

De waterbeweging in het Sieperdaschor



afstudeerrapport
H.H. Rabbers
mei '98

De waterbeweging

in het

Sieperdaschor

*Modelleren van het getij in een schor met behulp van het
waterbewegingsmodel WETLANDS*

RIKZ werkdocument/OS-98.811x
Afstudeerverslag door Henk Rabbers, april '98

afstudeercommissie:

prof dr. ir. H.J De Vriend (TU Delft)
dr. ir. Z.B. Wang (TU Delft)
drs. H. Verbeek (RIKZ)
prof dr. ir. G.S. Stelling (TU Delft)

VOORWOORD

Voor U ligt mijn afstudeerverslag, geschreven in het kader van mijn afstudeeronderzoek naar de waterbeweging in het Sieperdaschor. Dit onderzoek is uitgevoerd in de maanden aug '97 t/m april '98 als stageopdracht van Rijkswaterstaat, Directie Zeeland (afdeling Integraal Waterbeheer AXW). Mijn werkplek was het RIKZ te Middelburg, onder dagelijkse begeleiding van drs. H. Verbeek. Bij deze wilde ik graag de volgende mensen bedanken voor hun steun: allereerst de afstudeercommissie bestaande uit de heren Wang, Harm Verbeek, Stelling en De Vriend, de schrijver van WETLANDS dr. ir. J. van der Molen, de opdrachtgever C. Storm en tenslotte Kaj van Doorn en Maarten Jansen.

Henk Rabbers, april '98

SAMENVATTING

Het Sieperdaschor is ontstaan uit de voormalige Selenapolder, nadat in februari '90 tijdens een zware storm de zomerkade is doorgebroken. Reparatie bleek te kostbaar en daarom is in overleg met Zeeuws Landschap besloten om de dijk niet te herstellen. Dit bood een goede gelegenheid om de ontwikkeling van polder tot schor te onderzoeken. Dit mede in verband met de huidige discussies over ontpolderen: het teruggeven van buitendijkse gebieden aan de natuur en het verlagen van de kans op stormvloed benedenstrooms door het vergroten van de komberging in het estuarium.

Gezien de interesse in de ontwikkeling van het gebied is in 1994 een monitoringsplan opgesteld. De metingen betreffen onder andere morfologie, vegetatie en waterstandsmetingen. Een belangrijke factor in de ontwikkeling van het gebied is de waterbeweging. In dit onderzoek is de waterbeweging gemodelleerd met het waterbewegingsmodel WETLANDS. Doelstellingen zijn het verloop van het horizontale en verticale getij te onderzoeken, de grootte van het getijvolume te berekenen, de mogelijkheden van het programma WETLANDS om de waterbeweging in een schor te modelleren te onderzoeken en de toekomstige ontwikkeling van het horizontale getij en het verticale getij te onderzoeken bij verschillende ontwikkelingsscenario's.

Het Sieperdaschor is gelegen in Zuidwest-Nederland, ten zuiden van het Verdrongen Land van Saefinghe. In de laatste drie decennia heeft het gebied drie grote morfologische veranderingen ondergaan. Tot 1966 was het onderdeel van het Verdrongen Land van Saefinghe. In 1966 werd het van dit gebied afgesneden en werd het ingepolderd. Hierdoor ontstond de Selenapolder. Na een onherstelbare dijkdoorbraak in 1990 werd het gebied weer schor: het Sieperdaschor. Het gebied in de huidige vorm is circa 100 ha groot, de breedte is 200m tot 400m en de lengte is 3500m. De opening naar de Westerschelde ligt aan de Noordoost-kant.

Het water stroomt het gebied in door een brede geul. Na circa 400m bevindt zich een weg. De doorgang bevindt zich door een opening in de weg. Deze opening is vastgelegd met stortsteen. Dit vormt een belemmering voor de uitstroom van het water het gebied uit. Aan de noordkant van het gebied bevindt zich een hoofdsloot. Op deze hoofdsloot monden zijsloten uit. De hoofdsloot staat in directe verbinding met de opening in de weg. De waterbeweging vertoont een duidelijk tweewekelijkse cyclus. Bij doortij stroomt het ingestroomde water in dezelfde getijperiode het gebied uit. Als de hoogwaters hoger worden, blijft er achterin het gebied water staan. Na het hoogste hoogwater, bij springtij, stroomt het gebied in een aantal dagen leeg.

De waterbeweging is gemodelleerd met het waterbegingsmodel WETLANDS. Dit modelleringsprogramma is speciaal geschreven voor schorgebieden. Het biedt de mogelijkheid om het gebied met een willekeurig grid weer te geven. Het heeft geen last van droogvallen, mits aan de courant voorwaarde wordt voldaan. Het geeft de mogelijkheid om krekken die binnen de gridresolutie vallen weer te geven en om wrijving als gevolg van vegetatie mee te nemen. Het programma maakt gebruik van de 2DH ondiepwatervergelijkingen. De Coriolis en viscositeitstermen zijn verwaarloosd ten opzichte van de wrijvingstermen.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de situatie in 1996. De bodemschematisatie is gemaakt aan de hand van de volgende metingen: een aantal jaarlijks gemeten raaien in het kader van het monitoringsplan, een in 1994 uitgevoerde hoogtemeting van het gehele gebied en een aantal profiel gemeten in 1996. De dichtheid van deze metingen was niet overal voldoende. Dit is vooral het geval voor de sloot die aan de noordkant van het gebied ligt. Het model is gecalibreerd met waterstands-, debiet- en stroomsnelheidsmetingen uit 1996.

Om de toekomstige ontwikkeling van het gebied te bekijken zijn een aantal ontwikkelings- en beheersscenario's bekeken. Deze zijn de volgende. Intensievere begrazing door het gebied, waardoor de wrijving van het schor afneemt. Vervolgens een kleiner doorstroomprofiel van de brug, waardoor de wrijving bij het uitstromen van het water toeneemt. En ten slotte is gekeken naar de ontwikkeling van de geul.

De conclusies van het onderzoek zijn de volgende:

waterbeweging op het schor

De getijvolume in het Sieperdaschor is direct afhankelijk van de hoogte van het hoogwater. Het water stroomt het gebied binnen door de geul en als het hoogwater hoog genoeg is ook over het schor ten noorden van de geul. Het water stroomt het gebied uit door de geul. Dit patroon is ook terug te vinden meer achterin het gebied, maar daar zijn de debieten kleiner.

resultaten modellering

Het waterbewegingsmodel WETLANDS is in staat om de waterbeweging in het Sieperdaschor te modelleren zonder dat er numerieke oscillaties optreden in de waterstanden en stroomsnelheden, zoals bij berekeningen met DUFLOW. De berekende waterstanden komen redelijk overeen met de gemeten waarden. Op de plaatsen tussen de metingen is over de betrouwbaarheid van de resultaten minder te zeggen. De maxima van de stroomsnelheden worden redelijk weergegeven; het verloop in tijd minder goed. De uitdemping van de stroomsnelheden is niet groot genoeg. De reden hiervoor is onduidelijk.

toekomstscenario's

Op basis van de optredende maximale ebsnelheden zal de geul zich verder ontwikkelen, maar met een afnemende snelheid. Het verkleinen van het doorstroomprofiel van de brug heeft als effect dat het restdebiet in absolute zin bij springtij groter wordt en daarmee het staandwater areaal achterin het gebied toeneemt. Dit komt overeen met de verwachting, omdat de uitstroming beperkt wordt. Het effect van intensievere begrazing is dat de debieten en stroomsnelheden groter worden. Het gebied gaat zich daardoor sneller ontwikkelen.

De aanbevelingen van het onderzoek zijn de volgende.

nauwkeurigheid resultaten verbeteren

Om nauwkeuriger resultaten te krijgen, is een gedetailleerdere bodemschematisatie gewenst. Om betere calibratie te krijgen, zijn meer meetgegevens gewenst. Dit is met name het geval in de sloot en over een hele dwarsraai aan het begin van het gebied.

gebruik WETLANDS

Het programma WETLANDS zou op een aantal punten verbeterd kunnen worden. Met name is dit het geval wat betreft de gebruiksvriendelijkheid. Opgemerkt dient te worden dat het programma in de vorm zoals het hier gebruikt is, niet voor algemeen gebruik geschreven was. In bijlage IV staat een en ander uitgebreider beschreven.

gebruik resultaten

Het effect van de waterbeweging op de morfologie is hier niet bekeken. Het verloop van het getijvolume in de loop der tijd is niet uitgebreid bekeken. Het verdient aanbeveling om dit verder te onderzoeken.

VOORWOORD	4
SAMENVATTING	6
1. INLEIDING	10
1.1 Aanleiding	10
1.2 Doelstelling	10
1.3 Afbakening	10
1.4 Leeswijzer	10
2. GEBIEDSBESCHRIJVING	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Ontstaan van de polder (1966-1990)	12
2.3 Ontstaan van het schor I (1990-1993)	13
2.4 Ontstaan van het schor II (1993-1997)	13
2.5 Huidige situatie	13
2.6 Andere vroegere modelberekeningen	19
3. ACHTERGROND WETLANDS	20
3.1 Gebruikte vergelijkingen in Cartesische coördinaten	20
3.2 Vergelijkingen in algemene coördinaten	20
3.3 Grid- en diepteschematisatie	21
3.4 Discretisatie	23
3.5 Berekening Eulerian-Lagrangian advection	24
3.6 Droogvallen van cellen	24
3.7 Specifieke mogelijkheden met betrekking tot bodemschematisatie	25
4. BODEMSCHEMATISATIE 1996	29
4.1 Bouw grid	29
4.2 Dieptes gehele gebied	29
4.3 Langsdoorsneden	29
4.4 Dwarsdoorsneden	30
4.5 Geuldoorsneden	31
4.6 Wrijving	34
5. MODELBEREKENINGEN 1996	37
5.1 Calibratie	37
5.2 Beschrijving stroming door gebied	43
5.3 Maximale waterstanden en stroomsnelheden	44
5.4 Debieten	46
5.5 Verhanglijnen	49
5.6 Berekeningen getijvolumina	50

5.7 Analyse resultaten	51
6. TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING	53
6.1 Inleiding	53
6.2 Scenario 1: intensievere begrazing	53
6.3 Scenario 2: kleiner doorstroomprofiel brug	54
6.4 Scenario 3: ontwikkeling geul	55
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	59
LITERATUURLIJST	60
BIJLAGEN	62

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Het Sieperdaschor is ontstaan uit de voormalige Selenapolder nadat in februari '90 tijdens een zware storm de zomerkade is doorgebroken. Reparatie bleek te kostbaar en daarom is in overleg met Zeeuws Landschap besloten om de dijk niet te herstellen. Dit bood een goede gelegenheid om de ontwikkeling van polder tot schor te onderzoeken. Dit mede in verband met de huidige discussies over ontpolderen: het teruggeven van buitendijkse gebieden aan de natuur en het verlagen van de kans op stormvloed benedenstrooms door het vergroten van de komberging in het estuarium.

De waterbeweging in het schor is een belangrijke factor in bovengenoemde punten. Het totale in- en uitstromende getijvolume bepaalt de bergingscapaciteit van het schor. De stroomsnelheden, de waterfluxen en de waterhoogtes veroorzaken erosie/sedimentatie van geulen en schorren. Voor het Sieperdaschor is het geborgen getijvolume erg klein ten opzichte van het totale watervolume in de Westerschelde en daarmee niet interessant voor het verlagen van de kans op stormvloed. Wat wél interessant is, is de verandering van de waterbeweging in de tijd en daarmee de snelheid van de ontwikkeling van het schor in de tijd.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is de waterbeweging in het Sieperdaschor te modelleren, om vervolgens hieruit de ontwikkeling in de horizontale en verticale waterbeweging te reconstrueren. Een ander doel is te kijken naar de mogelijkheid van het programma WETLANDS om dit soort gebieden te modelleren.

Deze doelstelling kan geformuleerd worden in een aantal onderzoeksvragen:

- hoe verlopen het horizontale en het verticale getij in de loop der tijd?
- hoe groot is het getijvolume en hoe verloopt het in de tijd?
- wat zijn de mogelijkheden van het programma WETLANDS om de waterbeweging in een schor te modelleren?
- Wat is de toekomstige ontwikkeling van het horizontale, respectievelijk het verticale getij bij verschillende ontwikkelings-scenario's en bij verschillende beheers-scenario's?

1.3 Afbakening

Het onderzoek wordt beperkt tot de volgende onderdelen:

- De berekeningen zullen uitgevoerd worden met het waterbewegingsmodel WETLANDS. Dit programma wordt gebruikt zoals het in de huidige vorm is; het is niet de bedoeling hier grote veranderingen in aan te brengen.
- Voor de bodemschematisatie wordt gebruik gemaakt van bestaande gegevens. Er zullen geen nieuwe metingen gedaan worden.
- Er wordt gebruik gemaakt van huidige waterstands- en stroomsnelheidsmetingen. Er zullen geen nieuwe metingen gedaan worden.
- De waterbeweging wordt slechts tijdens één fase (1996) doorgerekend. Voor berekeningen in andere fasen zijn de meetgegevens te summier.
- Er wordt alleen gekeken naar de grootschalige berekende waterbeweging. Dit is de waterbeweging in de geulen en sloten. De betrouwbaarheid van de resultaten in de andere delen van het gebied is, gezien het geringe aantal metingen, niet erg groot.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staat een beschrijving van het gebied zoals het nu is en hoe het is ontstaan. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 het gebruikte waterbewegingsmodel beschreven. De bodemschematisatie staat beschreven in hoofdstuk 4, waarna in hoofdstuk 5 de resultaten van de berekeningen in 1996 staan uitgewerkt. In hoofdstuk 6 worden nog enkele scenario's doorgerekend, waarna ten slotte in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen staan. In de bijlagen staan onder andere de bevindingen bij het werken met het model WETLANDS.

De afwatering naar de Westerschelde toe geschiedde door middel van een duiker in de zomerkade. Op deze kaart zijn nog de invloeden terug te vinden van voordat het gebied ingepolderd was. Net ten oosten van de weg bevindt zich nog het einde van een geul. Op ongeveer tweederde bevinden zich nog enige kleine kreken. Dit gedeelte ligt iets hoger dan de rest van het gebied. Het westelijke gedeelte werd gebruikt in de periode 1966-1990 als weiland. Het oostelijke gedeelte werd gebruikt voor akkerbouw en weiland. Het gedeelte tussen de weg en de zomerkade is niet in gebruik geweest. Dit gedeelte heeft de meest natuurlijke geometrie (Moermond, 1994).

2.3 Ontstaan van het schor I (1990-1993)

Nadat in februari 1990 de zomerkade voor een derde maal doorgebroken was, werd deze niet hersteld. Hierdoor ontstond het 100 ha grote Sieperdaschor (bijlage I.1). Het getijverschil varieert van 4m bij doodtij tot 6 m bij springtij (Sanchez e.a., 1998). Bij hoge hoogwaters kan de waterstand buiten oplopen tot 4 à 5m boven NAP. De getijamplitude bleek groot genoeg om het gebied ca 50 maal per jaar geheel onder te laten lopen (Moermond, 1994). Door de gebrekkige drainage en de beperkte doorstroming van de duiker in de weg bleef het water achterin het gebied een aantal dagen staan. Bij de afstroming bleef het water het bestaande afwateringspatroon volgen.

Door het vergrote getijvolume gingen de sloten uitschuren. De duiker in de weg was hier niet op berekend en werd ondermijnd. Tevens werd de dam aangevallen door het uitschuren van de hoofdsloot (Moermond, 1994). Om deze ongewenste situatie te verbeteren werd in december 1992 na enige andere beheersmaatregelen het gat in de weg ter plaatse van de duiker gedicht. In het midden van de weg werd een opening gemaakt. Hieronder staan in het kort de gebeurtenissen in deze periode:

feb '90: doorbraak zomerkade
nov '92: duiker in de weg uitgespoeld
dec '92: gat in de weg gedicht
jan '93: aantasting dam door hoofdgeul
feb '93: verplaatsen opening in de weg

2.4 Ontstaan van het schor II (1993-1997)

Na het verplaatsen van de opening in de weg kreeg het gebied de vorm zoals afgebeeld in bijlage I.2. In 1993 is niet alleen de opening in de weg verplaatst, maar is ook een geul gegraven van de zomerkade tot de rietkraag (geultje westelijk van raai E). Na het verplaatsen en vergroten van de doorstroomopening in de weg kreeg het gebied een nieuwe impuls om zich te ontwikkelen. Het getijvolume bleek te groot voor de geulen, waardoor deze gingen uitschuren (Sanchez e.a., 1998). Aan het einde gaat de gegraven geul via een klif over in een slik. Deze klif verplaatst zich ± 10 m per jaar in westelijke richting (Kornman & Van Doorn, 1997). Het slik gaat meanderend verder, totdat een zijgeul wordt bereikt (ongeveer halverwege raai D en raai E).

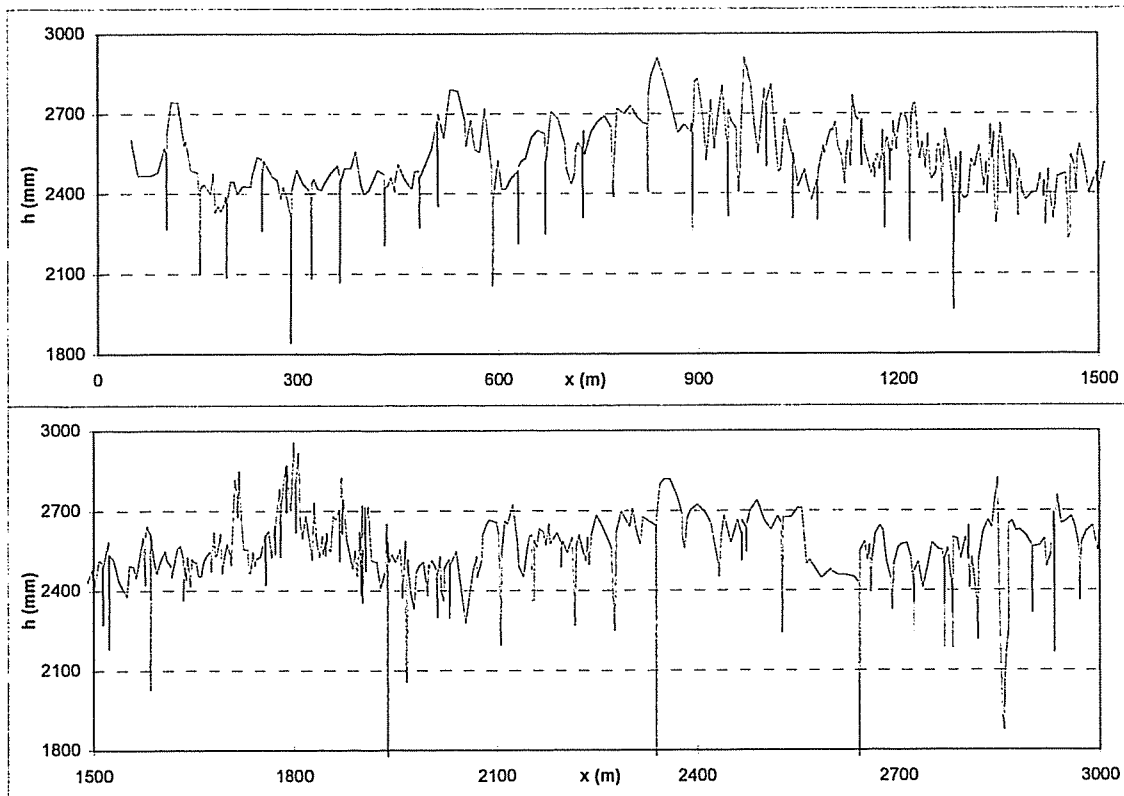
De morfologische ontwikkeling in deze periode wordt beschreven aan de hand van bijlage I.2. Sanchez e.a. (1998) delen het gebied op in vier zones. Zone 1 is het gebied dat nooit ingepolderd is geweest. Zone 2 is het bijna niet geëgaliseerde gebied met het krekens- en afwateringspatroon dat al voor 1966 aanwezig was. De kreken in dit gebied schuren verder uit en het vrijgekomen sediment komt op de oevers terecht. De geul, die na verplaatsen van het gat in de weg een dode tak werd, slibt dicht. Zone 3 is het gebied dat zich nog verder aan het ontwikkelen is: de sloten schuren uit en het schoroppervlak stijgt nog. In zone 4 verandert weinig. De sloten in dit gedeelte slibben dicht en het schoroppervlak blijft gelijk.

2.5 Huidige situatie

2.5.1 bodemligging

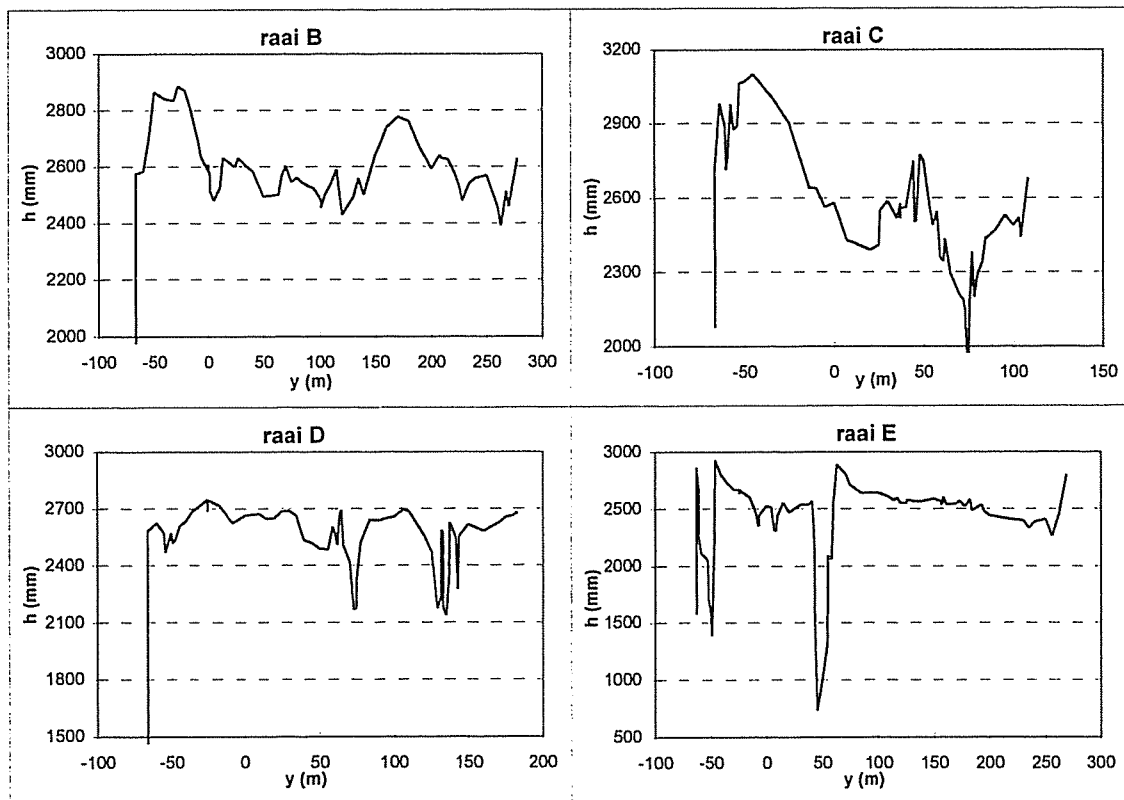
De bodemligging is gemonitord via een aantal metingen. In het kader van het monitoringsplan (Stikvoort, 1994) worden elk jaar 1 langsraai (A) en 4 dwarsraaien (B t/m E) gemeten (Figuur

2-2). In Bijlage I.2 zijn de gemeten langsraai A en de gemeten dwarsraaien B t/m E afgebeeld. De x-waarden van de langsraai zijn ten opzichte van punt 0; de y-waarden van de dwarsraaien zijn ten opzichte van raai A



Figuur 2-2 gemeten langsraai A in 1996

In de gemeten langsraai A zijn de locaties en de grootte van de sloten terug te vinden. De hoogte van het schoroppervlak op een langdoorsnede valt ook uit deze metingen te halen.



Figuur 2-3 gemeten dwarsraaien B t/m E in 1996

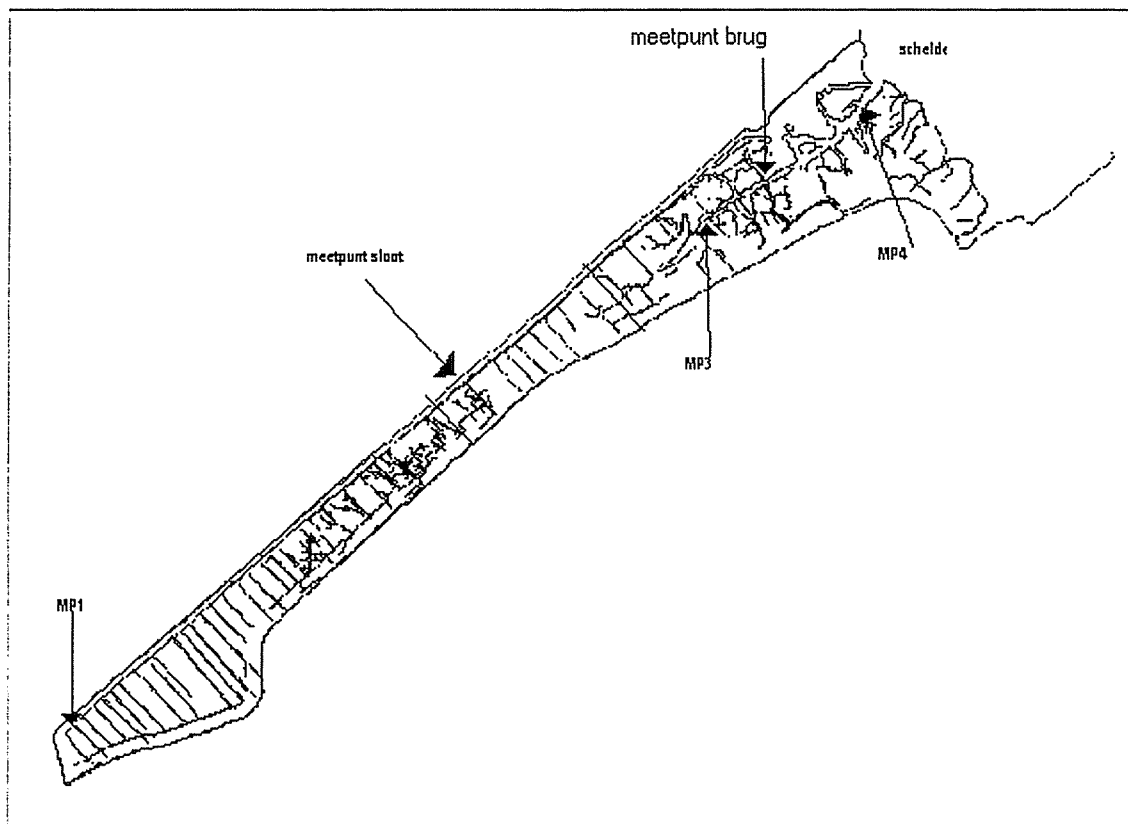
De sloot bevindt zich op $y=-80\text{m}$. In de dwarsraaien is de sloot langs de dam niet meegegemeten. In raai E is de gegraven geul terug te vinden op $y = \pm 50\text{m}$. Met behulp van metingen uit een aantal jaren is de groei van deze geul ter plaatse van raai E te reconstrueren.

In 1994 zijn tweemaal hoogtemetingen uitgevoerd door het gehele gebied. De resultaten zijn na interpolatie verwerkt in een GIS bestand met een resolutie van $20 \times 20\text{m}$. Deze interpolatie geeft op sommige plaatsen verkeerde resultaten. Dit is met name het geval op plaatsen met grote bodemgradiënten. De resultaten kunnen dus niet zonder meer gebruikt worden voor een bodemschematisatie. De resulterende kaart staat afgebeeld in bijlage I.3.

Door Sanchez e.a. (1998) zijn op een twaalfal plaatsen aanvullende metingen uitgevoerd. De metingen die aanvullende informatie geven voor de bodemschematisatie zijn een meting van het geulprofiel ter plaatse van de zomerdijk, een meting halverwege raai D en raai E, een meting van het slootprofiel halverwege de sloot tussen raai C en raai D en het slootprofiel ter plaatse van raai B.

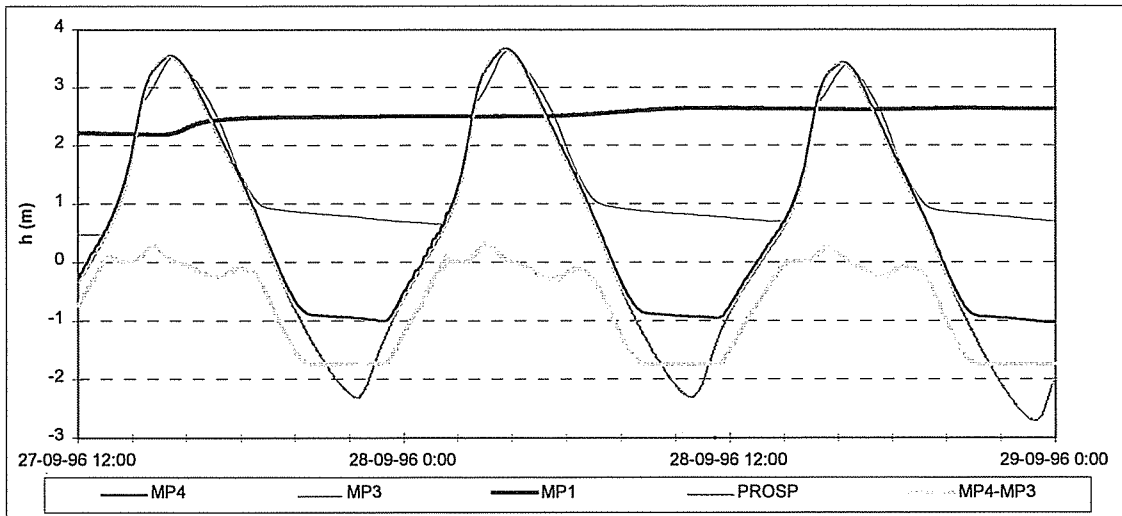
2.5.2 Waterstanden en stroomsnelheden

In het kader van het monitoringsplan (Stikvoort, 1994) zijn tweemaal per jaar de waterstanden op een aantal punten gemeten met behulp van drukdozen. In Figuur 2-4 staan de locaties van deze meetpunten gegeven.



