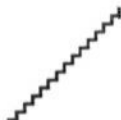


BIJLAGE 4.III.: NOTITIE 'UITGANGSPUNTEN MODELLERING WATERBEWEGING'

water
infrastructuur
milieu
bouw



Witteveen + Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

opdrachtgever DWR
projectcode Asd442.1
project MER Verondieping Nieuwe Meer
onderwerp *Uitgangspunten modellering waterbeweging*
referentie/voignummer definitief

aan	Witteveen+Bos	Ing. J.M. Faber, Projectleider MER
-----	---------------	------------------------------------

opgemaakt	Ir. S.C. van der Biezen
datum	1 december 2000
bijlagen	2

INTRODUCTIE

Deze notitie behandelt de uitgangspunten van een oppervlaktewatermodel voor het Nieuwe Meer, waarmee de waterbeweging wordt gemodelleerd. Er wordt een overzicht gegeven van:

- de aannamen die zijn gedaan, met argumentatie (hoofdstuk 1); deze betreffen:
 - de aannamen voor het model;
 - de modelcalibratie;
 - de externe condities;
- de simulaties die worden uitgevoerd (hoofdstuk 2).

De berekeningen van de waterbeweging zijn van belang omdat de berekeningsresultaten de uitgangspunten vormen voor berekeningen over de verspreiding van zwevend stof. Deze notitie bevat de uitgangspunten van het waterbewegingsmodel, welk model in de bijlagennotitie 4.IV., de notitie Resultaten modelberekeningen waterbeweging worden uitgewerkt. Het zwevend stof wordt behandeld in de daaropvolgende twee bijlagennotities 4.V. en 4.VI., de notities Uitgangspunten modellering zwevend stoftransport en Resultaten modelberekeningen zwevend stoftransport.

1. AANNAMEN

1.1. Aannamen voor het waterbewegingsmodel

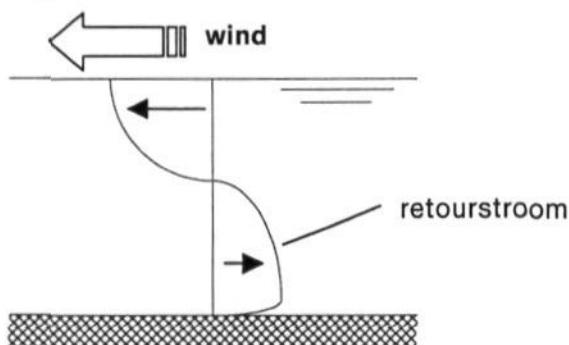
stratificatie

Het waterbewegingsmodel rekent dieptegemiddeld. Dat wil zeggen dat er geen stratificatie in het model wordt meegenomen. Stratificatie treedt vooral op ter plaatse van diep water, wanneer de toplaag warm is ten opzichte van de onderlaag en er ten gevolge van dichtheidsverschillen geen verticale menging optreedt. In het Nieuwe Meer wordt stratificatie tegengegaan met behulp van een menginstallatie. Bovendien zal het storten van specie vooral in de periode medio oktober tot medio april plaatsvinden (bron: notitie Bestrijding algenproblematiek door een menginstallatie), wanneer er überhaupt geen sprake is van stratificatie.

retourstroom

Een tweede vorm van gelaagdheid die in het Nieuwe Meer kan worden aangetroffen, is de retourstroom. Retourstroom treedt op ten gevolge van een windopzet, waarbij de stroming aan het wateroppervlak met de wind mee is gericht en de stroming langs de bodem een hieraan tegengestelde richting heeft (vanwege de continuïteit). Dit verschijnsel is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 Retourstroom



De diepte-gemiddelde stroomsnelheid zal in dit geval lager zijn dan de werkelijke stroomsnelheid langs de bodem, of zelfs van tegengestelde richting. Het huidige model rekent alleen met een diepte-gemiddelde stroomsnelheid. Hierdoor kan het model de stroomsnelheid langs de bodem onderschatten wanneer er in werkelijkheid van retourstroom langs de bodem sprake is. In het Nieuwe Meer zal er slechts beperkt sprake zijn van een relevante retourstroom langs de bodem, vanwege de aanzienlijke diepte in grote delen van het meer. Langs de oevers is er alleen een retourstroom te verwachten wanneer er ter plaatse windopzet optreedt. Meestal zal dit de oever aan de oostzijde zijn, vanwege de overheersende westelijke winden (zie ook punt 4). De ligging van het meer, ongeveer in oost-westrichting, speelt hierbij een rol. Omdat de oostoever tot het interessegebied behoort, dienen de modelresultaten die op dit gebied betrekking hebben zorgvuldig te worden geïnterpreteerd.

De conclusie ten aanzien van de retourstroom is dat de berekende stroomsnelheid langs de bodem slechts in een beperkt gebied kan afwijken van de werkelijke stroomsnelheid langs de bodem. Wanneer er een afwijking optreedt, dan zal het model de aanslibbing overschatten.

menginstallatie

Opstijgende luchtballen veroorzaken ter plaatse van de menginstallatie een verticale opwaartse stroming. De verticale stroomsnelheid is ongeveer gelijk aan 1 m per uur (zie de bijlagenotitie 3.1., de notitie Bestrijding algenproblematiek door een menginstallatie). Langs de bodem stroomt water richting de menginstallatie. Aangezien de menginstallatie 1 m boven de bodem is geplaatst, vindt de toestroming niet vlak langs de sliblaag plaats. Om die reden, en omdat het slechts zeer geringe stroomsnelheden betreft, is de stroming die door de menginstallatie wordt opgewekt, niet gemodelleerd.

golven

Opwoeling van slib door golven wordt niet in het model meegenomen. Modelmatig zou het effect van golven worden verdisconteerd in de bodemschuifspanning. De bodemschuifspanning die nu wordt uitgerekend, is echter uitsluitend bepaald door de stroomsnelheid langs de bodem. Het model zal dus vooral in de ondiepere delen, waar in werkelijkheid de opwoeling door golven een rol speelt, te lage bodemschuifspanningen berekenen. Wanneer het model aanslibbing in ondiepe delen voorspelt, dient hiermee rekening te worden gehouden.

scheepsschroeven

De turbulentie die door scheepsschroeven wordt veroorzaakt, kan een bijdrage leveren aan re-suspensie van slib. Dit is echter alleen in de ondiepere delen van het Nieuwe Meer (langs de oevers) te verwachten, met name ten gevolge van recreatievaart. Op dieper water, ter plaatse van de stortlocaties of langs de vaarroute, is geen opwoeling van slib door scheepsschroeven te verwachten. Het minst diepe gedeelte van de vaarroute is ongeveer 10 m diep. Een flink schip, met een diepgang van 2,5 m en een schroefdiameter van 0,7 m, varende met een vermogen van 200 pk (ongeveer 150 kW), veroorzaakt snelheden aan de bodem in de orde-grootte 0,1 – 0,2 m/s (berekening aan de hand van J. Bouwmeester, 1992. Binnenscheepvaart en scheepvaartwegen). Deze snelheden zullen geen doen slib opwoelen, temeer daar de turbulentie in de schroefstraal al grotendeels is uitgedempt.

neerslag

Neerslag wordt niet in het model meegenomen voor zover het de directe neerslag op het wateroppervlak van het Nieuwe Meer betreft. Via de randvoorwaarden is het effect van neerslag (peilschommelingen, verhoogde debieten) wel in de simulaties aanwezig. Overigens is het effect van neerslag op de waterbeweging te verwaarlozen ten opzichte van het effect van wind en van peilschommelingen op de Ringvaart.

1.2. Modelcalibratie

Uit de literatuur (Hoogheemraadschap van Rijnland, 1995: Water- en stofbalansen Nieuwe Meer) en uit navraag bij Rijnland bleek dat de waterbeweging in het meer wordt gedomineerd door:

- schommelingen in de waterstand op de Ringvaart;
- wind.

Er zijn gegevens beschikbaar over:

- de waterstanden op het Nieuwe Meer, in de vorm van metingen op één plaats in het meer;
- de afvoeren van de Schinkelsluis en van de gemalen Riekerpolder en Buitenveldertse polder;
- het pompregime van het gemaal Halfweg aan de Ringvaart.

De beschikbare gegevens bleken niet voldoende nauwkeurig te zijn voor een kwantitatieve calibratie. Desgevraagd bleek dat er geen metingen beschikbaar zijn van wind en van Ringvaart-debieten en -waterstanden, qua meetperiode samenvallend met de metingen van de waterstanden in het Nieuwe Meer. Daardoor blijven er in een calibratie onbekende invloeden over; bovendien zijn de afvoergegevens nauwelijks van betekenis voor de waterbeweging in het Nieuwe Meer. Daarbij komt dat de in het voorgaande gesimuleerde onder- en bovengrenssituaties geen werkelijk opgetreden situaties zijn, zodat ook daarvan geen metingen (kunnen) bestaan.

De gegevens bleken echter wel voldoende nauwkeurig te zijn voor een zeer behoorlijke modelverificatie. De modelresultaten kunnen worden getoetst aan de wel beschikbare metingen (Secchi-diepte, waterstand-schommelingen op het Nieuwe Meer) en aan fysische relaties (windopzet). In deze verificatie gebeurt de interpretatie van de modelresultaten bij voorkeur in relatieve zin, dat wil zeggen dat er vooral naar toe- en afnamen ten opzichte van een referentiesituatie wordt gekeken in plaats van naar absolute waarden.

1.3. Externe condities

De externe condities die worden gemodelleerd, zijn:

- wind (grootte en richting);
- de waterstand op de Ringvaart;
- het debiet op de Ringvaart (bepaald door de onttrekking ter plaatse van het gemaal Halfweg);
- het debiet bij de Schinkelsluis;
- het debiet bij het gemaal Riekerpolder;
- het debiet bij het gemaal Buitendijkse Buitenveldertpolder.

schommelingen in de waterstand op de Ringvaart

De schommelingen in de waterstand op de Ringvaart worden met name veroorzaakt door het periodiek in werking zijn van het gemaal bij Halfweg (bron: dhr. E. de Groot en dhr. N. Buysman, Hoogheemraadschap van Rijnland). Het gemaal is gedurende de winterperiode gemiddeld 8 uur per etmaal in bedrijf. Het tijdstip waarop het gemaal begint te onttrekken, is variabel en enigszins afhankelijk van de neerslag. Tijdens de zomerperiode is het gemaal gemiddeld twee maal 6 uur per week in bedrijf, maar dit is minder relevant omdat er 's zomers, in verband met de werking van de menginstallatie, geen baggerspecie wordt gestort (zie hiervóór).

De capaciteit van het gemaal is 33 m³/s. Gedurende het bemalen wordt de waterstand op de Ringvaart (en dus ook op het Nieuwe Meer) naar beneden getrokken. Na het bemalen stijgt de waterstand weer. Als gevolg van deze periodieke onttrekking ontstaat er een 'zaagtandvormig' waterstandsverloop in het Nieuwe Meer. Dit blijkt uit waterstandsmetingen, zie de afbeeldingen 1 en 2; afbeelding 1 toont de peilschommelingen gedurende 10 dagen in 1999, afbeelding 2 gedurende 48 uur in deze periode. In het model wordt deze schommeling gesimuleerd door middel van een periodieke onttrekking van water aan de Ringvaart, die zaagtandvormig is in de tijd en die een maximum heeft van 33 m³/s.

wind

De wind heeft een variabel karakter qua grootte en richting. Er wordt is onderscheid gemaakt in:

- rustige condities (geen wind), waarbij de waterbeweging uitsluitend door de peilschommelingen op de Ringvaart wordt gedomineerd;
- onstuimige condities (windkracht 8 uit het westelijke richting) waarbij de waterbeweging zowel door de peilschommelingen op de Ringvaart als door de wind wordt bepaald.

De werkelijke condities zullen tussen deze uitersten liggen.

2. SIMULATIES

In tabel 2.1. staan de simulaties schematisch weergegeven. De gesimuleerde tijdsduur beslaat ongeveer 10 dagen voor de waterbeweging, en ongeveer 5 dagen voor het transport van zwevende stof. De bijbehorende rekentijd (totaal van waterbeweging en zwevende stof) ligt in de orde van enkele uren per simulatie.

