 is het slibgehalte kleiner dan 5% behalve in het monster van het voorjaar van 1993, dan is het slibgehalte in 405 18% en in 406 8%.

4.2.9 Saeftinghe

raai 5.6:

Ligging van de raai:

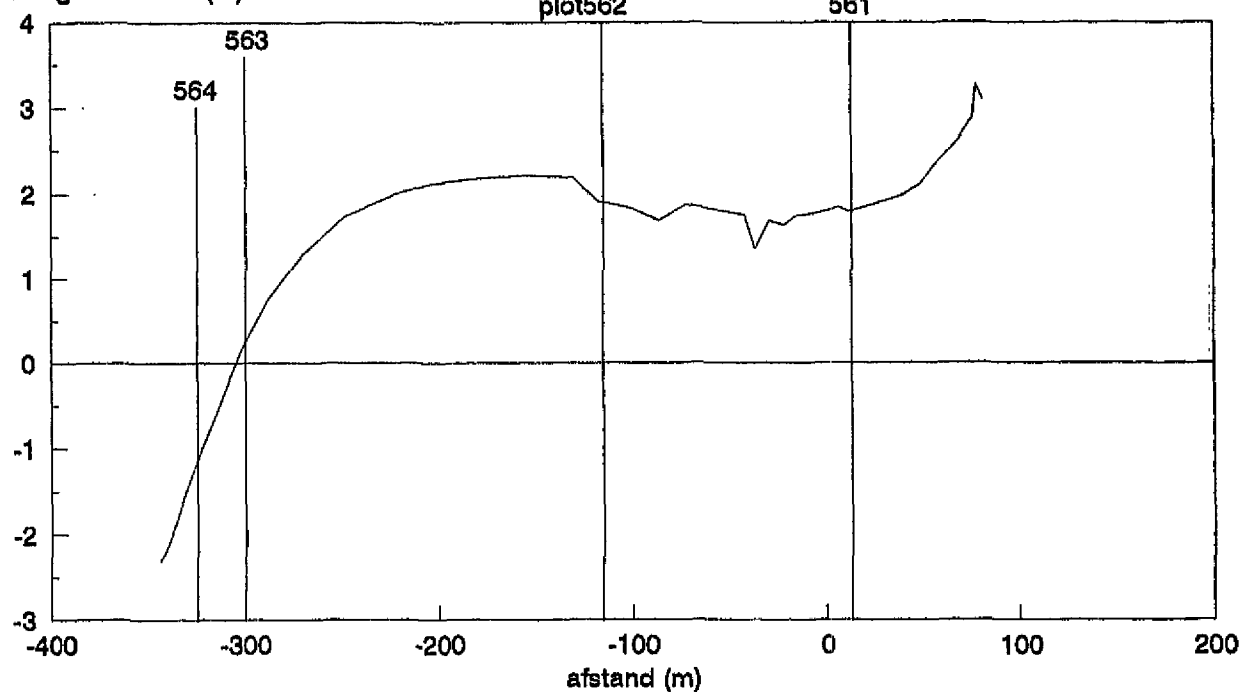
Raai 5.6 ligt op het slik voor het Konijnenschor grenzend aan de Overloop van Valkenisse (hoofdgeul) ter plaatse van de schaar van Waarde (kaart 'Saeftinghe'). Hier vond aan de geulrand onder de laagwaterlijn, net als voor het slik van Baalhoek, meer dan 1,5 meter erosie plaats tussen 1986 en 1992. De NAP -2 meter-lijn is tussen 1988 en 1990 50 meter naar het zuiden verplaatst. Het profiel van raai 5.6 leek in december 1991 sterk op het profiel van Baalhoek (vergelijk figuur 4.5A en 4.9A). Het profiel bestaat uit een lager gelegen deel (561) bij de schorrand waar geultjes voorkomen, richting hoofdgeul gevolgd door een hoger vlak deel dat na 150 meter overgaat in een steile helling bij de plots 563 en 564.

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

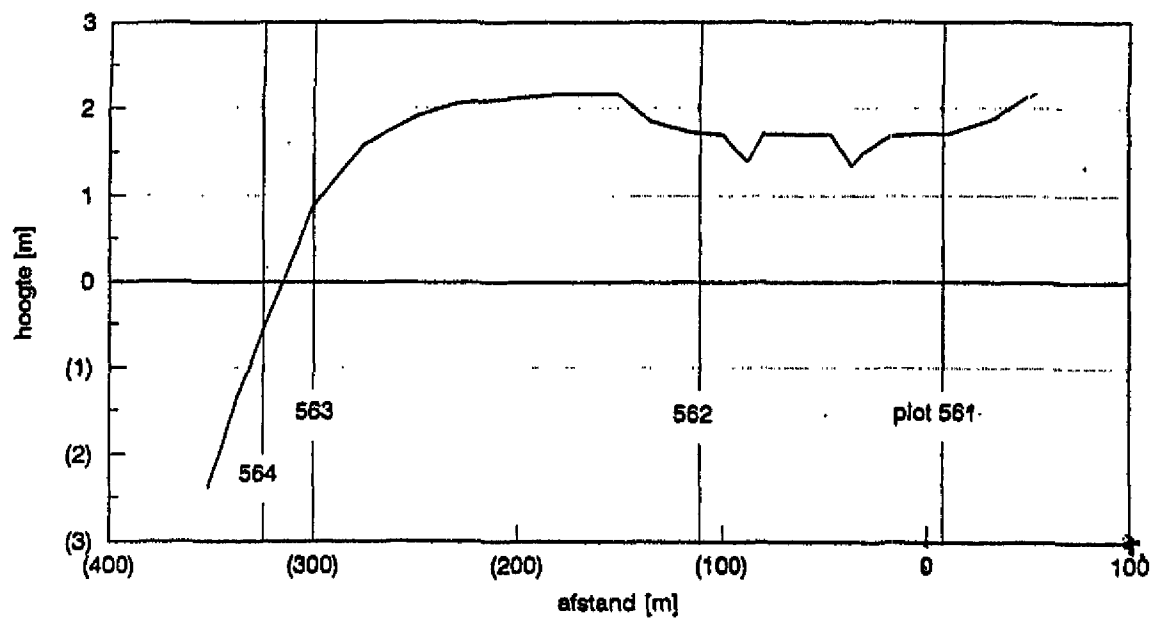
Plot 561 en 562, die in 1991 achter het hoger gelegen vlakke deel van het slik lagen zijn respectievelijk 0,25 en 0,50 meter opgehoogd, daardoor ligt 561 nu lager dan 562 (figuur 4.9B en C). De plots 563 en 564 nabij de geulrand zijn allebei ongeveer 1,3 meter verlaagd. Bij bestudering van de profielen op basis van de plothoogten (figuur 4.9C) moet bedacht worden dat er geen plots staan in het

Waterpasraai Saeftinghe 5.6 - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel: rivieropwaarts



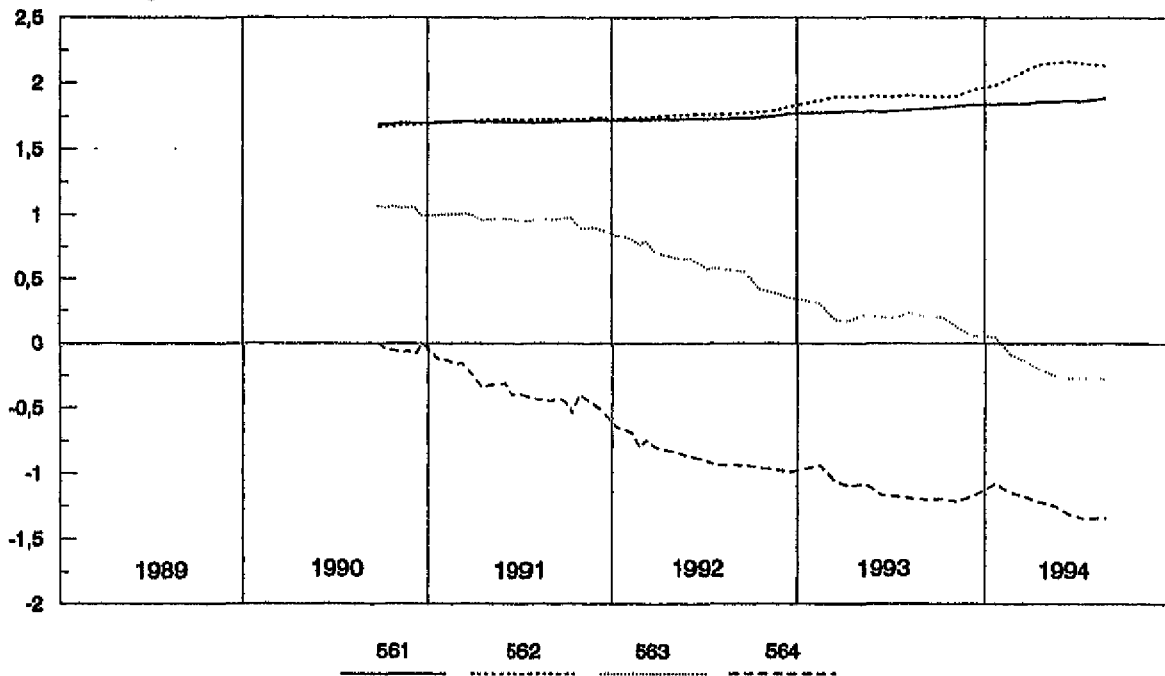
profiel : rivieropwaarts

dec. 1991

figuur 4.9A: Waterpasraaien Saeftinghe, raai 5.6, 1993 en 1991.

saeftinghe raai 5.6

bodemhoogte t.o.v.NAP (m)

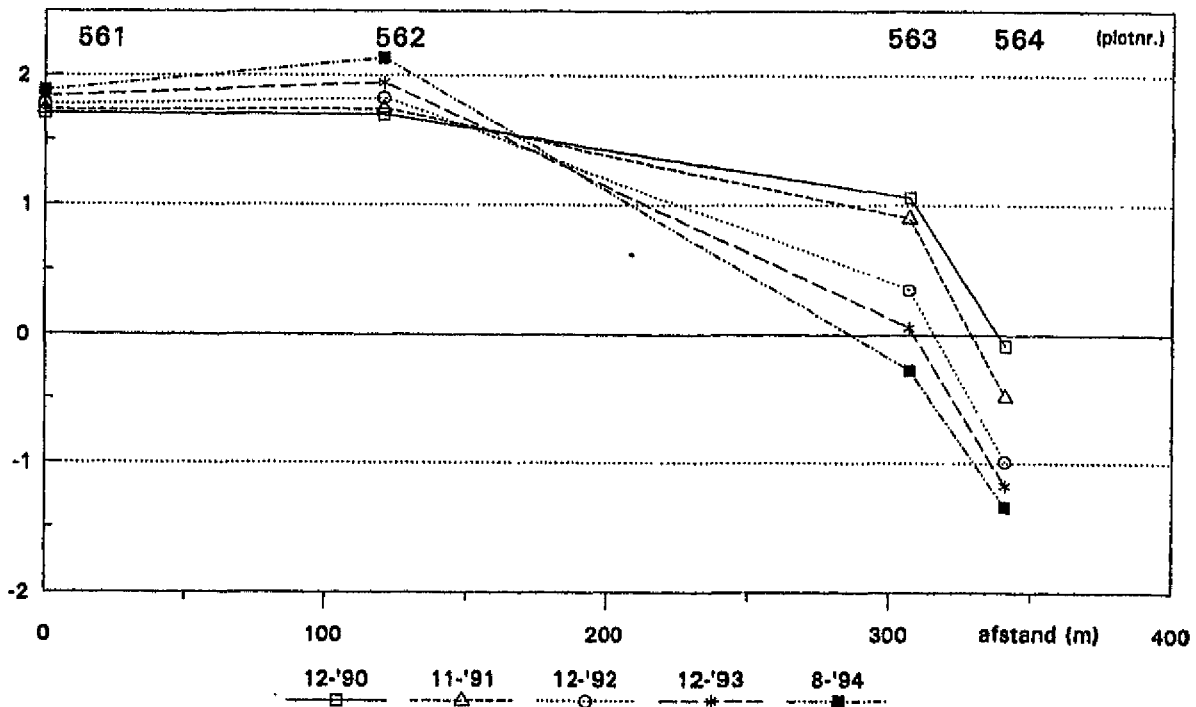


figuur 4.9B: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots, raai 5.6.

saeftinghe

profielen op basis van plohoogten, raai 5.6

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.9C: Profielen van raai 5.6 op basis van plohoogten van verschillende jaren.

gebied tussen 562 en 563 (figuur 4.9A), dat in 1991 het vlakke hooggelegen gebied vormde. Er kan dus, naar aanleiding van de vorm van deze profielen niet gesproken worden over een versteiling van de raai.

Bij plot 561 overheerst sedimentatie, die zeer gering is en zonder grote fluctuaties verloopt (figuur 4.9B). Dit geldt voor 562 ook tot en met oktober 1992, daarna vindt er bij dit plot tijdens stormen verhoogde netto sedimentatie plaats (bijlage 1). Bij plot 563 vindt netto sedimentatie plaats, na sommige stormen is de netto sedimentatie groot. Het erosieve karakter van plot 564 is minder eenduidig, het komt ook voor dat er netto sedimentatie wordt gemeten na een storm. De sedimentatie wordt overigens steeds direct gevolgd door netto erosie, waardoor de bodemhoogte van het plot weer wordt terug gebracht naar het niveau van voor de storm of lager. Er treedt drie keer verhoogde netto sedimentatie op die niet te relateren is aan een storm. Deze zijn echter minder groot en ze zijn een maand later weer verdwenen.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

In deze raai is een duidelijke overgang aanwezig in het slibgehalte, van slibrijk aan de landwaartse kant (20% - 30%) tot slibarm nabij de geul kant (minder dan 5%) (bijlage 2). In alle plots is het slibgehalte afgenomen sinds het voorjaar van 1992, alleen plot 561 vertoont een piek van 32% slib in het najaar van 1992. De afname van het slibgehalte in plot 562 valt samen met een verhoogde netto sedimentatie van ongeveer 0,10 meter. In de aantekeningen bij de plotheogte metingen wordt regelmatig melding gedaan van millimeters dikke slib laagjes bij de plots 561 en 562, en van een erosieve helling bij de plots 563 en 564. Seizoensfluctuaties zijn niet terug te vinden in de gegevens.

raai 5.7

Ligging van de raai:

Raai 5.7 ligt 2,5 km ten oosten van raai 5.6, voor de Marlemondseplaat, tussen het schor en de Overloop van Hansweert (kaart 'Saeftinghe'). De Westerschelde wordt ter plaatse van deze raai breder en gaat over van een systeem in het oostelijk deel met een hoofdgeul en schorren langs de oevers in een systeem in het westelijk deel met een hoofdgeul, scharen, platen en schorren. Langs dit deel van de Overloop van Valkenisse heeft, in de periode 1986 - 1992, geen noemenswaardige erosie plaatsgevonden langs de geulrand, onder de laagwaterlijn. Ook hebben zich in de periode 1988 - 1992 geen grote verplaatsingen van de NAP -2 meter en de NAP-lijn voorgedaan.

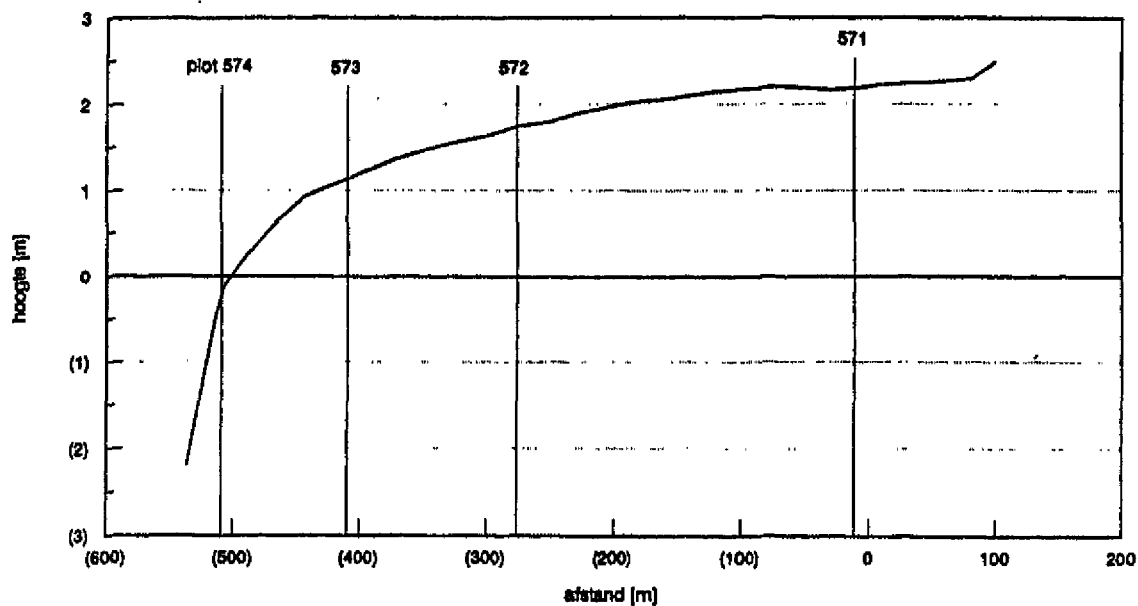
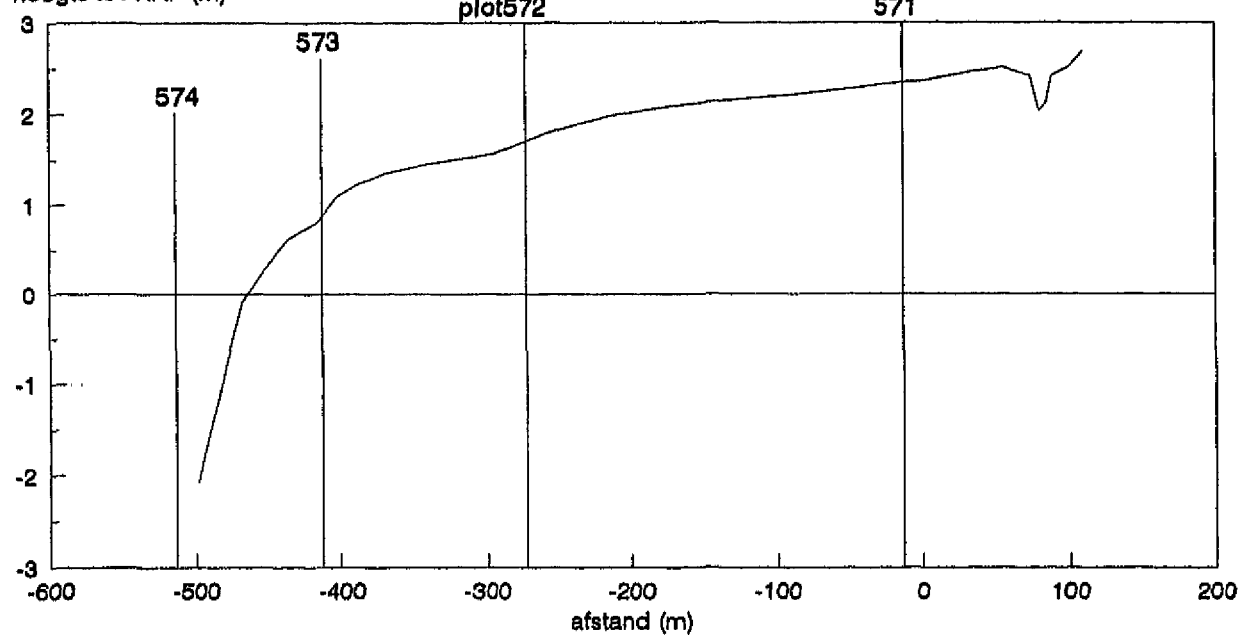
Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

De raai ligt op een hoogte van NAP -0,25 meter tot NAP +2,30 meter. Het profiel van de raai loopt geleidelijk af tot de steile plaatrand bij de geul (figuur 4.9D).

De plots van de raai hebben geen eenduidige verandering ondergaan in de periode 1990 - 1994 (figuur 4.9E en F). Plot 574 nabij de geul had een grillig, door erosie gedomineerd, verloop tot het plot in februari 1992 door een plaatval is verdwenen. De plots 572 en 573 laten een grillig verloop zien die in beide gevallen leidt tot een netto verlaging van respectievelijk 0,50 en 0,30 meter. De grootste veranderingen bij plot 572 vinden plaats sinds voorjaar 1992. Plot 571 heeft een vrij constante hoogte-ligging, met als enige verandering een verhoging van ongeveer 0,15 meter tussen december 1991 en maart 1992.

Waterpasraai Saeftinghe 5.7 - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



profiel : rivieropwaarts

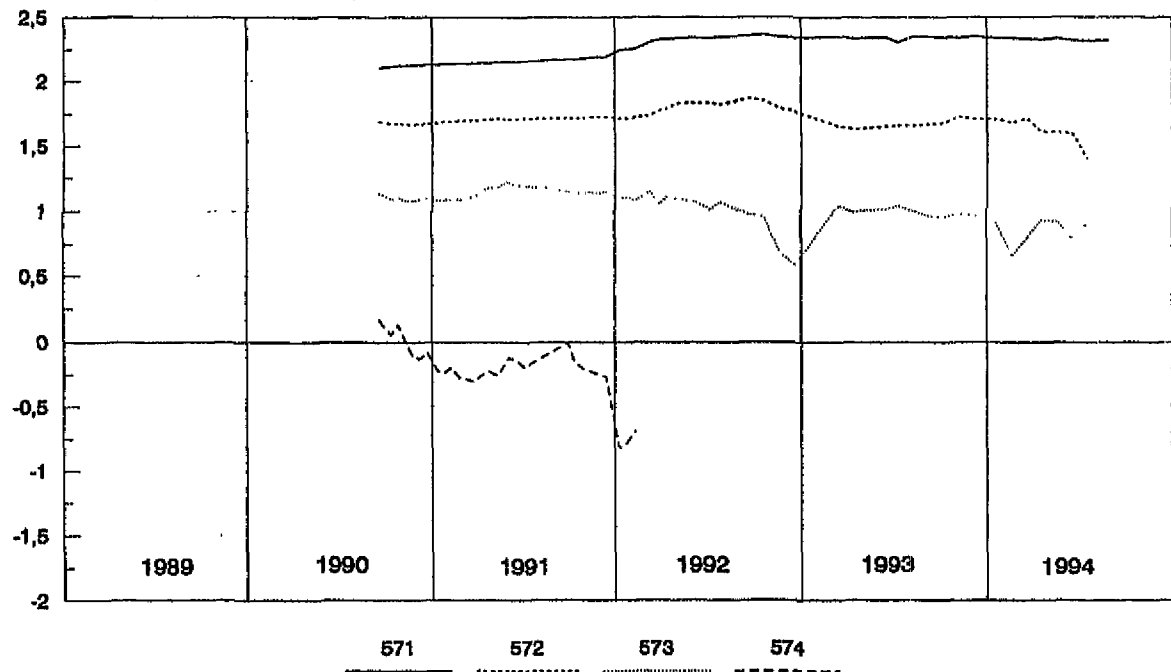
dec.1991

figuur 4.9D: Waterpasraaien Saeftinghe, raai 5.7, 1993 en 1991.

saeftinghe

raai 5.7

bodemhoogte t.o.v.NAP (m)

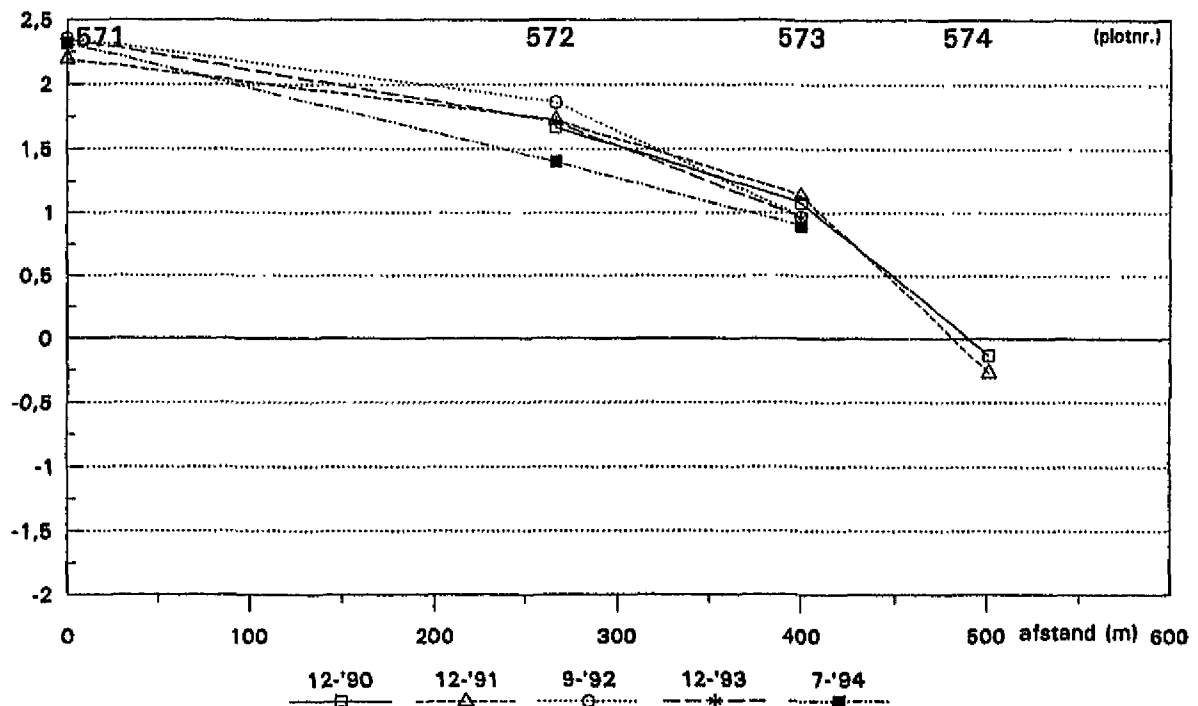


figuur 4.9E: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots, raai 5.7.

saeftinghe

profielen op basis van plothoogten, raai 5.7

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.9F: Profielen van raai 5.7 op basis van plothoogten van verschillende jaren.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

Het slibgehalte nabij de plots van deze raai is constant en laag, minder dan 5%.

raai 5.8

Ligging van de raai:

Raai 5.8 is de meest oostelijke van de drie raaien voor de schorren van het Verdrunken Land van Saeftinghe (kaart 'Saeftinghe'). Het ligt in de binnenbocht van de hoofdgeul van de Westerschelde (Nauw van Bath), er loopt hier geen geulrand vlak langs de raai. Het slik is hier ongeveer een kilometer breed en heet de Blauweplaat. Het oppervlakte van het gebied boven NAP -2 meter is naar het noordwesten en naar het noordoosten vergroot sinds 1988. Op de hogere delen langs de geul komen megaribbels voor.

Beschrijving hoogte-ontwikkeling:

Het steile, hoge, deel van deze raai ligt aan de landwaartse kant van het profiel, uitlopend in een, lager gelegen, vlak deel rond de NAP-lijn (figuur 4.9G).

