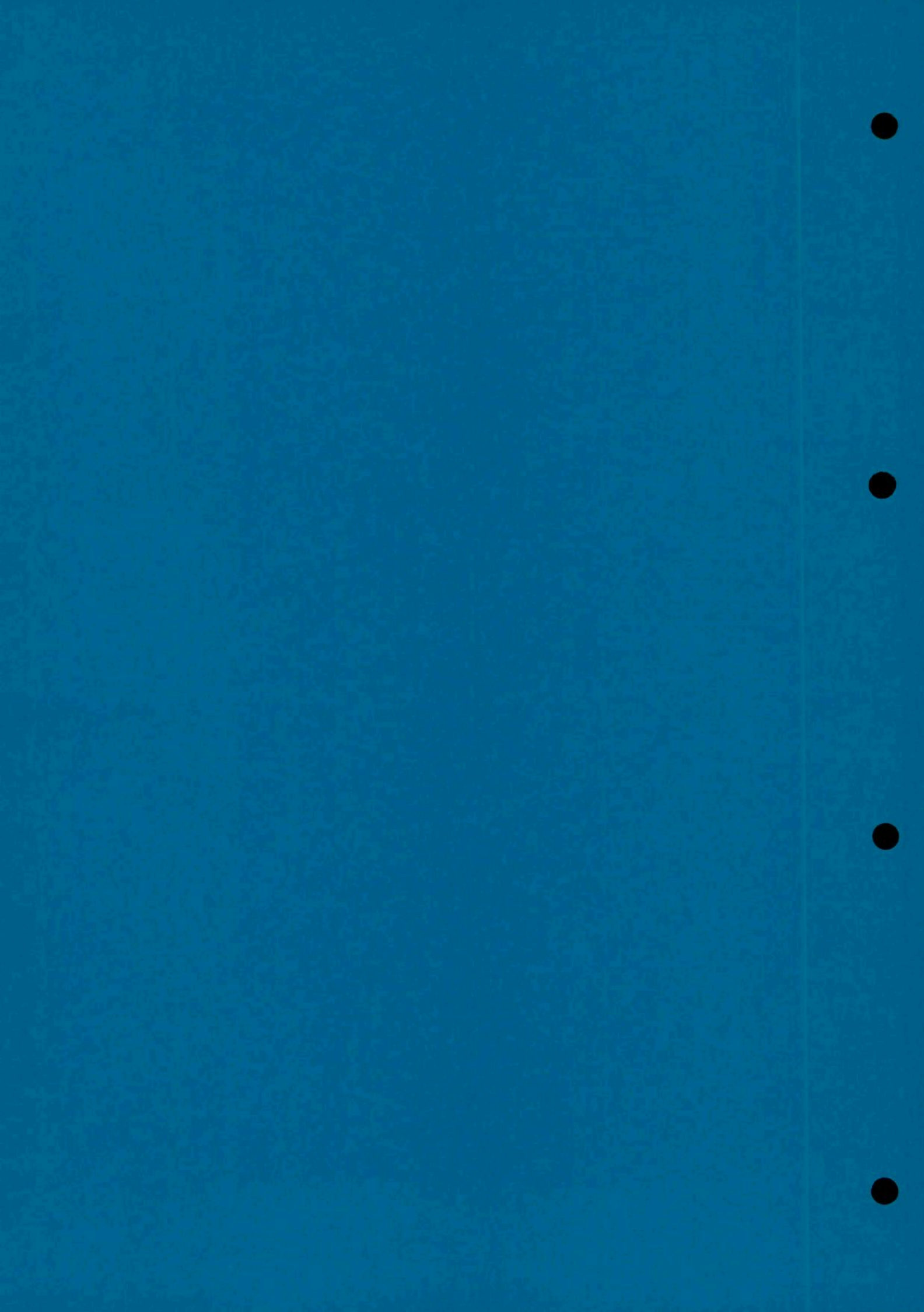


BIJLAGE 4.VI.: NOTITIE 'RESULTATEN MODELBEREKENINGEN ZWEVEND STOFTRANSPORT'



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 Asd442.1
project MER Verondieping Nieuwe Meer
onderwerp Resultaten modelberekeningen zwevend stoftransport
referentie/volgnummer definitief

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

opgemaakt Ir. J.S. Sloot
datum 1 december 2000
bijlagen 13

INTRODUCTIE

Door de modellering van het transport van zwevend stof in het Nieuwe Meer moeten twee vragen worden beantwoord:

- hoe verspreidt het zwevend stof zich tijdens het storten van specie in het Nieuwe Meer?
- kan er na verondieping van het Nieuwe Meer erosie gaan optreden, waardoor eventuele aan zwevend stof gebonden microverontreinigingen verspreid kunnen worden?