In de berekeningen worden de volgende variabelen beschouwd:

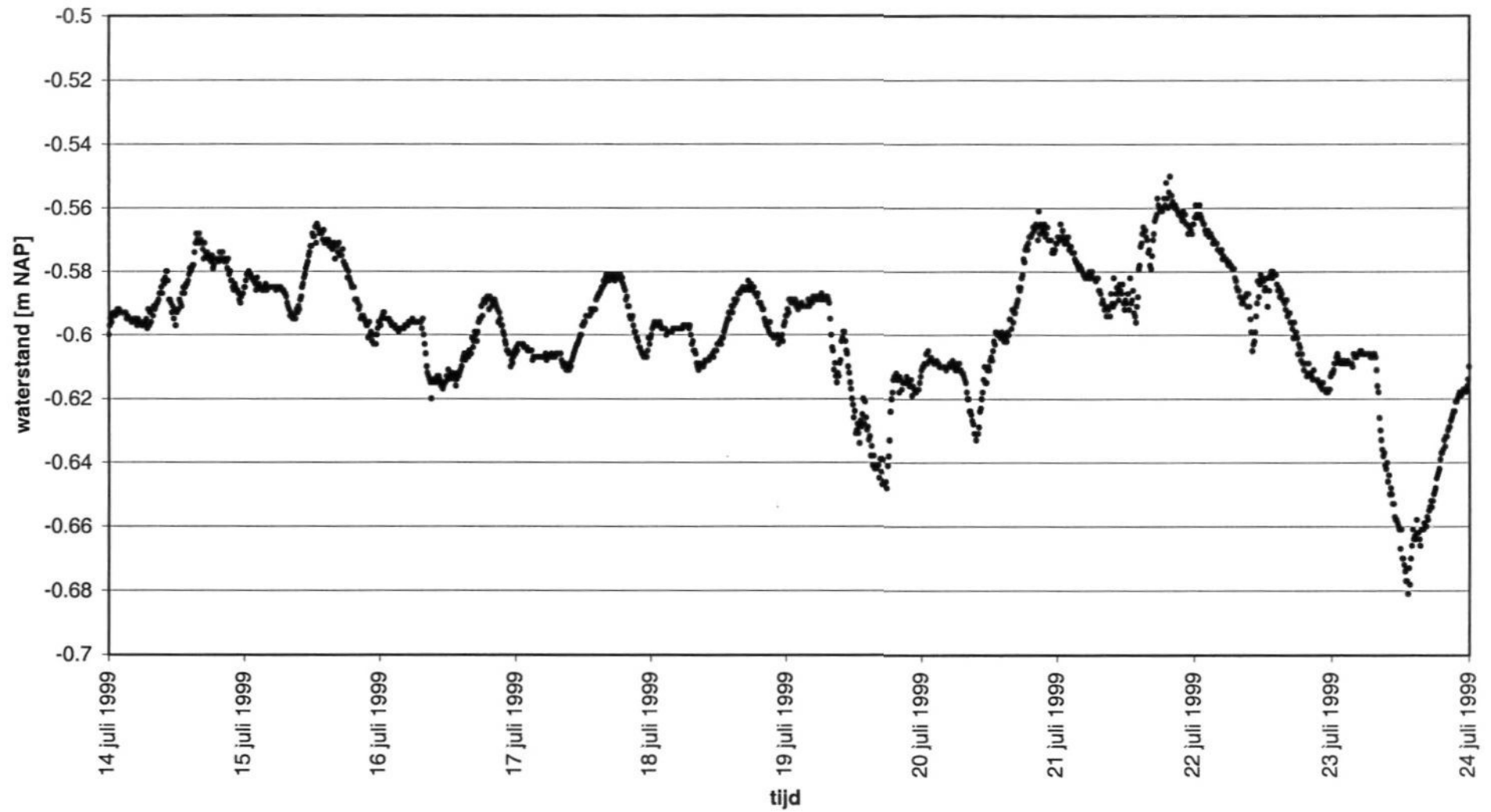
- alternatieven:
 - referentie;
 - alternatief 1, storten in westelijke put;
 - alternatief 2, storten in oostelijke put;
 - alternatief 3, storten in het gehele meer;
- waterbeweging:
 - a. waterstandsschommelingen, geen wind;
 - b. waterstandsschommelingen, windkracht 8 (storm);
- verondieping in het Nieuwe Meer:
 - geen verondieping (huidige situatie, situatie bij begin van de werkzaamheden);
 - verondieping tot NAP -15 m;
 - verondieping tot NAP -7,5 m;
- storten van de specie gebeurt in alle alternatieven met een intensiteit van 3x per dag en met een hoeveelheid van 480 m³ per dag (dat is het storten van 60.000 m³ per jaar gedurende 25 weken van 5 dagen).

Het totaal aantal simulaties bedraagt 20, exclusief de simulaties die nodig zijn voor het bijstellen van het model. De referentiesimulaties (huidige situatie) zijn aangegeven met ref-a en ref-b. De overige simulaties zijn genummerd 1a tot en met 3f.

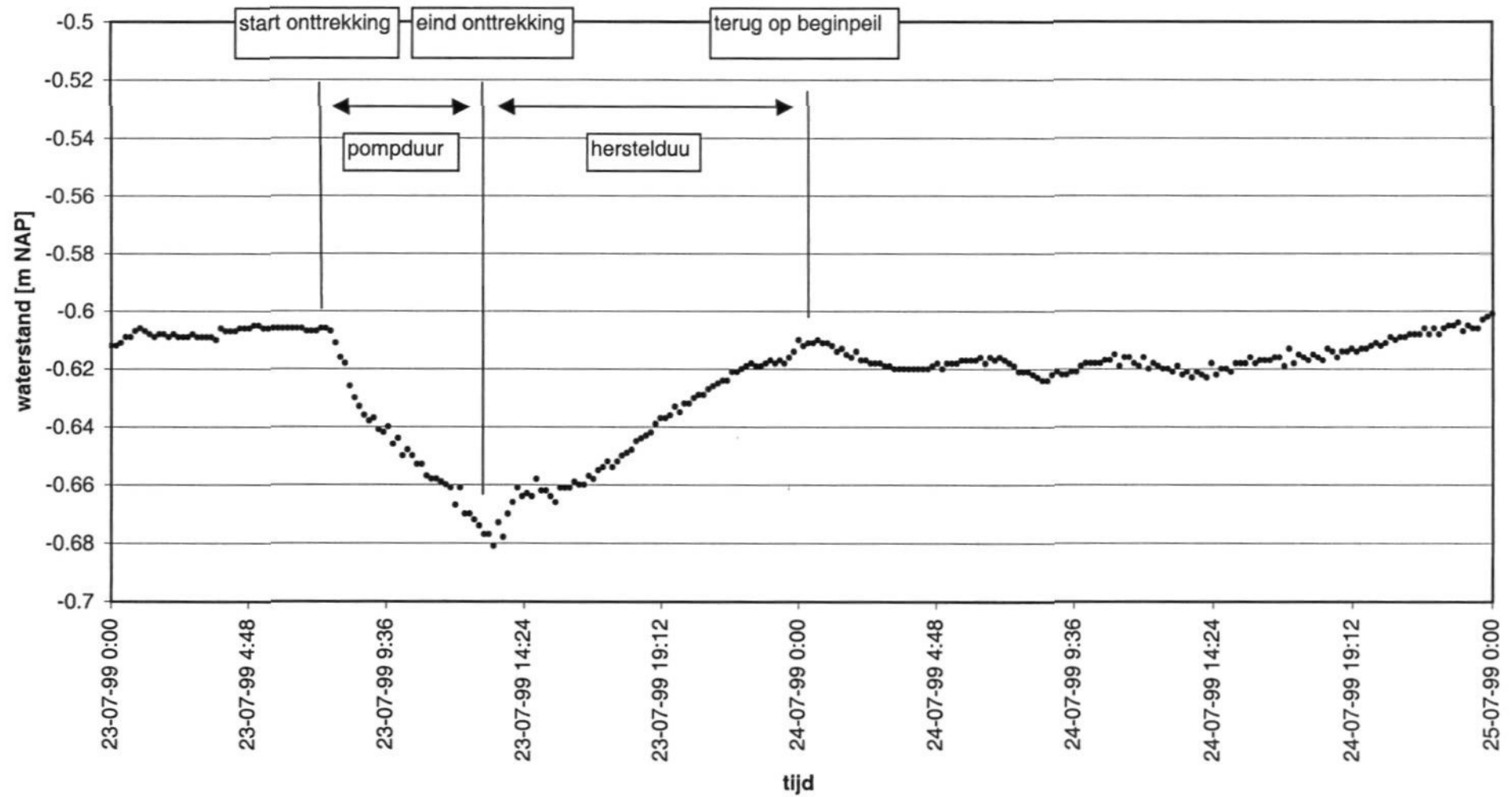
Tabel 2.1.: Overzicht simulaties

Alternatief	Referentie		Alternatief 1		Alternatief 2		Alternatief 3	
Stortlocatie	geen	geen	west	west	oost	oost	W+O	W+O
Wind	geena	storm	geen	storm	geen	storm	geen	storm
Verondieping tot								
Geen	Ref a	Ref b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
NAP - 15 m			1c	1d	2c	2d	3c	3d
NAP - 7,5 m			1e	1f	2e	2f	3e	3f

Voorbeeld gemeten waterstandsverloop De Nieuwe Meer (1)



Voorbeeld gemeten waterstandsverloop De Nieuwe Meer (2)



BIJLAGE 4.IV.: NOTITIE 'RESULTATEN MODELBEREKENINGEN WATERBEWEGING'

water
infrastructuur
milieu
bouw



Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

opdrachtgever DWR
projectcode Asd442.2
project MER Verondieping Nieuwe Meer
onderwerp Resultaten modelberekeningen waterbeweging
referentie/volgnummer definitief

aan Witteveen+Bos Ing. J.M. Faber, Projectleider MER

opgemaakt ir. S.C. van der Biezen
datum 1 december 2000
bijlagen 16

INTRODUCTIE

Deze notitie bevat de resultaten van de modelberekeningen van de waterbeweging in het Nieuwe Meer. Deze resultaten zijn van belang voor het verkrijgen van inzicht in die waterbewegingen omdat deze een belangrijke input zijn voor de berekeningen van het transport van zwevende stoffen die vrijkomen bij het storten van de baggerspecie. Dat transport van zwevende stoffen wordt gerapporteerd in de twee bijlagennotities 4.V., de notitie Uitgangspunten modellering zwevend stoftransport, en 4.VI., de notitie Resultaten modelberekeningen zwevend stoftransport.

De uitgangspunten voor de berekeningen zijn opgenomen in de bijlagennotitie 4.III., de notitie Uitgangspunten modellering waterbeweging. De berekeningsresultaten worden gerapporteerd in twee hoofdstukken:

- toetsing van de modelresultaten (hoofdstuk 1), met als aspecten:
 - schommelingen in de waterstanden;
 - opwaaiing;
 - debieten in de Ringvaart;
 - waterbeweging in het Nieuwe Meer;
 - bodemschuifspanningen in het Nieuwe Meer.
- onderlinge vergelijking van de modelresultaten (hoofdstuk 2), met als aspecten:
 - effect van wind op de modelresultaten;
 - effect van verondieping op de modelresultaten.

De berekeningsresultaten worden weergegeven in een aantal afbeeldingen die als bijlagen aan deze notitie zijn toegevoegd. Dit zijn:

Bijlage I: Waterstandsmetingen 1990 van het Nieuwe Meer (één afbeelding);
Bijlage II: Resultaten ref-a (referentie zonder wind, vijf afbeeldingen);
Bijlage III: Resultaten ref-b (referentie met wind, vijf afbeeldingen);
Bijlage IV: Resultaten run 1f (verondieping met wind, vijf afbeeldingen).

De berekeningen aangeduid met 'ref-a', 'ref-b' en 'run 1f' zijn een selectie uit een totaal van twintig simulaties (zie de bijlagennotitie 4.III., de notitie Uitgangspunten modellering waterbeweging). Deze drie berekeningen zijn voor deze rapportage geselecteerd omdat ze een goed beeld geven

van de onderlinge verschillen in de berekeningsresultaten en derhalve goed geschikt zijn voor de toetsing en de onderlinge vergelijking van de verschillende alternatieven. Ref-a geeft de referentiesituatie zonder wind, ref-b de referentiesituatie met windkracht 8. Run 1f geeft de resultaten van alternatief 1, dat is het storten in de westelijke put, bij windkracht 8. De overige simulaties zijn, hoewel in deze notitie niet gerapporteerd, gebruikt voor de modellering van het transport van zwevend stof.

Van de drie geselecteerde berekeningen zijn achtereenvolgens de volgende afbeeldingen opgenomen:

- het waterstandsverloop in de tijd op de Ringvaart en op het Nieuwe Meer, in m t.o.v. NAP;
- debieten in de tijd door de Ringvaart en door de verbinding met het Nieuwe Meer, in m^3/s ;
- dieptegemiddelde stroomsnelheden (grootte en richting) in het gehele modelgebied op een zeker tijdstip, in m/s ;
- dieptegeïntegreerde debieten (grootte en richting) in het hele modelgebied op een zeker tijdstip, in m^3/s ;
- bodemschuifspanningen in het hele modelgebied op een zeker tijdstip, in $\text{kg}/\text{m}/\text{s}^2$.

In de afbeeldingen worden afkortingen gebruikt voor de aanduiding van locaties. De afkorting RV staat voor Ringvaart en de afkorting DNM staat voor het Nieuwe Meer. De toevoeging -N, -W, -Z of -O geeft een kompasrichting aan. RV-N is bijvoorbeeld een locatie in het noordelijke deel van de Ringvaart. De waterverplaatsing (het debiet) is uitgedrukt in het aantal m^3/s dat een oppervlak passeert met een breedte gelijk aan 25 m (afstand tussen de roosterpunten) en met een hoogte die gelijk is aan de waterdiepte.

1. TOETSING VAN DE MODELRESULTATEN

De toetsing omvat de volgende aspecten:

- schommelingen in de waterstand op het Nieuwe Meer;
- opwaaiing;
- debieten in de Ringvaart;
- waterbeweging in het Nieuwe Meer;
- bodemschuifspanningen in het Nieuwe Meer.

1.1. Schommelingen in de waterstand op het Nieuwe Meer

Door de periodieke onttrekking van water aan de Ringvaart door het gemaal Halfweg ontstaan schommelingen in de waterstand op de Ringvaart, en daardoor ook op het Nieuwe Meer. Metingen van de waterstand op het Nieuwe Meer over het jaar 1990 laten deze schommelingen zien. In Afbeelding 1 zijn de metingen als histogram weergegeven. Er is te zien dat de waterstand een variatie heeft van 5 á 10 cm.

De modelresultaten geven dezelfde orde van grootte: 5 cm wanneer er geen wind is en 7 cm bij windkracht 8. Dit is te zien in de waterstanden van respectievelijk simulatie ref-a (fig. II.1) en ref-b (fig. III.1). De onttrekking van een hoeveelheid water aan de Ringvaart die conform de werkelijkheid is, geeft dus schommelingen in de waterstand op het Nieuwe Meer die eveneens conform de werkelijkheid zijn.

Voor het model geeft dit aan dat:

- de geometrie van het Nieuwe Meer, met name het bergend oppervlak, goed is geschematiseerd;
- de hoeveelheid water die tussen de Ringvaart en het Nieuwe Meer wordt uitgewisseld, qua orde van grootte correct is;
- de variaties in de debieten in de Ringvaart op juiste wijze tot uitdrukking komen in het verhang op de Ringvaart, waardoor er ter plaatse van de verbinding met het Nieuwe Meer juiste waterstanden optreden. De weerstand en de daardoor veroorzaakte traagheid in de Ringvaart zijn dus qua orde van grootte correct.