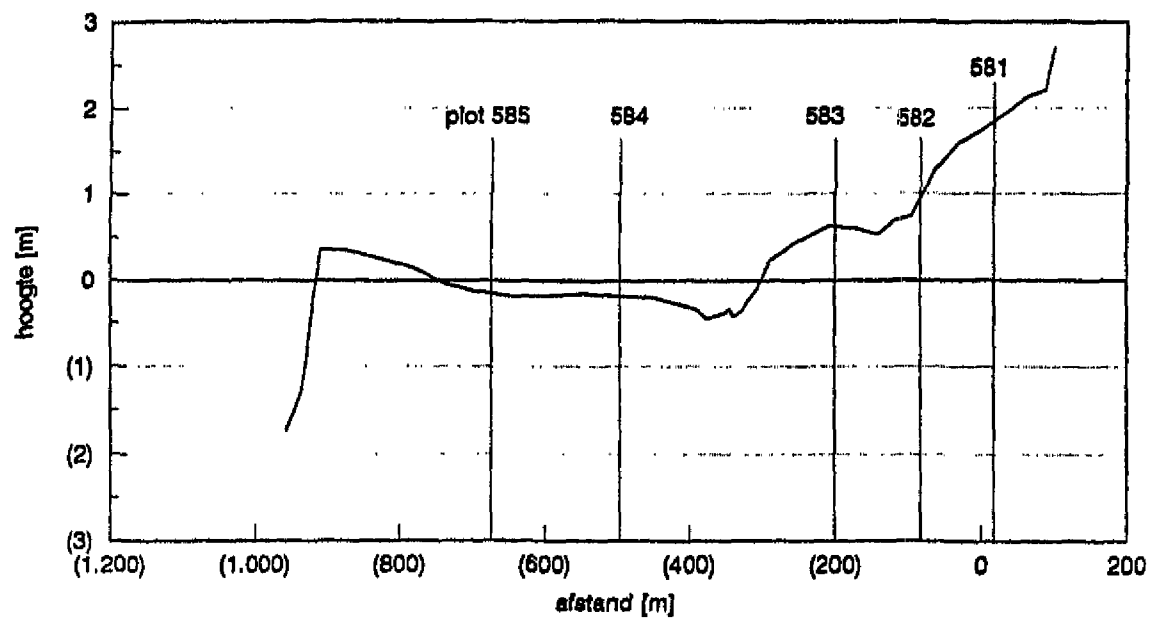
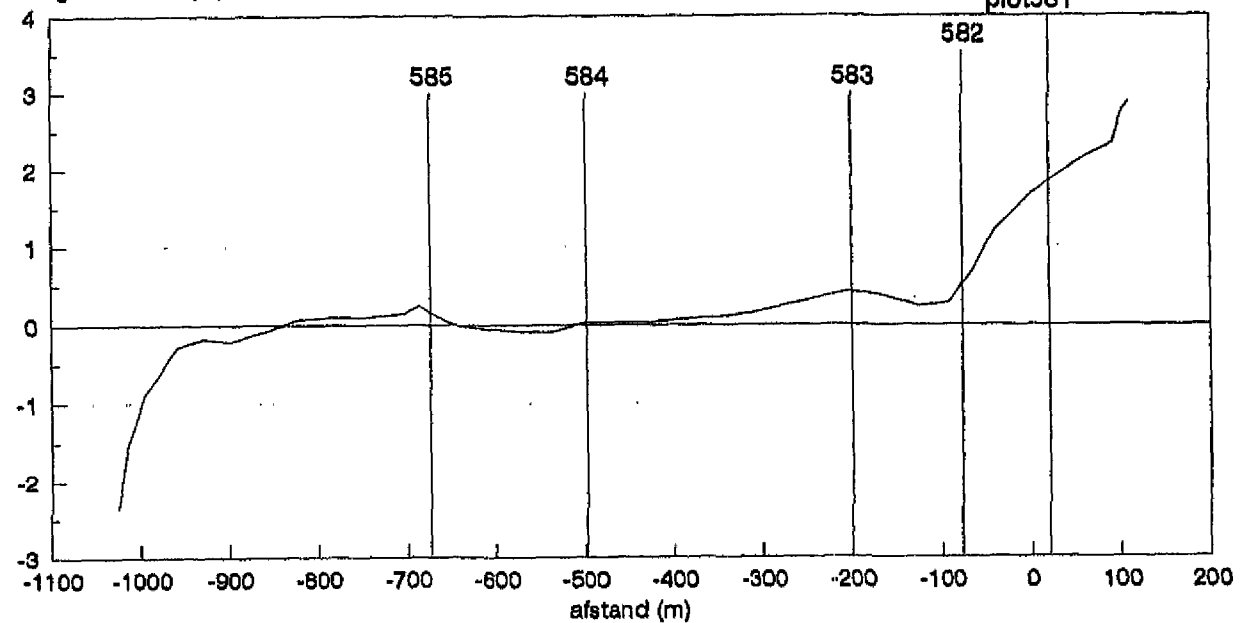
Het hoog gelegen plot 581 is geleidelijk 0,20 meter geërodeerd, terwijl het daarnaast gelegen plot 582 in dezelfde periode een meter gedaald is, hierdoor is het knikpunt verplaatst van plot 583 naar plot 582 (figuur 4.9G, H en I). De plots 584 en 585, op het vlakke deel tussen NAP -0,4 meter en NAP +0,4 meter, vertonen een grillig plothoogte-verloop, dit leidde voor beide plots tot december 1992 tot een gemiddelde verlaging van de plots, na die tijd zijn beide plots gemiddeld weer omhoog gekomen.

Slibgehalten in de bodem, voorjaar en najaar:

De plots 583, 584 en 585 hebben in de gemeten periode een constant laag slibgehalte van minder dan 4% (bijlage 2). Het slibgehalte bij plot 581 varieert tussen de 4% en de 8%, zonder aanwijsbare relatie met de seizoenen. Bij plot 582 is het slibgehalte afgenomen van 8% in het najaar van 1992 tot 2% in het najaar van 1993.

Waterpasraai Saeftinghe 5.8 - oktober 1993

hoogte tov NAP (m)



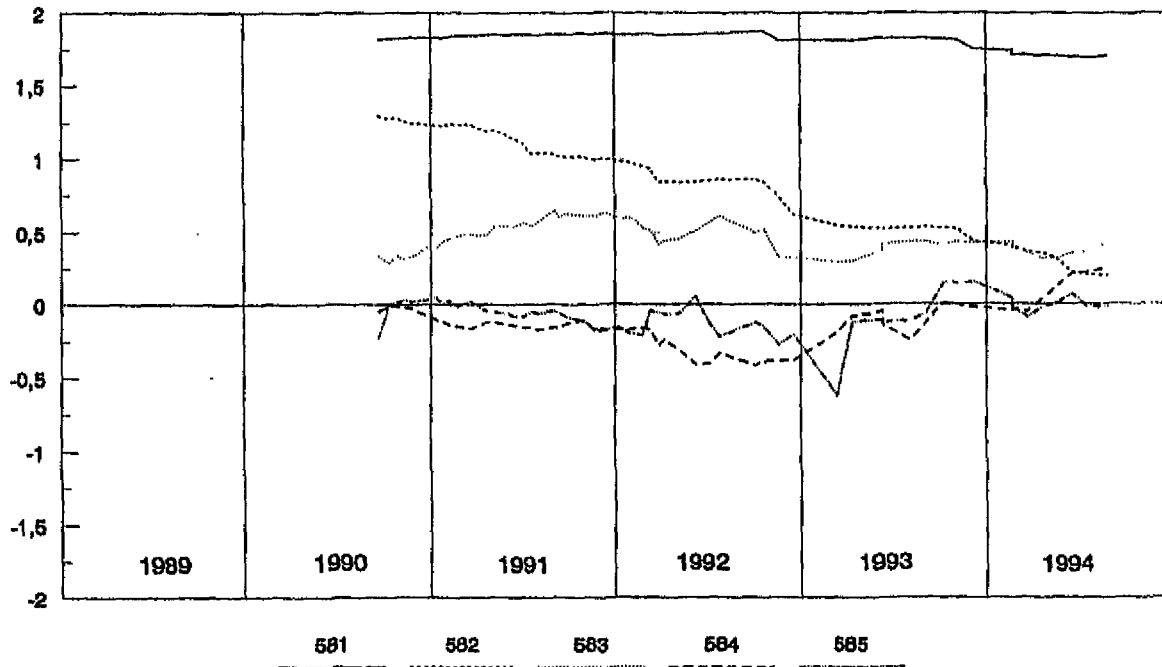
profiel : rivieropwaarts

dec.1991

figuur 4.9G: Waterpasraaien Saeftinghe, raai 5.8, 1993 en 1991.

saeftinghe raai 5.8

bodemhoogte t.o.v. NAP (m)

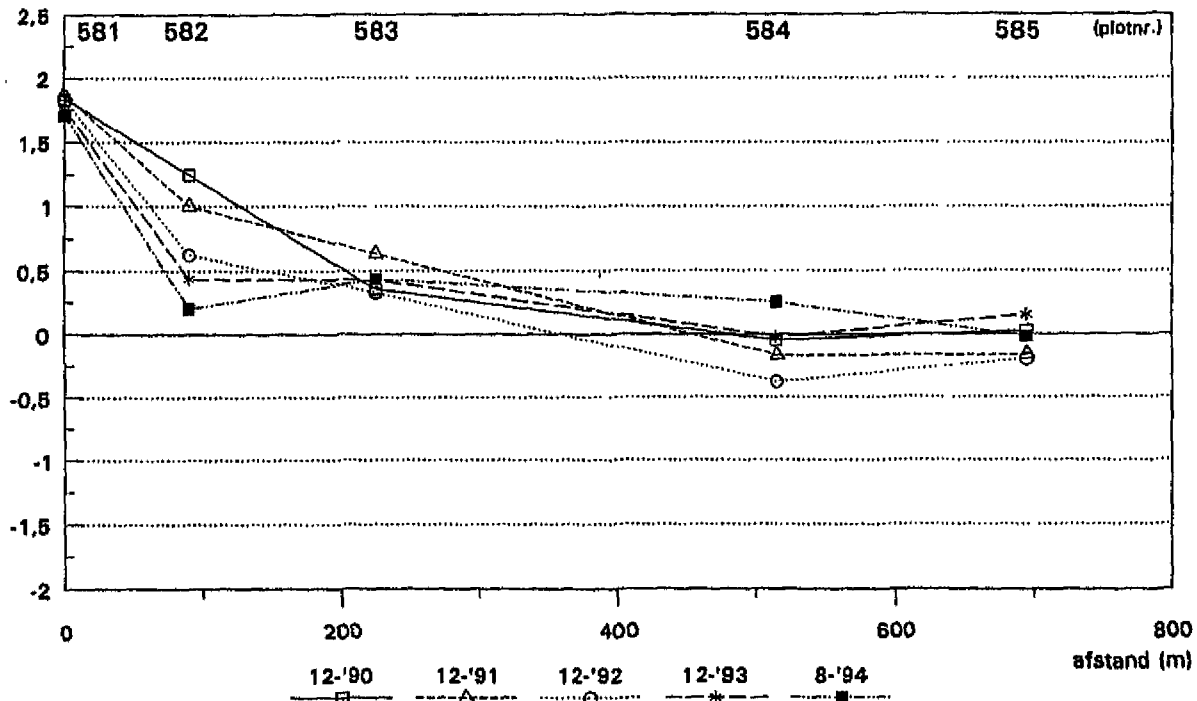


figuur 4.9H: Verloop van de bodemhoogten van de sedimentatie/erosie-plots, raai 5.8.

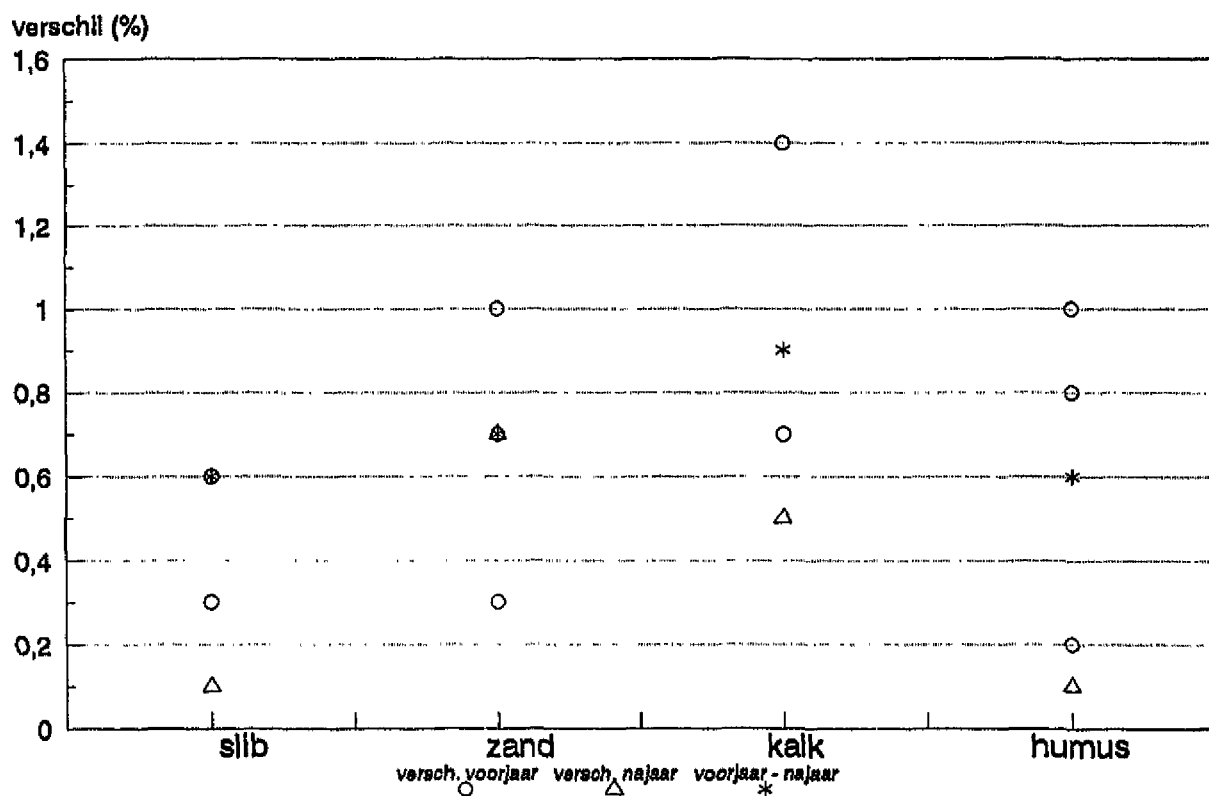
saeftinghe

profielen op basis van plothoogten, raai 5.8

hoogte t.o.v. NAP (m)



figuur 4.9I: Profielen van raai 5.8 op basis van plothoogten van verschillende jaren.



Figuur 5.1: De verschillende gehalten per bodemparameter tussen de voorjaarsmetingen onderling (o) en tussen de najaarsmetingen onderling (driehoekje). En het verschil per parameter tussen alle voorjaarsmetingen en alle najaarsmetingen (*).

5 SEDIMENT KARAKTERISTIEKEN

5.1 INLEIDING

In hoofdstuk 3 is al een korte samenvatting gemaakt van de bewerkingen die met de sediment-karakteristieken zijn uitgevoerd. In dit hoofdstuk zullen deze bewerkingen verder worden toegelicht en besproken. De conclusies aan het einde van dit hoofdstuk worden gebruikt voor de evaluatie van de meetprogramma's in hoofdstuk 6.

Het nemen van sedimentmonsters ter plaatse van de sedimentatie/erosie-plots is in 1991 gestart om de verwachte en in het veld waargenomen seizoensvariaties in de sedimentsamenstelling van de bovenste bodemlaag van de platen te meten en te onderzoeken. De verwerkingen die zijn uitgevoerd zijn gericht op deze doelstelling. Volgens de verwachtingen zou het slibgehalte in het najaar groter zijn dan in het voorjaar.

5.2 RESULTATEN

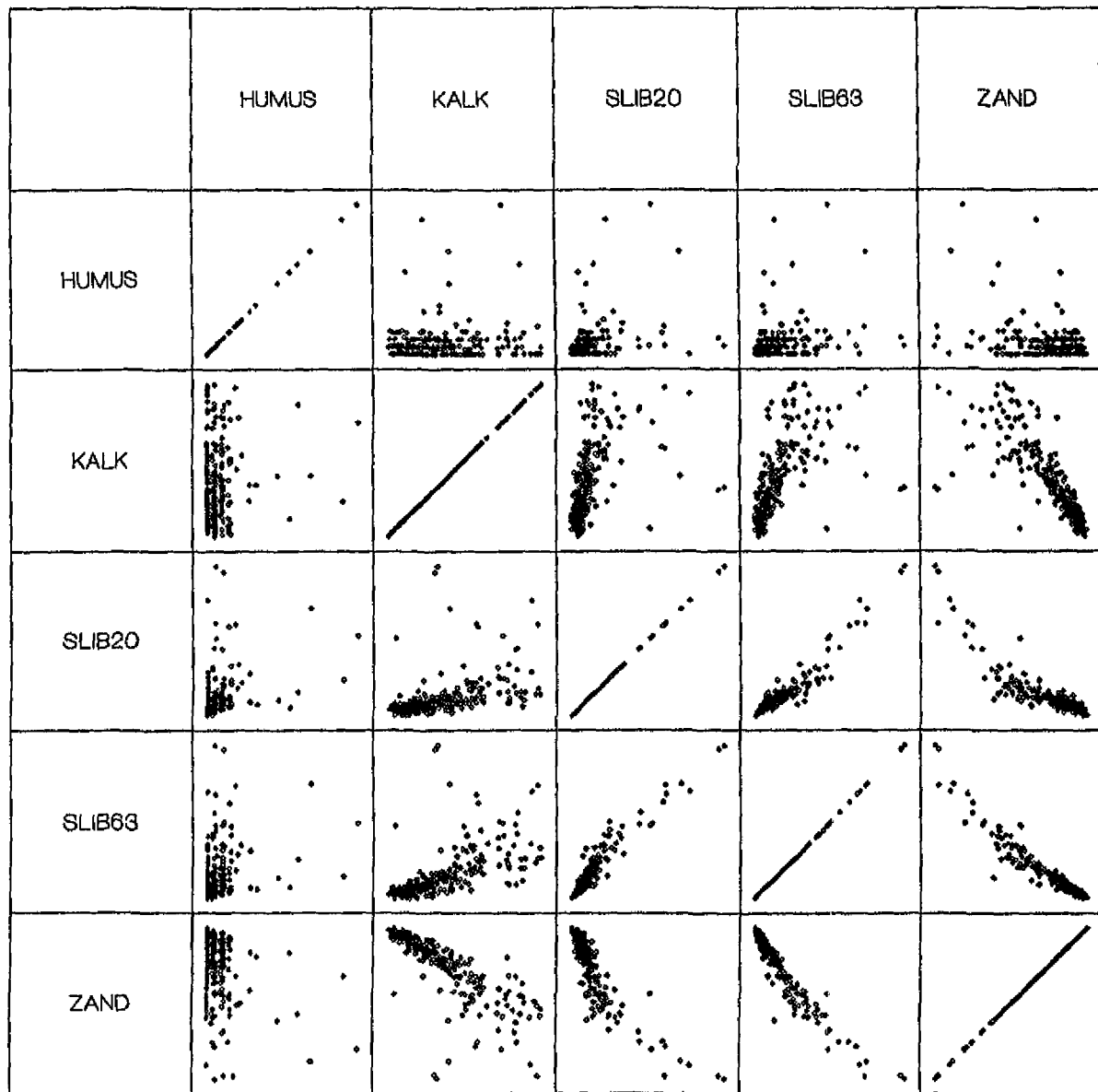
Om na te gaan of op basis van de sedimentkarakteristieken seizoensvariaties zijn waar te nemen zijn eerst alle meetgegevens ingedeeld in voorjaars- (1991, 1992 en 1993) en najaarsmetingen (1992 en 1993). Van de verschillende parameters, slib kleiner dan 20 micron, slib kleiner dan 63 micron, zand (groter dan 63 micron), kalk en humus zijn met behulp van beschrijvende statistiek het gemiddelde, de mediaan, het minimum, het maximum en de standaard deviatie berekend (tabel 2). Uit deze gegevens blijkt dat de waarden voor het voorjaar en de waarden voor het najaar beide maar weinig verschillen van de waarden voor alle metingen samen, en dat ook de onderling verschillen gering zijn.

Voor de volledigheid is dezelfde beschrijvende statistiek ook toegepast op de verschillende voor- en najaarsmetingen afzonderlijk (tabel 3). De variaties tussen de verschillende voorjaarsmetingen zijn van dezelfde orde van grootte als de verschillen tussen voorjaar en najaar, dit geldt ook voor de najaarsmetingen, zie figuur 5.1. In figuur 5.1 staan per parameter, slib, zand, kalk en humus, de verschillen tussen het gemiddelde van de drie afzonderlijke voorjaarsmetingen (rondjes) en van de twee afzonderlijke najaarsmetingen (driehoekjes) en het verschil tussen het gemiddelde van alle voor- en alle najaarsmetingen (sterretjes). Omdat de figuur gebaseerd is op drie voorjaars- en twee najaarsmetingen staan er per parameter drie verschilwaarden voor de gemiddelden van het voorjaar en maar één verschilwaarden voor de gemiddelden van het najaar. Als er seizoensfluctuaties in de gehalten van de verschillende bodemparemeters waren, zouden de verschillen tussen de voor- en de najaarsmetingen (sterretjes) groter zijn dan de verschillen binnen de voorjaarsmetingen (rondjes) en de verschillen binnen de najaarsmetingen (driehoekjes), dat is niet het geval. Dus ook uit de resultaten van figuur 5.1 blijkt dat op basis van de beschikbare gegevens geen significante verschillen zijn aan te tonen tussen voor- en najaar.

Uit de correlatie grafiek (figuur 5.2) en uit de correlatie matrix (Spearman) blijkt dat slib (kleiner dan 63 micron) het best correleert met de andere parameters en dat humus het slechtst correleert. Voor het berekenen van de correlatie matrix is de Spearman methode gebruikt omdat de variabelen niet normaal verdeeld zijn.

De parameters slib en humus zijn gebruikt om door middel van 'Box-Whisker plots' (figuur 5.3) de marginale verschillen tussen de verschillende metingen inzichtelijk te maken.

Het verticale streepje in de 'box' is de mediaan, de grenzen van de 'box' geven het eerste (Q1) en het derde kwartiel (Q3) aan, dus de box vertegenwoordigt 50% van de waarnemingen. De horizontale



MATRIX OF SPEARMAN CORRELATION COEFFICIENTS

	SLIB20	SLIB63	ZAND	KALK	HUMUS
SLIB20	1.000				
SLIB63	0.919	1.000			
ZAND	-0.874	-0.958	1.000		
KALK	0.713	0.809	-0.919	1.000	
HUMUS	0.329	0.295	-0.271	0.080	1.000

NUMBER OF OBSERVATIONS: 308

figuur 5.2: Correlatiegrafiek en correlatiematrix.

lijnen (whiskers) geven de uiterste waarden aan, met als beperking dat de maximale lengte van de whiskers 1,5 keer de breedte van de box is. Waarnemingen die daarbuiten vallen worden met een sterretje aangegeven, of met een rondje als ze meer dan drie keer de breedte van de box verwijderd zijn van de box (zie de SYSTAT-handleiding).

5.3 MOGELIJKE OORZAKEN EN VERKLARINGEN

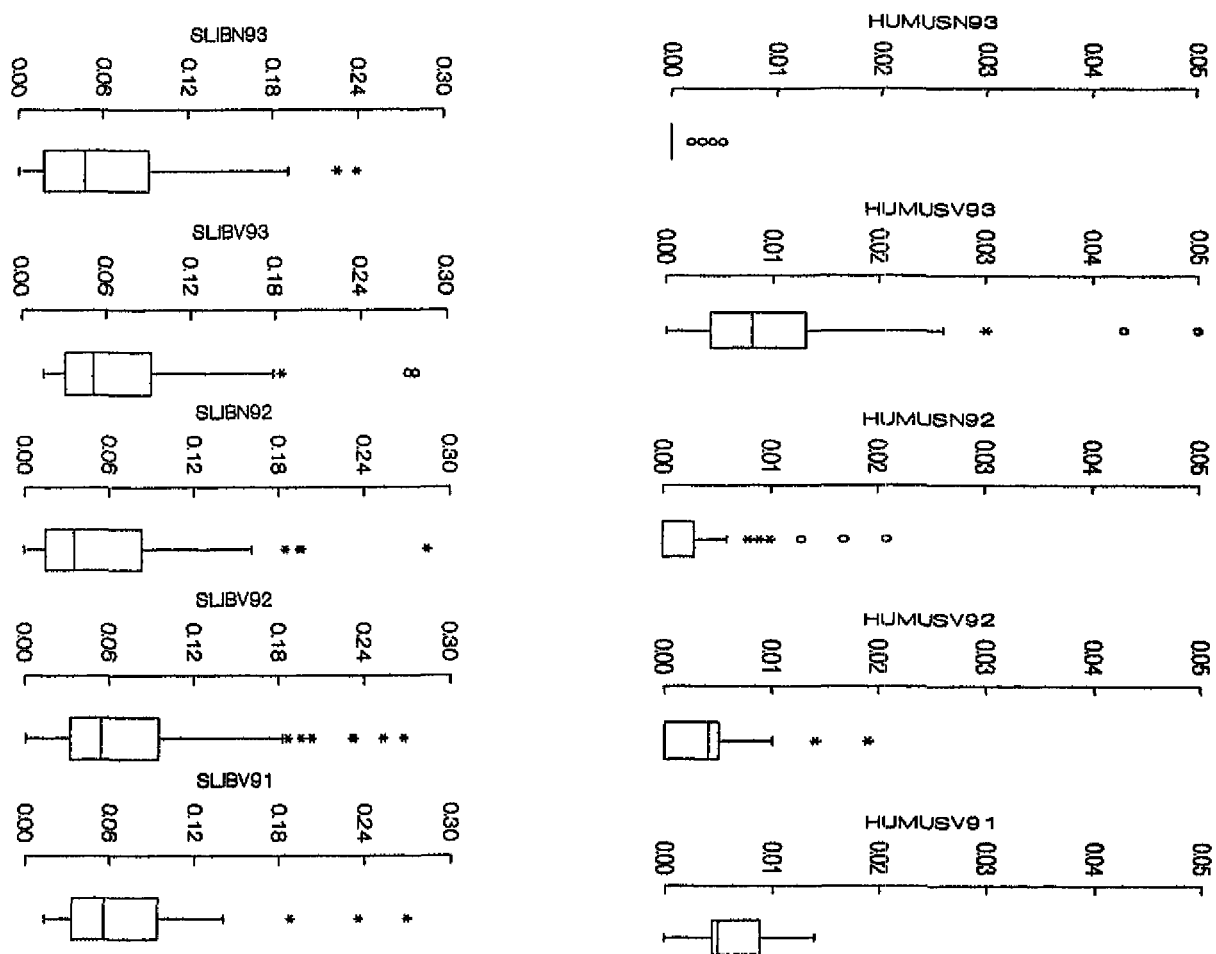
Er zijn verschillende verklaringen mogelijk voor deze resultaten, waarbij de hypothese moet worden verworpen. Een mogelijke oorzaak ligt in het feit dat alle monsters die verspreid over de platen van de Westerschelde zijn gestoken op een hoop zijn geschoven, waardoor eventuele ruimtelijke verschillen in variabiliteit niet uit de analyse naar voren komen. Als echter de gegevens per plot worden bekeken (zie ook hoofdstuk 4) blijkt dat ook dan maar zelden seizoensvariaties zijn waar te nemen. Er van uitgaande dat er in delen van de plaatbodems wel seizoensvariaties in de sedimentsamenstelling voorkomen, zoals bekend uit veldwaarnemingen (persoonlijke communicatie, Storm), kan geconcludeerd worden dat de wijze van monsternamen niet goed is geweest.

Punten van kritiek op de bemonstering:

- Te weinig metingen in de tijd, één momentopname hoeft niet representatief te zijn voor een seizoen.
- Het tijdstip van bemonstering van voor- en najaars meting is misschien niet goed gekozen (C. Joosse (persoonlijke communicatie)). Door Oenema en Slagmaat (1986) wordt een verhoogde slibconcentratie in de perioden april-juni en oktober-december vermeld en gerelateerd aan de bloeiperioden van fytoplankton. Door bijvoorbeeld in juli te meten in plaats van in september is het risico minder groot dat een in het voorjaar en de zomer opgebouwde sliblaag, door onrustig weer in de nazomer, al is verstoord op het moment van bemonsteren. De meting van maart zou dan naar februari verplaatst kunnen worden om te voorkomen dat zich al een sliblaag heeft gevormd bij rustig weer in het vroege voorjaar.
- Te weinig metingen per plotlokatie, waardoor lokale variaties niet worden weggemiddeld.
- De bemonsteringsdiepte van 10 centimeter is te diep voor veel plotlokaties om variaties in de samenstelling van de bovenste bodemlagen als significante variaties in de monsters terug te kunnen vinden.
- Er is zowel bij erosieve als bij sedimentaire plots bemonsterd. Met name de erosieve plots kunnen een vertekend beeld geven, doordat daar geen recent afgezette lagen worden bemonsterd.

Overige invloeden die los staan van de bemonstering, maar wel de uitkomst kunnen beïnvloeden:

- Bovenstaande inventarisatie van de meetgegevens is gebaseerd op weinig metingen; 3 keer voorjaar en 2 keer najaar.
- Het sediment in de Westerschelde is nogal uniform en zandig, waardoor geen grote variaties in sediment samenstelling te verwachten zijn.
- Als gekeken wordt naar korrelgrootteverdeling van het zand zijn er mogelijk wel seizoensgebonden verschillen waar te nemen. In de Oosterschelde zijn daarin namelijk wel variaties waargenomen (GEO-MOR, 1986). Op plaatsen nabij de laagwaterlijn werden in de Oosterschelde de grootste variaties in korrelgrootte gevonden, met een minimum in februari en een maximum in november. Ook in de Oosterschelde zijn de variaties gering als gevolg van een uniforme sediment samenstelling.
- Mogelijk is de sedimentsamenstelling en de variatie daarin sterk lokatiegebonden, als gevolg van verschillen in golf- en stromingsenergie in de ruimte en in de tijd.