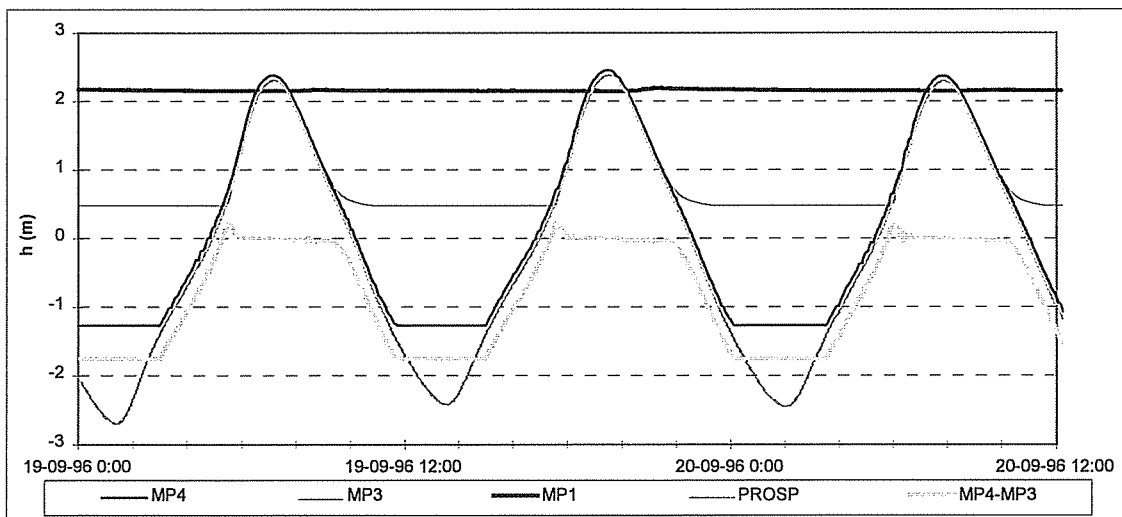
Figuur 2-4 locaties raaien en meetpunten

Van voorjaar 1992 t/m najaar 1995 werd gemeten ter plaatse van MP1 en MP2. Door het verplaatsen van de opening in de weg kwam MP2 in een dode tak te liggen. In 1996 zijn in het voorjaar en in het najaar metingen uitgevoerd. Dit was ter plaatse van MP1 (aan het einde van de sloot), MP3 (tussen de zijtak en het einde van de gegraven geul) en MP4 (ter plaatse van de zomerkade). In Figuur 2-5 (springtij) en Figuur 2-6 (doodtij) zijn deze metingen gepresenteerd. Tevens is de gemeten waarde ter plaatse van Meetpunt Prosperpolder toegevoegd. Dit meetpunt ligt in de Westerschelde, net buiten het Sieperdaschor. Tevens is het verhang tussen MP4 (buiten) en MP3 (binnen) in de figuur uitgezet.



Figuur 2-5 metingen bij springtij

De metingen in Figuur 2-5 zijn gemeten net voor springtij. De waterstand in MP1 is nog aan het stijgen. In een aantal getijden wordt deze waterstand hoger; na springtij daalt de waterstand in dit meetpunt. De waterstand in MP3 daalt tot ongeveer +1 m NAP; daarna wordt de invloed van de brug merkbaar en daalt de waterstand binnen langzaam. Dit meetpunt valt bij springtij bijna droog. De waterstand in MP4 daalt met de buitenwaterstand in de Westerschelde mee tot ongeveer -1 m NAP. De geul is dan bijna drooggevallen. Het verval tussen MP4 en MP3 is bij vloed maximaal (ongeveer 30 cm) als de waterstand in MP3 minder snel stijgt. Voordat de invloed van de brug merkbaar is, is het verval eerst minimaal (ongeveer 20 cm), waarna deze eerst weer daalt. Als beide punten bijna zijn drooggevallen, wordt het verval bepaald door de bodemhoogtes en de hoogte van de bodem van de bestorting ter plaatse van de brug. Dit verval heeft geen betekenis voor optredende stroomsnelheden en debieten.



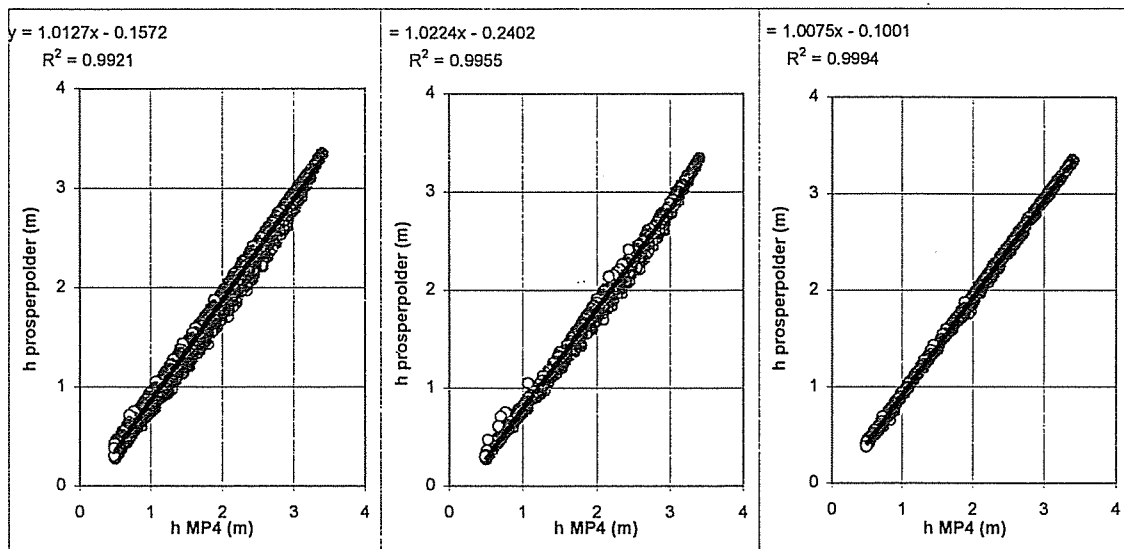
Figuur 2-6 metingen bij doodtij

Tijdens doodtij bereikt de hoogwatergolf MP1 niet. Er staat dan geen water achterin het gebied. MP3 en MP4 vallen ongeveer 2 uur na HW droog. Het verval tussen MP3 en MP4 is ongeveer nul rondom hoogwater. Alleen bij vloed is het verval licht positief. Het verval is maximaal 15cm. Het verval bij eb wordt bepaald door de hoogte van de bestorting van de brug en de bodemhoogtes.

Alle meetsessies hadden een duur van 14 tot 31 dagen. Dit is gedaan omdat de waterbeweging in het gebied een duidelijk tweewekelijkse cyclus heeft. Bij doodtij kan binnen een getijdencyclus het ingekomen water het gebied weer verlaten, terwijl bij springtij de totaal ingekomen hoeveelheid water groter is dan de uitgaande hoeveelheid water. Dit is in de figuur

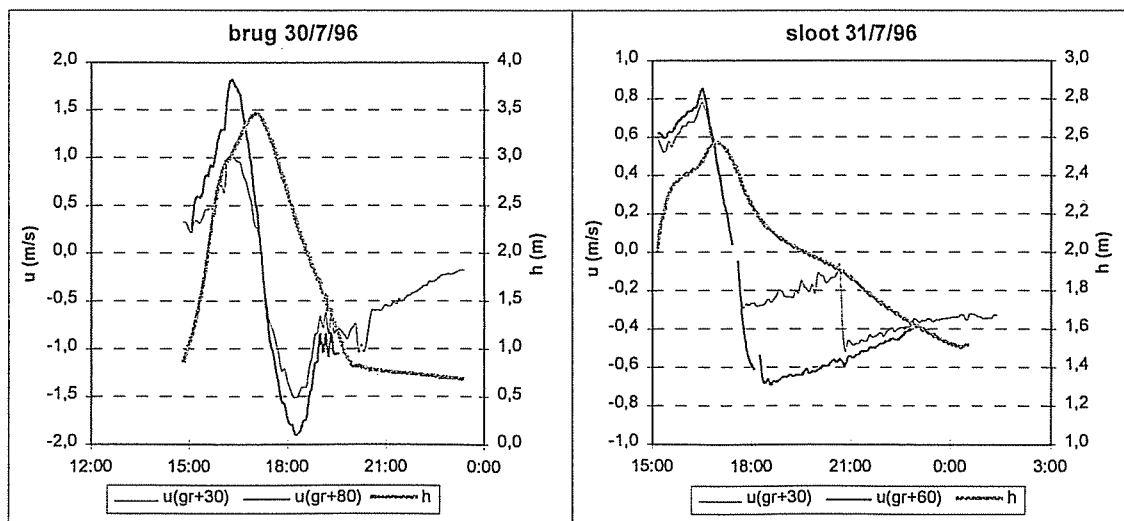
te zien aan de waterstanden bij eb van MP3 en MP1. Na springtij loopt het gebied weer leeg. Het uitgaande debiet is dan groter dan het ingaande debiet.

De gemeten waarden van Meetpunt Prosperpolder geven structureel een afwijkende waterstand met de gemeten waarde in MP4. Dit komt doordat de sensor van Meetpunt Prosperpolder, die de waterstanden, registreert in de stroming ligt. Hierdoor heeft de stroomsnelheid invloed op de berekende waterstanden. Uit modelberekeningen in de Westerschelde blijkt dat het meetpunt Prosperpolder afwijkende waterstanden geeft, terwijl andere meetpunten in de omgeving wel goede waarden geven ten opzichte van de modelresultaten (mondelinge mededeling Harm Verbeek). In Figuur 2-7 staan de gemeten waarden van MP4 vergeleken met de gemeten waarden ter plaatse van Meetpunt Prosperpolder. De trendlijnen zijn bekeken voor het totale getij, voor de vloedwaarden en voor de ebwaarden. De invloed van de stroming is te zien aan het verschil in richtingscoëfficiënten van de trendlijnen.

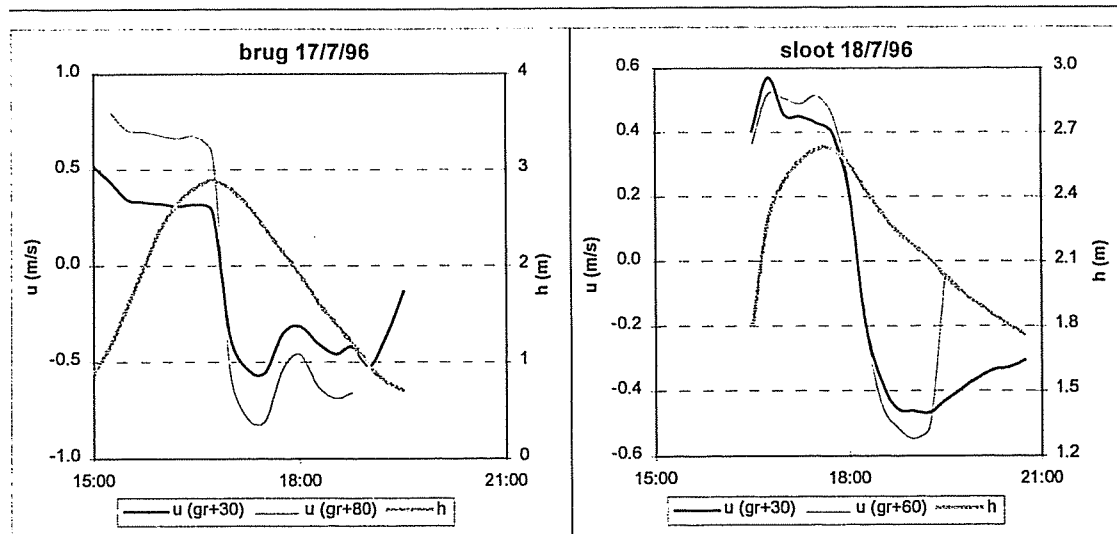


Figuur 2-7 MP4 vergeleken met meetpunt Prosperpolder. Links alle waterstanden; in het midden alleen vloed en rechts alleen eb.

Door Sanchez e.a. (1998) zijn in de zomer van 1996 ter plaatse van de brug en halverwege de sloot (Figuur 2-4) stroomsnelheden en waterstanden gemeten tijdens een gewoon springtij (HW +2.96m NAP) en een hoog springtij (HW 3.30m NAP). De resultaten staan in Figuur 2-8 en Figuur 2-9. In de meting sloot (31/07/96) zit een meetfout bij de stroomsnelheid $u(\text{gr}+60)$. Van 18:00 tot 21:00 is deze te laag. Daarna is deze goed.



Figuur 2-8 metingen hoog springtij. $U(\text{gr}+30)$, $u(\text{gr}+60)$ en $u(\text{gr}+80)$ zijn de gemeten stroomsnelheden respectievelijk 30 cm, 60 cm en 80 cm boven de grond.



Figuur 2-9 metingen normaal springtij. U (gr+30), u (gr+60) en u (gr+80) zijn de gemeten stroomsnelheden respectievelijk 30 cm, 60 cm en 80 cm boven de grond.

De plaatsen waarop gemeten is, zijn midden in de geul op 30 cm en 80 cm boven de grond. In de legenda is dit aangegeven met u (gr+30cm) etc. Met behulp van een relatie tussen het doorstroomprofiel bij een bepaalde waterstand en de gemeten snelheden en sedimentconcentraties zijn tevens de water- en sedimentfluxen voor de gemeten perioden bepaald.

Bij de brug zijn de stroomsnelheden tijdens eb groter dan tijdens vloed. De gemeten stroomsnelheden ter plaatse van de sloot zijn op verschillende hoogtes ongeveer gelijk, wat duidt op een kleine wrijving. De stroomsnelheden vertonen in de tijd een typische vorm: bij vloed een ongeveer constante stroomsnelheid, net na kentering een piek met daarna een aflopende stroomsnelheid.

Tevens zijn de waterstanden aan de Scheldekant en aan de schorkant ter plaatse van de brug visueel gemeten. Als het water over de weg stroomt is het debiet over de weg niet meegenomen. Het berekende debiet is dus kleiner dan het debiet dat het schor instroomt. Dit blijkt onder andere uit berekeningen met DUFLOW (Sanchez e.a., 1998).

2.5.3 waterbeweging kwalitatief

Het water stroomt het gebied in vanaf de Schelde door een geul naar de weg. De opening in de weg is met steen bestort en vormt een belemmering bij instroming maar vooral bij uitstroming. Als de waterstanden de hoogte van +3m NAP overschrijden, stroomt het water over de weg het gebied binnen. Dit gebeurt hoofdzakelijk aan de onbegroeide noordkant van de brug. Het water stroomt vervolgens, door de brug of over de weg, naar de geul die in het verlengde ligt van de eerder genoemde geul. Na ongeveer 200 m wordt het splitsingspunt bereikt. Een gedeelte van het water stroomt door een oude geul van voor 1966 naar de hoofdsloot. Deze hoofdsloot loopt door tot achter in het gebied. Ongeveer 500 meter voor het einde bevindt zich een duiker in de sloot. Het einde van de sloot, waar MP1 zich bevindt, is dichtgegroeid met riet.

Vanaf het splitsingspunt loopt de geul verder. Vanaf de brug tot de rietkraag is deze gegraven. Aan het einde van de geul gaat deze met een klif over in een meanderend slik. Aan het einde van het slik vervolgt het instromende water zijn weg tussen de vegetatie en door kleine kreken.

Als de buitenwaterstand daalt, vindt de afwatering plaats door de zijsloten naar de hoofdsloot. De afwatering van de hoofdsloot wordt beperkt door de drempel die zich in de brug bevindt. Ten tijde van springtij weerstand bij uitstroming dusdanig groot, dat niet al het ingestroomde water in een getij het gebied kan verlaten. De weerstand bij instroming is minder groot, op het moment dat het water over de vegetatie stroomt. Aan de kant van de zeedijk bevinden zich lager gelegen slikken waar regelmatig water blijft staan.

2.5.4 vegetatie en bodemgesteldheid

De bodemgesteldheid is op basis van een aantal gegevens bepaald. Allereerst zijn dit luchtfoto's. In juli 1990, maart 1995 en maart 1996 zijn luchtfoto's van het gebied gemaakt. Die van juli 1990 en maart 1995 zijn gedigitaliseerd (Kornman & Van Doorn, 1997). Op de luchtfoto's zijn onder andere onbegroeide en begroeide gedeelten te onderscheiden (Bijlage I.4). In het kader van het monitoringsplan (Stikvoort, 1994) zijn in september 1994 en najaar 1995 vegetatiekarteringen gemaakt. Hieruit volgt de soort vegetatie voor verschillende gebieden. In 1996 was ter plaatse van de overgang van onbegroeide naar begroeide gebieden zeekraal aanwezig. Op de overige begroeide gebieden was zeeaster aanwezig. De hoogte van de zeeaster is in de zomer het grootst: $\pm 2\text{m}$; in het najaar sterven deze planten af.

Door Kornman & Van Doorn (1997) is het landgebruik in de periode 1990-1997 bekeken. De resultaten staan in Bijlage I.5.

Ongeveer 60 cm onder de bodem bevindt zich een harde laag. Deze is ontstaan uit een oude schorbodem die in de loop der tijd geconsolideerd is (Kornman & Van Doorn, 1997). Deze laag belemmert de erosie van het klif aan het einde van de gegraven geul. Tevens vormt het een harde laag in de bodem van de zijsloten.

Uit bovenstaande gegevens kunnen de ligging van de sloten en geulen en de begroeide en onbegroeide plaatsen voor de bodemschematisatie gehaald worden.

2.6 Andere vroegere modelberekeningen

De waterbeweging in het Sieperdaschor is eerder gemodelleerd door Dekker (1992) en Sanchez e.a. (1998). Beide berekeningen zijn uitgevoerd met het 1D waterbewegingsmodel DUFLOW.

De berekeningen uitgevoerd door Dekker (1992) hebben betrekking op de situatie voordat de opening in de weg verplaatst is naar het midden van de weg. Gekeken is naar het getijvolume in het Sieperdaschor ten opzichte van het totale getijvolume in de Westerschelde bij verschillende hoogwaters (Tabel 2-1). Conclusie is dat het getijvolume in het Sieperdaschor procentueel erg klein is ten opzichte van dat in de Westerschelde. Een andere conclusie is dat de geulen onder NAP +2.4 te ruim zijn geschematiseerd, omdat het model anders instabiel werd. Verder is gekeken naar hoe groot de duiker in de weg zou moeten zijn om geen belemmering te vormen voor de uitstroming van water uit de polder.

	HW tov NAP	Komberging (m ³)	percentage totale getijvolume
Gemiddeld doortij	+2.06m	0	0%
Gemiddeld tij	+2.59m	93100	<0.1%
Gemiddeld springtij	+2.99m	382200	0.2%

Tabel 2-1 komberging Sieperdaschor 1992

Door Sanchez ea (1998) zijn berekeningen met DUFLOW uitgevoerd met de randvoorwaarde van voorjaar 1996. Om het model stabiel te krijgen en geen problemen met droogval te krijgen, zijn de geulen onder NAP-2 m zeer smal en diep gemaakt. In bijlage II.1 staan de resultaten van de berekeningen. Uit de resultaten volgt dat het model grote numerieke oscillaties geeft, ondanks enige grove aanpassingen die zijn gedaan om het model te vereenvoudigen. Vooral de berekende waarden ter plaatse van MP1 vertonen een grillige vorm.

Concluderend kan gesteld worden dat de problemen die opgetreden zijn bij de berekeningen met DUFLOW te maken hebben met het droogvallen van cellen. Het voordeel van WETLANDS is dat dit model hier geen last van heeft. Tevens rekent WETLANDS 2DH. Ten slotte heeft WETLANDS nog een aantal andere goede eigenschappen met betrekking tot het modelleren van schorren, waarop in het volgende hoofdstuk nader wordt ingegaan.

3. ACHTERGROND WETLANDS

In dit hoofdstuk wordt WETLANDS nader bekeken. WETLANDS is een programma dat de 2D-ondiep water vergelijkingen oplost. Het is geschreven door Van der Molen (1997) in het kader van zijn promotieonderzoek over het modelleren van de waterbeweging in de Great Marshes of Barnstable, Cape Cod, USA. Het biedt de mogelijkheid om een willekeurig grid weer te geven. Het heeft geen last van droogvallen, als aan het courant criterium wordt voldaan. Het geeft de mogelijkheid om kreken weer te geven die binnen de gridresolutie vallen en om de wrijving als gevolg van vegetatie mee te nemen. Allereerst worden de gebruikte vergelijkingen toegelicht, vervolgens de wijze van discretiseren en oplossen van deze vergelijkingen, en tot slot de specifieke mogelijkheden om de bodem beter te kunnen schematiseren.

3.1 Gebruikte vergelijkingen in Cartesische coördinaten

Om de waterbeweging te beschrijven zijn de volgende 2D diepte gemiddelde ondiep-water vergelijkingen gebruikt:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial z}{\partial x} - \gamma u + \tau_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial z}{\partial y} - \gamma v + \tau_y \quad (1) \\ \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} &= 0\end{aligned}$$

met t is de tijd, u en v zijn de stroomsnelheden in x - en y -richting, z is het waterniveau, g is de gravitatieversnelling, τ_x , τ_y de windschuifspanning in x - en y -richting, H de totale waterdiepte gedefinieerd als de som van de waterstand (z) en de diepte (d). z is positief naar boven; d is positief naar beneden ten opzichte van het referentieniveau. De eerste twee vergelijkingen zijn de impulsvergelijkingen in x - en y -richting, de derde vergelijking is de continuïteitsvergelijking.

De bodemwrijving γ is als volgt gedefinieerd:

$$\gamma = \frac{g\sqrt{u^2 + v^2}}{C_z^2 H} \quad (2)$$

met C_z is de Chézy coëfficiënt. Vergeleken met de volledig lange golf vergelijkingen zijn de Coriolis- en viscositeitstermen verwaarloosd. Aangezien WETLANDS is geschreven voor schorren en slikken zijn deze termen te verwaarlozen ten opzichte van de wrijvingstermen in het beschouwde gebied.

3.2 Vergelijkingen in algemene coördinaten

Om te kunnen rekenen met een willekeurig grid, niet-orthogonaal en curvilineair, worden bovenstaande vergelijkingen getransformeerd naar algemene coördinaten: $\xi(x,y)$, $\eta(x,y)$, $\zeta(z)$. Hierbij is gebruik gemaakt van de afleiding van Thompson et al (1985) en Fletcher (1991). De volgende vergelijkingen zijn het resultaat:

$$\begin{aligned}\frac{\partial U}{\partial t} + A_\xi + \frac{g}{(\sqrt{G})^2} \left(G_{\xi\xi} \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} - G_{\xi\eta} \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) + \gamma U - T_\xi &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + A_\eta + \frac{g}{(\sqrt{G})^2} \left(-G_{\eta\xi} \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} + G_{\eta\eta} \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) + \gamma V - T_\eta &= 0 \quad (3) \\ \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G}} \frac{\partial(\sqrt{G_{\eta\eta}} HU)}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G}} \frac{\partial(\sqrt{G_{\xi\xi}} HV)}{\partial \eta} &= 0\end{aligned}$$

met U en V de stroomsnelheden in ξ - en η -richting, A_ξ en A_η de advectione termen in ξ - en η -richting, T_ξ en T_η de windschuifspanningen in desbetreffende richtingen, \sqrt{G} de Jacobiaan en γ en H zoals gedefinieerd in de voorgaande paragraaf. De eerste twee vergelijkingen zijn de impulsvergelijkingen in ξ - en η -richting, de derde vergelijking is de continuïteitsvergelijking. De Jacobiaan \sqrt{G} is gegeven door:

$$\sqrt{G} = x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi = \frac{1}{\xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x} \quad (4)$$

met de afgeleiden in de desbetreffende richtingen weergegeven als subscripten. De metrische tensor die de transformatie van cartesische coördinaten naar algemene coördinaten beschrijft is als volgt gedefinieerd:

$$G = \begin{pmatrix} x_\xi^2 + y_\xi^2 & x_\xi x_\eta + y_\xi y_\eta \\ x_\xi x_\eta + y_\xi y_\eta & x_\eta^2 + y_\eta^2 \end{pmatrix} = (\sqrt{G})^2 \begin{pmatrix} \eta_x^2 + \eta_y^2 & -(\xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y) \\ -(\xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y) & \xi_x^2 + \xi_y^2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

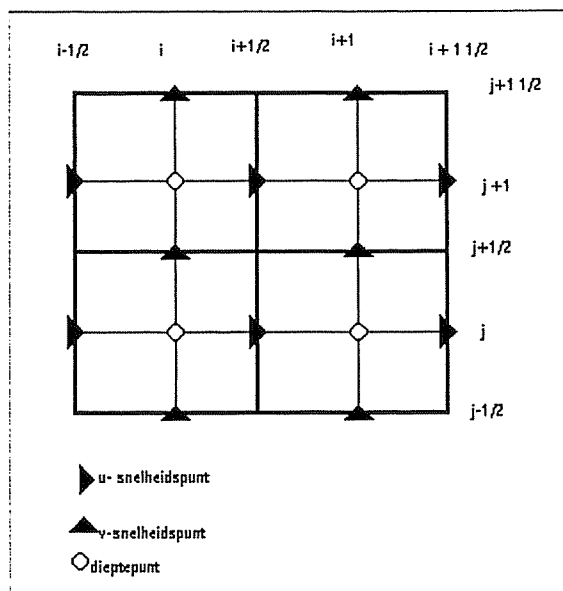
Voor een orthogonaal grid vervalt de term G_{12} . Vergelijkingen (3) hebben dezelfde vorm als de vergelijkingen in cartesische coördinaten, behalve de advectione termen en de drukgradienten met factor G_{12} . De berekening van de advectione termen in WETLANDS gebeurt in het Cartesische domein; ze hoeven daarom hier niet herschreven te worden (zie ook paragraaf 3.5).

3.3 Grid- en diepteschematisatie

In de voorgaande paragrafen zijn vergelijkingen opgesteld in algemene coördinaten. Om met behulp van deze vergelijkingen de waterbeweging te kunnen berekenen moeten de volgende stappen worden gemaakt:

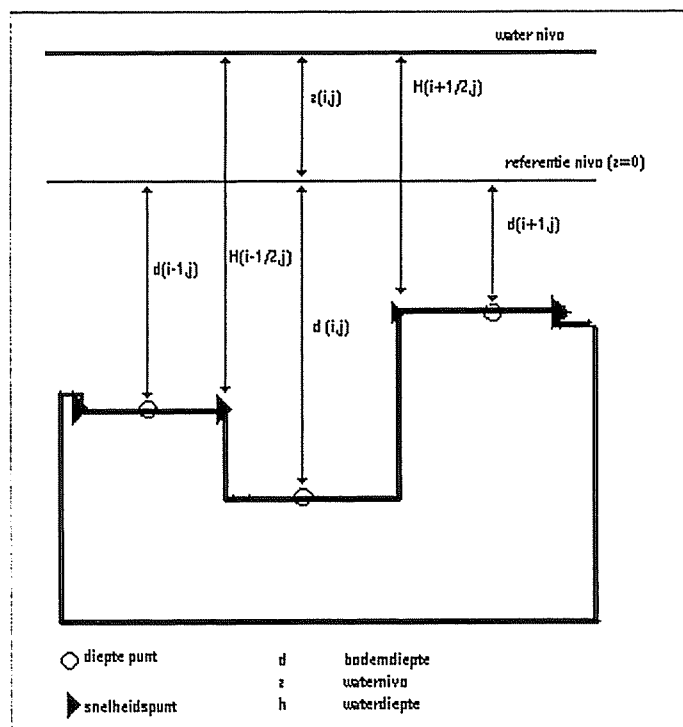
- maak een willekeurig vierhoekig grid in het fysieke domein met gridlijnen langs belangrijke topografische lijnen.
- bereken de transformatie van dit grid naar een rechthoekig, orthogonaal rekengrid met uniforme celgrootte.
- leid de ondiepwatervergelijkingen af voor het rekengrid, gebruik makend van dezelfde transformatie.
- los de getransformeerde vergelijkingen van het rekengrid op met behulp van een computer.

WETLANDS maakt gebruik van een 'staggered grid'. De coördinaten zijn gedefinieerd op de hoekpunten; de waterstanden op de celcentra. De snelheidspunten zijn gegeven op de celranden en dieptepunten gegeven in het centrum van de cellen (Figuur 3-1).



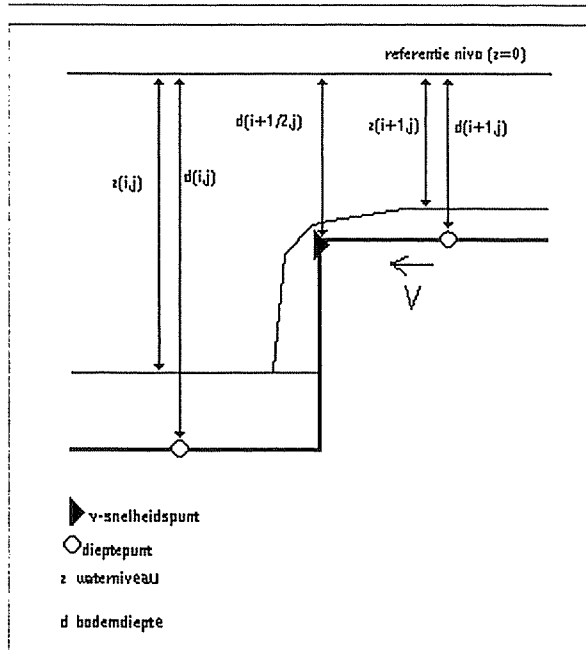
Figuur 3-1 staggered grid

De bodemdieptes zijn, in tegenstelling tot bijvoorbeeld WAQUA, gegeven op de celcentra. De doorstroomhoogte H op de celranden is berekend met gebruik van de minimale waterdiepte van de aangrenzende bodemdieptes (Figuur 3-2). Hierdoor ontstaat een zogenaamd getegeld bodemprofiel. Doordat de bodemdieptes in de celcentra zijn gegeven, kan op de volgende wijze met drie cellen een U-vormig kanaalprofiel verkregen worden. De geuldoorsnede is de diepte onder het referentieniveau vermenigvuldigd met de breedte van de cel.



Figuur 3-2 sloot in drie cellen

De waterstandsgradiënt tussen twee waterstandspunten wordt berekend door het verschil in waterstanden te delen door de afstand tussen beide punten. Als de waterstanden erg laag worden, of het verschil in dieptes tussen twee punten relatief groot ten opzichte van de waterhoogtes, zal een soort waterval ontstaan (Figuur 3-3).



Figuur 3-3 discontinue waterspiegel

De bovenstaande berekeningswijze geeft dan geen goede resultaten. De aanpassing die hiervoor is gemaakt, is de volgende: als de waterhoogte in een snelheidspunt te klein wordt, wordt de waterhoogtegradiënt anders berekend. De berekening van de waterhoogtegradiënt is aangepast: deze wordt berekend uit de bovenstroomse kracht die op het water werkt. Dit is in analogie met stroming over een drempel.

3.4 Discretisatie

De vergelijkingen uit paragraaf 3.2 worden in deze paragraaf gediscrètiseerd. Er wordt gebruik gemaakt van de Alternating Direction Implicit (ADI) methode voor een staggered grid, zoals beschreven door Leendertse (1970) en de tijdsdiscrètisatie zoals beschreven door Casulli (1990). De continuïteitsvergelijking wordt elke halve tijdstap opgelost; de impulsvergelijkingen in beide richtingen worden in de afwisselende richtingen afwisselend om de halve tijdstap opgelost.

Het schema is niet geheel impliciet, omdat de termen in de impulsvergelijkingen met de factor G_{12} ervoor expliciet berekend worden. Hiermee verdwijnt de door Casulli (1990) geclaimde onvoorwaardelijke stabiliteit, omdat deze termen in de continuïteitsvergelijking komen. De waterstanden, de snelheden en de waterstandsgradiënten in de beschouwde richting worden impliciet opgelost, de andere termen expliciet. Gediscrètiseerd zien de continuïteitsvergelijking en de impulsvergelijking in ξ -richting er als volgt uit:

$$\frac{\zeta_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} - \zeta_{i,j}^k}{\frac{\Delta t}{2}} + \frac{1}{(\sqrt{G_{i,j}})} \left(\sqrt{G_{\eta\eta,i+\frac{1}{2},j}} H_{i+\frac{1}{2},j}^k U_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} - \sqrt{G_{\eta\eta,i-\frac{1}{2},j}} H_{i-\frac{1}{2},j}^k U_{i-\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} \right) +$$

$$+ \frac{1}{(\sqrt{G_{i,j}})} \left(\sqrt{G_{\xi\xi,i,j+\frac{1}{2}}} H_{i,j+\frac{1}{2}}^k V_{i,j+\frac{1}{2}}^k - \sqrt{G_{\xi\xi,i,j-\frac{1}{2}}} H_{i,j-\frac{1}{2}}^k V_{i,j-\frac{1}{2}}^k \right) = 0 \quad (6)$$

$$\frac{U_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} - U_{i+\frac{1}{2},j}^{*k-\frac{1}{2}}}{\Delta t} + \frac{g}{\left(\sqrt{G_{i+\frac{1}{2},j}}\right)^2} \left(G_{\xi, i+\frac{1}{2},j} \zeta_{\xi}^{k+\frac{1}{2}} - G_{\eta, i+\frac{1}{2},j} \zeta_{\eta}^k \right) + \gamma_{i+\frac{1}{2},j}^k U_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} - T_{i+\frac{1}{2},j}^{\xi,k} = 0 \quad (7)$$

Hierin is U^* de oude snelheid op tijdstap $k-1/2$ van de watermassa die het gridpunt $(i+1/2,j)$ op tijdstap $k+1/2$ bereikt. Deze wordt als volgt berekend:

$$U_{i+\frac{1}{2},j}^{*k-\frac{1}{2}} = U_{i+\frac{1}{2},j}^{k-\frac{1}{2}} - \Delta t A_{i+\frac{1}{2},j}^{\xi,k-\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Hierin is A de advectieve term. De oude snelheid wordt berekend in het Cartesische domein met behulp van de Eulerian-Lagrangian methode van Casulli (1990) (paragraaf 3.5).