1.2. Opwaaiing

Er zijn formules waarmee op eenvoudige wijze, onder aanname van constante waterdiepte en constante windsnelheid, opwaaiing kan worden berekend. In CUR 169 (Manual on the use of rock in hydraulic engineering) staat de volgende formule:

$$i_w = c_w \cdot (\rho_{\text{lucht}} / \rho_{\text{water}}) \cdot U_w^2 / (gh)$$

met:

i_w = verhang in de waterspiegel ten gevolge van de wind;

c_w = wrijvingscoëfficiënt tussen water en lucht;

U_w = windsnelheid.

Wanneer deze formule op het Nieuwe Meer wordt toegepast, dan blijkt de opwaaiing voor de gesimuleerde windsnelheid ongeveer tussen de 1 en 8 cm te liggen, afhankelijk van de waterdiepte die wordt gekozen (30 m respectievelijk 5 m). In de modelberekeningen is er een waterstandsverschil tussen de oostelijke en de westelijke zijde van het meer ter grootte van 2 cm bij de huidige bodemligging (fig. III.1), en 5 cm bij de bodemligging na verondieping tot NAP - 7,5 m (fig. IV.1). Er kan dus worden geconcludeerd dat de opwaaiing correct door het model wordt gesimuleerd.

1.3. Debieten in de Ringvaart

De debieten in de Ringvaart worden gedomineerd door de randvoorwaarde aan de benedenstroomse modelrand (noord). Op deze modelrand is een in de tijd variërend debiet voorgeschreven. Ter plaatse van de bovenstroomse modelrand (zuid) is de waterstand voorgeschreven (constant op NAP - 0.6 m).

De modeluitvoer van de debieten in de Ringvaart laat zien dat de randvoorwaarden op de juiste manier doorwerken in het modelgebied, zie bijvoorbeeld fig. II.2. Het debiet door de noordelijke rand is gelijk aan het opgelegde debiet. Het debiet door de zuidelijke rand (bovenstrooms) blijkt met enige vertraging en vervorming het voorgeschreven debiet aan de noordelijke rand te volgen. Deze vertraging wordt veroorzaakt door weerstand in de Ringvaart en de vervorming door de interne berging van water in de Ringvaart en in het Nieuwe Meer.

1.4. Waterbeweging in het Nieuwe Meer

De waterbeweging in het Nieuwe Meer wordt voornamelijk bepaald door twee externe invloeden: de stroming op de Ringvaart en de wind. Toetsing van de waterbeweging is lastig, omdat er geen metingen van stroomsnelheden beschikbaar zijn. Daarom worden de modelresultaten getoetst aan de navolgende overwegingen.

De waterbeweging in het Nieuwe Meer, die door de stroming op de Ringvaart wordt aangedreven, is beperkt tot het westelijke deel van het meer (zie fig. II.3 en II.4). De stroomsnelheden zijn laag (kleiner dan 0,1 m/s), evenals de waterverplaatsing (kleiner dan orde 2 m³/s). Deze constatering is conform de verwachtingen. De waterbeweging ter plaatse van de verbinding tussen de Ringvaart en het Nieuwe Meer lijkt wat chaotisch, zie fig. II.4, maar omdat het om geringe stroomsnelheden gaat, is dit van weinig belang.

De waterbeweging in het Nieuwe Meer die door de wind wordt aangedreven is meer relevant. Dit is te zien in fig. III.3 en III.4. Daarbij moet voor ogen worden gehouden dat deze plots een dieptegemiddelde waterbeweging aangeven, die langs de oevers met de windrichting mee, en op diep water tegen de windrichting in is gericht. Op het eerste gezicht is dat vreemd, maar het kan als volgt worden verklaard.

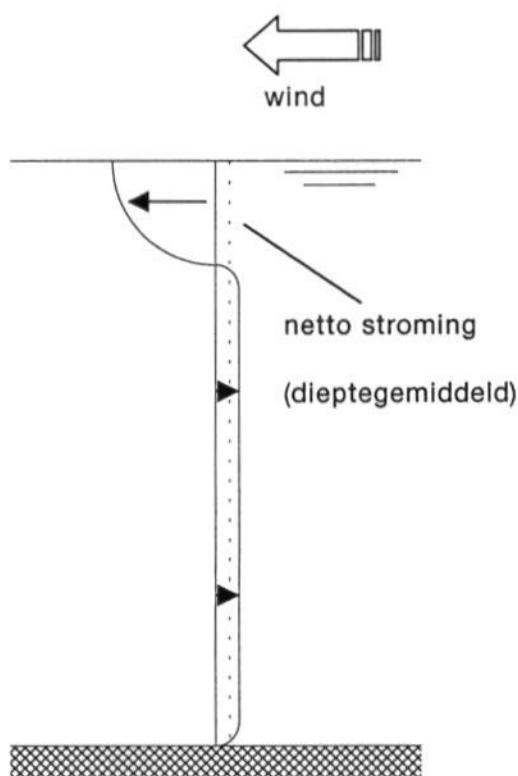
In werkelijkheid zal er in de bovenste laag van de waterkolom over vrijwel het gehele meer een waterbeweging zijn met de wind mee. De dikte van deze laag is onder andere afhankelijk van de windsnelheid. Hoe hoger de windsnelheid, des te dieper in de waterkolom zal het effect van de wind merkbaar zijn.

In een gesloten systeem zoals bijvoorbeeld in een meer, wordt de stroming in de bovenste laag van de waterkolom door een tegengesteld gerichte stroming in diepere waterlagen gecompenseerd. Deze tegengesteld gerichte stroming zal zich vooral in de diepere delen van het meer manifesteren. In diepere waterlagen ondervindt de tegengesteld gerichte stroming immers de minste hinder van de wind.

Het netto transport van water op een bepaalde locatie in het meer volgt nu uit middeling van de stroming over de diepte. De grootte en richting van de netto stroming wordt bepaald door de verhouding tussen de stroming in de bovenste laag en de stroming in de diepere laag van de waterkolom. Uit figuur III.4 blijkt dat op dieper water, middenin het meer, de netto stroming tegen de wind in gericht is. Kennelijk is daar de stroming in de bovenste laag, met de wind mee, minder belangrijk voor de netto waterbeweging dan de tegengesteld gerichte stroming in de diepere lagen.

Deze situatie is geïllustreerd in de navolgende afbeelding. De dieptegemiddelde stroming is met een stippellijn weergegeven.

Stroming in de diepe delen van het meer



Voor de ondiepere delen van het meer blijkt de stroming in de bovenste laag, met de wind mee, juist belangrijk te zijn voor de netto waterbeweging. De netto waterbeweging is daar met de wind mee gericht. Dit is aannemelijk omdat het effect van de wind daar tot dichtbij de bodem merkbaar is. De tegengesteld gerichte stroming kan zich daar veel minder goed ontwikkelen.

1.5. Bodemschuifspanningen in het Nieuwe Meer

De bodemschuifspanningen zijn van belang voor de verspreiding van het zwevende stof. Ze worden in het model bepaald op basis van de dieptegemiddelde stroomsnelheid. In werkelijkheid zal de bodemschuifspanning vooral afhangen van de stroomsnelheid langs de bodem, die anders kan zijn dan de dieptegemiddelde stroomsnelheid. De berekende bodemschuifspanningen zijn dus minder betrouwbaar wanneer de dieptegemiddelde stroming qua grootte of richting significant afwijkt van de stroming langs de bodem. Een dergelijke situatie is alleen op relatief ondiep water te verwachten. Vanwege de bijzondere geometrie van het Nieuwe Meer, met slechts relatief smalle ondiepe stroken langs de oevers, zal gelaagdheid naar verwachting niet veel voorkomen. Eventuele gelaagdheid zal vooral aan de benedenwindse oever van het meer optreden omdat daar de opwaaiing het grootst is en omdat de stroming langs de bodem zich daar minder gemakkelijk langs diepere delen van het meer kan afwikkelen. Met deze eventualiteit moet rekening worden gehouden bij de interpretatie van de modelresultaten.

Bij significante verondieping van het meer tot NAP -7,5 m zal de kans op gelaagdheid toenemen. De berekende bodemschuifspanningen zullen hierdoor minder betrouwbaar worden, en dienen als indicatief te worden beschouwd.

2. ONDERLINGE VERGELIJKING VAN DE MODELRESULTATEN

De modelresultaten worden onderling vergeleken op de volgende aspecten:

- effect van wind op de modelresultaten;
- effect van verondieping op de modelresultaten.

2.1. Effect van wind op de modelresultaten

Het effect van wind op de modelresultaten kan worden afgeleid uit vergelijking van de simulaties ref-a (bijlage II) en ref-b (bijlage III). Deze simulaties betreffen de huidige situatie (huidige geometrie), met als enige verschil de windsnelheid die bij ref-a gelijk is aan 0 m/s en bij ref-b gelijk is aan 20 m/s (windkracht 8).

Zonder wind blijkt de waterstand gedurende de gehele simulatie overal op het Nieuwe Meer gelijk te zijn. De waterstand in het Nieuwe Meer volgt dus de waterstand op de Ringvaart gelijkmatig, zonder faseverschillen. Dit blijkt uit fig. II.1, waar te zien is dat de signalen voor de waterstand op de locaties in het Nieuwe Meer op elkaar vallen waardoor er slechts één lijn te zien is.

Met wind echter ontstaat er een verhang op het Nieuwe Meer in de richting oost-west, vanwege de westelijke windrichting. De waterstand is ter plaatse van de oostelijke diepe put in het Nieuwe Meer gedurende de gehele simulatie ongeveer 2 cm hoger dan ter plaatse van de westelijke diepe put, zie fig. III.1.

De wind blijkt weinig effect te hebben op de debieten in de Ringvaart of op de uitwisseling tussen de Ringvaart en het Nieuwe Meer, zie fig. II.2 en III.2. Opgemerkt wordt dat de wind in de simulaties een constante snelheid en richting heeft. In werkelijkheid is dat uiteraard niet het geval. Een variërende windrichting of windsnelheid zal enig effect hebben op de uitwisseling van water tussen de Ringvaart en het Nieuwe Meer, maar naar verwachting is dit te verwaarlozen ten opzicht van de 'autonome' uitwisseling ten gevolge van schommelingen in de waterstand op de Ringvaart.

De stroomsnelheden in het Nieuwe Meer worden fors beïnvloed door de wind. Zonder wind is het meer nagenoeg in rust, met uitzondering van een gebied nabij de verbinding met de Ringvaart, zie fig. II.4. De wind zorgt echter voor relevante stroomsnelheden die vooral in de ondiepe delen vrij hoog zijn (orde 0.5 m/s, zie fig. III.3). Hoewel dit absolute getal slechts een beperkte betekenis heeft (het geldt alleen voor de gemodelleerde windconditie), kan er wel worden geconcludeerd dat de wind vooral langs de oevers van het meer van betekenis is voor de dieptegemiddelde stroomsnelheid. De bodemschuifspanningen zijn daar dan ook vrij hoog (zie fig. III.5).

De debieten (waterverplaatsing) in het meer laten hetzelfde beeld zien: weinig beweging bij afwezigheid van wind (het gebied ter plaatse van de verbinding met de Ringvaart uitgezonderd) en veel beweging zodra het waait. Langs de oevers vindt nauwelijks een waterverplaatsing van betekenis plaats, zie fig. III.4. De stroomsnelheden zijn er weliswaar hoog, maar de waterdiepte is er gering en de weerstand is er relatief hoog. Waterverplaatsing van betekenis vindt plaats op diepere delen in het meer.

De plots die de grootte van de bodemschuifspanningen laten zien, bevestigen het beeld dat op basis van de stroomsnelheden verwacht kon worden, zie fig. II.5 en II.6. Relatief hoge bodemschuifspanningen treden op langs de oevers zodra het waait. Op diep water of bij afwezigheid van wind zijn de bodemschuifspanningen laag.

In de Ringvaart worden de bodemschuifspanningen veroorzaakt door het opgelegde debiet. De hierdoor opgewekte bodemschuifspanningen zijn laag in vergelijking met de bodemschuifspanningen die door de wind langs de oevers van het meer worden veroorzaakt.

2.2. Effect van verondieping op de modelresultaten

Het effect van verondieping kan worden gevonden uit vergelijking van de runs ref-b (huidige bodemligging) en run 1f (verondieping tot NAP - 7,5 m). Voor beide simulaties geldt een windsnel-

heid van 20 m/s. Het effect van verondieping is bij weinig tot geen wind niet goed zichtbaar, omdat er dan überhaupt nauwelijks waterbeweging is.

De grootte van de schommelingen in de waterstand op het Nieuwe Meer die het gevolg zijn van schommelingen op de Ringvaart verandert logischerwijs niet na de verondieping, zie fig. III.1 en fig. IV.1. De opwaaiing blijkt toe te nemen wanneer het meer minder diep is (tweemaal zoveel). Dit is conform de verwachting, omdat de opwaaiing op ondiep water in het algemeen altijd groter is dan op diep water.

De debieten op de Ringvaart en de hoeveelheid water die tussen de Ringvaart en het Nieuwe Meer wordt uitgewisseld, veranderen evenmin. Verondieping heeft geen effect op het bergend oppervlak van het meer: bij gelijke schommelingen in de waterstand zal het volume aan uitgewisselde water dus ook hetzelfde blijven.