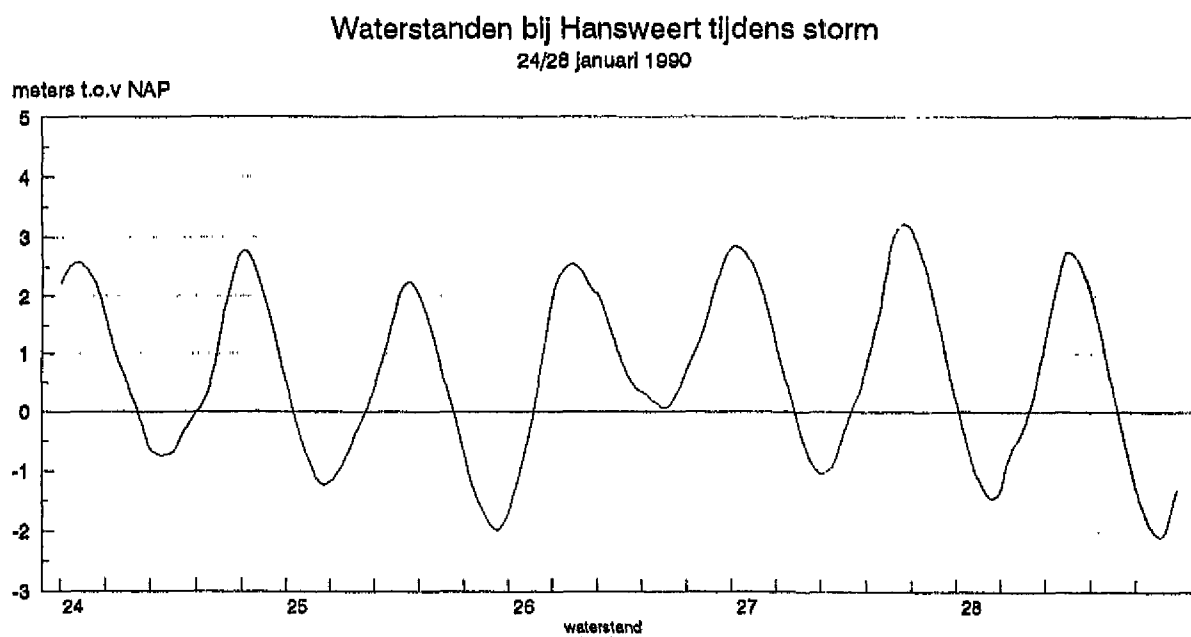
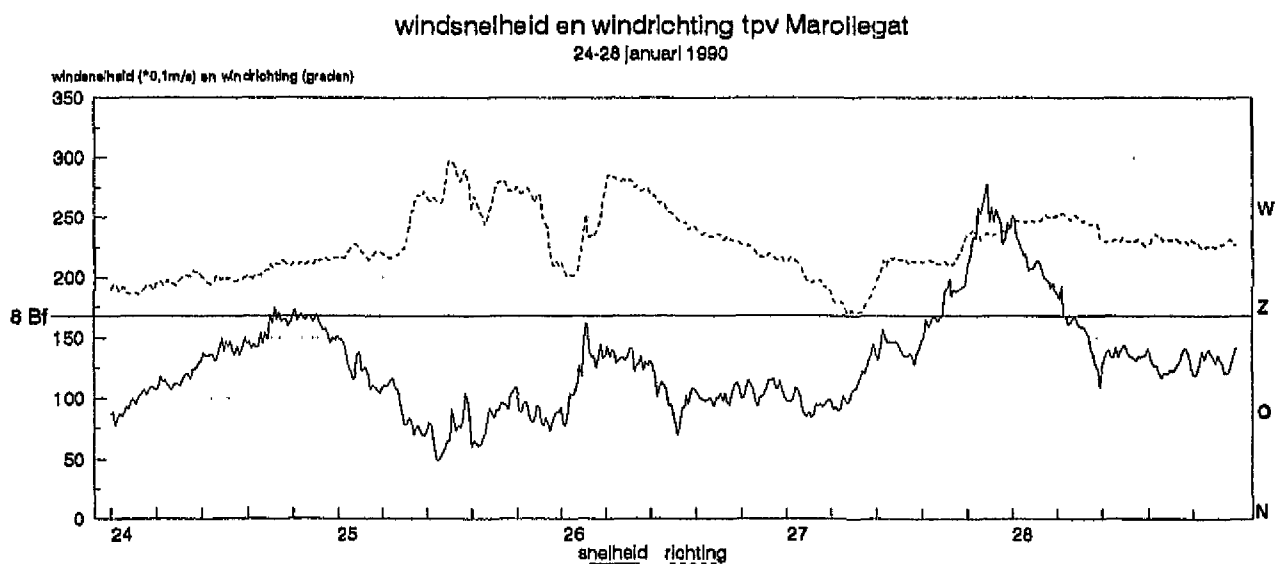
figuur 5.3: Box-Whisker plots voor het slib- en humusgehalte in de bodemonsters; voorjaar 1991, voorjaar 1992, najaar 1992, voorjaar 1993 en najaar 1993.

5.4 CONCLUSIES (sediment)

Op basis van op deze wijze genomen bodemonsters zijn geen significante fluctuaties in sedimentsamenstelling tussen voor- en najaar waar te nemen; niet als alle voor- en najaarsmetingen gezamenlijk worden bekeken, en ook niet tussen de afzonderlijke voor- en najaarsmetingen.

Ook per plot bekeken (hoofdstuk 4) zijn er bijna geen seizoensgebonden fluctuaties aan te tonen op basis van het slibgehalte. Een zelfde resultaat is, gezien de sterke correlaties, te verwachten bij een analyse van het zand-, humus- of kalkgehalte per plot.

Er zijn, voor het ontbreken van seizoensvariaties in de uitkomsten van de bodemonster-analyses, diverse oorzaken te bedenken die voor een deel te wijten zijn aan de wijze van monsternamen en voor een deel aan de aard van de gemeten parameters.



figuur 6.1: Windsnelheden, windrichtingen en waterstanden van 24 tot en met 28 januari 1990 (storm 1)

6 DISCUSSIE

6.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk bestaat uit twee delen:

In het eerste deel ga ik na in hoeverre de theorie, zoals besproken in hoofdstuk 2, is terug te vinden in en toe te passen op de beschrijvingen in hoofdstuk 4, om op die manier een beeld te vormen van de processen die tot de waargenomen veranderingen hebben geleid (§ 6.2).

In het tweede deel zal ik de meetprogramma's van de sedimentatie/erosie-plothoogten en de sediments-amenstelling evalueren, op basis van bevindingen tijdens de verwerking en de interpretatie van de gegevens (§ 6.3).

6.2 SYNTHESE THEORETISCH HOOFDSTUK (2) EN BESCHRIJVEND HOOFDSTUK (4)

6.2.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de raaien op platen en de raaien op slikken apart bediscussieerd, in § 6.2.2 en § 6.2.3. Binnen de indeling van platen en slikken worden de raaien besproken van west naar oost.

De sedimentatie/erosie-raaien liggen bijna altijd op lokaties waar geen megaribbels voorkomen, omdat de variaties in hoogteligging als gevolg van de aanwezigheid van megaribbels grillig zijn. Die grilligheid staat een goede interpretatie van de morfologische-ontwikkelingen op basis van de sedimentatie/erosie-gegevens in de weg.

Het mijden van megaribbelvelden bij de sedimentatie/erosie-metingen heeft echter consequenties voor het beeld van plaatontwikkeling dat verkregen wordt, omdat belangrijke lokaties met betrekking tot de plaatontwikkeling buiten beschouwing gelaten worden: megaribbels zijn per definitie stroming gedomineerd, en liggen meestal op de stroomgeëxponeerde zijde van de platen. De invloed van veranderingen in gebieden met megaribbels op de ontwikkeling van de vlakke plaatgebieden kan op basis van de beschikbare gegevens dus niet worden beoordeeld.

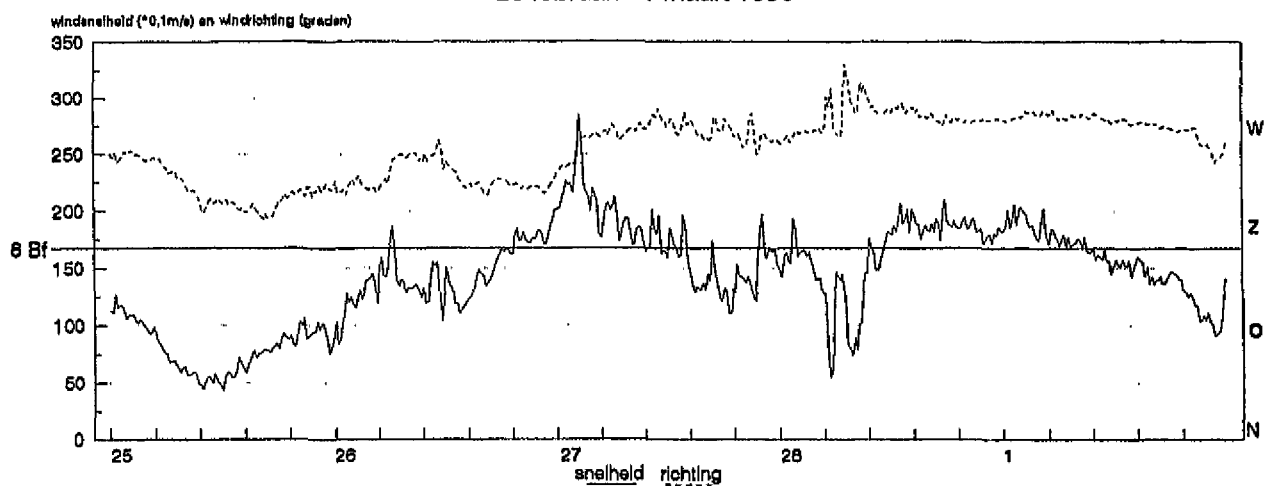
Verschillende stormen blijken per plot een andere invloed te hebben. Van drie belangrijke stormen (24/28-1-1990, 25-2/1-3-1990 en 25/28-1-1994), met ieder een andere windrichting, is het verloop van de windsnelheid, de windrichting en de opgetreden waterstanden uitgezet tegen de tijd (figuur 6.1, 6.2 en 6.3). Deze grafieken zijn gemaakt om na te kunnen gaan of er behalve de windrichting (van der Weck, 1994) ook andere factoren een rol spelen zoals windduur en waterstand (GEOMOR, 1983).

Bij de bestudering van de waterstanden moet bedacht worden dat de waterstanden bij Hansweert gemeenten zijn, en dat de getijamplitude en het tijdstip van hoog- en laagwater veranderen van west naar oost in de Westerschelde. Het hoogwater treed bij Terneuzen gemiddeld 37 minuten eerder op dan in Hansweert, en bij Bath loopt dit gemiddeld 26 minuten achter. Onder normale omstandigheden is het hoogwater bij Terneuzen ongeveer 10 tot 20 centimeter lager, en bij Bath 20 tot 40 centimeter hoger dan bij Hansweert (op basis van gegevens uit 'Getijtafels voor Nederland, 1994).

In de periode tussen 24 en 28 januari 1990 (figuur 6.1, storm 1) is het gedurende 13 uur windkracht acht of meer geweest uit de richting westzuidwest met een piek van 10 Bf. Tijdens deze storm was het hoogwater, met ongeveer een halve meter waterstandsverhoging.

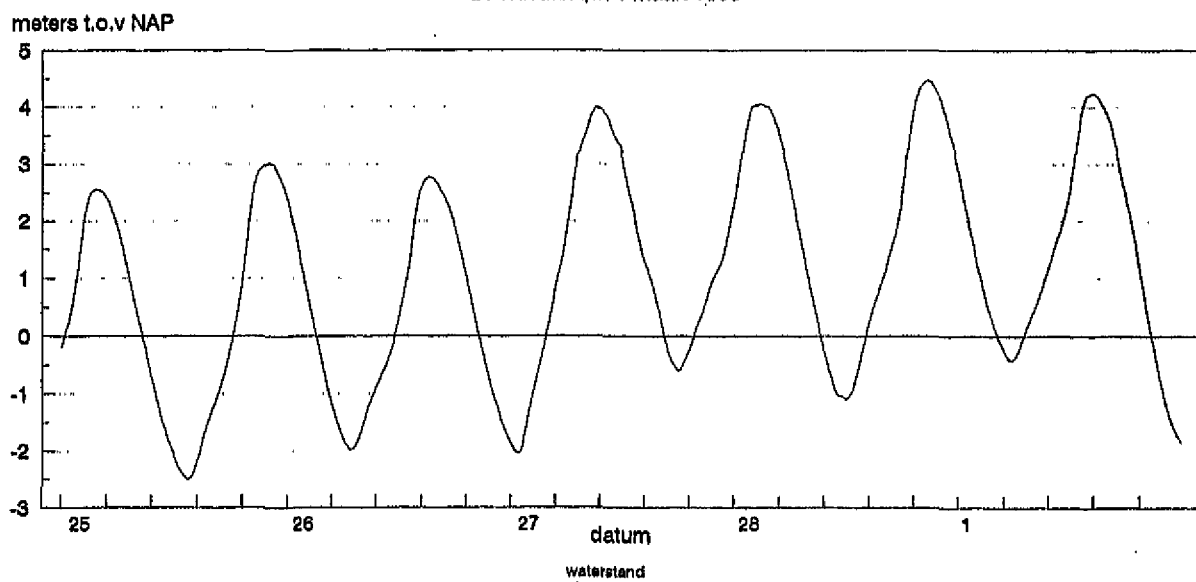
windsnelheid en windrichting

25 februari - 1 maart 1990



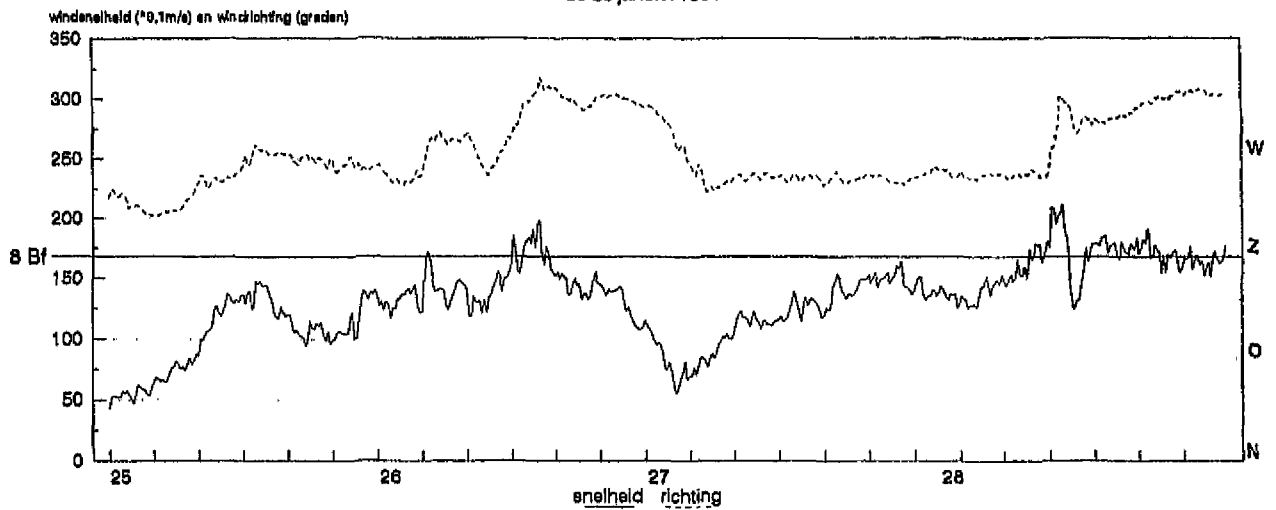
Waterstanden bij Hansweert tijdens storm

25 februari t/m 1 maart 1990

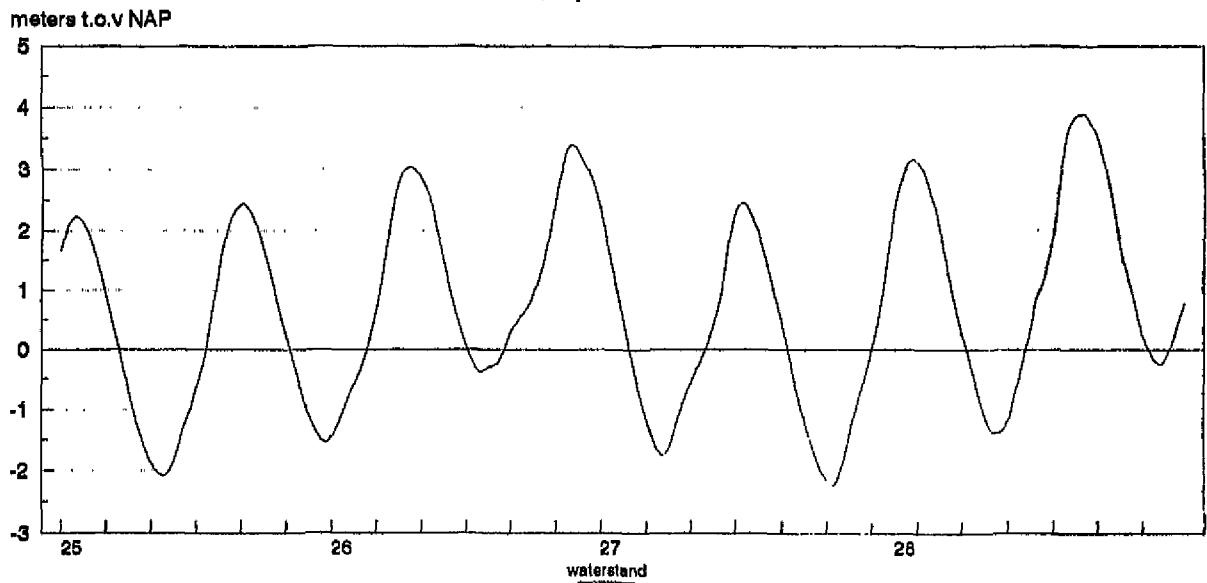


figuur 6.2: Windsnelheden, windrichtingen en waterstanden van 25 februari tot en met 1 maart 1990 (storm 2)

Windsnelheid en windrichting tpv Marollegat 25-28 januari 1994



Waterstanden bij Hansweert tijdens storm 25/28 januari 1994



figuur 6.3: Windsnelheden, windrichtingen en waterstanden van 25 tot en met 28 januari 1994 (storm 3)

Tussen 25 februari en 1 maart 1990 (figuur 6.2, storm 2) heeft het twee keer een periode van ongeveer 20 uur windkracht acht gewaaid uit westelijke richting, met in de eerste periode een uitschieter van 10 Bf. De uitschieter kwam vlak na laagwater. Tijdens deze stormachtige periode trad een verhoging van de waterstanden op tot 1,5 meter boven de normale waterstanden.

Ook tijdens de periode 25 tot en met 28 januari 1994 (figuur 6.3, storm 3) is het twee keer windkracht acht geweest, beide keren uit noordwestelijke richting. Tijdens de eerste stormachtige piek was het laagwater en maar enkele uren windkracht acht, maar er vond al wel een aanzienlijke verhoging van de waterstanden plaats. De grootste piek, in het begin van de tweede storm (9 Bf), viel ook samen met laagwater, de verhoging van de waterstanden vond hier echter pas plaats tijdens de daaropvolgende getijcyclus, bij nog steeds stormachtige wind (8 Bf).

Deze drie stormperiodes zijn in de figuren van bijlage 1 aangegeven met de nummers 1 tot en met 3.

6.2.2 Platen

Hoogespringer

Deze raai ligt op een plaatrand langs de buitenbocht van een ebgedomineerde geul, in de luwte van het hoger gelegen plaatdeel in het noordwesten, dat gevoed wordt door de vloed-schaar. De beschutte ligging lijkt overeen te stemmen met het relatief hoge slibgehalte ter plaatse van de plots 901, 902 en 903.

Op de hogergelegen plots overheerst sedimentatie, met iets grotere sedimentatie als gevolg van stormen. Een uitzondering vormt storm 1 uit zuidwestelijke richting tijdens hoogwater, waarna erosie op trad. Alleen tijdens zuidwesterstormen kunnen de golven op die plaats blijkbaar groot genoeg worden. Tijdens stormen uit andere richtingen liggen de plots 901, 902 en 903 beschermt en kan er extra sediment worden afgezet als gevolg van de hogere sedimentaanvoer.

Bij plot 904 en 905, gelegen lang de geulrand, overheerst erosie. Bij plot 904 verloopt de erosie langzaam met geringe versnellingen tijdens stormen. De erosiesnelheid bij plot 905 is veel groter en niet afhankelijk van stormperiodes en dus ook niet van golven. Deze ontwikkeling komt overeen met de in hoofdstuk 2 voorspelde erosie, als gevolg van uitbochting, op lokaties gelegen langs een buitenbocht. De geringe storminvloed heeft te maken met de ligging van de raai, aan de oostzijde van een plaat.

Een uitzondering op de erosieve trend van de plots 904 en 905 vormen de sedimentatiepieken als gevolg van de grote stormen uit het zuidwesten (storm 1) en het noordwesten (storm 3) bij plot 904, en in mindere mate ook bij plot 905. Deze sedimentatiepieken kunnen te maken hebben met een sterk verhoogde sedimentaanvoer in combinatie met de beschutte ligging, tijdens rustiger weer wordt het extra sediment weer opgeruimd. Vergelijkbare sedimentatiepieken ontbreken na westerstorm en bij stormen met een geringere maximale windsnelheid, in die gevallen treedt zelfs vaak erosie op. Dit lijkt te duiden op een grotere sedimentaanvoer tijdens stormen uit het noord- en zuidwesten, dan tijdens stormen uit het westen, mogelijk hangt dit samen met een verhoogde sedimentaanvoer in het verlengde van de twee vloed-scharen, als de golf-richting evenwijdig is aan de richting van een van beide vloed-scharen.

Rug van Baarland

De Rug van Baarland wordt aan twee zijden begrensd door een (hoofd)-geul, in het westen door de Pas van Baarland en aan de oostzijde door de Overloop van Hansweert. Het profiel waarlangs de raai ligt, aan de oostzijde van de plaat, wordt gekenmerkt door steile plaatranden, met het hoogste punt net boven NAP en een lager gedeelte op het midden van de plaat (NAP -0,20 meter) (figuur 4.2A). Aan de westkant bevindt zich een megaribbelveld.

De veranderingen in plothoogten, in de periode 1989-1994, zijn zeer gering evenals de gevolgen van stormen. De geringe veranderingen in plothoogte op dit deel van de plaat hangt samen met het rechte verloop van de geul ter plaatse van de raai, waardoor er geen erosie of sedimentatie door uitbochting plaats vindt.

Plot 806, dat het dichtst bij de geul gelegen is, heeft de grootste veranderingen in plothoogte ondergaan (figuur 4.2B). Bij plot 806 is netto erosie opgetreden vanaf 1989, de sterkste erosie vond plaats tijdens stormen, dit waren steeds stormen uit zuidwestelijke richting. De golven die bij zuidwestelijke stormen langs plot 806 komen hebben een relatief lange strijklengte, vanaf Terneuzen over open water. Bij de andere plots zijn de golven waarschijnlijk minder groot omdat ze eerst al over de zuidelijke punt van de plaat gekomen zijn, en daar zijn gedempt. In tegenstelling tot andere jaren vond, als gevolg van de stormen in januari en februari 1990, sedimentatie plaats bij de plot 803 en 804, wat duidt op verminderde golfenergie en stroomsnelheden in combinatie met hoge sediment concentraties.

Tijdens stormen uit andere richtingen is de strijklengte gering en bevindt de raai zich in de luwte van de plaat. Tijdens stormen uit het noordoosten ligt deze plaatrand niet in de luwte, maar dergelijke stormen zijn in de gemeten periode niet voorgekomen.

Molenplaat

De Molenplaat ligt tussen de binnenbocht van het Middelgat, in het noorden en de kortsluitgeul tussen het middelgat en de Overloop van Hansweert, aan de zuidkant (kaart 'Ossenisse'). Ter plaatse van de raai is de Molenplaat opgehoogd en uitgebouwd in de richting van de binnenbocht van het Middelgat. De zuidzijde van de Molenplaat is vastgelegd door de kortsluitgeul tussen het Middelgat en de Overloop van Hansweert.

Door de beschutte ligging van de raai is het verloop van plot 701 en 702 zeer geleidelijk en zijn daar geen veranderingen in het sedimentatiepatroon als gevolg van stormen waar te nemen, ongeacht welke windrichting.

Het verloop van de plots 703 en 704 is grilliger doordat ze dicht bij de geul liggen. Netto sedimentatie hangt op deze plaatsen samen met het voorkomen van stormen uit zuidwestelijke en westelijke richting. Bij dergelijke stormen komen golven met een strijklengte van enkele kilometers uit het Middelgat, en worden ze afgebogen naar het oosten, waardoor ze energie verliezen. Sedimentatie, als gevolg van de hogere gesuspendeerde sediment concentraties in het water tijdens stormen en als gevolg van de beschutte ligging, zal hier dan niet worden overtroffen door erosie als gevolg van golfslag. De hoeveelheid aangevoerd sediment als gevolg van de stormen is groter dan de hoeveelheid die tijdens rustiger perioden door getijstroming en golven weer wordt geresuspendeerd en afgevoerd. De aanwezigheid, in de nazomer, van megaribbels bij plot 704 bevestigt de dominante invloed van stroming tijdens de zomer.

Platen van Ossenisse

De raai op de plaat van Ossenisse ligt in de binnenbocht van de Overloop van Hansweert. De sterke uitbouw van de plaat naar het noorden uit zich ter plaatse van de raai in een bijna continue sedimentatie, met name bij de lagergelegen plots 604, 605 en 606, die het meest zijn opgehoogd.

Net als bij de Molenplaat vindt versnelde sedimentatie plaats als gevolg van stormen, hier bestaat echter een minder duidelijk verband tussen de versnelde sedimentatie en de windrichting. Bij de Molenplaat treedt alleen versnelde sedimentatie op in perioden met zuidwester- en westerstorm. Blijkbaar wordt bij de raai op de platen van Ossenisse ook tijdens noordwester storm, meer sediment aangevoerd en afgezet dan door de golfwerking en de stroming kan worden geërodeerd en afgevoerd. De verhoogde sedimentatie tijdens storm kan verklaard worden door verhoogde sedimentconcentraties in het water samen met de veelal beschutte ligging en eventueel ondersteund door helicoïdale stroming in de bocht. Dat een storm uit een bepaalde richting niet altijd hetzelfde gevolg heeft blijkt uit de erosie die is opgetreden, bij de plots 601, 602 en 603, als gevolg de storm op 11-11-1992 uit westelijke richting, de plots 604, 605 en 606 waren op dat moment verstoord. Misschien is die erosie te verklaren door het tijdstip van de storm ten opzichte van hoog en laag water.

Valkenisse

De raaien op de platen van Valkenisse behandel ik hier niet per raai zoals in hoofdstuk 4, maar ik bespreek eerst de noordelijke helft van de raaien 5.2 en 5.3 die aan de Schaar van Valkenisse gelegen zijn en dan de zuidelijke helft van de raaien, gelegen langs de Overloop van Valkenisse.

Noordzijde raai 5.2 en raai 5.3:

De invloed van stroming wordt langs deze zijde van de plaat bepaald door de Schaar van Waarde, dit is een vloedschaar. Gezien echter de ontwikkelingen van de NAP -2 meter-lijn van de oostelijke punt van de plaat, en de vormverandering van de uitbouw bij plot 519, is ook de ebstroming van belang voor de veranderingen aan die zijde van de plaat. Het grillige verloop van de plothoogten aan de noordzijde van de plaat van Valkenisse kan worden toegeschreven aan de grotere beweeglijkheid van een (vloed)schaar, met als gevolg een onregelmatiger sedimentatie/erosie-verloop van de aangrenzende platen. Snelle vormveranderingen van de platen vinden echter alleen plaats op de lagere platen aan de noordzijde van de Schaar van Valkenisse en aan de oostpunt van de plaat waar de verbinding tussen de Schaar en de Overloop van Valkenisse naar het oosten opschuift.

Bij beide raaien valt op dat erosie en sedimentatie elkaar afwisselen, zonder dat er een duidelijk verband bestaat tussen de ontwikkeling van de verschillende plots, het voorkomen van stormen, de seizoenen of de ontwikkelingen over een langere periode. Tijdens de stormen in januari en februari 1990 werden deze plots, aan de noordkant van de plaat, nog niet gemeten. Het uitbouwen en naar het oosten migreren van een ondiepte bij raai 5.2 uit zich in een ophoging van de plots 518 en 519. De ophoging van raai 5.3 hangt waarschijnlijk samen met het opvullen van het nabij gelegen restant van een kortsluitgeul.

Zuidzijde raai 5.2 en raai 5.3:

De zuidzijde van de plaat van Valkenisse grenst aan het Zuidergat in het westen en de Overloop van Valkenisse in het oosten. Het verloop van de plothoogten in de periode 1989-1994 wordt voor beide raaien bepaald door fluctuaties in bodemhoogte als gevolg van inscharingen vanuit de geul door de getijstroming. Deze inscharingen zijn gedurende enkele jaren zichtbaar in het verloop van de

plothoogten (figuur 4.6B, plot 504, 505 en 505, 1990 tot en met 1992; figuur 4.6E, plot 510 en 511, 1992 en 1993). Een opmerkelijk verschijnsel is dat de inscharing bij het laagste plot al is opgevuld door versnelde sedimentatie als op de hoger gelegen plots de erosie als gevolg van de inscharing pas begint.

Met uitzondering van de zuidwester- en westerstormen in januari en februari 1990 (storm 1) is ook aan de zuidzijde van de plaat van Valkenisse geen significante invloed van golven ten tijde van stormen gemeten. Ter plaatse van raai 5.3 is tijdens storm 1 alleen bij plot 509 erosie opgetreden, waarschijnlijk zijn de golven gebroken op het hoge deel van de steile plastrand, bij plot 509 en hoger (figuur 4.6D). Aan de waterpas raaien is te zien dat het profiel blijvend is veranderd. Bij raai 5.2 is over de hele raai erosie opgetreden, ook met blijvende gevolgen. Dat raai 5.2, in tegenstelling tot raai 5.3, over de hele raai is beïnvloed komt waarschijnlijk door het vlakkere profiel waardoor de golven niet op een smalle strook breken, en de energie over een groot gebied wordt verspreid. De erosie bij de laag gelegen plots van raai 5.2 is versterkt doordat tegelijkertijd ook inscharing is opgetreden in de plastrand. De zuidzijde van de plaat ondervindt alleen invloed van golven tijdens stormen met voldoende harde wind (10 Bf) uit (zuid)westelijke richting. Tijdens stormen uit andere richtingen ligt de raai in de luwte van de plaat.

Valkenisse-oost

Raai 5.4 ligt niet, zoals de meeste andere raaien, direct langs een geul of een schaar, maar bovenop het oostelijke deel van het platencomplex van Valkenisse-oost en de Bananenplaat, tussen de Zimmermangeul in het noorden, de Schaar van Waarde en de Overloop van Valkenisse.