De impulsvergelijking kan worden omgeschreven zodat $U_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}}$ links van het = teken staat en

de rest rechts; deze term wordt vervolgens in de gediscretiseerde continuïteitsvergelijking gesubstitueerd, waarna een semi-impliciete vergelijking voor het waterniveau op de nieuwe tijdstap ontstaat. Er ontstaat een drie-diagonaal systeem, dat eenvoudig opgelost kan worden met behulp van 'vegen en terugsubstitutie'. De nieuwe snelheden worden berekend door de oplossing te substitueren in de omgeschreven impulsvergelijking.

Voor de volgende halve tijdstap gelden dezelfde vergelijkingen, behalve dan dat ξ vervangen moet worden door η .

3.5 Berekening Eulerian-Lagrangian advectie

De laatste termen die nog berekend moeten worden zijn de snelheden van de watermassa in de oude tijdstap van het watervolume dat het gridpunt bereikt op de nieuwe tijdstap. Casulli (1990) berekent de stroomsnelheid van de watermassa op de oude tijdstap door te kijken naar de plaats van de watermassa op de oude tijdstap en vervolgens op dat punt de snelheid te berekenen door interpolatie van omliggende snelheden. In WETLANDS worden de stroomsnelheden van het rekendomein getransformeerd naar het fysieke domein; vervolgens worden de oude stroomsnelheden in het fysieke domein berekend, waarna de geïnterpoleerde snelheid op de oude tijdstap wordt teruggetransformeerd naar het rekendomein. Het op deze wijze berekenen van de snelheden in de oude tijdstap langs de stroomlijn levert nauwkeuriger resultaten en een sneller algoritme op dan het berekenen van de oude posities in het rekendomein.

Indien het watervolume in de vorige tijdstap binnen een zekere straal van het te berekenen gridpunt ligt, wordt voor de snelheid uit de oude tijdstap de snelheid op de nieuwe tijdstap genomen. Hiermee wordt de advectie uitgeschakeld. Voor lage snelheden is dit acceptabel. De grootte van de straal is variabel, maar in dit geval 1 m. Dit is gedaan om de volgende reden: bij interpolatie van de snelheden naar de oude positie wordt gedeeld door de grootte van de afstanden van de snelheidspunten tot de oude positie. Bij kleine afstanden wordt deze interpolatie onnauwkeurig. Bij een gekozen tijdstap van $t=10s$ zal bij snelheden van $w < 0.1$ m/s de advectie worden verwaarloosd.

3.6 Droogvallen van cellen

Het gebruikte schema is strikt positief, dat wil zeggen: er treden geen negatieve waterstanden op, zolang aan het Courant-criterium wordt voldaan. Voor stroming in een van de roosterrichtingen geldt de volgende maximale Courant waarde:

$$Co = \max \left(\Delta t \frac{\sqrt{G_{i+\frac{1}{2},j}}}{\sqrt{G_{i,j}}} U_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} / \Delta \xi, \Delta t \frac{\sqrt{G_{i,j+1/2}}}{\sqrt{G_{i,j}}} V_{i,j+\frac{1}{2}}^k / \Delta \eta \right) \quad (9)$$

Zolang $Co < 1$ zullen er geen negatieve waterstanden optreden. Het nadeligste geval voor droogval is indien een cel door alle 4 randen leegstroomt. Co moet dan groter zijn dan $\frac{1}{2}$ om geen negatieve waterstanden te krijgen. In dit geval zijn de stroomsnelheden lager, dus zal aan dit criterium meestal voldaan worden.

Als de waterstanden op een celrand kleiner worden dan een bepaalde waarde, wordt de doorstroomsnelheid in die richting op nul gesteld en de celrand drooggezet. Indien een cel vier droge randen heeft, wordt deze uit de berekening genomen. Hierdoor wordt de berekening versneld. Tevens maakt dit het model robuuster, doordat cellen met een kleine waterstand uit de berekening worden genomen en daardoor minder snel negatieve waarden zullen worden verkregen.

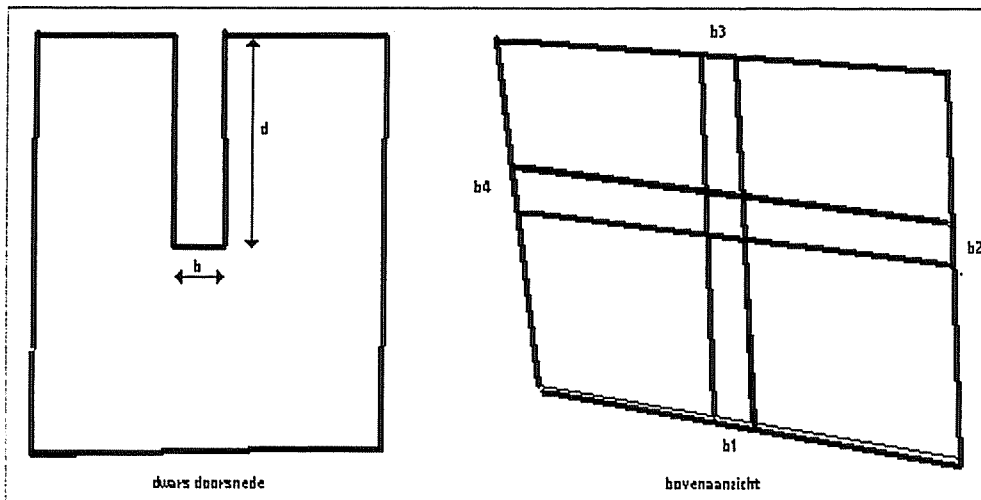
Als het waterniveau naast een voorheen droge cel een bepaalde waarde overschrijdt, zal deze weer nat worden. Dit proces bestaat uit de volgende twee onderdelen: de celrand moet op nat gezet worden en er moet water in de cel stromen.

3.7 Specifieke mogelijkheden met betrekking tot bodemschematisatie

Omdat WETLANDS speciaal is geschreven voor schorgebieden, zijn twee extra mogelijkheden om de bodem te schematiseren toegevoegd. Dat zijn de mogelijkheden om vegetatie weer te geven en om kleine krekens weer te geven die binnen de grid-resolutie vallen door middel van Preissmann slots.

3.7.1 Preissmann slots

Preissmann slots werden in de jaren 60 gebruikt als smalle diepe geulen die ervoor moesten zorgen dat cellen niet droogvielen. In WETLANDS worden ze gebruikt om kleine krekens weer te kunnen geven die binnen de grid-resolutie vallen (Figuur 3-4).



Figuur 3-4 Preissmann slots

Deze Preissmann slots zijn indien aanwezig in het midden van de cel geplaatst. Per cel kan gekozen worden tussen geen Preissmann slot, een Preissmann slot in x- of in y-richting of twee Preissmann slots in x- en y-richting. De advectieve termen zijn verwaarloosd voor stroming door de sloot alleen. Het droogvallen en weer nat worden van de Preissmann slots is identiek aan die van de gewone cellen. Voor stroming door een cel met Preissmann slot wordt het doorstroomprofiel van een Preissmann slot toegevoegd aan dat van de cel in de afvoerterm van de continuïteitsvergelijking. Opgemerkt dient te worden dat de waterhoogte in een Preissmann slot pas kan zakken indien de hele cel droog is. In werkelijkheid zal dit al eerder gebeuren.

3.7.2 Vegetatie

WETLANDS heeft de mogelijkheid om stroming door vegetatie weer te geven. Dit is gedaan omdat de vegetatie een grote invloed heeft op de waterbeweging in schorren. Dit is met name

het geval indien de stroming een gedeelte van de tijd significant andere weerstand ondervindt van de vegetatie dan op een ander moment. Om de stroming in WETLANDS te modelleren is een snelheidsprofiel verondersteld door de vegetatie. Dit is gedaan aan de hand van een aantal artikelen. Dit zijn de volgenden: Chow(1959), Burke& Stolzenbach (1983), Pethick & Leggett (1990), Shi et al (1995), Leonard et al (1985) en Leonard & Luther (1995). Het resultaat is het volgende: in de vegetatie heeft de stroomsnelheid een ongeveer constante waarde, afhankelijk van de plantgeometrie en de dichtheid; boven de vegetatie heeft de snelheid een logaritmisch profiel, waarvan de aard niet uit de metingen gehaald kan worden. Voor stromingsprofielen boven de vegetatie is door Brutsaert (1982) een samenvatting gegeven. Hij geeft een eerste benadering door een logaritmisch profiel.

In WETLANDS wordt de stroming over en door vegetatie als volgt weergegeven: het verticale snelheidsverloop wordt verdeeld in twee delen: door de vegetatie wordt een uniforme snelheid genomen en boven de vegetatie wordt een logaritmisch snelheidsprofiel genomen volgens Brutsaert (1982):

$$u(h) = u_v; h \leq h_e$$

$$u(h) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left(\frac{h-d}{z_0} \right); h > h_e \quad (10)$$

Met h_e de hoogte waarop de snelheid van het onderste snelheidsprofiel gelijk is aan dat van het bovenste snelheidsprofiel, $\kappa=0.4$ is de Von Karman constante, d de zero-displacement-height, z_0 de ruwheidslengte, u_v de stroomsnelheid door de vegetatie en h de hoogte boven het schoroppervlak. De d en z_0 worden volgens Brutsaert(1982) als volgt berekend:

$$d = \frac{2}{3} h_v$$

$$z_0 = \frac{1}{8} h_v \quad (11)$$

waarin h_v de hoogte van de vegetatie is. De stroomsnelheid boven de vegetatie is afhankelijk van u_* en h_v . De kritische stroomsnelheid is als volgt berekend:

$$u_* = \frac{\bar{u}_v}{\sqrt{\frac{P_d}{S_d \bar{C}_d}}} = \beta \bar{u}_v \quad (12)$$

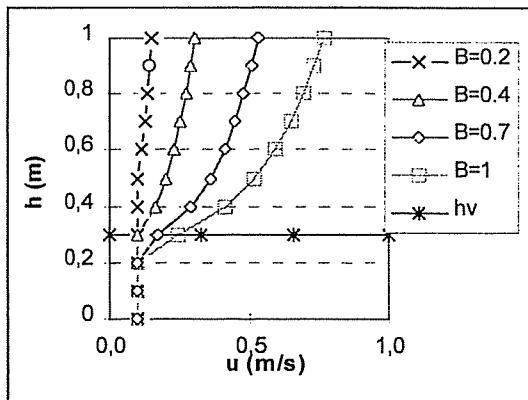
met S_d afhankelijk van vegetatiegeometrie, P_d afhankelijk van de plantdichtheid, \bar{u}_v de dieptegemiddelde snelheid in de vegetatie en \bar{C}_d de gemiddelde wrijvingscoëfficiënt in de vegetatie, β neemt de constante termen samen. Voor β geldt het volgende:

$$\beta < 0.4 \Rightarrow h_e > h_v$$

$$\beta = 0.4 \Rightarrow h_e = h_v$$

$$\beta > 0.4 \Rightarrow h_e < h_v$$

Tevens moet gelden: $\beta=1$, want $u_* = u_v$. In Figuur 3-5 staat één en ander grafisch weergegeven.



Figuur 3-5 snelheidsprofielen bij vegetatie

In WETLANDS wordt de wrijving als volgt ingevoerd: als de ingevoerde wrijvingsparameter in een cel kleiner is dan $21\text{m}^{1/2}/\text{s}$, wordt de wrijving op een aparte wijze berekend. Er wordt dan vegetatie op de cel gezet met een op te geven vegetatiehoogte h_v en een constante β .

Indien de waterhoogte lager is dan h_e wordt de wrijving in de impulsvergelijking als volgt berekend: $-\gamma u = -\alpha|u|u$, waarin α de ingevoerde wrijvingsparameter is. Indien de waterhoogte op een cel met vegetatie groter is dan h_e , wordt een alternatieve waarde voor α gemaakt: α' .

Deze wordt als volgt berekend: er wordt aangenomen dat $\alpha' = \frac{u_v^2}{2} \alpha$. Vervolgens wordt uit u

het snelheidsprofiel over de gehele hoogte de dieptegemiddelde snelheid berekend.

Uiteindelijk volgt de volgende vergelijking:

$$\alpha' = B \frac{\kappa^2 h_w^2}{\beta^2 \left[(h_w - d) \ln \left(\frac{h_w - d}{z_0} \right) - h_w + \frac{\kappa}{\beta} d + h_e \right]^2} \alpha \quad (13)$$

waarbij α' in de impulsvergelijking komt door: $-\gamma u = -\alpha'|u|u$.

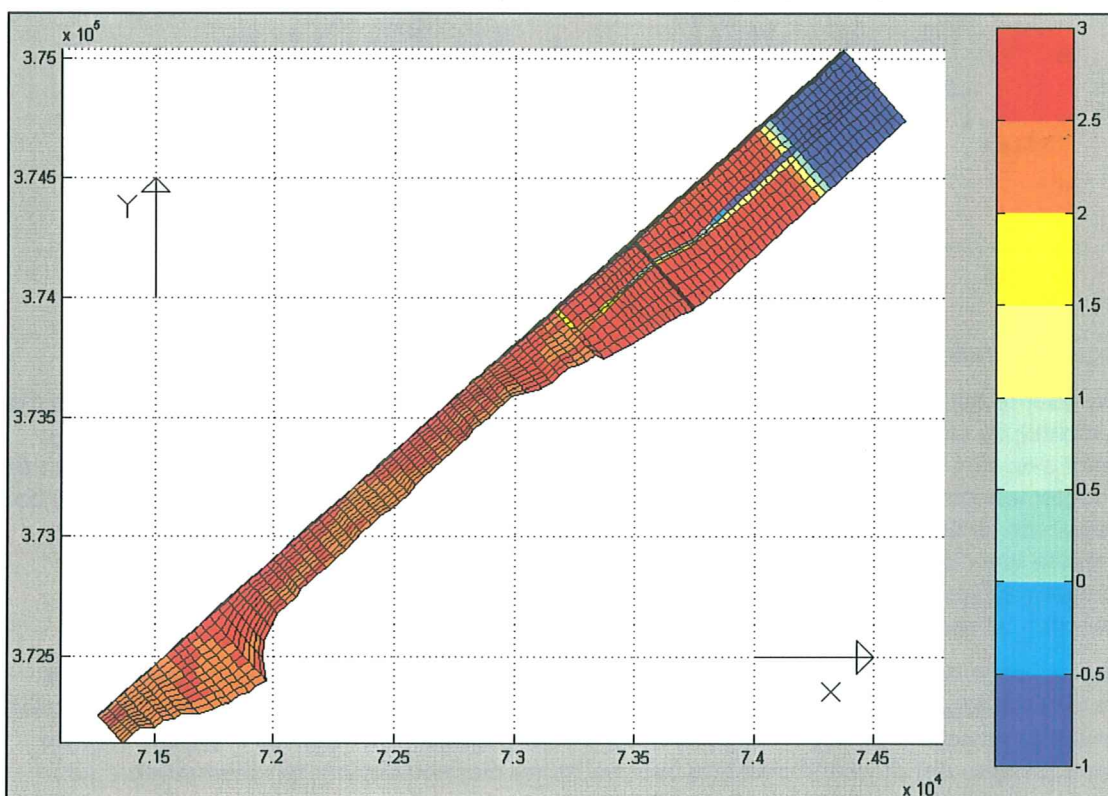
4. BODEMSCHEMATISATIE 1996

4.1 *Bouw grid*

Het grid is op de volgende wijze gebouwd: met behulp van de gedigitaliseerde luchtfoto uit 1995 en het GIS bestand uit 1994 zijn de liggingen en de breedtes van de geulen bepaald. Met behulp van de gemeten raaien, het GIS bestand, de metingen van Sanchez e.a. (1998) en enige eigen metingen is de hoogteligging gemaakt. Omdat het grid gemaakt is voor 1996 en niet alle metingen uit dat jaar kwamen, zijn de geulbreedtes en -dieptes geschat op basis van de morfologische veranderingen van de rest van het gebied. Deze verschillen zijn vooral groot in de sloot langs de dam. Op andere plaatsen zijn ze, vergeleken met de nauwkeurigheid en dichtheid van de metingen, klein. De dieptes en breedtes van de kleine sloten zijn uit de langsraai gehaald.

4.2 *Dieptes gehele gebied*

Het physical grid staat afgebeeld in Figuur 4-1. De coördinaten op de assen zijn de x- en y-coördinaten ten opzichte van Parijs. In Bijlage III.1 staat het grid groot afgebeeld.

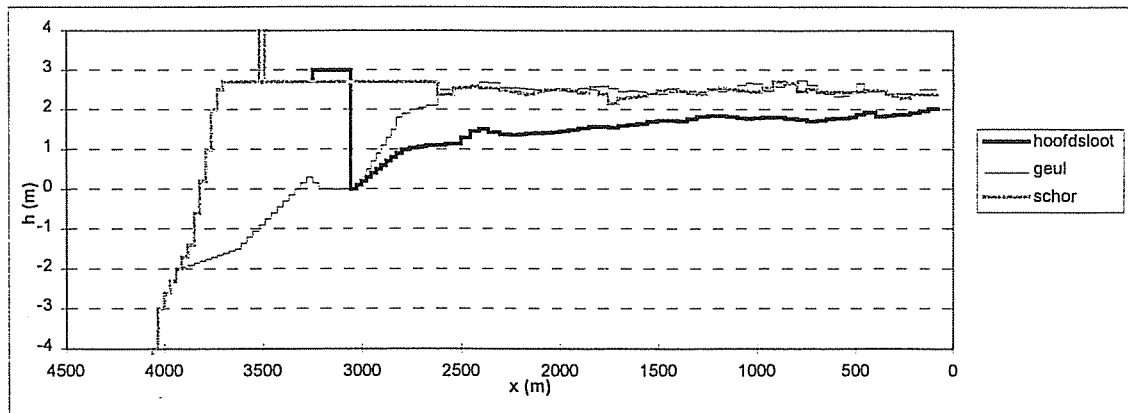


Figuur 4-1 grid met hoogtes ten opzichte van NAP

4.3 *Langsdoorsneden*

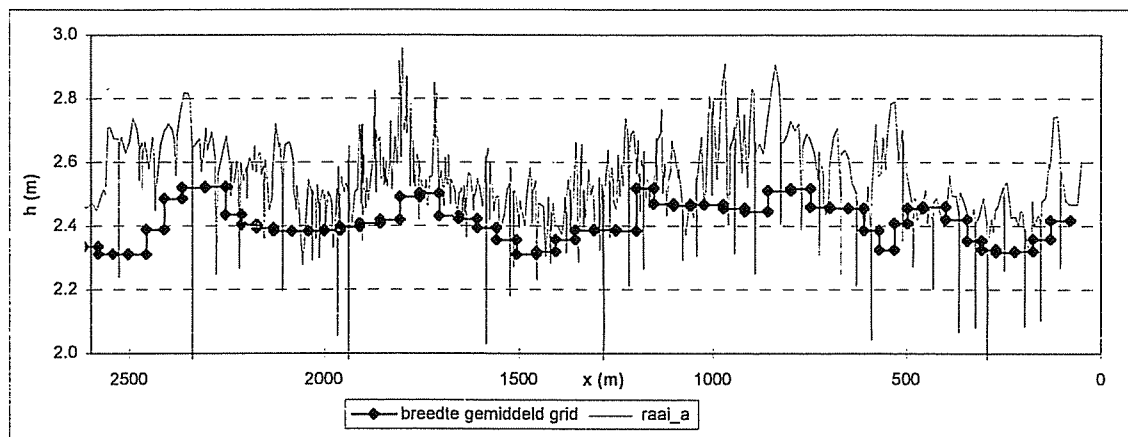
In Figuur 4-2 staan drie langsdoorsneden uit de geschematiseerde bodem afgebeeld. Op de horizontale as staan de x-waarden, zoals in raai A van de gemeten langsraai gebruikt.

De afgebeelde langsdoorsneden zijn zonder sloten. De sloten zijn als volgt geschematiseerd: als er zich ergens een sloot bevindt loodrecht op de hoofdsloot, wordt deze door middel van een Preissmann slot geschematiseerd. De celranden zijn halverwege twee sloten gelegd. Als gevolg van de min of meer constante afstand tussen de sloten onderling geeft dit voor het gebied $x < 2500\text{m}$ een redelijk constante gridafstand, te weten $\pm 50\text{m}$. Indien er geen sloot aanwezig is, zijn er extra cellen ingevoegd, zodat de gridafstand zoveel mogelijk 40 m wordt.



Figuur 4-2 Langsdoorsneden uit de bodemschematisatie

In Figuur 4-3 staat de bodemligging in een langsdoornede vergeleken met die in raai A.



Figuur 4-3 raai A vergeleken met langsdoornede grid

De waarde die voor het grid is uitgezet is de gemiddelde waarde in de breedte. Aangezien raai A dichtbij de sloot ligt, waar de bodemligging hoger is, komen de waarden niet overal even goed overeen. De bodemschematisatie van het schoroppervlak is gemaakt met behulp van de hoogtemetingen uit 1994. Aangezien raai A alleen informatie geeft over één langsraai, zijn de gegevens uit de hoogtemetingen uit 1994 gebruikt. Deze geven informatie over de gehele breedte van het gebied. Doordat het uiteindelijke grid een interpolatie van de uit de hoogtemetingen uit 1994 gefilterde waarde is, kunnen de gridwaarden afwijken van de waarden uit raai A.

De implicatie voor de berekeningen is dat de hoogte van het schor gemiddeld redelijk goed wordt weergegeven over de breedte, maar dat de lokale bodemgradiënten, zoals kleine sloten en slikken langs de zeedijk, niet goed worden weergegeven. Dit heeft als implicatie voor de berekeningen dat de waterbeweging over het schor niet nauwkeurig geschematiseerd kan worden. In de sloten is dit beter het geval.

4.4 Dwarsdoorsneden

In Figuur 4-4 staan de gemeten dwarsraaien vergeleken met de waarden uit de tachymetrische metingen uit 1994 en de waarden gebruikt in de bodemschematisatie. De waarden van de tachymetrische metingen zijn als volgt berekend: de coördinaten zijn omgerekend naar de x- en y-waarden zoals gebruikt voor de gemeten raaien, vervolgens zijn handmatig een aantal raaien gemaakt. Er is gebruik gemaakt van de tachymetrische waarnemingen, omdat deze informatie geven over het gehele gebied. Er is dus gebruik gemaakt van de gemeten waarden en niet van de geïnterpoleerde waarden.

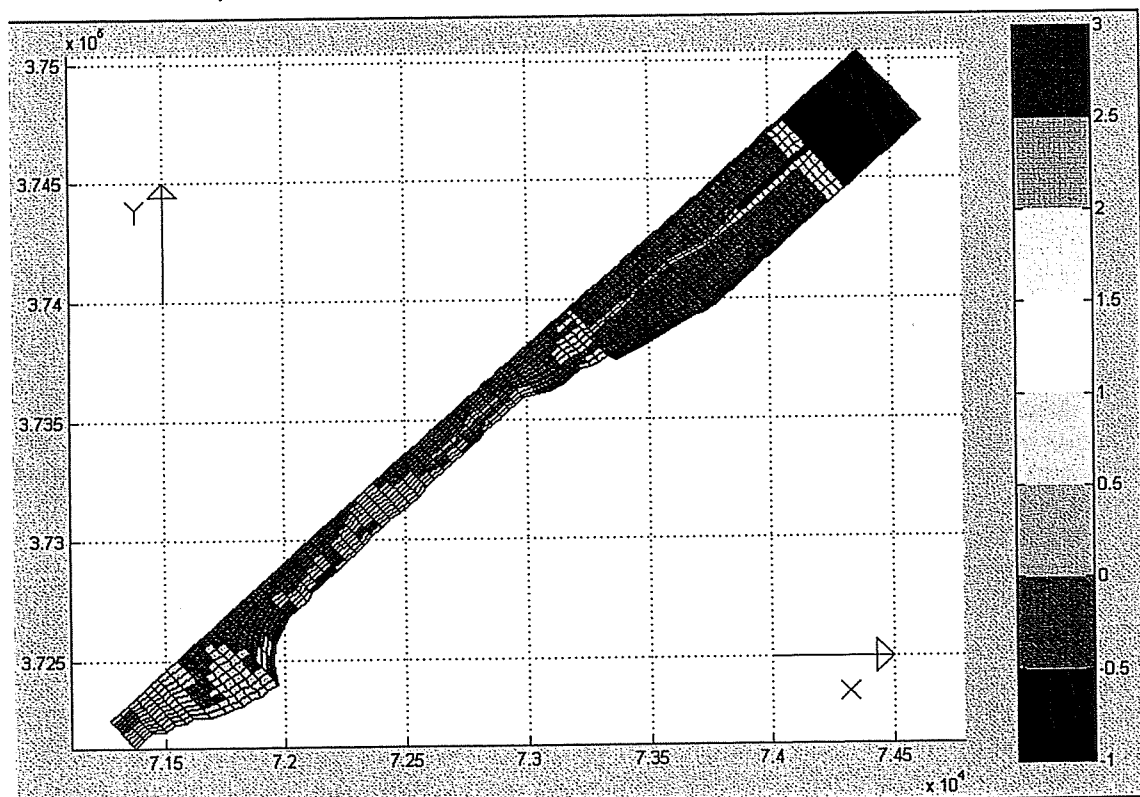
4. BODEMSCHEMATISATIE 1996

4.1 Bouw grid

Het grid is op de volgende wijze gebouwd: met behulp van de gedigitaliseerde luchtfoto uit 1995 en het GIS bestand uit 1994 zijn de liggingen en de breedtes van de geulen bepaald. Met behulp van de gemeten raaien, het GIS bestand, de metingen van Sanchez e.a. (1998) en enige eigen metingen is de hoogteligging gemaakt. Omdat het grid gemaakt is voor 1996 en niet alle metingen uit dat jaar kwamen, zijn de geulbreedtes en -dieptes geschat op basis van de morfologische veranderingen van de rest van het gebied. Deze verschillen zijn vooral groot in de sloot langs de dam. Op andere plaatsen zijn ze, vergeleken met de nauwkeurigheid en dichtheid van de metingen, klein. De dieptes en breedtes van de kleine sloten zijn uit de langstraai gehaald.

4.2 Dieptes gehele gebied

Het physical grid staat afgebeeld in Figuur 4-1. De coördinaten op de assen zijn de x- en y-coördinaten ten opzichte van Parijs. In Bijlage III.1 staat het grid groot afgebeeld.

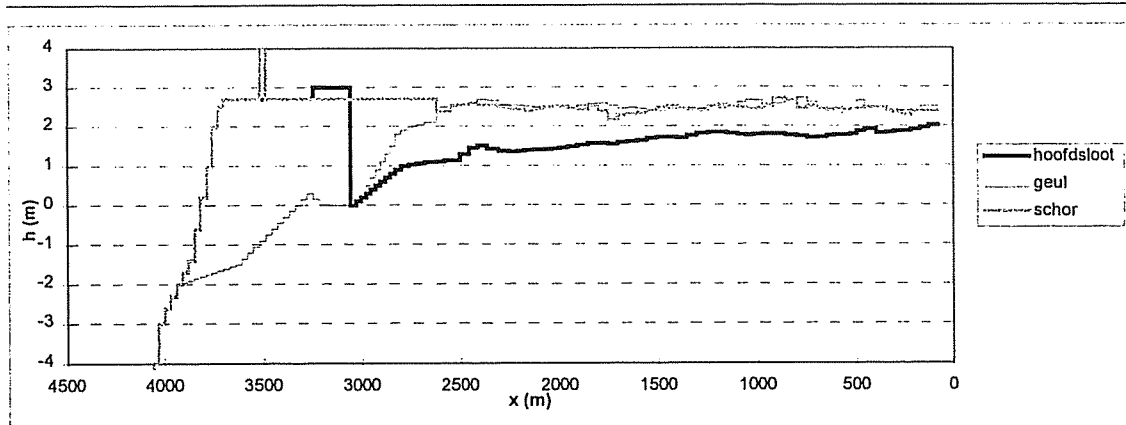


Figuur 4-1 grid met hoogtes ten opzichte van NAP

4.3 Langsdoorsneden

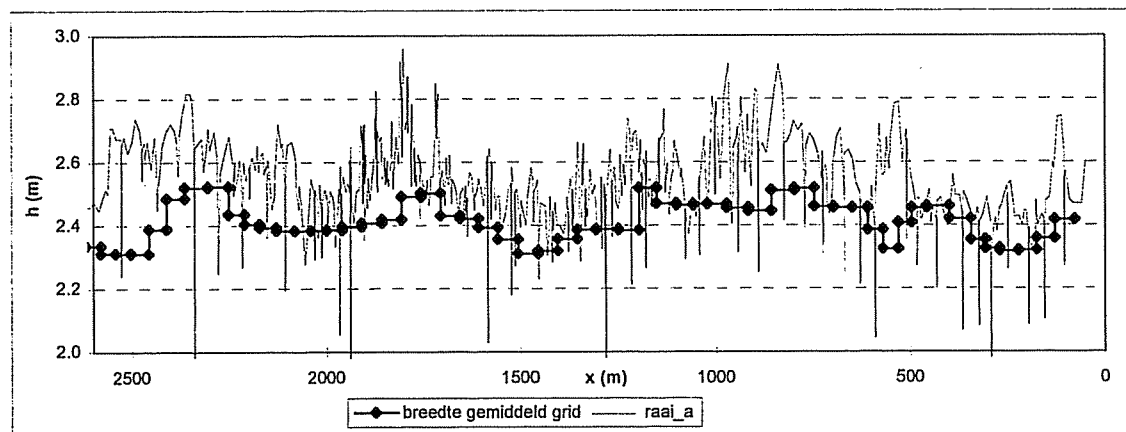
In Figuur 4-2 staan drie langsdoorsneden uit de geschematiseerde bodem afgebeeld. Op de horizontale as staan de x-waarden, zoals in raai A van de gemeten langstraai gebruikt.

De afgebeelde langsdoorsneden zijn zonder sloten. De sloten zijn als volgt geschematiseerd: als er zich ergens een sloot bevindt loodrecht op de hoofdsloot, wordt deze door middel van een Preissmann slot geschematiseerd. De celranden zijn halverwege twee sloten gelegd. Als gevolg van de min of meer constante afstand tussen de sloten onderling geeft dit voor het gebied $x < 2500\text{m}$ een redelijk constante gridafstand, te weten $\pm 50\text{m}$. Indien er geen sloot aanwezig is, zijn er extra cellen ingevoegd, zodat de gridafstand zoveel mogelijk 40 m wordt.