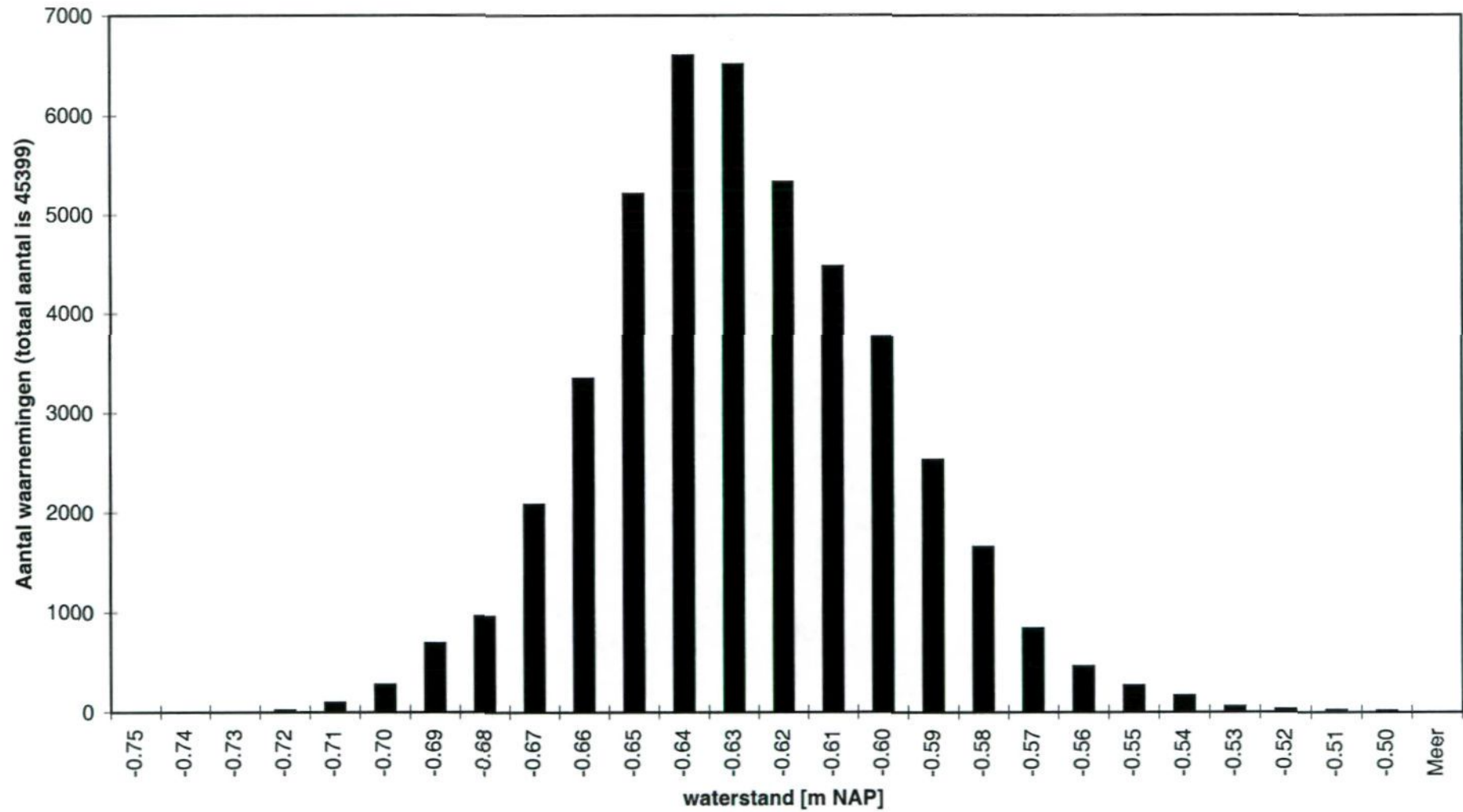
De stroomsnelheden langs de oevers van het meer zijn na verondieping nog steeds aanzienlijk, alhoewel ze iets in grootte zijn afgenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat de waterbeweging in het meer als geheel nu meer weerstand van de bodem ondervindt. Dat is duidelijk te zien aan de plots van de waterverplaatsing (debieten) in het meer, fig. III.4 en IV.4. De waterbeweging blijkt fors af te nemen bij verondieping van het meer. Overigens moet worden opgemerkt dat het hier de dieptegemiddelde waterbeweging betreft. Dit geeft een vertekend beeld wanneer er sprake is van een gelaagd systeem. De mate waarin er gelaagdheid optreedt, kan met het huidige model niet worden bepaald.

Ten gevolge van de verondieping van het meer nemen de bodemschuifspanningen langs de oevers van het meer af, vgl. fig. III.5 en fig. IV.5. Dat is toe te schrijven aan de afgenomen waterverplaatsing in het meer als geheel. Hierdoor nemen de stroomsnelheden langs de oevers iets af, en diengevolge de bodemschuifspanningen eveneens.

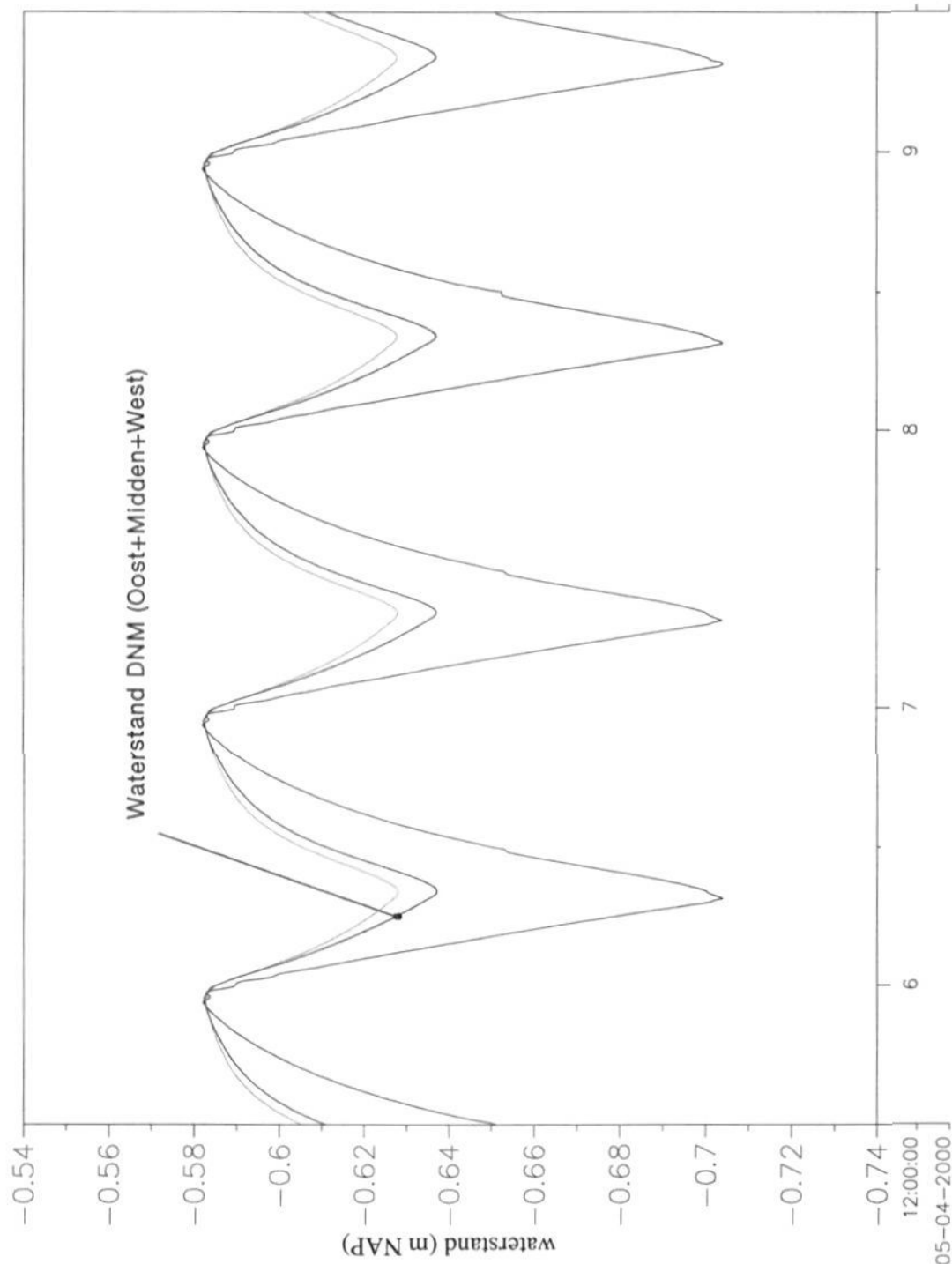
Op de diepe delen van het meer neemt de bodemschuifspanning eveneens af na verondieping, vgl. fig. III.6 en IV.6. Deze figuren hebben een andere schaal dan de voorgaande figuren, om de geringe bodemschuifspanningen in de diepe delen van het meer zichtbaar te maken. In eerste instantie gaat dat tegen de verwachting in, omdat de bodemschuifspanning in het algemeen juist toeneemt met afnemende waterdiepte. In dit geval echter wordt de waterbeweging dusdanig afgeremd door de toegenomen weerstand in het meer, dat de bodemschuifspanningen per saldo afnemen. Overigens is die afname marginaal, omdat het zeer kleine waarden betreft (orde 0.04 kg/m/s^2 ten opzichte van orde 0.7 kg/m/s^2 langs de oevers van het meer).

Overigens dient hierbij wederom te worden opgemerkt dat een eventuele gelaagdheid van de stroming over de verticaal niet door het model is meegenomen in de berekening van de bodemschuifspanningen. Wanneer er inderdaad van gelaagdheid sprake is, dan zal de bodemschuifspanning hoger zijn dan is berekend.

Bijlage I
Histogram waterstanden Nieuwe Meer 1990



- water level — RV-N
- water level — RV-Z
- water level — DNM-W
- water level — DNM-M
- water level — DNM-O



Waterstanden op de ringvaart (RV) en De Nieuwe Meer (DNM)

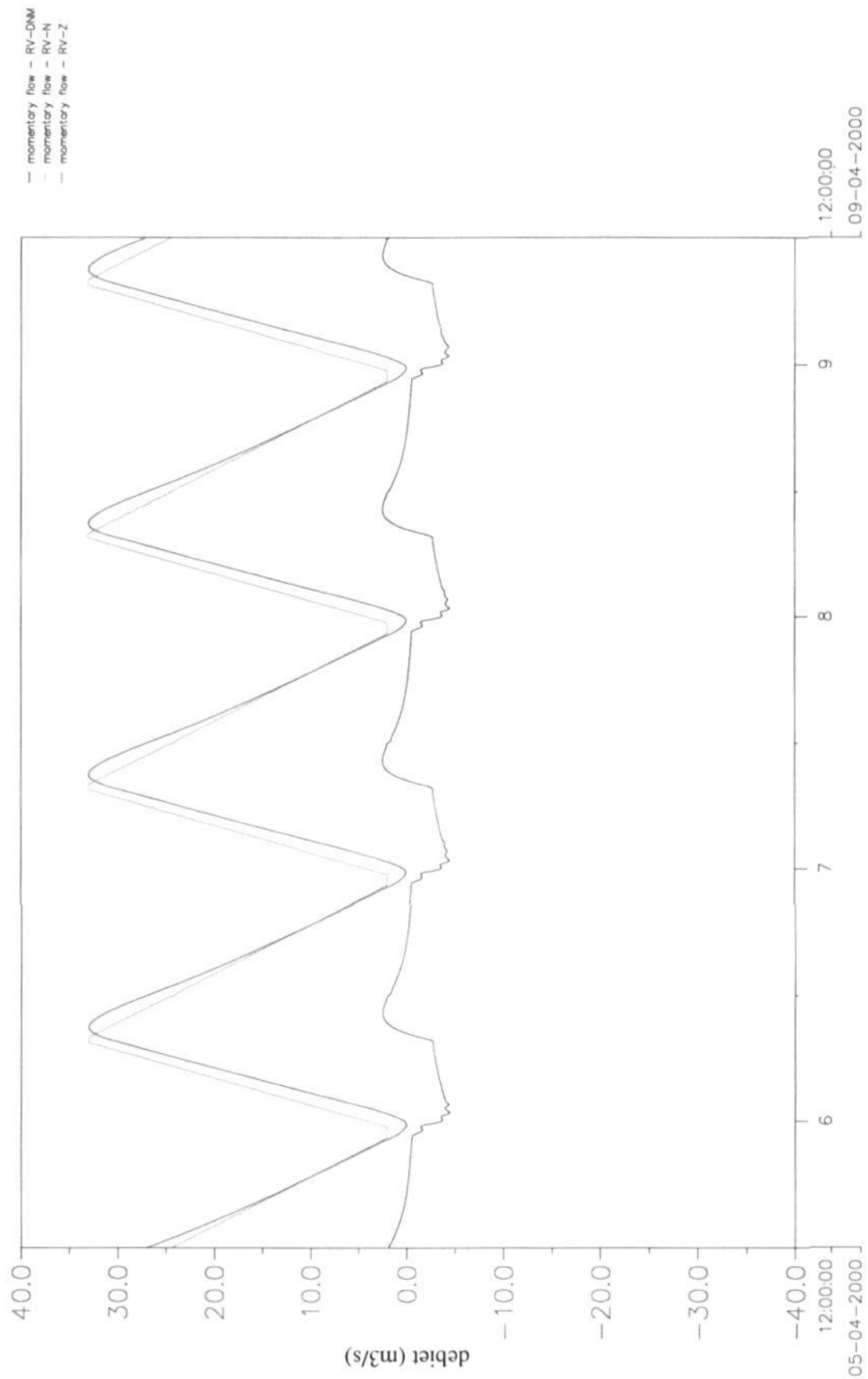
Ondergrens-conditions: geen wind

ref-a

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. II.1



Debiten in de ringvaart (RV)
 en uitwisseling met De Nieuwe Meer (RV-DNM)
 Ondergrens-condities: geen wind