De ontwikkeling van de plothoogten lijkt bij deze raai los te staan van verhoogde golfwerking tijdens storm, maar ook hier werd nog niet gemeten tijdens de stormen van 1990. De continue ophoging van de raai duidt op voldoende sedimentaanvoer, dat waarschijnlijk met vloed wordt aangevoerd uit de Schaar van Valkenisse en de Zimmermangeul. De versnelde sedimentatie bij plot 541 hangt waarschijnlijk samen met het uitbreiden van de plaat ten koste van het kortsluitgeultje ten oosten van de raai en ten koste van de Zimmermangeul. Het getijvolume van de Zimmermangeul is afgenomen zoals ook te zien is aan het ontstaan van een ondiepte voor het slik van Waarde (kaart 'Valkenisse').

Voor het hele platengebied van Valkenisse valt op dat de invloed van golven tijdens stormen over het algemeen kleiner is dan gemeten op de andere platen. Hierbij spelen de veelal beperkte strijklengte en mogelijk ook de grotere getij-amplitude een rol. Door de grotere getijamplitude kan het getij meer kracht uitoefenen op de bodem, en zullen de erosie/sedimentatie-processen eerder door de getijstroming worden gedomineerd.

6.2.3 Slikken

Baalhoek en Waarde

Baalhoek en Waarde behandel ik hier in een keer omdat ze op ongeveer dezelfde hoogte in de Westerschelde liggen (figuur 1). De gegevens van Waarde zijn beperkt door het ontbreken van waterpasgegevens.

De plothoogten bij Baalhoek zijn vrijwel constant, terwijl bij Waarde ook na de erosieve trend tot 1990 het verloop zeer grillig is. Het verschil is te verklaren door het verschil in ligging langs een hoofdgeul (Baalhoek) en een schaar (Waarde), en door het verschil in ondergrond. Bij Waarde worden

regelmatig veenbanken, puin en ontgrondingen gemeld. De naar het oosten doorgaande inscharing bij Baalhoek heeft blijkbaar nog geen invloed op de ontwikkeling van raai 5.5 die daar vlak naast ligt.

Saeftinghe

De slikken van Saeftinghe liggen tussen het schorren gebied van het 'Verdronken land van Saeftinghe' en de Overloop van Valkenisse (kaart 'Saeftinghe'). Het naar het zuiden opschuiven van de van plaatrand en het afvlakken van de overgang naar de vlakkere bovenkant van de plaat bij raai 5.6 is het gevolg van erosie door stroming in de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse. Een deel van het bij de erosie vrijgekomen materiaal wordt afgezet in het lager gelegen deel bovenop de plaat bij plot 562 en 561. Dat verklaart het gelijktijdig optreden van erosie bij plot 563 en 564 en sedimentatie bij plot 561 en 562 en het naar het zuiden verplaatsen van het hoge deel tussen 563 en 563 (figuur 4.9A en B).

Ook bij raai 5.7 is sterke erosie als gevolg van stroming langs de geulrand opgetreden. Er is echter nauwelijks sedimentatie opgetreden op het hogere plaatdeel, omdat hier geen beschutte zone in het hoge plaatdeel aanwezig is, zoals op raai 5.6 bij de plots 561 en 562 wel het geval is. De sterke erosie bij plot 574 in december 1991 geeft het begin aan van een plaatval, waardoor het plot uiteindelijk helemaal verdwijnt.

Het slik van Saeftinghe lijkt ter plaatse van raai 5.8 meer dan bij 5.6 en 5.7 op een plaat, omdat het door de ligging in de binnenbocht aan drie kanten omstroomt wordt door een geul. Bij raai 5.8 is de overgang tussen het hoger gelegen schor en de plaat versmald en versteeld, zodat de plots 582 tot en met 585 nu op een uitgestrekte plaat op NAP-niveau liggen. Dit deel van de plaat ligt in de binnenbocht van het nauw van Bath en is sinds 1988 ongeveer 100 meter naar het noordoosten uitgebouwd. Aan de geulzijde van de plaat komt soms een megaribbelveld voor, wat leidt tot een onregelmatig verloop van de plothoogten.

In het veelal grillige verloop van de plothoogte van de raaien voor het schor van Saeftinghe is nauwelijks sprake van veranderingen na zware stormen. Als gevolg van een beperkte strijklengte voor vrijwel alle windrichtingen zullen de golven tijdens stormen relatief klein zijn. Als enige uitzondering geldt raai 5.6 ten tijde van noordwesterstorm, hier vond dan ook erosie plaats bij de aan de geulzijde gelegen plots 563 en 564, als gevolg van de stormen op 19-2-1993 en 25/28-1-1994 (storm 3). Bij het beoordelen van de gevoeligheid van de platen voor golven tijdens storm moet steeds goed in de gaten gehouden worden dat in het oostelijk deel van de Westerschelde bijna niet werd gemeten ten tijde van de stormen in 1990. Deze stormen hebben over het algemeen de grootste impact gehad op de andere platen. Behalve de voor het platengebied van Valkenisse genoemde verklaringen voor de geringe invloed van golven op de plaatontwikkeling speelt in het gebied van Saeftinghe ook de eenzijdige begrenzing door een geul een rol. Waardoor het slik maar één golfgeëxponeerde zijde heeft.

6.2.4 Platen versus slikken

Als de morfologische ontwikkeling van de raaien op de platen (§ 6.2.2) vergeleken wordt met die van de raaien op de slikken (§ 6.2.3) valt op dat de ontwikkeling van de raaien op de slikken nog sterker afhangt van gebeurtenissen langs de plaatrand waar de raai ligt. Dit verschil treedt op als gevolg van het feit dat bij slikken het water- en sedimenttransporten steeds van en naar dezelfde plaatrand plaatsvinden, terwijl bij platen de ontwikkelingen onder invloed staan van de water- en sedimenttransporten van en naar alle omringende geulen en scharen. Bovendien is de getijstroming meestal evenwijd-

dig aan de slikrand, waardoor de opbouwende of afbrekende invloed van de getijstroming waarschijnlijk wordt beperkt. De plaat van Saeftinghe ter plaatse van raai 5.8 is in dit opzicht een tussen vorm tussen platen en slikken.

Hardere lagen in de ondergrond van sommige slikken kunnen ook van belang zijn voor de morfologische ontwikkeling van die slikken, het is echter nog niet duidelijk wat voor gevolgen dit precies heeft.

6.3 INVENTARISATIE MEETPROGRAMMA'S

Sedimentatie/erosie-raaien

Om het onderscheid tussen veranderingen als gevolg van golven of stroming te kunnen maken is het nodig om de plothoogten minstens een maal per maand te meten. Dit is ook van belang om de reactie van het sedimentatie/erosie-patroon op een storm, of op bagger- en stortwerkzaamheden te kunnen volgen. Om onderscheid tussen de invloed van verschillende stormen te kunnen maken is het raadzaam om zo snel mogelijk na een storm de plothoogten te meten.

Sedimentkarakteristieken

Naar aanleiding van de bewerkingen die met de sedimentkarakteristieken zijn uitgevoerd is er met betrekking tot de doelstelling, namelijk het (onder)zoeken van seizoensvariaties, geen reden om op deze manier door te gaan met bemonsteren. Zoals in hoofdstuk 5 beschreven staat zijn de verschillen in sedimentsamenstelling tussen het voor- en het najaar van dezelfde orde van grootte als tussen de verschillende jaren. Ook als per plot het slibgehalte wordt bekeken zijn er zelden seizoensvariaties waar te nemen (bijlage 2). De korrelgrootte verdeling van het zand is nog niet bestudeerd, hierin zijn mogelijk wel seizoensafhankelijke variaties waar te nemen.

Als besloten wordt om op een andere manier, maar met dezelfde doelstelling, verder te gaan met bemonsteren is het aan te raden om een kleinere bemonsteringsdiepte en eventueel andere maanden van bemonstering te kiezen. Bijvoorbeeld een bemonsteringsdiepte van 3 centimeter in de maanden februari en juli.

7 CONCLUSIES

De erosie- en sedimentatie-ontwikkeling op de bestudeerde plotlokaties in de Westerschelde is voor een groot deel te verklaren door onderscheid te maken tussen de invloed van golven en de invloed van getijstroming.

Als golven groot zijn ten opzichte van de waterdiepte wordt, als gevolg van energiedissipatie bij de bodem, sediment in beweging gebracht, en gesuspendeerd bij aanwezigheid van stroming. Dit leidt tot erosie op de bodem en verhoogde sedimentconcentraties in het water.

Als de stroming sterk genoeg is kan die ook leiden tot erosie en sedimenttransport, dit komt vooral voor op de stroom-geëxponeerde zijden van platen. De invloed van getijstroming op de plaatranden is groot, als geulmigraties plaatsvinden onder invloed van de getijstroming. De vloedstroming is over het algemeen sterker, en heeft daardoor meer invloed, dan de ebstroming. Bij afnemende stroming kan sediment worden afgezet, en treed er sedimentatie op.

De invloed van golven en stroming varieert zowel in de ruimte als in de tijd.

Behalve de verschillen tussen de invloed van golven en stroming per lokatie, zijn er ook verschillen in de invloed van de golven en de invloed van de stroming tussen de verschillende lokaties. De sterkte van de stroming en de grootte van de golven op een lokatie, en de gevolgen die dat heeft voor de morfologische ontwikkeling van de intergetijde-gebieden, hangt af van de ligging van de platen ten opzichte van de geulen, en de verdeling tussen open water en platen.

Of op een bepaalde plaats erosie of sedimentatie optreedt hangt af van de verhouding tussen de sterkte van de stroming, de kracht van golven op de bodem en de sedimentaanvoer.

De invloed van stroming is in de loop van een jaar per lokatie vrij constant, terwijl de invloed van golven afhankelijk is van de golfgrootte en de golfrichting, die beide sterk fluctueren.

Doordat de invloed van golven slechts enkele malen per jaar, tijdens stormen, tot meetbare veranderingen in de erosie/sedimentatie-trend leidt, kan alleen daar waar onder rustiger omstandigheden weinig erosie of sedimentatie optreedt de invloed van golven bepalend zijn voor de ontwikkeling van een plaatgebied.

Op plaatsen waar de netto plaatontwikkeling wordt bepaald door golven en stroming tijdens rustig weer (minder dan windkracht acht), worden veranderingen die zijn opgetreden als gevolg van een storm in de periode daarna gecompenseerd. De sedimentatie- of erosie-trend die voor de storm aanwezig was wordt dan weer hervat.

9 LITERATUUR

- ANDERSON, J.E., 1973.
Observations of some sedimentary processes acting on a tidal flat.
Marine Geology, Vol. 14, p. 101-116.
- ANDERSEN, J.E., 1983.
The northern muddy intertidal: seasonal factors controlling erosion and deposition.
Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 40(suppl. 1).
- BARTSCH-WINKLER, S. AND A.T. OVERSHINE, 1984.
Macrotidal subarctic environment of Turnagain and Kink Arms, Upper Cook Inlet, Alaska: sedimentology of the intertidal zone.
Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 54, No 4, p. 1221-1238.
- CARLING, P.A., 1982.
Temporal and spatial variation in intertidal sedimentation rates.
Sedimentology, Vol. 29, p. 17-23.
- GEOMOR-projectgroep, 1983.
Interimrapport mei 1983.
Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren.
- HUIJS, S., 1995.
Geomorfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde, 1935-1989.
Koncept eindrapport, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie (rapport in opdracht van 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, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland.
- KRIJGER, G.M., 1992.
Erosie/sedimentatie-raaien, in de Westerschelde (1989 t/m 1990).
Stagerapport, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren Middelburg.
- KRIJGER, G.M., 1992.
Sedimentkarakteristieken 1990, in het oostelijk deel van de Westerschelde.
Stagerapport, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren Middelburg.
- MALE, K. VAN DER, 1992.
Beschrijving waterbeweging Westerschelde met Waquasimulatie.
Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren Middelburg, projectgroep OOSTWEST.
- OENEMA, O en M. SLAGMAAT, 1986.
Variaties in de korrelgrootteverdeling van de bodem van het intergetijdegebied in de Oosterschelde.
GEOMOR-nota 86.01, Rijksuniversiteit Utrecht, Instituut voor Aardwetenschappen, Afd. Bodemkunde.
- PIETERS, T., 1993.
Het Schelde-estuarium, beheren of beheersen?
Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Directie Zeeland, Middelburg, Rapport DGW-93.032.

RENSHUN, Z., 1992.

Suspended sediment transport processes on tidal mud flat in Jiangsu Province, China.
Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 35, p. 225-233.

STORM, C., et al., 1994.

Nauwkeurigheid zandbalans Westerschelde 1965-1990 en aanbevelingen ter optimalisatie.
Rapport RIKZ-94.008, RIKZ en Directie Zeeland, Project Oostwest.

WECK, A.W. VAN DER, 1994.

Bodemligging Oosterschelde, Veranderingen in de morfologie van platen en slikken sinds de aanleg van de Stormvloedkering.

Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie (rapport in opdracht van Rijkswaterstaat (RIKZ))

TABEL 1

Toelichting bij de tabellen met windgegevens van 1989 t/m 1994.

Alle perioden waarin de over 10 minuten gemiddelde windsnelheid gedurende twee uur of langer minimaal 11,2 m/s (windkracht 6 op de Beaufort-schaal) was staan in deze tabellen samengevat.

$W_{\text{gem,max}}$ = maximale, 10 minuten gemiddelde, windsnelheid in de gegeven periode.

Beaufort-schaal:

Beaufort	m/s
6	11,2 - 13,9
7	14,0 - 17,2
8	17,3 - 20,9
9	21,0 - 24,5
10	24,6 - 28,5
11	28,6 - 33,2

duur (uren) = de lengte van de periode waarin de 10 minuten gemiddelde windsnelheid minimaal 11,2 m/s was.

De perioden waarin $W_{\text{gem,max}}$ groter of gelijk was aan 17,3 m/s (minimaal 8 Beaufort) zijn onderstreept. Bij wisselende windrichtingen tijdens zo'n periode is de heersende windrichting op het moment van de 'pieksnelheid' dik gedrukt.

1989

maand	dag	$W_{gem,ma}$	Beaufort	duur (uren)	richting
januari	12	12,2	6	3	ZZW
	14	13,7	6	4	ZW
februari	5	13,3	6	6	ZW
	<u>13</u>	<u>17,3</u>	<u>8</u>	<u>23</u>	<u>ZW > WNW > NW</u>
	15	15,9	7	7	WZW
	18	14,2	7	14	ZW
	25	13,7	6	9	ZZW
	26	16,4	7	17	W
	27	14,7	7	5	ZZW
	27	14,0	7	6	W
maart	1	14,7	7	20	WZW
	8	14,4	7	6	N
	<u>13</u>	<u>17,3</u>	<u>8</u>	<u>13</u>	W
	15	14,5	7	13	ZZW > WNW
	<u>21</u>	<u>18,1</u>	<u>8</u>	<u>8</u>	WZW
	22/23	15,0	7	22	ZW > NW
	23/24	15,8	7	35	ZW > W
april	3	12,8	6	5	ONO
	4	13,3	6	17	ONO
	11	16,5	7	11	Z
mei	12	15,8	7	8	WZW
juni	27	12,9	6	5	W
	28	13,9	6	2	WZW
juli	30/31	14,9	7	15	W > ZW
augustus	1	12,1	6	2	NW
oktober	20	14,7	7	9	ZZW
	21	17,0	7	19	ZW
	22	12,3	6	3	Z
	29	17,0	7	26	ZW
	30	15,4	7	12	WZW > WNW
november	4	13,0	6	4	ZZW
	8	16,7	7	13	Z > WZW
	9	14,2	7	3	ZW
	10	12,5	6	13	ZZW
december	13	16,1	7	9	WZW
	14/15	16,5	7	22	ZW
	<u>17/18</u>	<u>18,5</u>	<u>8</u>	<u>24</u>	<u>ZZW</u>
	<u>19</u>	<u>19,3</u>	<u>8</u>	<u>11</u>	<u>Z > WZW</u>
	20/21	17,2	7	31	ZZW
	23	15,1	7	7	ZZW > WZW

1990

maand	dag	$W_{gem,dag}$	Beaufort	duur (uren)	richting
januari	15	12,7	6	4	ZW
	16	13,4	6	3	W
	16/17	13,9	6	5	WZW
	17	12,4	6	3	W
	19	13,6	6	15	ZW
	23	17,3	8	17	ZZW
	24/27	27,8	10	65	W > Z > ZW
	28	23,2	9	19	Z > ZW > W
	29/31	15,4	7	38	Z > ZW > Z
februari	1/2	15,8	7	19	Z > ZW
	3	15,0	7	3	Z
	3	19,7	8	5	NW
	4	12,8	6	3	ZZW
	7/8	21,4	9	24	ZZW > WZW > W
	10	12,9	6	3	Z
	11	17,6	8	3	WZW
	11/12	20,5	8	17	WZW > Z > W
	13/14	18,2	8	15	ZW > WNW
	15	20,4	8	9	NNW
	21	14,6	7	3	WZW
	24/25	12,8	6	3	WZW
	25/1-3	28,5	10	94	W
		21,0	9		NNW
		21,8	9		WZW > W > WNW
maart	2	13,0	6	4	N
	5	13,2	6	8	ZW
	6	13,9	6	12	WZW
	9	18,2	8	11	ZW > WNW
	10	12,7	6	5	WZW
	11	12,8	6	3	ZW
	24/25	13,8	6	22	WZW > NNW
april	3	12,5	6	6	NW > W
	14/15	14,8	7	12	Z > WNW
mei	24	12,2	6	2	N
juni	2	12,9	6	4	W
	21	14,4	7	5	Z
	22	16,2	7	9	ZZW
juli	1	16,4	7	18	ZZW > WZW
	4	15,2	7	3	ZZW
	5	16,2	7	11	ZW > W
	6	12,2	6	5	W
	8/9	14,0	7	6	ZW
augustus	15	14,0	7	6	ZZW
	16	13,3	6	8	WZW
	20	14,9	7	15	ZW > WNW
	21	13,5	6	5	NW
september	9	17,1	7	2	NW
	19/20	14,1	7	20	ZW > WNW
	20/21	19,7	8	19	ZZW > WNW
	24	14,6	7	7	NNW
	25	15,7	7	11	ZW > NW
oktober	5	13,7	6	15	ZW
	6	16,8	7	10	ZW
	27	12,8	6	10	ZZO > ZZW
	28	15,7	7	9	Z
	30	15,1	7	15	ZW > ZZW
	31	14,8	7	16	ZW
november	15	13,7	6	6	W > WNW
	16/17	16,0	7	22	WZW
	18/19	16,0	7	27	W
	20	14,5	7	4	Z > WZW

december	8	12,5	6	5	Z
	10	13,0	6	8	NNO
	<u>12/13</u>	<u>18,4</u>	<u>8</u>	<u>23</u>	<u>NW > N</u>
	20	13,1	6	6	ZW
	<u>25</u>	<u>18,5</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>Z</u>
	<u>26/27</u>	<u>19,1</u>	<u>8</u>	<u>30</u>	<u>Z > W</u>
	28/29	15,7	7	14	<u>Z > ZW</u>
	29/30	14,3	7	3	ZW

1991

maand	dag	$W_{\text{gem, max}}$	Beaufort	duur (uren)	richting
januari	<u>1/2</u>	<u>18,5</u>	<u>8</u>	<u>28</u>	<u>Z > ZW</u>
	5/6	16,6	7	33	Z > WZW
	8	14,2	7	3	ZW
	<u>8/9</u>	<u>19,8</u>	<u>8</u>	<u>12</u>	<u>Z > ZZW > ZW</u>
	<u>9/10</u>	<u>19,4</u>	<u>8</u>	<u>30</u>	<u>ZZW</u>
	11	16,0	7	5	ZZW > W
	14	12,8	6	3	NO
maart	19	12,6	6	7	Z > WZW
	21	14,3	7	4	ZW
	25	15,3	7	16	ONO
april	1	12,8	6	6	ZW
	4	16,1	7	12	Z
	5	12,8	6	3	ZZW
	7	14,5	7	12	ZW
	16	13,8	6	6	N
	17	13,4	6	7	N
	22	12,9	6	6	NW
	30	13,4	6	3	ONO
mei	3	12,8	6	3	N
	15	13,2	6	5	NW
juni	3	14,4	7	8	W > NW
	10	13,7	6	12	ZZW > WZW
	13	15,0	7	9	ZW > W
	15/16	15,1	7	6	ZW > W
juli	24	12,8	6	3	WZW
september	24	15,1	7	7	ZW
oktober	1/2	15,1	7	20	WZW > WNW
	<u>16/18</u>	<u>18,1</u>	<u>8</u>	<u>39</u>	<u>ZZW > W > ZW</u>
november	1	12,6	6	3	ZZO
	2	14,0	7	15	ZW
	<u>3</u>	<u>18,8</u>	<u>8</u>	<u>18</u>	<u>ZZW > WZW</u>
	4	16,0	7	16	Z > W
	7/8	16,2	7	36	WZW
	10/11	15,9	7	15	ZZW
	12/13	16,2	7	10	ZW
	14	15,0	7	6	ZZW
	19/20	13,0	6	24	ONO > NNO
december	17/18	15,2	7	14	ZW > W
	19	16,7	7	20	ZZW > W
	20	15,1	7	15	W
	21/22	16,8	7	29	W
	<u>23/24</u>	<u>17,7</u>	<u>8</u>	<u>22</u>	<u>WZW > NW</u>

1992

maand	dag	W _{gem.nat}	Beaufort	duur (uren)	richting
januari	1	12,8	6	4	ZW
	2	13,4	6	4	ZW
	3/4	14,4	7	29	ZZW
	5/6	12,8	6	8	WZW
	20	12,7	6	3	NNO
februari	3	13,5	6	5	WZW
	4	12,4	6	4	W
	14	13,3	6	4	ZZW
	15	12,9	6	7	ZW
	16	15,0	7	26	W > NNW
	22	13,0	6	12	Z
maart	10	14,0	7	12	ZW
	11	13,4	6	5	W
	<u>12/14</u>	<u>21,3</u>	<u>9</u>	<u>56</u>	<u>ZZW > W > WNW</u>
	14/15	14,0	7	7	WNW
	<u>21</u>	<u>18,6</u>	<u>8</u>	<u>14</u>	<u>ZW > W</u>
	<u>22</u>	<u>18,1</u>	<u>8</u>	<u>3</u>	<u>W</u>
	24	13,4	6	7	NO
	26	13,5	6	5	ZZW
	27	12,8	6	3	N
april	13	15,5	7	9	ZW > W
	15	15,3	7	19	ZW > NW
	16	13,0	6	6	N
	27	12,8	6	5	WZW
	27	13,8	6	5	WZW
mei	<u>9</u>	<u>18,3</u>	<u>8</u>	<u>6</u>	<u>Z > WZW > W</u>
	12	13,5	6	7	ZW
juni	2/3	12,5	6	6	WNW
	16	12,4	6	3	NNO
	20	13,4	6	10	NNO
juli	6	12,9	6	8	NNO
	13/14	13,8	6	21	ZW
	21	12,7	6	3	ZW
augustus	3	12,2	6	5	WZW
	12/13	13,3	6	6	ZW
	25	12,8	6	5	ZW
	30	16,7	7	12	ZZO > ZZW
september	1	12,5	6	2	W
	2	14,4	7	10	ZZW
	4	13,4	6	6	WNW
oktober	4	13,8	6	11	NO
	5	12,0	6	3	NO
	6	12,2	6	6	NO
	15	13,0	6	6	W
	25	16,2	7	12	W
	27	13,1	6	3	Z
november	2	16,6	7	18	ZZW > WZW
	10	12,9	6	4	ZZW
	<u>11</u>	<u>22,6</u>	<u>9</u>	<u>16</u>	<u>ZZO > W</u>
	12	13,6	6	9	W
	<u>17</u>	<u>17,5</u>	<u>8</u>	<u>18</u>	<u>WNW</u>
	18	13,6	6	5	ZZW
	19	15,0	7	10	W
	22	12,9	6	5	WZW
	22	14,5	7	6	WZW
	<u>25/26</u>	<u>23,8</u>	<u>9</u>	<u>48</u>	<u>ZZO > WZW > ZZO > W</u>
	27/28	15,2	7	8	Z > W
	30	13,1	6	12	Z > WZW

december	1	12,8	6	4	ZW
	2	16,7	7	18	Z > W
	4	13,3	6	9	W > ZZW
	7	13,5	6	4	ZO
	11/12	13,4	6	9	ZW
	18	13,2	6	11	Z > ZZW

1993

maand	dag	$W_{gem,2000}$	Beaufort	duur (uren)	richting
januari	9	13,5	6	9	ZW
	<u>10/11</u>	<u>18,2</u>	<u>8</u>	<u>41</u>	<u>ZW</u>
	12	15,1	7	13	ZW
	<u>13/14</u>	<u>21,8</u>	<u>9</u>	<u>24</u>	<u>Z > WZW</u>
	15	14,6	7	13	ZW
	16	12,6	6	3	ZW
	16	14,2	7	6	ZW
	17	12,4	6	10	ZZW
	19	13,1	6	3	ZW
	20	15,0	7	23	ZW
	21/22	16,1	7	25	ZW > W
	<u>23/25</u>	<u>20,4</u>	<u>8</u>	<u>52</u>	<u>ZZW > WZW > NW</u>
	26	14,6	7	8	WZW
februari	<u>19</u>	<u>17,4</u>	<u>8</u>	<u>20</u>	<u>W > NW</u>
	20/21	16,8	7	17	W > NNW
maart	2	13,0	6	6	ONO
	23	11,9	6	4	W
april	5	16,2	7	9	Z
	6	16,7	7	15	ZW
	18	13,5	6	9	ZW
	27	13,2	6	5	ONO
	28	14,9	7	6	ONO
mei	27	12,9	6	3	WZW
	31	14,8	7	15	WZW
juni	10	13,0	6	2	WZW
	11	14,2	7	10	Z
	12	14,4	7	11	Z
juli	21	11,8	6	4	NNW
	25	14,0	7	9	WZW
	26	13,6	6	12	W
	27	12,7	6	6	ZW
augustus	5/6	12,6	6	10	W
	11	14,0	7	15	ZW
	12	14,6	7	8	WZW
	23	13,4	6	3	NO
september	19	14,0	7	3	W
	26	13,6	6	6	NW
	27	13,1	6	5	WZW
oktober	1	14,4	7	9	ZZO
	12	15,7	7	9	ZW
	13	12,8	6	3	ZZW
	23	12,5	6	13	NO
november	<u>13/15</u>	<u>20,9</u>	<u>8</u>	<u>35</u>	<u>Z > WZW > N</u>
december	3/4	14,2	7	36	ZZW
	7	15,1	7	7	ZZW
	<u>8/9</u>	<u>23,3</u>	<u>9</u>	<u>18</u>	<u>WZW</u>
	10	13,0	6	4	ZW
	11	13,1	6	6	W
	12	12,9	6	4	Z
	13	14,2	7	14	ZW
	15	15,1	7	12	Z
	15/16	14,8	7	24	ZW > W
	<u>18/19</u>	<u>17,9</u>	<u>8</u>	<u>27</u>	<u>ZZW > W</u>
	22/23	15,5	7	27	W > ZZW > W
	29	12,1	6	4	Z
	<u>30</u>	<u>18,8</u>	<u>8</u>	<u>11</u>	<u>ZW</u>
	31	14,0	7	7	WZW

1994

maand	dag	$W_{\text{gem. (km/h)}}$	Beaufort	duur (uren)	richting
januari	2	16,2	7	14	ZZO > W
	4/5	15,4	7	46	ZW > Z > ZW
	13/14	17,2	7	33	ZW
	19	13,1	6	10	ZZW
	23	16,2	7	11	ZW > WNW
	<u>25/26</u>	<u>19,8</u>	<u>8</u>	<u>33</u>	<u>WZW > NW > WNW</u>
	<u>27/28</u>	<u>21,2</u>	<u>9</u>	<u>48</u>	<u>WZW > WNW > NW</u>
februari	1	13,9	6	9	Z > W
	13/15	16,0	7	44	ONO > OZO
maart	7	13,0	6	6	WZW
	13	16,9	7	22	ZW > WNW
	14/15	16,1	7	34	WZW
	16/17	17,0	7	32	W
	18/19	17,1	7	12	ZW > W
	<u>23/24</u>	<u>18,3</u>	<u>8</u>	<u>26</u>	<u>ZW</u>
	25	15,2	7	13	WZW
	<u>28</u>	<u>12,5</u>	<u>9</u>	<u>4</u>	<u>ZW</u>
	<u>31/1-4</u>	<u>21,1</u>	<u>9</u>	<u>48</u>	<u>ZZO > ZW > Z > WZW</u>
april	<u>4</u>	<u>21,9</u>	<u>9</u>	<u>21</u>	<u>Z > WNW</u>
	8	15,8	7	6	Z
	13	14,8	7	12	N
juni	3/4	16,6	7	19	ZW
	21/22	15,4	7	15	WZW
augustus	4/5	15,9	7	2	NNW
	12	12,6	6	10	WNW
	17	14,6	7	4	ZZW
	18	13,0	6	7	W

TABEL 2

Beschrijvende statistiek voor alle meetperioden samen:

	SLIB20	SLIB63	ZAND	KALK	HUMUS
N OF CASES	307	307	307	307	307
MINIMUM	0.000	0.001	0.342	0.024	0.000
MAXIMUM	0.291	0.567	0.966	0.217	0.091
MEAN	0.032	0.078	0.832	0.085	0.005
STANDARD DEV	0.037	0.083	0.120	0.045	0.010
MEDIAN	0.023	0.051	0.868	0.073	0.004

Beschrijvende statistiek voor alle voorjaars metingen:

	SLIB20	SLIB63	ZAND	KALK	HUMUS
N OF CASES	171	171	171	171	171
MINIMUM	0.004	0.009	0.413	0.024	0.000
MAXIMUM	0.208	0.423	0.956	0.216	0.091
MEAN	0.031	0.075	0.835	0.081	0.008
STANDARD DEV	0.026	0.065	0.107	0.045	0.012
MEDIAN	0.024	0.053	0.868	0.070	0.005

Beschrijvende statistiek voor alle najaars metingen:

	SLIB20	SLIB63	ZAND	KALK	HUMUS
N OF CASES	136	136	136	136	136
MINIMUM	0.000	0.001	0.342	0.028	0.000
MAXIMUM	0.291	0.567	0.966	0.217	0.021
MEAN	0.032	0.081	0.828	0.090	0.002
STANDARD DEV	0.047	0.101	0.136	0.045	0.003
MEDIAN	0.019	0.048	0.871	0.079	0.000

TABEL 3

Beschrijvende statistiek voor voorjaar 91:

	HUMUS	KALK	SLIB	ZAND
N OF CASES	35	35	35	35
MINIMUM	0.000	0.033	0.014	0.627
MAXIMUM	0.014	0.191	0.270	0.945
MEAN	0.006	0.081	0.075	0.840
STANDARD DEV	0.003	0.045	0.061	0.089
MEDIAN	0.005	0.068	0.056	0.868

Beschrijvende statistiek voor voorjaar 92:

	HUMUS	KALK	SLIB	ZAND
N OF CASES	68	68	68	68
MINIMUM	0.000	0.032	0.009	0.593
MAXIMUM	0.019	0.216	0.267	0.953
MEAN	0.004	0.088	0.078	0.830
STANDARD DEV	0.004	0.046	0.065	0.106
MEDIAN	0.004	0.079	0.054	0.864

Beschrijvende statistiek voor najaar 92:

	HUMUS	KALK	SLIB	ZAND
N OF CASES	68	68	68	68
MINIMUM	0.000	0.032	0.001	0.353
MAXIMUM	0.021	0.213	0.553	0.966
MEAN	0.002	0.092	0.081	0.825
STANDARD DEV	0.004	0.045	0.105	0.141
MEDIAN	0.000	0.081	0.043	0.871

Beschrijvende statistiek voor voorjaar 93:

	HUMUS	KALK	SLIB	ZAND
N OF CASES	68	68	68	68
MINIMUM	0.000	0.024	0.015	0.413
MAXIMUM	0.091	0.195	0.423	0.956
MEAN	0.014	0.074	0.072	0.837
STANDARD DEV	0.018	0.043	0.069	0.117
MEDIAN	0.009	0.066	0.050	0.873

Beschrijvende statistiek voor najaar 93:

	HUMUS	KALK	SLIB	ZAND
N OF CASES	68	68	68	68
MINIMUM	0.000	0.028	0.004	0.342
MAXIMUM	0.005	0.217	0.567	0.957
MEAN	0.001	0.087	0.080	0.832
STANDARD DEV	0.002	0.045	0.098	0.132
MEDIAN	0.000	0.075	0.053	0.871

LEGENDA BIJ DE SEDIMENTATIE/EROSIE INTENSITEIT GRAFIEKEN:

Weergave van de aantekeningen bij de plotopnamen:

m = megaribbels

g = geul (in of nabij), of priel.

w = wier

o = ontgrond

= monster niet opgenomen; alle staafjes geven het gemiddelde over de hele niet bemonsterde periode.