Figuur 4-2 Langsdoorsneden uit de bodemschematisatie

In Figuur 4-3 staat de bodemligging in een langsdoornede vergeleken met die in raai A.



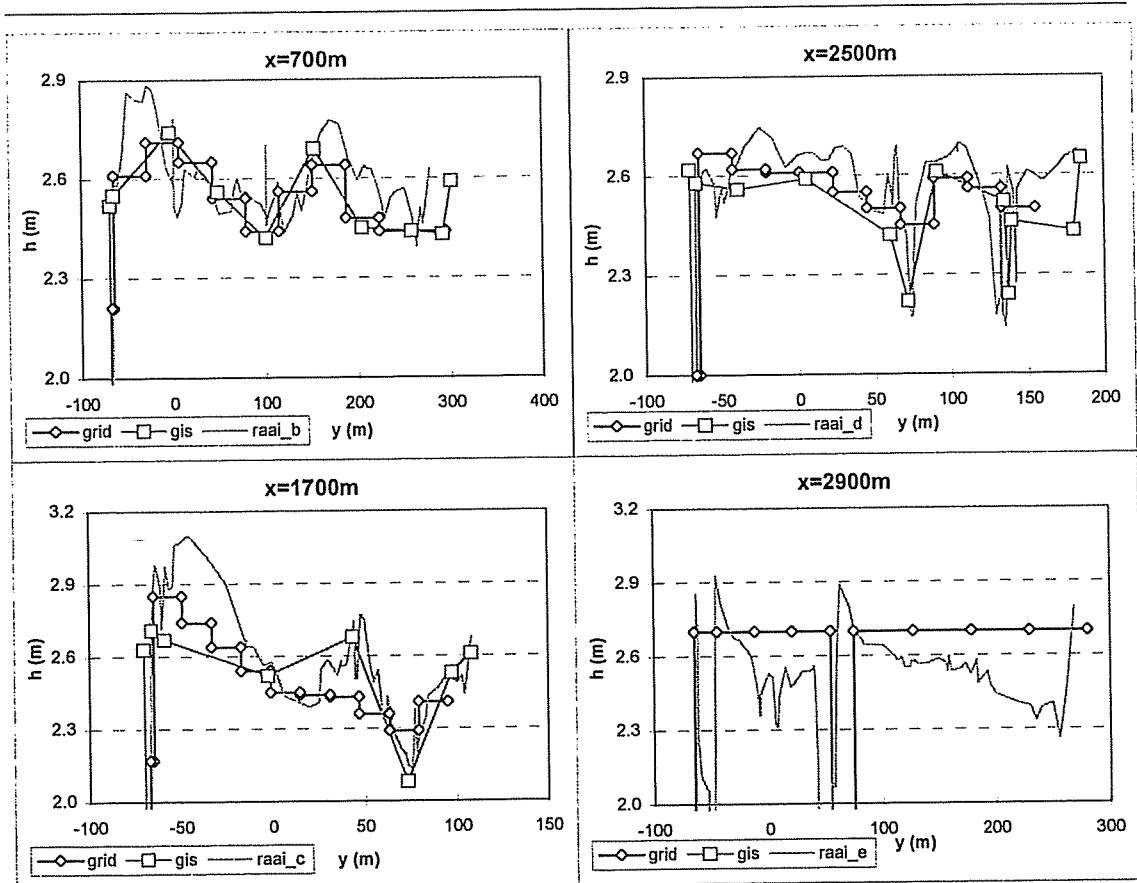
Figuur 4-3 raai A vergeleken met langsdoornede grid

De waarde die voor het grid is uitgezet is de gemiddelde waarde in de breedte. Aangezien raai A dichtbij de sloot ligt, waar de bodemligging hoger is, komen de waarden niet overal even goed overeen. De bodemschematisatie van het schoroppervlak is gemaakt met behulp van de hoogtemetingen uit 1994. Aangezien raai A alleen informatie geeft over één langstraai, zijn de gegevens uit de hoogtemetingen uit 1994 gebruikt. Deze geven informatie over de gehele breedte van het gebied. Doordat het uiteindelijke grid een interpolatie van de uit de hoogtemetingen uit 1994 gefilterde waarde is, kunnen de gridwaarden afwijken van de waarden uit raai A.

De implicatie voor de berekeningen is dat de hoogte van het schor gemiddeld redelijk goed wordt weergegeven over de breedte, maar dat de lokale bodemgradiënten, zoals kleine sloten en slikken langs de zeedijk, niet goed worden weergegeven. Dit heeft als implicatie voor de berekeningen dat de waterbeweging over het schor niet nauwkeurig geschematiseerd kan worden. In de sloten is dit beter het geval.

4.4 Dwarsdoorsneden

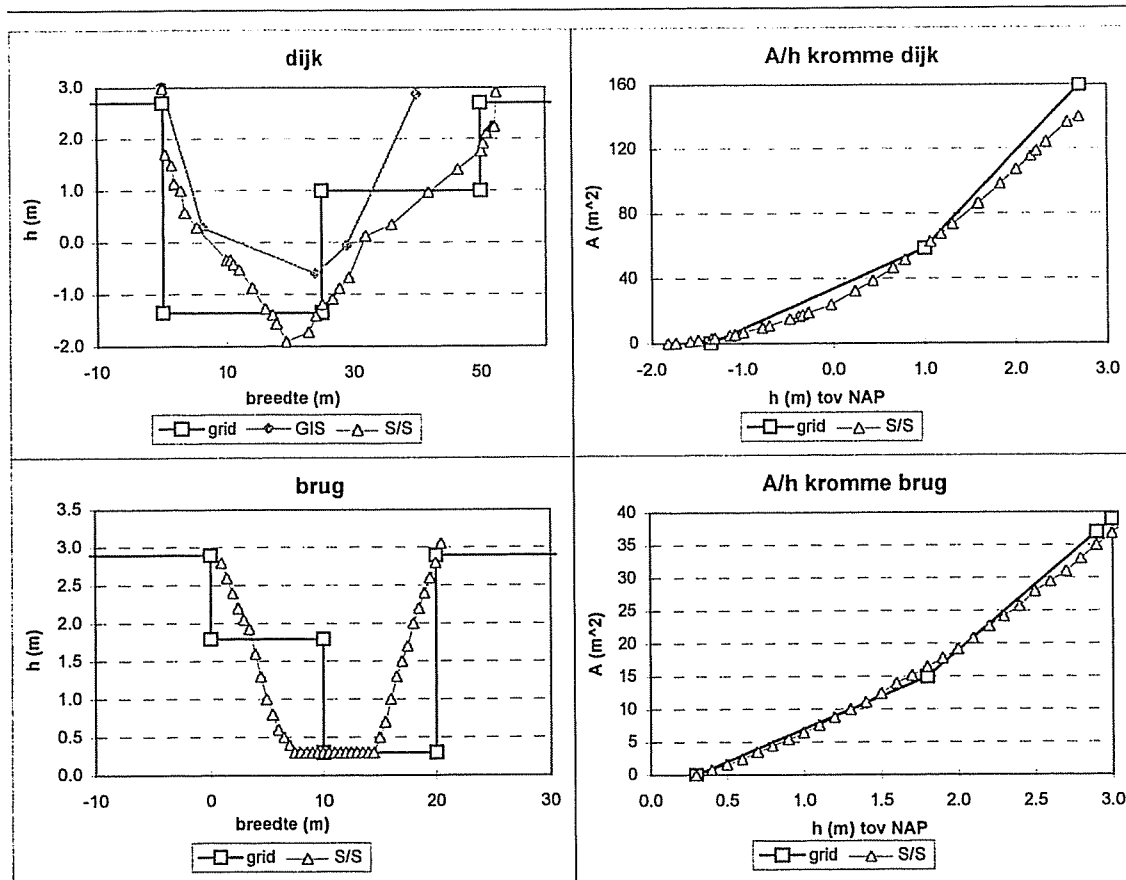
In Figuur 4-4 staan de gemeten dwarsraaien vergeleken met de waarden uit de tachymetrische metingen uit 1994 en de waarden gebruikt in de bodemschematisatie. De waarden van de tachymetrische metingen zijn als volgt berekend: de coördinaten zijn omgerekend naar de x- en y-waarden zoals gebruikt voor de gemeten raaien, vervolgens zijn handmatig een aantal raaien gemaakt. Er is gebruik gemaakt van de tachymetrische waarnemingen, omdat deze informatie geven over het gehele gebied. Er is dus gebruik gemaakt van de gemeten waarden en niet van de geïnterpoleerde waarden.



Figuur 4-4 dwarsraaien zoals gebruikt in het grid (grid), bepaald uit de hoogtemeting uit 1994 (GIS) en bepaald uit de dwarsraaien (raai_...)

4.5 Geuldoorsneden

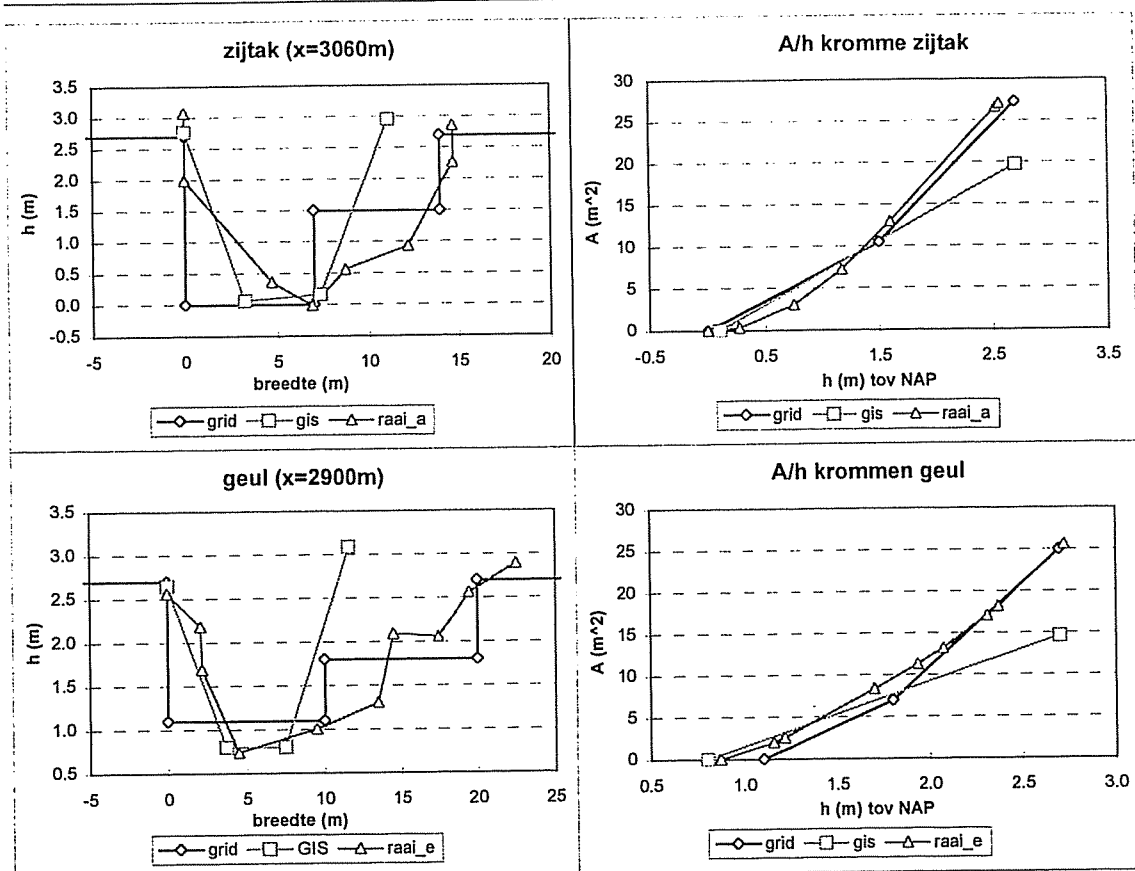
De geulen zijn als volgt geschematiseerd. Om het V-vormige profiel beter weer te kunnen geven, zijn de geulen in twee cellen geschematiseerd. De diepte van de diepste cel is gelijk aan de diepte van de geul, tenzij dit problemen oplevert. De breedte van de geul is de breedte van de twee cellen samen. De breedte van de cellen is even groot. In Figuur 4-5 staan de profielen van de geul ter plaatse van de dijk en de brug weergegeven.



Figuur 4-5 profiel ter plaatse van dijk en ter plaatse van de brug zoals gebruikt in het grid (grid), gemeten door Sanchez ea (S/S) en bepaald uit de hoogtemetingen uit 1994 (GIS)

De bodem in de bodemschematisatie ter plaatse van de dijk is hoger dan in de meting van Sanchez ea (1998). Dit geeft een beter geschematiseerd verloop van het geulprofiel op grotere hoogtes. De schematisatie van de brug wijkt weinig af van de realiteit. Belangrijk is de hoogte van de bodem, omdat deze een duidelijke drempel vormt bij leegloop van het gebied. Ook belangrijk is dat de breedte bij gemiddeld laag water goed is weergegeven. Dit omdat de brug een duidelijk obstakel vormt bij leegloop en de waterstand lange tijd deze hoogte heeft (Figuur 2-7).

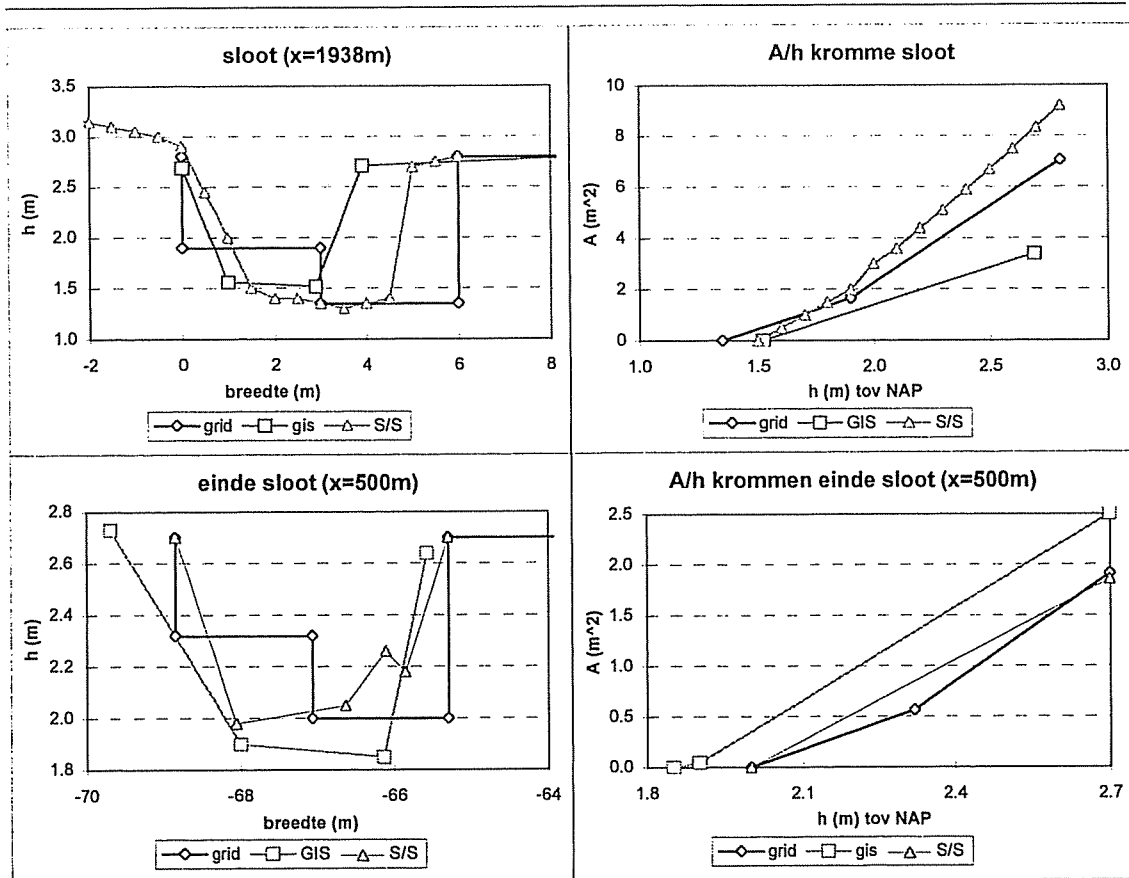
In Figuur 4-6 staan de geschematiseerde en gemeten profielen in de zijtak, halverwege de sloot en in de gegraven geul weergegeven.



Figuur 4-6 profiel gegraven geul en zijtak zoals gebruikt in het grid (grid), bepaald uit de dwarsraaien (raai_...) en bepaald uit de hoogtemetingen uit 1994 (GIS)

Uit Figuur 4-6 volgt dat de geulen goed zijn weer te geven in twee cellen. Opvallend is dat de waarden uit GIS en uit Sanchez ea (1998) overeenkomen in het onderste gedeelte van de profielen, terwijl in het bovenste gedeelte het profiel uit GIS duidelijk kleiner is. De oorzaak kan liggen in de volgende punten. De GIS meting is uit 1994 en de metingen van Sanchez ea zijn uit 1996. In de tussenliggende periode zijn de geulen geërodeerd, wat een vergroot doorstroomprofiel tot gevolg heeft. Een andere oorzaak is dat de sloot uit de GIS meting beschreven is met vier punten, terwijl dit bij de metingen van Sanchez ea in meerdere punten is gedaan. De metingen van Sanchez ea zijn dus nauwkeuriger.

In Figuur 4-7 staan de gemeten waarden en de geschematiseerde waarden van enkele slootprofielen weergegeven. Halverwege de sloot toont de meting van Sanchez ea uit 1996 vergeleken met de meting uit GIS uit 1994 een duidelijke vergroting van het doorstroomprofiel. Aan het einde van de sloot is het tegenovergestelde het geval.

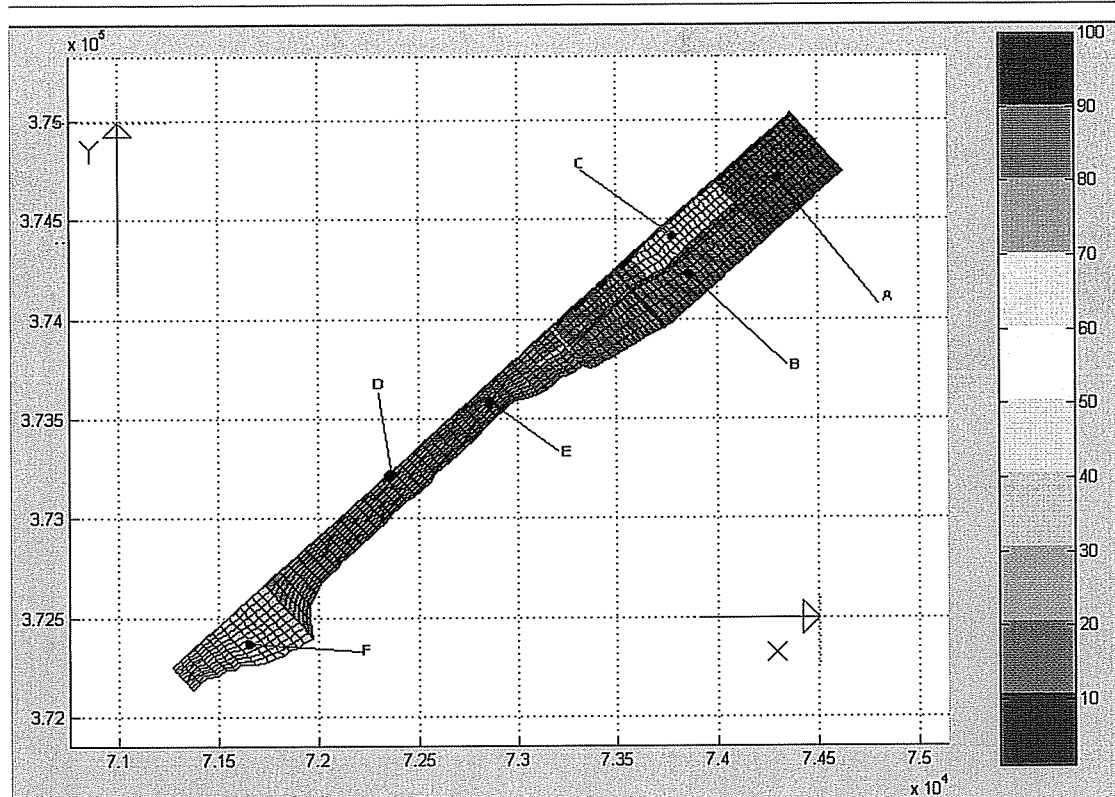


Figuur 4-7 profiel halverwege sloot zoals gebruikt in het grid (grid), gemeten door Sanchez ea (S/S) en bepaald uit de hoogtemetingen uit 1994 (GIS)

Voor de rest van de sloot zijn alleen metingen uit GIS voorhanden. De doorstroomprofielen van deze metingen zijn met behulp van bovenstaande figuur aangepast en geïnterpoleerd.

4.6 Wrijving

De wrijving wordt in het model gebracht door een Chézy-waarde. Het gebied is opgedeeld in een aantal gebieden met gelijke wrijving. In Figuur 4-8 staan de gebruikte wrijvingen voor de desbetreffende gebieden.



Figuur 4-8 Chézy-waarden in $m^{1/2}/s$

De gebruikte wrijvingen zijn:

- A- Schelde en geul t/m de zijtak: $C=100 m^{1/2}/s$
- B- Schor met hoge begroeiing t/m $x=\pm 2900m$: $C=1 m^{1/2}/s$
- C- Onbegroeid schor ten noorden van de geul: $C=25 m^{1/2}/s$
- D- Sloot $C=80 m^{1/2}/s$, behalve aan het einde: $C=60 m^{1/2}/s$
- E- Schor met lage begroeiing: $C=5 m^{1/2}/s$
- F- Begraasde gedeelte aan het einde van het gebied: $C=30 m^{1/2}/s$

5. MODELBEREKENINGEN 1996

5.1 Calibratie

Het model is gecalibreerd met de volgende metingen:

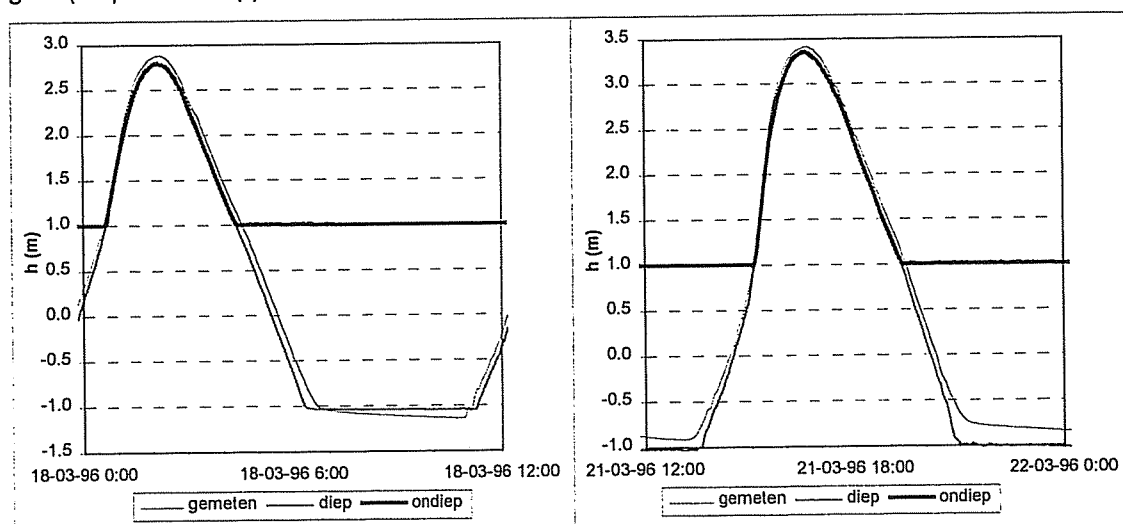
- voorjaar '96 (15 mrt 1996 t/m 28 mrt 1996). Dit is een meetsessie in het kader van monitoringsplan Sieperdaschor (Stikvoort, 1994). Gemeten is over een gehele doottij-springtij cyclus. De gemeten punten zijn MP4, MP3 en MP1 (fig 2.4).
- zomer '96. Uitgevoerd door Sanchez e.a. (1998). Gemeten zijn de stroomsnelheden en waterstanden halverwege de sloot en ter plaatse van de brug (fig 2.4) tijdens een normaal springtij en een hoog springtij.

De calibratieparameters zijn de volgende:

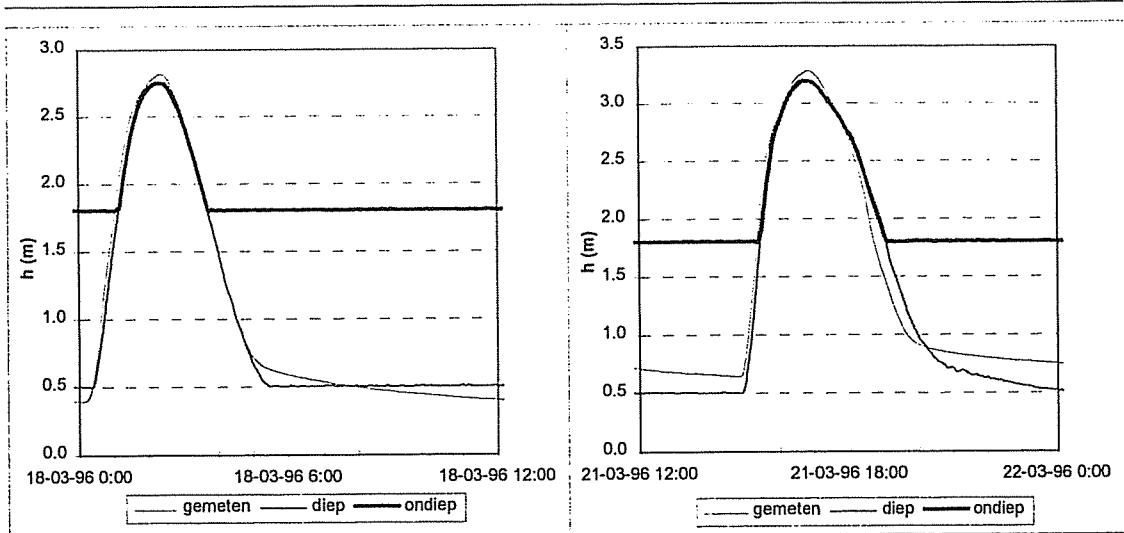
- Wrijvingsfactor. Deze worden ingevoerd via de Chézy-waarde. De gebruikte waarden worden beschreven in paragraaf 4.5.
- Afmetingen geulen. De afmetingen van de geulen volgen uit de metingen. Gezien de beperkte dichtheid van de metingen, moet op de tussenliggende plaatsen worden geïnterpoleerd.
- Vegetatie. Deze wordt ingevoerd met een waarde voor de wrijving, een waarde voor de hoogte en een waarde voor de ligging van de evenwichtshoogte ten opzichte van de vegetatiehoogte. Deze laatste is gebruikt voor calibratie.
- Randvoorwaarde. Deze is aangepast met de formule zoals is gevonden bij de trendlijn voor alle waarden (Figuur 2-7). Het grootst optredende verschil in waterstanden tussen de aangepaste waarden voor Prosperpolder en MP4 is ongeveer 5 cm rond hoogwater.

5.1.1 MP4 & MP3

De resultaten van de calibratie van MP4 en MP3 staan afgebeeld in Figuur 5-1 en Figuur 5-2. De gemeten waarden worden vergeleken met de berekende waarden in de twee cellen van de geul (diep en ondiep). Gekeken wordt naar één getij bij springtij en één getij bij doottij.



Figuur 5-1 MP4 doottij (links) en springtij (rechts)



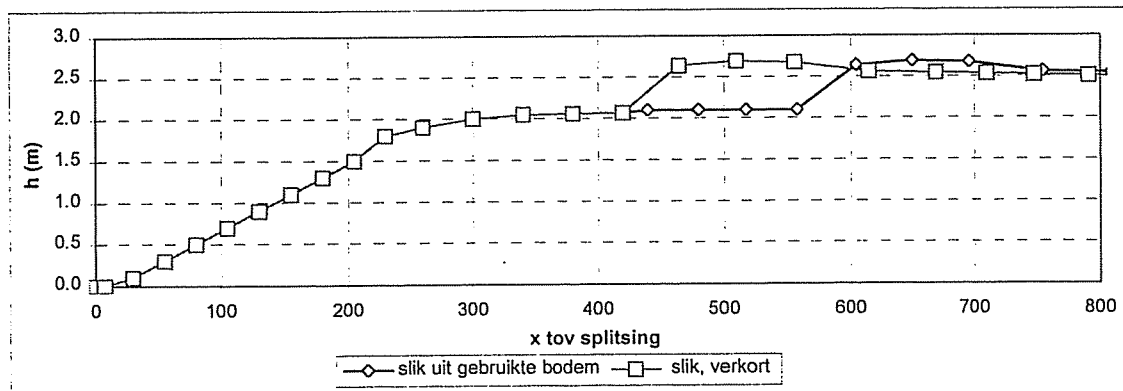
Figuur 5-2 MP3 doortij (links) en springtij (rechts)

De berekende waarden van MP4 en MP3 komen redelijk goed overeen met de gemeten waarden. Bij MP4 worden de verschillen veroorzaakt doordat de gebruikte randvoorwaarde niet gelijk is aan de opgetreden buitenwaterstand. De gemeten waarde ter plaatse van Meetpunt Prosperpolder is wel aangepast voor de randvoorwaarde, maar dit is gedaan op basis van de waterstanden over een gehele doortij-springtijcyclus. Er treden dus nog wel verschillen op tussen de opgetreden buitenwaterstand en de gebruikte randvoorwaarde.

Net na hoogwater dalen de gemeten waterstanden in MP4 en MP3 sneller dan de berekende waterstanden. In de berekening valt de geul droog, terwijl de waterstand in de geul in de meting nog licht daalt. De reden hiervoor is duidelijk te zien in figuur 4.5. De breedte van de geul bij laagwater is breder geschematiseerd dan dat deze in werkelijkheid is. Hierdoor loopt het gebied sneller leeg in de berekening bij laag water als de geul (bijna) droog staat.

Ten opzichte van MP4 vertonen de metingen ter plaatse van MP3 een duidelijk verschil bij vloed bij springtij. Net voor hoogwater stagneert de stijging van de waterstand, waarna deze weer verder stijgt tot hoogwater. Op het moment dat de waterstand langzamer gaat stijgen, stroomt er water het schor op. Hierdoor wordt het verhang in de geul groter en daarmee de stroomsnelheden in de geul ook. Als het schor vol is gestroomd, stijgt de waterstand weer sneller. Dit proces wordt onder andere beschreven door Bayliss-Smith et al (1979), Pethick (1980), Healey et al. (1981) en Van der Molen (1997). In de berekening is dit effect niet terug te vinden.