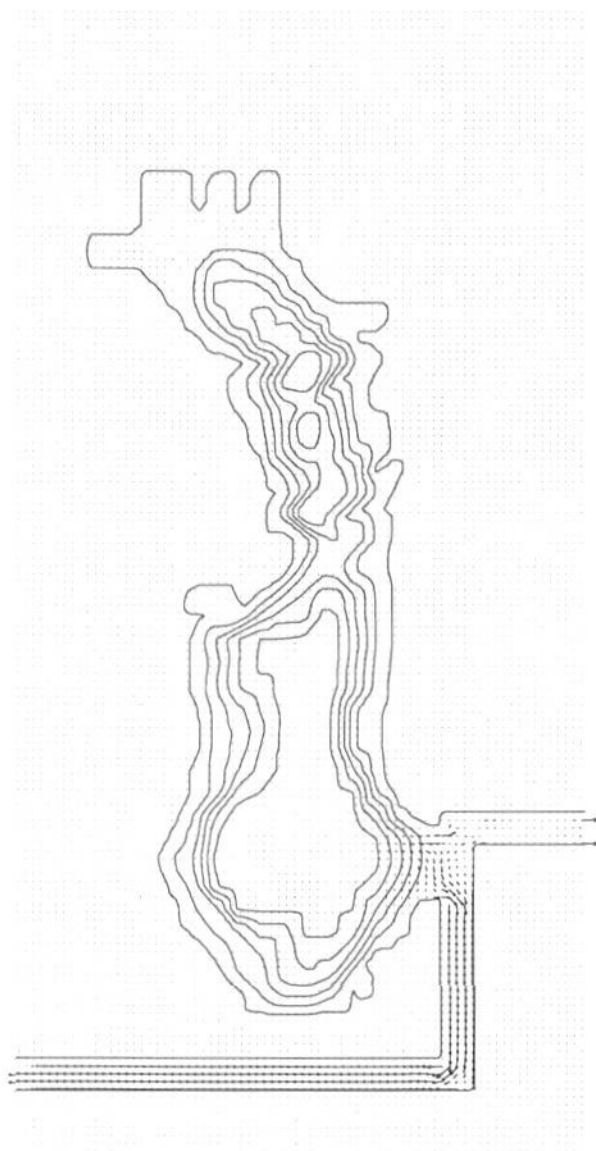
ref-a

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. II.2

0.100m/s
↑



Stroomsnelheden (grootte en richting)
op een willekeurig tijdstip
Ondergrens-condities: geen wind

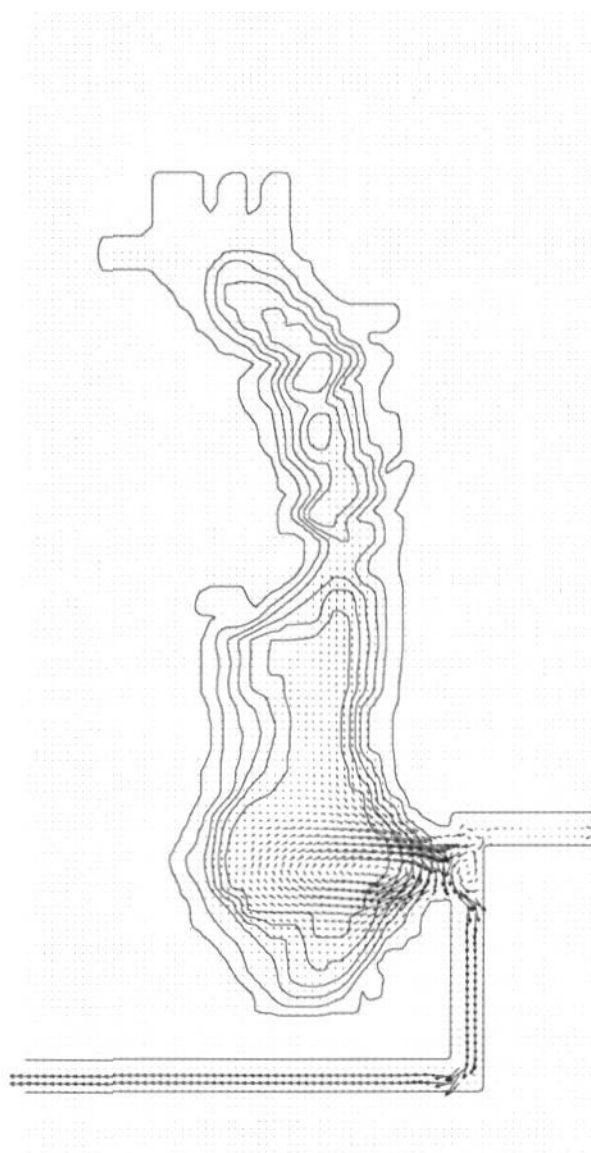
ref-a

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. II.3

→ 2.000 m³/s



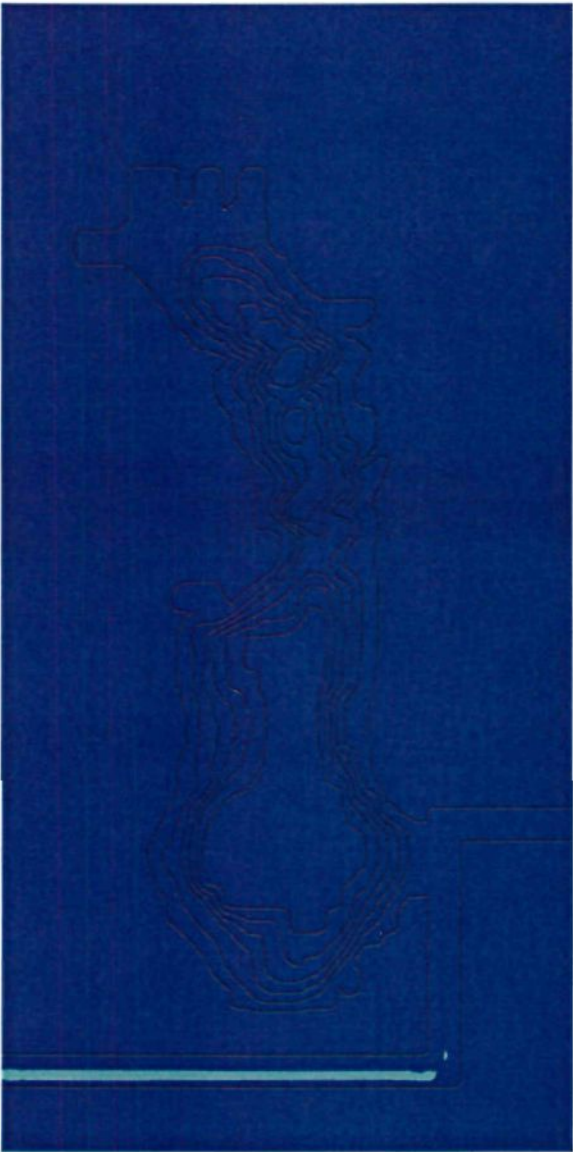
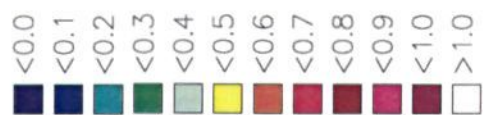
Debieten (grootte en richting)
op een willekeurig tijdstip
Ondergrens-condities: geen wind

ref-a

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. II.4



Grootte van de bodemschuifspanning (kg/m/s2 of Pa)
op een willekeurig tijdstip
Ondergrens-condities: geen wind

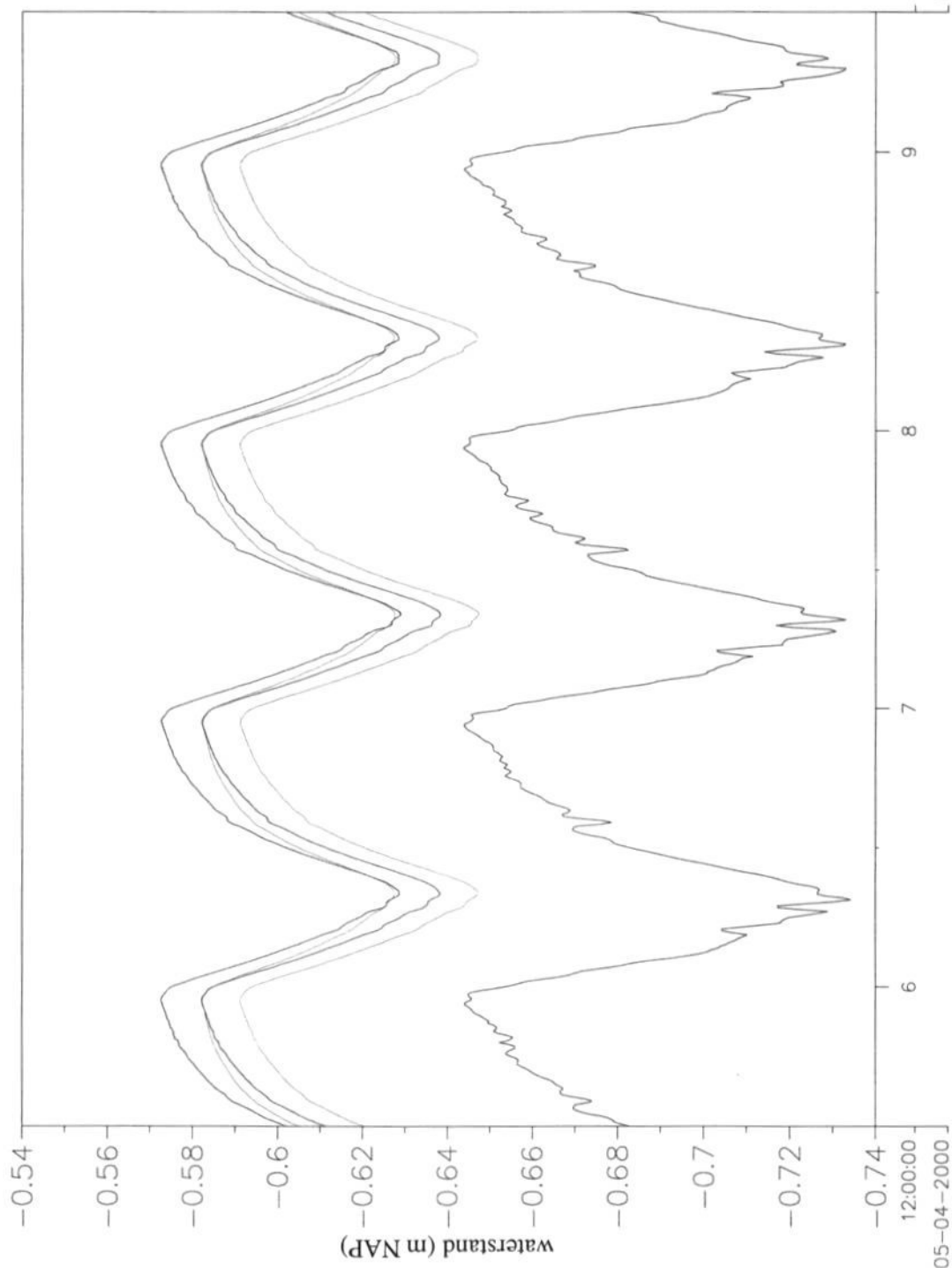
ref-a

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. II.5

— water level — RV-N
 — water level — RV-Z
 — water level — DNM-W
 — water level — DNM-M
 — water level — DNM-O



Waterstanden op de ringvaart (RV) en De Nieuwe Meer (DNM)

Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

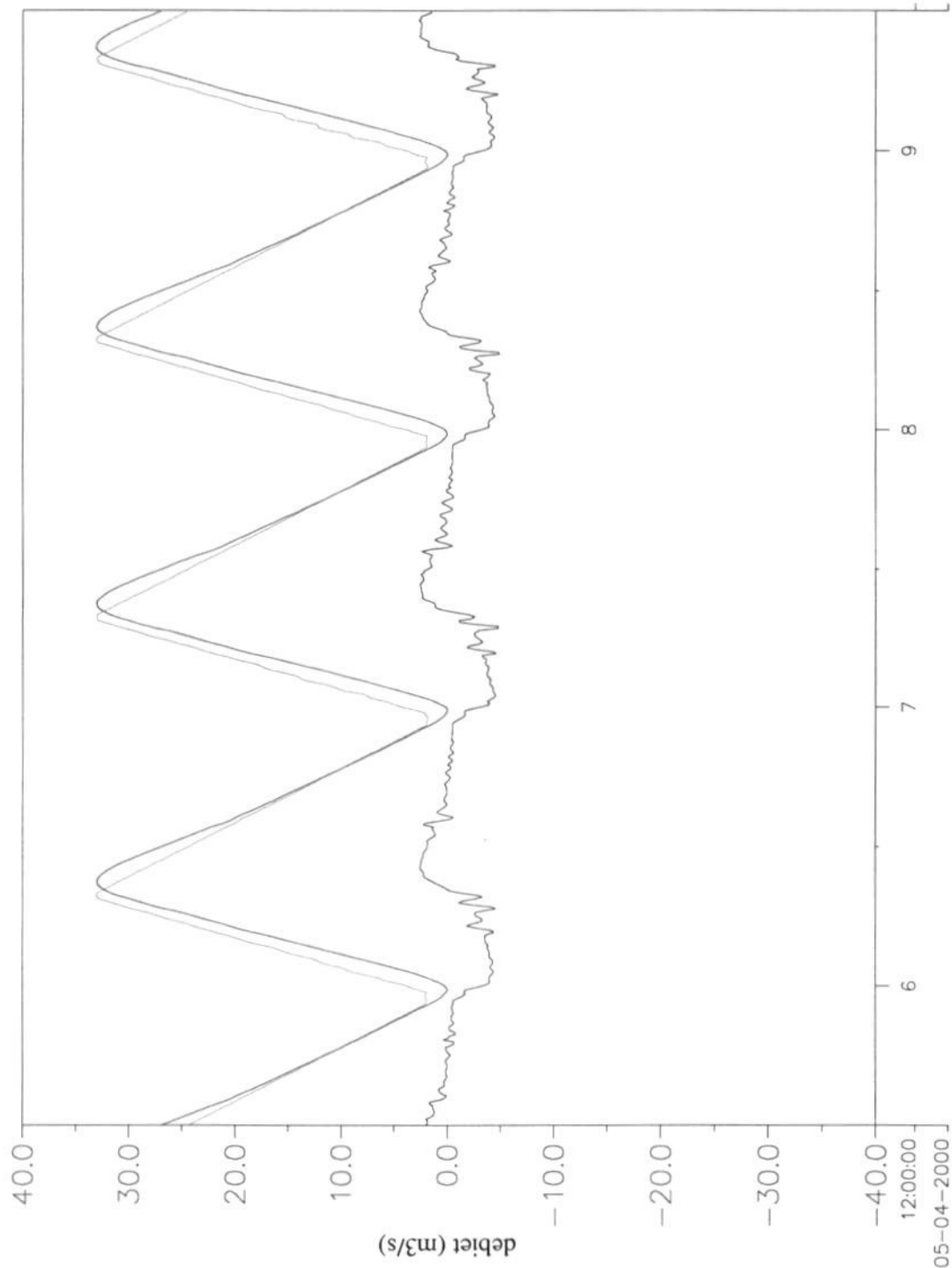
Witteveen+Bos

ref-b

ASD442.1

fig. III.1

— momentary flow — RV-DNM
 — momentary flow — RV-N
 — momentary flow — RV-Z



Debiten in de ringvaart (RV)
 en uitwisseling met De Nieuwe Meer (RV-DNM)
 Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