606 = het nummer van het verstoorde plot, als er geen nummer bij staat zijn beide plots verstoord.

Stormen:

De stormen (> 8Bf) zijn aangegeven met grijze staven, deze geven alleen het tijdstip ten opzichte van de plotmetingen aan en niet de richting of de snelheid (zie daarvoor tabel 1). De sedimentatie/erosie staven na de storm tonen dus het gevolg van de storm op die lokatie. De drie stormen die gedetailleerd zijn uitgewerkt (hoofdstuk 6) zijn in deze grafieken genummerd:

1 - WZW (figuur 6.1)

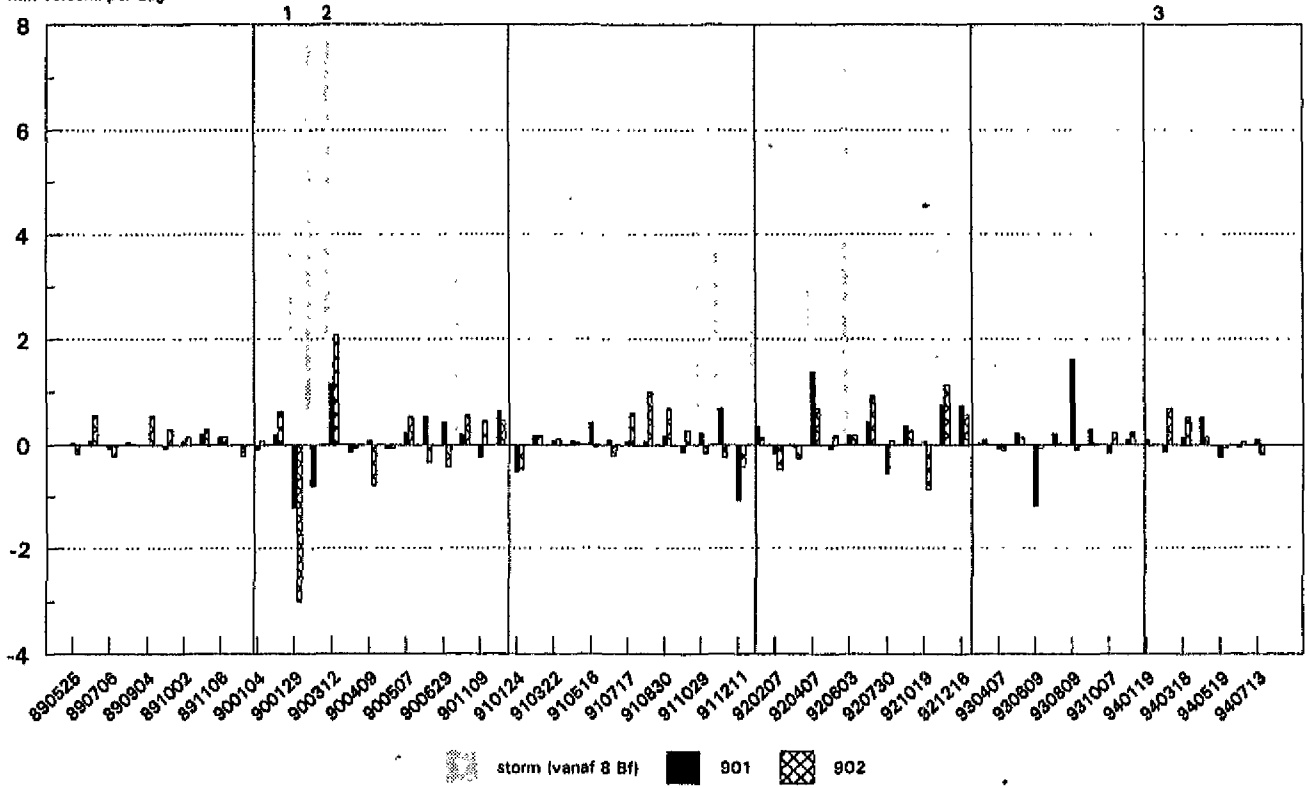
2 - W (figuur 6.2)

3 - NW (figuur 6.3)

In de figuren van de Rug van Baarland staat de 2 tussen twee grijze staven in, omdat daar midden in stormperiode 2 een meting is gedaan, op 27-1-1990.