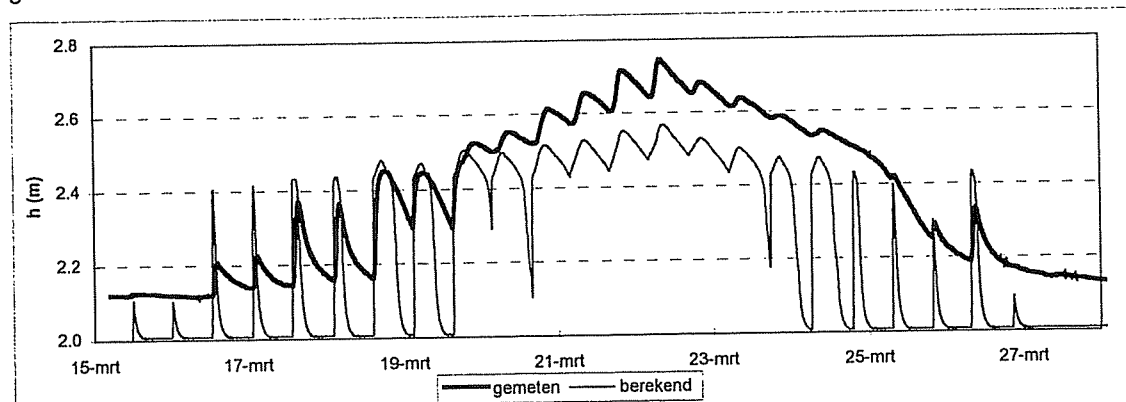
Een ander typisch verschil tussen MP3 en MP4 vindt plaats net na hoogwater bij springtij. De berekende waterstand daalt sneller dan de gemeten waterstand. Dit effect is kleiner, als het slik in het verlengde van de geul wordt verkort (Figuur 5-3). Waarschijnlijk stroomt er in de berekening meer water via de geul terug, terwijl in werkelijkheid nog een gedeelte via de hoofdsloot het gebied uitstroomt. Dit valt te controleren door de stroomsnelheden die uit de berekening gehaald worden te verifiëren aan in werkelijkheid optredende stroomsnelheden. Aangezien er geen stroomsnelheden zijn gemeten op dit punt, is dit niet mogelijk.



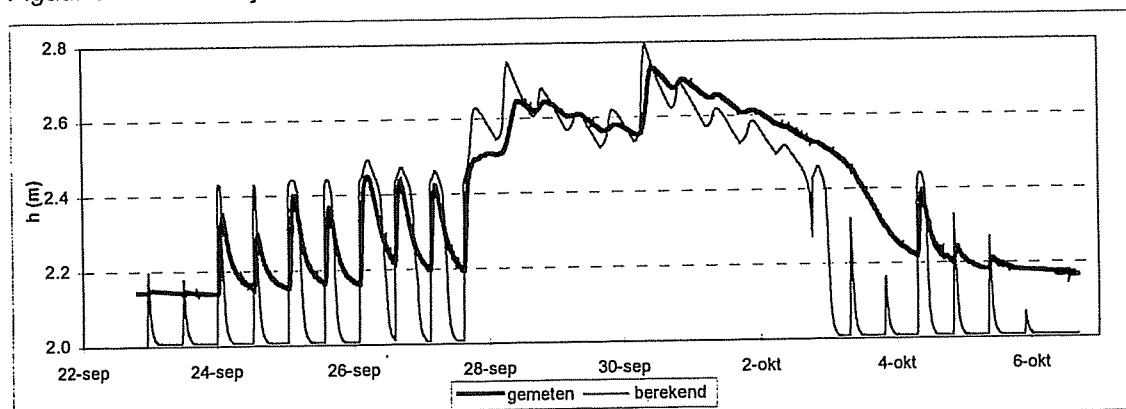
Figuur 5-3 grid met verkort slik

5.1.2 MP1

Het meetpunt MP1 is bekeken voor een doottij-springtijcyclus in voorjaar '96 en één in najaar '96. De resultaten staan in Figuur 5-4 en Figuur 5-5. De uitgezette waterstanden zijn de gemeten waarden en de berekende waarde aan het einde van de sloot.



Figuur 5-4 MP1 voorjaar '96



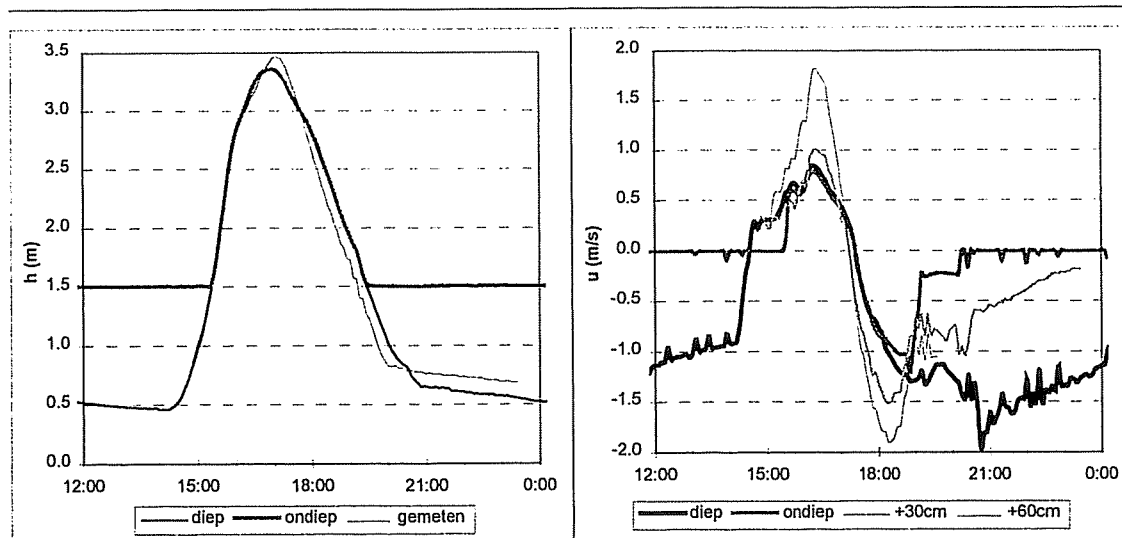
Figuur 5-5 MP1 najaar '96

De metingen vertonen een typische vorm: als de waterstand boven een bepaalde waarde komt, ± 2.3 m NAP, daalt de waterstand langzamer dan wanneer de waterstand onder deze waarde was gebleven. Het gebied vult dan langzaam tot het hoogste hoogwater is bereikt, waarna de waterstand weer gaat dalen. In de berekeningen is dit effect minder sterk aanwezig. Een oorzaak in de verschillen kan liggen in het feit dat de bodemgeometrie achterin het gebied erg complex is. Om deze geometrie goed te modelleren is lastig. De gemeten waarden in dit punt zijn sterk afhankelijk van de lokale geometrie en hebben een beperkte invloed op de resultaten in de rest van het gebied. Daarom is MP1 niet beter gecalibreerd.

Het verschil tussen de totale berekende en gemeten hoeveelheden water die zich achterin het gebied bevinden is erg groot. Het model loopt te snel leeg door de sloot. Welk deel toe te wijzen is aan de te eenvoudige bodemgeometrie en welk deel aan fouten in de bodemschematisatie in de rest van het gebied is niet duidelijk.

5.1.3 Brug

De resultaten van calibratie met de metingen bij de brug staan afgebeeld in Figuur 5-6 en Figuur 5-7.

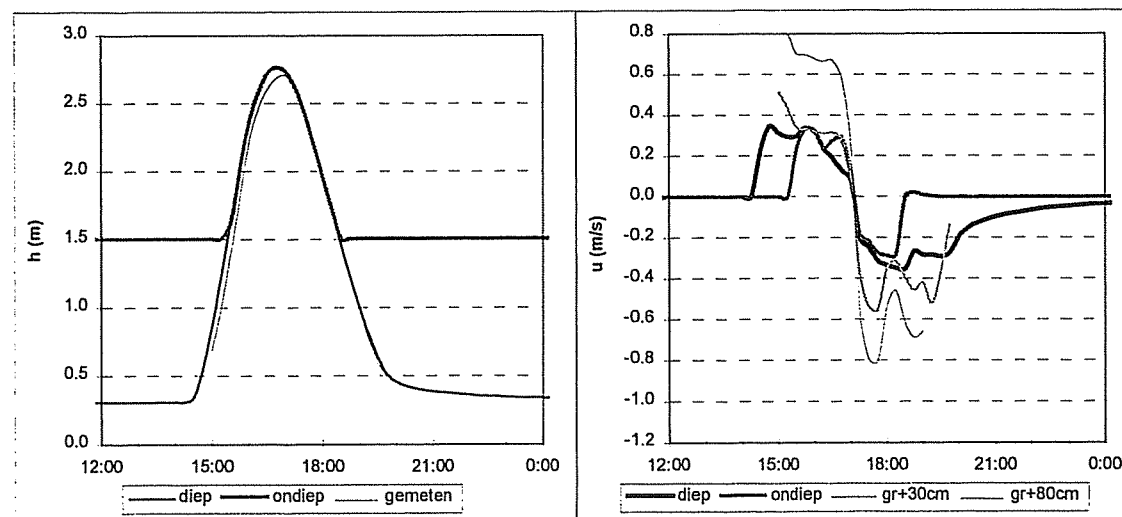


Figuur 5-6 waterstanden (links) en stroomsnelheden (rechts) ter plaatse van de brug bij een hoog springtij (01/08/96). +30cm en +60cm zijn gemeten stroomsnelheden op respectievelijk 30cm en 60cm boven de grond.

De verschillen tussen de metingen en de berekeningen zijn voor een gedeelte toe te schrijven aan de typische meetlocatie ter plaatse van de brug. Er is een vernauwing en een zeer ruwe bodem (grove steenbestorting).

De hoogwaterstand bij de brug in de berekening is duidelijk lager dan in de meting. De waterstanden in de buurt van de brug worden sterk beïnvloed door de vernauwing in de geul ter plaatse van de brug. Hierdoor zijn de berekende waarden beïnvloed en/of de gemeten waarden. Tevens ontbreekt in de berekening de stagnatie in stijging van de waterstand net voor hoogwater, evenals bij MP3. De waterstand bij laagwater daalt verder in de berekening dan in de meting.

De gemeten stroomsnelheden bij vloed komen redelijk overeen met de berekende stroomsnelheden. De gemeten stroomsnelheden verschillen sterk op verschillende dieptes. Gezien de grote wrijving van de brug zal de gemeten snelheid op 80cm boven de bodem groter zijn dan de gemiddelde snelheid, die uit de berekeningen volgt. De berekende maximale stroomsnelheid bij eb treedt duidelijk later op dan die in de meting. De vorm van de stroomsnelheden bij eb zijn niet goed. De reden hiervoor verdient verder onderzoek.

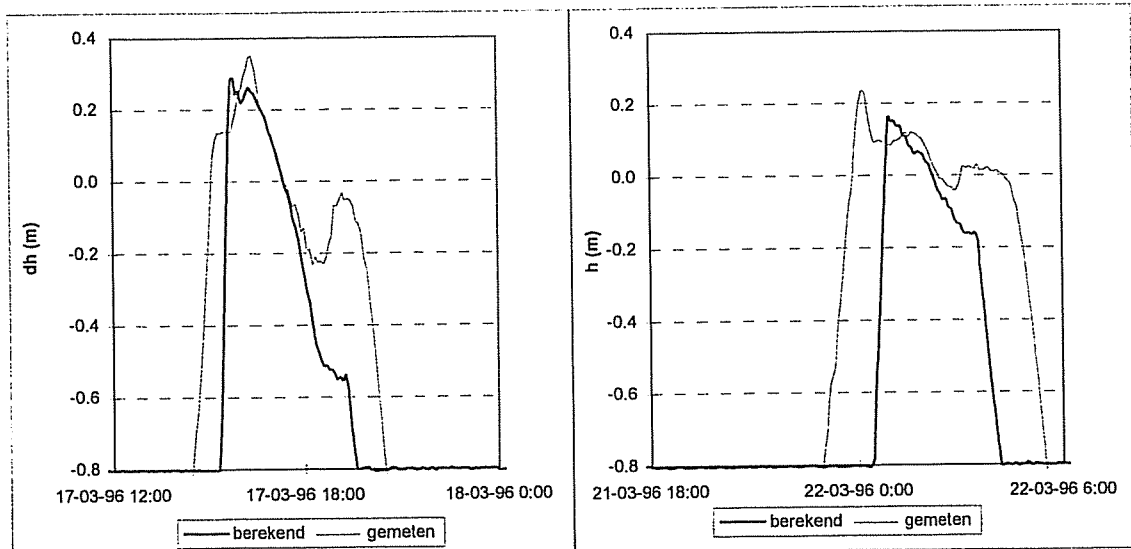


Figuur 5-7 waterstanden (links) en stroomsnelheden (rechts) ter plaatse van de brug bij een normaal springtij (18/07/96). +30cm en +60cm zijn gemeten stroomsnelheden op respectievelijk 30cm en 60cm boven de grond.

Bij eb is de waterstand bij de brug ± 20 cm te hoog gemeten (Sanchez e.a., 1998). Als de gemeten waterstand wordt gecorrigeerd, zoals in de figuur is gedaan, komen de gemeten

waarden goed overeen met de berekende waarden. De stroomsnelheden vertonen dezelfde karakteristieken als bij hoog springtij.

In Figuur 5-8 staan de vervallen tussen MP4 en MP3 weergegeven, zoals gemeten en berekend tijdens springtij en doottij in voorjaar 1996.



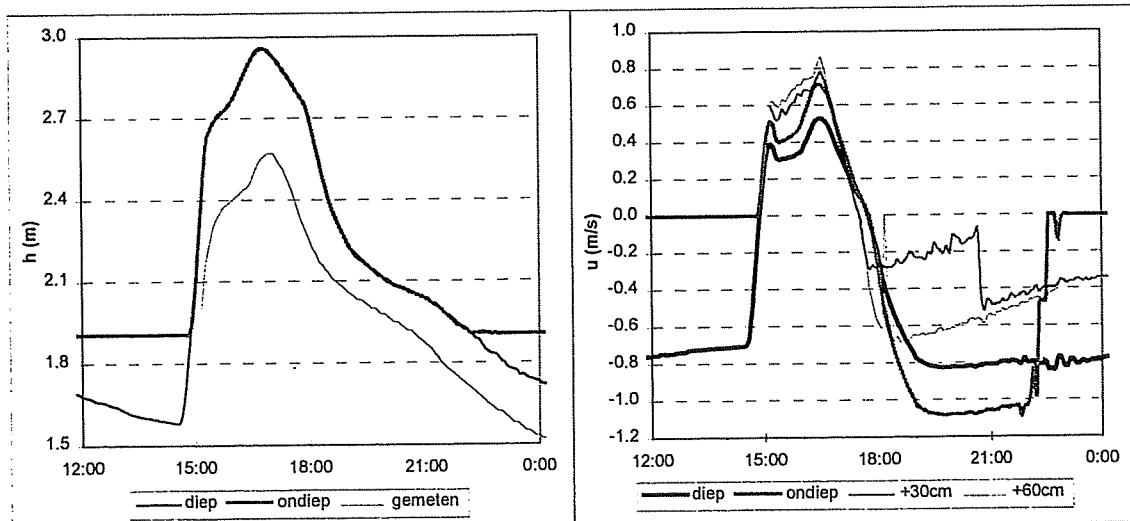
Figuur 5-8 verval tussen MP4 en MP3 bij doottij (links) en springtij (rechts)

De maxima van de vervallen komen goed overeen. Het verloop vertoont een aantal typische verschillen bij doottij. Als het verval positief is, dus als de buitenwaterstand groter is dan de binnenwaterstand, vertoont het gemeten verval tijdelijk een grotere waarde. Bij de berekende waarde is deze vorm niet terug te vinden. Bij eb, na de piek bij vloed, is eerst het berekende en het gemeten verval gelijk. Bij de metingen wordt vervolgens het verval kleiner; bij de berekening is dit niet het geval. Dit verschil is terug te vinden in het verschil tussen de gemeten en de berekende waarde in MP3.

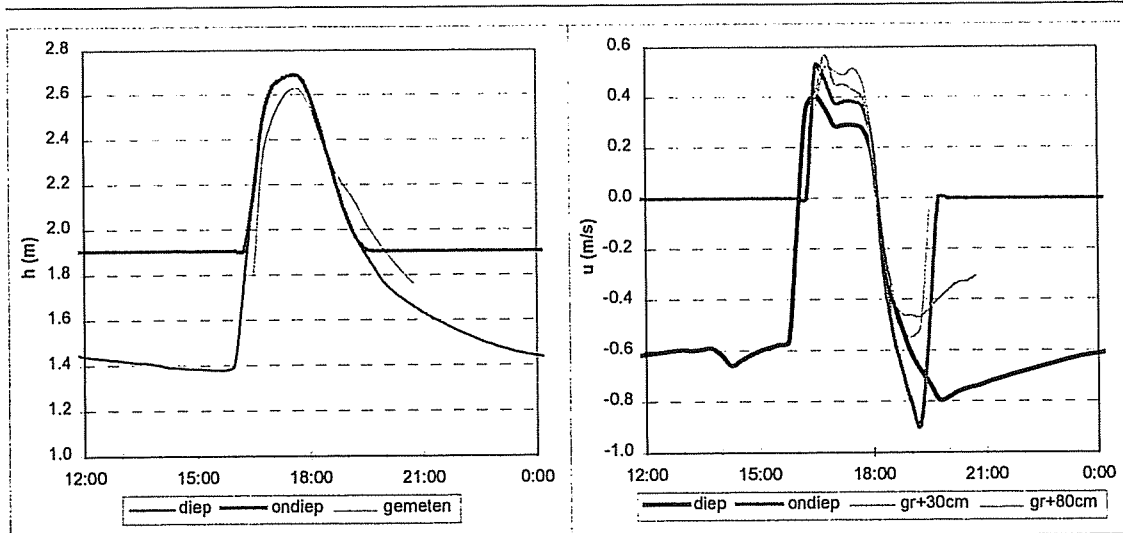
Bij springtij treedt een opvallend verschil op in de lengte van de tijd dat het verval tussen MP4 en MP3 groter is dan -0.8m . De reden hiervoor ligt in het feit dat de geulen in de berekening eerder droogvallen dan in werkelijkheid. Dat het verval bij de meting bij eb positief is, moet een meefout zijn: het water moet met het verval naar buiten lopen, en niet tegen het verval in.

5.1.4 sloot

De resultaten van calibratie van de metingen bij de sloot staan afgebeeld in Figuur 5-9 en in Figuur 5-10.



Figuur 5-9 waterstanden (links) en stroomsnelheden (rechts) ter plaatse van de sloot bij een hoog springtij (31/07/96)



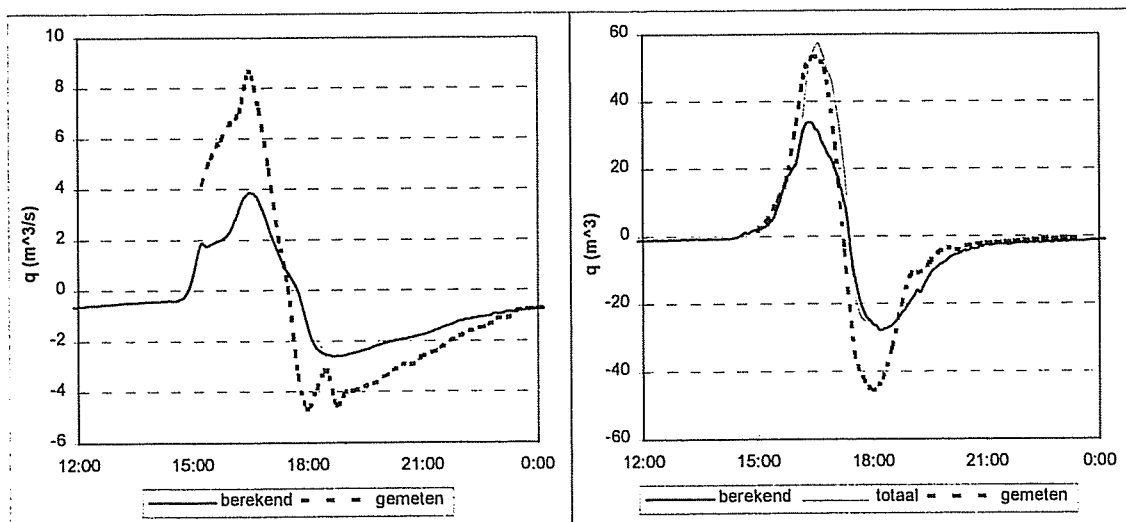
Figuur 5-10 waterstanden (links) en stroomsnelheden (rechts) ter plaatse van de sloot bij een normaal springtij (17/07/96)

De berekende hoogwaters bij hoog springtij zijn veel te hoog. De daling in de waterstand is wel goed. De berekende en gemeten stroomsnelheden bij vloed komen goed overeen. Bij eb vertonen ze een duidelijk verschil. In de meting en in de berekening treedt net na kentering de maximale ebstroomsnelheid op. In de berekening is de maximale waarde groter en daalt de stroomsnelheid langzamer. De minimale stroomsnelheid bij eb is ± 0.6 m/s; dit is veel groter dan uit de metingen en waarnemingen in het veld blijkt. Dit verschil vraagt verder onderzoek.

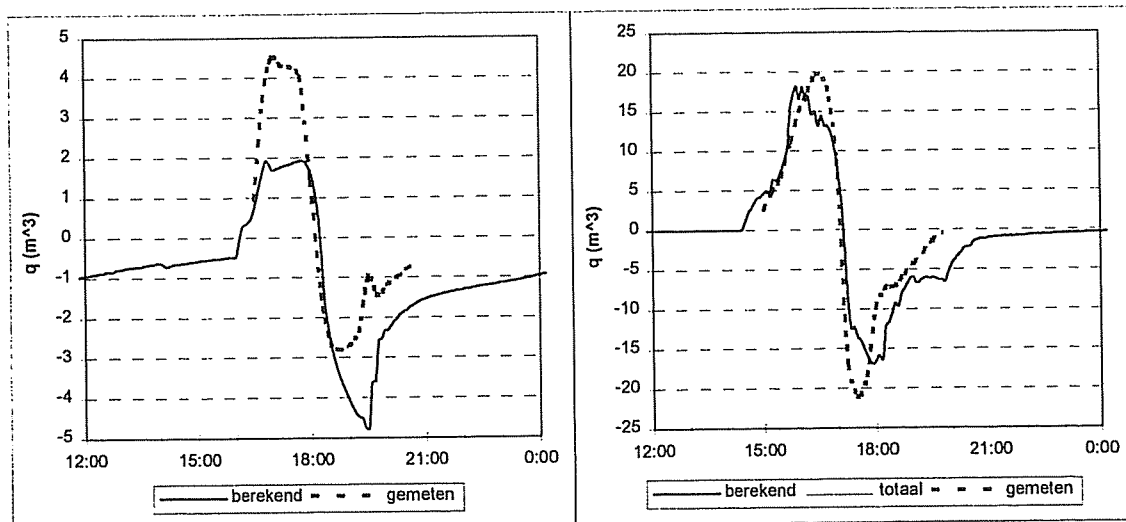
De oorzaak dat de verschillen tussen de gemeten en de berekende waterstanden halverwege de sloot bij hoog springtij zo groot zijn verdient enige extra aandacht. Het gemeten verval tussen de brug en halverwege de sloot is bij normaal springtij ± 20 cm. Terwijl dit bij de hoog springtij gemeten ± 90 cm is. De berekende vervallen zijn respectievelijk 20 cm en 40 cm. Het gemeten verval bij hoog springtij is erg groot. Concluderend kan gesteld worden dat, of de gemeten waarden bij hoog springtij een grove fout vertonen, of dat er in de bodemschematisatie tussen de brug en halverwege de sloot een grove fout zit. Het eerste feit lijkt niet onwaarschijnlijk.

5.1.5 debieten

In Figuur 5-11 en Figuur 5-12 zijn de gemeten debieten bij een hoog en een normaal springtij uitgezet tegen de berekende debieten in de geul en de sloot (berekend) en over het gehele schor ter plaatse van de brug (totaal). De doorsnede ter plaatse van de brug is aan de schorkant van de brug gemaakt. Dit is gedaan omdat daar de bodem vlak is, en er dus geen invloed is van de getegelde bodemschematisatie (Figuur 3-2 en Figuur 3-3).



Figuur 5-11 debieten (m^3/s) bij een hoog springtij ter plaatse van de sloot(links) en de brug (rechts). De gemeten waarde is het gemeten debiet door de geul; de berekende waarde is het berekende debiet door de geul; de totale waarde is het berekende debiet over de gehele doorsnede.



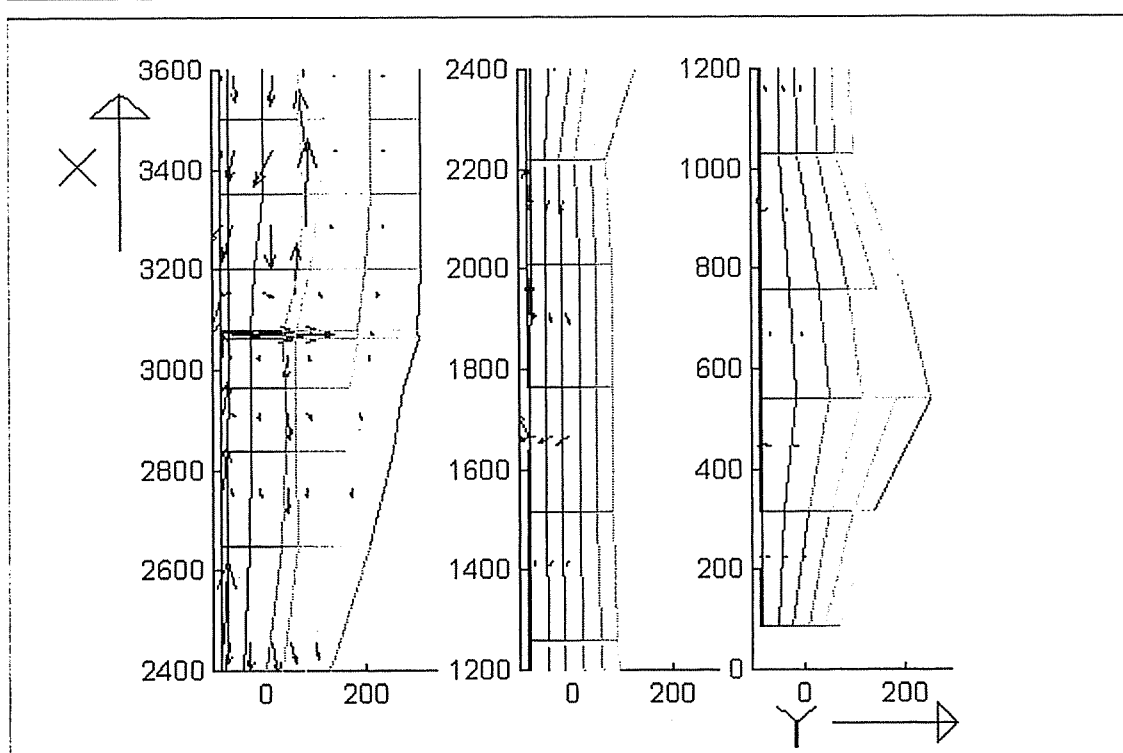
Figuur 5-12 debieten (m^3/s) bij een normaal springtij ter plaatse van de sloot (links) en de brug (rechts). De gemeten waarde is het gemeten debiet door de geul; de berekende waarde is het berekende debiet door de geul; de totale waarde is het berekende debiet over de gehele doorsnede.

In Figuur 5-12 zijn de gemeten debieten gelijk aan de totale debieten. Dit is het geval omdat er geen water over het schor stroomt. De berekende debieten zijn berekend aan de hand van de gemeten stroomsnelheden en waterstanden door Sanchez ea (1998). De berekende en de gemeten debieten komen qua vorm goed overeen. De maxima wijken af, vooral ter plaatse van de sloot. De verschillen tussen in- en uitgaande debieten bij de brug kunnen worden veroorzaakt doordat de stroommeting, waaruit de debieten zijn berekend, grotere stroomsnelheden geeft dan gemiddeld (paragraaf 5.1.3).

Uit Figuur 5-11 en Figuur 5-12 volgt dat de berekende maximale debieten in de geul bij eb en vloed ter plaatse van de brug ongeveer even groot zijn. Het verschil tussen de gemeten maximale debieten bij vloed en bij eb is groter. Dit komt overeen met de gevonden verschillen bij MP3.

5.2 Beschrijving stroming door gebied

In Figuur 5-13 staan de restfluxen weergegeven voor één springtij.



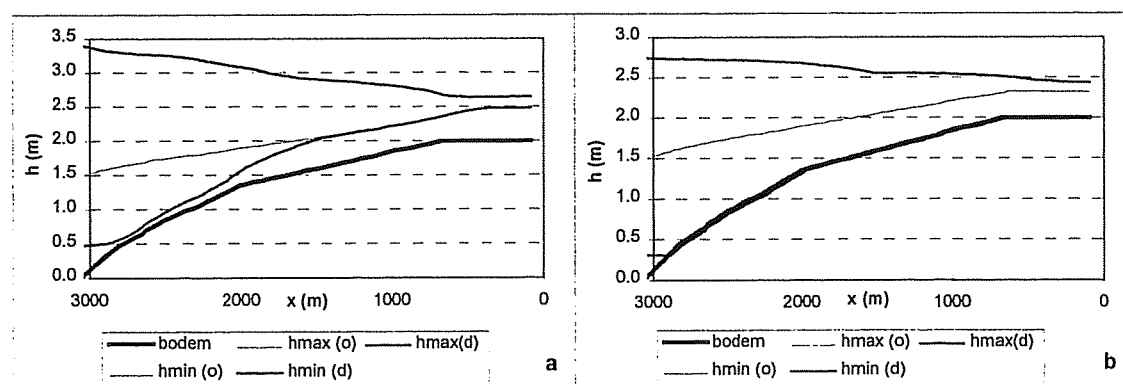
Figuur 5-13 restfluxen bij één springtijcyclus. De x-waarden zijn ten opzichte van het einde van de sloot, de y-waarden zijn ten opzichte van raai A.

Uit Figuur 5-13 valt kwalitatief het stromingspatroon tijdens een hoog springtij te halen. Tussen de Schelde en de brug stroomt het water door de geul en aan de noordkant ($y < 100\text{m}$) van de geul naar binnen. Al het water stroomt door de geul naar buiten. Aan de zuidkant van de geul stroomt als gevolg van de grote wrijving door vegetatie weinig water het gebied in. De restfluxen zijn daar klein. Door de zijtak ($x = 3100\text{m}$) en de hoofdsloot ($y = -80\text{m}$) stroomt netto een debiet uit. Over het schor stroomt netto een debiet naar binnen. Dit debiet wordt kleiner verder het gebied in (bij kleinere x-waarden). Over het slik aan het einde van de gegraven geul ($3100\text{m} < x < 2700\text{m}$) stroomt cumulatief een debiet het gebied in. Ter plaatse van het slik is dit debiet geconcentreerd over het slik. Aan het einde van het slik verspreidt dit debiet zich over de gehele breedte.

5.3 Maximale waterstanden en stroomsnelheden

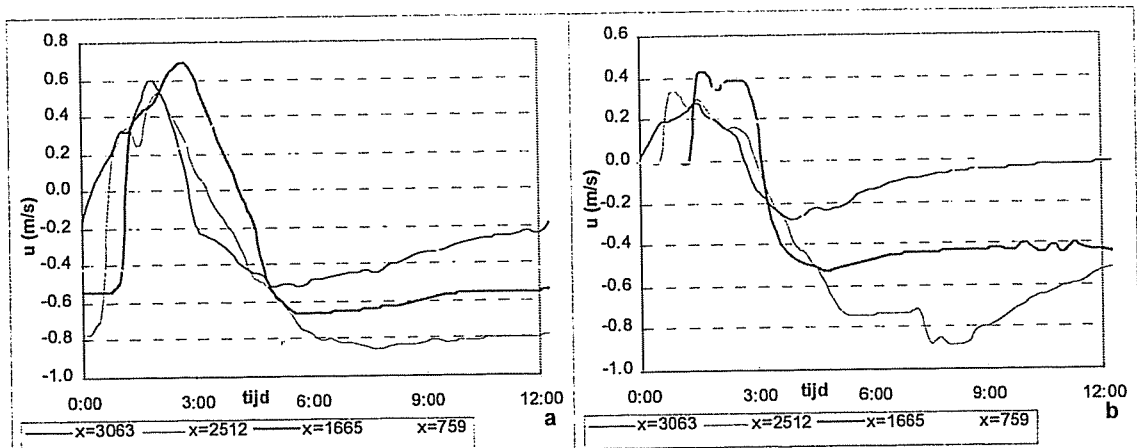
5.3.1 maximaal optredende waterstanden

In Figuur 5-14 staan de maximaal en minimaal optredende waterstanden bij een springtij en bij een doottij in de sloot weergegeven.