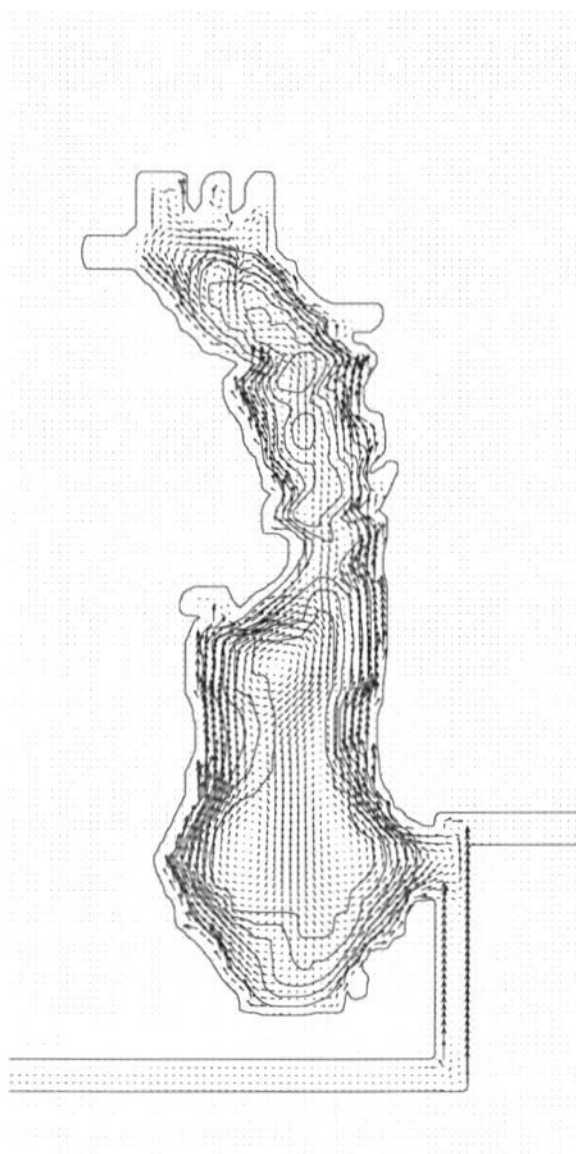
ref-b

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. III.2

0.500m/s
↑



Stroomsnelheden (grootte en richting)
op een willekeurig tijdstip
Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

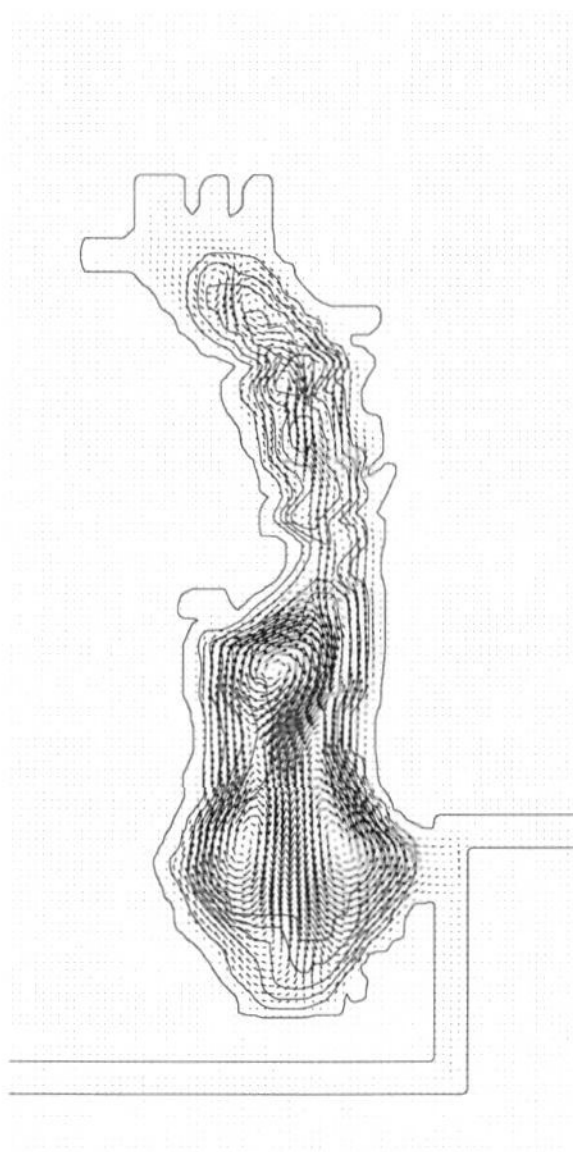
ref-b

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. III.3

100.000 m³/s
→



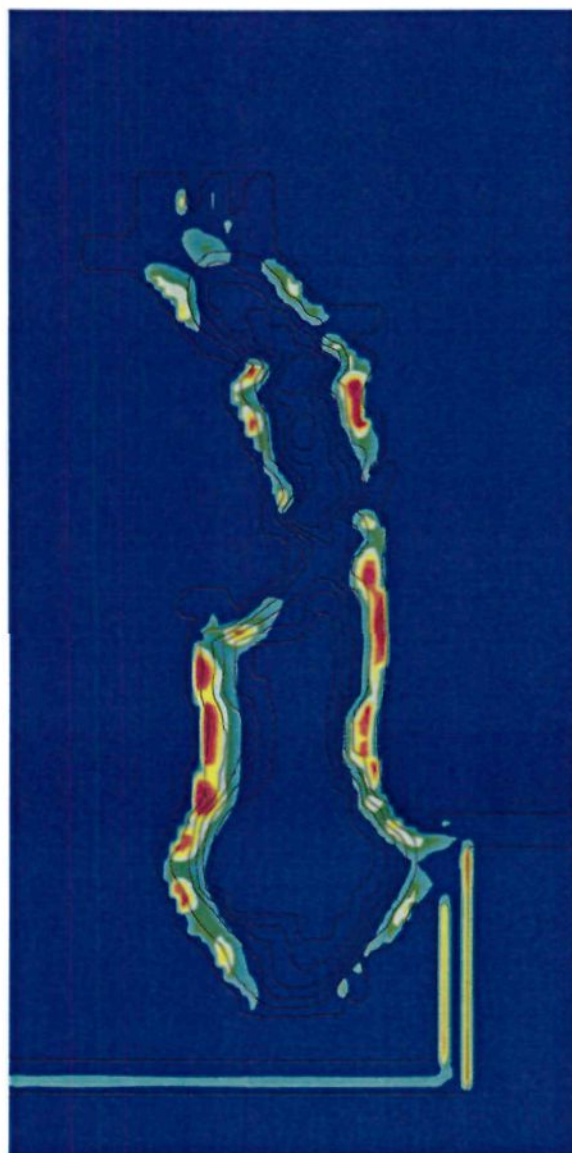
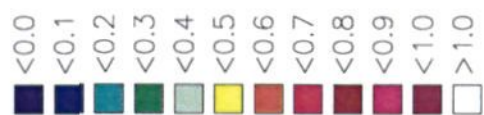
Debieten (grootte en richting)
op een willekeurig tijdstip
Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

ref-b

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. III.4



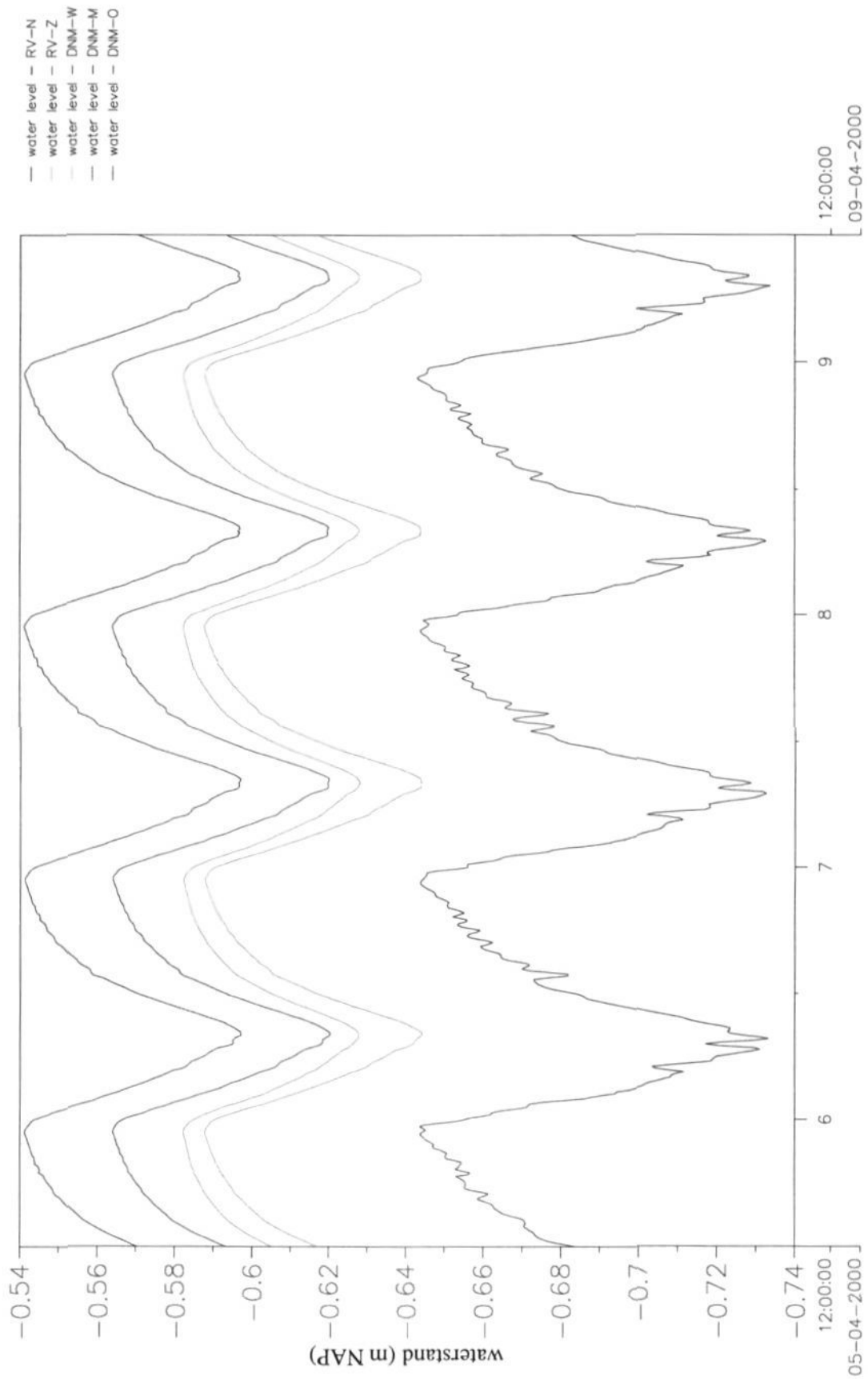
Grootte van de bodemschuifspanning (kg/m/s^2 of Pa)
 op een willekeurig tijdstip
 Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

ref-b

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. III.5



Waterstanden op de ringvaart (RV) en De Nieuwe Meer (DNM)

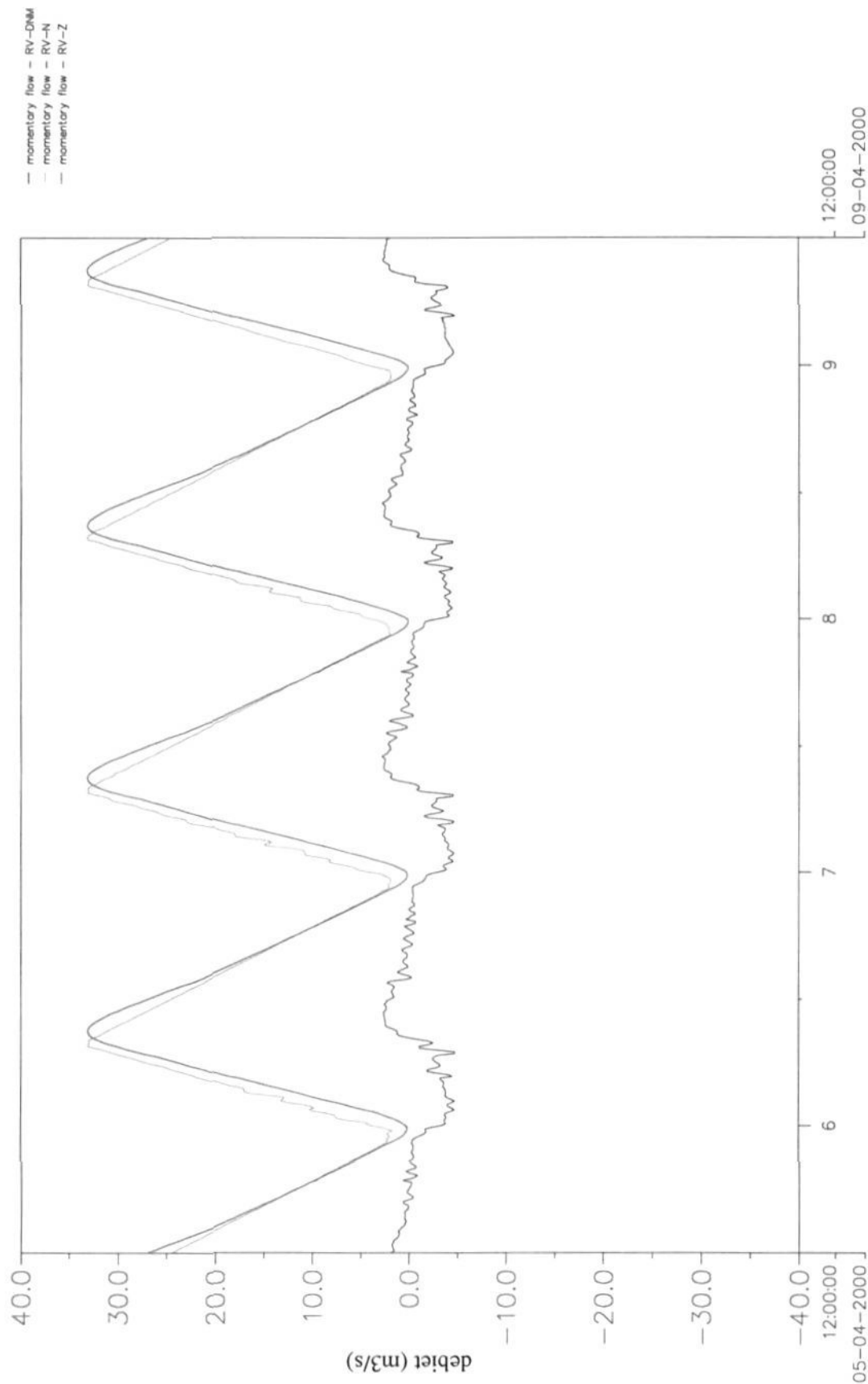
run 1f

Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. IV.1



Debiten in de ringvaart (RV)
 en uitwisseling met De Nieuwe Meer (RV-DNM)
 Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