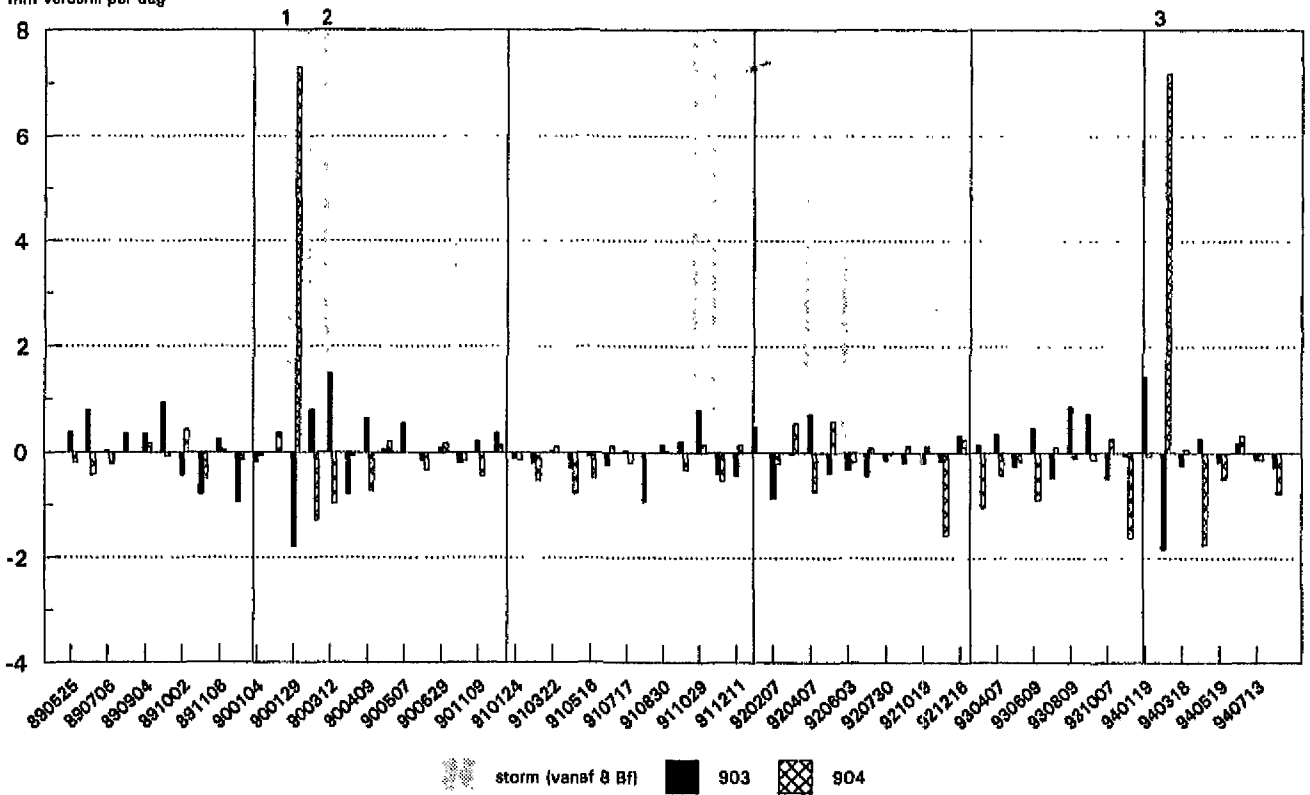
hoogespringer

mm verschil per dag



hoogespringer

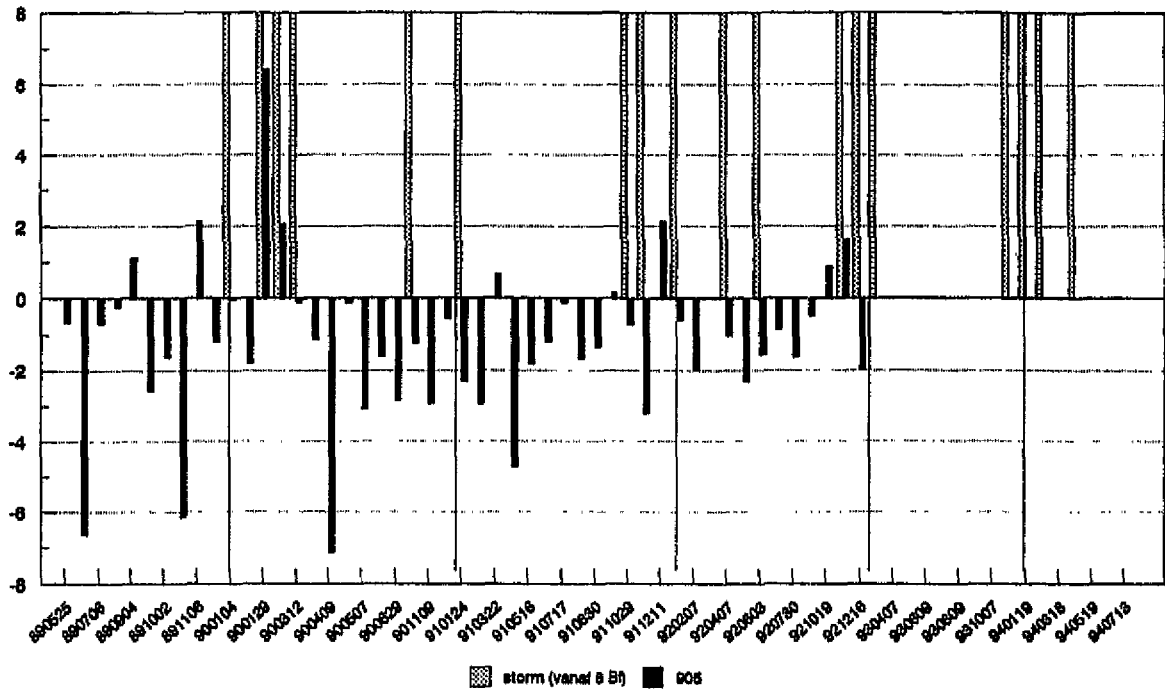
mm verschil per dag



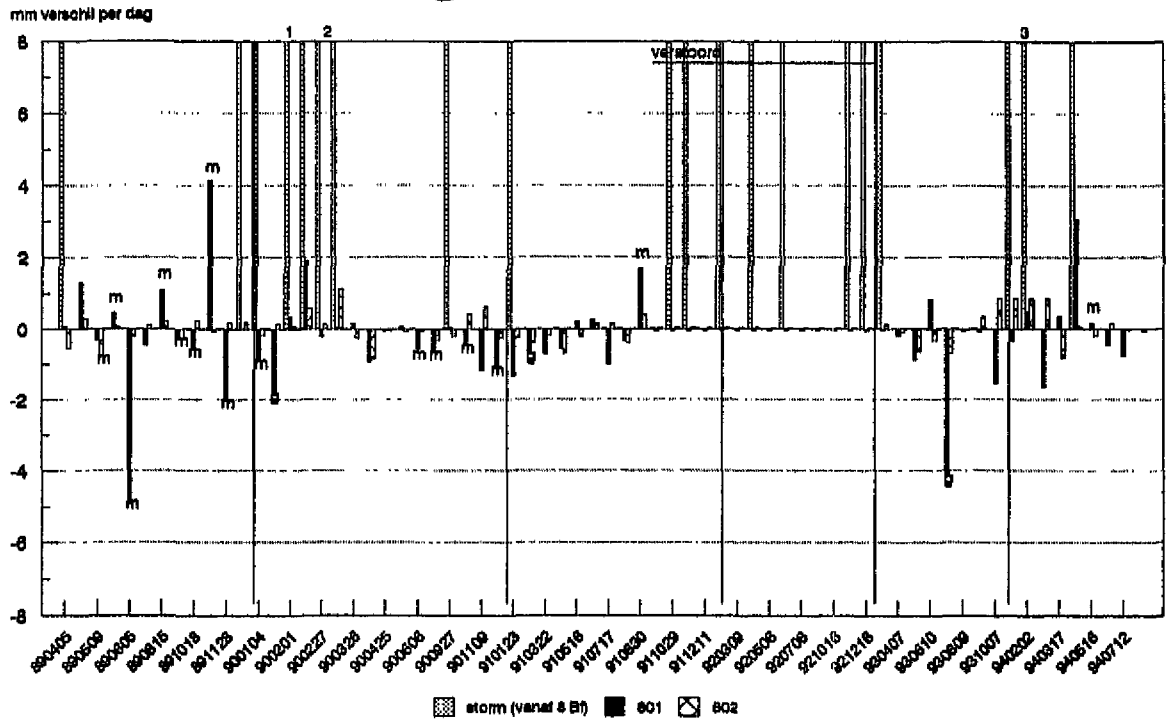
hoogespringer

mm verschil per dag

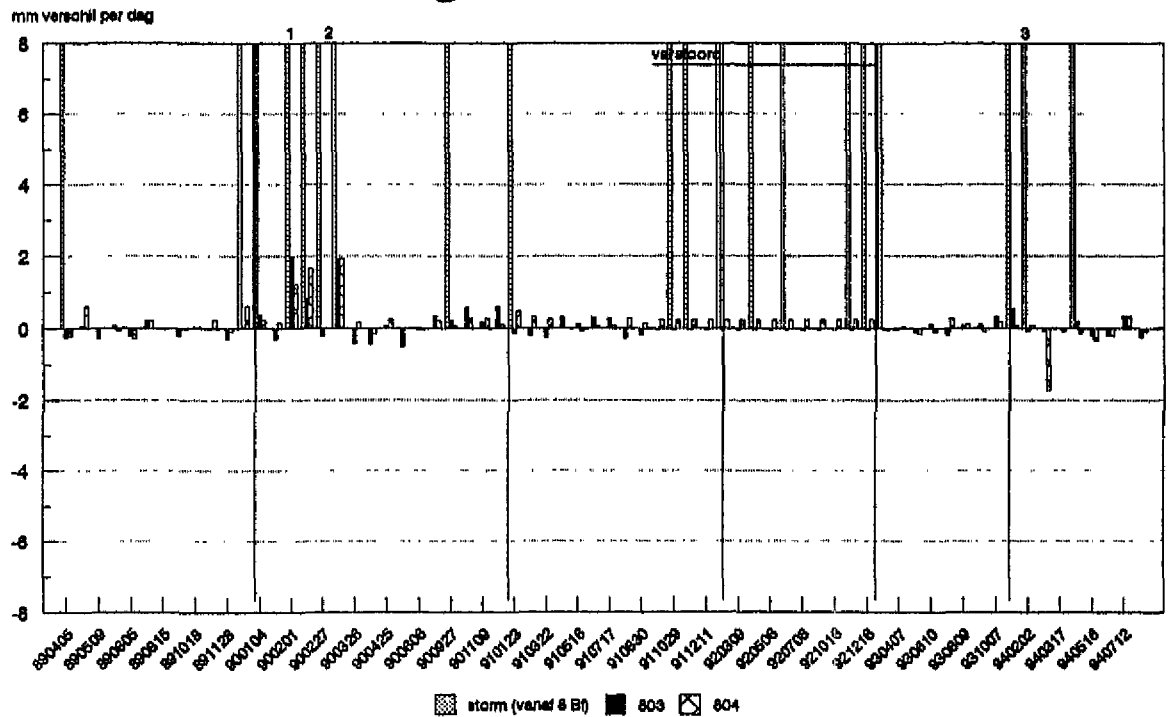
1 2



rug van baarland

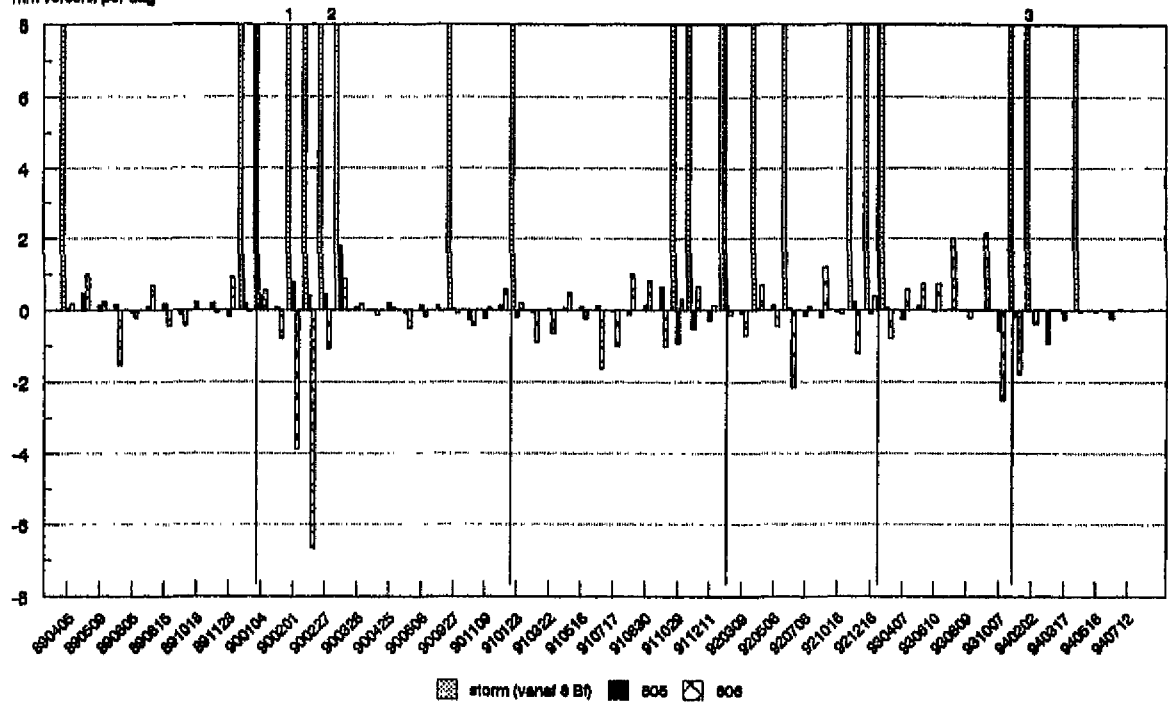


rug van baarland



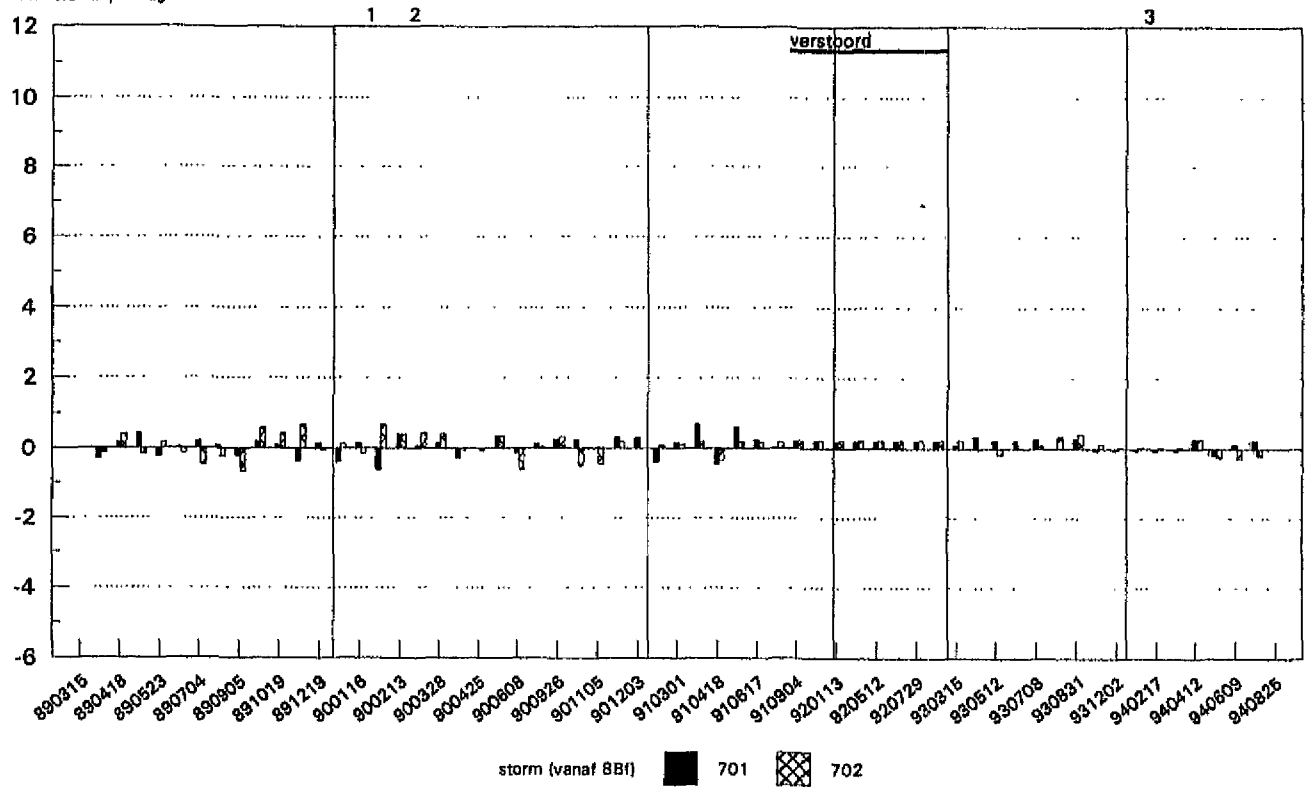
rug van baarland

mm verschil per dag



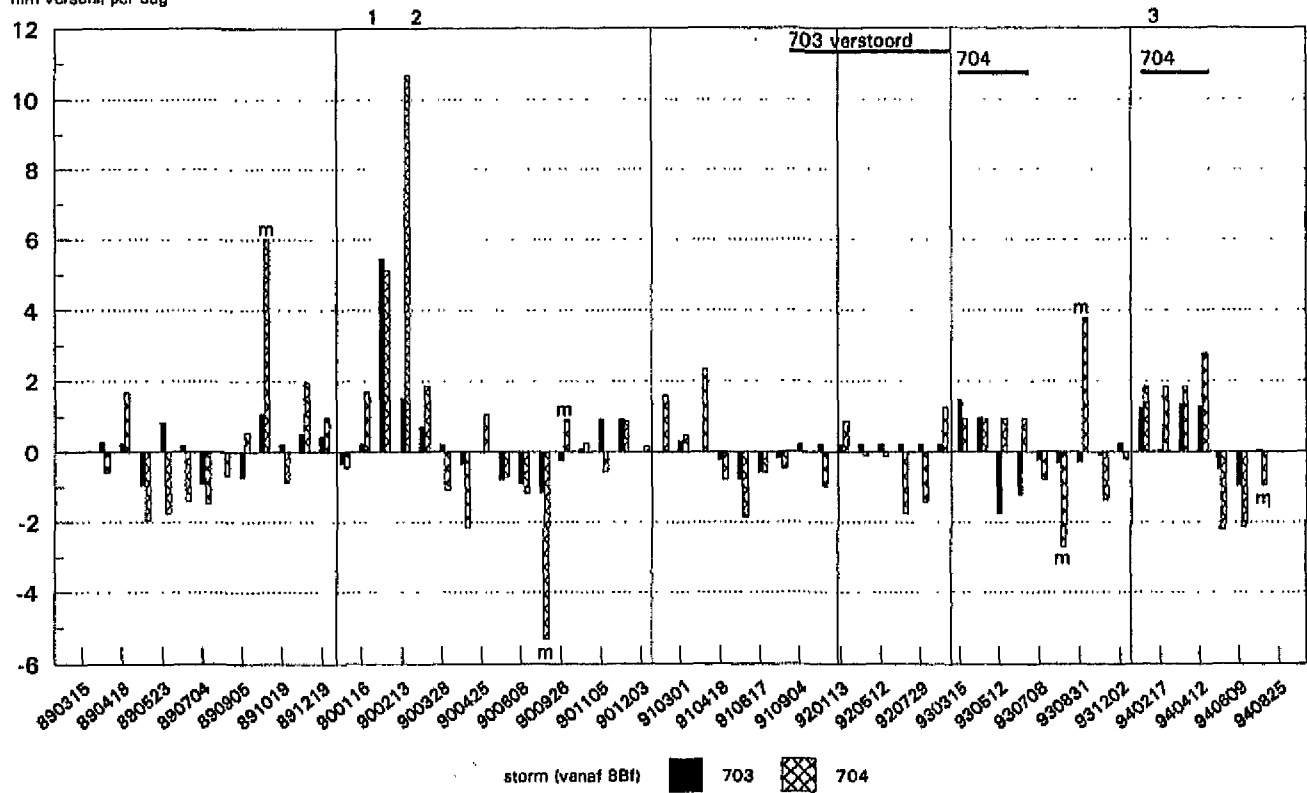
molenplaat

mm verschil per dag



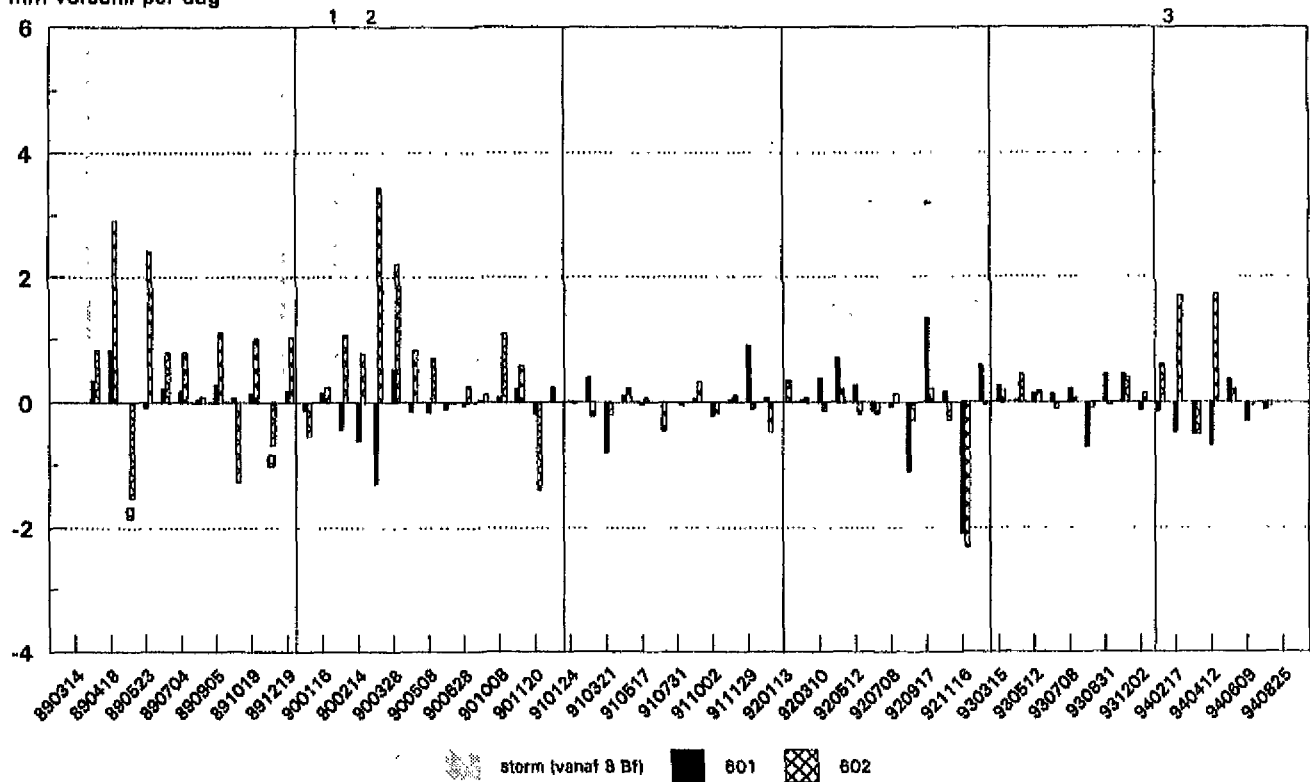
molenplaat

mm verschil per dag



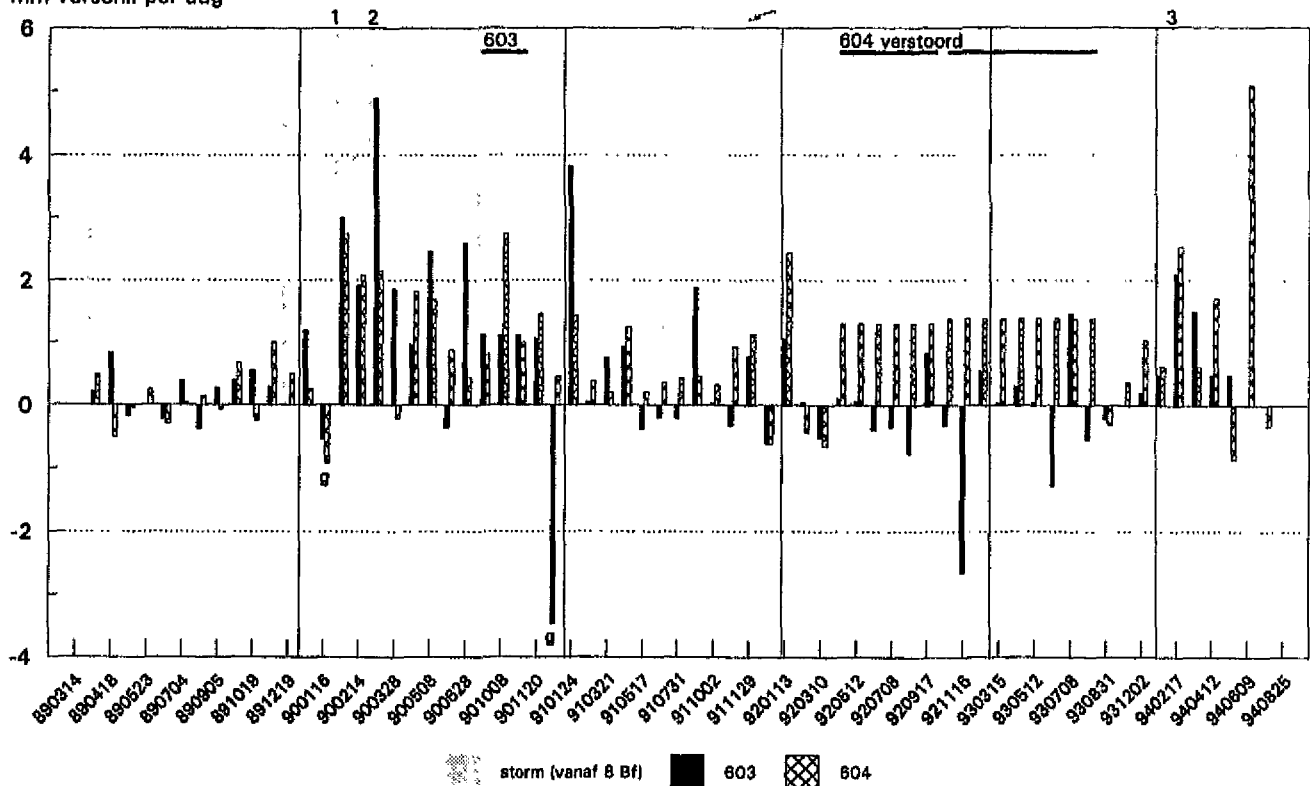
platen van ossenisse

mm verschil per dag



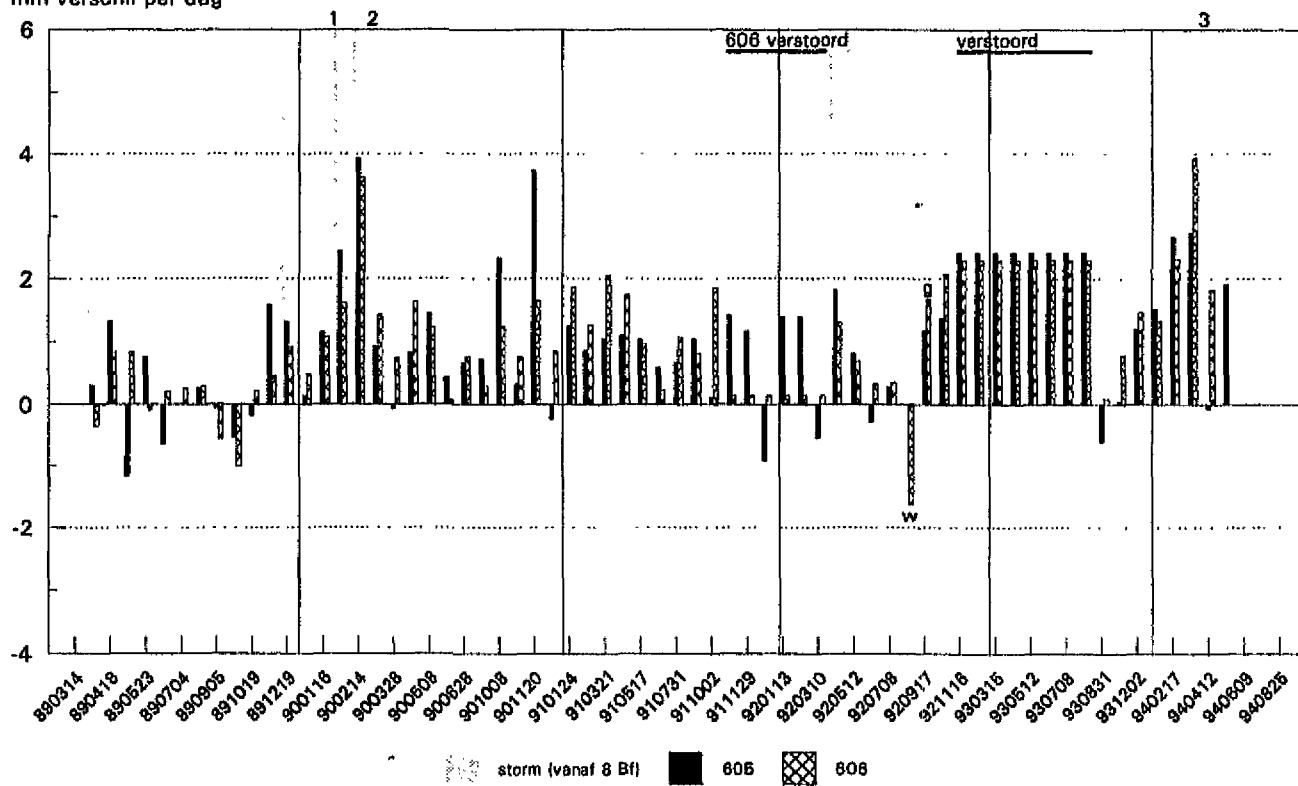
platen van ossenisse

mm verschil per dag



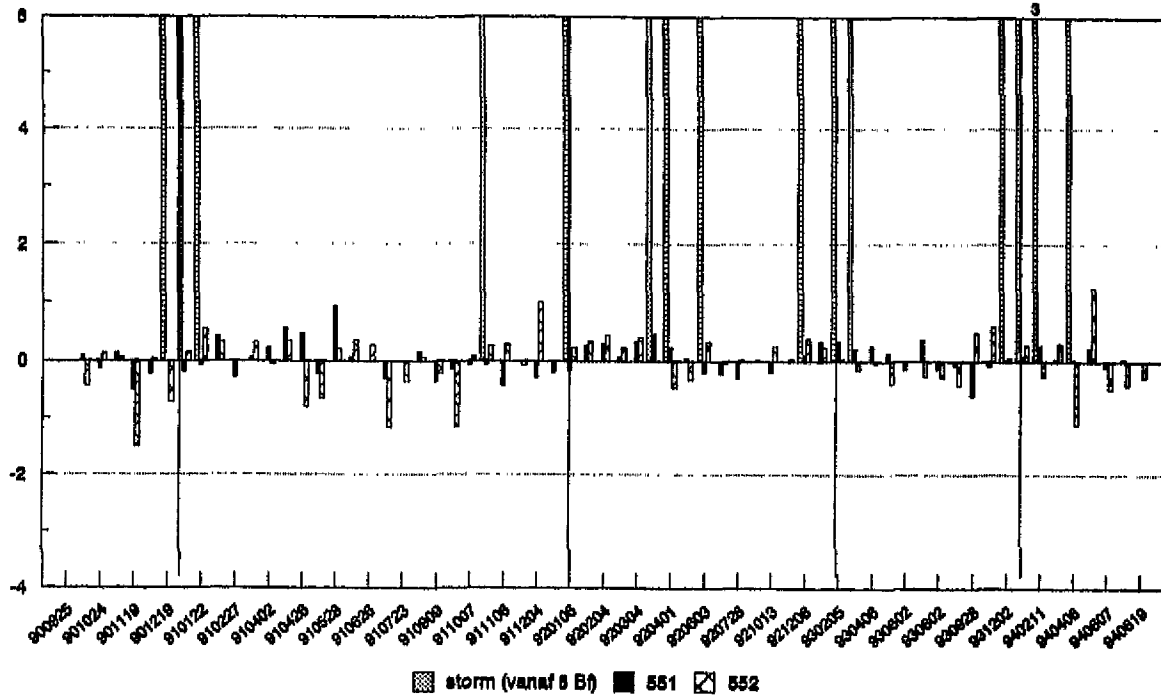
platen van ossenisse

mm verschil per dag



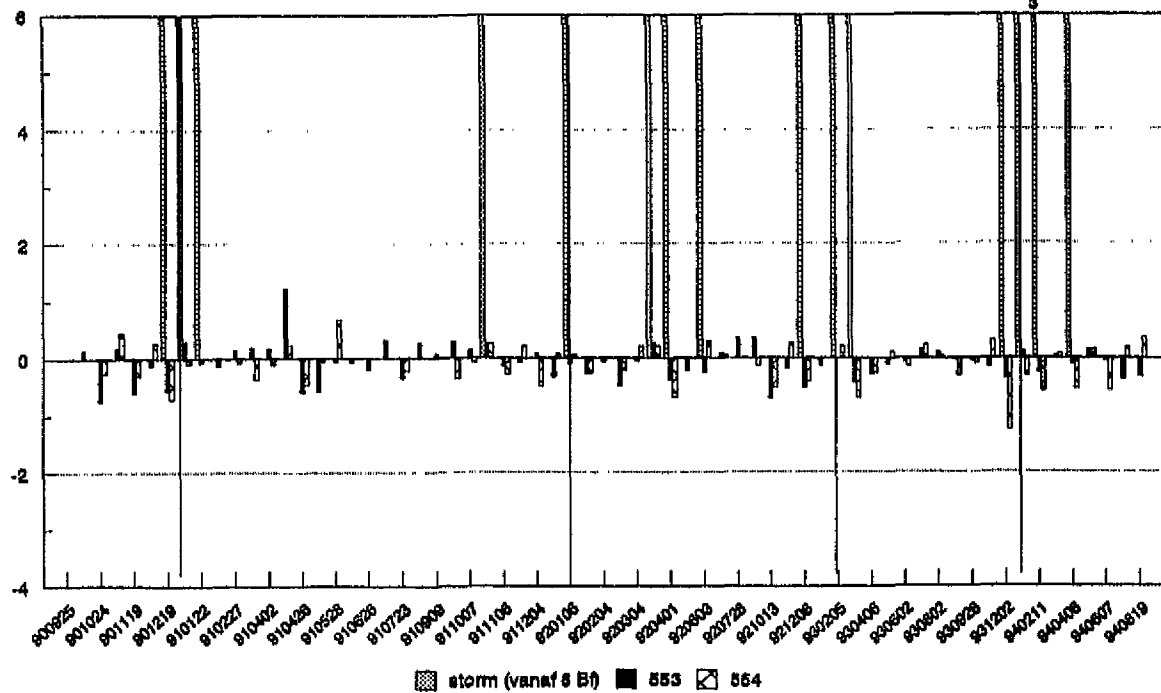
baalhoek

mm verschil per dag



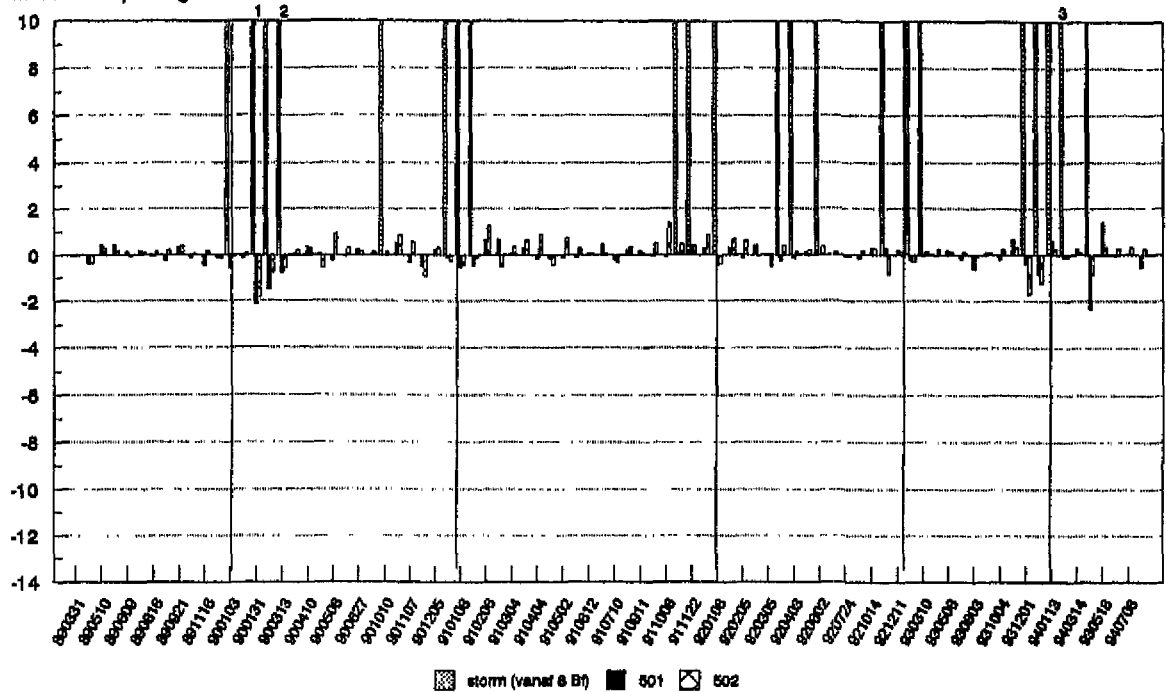
baalhoek

mm verschil per dag



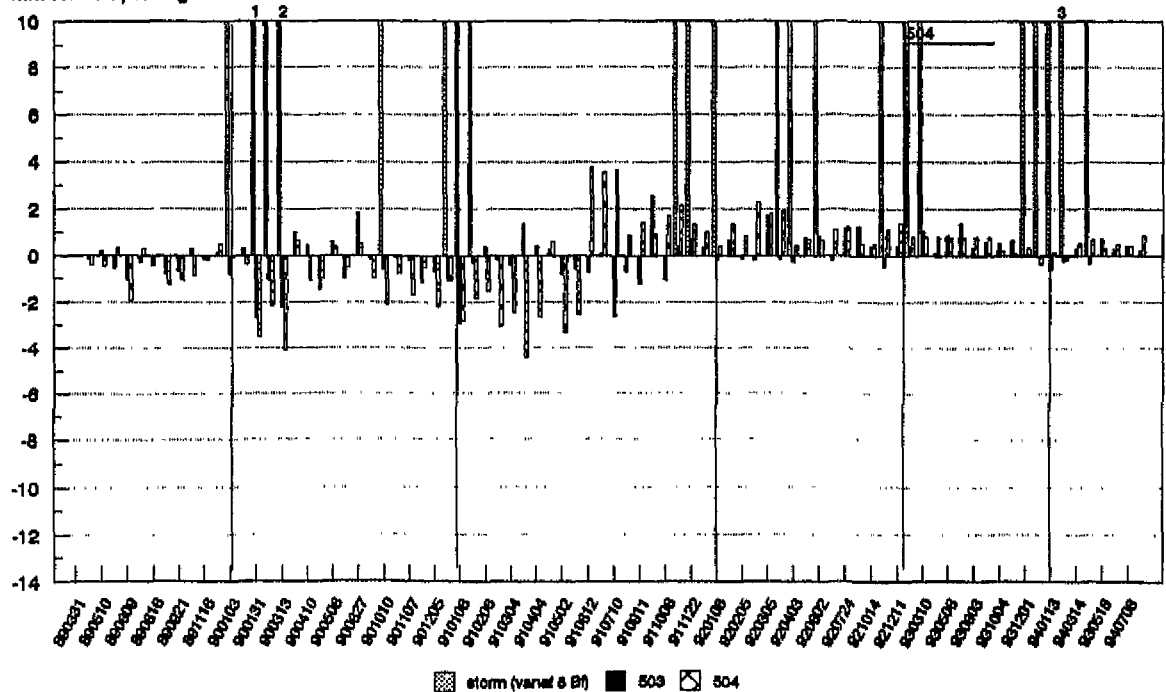
valkenisse, raai 5.2

mm verschil per dag



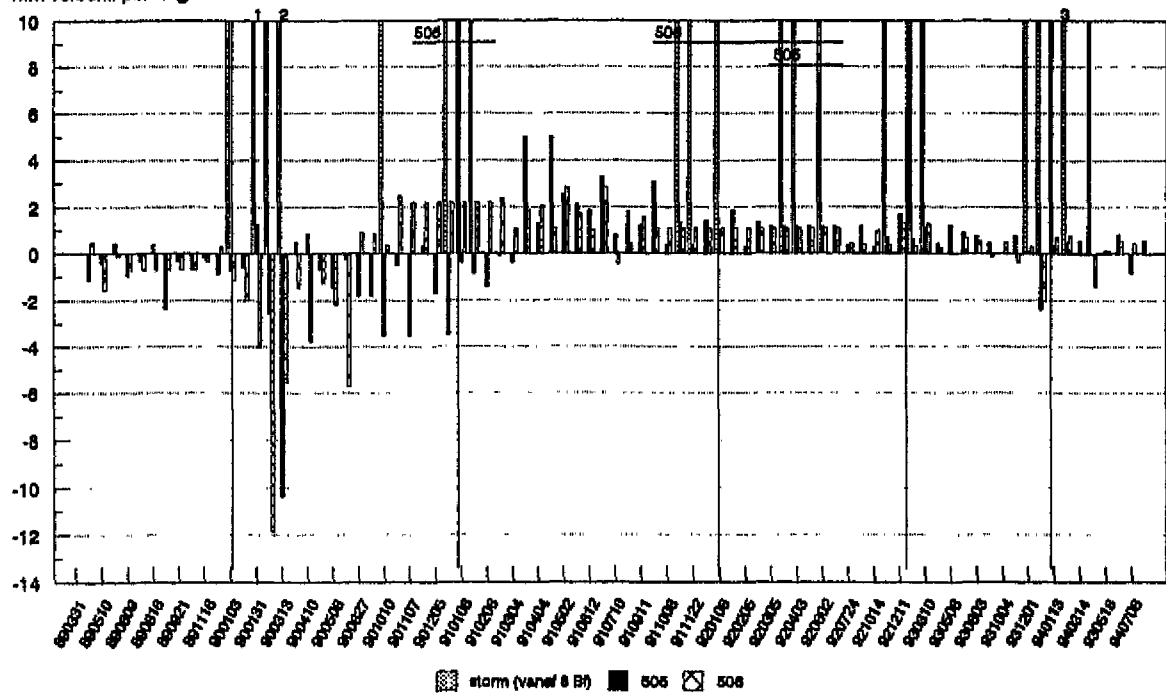
valkenisse, raai 5.2

mm verschil per dag



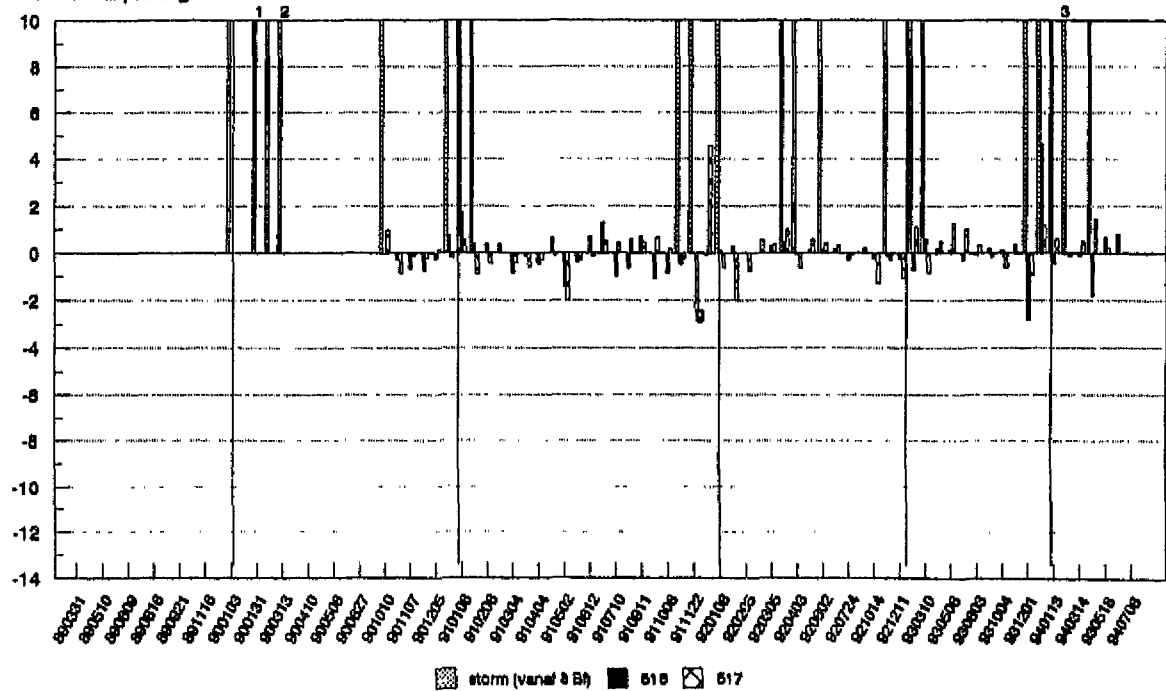
valkenisse, raai 5.2

mm verschil per dag

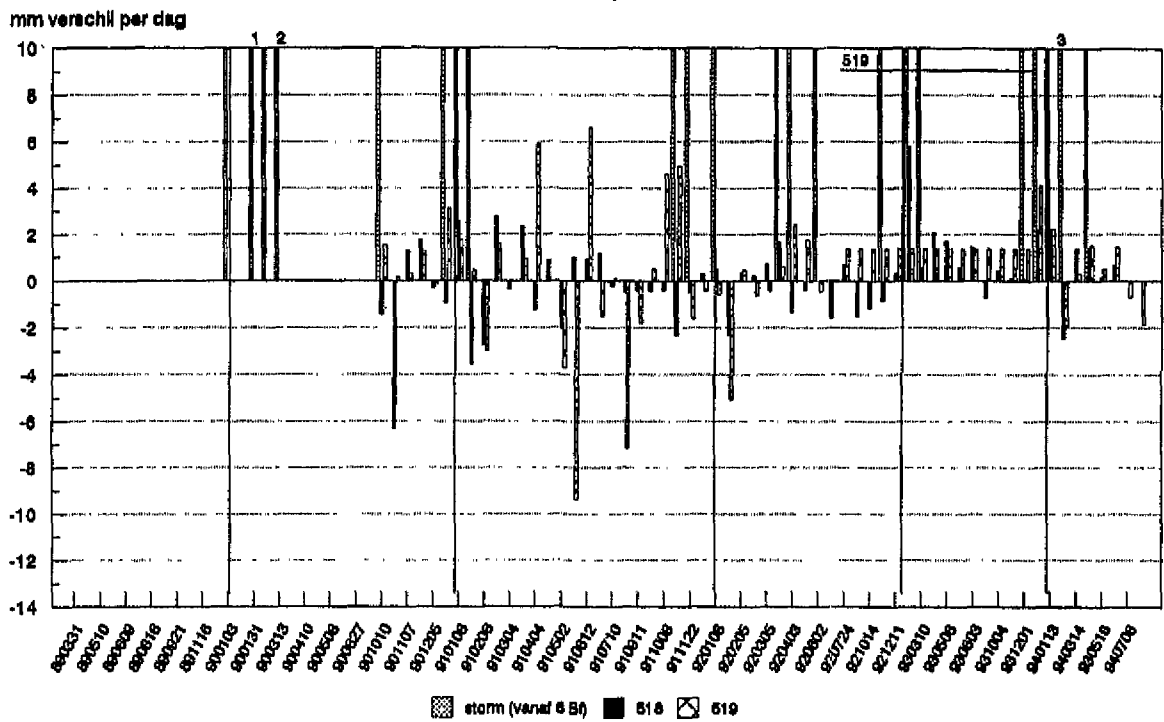


valkenisse, raai 5.2