Figuur 5-14 maximaal en minimaal optredende waterstanden in de diepe (d) en ondiepe (o) cel bij springtij (a) en doottij (b) met x ten opzichte van einde sloot.

De bodem is de bodem van de diepe cel. Bij doortij is de minimale waterstand gelijk aan de bodem. De sloot is dan helemaal drooggevallen. Bij springtij blijft er meer water in de sloot staan. Opvallend is dat de maximale waterstand de laatste 500 m van de sloot bij springtij constant is.

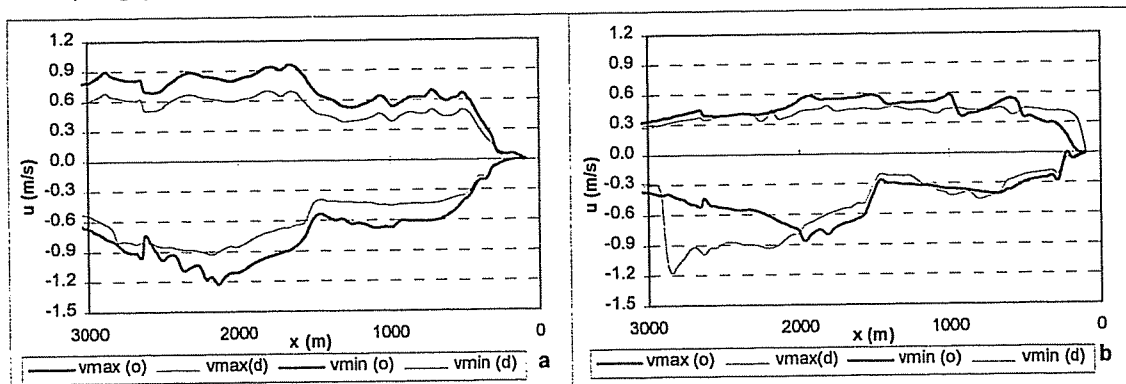


Figuur 5-15 waterstanden in de sloot bij springtij (a) en doortij (b) met x ten opzichte van einde sloot

In Figuur 5-15 staan op een viertal plaatsen in de sloot de optredende waterstanden over één getij bij springtij en bij doortij weergegeven. Opvallend is het naar het einde van de sloot toe kleiner wordende tijverschil. Tevens zijn de vertraging en demping van de hoogwatergolf in deze figuur terug te vinden. Opvallend is dat deze bij springtij veel groter zijn dan bij doortij.

5.3.2 Maximaal optredende stroomsnelheden

In Figuur 5-16 staan de maximaal en minimaal optredende stroomsnelheden in de sloot bij een springtij en bij een doortij weergegeven.

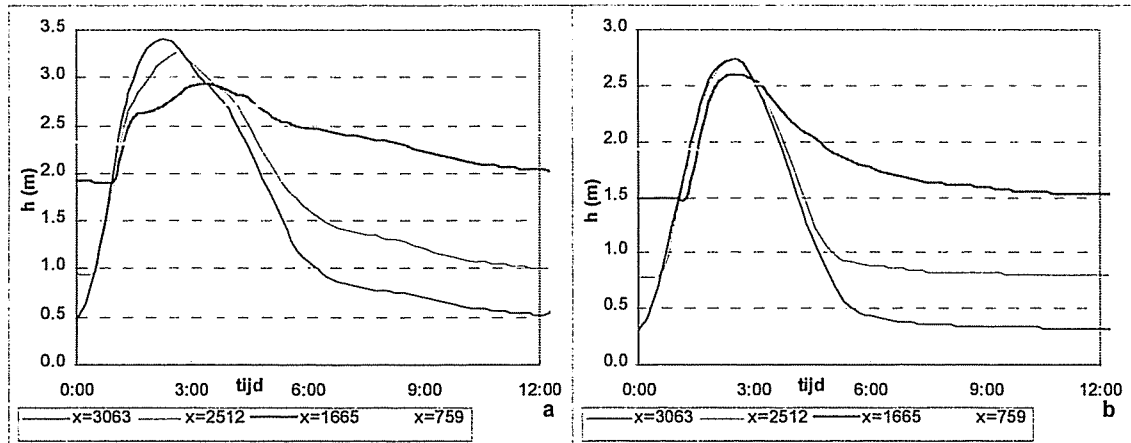


Figuur 5-16 maximaal en minimaal optredende stroomsnelheden in de diepe (d) en ondiepe (o) cel bij springtij (a) en doortij (b) met x ten opzichte van einde sloot. (vmax=vloed,pos; vmin=eb,neg)

De optredende maximale stroomsnelheden bij eb (vmin) en bij vloed (vmax) zijn bij springtij significant hoger dan bij doortij. Erosie in de sloot treedt op bij eb (Boon, 1973). Uit de calibratieberekeningen voor zomer '96, waar gemeten stroomsnelheden met berekende stroomsnelheden in de sloot zijn vergeleken, bleek dat de maximale stroomsnelheden in de diepe cel kleiner zijn dan de maximale stroomsnelheden in de ondiepe cel. De berekende stroomsnelheden waren ongeveer 50% te hoog.

Naar aanleiding van bovenstaande wordt alleen gekeken naar maximale stroomsnelheden. Hierbij wordt meegenomen dat deze te groot zijn berekend (paragraaf 5.1.4). Uit de modelberekeningen volgt dat zowel bij doortij als bij springtij van het einde van de sloot tot ongeveer $x=1500\text{m}$ de maximale ebsnelheden erg klein zijn. Hier treedt dus geen erosie op. Gezien de grootte van de maximale stroomsnelheden bij doortij, treedt in de hele sloot geen erosie op. Bij springtij hebben de maximale stroomsnelheden rond $x=2000\text{m}$ een zodanig

hoge waarde, dat daar wèl erosie optreedt. Aan het einde van de sloot, van $x=2000\text{m}$ tot $x=3000\text{m}$, nemen de maximale stroomsnelheden af bij springtij. Dit is niet in overeenstemming met waarnemingen uit het veld. De reden hiervoor zit waarschijnlijk in een foutieve schematisatie van de sloot, als gevolg van gebrek aan meetgegevens.



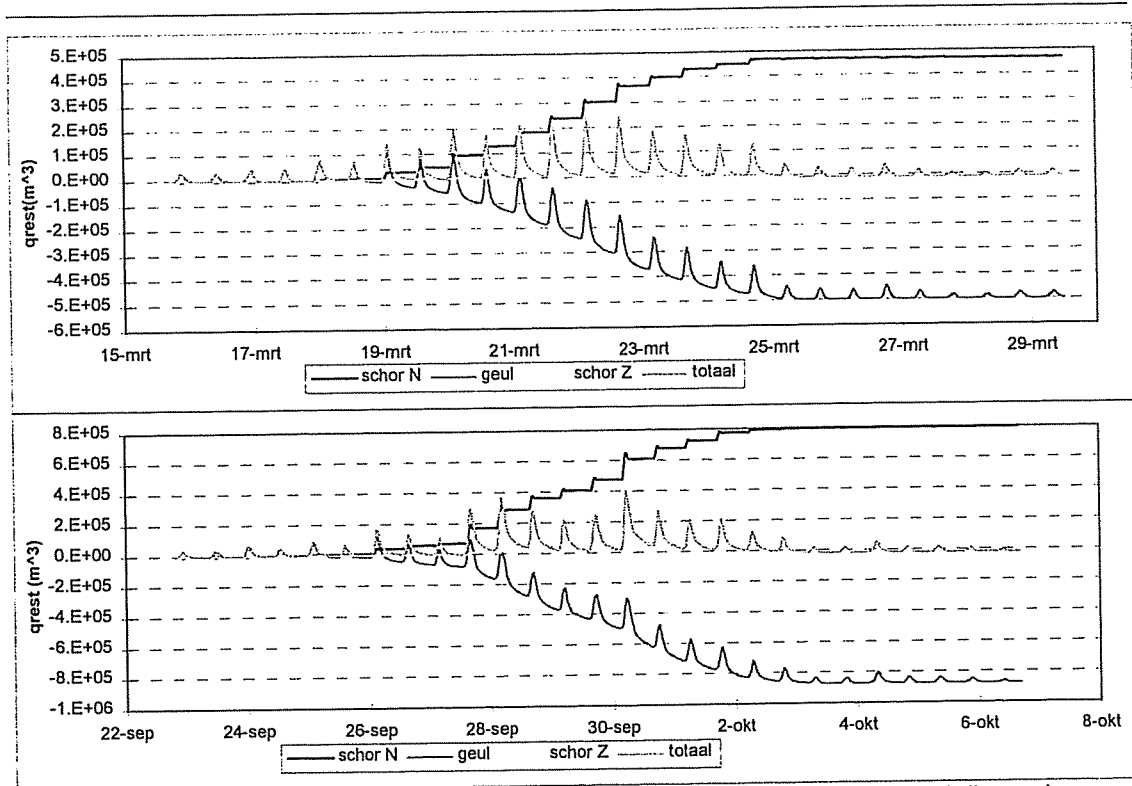
Figuur 5-17 stroomsnelheden in de sloot bij springtij (a) en doottij (b) met x ten opzichte van einde sloot

In Figuur 5-17 zijn de stroomsnelheden voor een aantal punten in de sloot tijdens een doottij en een springtij uitgezet. In de figuren valt het resultaat van Figuur 5-16 terug te vinden: aan het einde van de sloot ($x=759\text{m}$) zijn de maximaal optredende stroomsnelheden klein. Deze worden groter bij toenemende x . Aan het einde van de sloot worden ze weer iets kleiner. De vormen van de stroomsnelheden bij eb komen niet overeen met die in het veld waargenomen zijn. In werkelijkheid treedt er een piek op direct na kentering, waarna de stroomsnelheden erg klein worden. Beide effecten komen niet of in mindere mate terug in de berekeningen. De reden hiervoor is mij onduidelijk. Aan het begin van de sloot bij springtij is deze foutieve vorm het duidelijkst; daar blijven de stroomsnelheden toenemen tot aan de kentering van eb naar vloed.

5.4 Debieten

5.4.1 doottij-springtijcyclus

Over een gehele doottij- springtijcyclus is gekeken naar de berekende in- en uitgaande waterdebieten. De in- en uitgaande waterdebieten geven goed de karakteristieke eigenschappen van het gebied weer, te weten: de duidelijk tweewekelijkse doottij-springtijcyclus, waarin het gebied volloopt rond springtij en leegloopt in aan aantal dagen na springtij. In Figuur 5-18 staan de gesommeerde waterdebieten door de geul, over de weg en het totaal.



Figuur 5-18 restdebieten (m^3) over een doottij-springtijcyclus voor voorjaar '96 (boven) en najaar '96 (onder). Schor N is het schor ten noorden van de geul; schor Z is het schor ten zuiden van de geul; totaal is de gehele doorsnede.

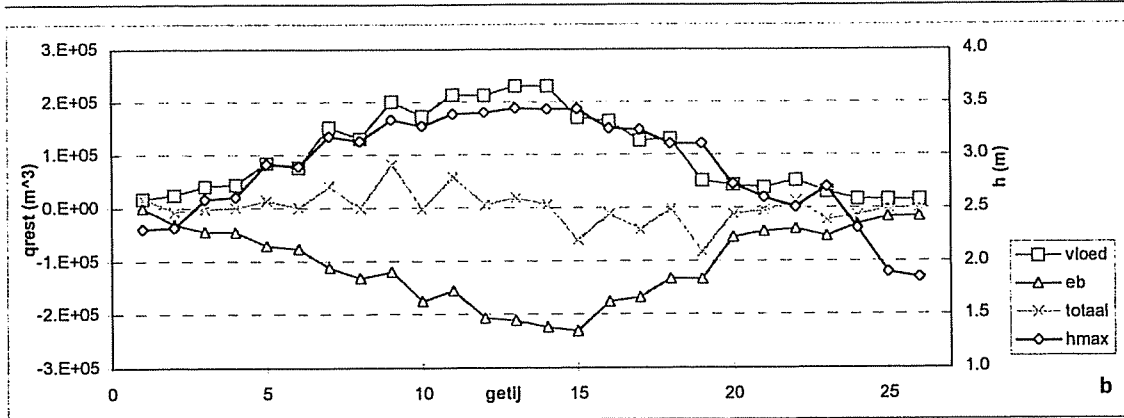
De berekeningen van de restdebieten zijn als volgt gemaakt. Eerst is een grote hoeveelheid water in het gebied gezet. Dit is gedaan met behulp van de randvoorwaarde. Vervolgens is het gebied helemaal leeg laten lopen. Vanaf dit moment zijn de berekeningen gestart. In tabel 5-1 staan numeriek de restdebieten voor een gehele doottij-springtijcyclus gegeven.

	Voorjaar 1996	Najaar 1996
Schor N	4.67E+05	7.98E+05
Geul	-5.00E+05	-8.75E+05
Schor Z	2.18E+04	5.67E+04
Totaal	-1.17E+04	-2.01E+04

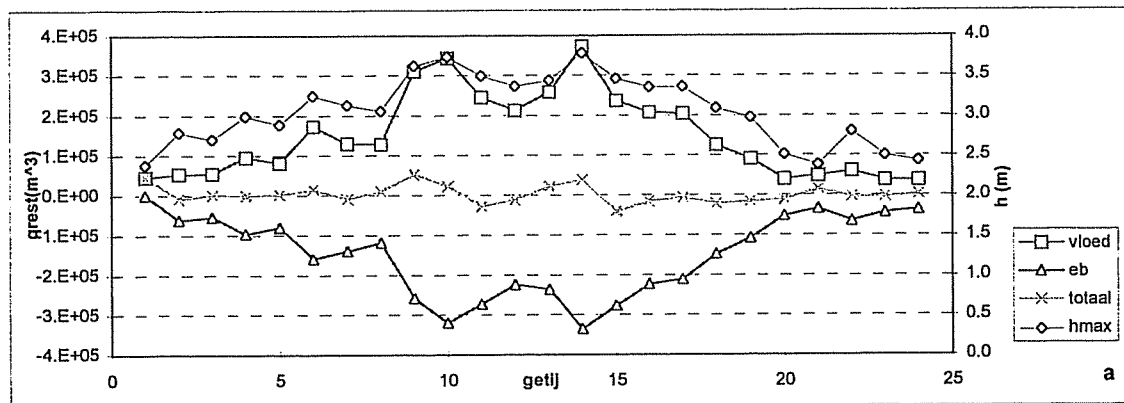
Tabel 5-1 Restdebieten over één doottij-springtijcyclus (in m^3).

Over het schor N stroomt netto een waterdebiet het gebied in. Door de geul stroomt netto een waterdebiet het gebied uit; over schor Z stroomt netto een klein gedeelte het gebied in. Ten opzichte van de andere restdebieten is dit relatief klein. In totaal stroomt in één doottij-springtijcyclus netto een kleine hoeveelheid water het gebied in. Waarschijnlijk zijn dit gevolgen van de bodemschematisatie en/of numerieke onnauwkeurigheden.

In Figuur 5-18 en Figuur 5-19 staan de totale eb- en vloeddebieten per getij in voorjaar '96 en najaar '96 uitgezet tegen de hoogte van het hoogwater. Eén getij bestaat uit een vloed en het daarop volgende eb.

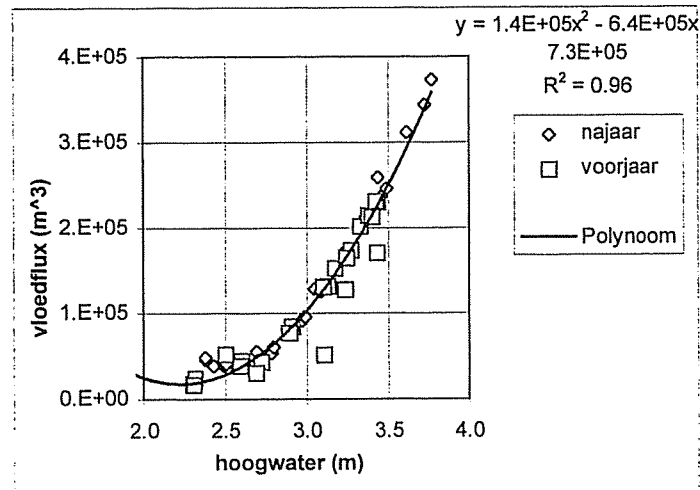


Figuur 5-19a restdebeten (m^3) per getij voor een doortij-springtij cyclus in voorjaar '96 uitgezet tegen de hoogwaters.



Figuur 5-19b restdebeten (m^3) per getij voor een doortij-springtij cyclus in najaar '96 uitgezet tegen de hoogwaters.

Het vloeddebiet is direct afhankelijk van de hoogte van het hoogwater. Dit is te zien in Figuur 5-19a en Figuur 5-19b. De ebvolumina zijn in het eerste gedeelte van de doortij-springtij cyclus gelijk aan de vloedvolumina. Bij een hoog hoogwater blijven de ebvolumina achter bij de vloedvolumina. De restfluxen zijn dan positief; er blijft dan water in het gebied achter. Dit is onder andere te zien in getij 9 en 14 bij najaar '96 en getij 7 en 9 bij voorjaar '96. Na het hoogste hoogwater stroomt er meer water het gebied uit dan in. De restflux is dan negatief. Voorbeelden hiervan zijn getijden 11 en 15 bij najaar '96 en getijden 15 en 19 bij voorjaar '96. Beide berekeningen vertonen globaal eenzelfde beeld. Bij springtij is de restflux positief, dus het gebied in, bij doortij is de restflux negatief, dus het gebied uit.



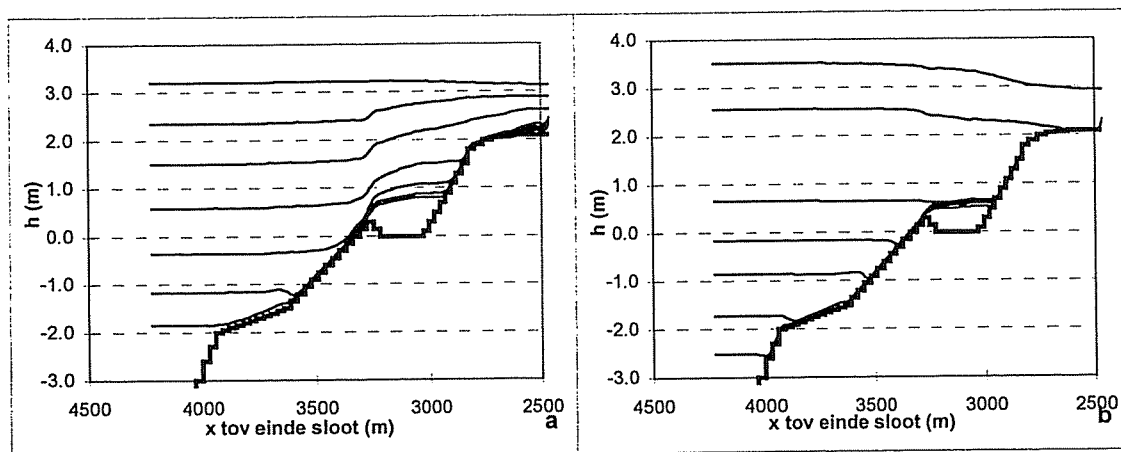
Figuur 5-20 verband tussen hoogwaters en vloedvolumina

De nauwkeurigheid van de berekeningen valt te halen uit de vergelijking van de calibratieberekeningen uit zomer '96. Met name uit die van de debieten. Bij lage hoogwaters

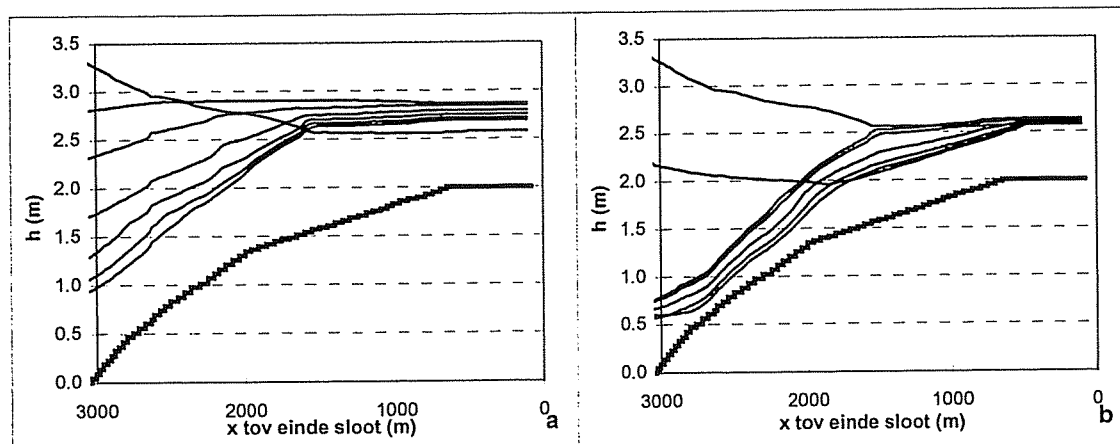
komen deze goed overeen. Bij een hoog springtij, met een hoogwater van NAP +3.30m, zijn zowel de berekende als de gemeten debieten kleiner berekend dan gemeten. Als gevolg van alle onzekerheden valt niet te zeggen of de grootste fout bij de berekeningen of de metingen zit. De verhoudingen van ebvolume ten opzichte van vloedvolume zijn bij de berekening en bij de meting gelijk. Gezien de resultaten van calibratie van MP3 en MP4, lijkt het gebied te snel leeg te lopen. Als deze observatie wordt toegevoegd aan het beeld van Figuur 5-18 en Figuur 5-19, kan verondersteld worden dat de karakteristieke eigenschap van vollopen bij springtij en leeglopen in de getijden daarna, sterker aanwezig is dan uit de berekeningen valt af te leiden.

5.5 Verhanglijnen

In Figuren 5-21 en 5-22 staan verhanglijnen getekend in de geul en in de sloot bij een hoog springtij. De verhanglijnen van de geul lopen tot het eind van de gegraven geul; de verhanglijnen van de sloot beginnen bij de zijtak. Op de x-as staan de x-waarden ten opzichte van het einde van de sloot; op de y-as staan de waterstanden.



Figuur 5-21 verhanglijnen in de geul bij eb (a) en vloed (b) bij springtij. De verhanglijnen hebben een tussentijd van 1 uur, met de eerste bij eb onderaan en de eerste bij vloed bovenaan. De dikke lijn is de bodem.



Figuur 5-22 verhanglijnen in de sloot bij vloed (a) en eb (b) bij springtij. De verhanglijnen hebben een tussentijd van 1 uur, met de eerste bij eb onderaan en de eerste bij vloed bovenaan. De dikke lijn is de bodem.

Tussen de brug en de zijtak ($x=3000\text{m}$) is duidelijk de drempel van de brug te zien. Het water kan niet door de drempel heen. De verhanglijnen geven inzicht in de waterstanden bij het vollopen en leeglopen van de geul en de sloot. Opvallend is de bijna horizontale waterspiegel aan het einde van de sloot ($x < 1500\text{m}$) bij vloed en in mindere mate bij eb. Tussen de brug en de zijtak ($x=3000\text{m}$) is duidelijk de drempel van de brug te zien. Het water kan niet door de drempel heen. De waterhoogtes zijn aan het begin van de sloot groter bij eb en kleiner bij vloed. De verhanglijnen in de sloot vertonen zowel bij vloed als bij eb in de sloot een vrij sterk verhang (voor $x > 1500\text{m}$).

In de geul zijn alle verhanglijnen van de rand tot aan de brug nagenoeg horizontaal indien de geul niet droogstaat. Tussen de brug en de zijtak (x=3000m) is duidelijk de drempel van de brug te zien. Het water kan niet door de drempel heen. De verhanglijnen in de geul van de brug naar het einde van het gebied toe vertonen zowel bij eb als bij vloed een vrij sterk verhang.

5.6 Berekeningen getijvolumina

Voor het Sieperdaschor is op vier momenten het getijvolume berekend.

- 1- Voor de situatie in 1992 toen de opening in de weg nog gevormd werd door een duiker geschiedde. De berekeningen zijn uitgevoerd met het 1-D waterbewegingsmodel DUFLOW.
- 2- In 1996 zijn stroomsnelheden gemeten en waterhoogtes en hieruit zijn de debieten berekend van het water dat door de opening van de weg stroomt. Dit is gedaan door Sanchez ea (1998).
- 3- Door Sanchez ea (1998) zijn berekeningen gemaakt met het 1D model DUFLOW. De randvoorwaarden die gebruikt zijn, zijn uit voorjaar '96. De bodemschematisatie is een combinatie van de gegevens uit de hoogtemetingen uit 1994 en eigen interpretatie van de grootte van de sloot.
- 4- De berekeningen zoals beschreven in dit rapport. De gebruikte randvoorwaarde is gelijk aan 3. Verschillend is dat de bodem nauwkeuriger is geschematiseerd. Dit is mogelijk omdat een 2DH model is gebruikt.

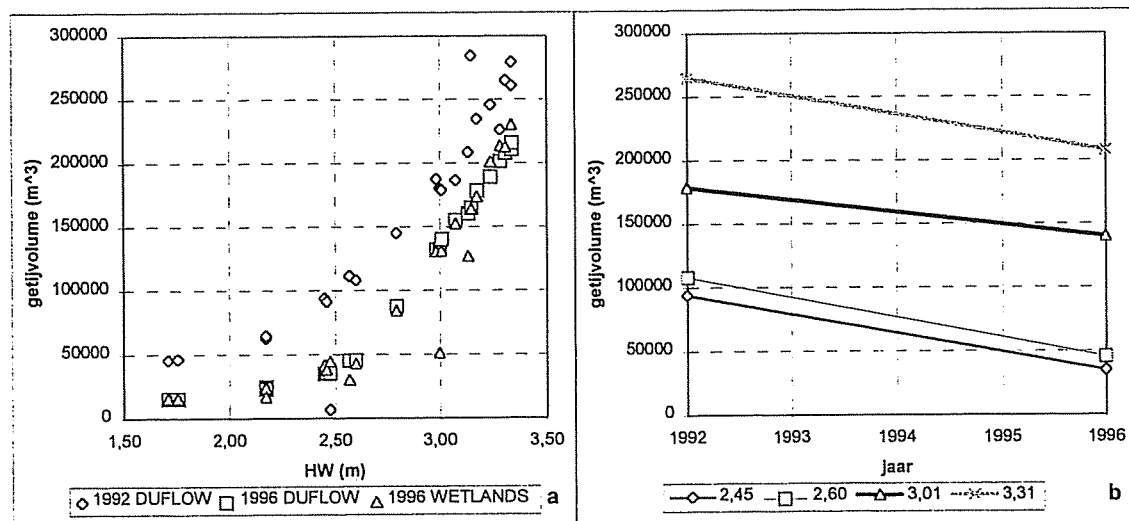
In onderstaande tabel zijn berekende en gemeten getijvolumina vergeleken.

HW (m)	DUFLOW 1992		WETLANDS 1996		Sanchez ea 1996	
	brug	totaal	brug	totaal	brug	totaal
3.3			157079	238629	224044	
2.96			94982	95657	94160	
2.59		93100				
2.99		382200				

Tabel 5-2 Berekende getijvolumina

Uit Tabel 5-2 volgt dat de berekende en gemeten getijvolumina van WETLANDS en Sanchez ea goed overeen komen bij een hoogwater van 2.96m. Bij een hoogwater van 3.30m is het verschil groter. De berekeningen met DUFLOW uit 1992 geven dusdanig afwijkende uitkomsten, dat de betrouwbaarheid hiervan waarschijnlijk niet erg groot is.

In Figuur 5-23 zijn de berekende getijvolumina van de DUFLOW berekeningen uit 1992 en 1996 en de WETLANDS berekening uit 1996 met elkaar vergeleken.



Figuur 5-23 Getijvolumina voor verschillende berekeningen

Uit Figuur 5-23a volgt dat de getijvolumina van de berekeningen uit 1996 ongeveer gelijk zijn, terwijl die uit 1992 groter zijn. In Figuur 5-23b is dit duidelijker uitgezet.

5.7 Analyse resultaten

De berekende en de gemeten waterstanden komen redelijk tot goed overeen. De berekende waarden ten opzichte van de gemeten waarden hebben op sommige punten een typisch andere vorm, zoals bijvoorbeeld bij MP3. Aangezien de meetpunten of aan het begin van het gebied stonden of aan het einde, valt er moeilijk iets te zeggen over wat er tussenin gebeurt. Het meetpunt halverwege de sloot waar door Sanchez *et al.* (1998) is gemeten geeft hier wel informatie over, maar in dit punt komen de berekende waarden slecht overeen met de gemeten waarden. De oorzaak hiervan is niet duidelijk.

Om naar de totale waterbeweging te kijken zijn de stroomsnelheden en vooral de debieten halverwege de sloot en ter plaatse van de brug interessant. Ter plaatse van de brug komen deze redelijk overeen; in de sloot minder. Typisch is dat de stroomsnelheden in de berekening een verkeerde vorm hebben: na kentering treedt wel de grootste ebsnelheid op, maar de grootte daalt te langzaam. Dit kan veroorzaakt worden doordat de sloot niet goed gemodelleerd is. Het gevolg is dat bij het kijken naar de maximaal optredende stroomsnelheden deze waarden relatief van elkaar gezien moeten worden. Ze gelden niet direct als maat voor erosie en sedimentatie.

6. TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

6.1 Inleiding

De toekomstige ontwikkeling wordt beschreven aan de hand van veranderingen ten opzichte van de huidige situatie. Deze is zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken. Gezien de huidige situatie is te verwachten dat het gebied zich verder zal ontwikkelen. Sommige krekens zullen nog verder uitschuren, andere zullen dichtslippen. Gezien de snelheid van de veranderingen op dit moment valt te verwachten dat de veranderingen zonder extra ingrepen niet erg snel meer zullen verlopen. Er zijn globaal twee uiterste ontwikkelingsscenario's mogelijk (Storm et al., 1997), met daartussen allerlei tussenvormen:

- 1- De geul breidt zich uit tot aan het einde in het gebied, het gehele gebied komt sterker onder invloed van het getij.
- 2- De getij-involed is te klein om het gehele gebied te overstroomen. Achterin het gebied zal een brakwatermoeras ontstaan.

Op dit moment is Zeeuws-Landschap de beheerder van het gebied. Zij hebben geen plannen voor het gebied. Rijkswaterstaat zou deze wel kunnen hebben. Te denken valt aan maatregelen om de ontwikkeling van het gebied te beïnvloeden. Hiervoor zijn een aantal beheersscenario's doorgerekend. Deze zijn het intensiever begrazen van het gebied, waardoor de wrijving van het schor afneemt, en het veranderen van de opening in de weg, waardoor de weerstand bij uitstroming verlaagd wordt. Het veranderen van de weerstand bij uitstroming heeft invloed op onder andere de grootte van het staandwater areaal achterin het gebied en de ontwikkeling van de gegraven geul.