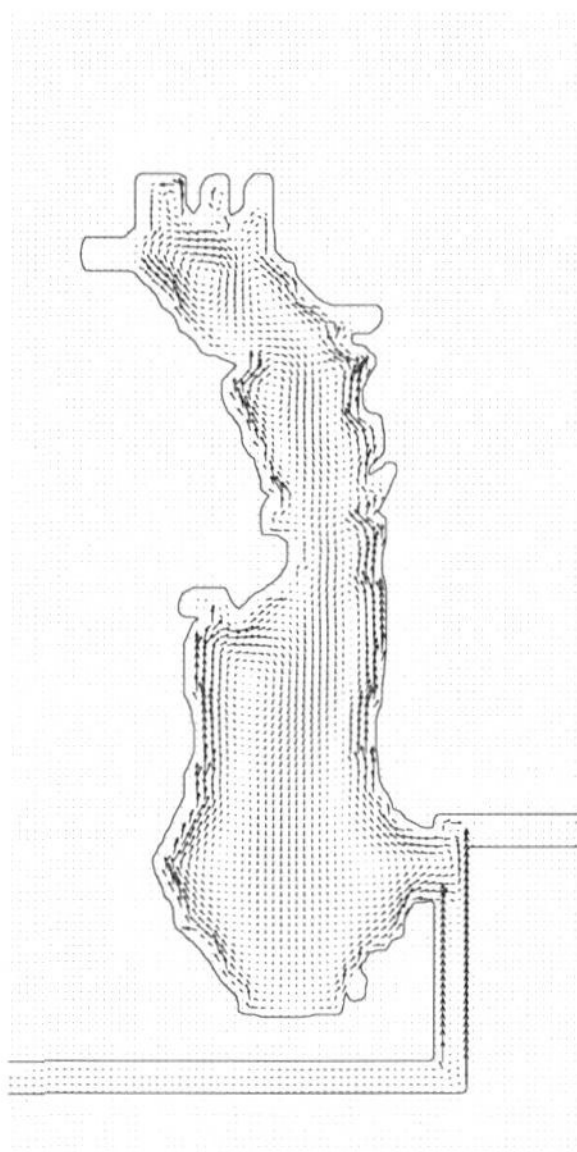
run 1f

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. IV.2

→ 0.500m/s



Stroomsnelheden (grootte en richting)
op een willekeurig tijdstip
Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

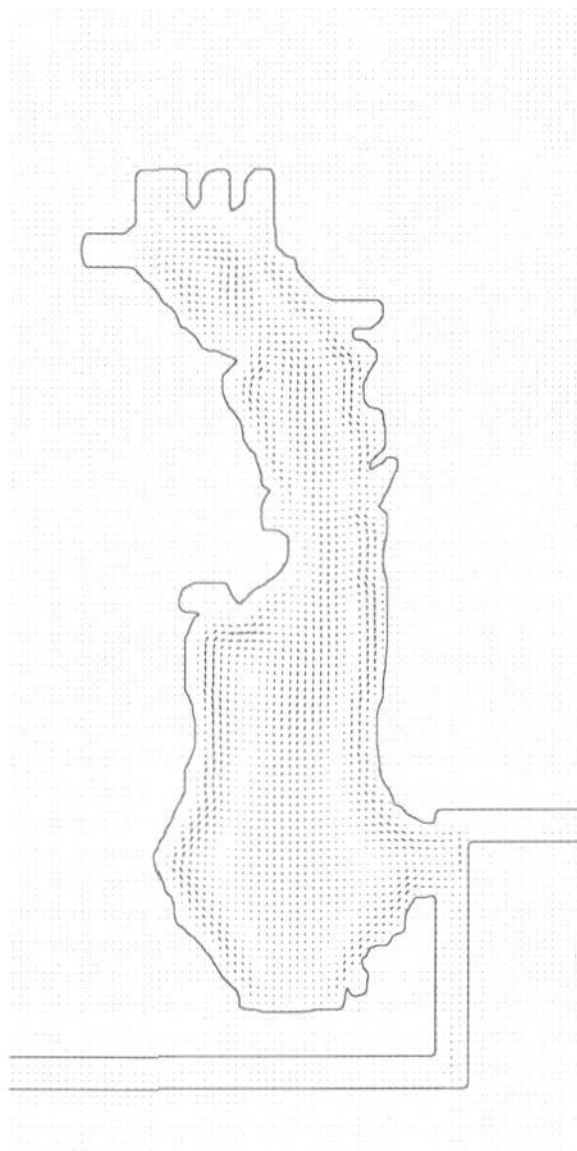
run 1f

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. IV.3

→ 100.000 m³/s



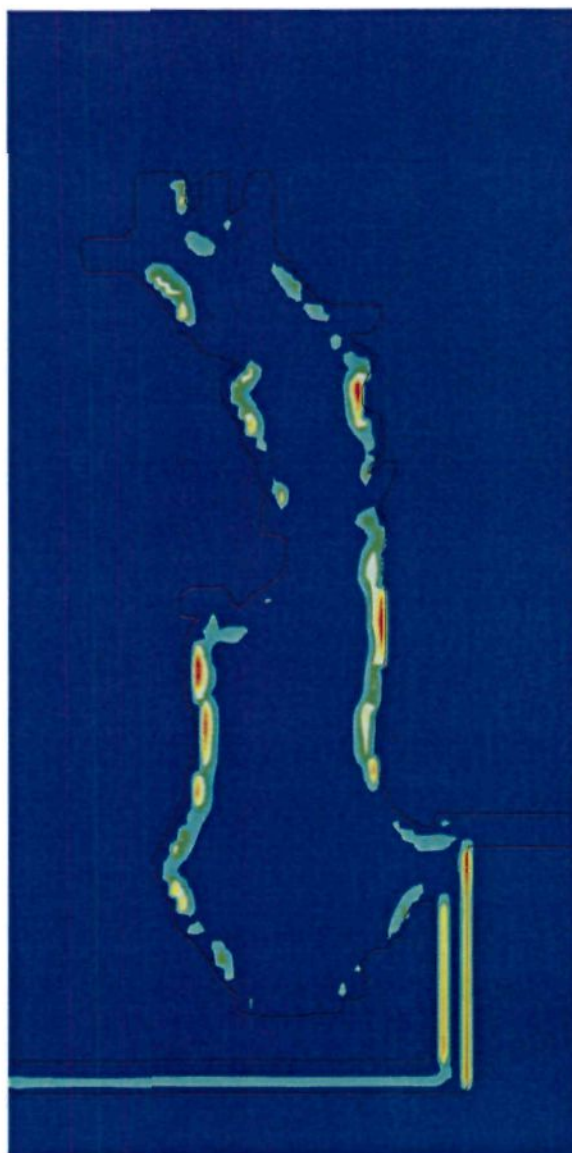
Debieten (grootte en richting)
op een willekeurig tijdstip
Bovengrens-condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

run 1f

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. IV.4



Grootte van de bodemschuifspanning (kg/m/s² of Pa)
 op een willekeurig tijdstip
 Bovengrens—condities: 20 m/s Westenwind (8 Bft)

run 1f

ASD442.1

Witteveen+Bos

fig. IV.5

BIJLAGE 4.V.: NOTITIE 'UITGANGSPUNTEN MODELLERING ZWEVEND STOFTRANSPORT'

water
infrastructuur
milieu
bouw



Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

opdrachtgever DWR
projectcode Asd422.1
project MER Verondieping Nieuwe Meer
onderwerp Uitgangspunten modellering zwevend stoftransport
referentie/volgnummer definitief

aan Witteveen+Bos Ing. J.M. Faber, Projectleider MER

opgemaakt Ir. J.S. Sloot
datum 1 december 2000

INTRODUCTIE

Het doel van de modellering van het transport van zwevend stof in het Nieuwe Meer is:

1. Inzicht te krijgen in de verspreiding van zwevend stof tijdens het storten van specie.
2. Bepalen of er na verondieping van het Nieuwe Meer erosie kan gaan optreden, waardoor eventuele aan zwevend stof gebonden verontreinigingen verspreid kunnen worden.

Deze notitie beschrijft de opzet van een model voor het transport van zwevend stof in het Nieuwe Meer. De modellering van zwevend stof is gebaseerd op de modellering van de waterbeweging zoals beschreven in de bijlagennotities 4.III., de notitie Uitgangspunten modellering waterbeweging en 4.IV., de notitie Resultaten modelberekeningen waterbeweging.

De uitgangspunten voor de modellering van het zwevend stoftransport worden in deze notitie beschreven (hoofdstuk 1). Daarnaast wordt aangegeven welke berekeningen zullen worden uitgevoerd (hoofdstuk 2). De resultaten van de modellering worden behandeld in de bijlage notitie 4.VI., de notitie Resultaten modelberekeningen zwevend stoftransport.

1. UITGANGSPUNTEN

1.1. Model

Er wordt een tweedimensionaal model gebruikt (Delft2D, SED-module, WL|Delft Hydraulics). Concentraties worden daarin over de diepte gemiddeld. In het slibmodel wordt sedimentatie en resuspensie van zwevend stof gemodelleerd. De processen waaraan het organische deel van het zwevend stof onderhevig is, kunnen niet worden meegenomen omdat het model daarin niet voorziet.

1.2. Processen en procesparameters

Teneinde de berekeningen voldoende nauwkeurig uit te voeren, wordt het zwevend stof onderverdeeld in drie fracties met verschillende eigenschappen. Dit zijn twee lichte fracties, IM1 en IM2 en een zware fractie IM3. Fractie IM1 is fijn slib ($<2\ \mu\text{m}$), fractie IM2 is fijn slib ($2\text{--}16\ \mu\text{m}$), dat geflocculeerd is en daardoor sneller bezinkt. De lichte fracties zijn de fracties die in de uitgangssituatie in het oppervlaktewater van het systeem aanwezig zijn. De derde, zware fractie IM3 ($>16\ \mu\text{m}$), is voor een groot deel zo zwaar dat het direct naar de bodem zakt. De drie fracties komen overeen met de zwevend stoffracties als genoemd in de bijlagennotitie 2.1., de notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten.

Of en wanneer het zwevend stof tot bezinking komt, wordt bepaald door de 'kritische bodemschuifspanning' voor sedimentatie. Als deze wordt overschreden zal de fractie bezinken. De 'bezinksnelheid' geeft aan met welke snelheid dat gebeurt. Resuspensie treedt op als de 'actuele bodemschuifspanning' hoger is dan de kritische bodemschuifspanning voor resuspensie. Deze kritische bodemschuifspanning voor resuspensie wordt voor de drie fracties, conform gebruikelijk, gelijk verondersteld. De reden daarvan is dat alle fracties in de waterbodem aanwezig zijn en er geen verschil is in het moment waarop de fracties in suspensie zullen gaan. Als de fracties in suspensie gaan, doen ze dat grotendeels samen.

Als de bodemschuifspanning hoog genoeg is zal er een hoeveelheid slib opgewoeld worden (erosieparameter). Deze hoeveelheid wordt verdeeld over de drie fracties in de verhouding waarin ze op dat moment ter plaatse aanwezig zijn in de waterbodem. Omdat de modelparameters niet uit metingen bekend zijn, zijn hiervoor aannames gedaan op basis van literatuurwaarden (Tabel 1). Als waarde voor de bezinksnelheid wordt in Nederlandse meren een range van $0,1\text{--}70\ \text{m/d}$ gevonden voor verschillende fracties (DUFLOW 1998). De lichte fracties hebben relatief lage waarden; deze fracties bezinken pas bij een lage actuele bodemschuifspanning. Voor de zware fractie in de te storten specie is een bezinksnelheid gekozen van $30\ \text{m}$ in $4\ \text{uur}$. Voor de kritische schuifspanning voor resuspensie geldt in Nederlandse sedimenten een range van $0,16\text{--}0,70\ \text{Pa}$ (Anderse & Pejrup 1999).

Tabel 1.: Eigenschappen zwevendstoffracties

		IM1 ($<2\ \mu$)	IM2 ($2\text{--}16\ \mu\text{m}$)	IM3 ($>16\ \mu\text{m}$)
Bezinksnelheid ¹⁾	(m/d)	0.1	1	180
Kritische bodemschuifspanning sedimentatie	(Pa)	0.05	0.15	0.5
Erosieparameter	(g/m ² /d)	500	500	500
Kritische bodemschuifspanning resuspensie	(Pa)	0.5	0.5	0.5

¹⁾ Deze bezinksnelheden gelden bij afwezigheid van een spronglaag. Door de aanwezigheid van de menginstallatie is een mogelijke spronglaag gedurende het gehele jaar niet aanwezig.

2.2. Opzet berekeningen

referentiesituaties

Om het effect van storten in beeld te brengen wordt een aantal berekeningen uitgevoerd. Ten eerste worden twee referentieberekeningen uitgevoerd voor de huidige situatie. Vervolgens wordt een aantal alternatieven berekend waarin het stortproces wordt gesimuleerd. De referentieberekeningen dienen ertoe om de alternatiefberekeningen te kunnen corrigeren voor de processen die

autonoom in het systeem optreden. De referentiesituatie is echter alleen bekend voor de huidige bodemligging, dus zonder verondieping.