mm verschil per dag

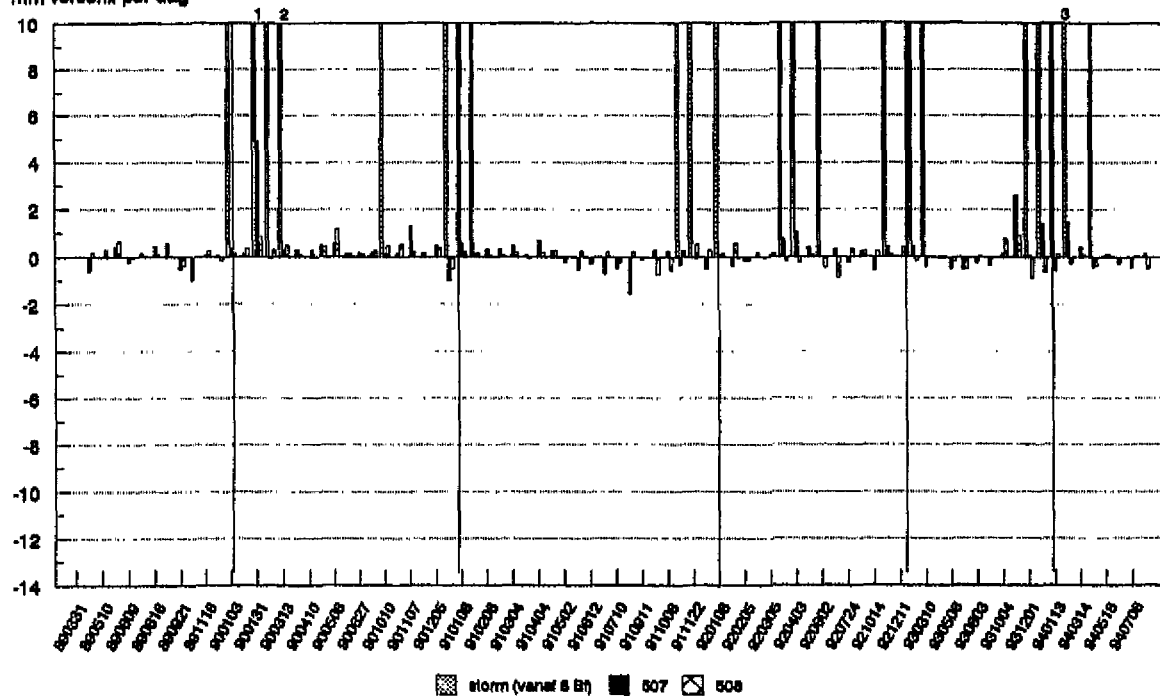


valkenisse, raai 5.2



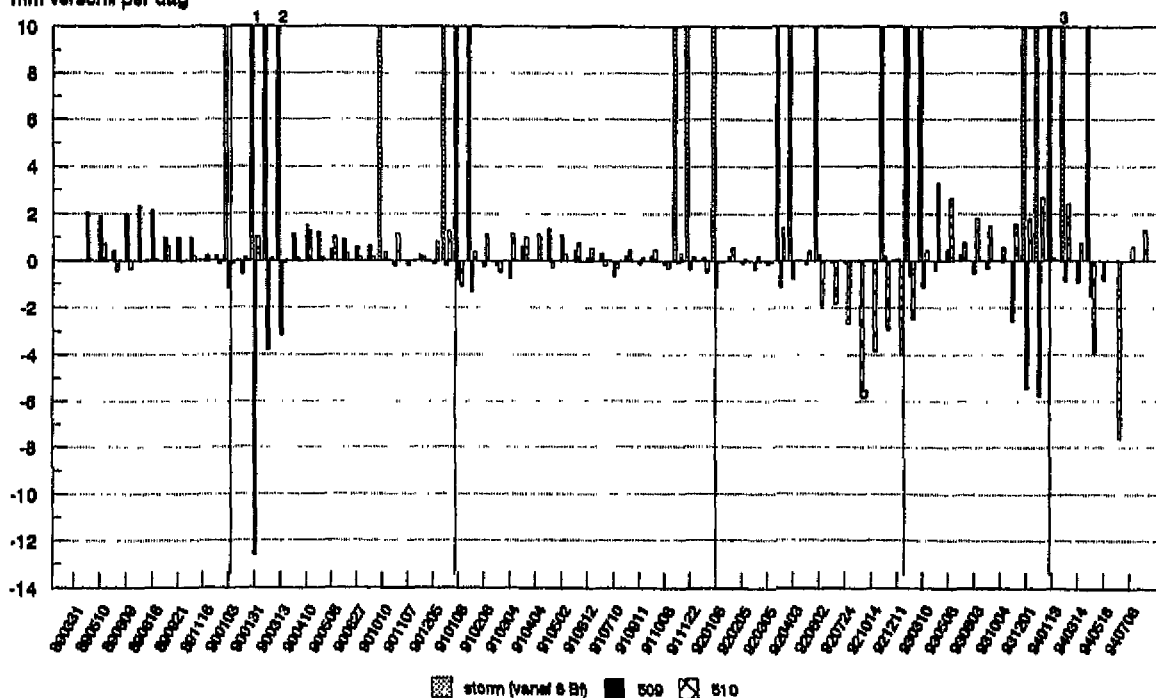
valkenisse, raai 5.3

mm verschil per dag



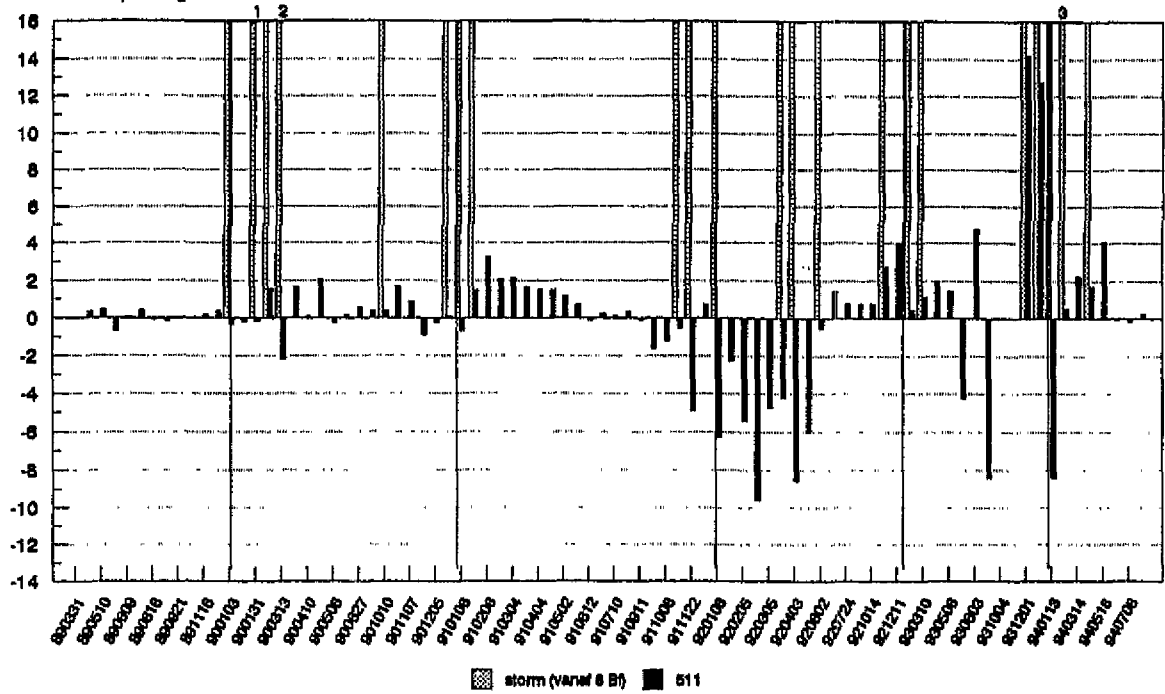
valkenisse, raai 5.3

mm verschil per dag



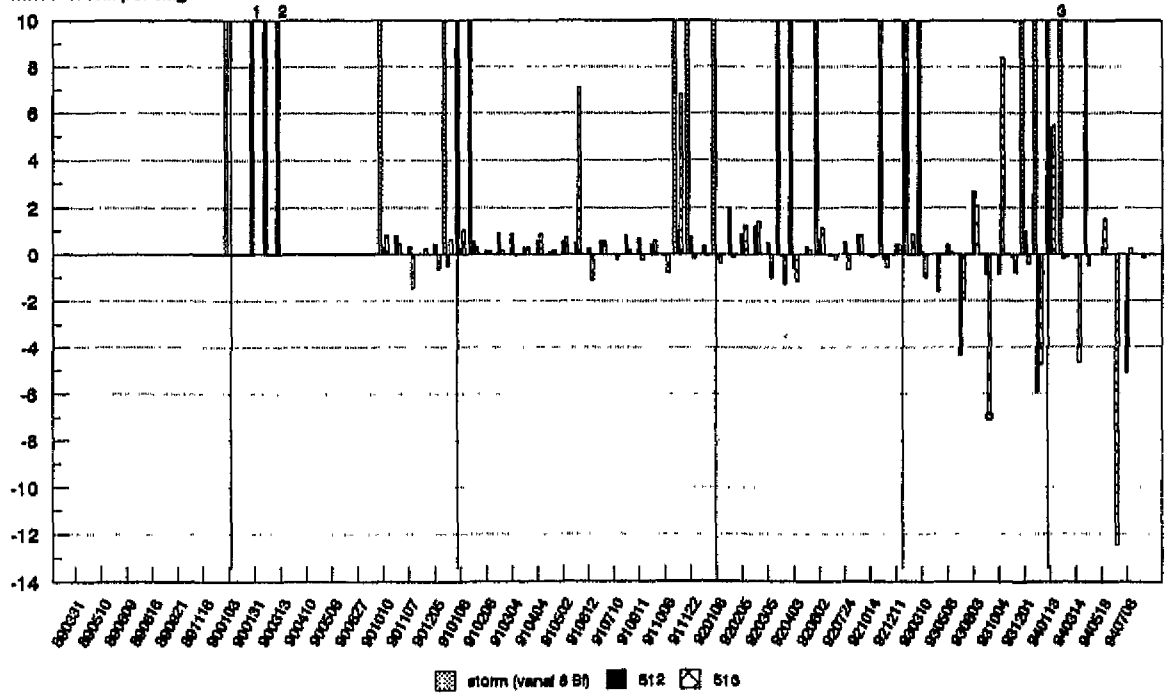
valkenisse, raai 5.3

mm verschil per dag



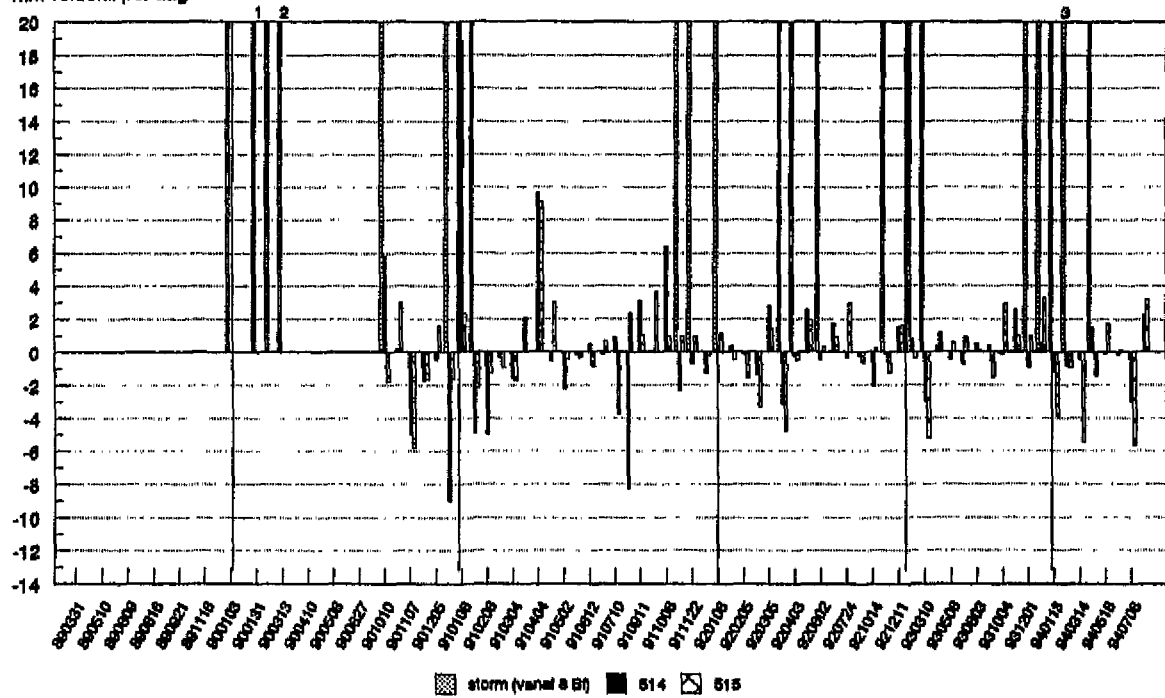
valkenisse, raai 5.3

mm verschil per dag



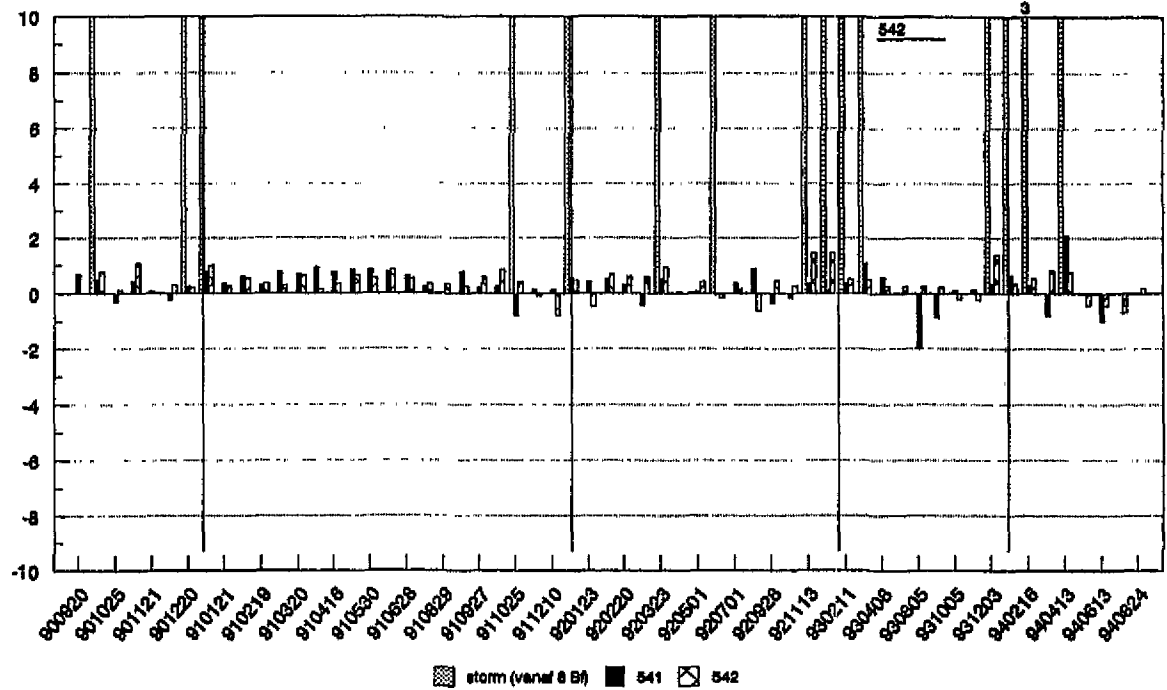
valkenisse, raai 5.3

mm versohl per dag



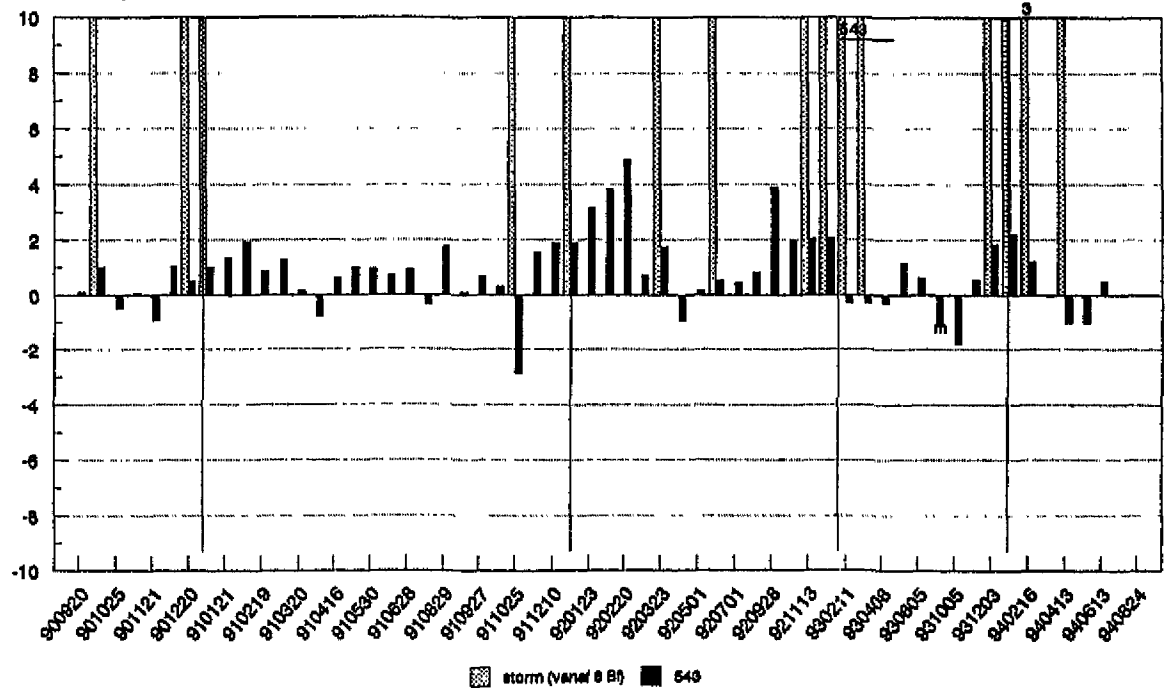
valkenisse raai, 5.4

mm verschil per dag

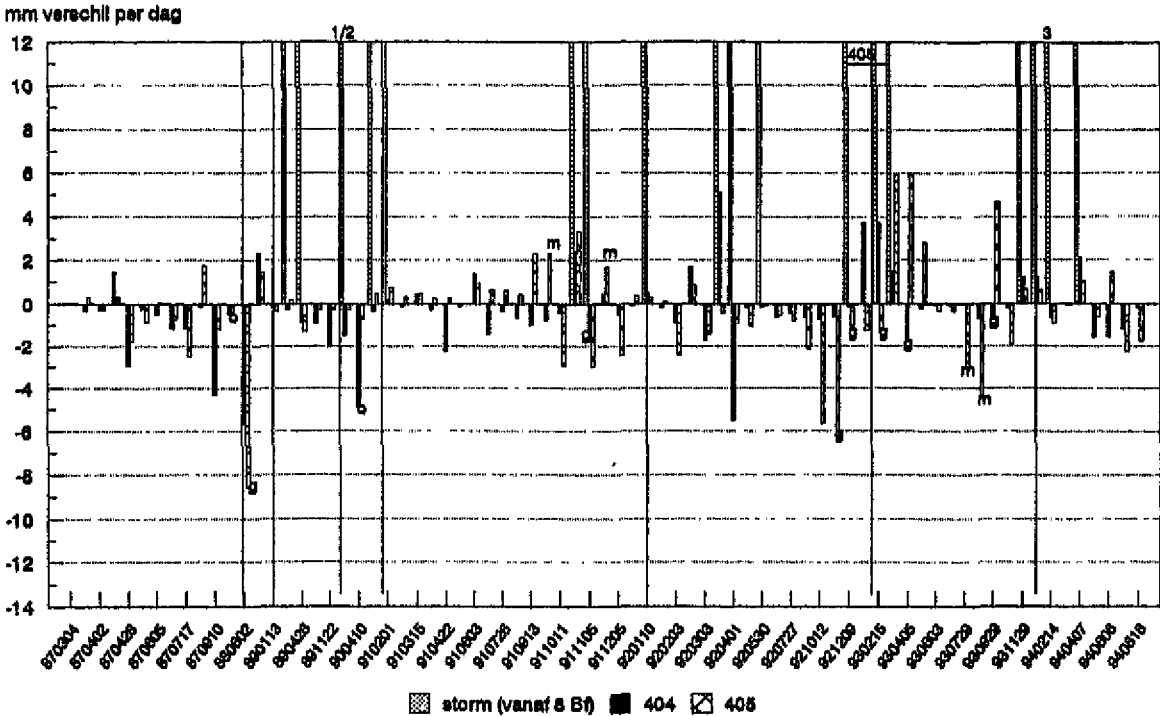


valkenisse raai, 5.4

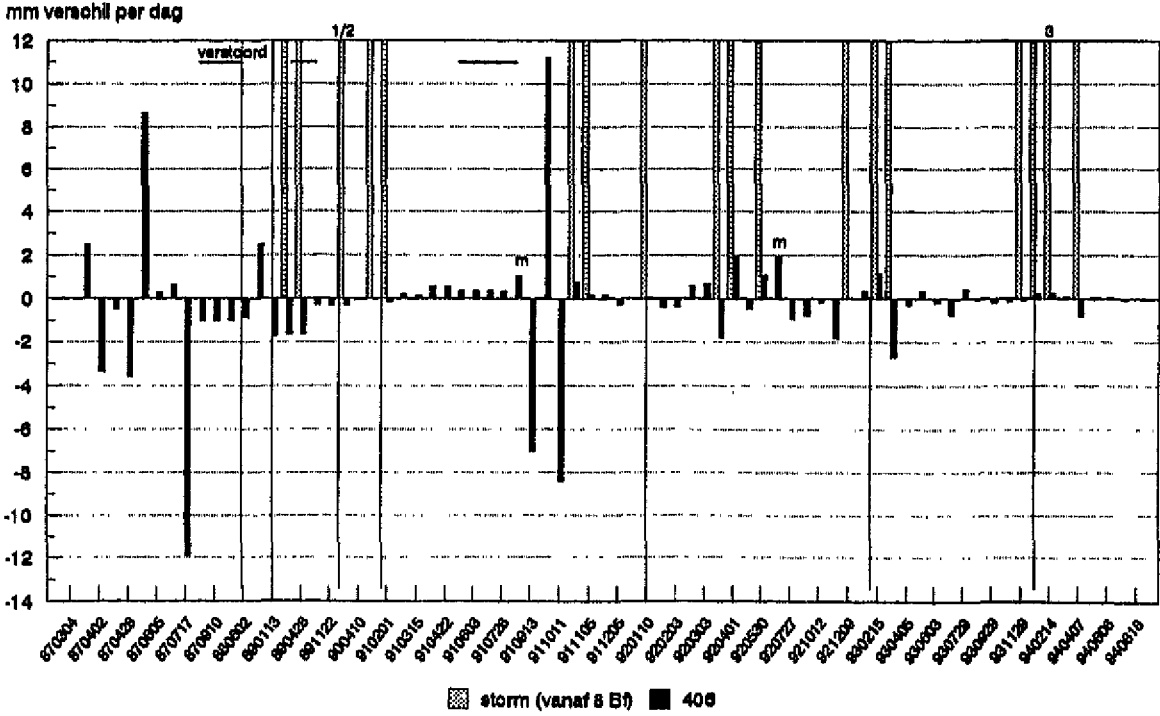
mm verschil per dag



waarde, raai 4.2

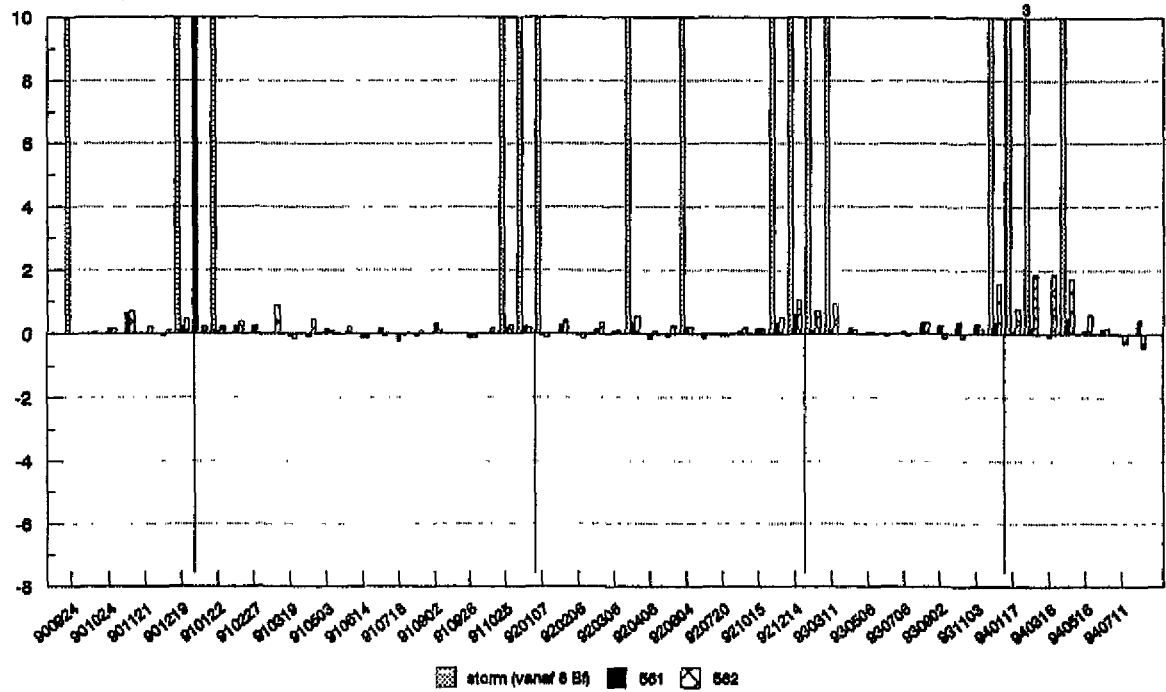


waarde, raai 4.2



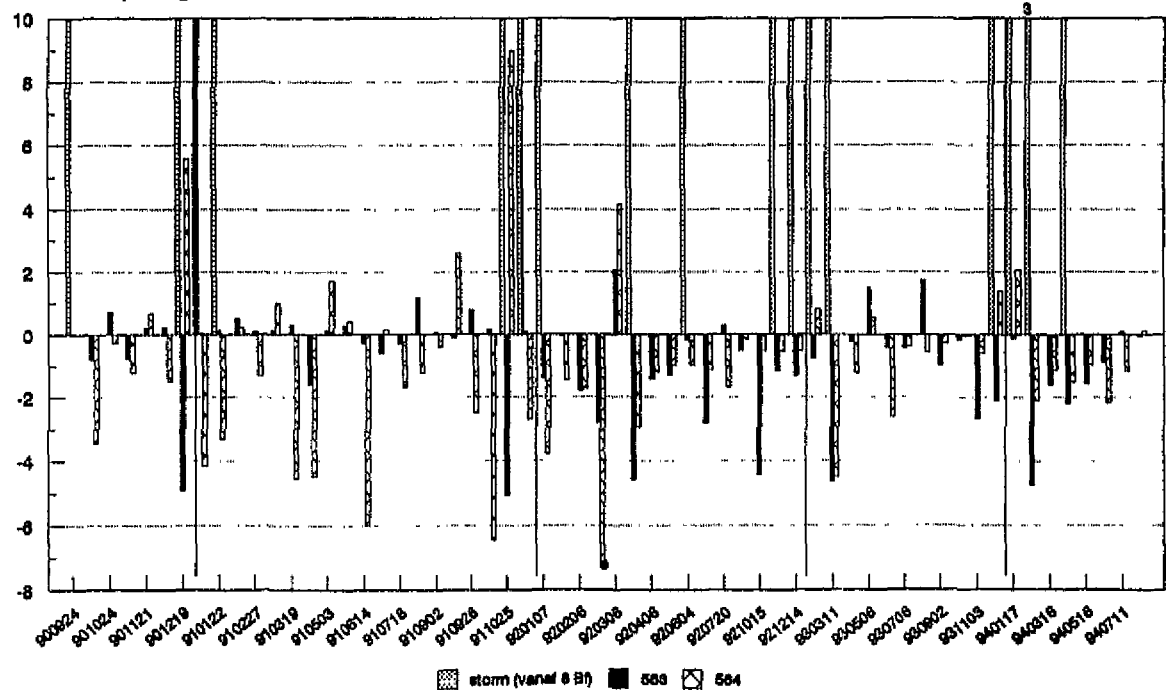
saeftinghe, raai 5.6

mm verschil per dag



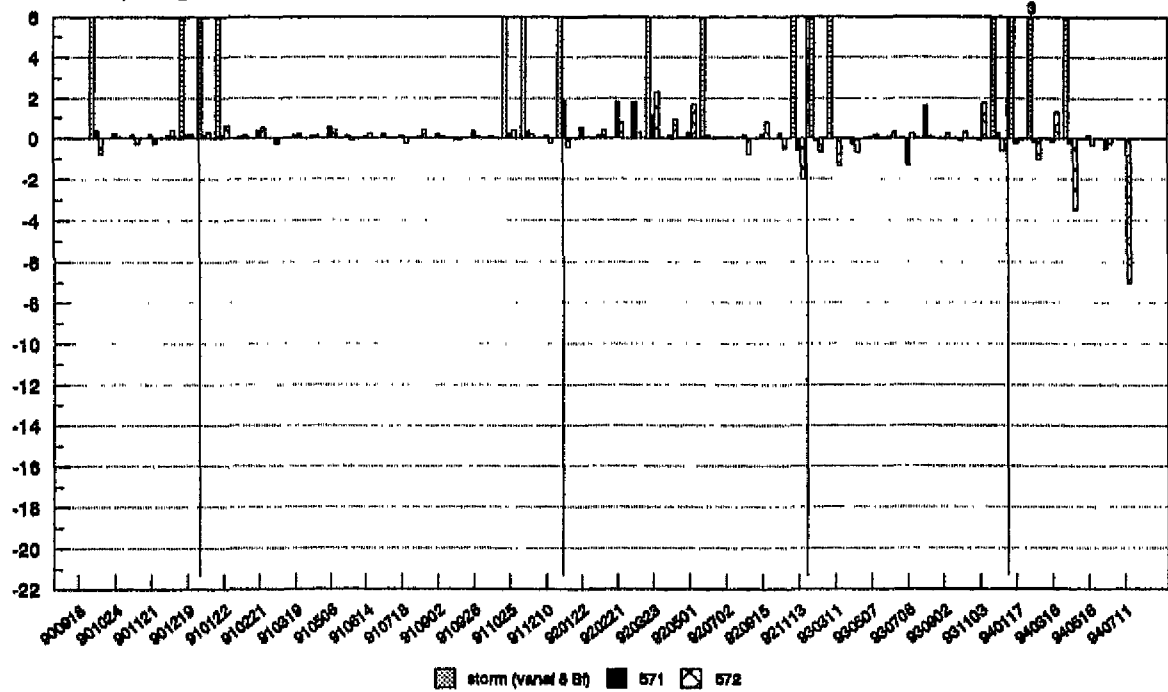
saeftinghe, raai 5.6

mm verschil per dag



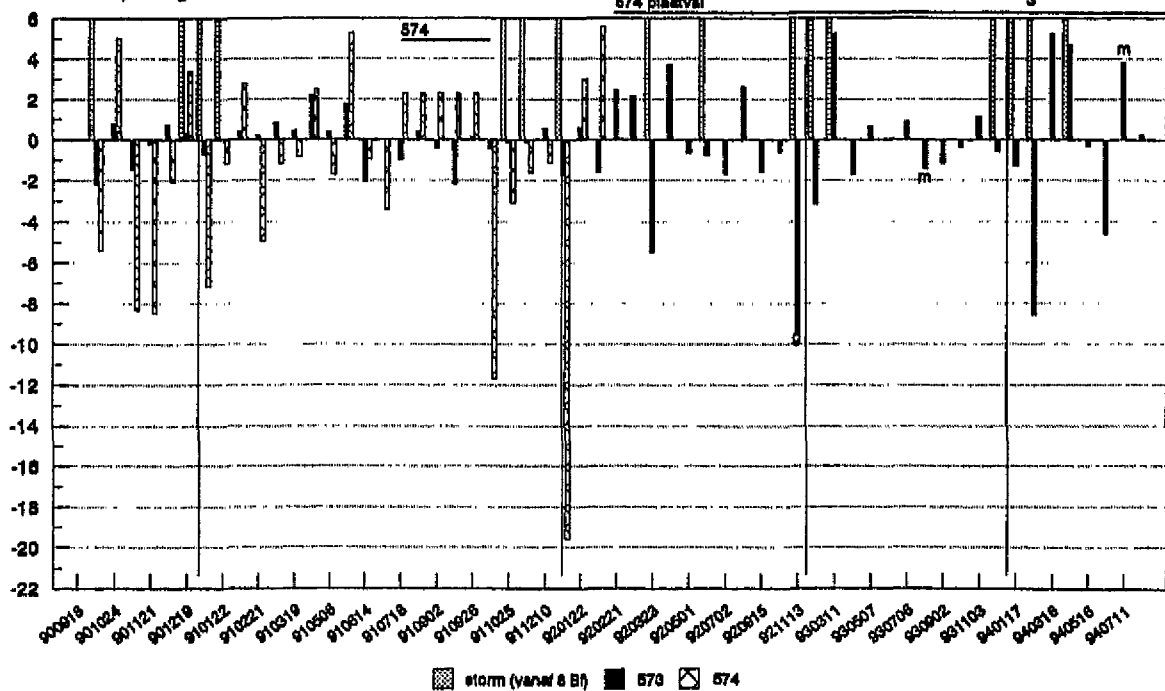
saeftinghe, raai 5.7

mm verschil per dag



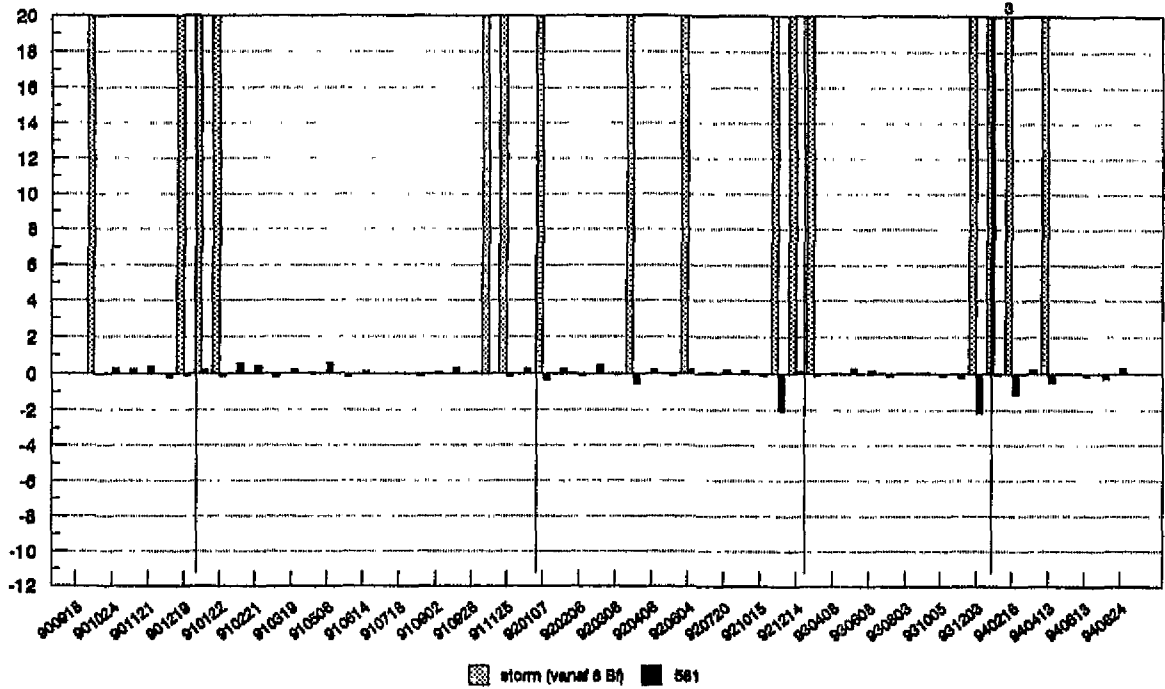
saeftinghe, raai 5.7

mm verschil per dag



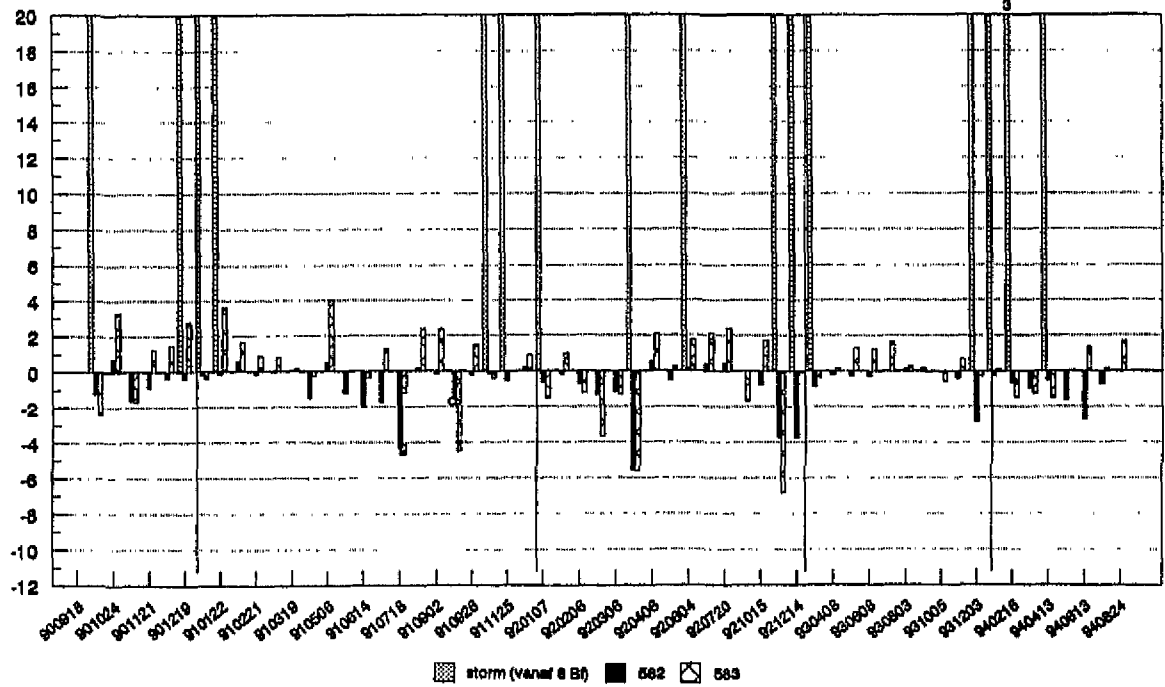
saeftinghe, raai 5.8

mm verschil per dag



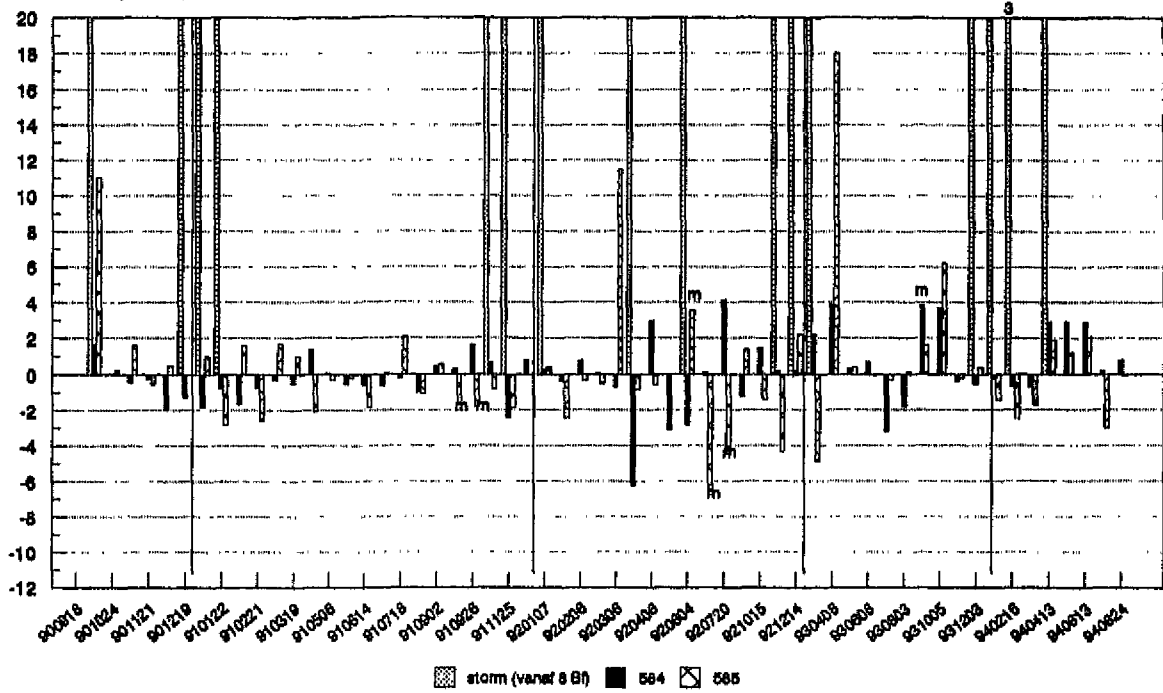
saeftinghe, raai 5.8

mm verschil per dag