6.2 Scenario 1: intensievere begrazing

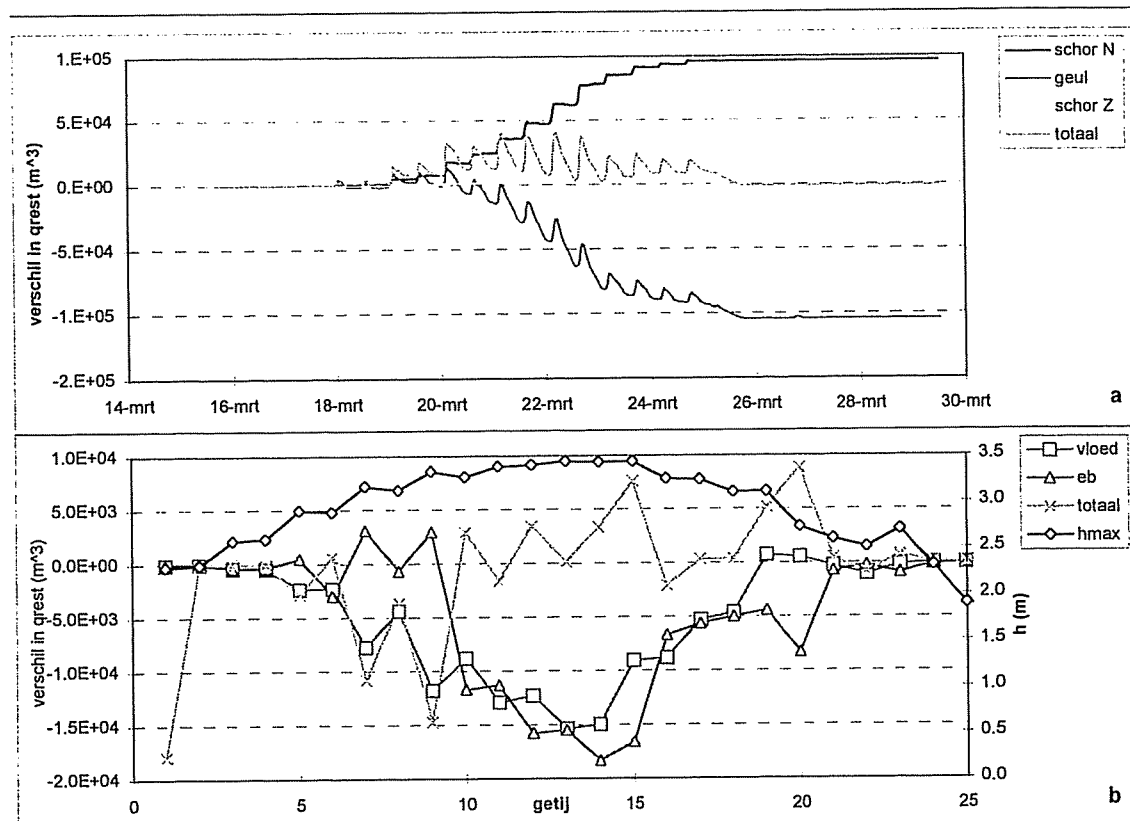
6.2.1 Beschrijving

Door toename van de begrazing wordt de begroeiing korter en wordt de wrijving in het gebied lager. Er is een berekening gemaakt waarbij de vegetatie vanaf de zijslot (x=2600m) tot achterin het gebied weg is. De ingevoerde wrijvingsparameter voor dit gebied is 30; met vegetatie was deze 5. De berekening is gemaakt over een gehele doottij-springtijcyclus. De gebruikte randvoorwaarde is van voorjaar '96.

6.2.2 Resultaten

In Figuur 6-1 staan de berekende debieten ter plaatse van de brug met begrazing vergeleken met die zonder begrazing. Er stroomt in een totale doottij-springtij cyclus meer water het gebied in over het schor. In dezelfde periode stroomt er meer water het gebied uit door de geul. Uit de totaal lijn van Figuur 6-1a volgt dat er meer water het gebied instroomt; dit debiet stroomt tijdens hetzelfde getij voor het grootste gedeelte ook weer uit het gebied. In totaal is er ongeveer 100.000 m³ water meer het gebied in- en uitgestroomd in de beschouwde periode. Dit is een toename van 20% ten opzichte van de oorspronkelijke situatie.

Uit Figuur 6-1b volgen de verschillen in restdebieten per getij. Alle vloeddebieten zijn met begrazing groter. Hetzelfde geldt voor de meeste ebdebieten. De vloeddebieten zijn maximaal 150.000 m³ groter dan in de oorspronkelijke situatie. Dit is ongeveer een toename van 10%. De restdebieten bij springtij zijn kleiner als het gebied intensiever begraasd wordt.



Figuur 6-1 verschillen in restdebieten met begrazing ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. In a staan de gesommeerde restdebieten; in b staan de restdebieten voor elk getij afzonderlijk. Schor N is de het schor aan de noordzijde van de geul, schor Z is het schor aan de zuidzijde van de brug.

6.2.3 Interpretatie

Intensievere begrazing heeft tot gevolg dat de ebvolumina en de vloedvolumina groter worden. De stroomsnelheden in de kreek zijn groter dan in de oorspronkelijke situatie. Het gebied gaat zich sneller ontwikkelen. Als gevolg van deze beheersmaatregel wordt het restdebiet bij springtij kleiner, het staandwaterareaal neemt dus af.

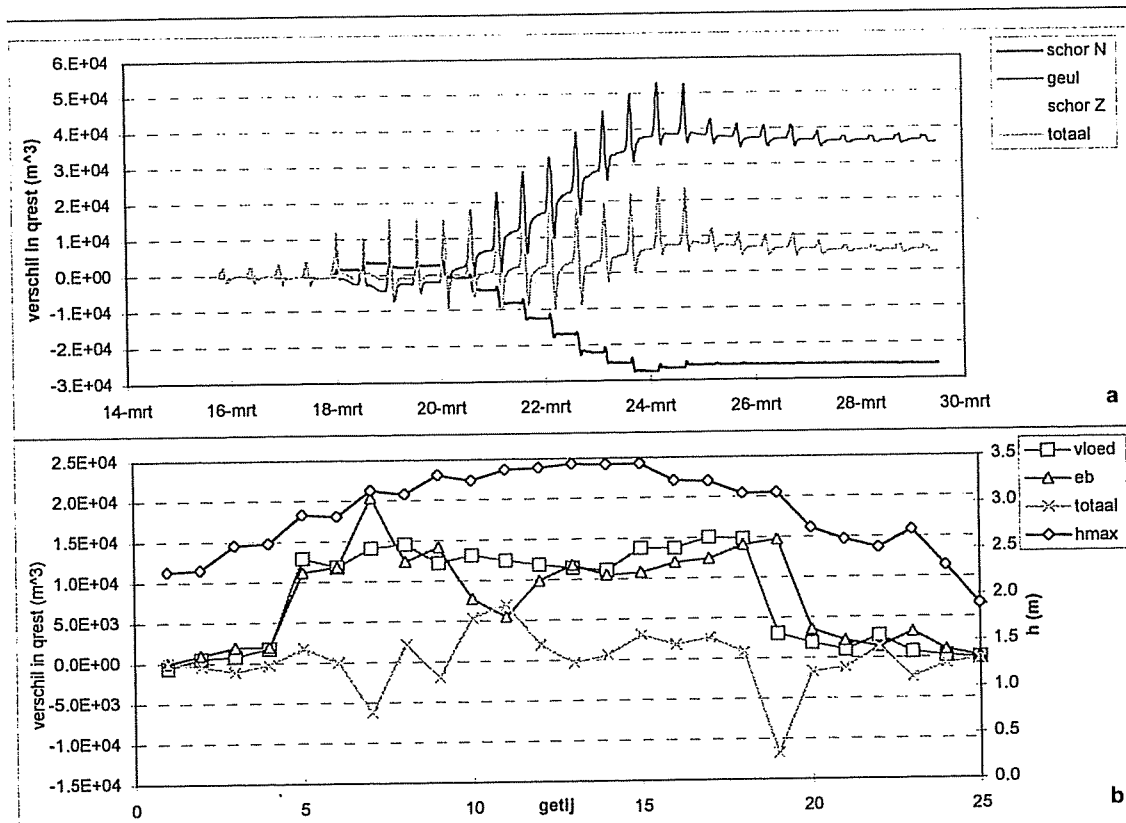
6.3 Scenario 2: kleiner doorstroomprofiel brug

6.3.1 beschrijving

In de Interim-evaluatie (1998) is als een mogelijke beheersmaatregel genoemd om het doorstroomprofiel van de brug te verkleinen. Omdat de brug een knelpunt is bij de leegstroming van het schor, wordt met deze ingreep beoogd om het staand water areaal achterin het schor te vergroten. Er is een berekening gemaakt waarbij het doorstroomprofiel van de brug met 50% verkleind is. De berekening is gemaakt over een gehele doortij-sprintijcyclus. De gebruikte randvoorwaarde is van voorjaar '96.

6.3.2 Resultaten

In Figuur 6.2 staan de berekende debieten ter plaatse van de brug met een verkleind doorstroomprofiel vergeleken met die in de oude situatie.



Figuur 6-2 verschillen in restdebieten (m^3) met kleiner doorstroomprofiel ten opzichte van de oude situatie. In a staan de gesommeerde restdebieten; in b staan de restdebieten voor elk getij afzonderlijk. Schor N is het schor aan de noordzijde van de geul, schor Z is het schor aan de zuidzijde van de brug.

Uit Figuur 6-2a volgt dat er meer water in het gebied achterblijft aan het einde van de doortij-springtij-cyclus. Over het schor stroomt minder water het gebied in; door de geul stroomt minder water het gebied uit. Dit is ongeveer $5000 m^3$. De eb- en vloedvolumina zijn ongeveer $10000 m^3$ kleiner dan de in de oorspronkelijke situatie. Dit is 5% van het maximale vloeddebiet. In de restdebieten per getij zijn geen grote verschillen terug te vinden als gevolg van het verkleinen van het doorstroomprofiel van de brug.

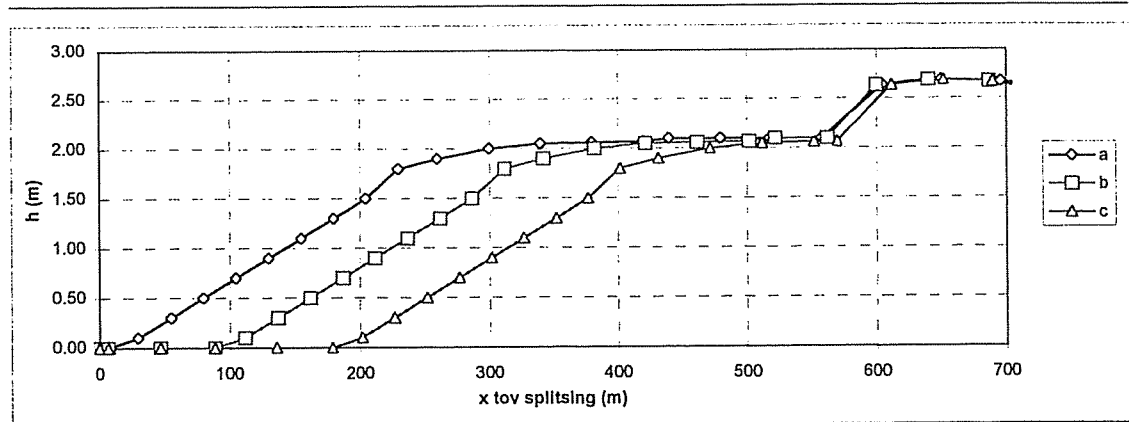
6.3.3 Interpretatie

De ingreep heeft het beoogde effect om het staandwaterareaal achterin het gebied te vergroten. Globaal komt dit tot uiting in de berekende debieten doordat de restdebieten groter worden. Dit is het geval. Rond getij 7 is de ebflux in absolute zin kleiner bij een verkleind doorstroomprofiel van de brug. Het verkleinen van het doorstroomprofiel ter plaatse van de brug heeft als gevolg dat de vloeddebieten afnemen. Dit kan leiden tot een afname van de staandwaterarealen, doordat de getij-indringing kleiner wordt.

6.4 Scenario 3: ontwikkeling geul

6.4.1 beschrijving

De gegraven geul ontwikkelt zich langzaam verder. Om de ontwikkeling van de geul te bekijken, is de aanloop van de splitsing tot aan de stijgende bodem verlengd. De vorm van de geul is gelijk gehouden. De ligging van het einde van het slik, dat in het verlengde van de geul ligt, is niet verplaatst. In Figuur 6-3 staat een en ander grafisch weergegeven.

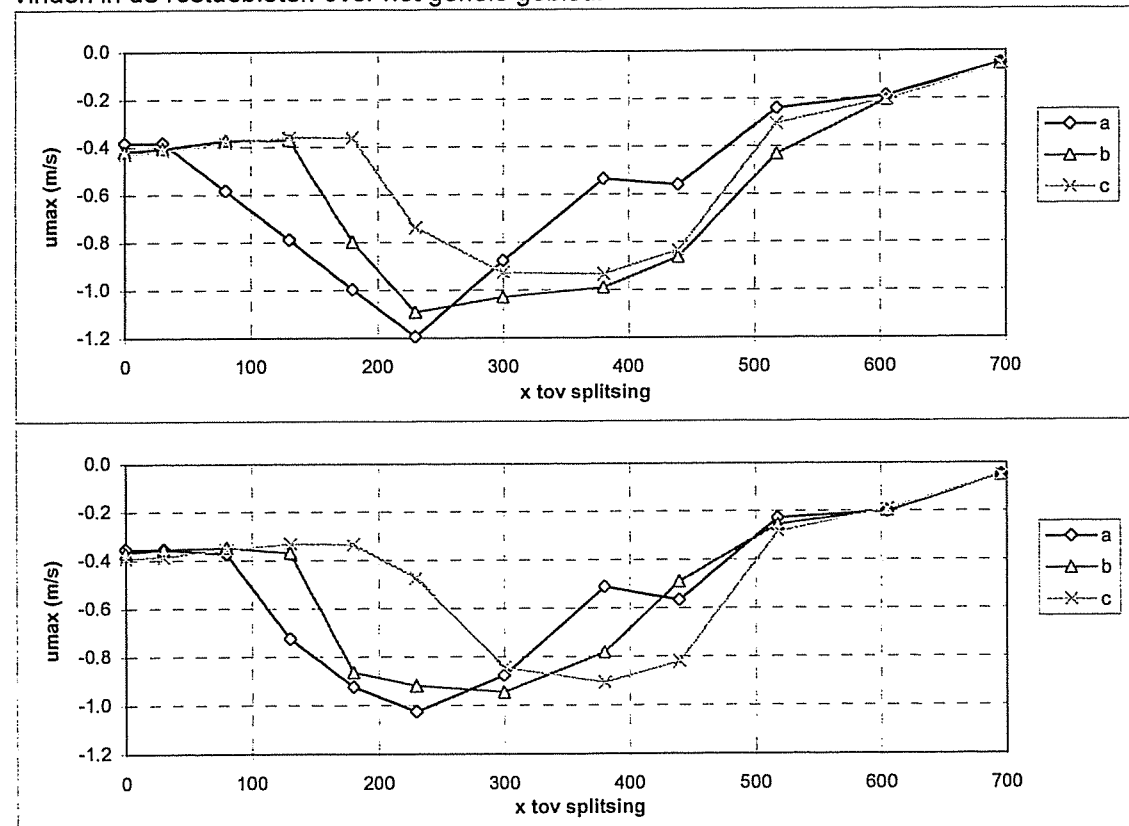


Figuur 6-3 ontwikkeling geul

Bij de berekeningen is gekeken naar de maximaal optredende stroomsnelheden bij eb. Sanchez ea (1998) beschrijven de verplaatsing van het kilf als gevolg van achterwaartse insnijding. Dat wil zeggen: erosie in tegengestelde richting van de stromingsrichting. Doordat de stroomsnelheden bij eb groter zijn en de stroming dan geconcentreerd is in de geulen, treedt bij eb de erosie op die de kilf doet verplaatsen. De berekeningen zijn uitgevoerd met het huidige doorstroomprofiel van de brug en een vergroot doorstroomprofiel van de brug.

6.4.2 Resultaten

In Figuur 6-4 staan de maximaal optredende ebsnelheden weergegeven. Aangezien de verplaatsing van de geul een lokaal effect heeft op de waterbeweging, is dit niet terug te vinden in de restdebielen over het gehele gebied.



Figuur 6-4 maximale ebsnelheden bij gelijk doorstroomprofiel brug (boven) en vergroot doorstroomprofiel brug (onder)

De maximale stroomsnelheden bij eb treden op ongeveer halverwege het gedeelte van de geul met een sterk bodemverhang.

6.4.3 Analyse

Er is een duidelijke trend zichtbaar: als de klif verder van de splitsing ligt, verplaatst het punt met de maximale stroomsnelheid in dezelfde richting. Tevens neemt de grootte van de maximale stroomsnelheid af. Het vergroten van het doorstroomprofiel van de brug heeft tot gevolg dat de maximale stroomsnelheden toenemen. Dit alles indien de geul zich ontwikkelt zoals beschreven in Figuur 6-3 en de tekst in paragraaf 6.4.2 in ogenschouw wordt genomen.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Conclusies

De conclusies van het onderzoek zijn de volgende:

waterbeweging op het schor

De getijvolume in het Sieperdaschor is direct afhankelijk van de hoogte van het hoogwater. Het water stroomt het gebied binnen door de geul en als het hoogwater hoog genoeg is ook over het schor ten noorden van de geul. Het water stroomt het gebied uit door de geul. Dit patroon is ook terug te vinden meer achterin het, maar daar zijn de debieten kleiner.

resultaten modellering

Het waterbewegingsmodel WETLANDS is in staat om de waterbeweging in het Sieperdaschor te modelleren zonder dat er numerieke oscillaties optreden in de waterstanden en stroomsnelheden, zoals bij berekeningen met DUFLOW. De berekende waterstanden komen redelijk overeen met de gemeten waarden. Op de plaatsen tussen de metingen is over de betrouwbaarheid van de resultaten minder te zeggen. De maxima van de stroomsnelheden worden redelijk weergegeven; het verloop in tijd minder goed. De uitdemping van de stroomsnelheden is niet groot genoeg. De reden hiervoor is onduidelijk.

toekomstscenario's

Op basis van de optredende maximale ebsnelheden zal de geul zich verder ontwikkelen, maar met een afnemende snelheid. Het verkleinen van het doorstroomprofiel van de brug heeft als effect dat het restdebiet in absolute zin bij springtij groter wordt en daarmee het staandwater areaal achterin het gebied toeneemt. Dit komt overeen met de verwachting, omdat de uitstroming beperkt wordt. Het effect van intensievere begrazing is dat de debieten en stroomsnelheden groter worden. Het gebied gaat zich daardoor sneller ontwikkelen.

Aanbevelingen

De aanbevelingen van het onderzoek zijn de volgende.

nauwkeurigheid resultaten verbeteren

Om nauwkeuriger resultaten te krijgen, is een gedetailleerdere bodemschematisatie gewenst. Om betere calibratie te krijgen, zijn meer meetgegevens gewenst. Dit is met name het geval in de sloot en over een hele dwarsraai aan het begin van het gebied.

gebruik WETLANDS

Het programma WETLANDS zou op een aantal punten verbeterd kunnen worden. Met name is dit het geval wat betreft de gebruiksvriendelijkheid. Opgemerkt dient te worden dat het programma in de vorm zoals het hier gebruikt is, niet voor algemeen gebruik geschreven was. In bijlage IV staat een en ander uitgebreider beschreven.

gebruik resultaten

Het effect van de waterbeweging op de morfologie is hier niet bekeken. Het verloop van het getijvolume in de loop der tijd is niet uitgebreid bekeken. Het verdient aanbeveling om dit verder te onderzoeken.

LITERATUUR

- Bayliss-Smith, T.P., Healy, R., Lailey, R., Spencer, T., Stoddart, R.D. (1979) Tidal Flows in Saltmarsh Creeks. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 9, 235-255
- Boon, J.D. (1973). Sediment transport processes in a salt marsh drainage system. Ph.D thesis, College of William and Mary, Williamsburg, Va. 226p.
- Brutsaert, W.H. (1982), *Evaporation into the atmosphere; theory, history and applications*. D. Reidel Company, Boston, 199p
- Burke R.W., Stolzenbach, K.D. (1983) Free surface flow through salt marsh grass. MIT Sea Grant College Program, MIT, Cambridge, MA, USA, MITSG 83-16.
- Cassuli V. (1990). Semi-implicit finite difference methods for the two dimensional finite shallow water equations. *J. Comp. Phys.* 86, 56-74.
- Chow, V.T. (1959). T.P. Healy, R., Laily, R., Spencer, T., Stoddart, R.D. (1979) Tidal Flows in Saltmarsh Creeks. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 9, 235-255.
- Dekker, L. (1992). *Getijdeberekeningen Selenapolder*. RIKZ Notitie AXI 92.108.
- Fletcher, C.A.J. (1988). "Computational techniques for fluid dynamics, Volume II: Specific Techniques for different flow categories." Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 493 pp. ISBN 3-540-53601-9.
- French J.R. & Stoddart D.R. (1992). Hydrodynamics of salt marsh creek systems: implications for marsh morphological development and material exchange. *Earth Surface Processes and Landforms*, (1992) 17: 235-252.
- Healey, R.G., Pye, K., Stoddart, D.R., Bayliss-Smith, T.P. (1981) Velocity variations in salt marsh creeks, Norfolk, England. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 13, 535-545.
- Kornman, B.A. en Van Doorn K. (1997), *Morfologische ontwikkeling van het Sieperdaschor*. Werkdocument RIKZ/OS-97.880x
- Moermond, C. (1994). *Van Selenapolder naar Sieperdaschor. Over de ontwikkeling van een ondergelopen polder in de Westerschelde*. Werkdocument RIKZ/AB-94.861x. Middelburg.
- Leonard, A.L., Luther, M.E. (1995) Flow hydrodynamics in tidal marsh canopies. *Limnology and Oceanography* 40(8), 1474-1484.
- Leendertse, J.B. (1970), *A water quality simulation model for well mixed estuaries and coastal seas : Vol. I, principles of computation*. Report RM-6230-RC, Rand Corp., Santa Monica, CA. (unpubl.)
- Molen, J. van der (1997). *Tides in a Salt-Marsh (Great Marshes, Barnstable, Cape Cod, USA)*. Doctors thesis, Free Univesity of Amsterdam, 104 pp.
- Pethick, J.S. (1980), Velocity surges and asymmetry in tidal channels. *Estuarine, Coastal and Marine Science* 11, 331-345.
- Pethick, J., Leggett, D. (1990) Boundary layers under salt marsh vegetation developed in tidal currents. In: *Vegetation and Erosion*, Thornes, J.B., ed., John Wiley & Sons, Ltd.
- Sanchez Leal R.F., C. Storm en H. Verbeek (1998). *Wetland restoration: from former polder to tidal marsh. Hydrodynamical and morphodynamical changes in the Sieperdaschor after breaching of the sea wall in 1990*. Concept RIK werkdocument, RIKZ\OS-98.809.x.
- Shi, Z., Pethick, J.S., Pye, K. (1995) Flow structure in and above various heights of a saltmarsh canopy: a laboratory flume study. *Journal of Coastal Research* 11, 1204-1209.
- Stikvoort E. (1997). *2e voortgangsrapportage monitoring Sieperdaschor*. Werkdocument RIKZ/AB-97.819x
- Stikvoort E. (1996) *Voortgangsrapportage monitoring Sieperdaschor* Werkdocument RIKZ/AB-96.816x

Stikvoort E, De Winder. B et al (1998). Sieperdaschor, van polder naar schor. Interim evaluatie 1990-1996. Rapport RIKZ - 98.002

Storm C. (1996). Veldimpressie Sieperdaschor Voorjaar 1996. Werkdocument RIKZ/OS-96.825X

Storm C. (1997). Morphodynamics of a former polder (Sieperdaschor) after breaching of the summer dike in the Scheldt estuary, SW Netherlands Congres verslag

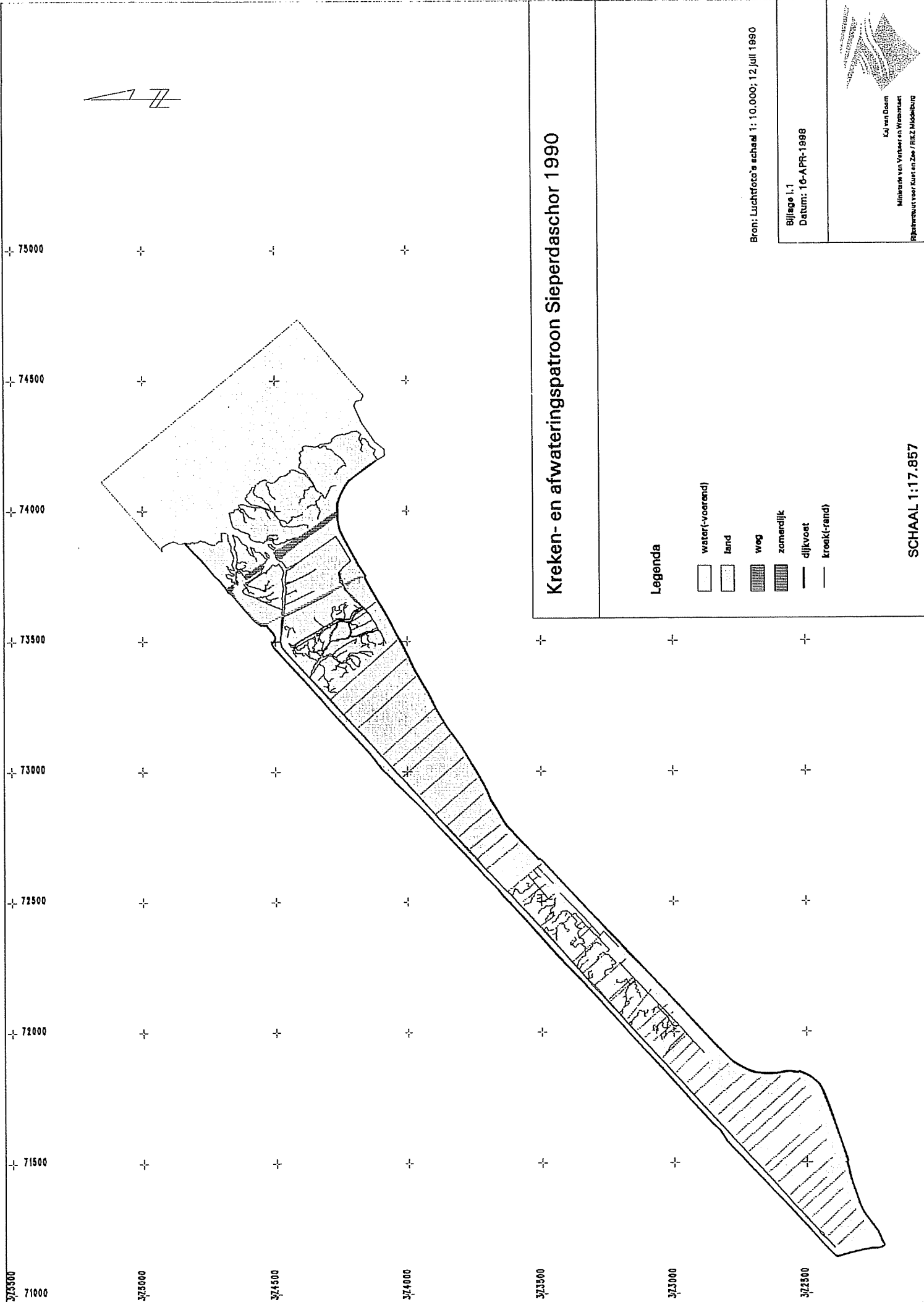
Thompson J.F., Warsi, Z.U.A., Mastin, C.W. (1985). "Numerical grid generation: foundations and applications." North Holland, New York, 483 pp. ISBN 0-444-00985-X.

ZLMD (1996). Waterstands metingen Selenapolder Land van Saefthinghe, 5 maart t/m 2 april 1996. Meetdienst Zeeland, notitie nr. ZLMD-96.N.027.

ZLMD (1996). Waterstands metingen Selenapolder Land van Saefthinghe, 17 sept. t/m 15 oct. 1996. Meetdienst Zeeland, notitie nr. ZLMD-96.N.023.







BIJLAGEN

- BIJLAGE I.1: kreken en-afwateringspatroon Sieperdaschor 1990
 - BIJLAGE I.2: kreken en-afwateringspatroon Sieperdaschor 1995
 - BIJLAGE I.3: GIS kaart
 - BIJLAGE I.4: Begroeiing Sieperdaschor 1995
 - BIJLAGE I.5: Landgebruik Sieperdaschor 1997
 - BIJLAGE II.1: Resultaten DUFLOW berekening 1996
 - BIJLAGE III: Grid
 - BIJLAGE IV: Bevindingen werken met WETLANDS
 - BIJLAGE V: Gebruikershandleiding
-



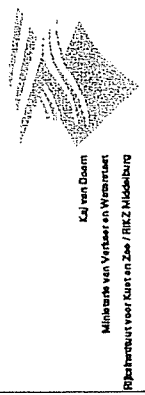
Kreken- en afwateringspatroon Sieperdaschor 1990

Legenda

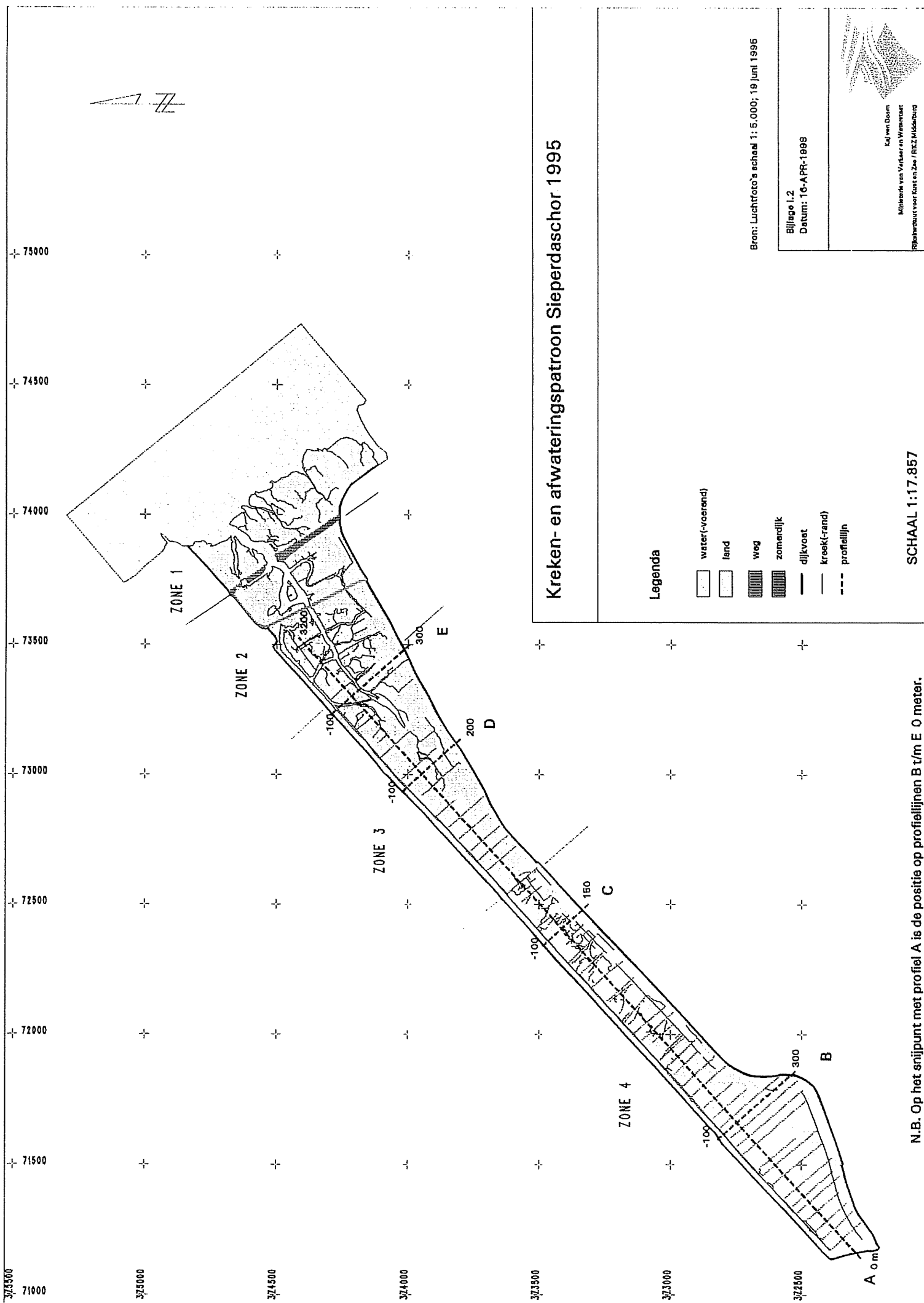
-  water(-voortend)
-  land
-  weg
-  zomerdijk
-  dijkvoet
-  kroek(-rand)

Bron: Luchtfoto's schaal 1: 10.000; 12 juli 1990

Bijlage 1.1
Datum: 16-APR-1998



SCHAAL 1:17.857



Kreeken- en afwateringspatroon Sieperdaschor 1995

Legenda

- water(-voarend)
- land
- weg
- zomerdijk
- dijkvoet
- kreek(-rand)
- profiellijn

Bron: Luchtfoto's schaal 1: 5.000; 19 juni 1995

Bijlage I.2
Datum: 16-APR-1998



Kaj van Doorn
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijksbureau voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

SCHAAL 1:17.857

N.B. Op het snijpunt met profiel A is de positie op profiellijnen B t/m E 0 meter.