Er wordt uitgegaan van twee referentiesituaties. In referentiesituatie a is er geen wind en is er weinig stroming (zie de bijlagennotitie 4.IV., de notitie Resultaten modelberekeningen waterbeweging). De enige aanvoer van zwevend stof is vanuit de Ringvaart, de poldergemalen en de Schinkelsluis. In referentiesituatie b zijn er maximale peilvariaties en staat er een westenwind van 20 m/s. In referentiesituatie b zorgt de hoge windsnelheid bij de overheersende windrichting voor resuspensie op de ondiepe locaties. (notitie Resultaten modelberekeningen waterbeweging). Daar waar lange strijklengtes heersen, bij westenwind dus vooral aan de oostoevers, waar de strijklengte oploopt tot meer dan een kilometer, zal in de referentiesituatie resuspensie van bodemmateriaal optreden. Dit zwevend stof zal met de retourstroom verspreid worden. Beide referentiesituaties zijn extreme situaties en begrenzen de werkelijke dynamiek van het systeem. Beide referentiesituaties worden voor een periode van 5 dagen (één werkweek) doorgerekend. Na die 5 dagen is er weer 2 dagen rust.

initiële condities en randvoorwaarden

Uit de dataset over de zwevend stofconcentraties in het westelijke diepe deel van het Nieuwe Meer in de periode 1990-2000 (maandelijkse metingen van het Hoogheemraadschap van Rijnland) blijkt dat de gemiddelde concentratie van het zwevende stof 2,5 mg/l is. Dit is het totale zwevend stofgehalte, een (onbekend) deel hiervan zal ook organisch materiaal zijn (humus, algen). Het aandeel daarvan zal per seizoen verschillen. Vergeleken met andere meren in Nederland is deze concentratie laag, het Nieuwe Meer is dan ook relatief helder.

Voor referentiesituatie a (geen wind) wordt gerekend met een achtergrondconcentratie in het meer van totaal 2 mg/l, deze hoeveelheid wordt ook aangevoerd door de Ringvaart, de poldergemalen en de sluis. In referentiesituatie b (windkracht 8) is het achtergrondgehalte, als gevolg van de suspensie van vooral de meeroevers hoger. Voor deze situatie wordt gerekend met 5 mg/l en wordt een zelfde concentratie aangevoerd via de modelranden (Tabel 2). Omdat van de samenstelling van het zwevend stof weinig bekend is, is een gelijke verdeling over de twee lichte fracties aangenomen, zie Tabel 2.

Tabel 2.: Achtergrondconcentraties zwevend stof

	IM1 (mg/l)	IM2 (mg/l)
Referentie a (geen wind)	1	1
Referentie b (windkracht 8)	2,5	2,5

In beide referentiesituaties wordt er van uitgegaan dat er overal een sliblaag van circa 1 m ligt (zie ook de notitie Consolidatie). Bij gebrek aan precieze gegevens is aangenomen dat in deze laag de drie fracties gelijk aanwezig zijn. In werkelijkheid zal er op de diepe locaties een dikkere laag liggen en aan de oevers waarschijnlijk een dunnere laag omdat de oevers onder invloed staan van windgolven en daar het materiaal dat bezinkt, weer opgewerveld wordt. Ook zal het aandeel van de fracties in het meer niet uniform zijn. In de berekeningen is de huidige waterbodem echter niet van grote invloed omdat in de diepe delen geen resuspensie zal optreden.

rekenschema

De tijdstapgrootte en de dispersie in de waterkwaliteitsberekeningen zijn zo gekozen dat bij het gekozen numerieke rekenschema de berekeningen stabiel en positief zijn: dispersie $D = 0,01 \text{ m}^2/\text{s}$ en tijdstap $\Delta t = 60 \text{ s}$.

2. BEREKENINGEN

2.1. alternatieven

Er zijn twee alternatieven gedefinieerd voor het storten van baggerspecie in het Nieuwe Meer. In alternatief 1 wordt gestort in het westen en in alternatief 2 wordt gestort in het oosten van het meer. Alternatief 3 geeft de situatie weer van het storten in west + oost; aangezien dit niet tegelijkertijd optreedt, is alternatief 3 in dit kader een combinatie van de alternatieven 1 en 2. Per alternatief wordt onderscheid gemaakt in de situatie waarin nog geen verondieping heeft plaatsgevonden (NAP -30m) en de situatie tijdens en na het vullen van het meer (verondieping tot NAP-15 m, zie tabel 3). Het storten vindt steeds plaats boven het diepste deel van de locatie. Elk alternatief wordt voor beide referentiecondities doorgerekend. Evenals de referentiesituatie worden ook de alternatieven voor een periode van 5 dagen doorgerekend.

Tabel 3.: Berekeningen

Diepte tov NAP	Alternatief 1, storten west		Alternatief 2, storten oost	
	ref-a	Ref-b	ref-a	ref-b
-30 (m)	1a	1b	2a	2b
-15 (m)	1c	1d	2c	2d

wijze en frequentie van storten

Voor de verspreiding van het zwevend stof zijn, naast de locatie, twee variabelen van belang: de stortwijze en de stortfrequentie.

stortwijze

Er zijn verschillende manieren voor het storten van specie: storten met behulp van een grijperkraan (dit kan boven water zijn, onder water en met behulp van een storkoker). Ook kan gestort worden met onderlossers.

Bij het storten met een grijperkraan waarbij de specie onder water wordt gelost valt de specie als dikke vloeistof naar de bodem (Frederic Harris BV, 1997). Door de intreding van water in de speciemaassa en door de beweging veroorzaakte turbulentie zal nagenoeg geen onverdunde specie de bodem bereiken. Bij iedere grijperlading ontstaat een verticaal spoor van vertroebeling en turbulentie. In totaal resulteert dit in een grote vertroebeling over de verticaal. Bij de bodem zal de verticale beweging zich omzetten in een horizontale beweging en turbulentie waardoor de specie zich zal verspreiden over de bodem. De vertroebeling bij de methode 'grijper onder water lossen' is significant groter dan de vertroebeling bij het storten met onderlossers (Frederic Harris BV, 1997).

De vertroebelings- en verspreidingsmechanismen bij het storten met een grijper waarbij de specie boven water wordt gelost, is vergelijkbaar met het onder water lossen. In dit geval is echter nog een extra verspreidingsmechanisme, de klap die specie maakt bij het in het water vallen. Hierdoor ontstaat direct bij het oppervlak een zekere menging met het oppervlaktewater. Uit metingen is echter gebleken dat deze menging aan het oppervlak echter niet leidt tot de verspreiding van zeer vertroebeld water in de bovenste waterlagen. De dichtheid van het materiaal is kennelijk voldoende om ondanks de verdunning naar diepere lagen te bewegen (Frederic Harris BV 1997).

Bij het storten met behulp van een stortpijp wordt de specie op diepte nabij de bodem in het water gebracht. Bij deze stortwijze zal de initiële vertroebeling (potentieel verlies) niet over de hele verticaal optreden. Bij het storten met onderlossers is de initiële vertroebeling groter dan bij het storten via storkokers, maar de tijdsduur waarin meetbare vertroebeling optreedt is aanzienlijk korter. Het openklappen van een onderlosser neemt immers veel minder tijd in beslag dan het legen van een bak in een storkoker met behulp van een grijper. In de bijlagennotitie 4.VI., de notitie *Resultaten modelberekeningen zwevend stoftransport*, worden de stortverliezen berekend bij een potentieel stortverlies van 5% (simulering onderlossen) en van 1% (simulering storten via een storkoker).

De stortwijze stortwijze is gesimuleerd door op meerdere roosterpunten in het model een lozing van specie aan te brengen. Hierbij is het vertroebelingoppervlak aangehouden dat door onderzoek voor deze stortwijze is vastgesteld (Frederic Harris BV 1997).

stortfrequentie

De stortfrequentie wordt berekend uit het vastgestelde jaarlijkse stortvolume van 60.000 m³ en de werkbare tijd binnen een jaar. Bij de berekening van de werkbare tijd is er, conform elders in het MER, van uitgegaan dat er wordt gestort in 6 maanden, van medio oktober tot en met medio april. Dit levert een gemiddelde intensiteit van 2.400 m³/week. Een enkel konvooi bestaat uit vier bakken van 40 m³. Er kan dus 160 m³ specie per konvooi worden getransporteerd. Hieruit volgt een gemiddelde van 15 konvoeien per week, oftewel 3 konvoeien per dag. In het model zal op drie tijdstippen per dag (8:00u, 12:00u, 16:00u) een lozing van specie worden gesimuleerd. De stortprocedure met behulp van onderlossers is in de berekeningen voor 160 m³ specie, veiligheidshalve gesteld op een tijdsduur van 15 minuten; in werkelijkheid zal de storttijd slechts 1-2 minuten bedragen, afhankelijk van de snelheid waarmee gewerkt wordt. Omdat met een tweedimensionaal dieptegemiddeld model gerekend wordt, wordt specie die gestort is instantaan over de hele waterkolom op de stortlocatie gemengd. De initiële vertroebeling treedt dus over de hele verticaal op.

stortverlies

Op grond van de literatuur (ref. 2, ref. 6) is aangenomen dat bij de stortmethode 'onderlossen' 95% van de gestorte specie direct als een blok zal bezinken zich niet verspreidt in de waterfase. Het overige deel van de specie (5%) zal tijdens het storten van de hoofdstroom losraken (het potentieel verlies van specie) en ter plaatse van de put in suspensie raken. Dit is de hoeveelheid materiaal die in het modelsysteem wordt ingebracht als lozing. Een deel van deze hoeveelheid zakt snel uit ter plaatse van de put. Het overblijvende deel, dat uit fijner materiaal bestaat, kan zich buiten de stortlocatie verspreiden (het zogenoemde actuele verlies).

specie-eigenschappen

Op grond van de bijlagennotitie 2.I., de notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten, is het anorganische deel van de in de rekenspecie aanwezige droge stof (82% anorganisch materiaal van 34% droge stof) verdeeld over 20% in fractie 1, 12% in fractie 2 en 68% in fractie 3. Deze indeling in fracties is gebaseerd op de korrelgrootteverdeling van rekenspecie. De hoeveelheid fractie IM1 is daarbij gebaseerd op het percentage <2 µm, fractie IM2 op het percentage 2-16 µm en fractie IM3 op het percentage >16 µm in de rekenspecie. Dit is een arbitraire indeling, in werkelijkheid zullen de fracties IM1 en IM2 deels uit dezelfde korrelgroottefracties bestaan en zal het onderscheid tussen de fracties door de mate van flocculatie bepaald worden en niet zozeer door de korrelgrootte. Het organisch deel van de te verspreiden specie (18% van 34% droge stof) is in eerste instantie niet gemodelleerd, omdat het aan processen onderhevig is (o.a. afbraak, waardoor het materiaal verdwijnt) die niet in het gebruikte model zijn opgenomen. Het organisch deel van de specie is echter wel aan een gevoeligheidsbeschouwing onderworpen.

Bij de omrekening van het volume rekenspecie naar het gestorte gewicht van een fractie per tijdseenheid is uitgegaan van een dichtheid van 2600 kg/m³ van het anorganische deel van het droge stof in de rekenspecie¹. In het slibmodel wordt per tijdseenheid opgegeven hoeveel van elke fractie gestort wordt. De specie zal ook een deel organisch materiaal bevatten, deze wordt in eerste instantie niet expliciet gemodelleerd maar zal wel van invloed kunnen zijn op de vertroebeling tijdens het storten en de verspreiding van microverontreinigingen. Ook dit aspect is in de gevoeligheidsbeschouwing opgenomen (zie de bijlagennotitie 4.VI., de notitie Resultaten modelberekeningen zwevend stoftransport).

Bij een storddiepte van NAP -15 m zal het slib zich 25 m in radiale richting verplaatsen vanaf het stortpunt (Heezen en Van der Stap 1987). Daarom wordt voor deze situatie, bij de gegeven grid-

¹ Voor alle duidelijkheid, de dichtheid van baggerspecie, dat voor een deel uit water, humus en veen bestaat, is veel lager.

grootte van 25 x 25 m, aangenomen dat de storting in één gridcel plaatsvindt. Bij een stortdiepte van NAP -30 m zal de slibwolk zich verder verspreiden; aangenomen wordt dat de totale hoeveelheid gestorte specie zich verdeelt over vier gridcellen (tabel 4).

Tabel 4 Te storten hoeveelheid specie per fractie bij verschillende verondiepingen.

diepte tov NAP	Aantal gridcellen	IM1 (g/s)	IM2 (g/s)	IM3 (g/s)
-30 (m)	4	322	193	1095
-15 (m)	1	1289	773	4381

De hoeveelheden in deze tabel zijn berekend met: totale hoeveelheid = 160m³ per keer, 5% potentieel stortverlies, stortduur = 15 minuten, dichtheid anorganisch deel van de droge stof = 2600 kg/m³.

BRONNEN

1. T.J. Andersen en M. Pejrup 1999 Determination of Erosion Thresholds and Erosion Rates on Fine-grained Freshwater Sediments in the Netherlands using a portable EROMES-system. Institute of Geography, University of Copenhagen.
2. G. van den Berg, H. Eenhoorn, D. van Pijkeren en J. Tuinstra 2000. Stortverlies en acceptatiecriteria storten in putten. Gevoeligheidsanalyse t.b.v. MER zoute Bagger - Concept.
3. Randvoorwaarden en uitgangspunten MER Verondieping Nieuwe Meer. Notitie Witteveen+Bos maart 2000.
4. DUFLOW 1998. Waterkwaliteit/procesbeschrijvingen. Landbouwuniversiteit Wageningen in opdracht van STOWA, publicatie nr 98-18.
5. F.T. Heezen en A.C.M. van der Stap 1987. Zandstorten onder water. Bouwkunde en Civiele Techniek no.7/8.
6. Frederic R. Harris B.V. 1997. Eindrapport Onderzoek naar de verspreiding van zwevende stof ten gevolge van de stort van baggerspecie met verschillende storttechnieken.