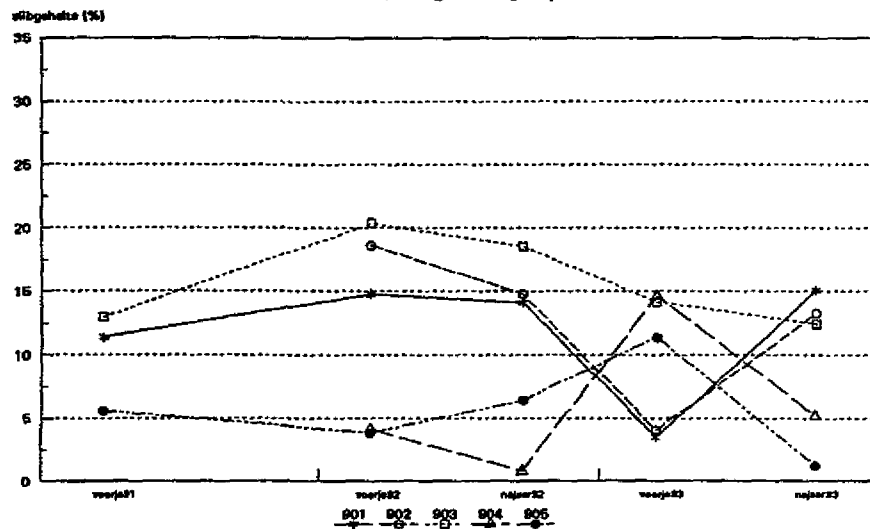


saeftinghe, raai 5.8

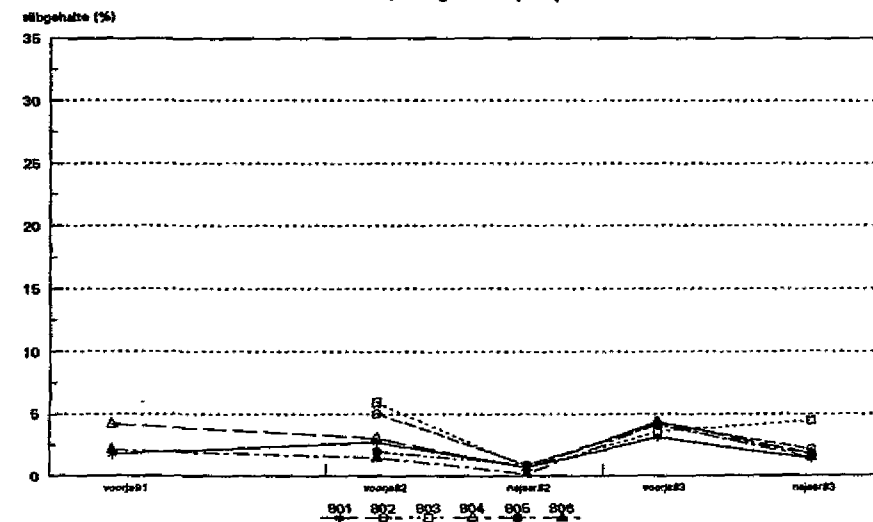
mm verschil per dag



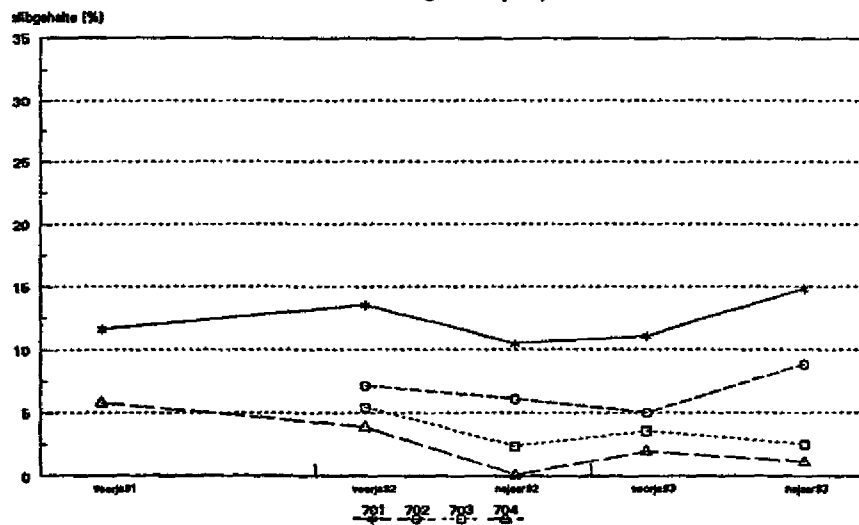
hoogespringer
raai 9.2, slijbgehalte per plot



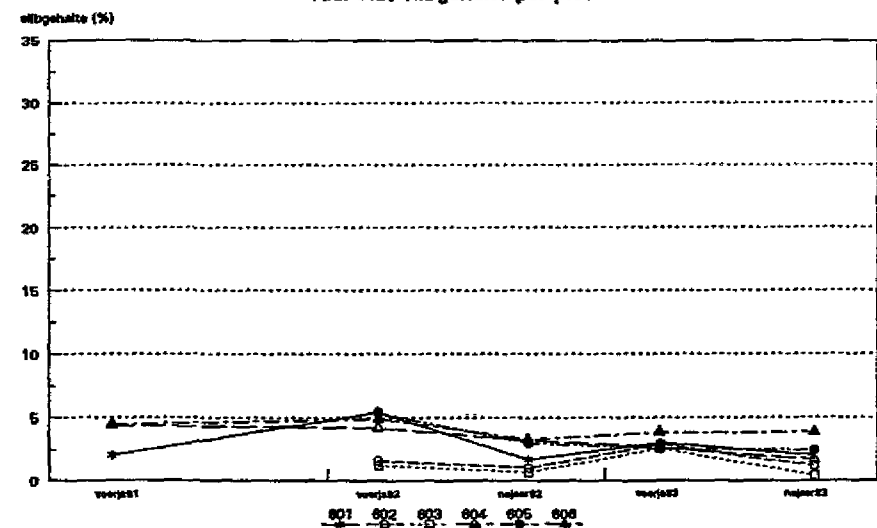
rug van baarland
raai 8.2, slijbgehalte per plot



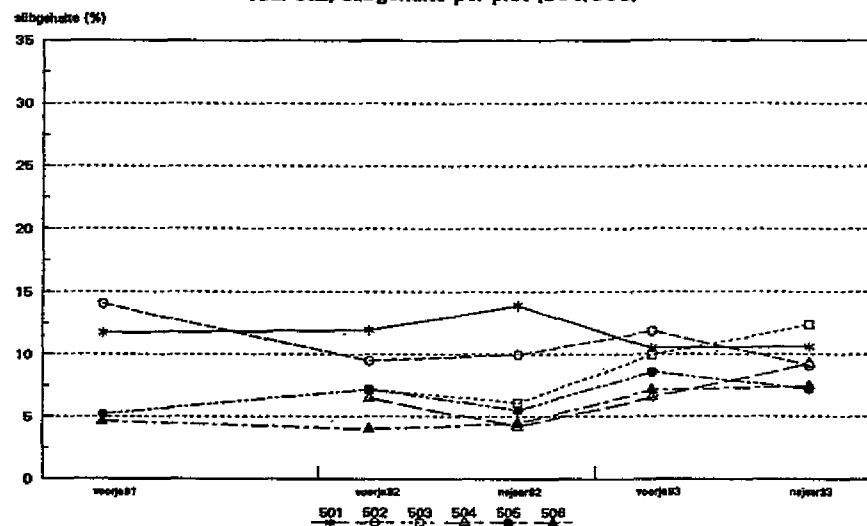
molenplaat
raai 7.2, slijbgehalte per plot



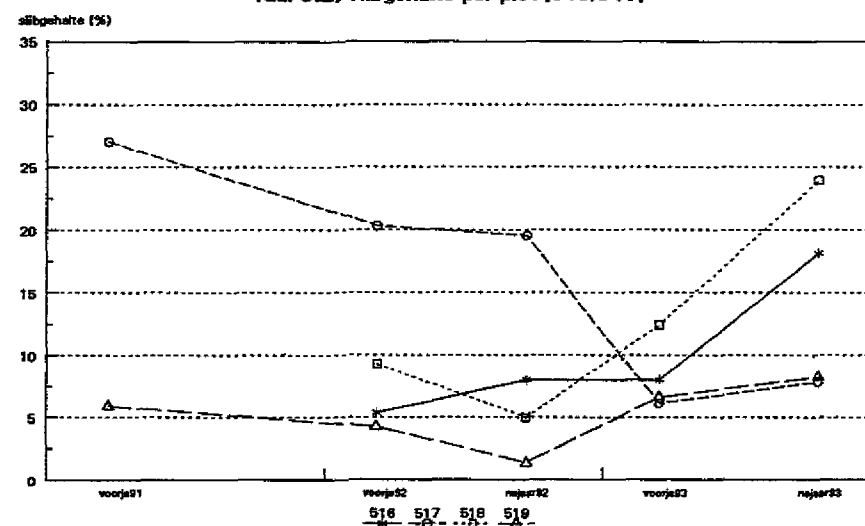
platen van ossenisse
raai 6.2, slijbgehalte per plot



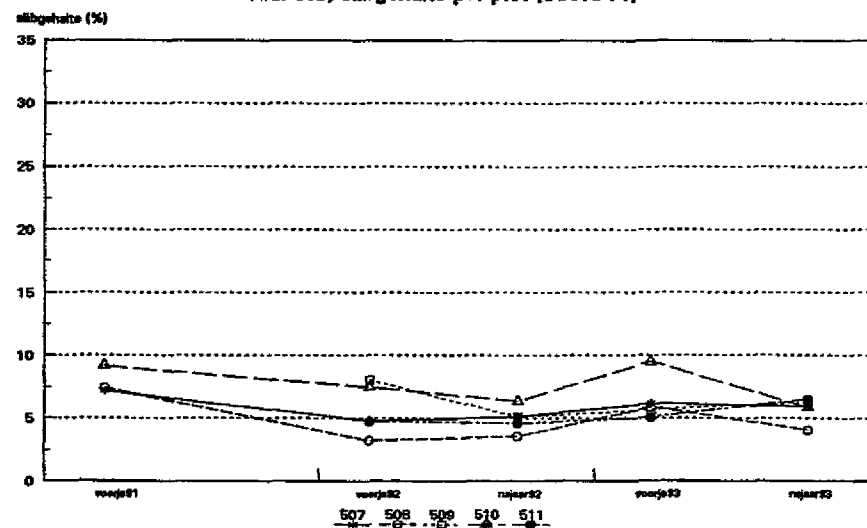
valkenisse - zuid
raai 5.2, slijbgehalte per plot (501/506)



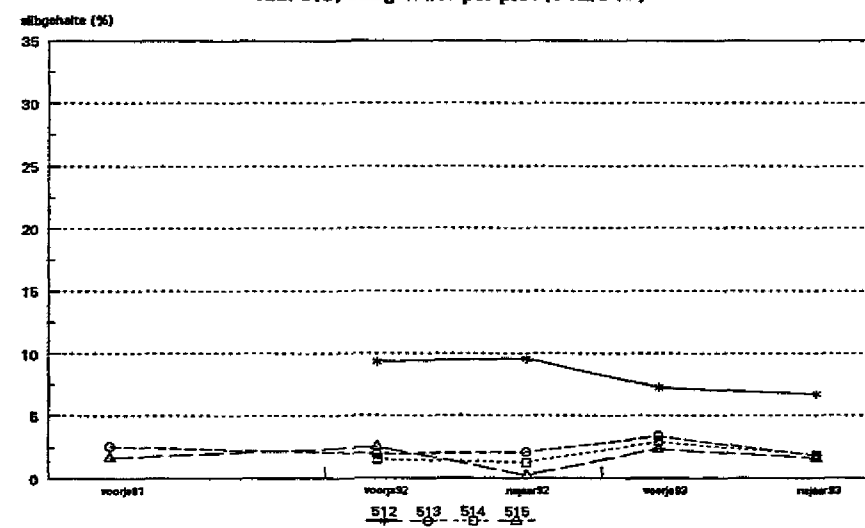
valkenisse - noord
raai 5.2, slijbgehalte per plot (516/519)



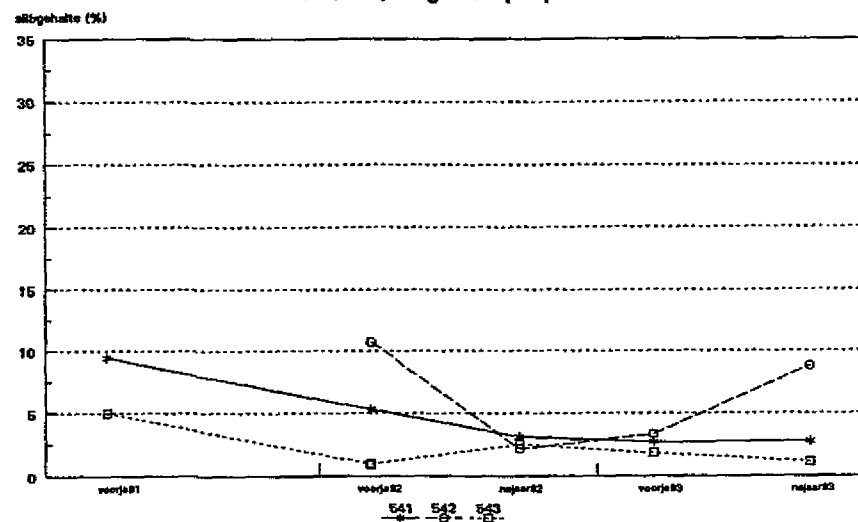
valkenisse - zuid
raai 5.3, slijbgehalte per plot (507/511)



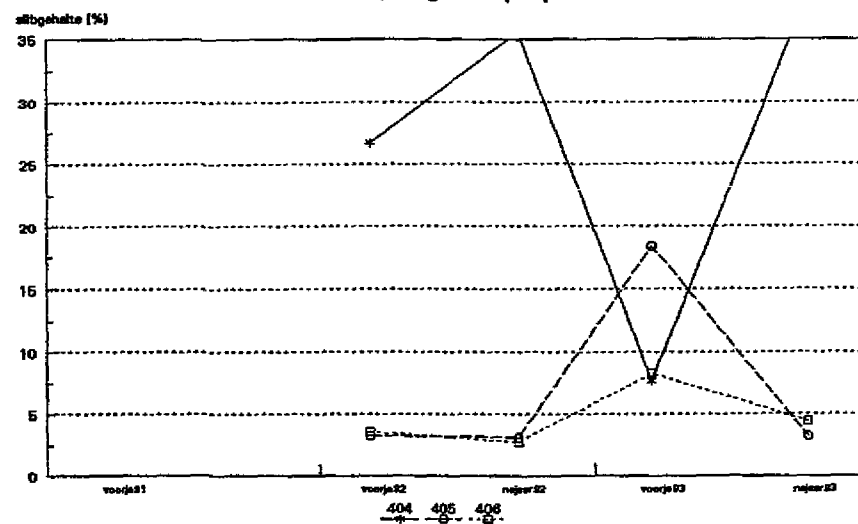
valkenisse - noord
raai 5.3, slijbgehalte per plot (512/515)



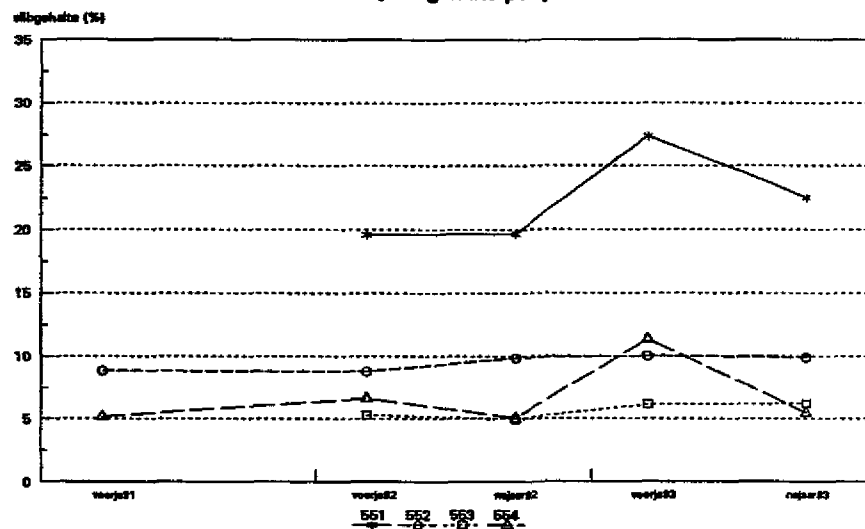
valkenisse oost
raai 5.3, slijbgehalte per plot



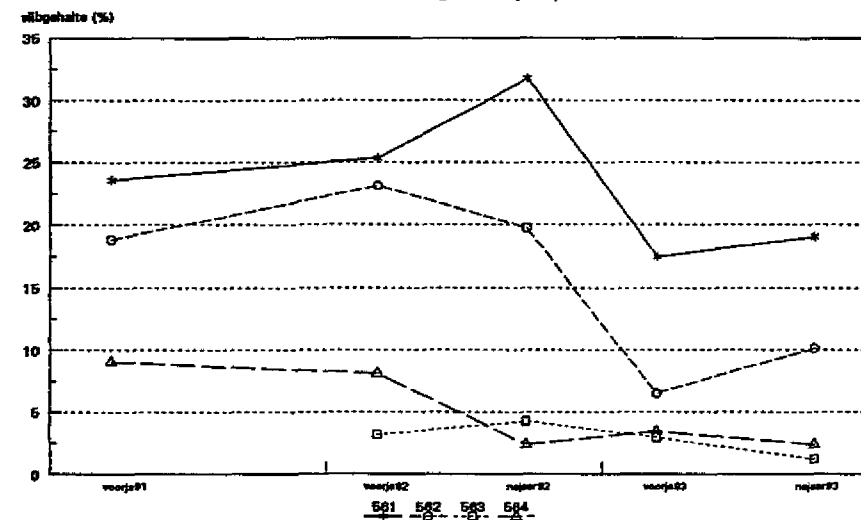
waarde
raai 4.2, slijbgehalte per plot



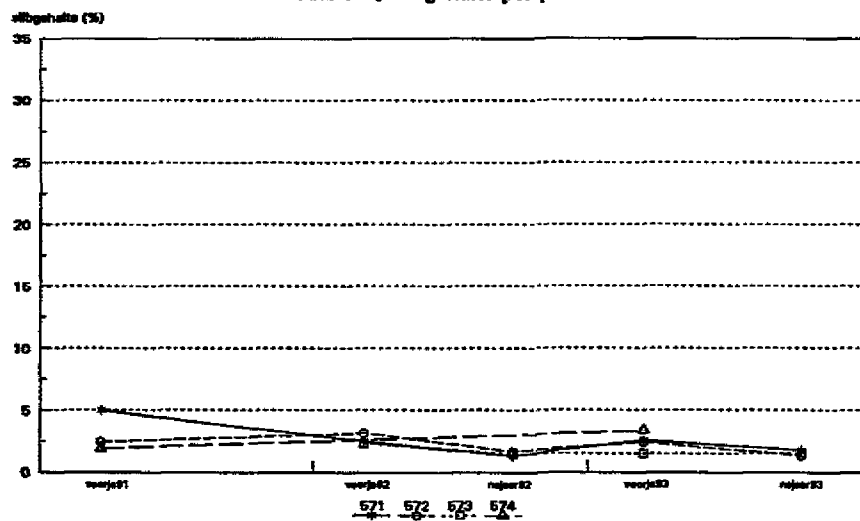
baalhoek
raai 5.5, slijbgehalte per plot



saeftinghe
raai 5.6, slijbgehalte per plot



saeftinghe
raai 5.7, slijbgehalte per plot



saeftinghe
raai 5.8, slijbgehalte per plot