Legenda

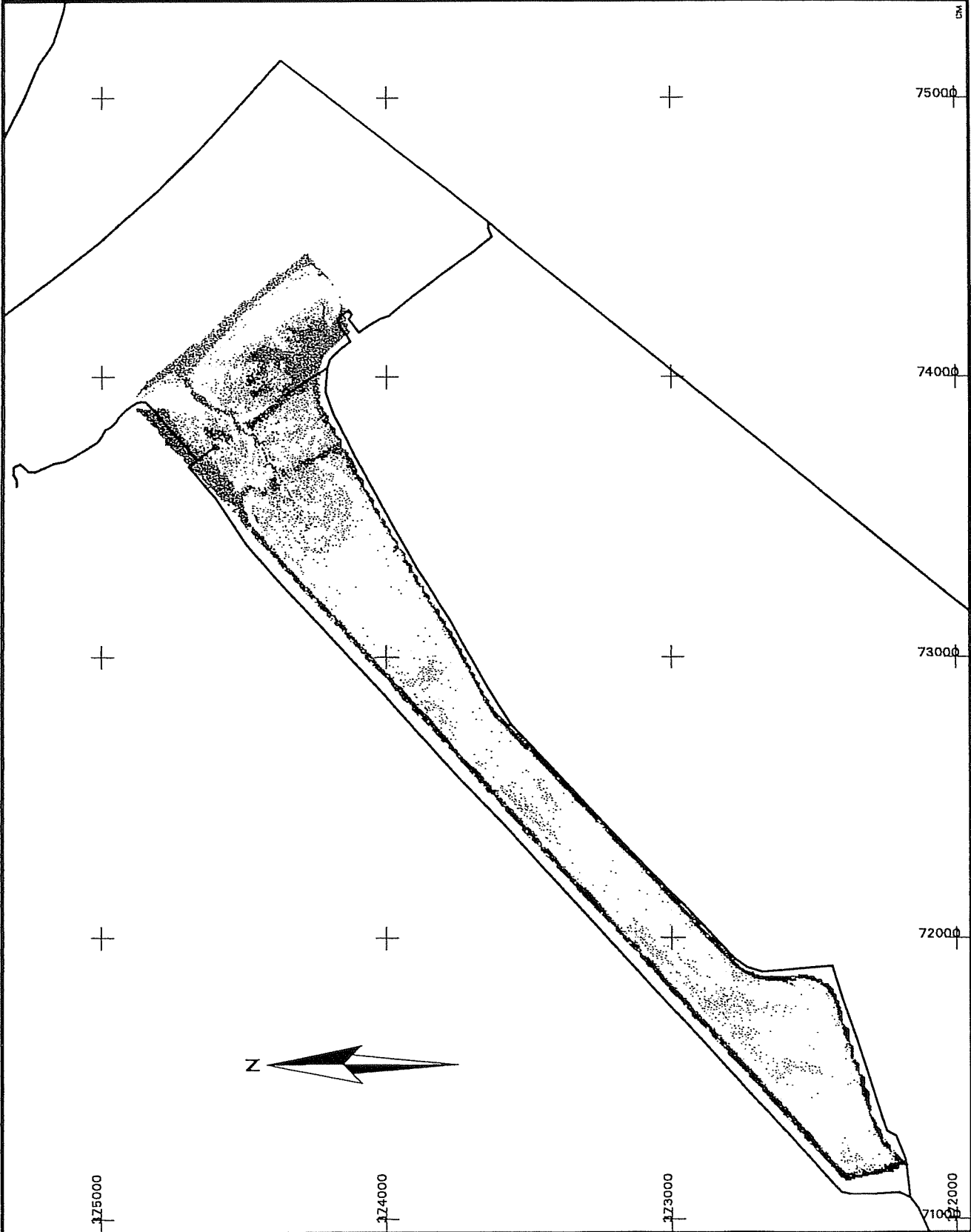
Diepten in m tov N.A.P.

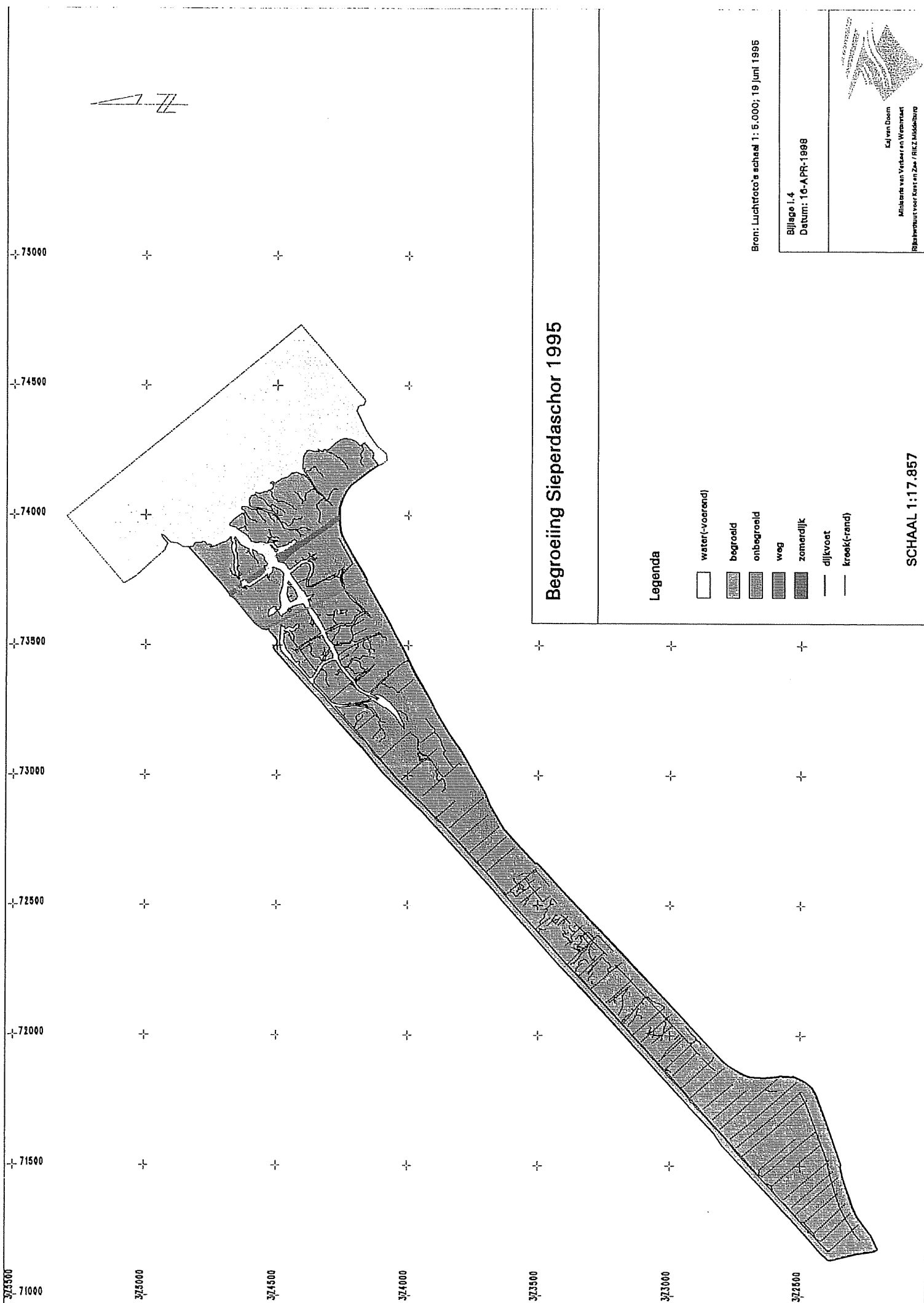


Schaal 1:20000

Rijksinstituut voor Kust en Zee

Sieperdaschor 1994





Begroeiing Sieperdaschor 1995

Legenda

- water(-voerend)
- begroeid
- onbegroeid
- weg
- zomerdijk
- dijkvoet
- kreek(-rand)

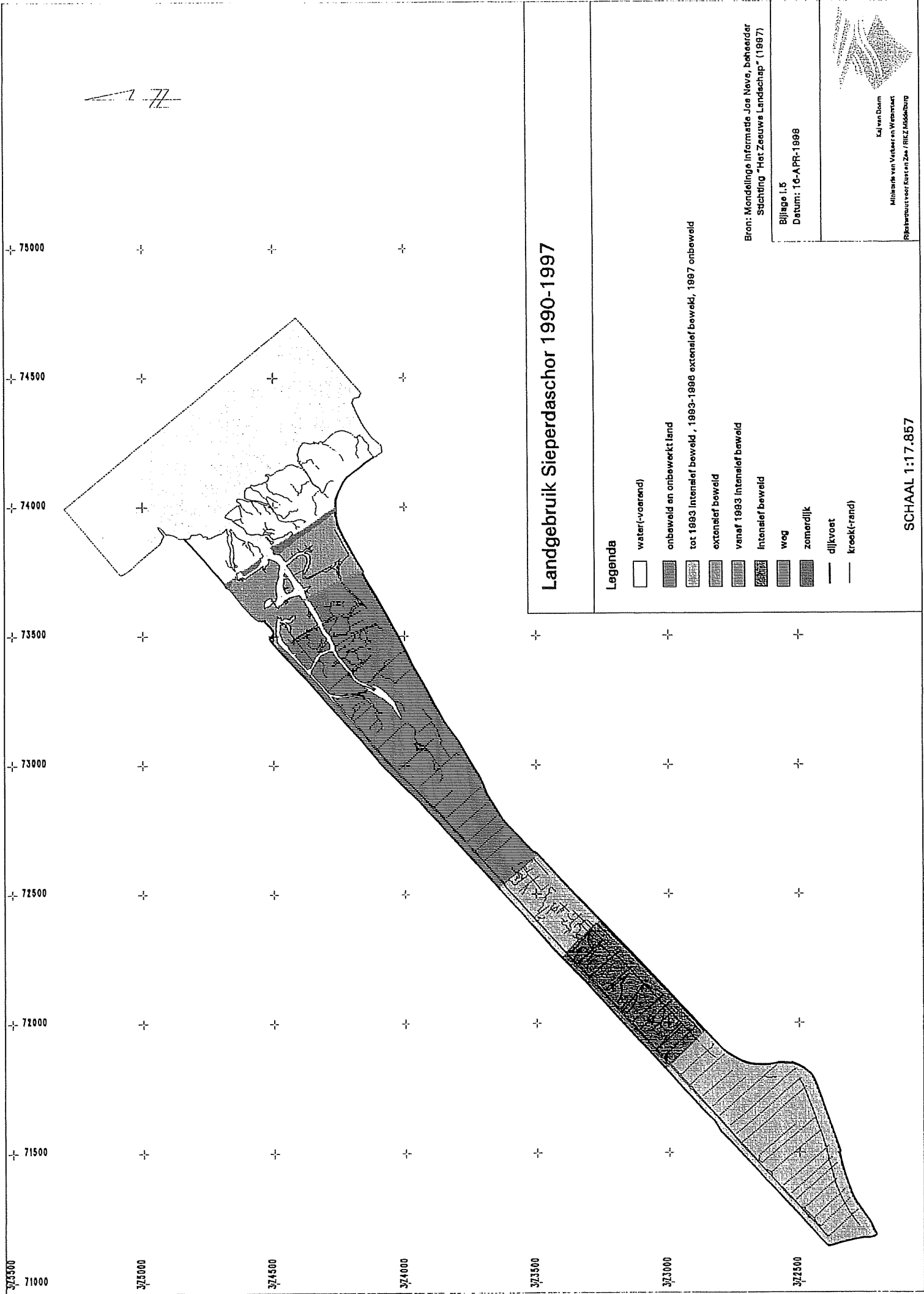
Bron: Luchtfoto's schaal 1: 5.000; 19 Juni 1995

Bijlage I.4
Datum: 16-APR-1998













Kaj van Doorn
Minister van Water en Wiermarkt
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ Nieuwburg

SCHAAL 1:17.857



Landgebruik Sieperdaschor 1990-1997

Legenda

-  water (-voerend)
-  onbeweeld en onbewerkt land
-  tot 1993 intensief beweeld, 1993-1998 extensief beweeld, 1997 onbeweeld
-  extensief beweeld
-  vanaf 1993 intensief beweeld
-  intensief beweeld
-  weg
-  zomerdijk
-  dijkvoet
-  kreek(-rand)

Bron: Mondelinge informatie Jos Nave, beheerder
Stichting "Het Zeeuws Landschap" (1997)

Bijlage 1.5
Datum: 16-APR-1998

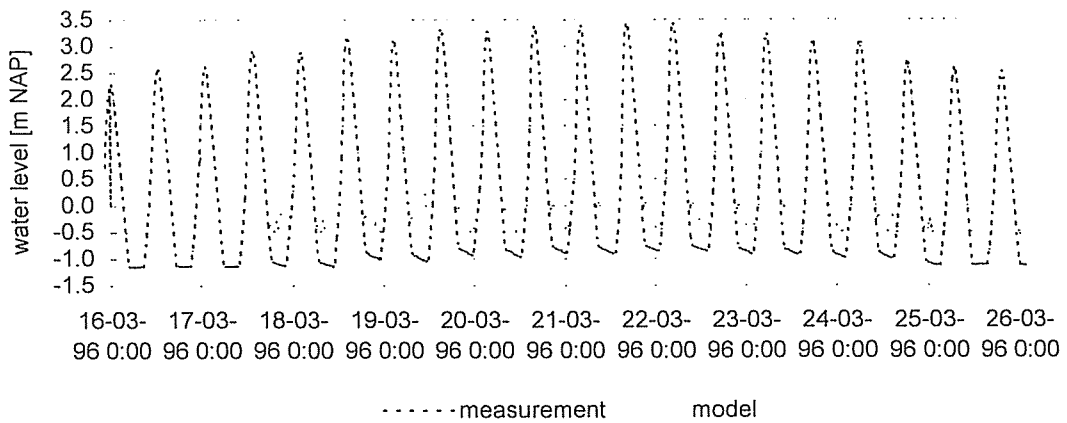


K. van Doorn
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijksinstituut voor Ruis en Zwaartmetaalonderzoek

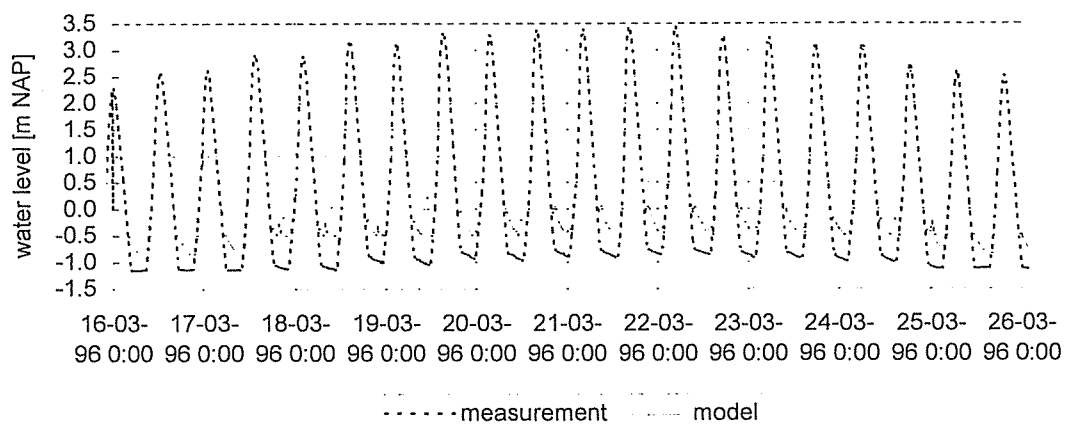
SCHAAL 1:17.857

BIJLAGE II.1: resultaten DUFLOW berekening 1996

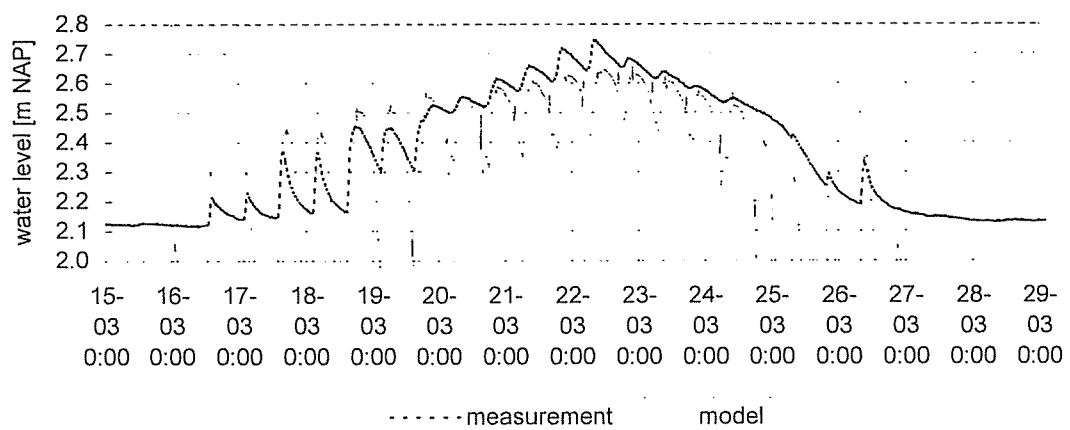
DUFLOW results MP4



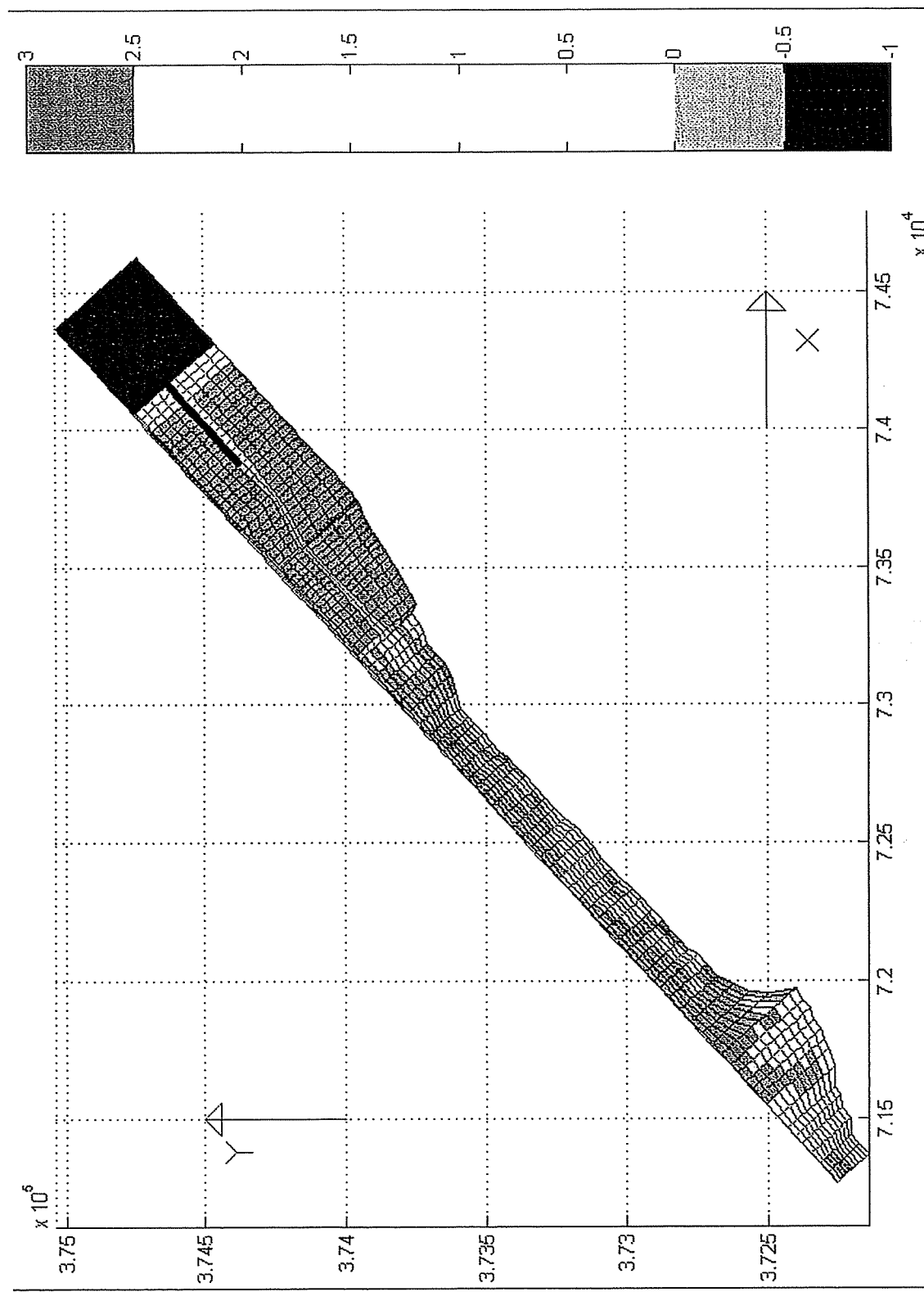
DUFLOW results MP4



DUFLOW results MP1



BIJLAGE III.1: Grid



BIJLAGE IV: Bevindingen werken met WETLANDS

In deze bijlage worden de bevindingen met het werken met WETLANDS besproken. Allereerst dient opgemerkt te worden dat het programma zich nog in een ontwikkelingsfase bevindt. Dit onderzoek is de eerste keer dat het programma gebruikt is door iemand anders dan de schrijver van het programma. Hierdoor is geen rekening gehouden met onder andere de gebruiksvriendelijkheid. De bevindingen kunnen opgedeeld worden in een drietal onderdelen;

1. het maken van de invoerfile
2. het verkrijgen van de uitvoer
3. de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de uitvoer
4. randvoorwaarden voor gebruik
5. documentatie

ad 1. Het maken van de invoerfile.

In de invoerfile moeten een aantal gegevens worden ingevoerd. Gezien de lengte van een aantal regels in de invoerfile, kan hier eenvoudig een getal vergeten of foutief ingevoerd worden. Hierdoor kan het lang zoeken zijn naar in welke regel deze fout zich bevindt. Dit is zowel het geval voor regels van algemene aard, zoals de tijdstap en de lengte van de berekening, als voor de grootte en vorm van de invoer van de x- en y-coördinaten. Het programma geeft aan dat er een fout zit in de invoer, maar niet waar en wat. Een punt waar goed op gelet moet worden is dat het gebruikte assenstelsel rechtsdraaiend is. Dit houdt in dat de eerste cel van de invoer (cel 2,2) de kleinste x- en y - coördinaat moet hebben. Tevens moeten de eerste twee rijen cellen van het grid naast de randvoorwaarde orthogonaal zijn.

ad 2. Het verkrijgen van de uitvoer.

De uitvoer wordt verkregen in een uitvoerfile en twee filmpjes van de waterhoogtes en stroomsnelheden. De uitvoerfile bestaat uit waterhoogtes en stroomsnelheden in x- en y-richting. Het aantal punten dat op een regel past is maximaal tien. Bij meer uitvoerpunten worden de volgende punten op de volgende regel gezet. Het maximum aantal uitvoerpunten is 25. Dit kan vergroot worden, maar dit behoeft enig programmeerwerk. Er zijn twee programma's die een totaalbeeld van de waterbeweging geven. Deze geven een goed beeld van de totale waterbeweging. De invoerfile van één van deze programma's geeft op een aantal op te geven tijdstippen van alle punten de waterhoogtes en stroomsnelheden. Deze file kan gebruikt worden om voor alle punten de uitvoer te krijgen. Het omwerken van deze file naar een handzaam formaat behoeft enig transformatiewerk. De uitvoerfiles zijn omgewerkt met MATLAB. De grafieken van de uitvoer zijn gemaakt met EXCEL.

ad3. De betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de uitvoer.

De uitvoer van WETLANDS bestaat uit de stroomsnelheden en waterhoogtes. De berekende waterdieptes worden niet negatief en vertonen geen numerieke oscillaties. De berekende stroomsnelheden vertonen wel numerieke oscillaties. De vorm van de stroomsnelheden ter plaatse van de brug is niet goed. Dit gaat om het moment van de maximale ebsnelheid en het afnemen van de ebsnelheden in de tijd. De reden hiervoor is mij niet duidelijk. Het verdient aanbeveling om hier verder naar te kijken. De debieten zijn in dit onderzoek berekend door de berekende waterdieptes te vermenigvuldigen met de stroomsnelheden. Het restdebit aan het einde van een doortij-springtijcyclus is ongelijk aan nul. De reden hiervoor is mij niet duidelijk. Het verdient aanbeveling om hier meer onderzoek naar te doen.

ad4. Randvoorwaarden voor gebruik.

De belangrijkste randvoorwaarden voor gebruik zijn de rekestijd en de benodigde programmatuur. Bij de invoerfile in dit onderzoek, 10 x 110 cellen, was de rekestijd voor een doortij-springtij cyclus 5 uur. De tijdstap was 10 seconden. Voor het bepalen van de grootte van de tijdstap wordt verwezen naar hoofdstuk 3. De benodigde programmatuur bestaat ten eerste uit de file wetlands.exe en een aantal files dat het gebruik hiervan ondersteunt. Om WETLANDS te kunnen draaien zijn verder nog een FORTRAN77 compiler van Salford nodig.

Ad5. Documentatie

De documentatie over WETLANDS is het volgende: het proefschrift van J. van der Molen, dit rapport en een gebruikershandleiding. De gebruikershandleiding staat in Bijlage V.

BIJLAGE V: Gebruikershandleiding WETLANDS

INVOER

Hieronder staat een invoerfile voor WETLANDS. Commentaar is gegeven tussen [].

```
%imax jmax dt itmax qr itwritestart itwrite ivscale isavestat getfloodp
11 100 5 1000 0 1 560 3 500000 0
[achtereenvolgens cellen in i-richting, cellen in y-richting, tijdstap in seconden, aantal
tijdstappen, qr, eerste tijdstap schrijven naar ctrmap.inp, interval in tijdstappen van
wegschrijven, schaal snelheidsvector in ctrmap.inp, isavestat, getfloodp]
%ixmin ixmax iymin iymax
0 4000 0 420
[kleinste x-waarde, grootste x-waarde, kleinste y-waarde, grootste y-waarde]
%isomax. linetype
13 0
[aantal kleuen voor wetfcol.exe]
%riso
-2 -1 0 1 2.1 2.2 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3.1 3.2
[grenzen voor kleuren wetfcol.exe]
%isocol
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
%cellen met open randvoorwaarden (min.max) irminy. irmaxy
1 11 1 1
[cellen waartussen de randvoorwrrde wordt opgelegd in i-richting (eerste 2) en in y-richting (derde en vierde)]
%celwanden tekenen -1 of niet 0
0
%advectie meenemen -1 of niet 0
1
% randvoorwaarde z -1 of v -2
1
% beta vegheight czpreiss
0.40 0.30 55.00
[B en vegetatiehoogte zoals beschreven in paragraaf 3.7.2 en de grootte van de wrijving in de preissmannslots]
%hispoints
10
10 35
9 35
8 35
7 35
6 35
10 34
10 35
10 36
10 37
10 38
[aantal hispoints voor wlhist.out en de betreffende punten]
%diepte
[matrix 10x99, met de hoogte tov van het referentieniveau, met de diepte positief naar beneden toe. Eerste punt is
cel 2,2]
%x
[matrix 11x100, met x-coördinaten van de hoekpunten ]
%y
[matrix 11x100 met y-coördinaten van de hoekpunten ]
%z
[matrix 10x99, wordt niet gebruikt]
%chezy
[matrix 11x100, met Chezy-waarden. Bovenste en meest linkse rij worden niet gebruikt]
%bupreiss
[matrix 11x100 met breedte preissmannslots in u-richting. Bovenste en meest linkse rij worden niet gebruikt]
%bvpreis
[matrix 11x100 met breedte preissmannslots in v-richting. Bovenste en meest linkse rij worden niet gebruikt]
%dup
[matrix 11x100 met diepte preissmannslots in u-richting. Bovenste en meest linkse rij worden niet gebruikt]
%dvp
[matrix 11x100 met diepte preissmannslots in v-richting. Bovenste en meest linkse rij worden niet gebruikt]
```

UITVOER (numeriek)

De uitvoer staat in de files wlhist.out en ctrmap.inp. In de uitvoer van wlhist.out staan eerst de dieptes van de betreffende punten. Vervolgens staan per uitvoerstep per punt achtereenvolgens de waterhoogte, de u-snelheid en de v-snelheid weggeschreven. De

uitvoerstep is 5 minuten. De uitvoer in ctrmap.inp bevat eerste informatie om wetlfcoll.exe te draaien. Vervolgens staat er een matrix met de x-waarden van het grid, daarna de y-waarden van het grid. Daarna staat om het gewenste tijdsinterval een matrix met alle waterhoogtes, een matrix met alle u-snelheden en een matrix met alle v-snelheden.

UITVOER (visueel)

De uitvoer wordt weergegeven in twee filmpjes. Deze worden opgestart met wetlfcoll.exe en filmplot.exe. De eerste visualiseert de uitvoer van ctrmap.inp (stroomsnelheden en waterstanden); de tweede geeft voor elke tijdstap de waterhoogtes in alle punten weer.

MAKEN BEREKENINGEN

Voor het maken van berekeningen moet aan de volgende onderdelen voldaan zijn.

1. DBOS opgestart. Dit gebeurt met de file dbos.exe. Dit is alleen mogelijk in DOS mode. DBOS wordt uit het geheugen verwijderd met KILL_DBO.exe. Voor het gebruik van wetlfcoll.exe en filmplot.exe moet de grafische mode correct zijn ingevoerd. Dit moet gebeuren in de file configdb.com.
2. Correcte invoerfile.
3. verwijzingen in tide64.lnk correct. Deze verwijzingen moeten zijn naar de bestanden zoals genoemd in deze file. De veranderingen kunnen in tide64.lnk worden aangebracht.
4. starten WETLANDS.exe.