Deze vragen zijn met name relevant voor de beoordeling van de effecten van het storten van bag-specie voor de havens, de stranden en de kwaliteit van het (zwem)water. In deze notitie wordt ook aandacht besteed aan de aanslibbing in de jachthavens en aan het langetermijn effect van het verspreiden van het zwevend stof.

De uitgangspunten voor de modellering staan beschreven in de bijlagennotitie 4.V., de notitie Uitgangspunten modellering zwevend stoftransport.

Deze notitie beschrijft de resultaten van het modelonderzoek dat uitgevoerd is om deze vragen te beantwoorden, in vier hoofdstukken:

- vertroebeling tijdens het storten (hoofdstuk 1);
- resuspensie na verondieping (hoofdstuk 2);
- gevoeligheidsbeschouwing (hoofdstuk 3);
- evaluatie en conclusies (hoofdstuk 4).

De volgende bijlagen zijn aan deze notitie toegevoegd:

Bijlage I Referentiesituatie (één figuur);

Bijlage II Resultaten alternatiefberekeningen zwevend stof (elf figuren);

Bijlage III Resultaten berekeningen resuspensie na verondieping (één figuur).

1. VERTROEBELING TIJDENS STORTEN

Het effect van het storten van specie in het Nieuwe Meer wordt beschreven voor drie alternatieven: storten van specie in de westelijke put, storten in de oostelijke put en storten in beide putten. Het effect van het storten van specie in beide putten tegelijkertijd is echter niet apart gemodelleerd, maar wordt beschreven aan de hand van de effecten van verspreiden op de afzonderlijke locaties. De effecten van het storten van specie wordt vergeleken met een referentiesituatie, die hierna eerst wordt beschreven.

1.1. Referentiesituatie

Om het effect van het storten van specie in beeld te brengen is een aantal berekeningen uitgevoerd. Ten eerste zijn referentieberekeningen gemaakt voor de huidige situatie. 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. Uitgegaan is van twee referentiesituaties. In referentiesituatie a is er geen wind; in referentiesituatie b staat er een westenwind van 20 m/s (windkracht 8). Beide referentiesituaties zijn extreme situaties en begrenzen de werkelijke dynamiek van het systeem. In referentiesituatie a is er weinig waterbeweging en treedt er nauwelijks verspreiding van zwevend stof op. Door de lage bodemschuifspanningen vindt op de diepe locaties voortdurend sedimentatie plaats. Bij windkracht 8 vindt zwevend stoftransport plaats vanuit de Ringvaart naar het Nieuwe Meer. In deze situatie zorgt de hoge windsnelheid voor verspreiding van zwevend stof over het hele systeem. (figuur I.1).

1.2. Alternatief 1: Storten van specie in de westelijke put

Als er in de nog *niet verondiepte situatie* in het diepste deel van het westelijk deel van het Nieuwe Meer specie wordt gestort bij *windstil* weer, treedt op de stortlocatie tijdelijk een grote verhoging van de concentratie zwevend stof op. Het invloedsgebied heeft een geringe omvang (fig. II.1). Het zwevend stof verspreidt zich nauwelijks in het meer door de geringe waterbeweging. Alleen in de directe omgeving van de stortlocatie nemen de concentraties ook toe, tot circa 100 mg/l (ordegrootte, zie figuur II.1.). Omdat er onder deze condities weinig verspreiding van zwevend stof is en omdat de twee lichte fracties nauwelijks bezinken neemt bij dagelijks verspreiden van specie de concentratie op de stortlocatie in de tijd toe. De zware fractie is binnen een uur volledig uitgezakt en op de bodem gesedimenteerd (figuur II.2.).

In de *verondiepte situatie*, bij afgenomen waterdiepte, is de berekende concentratie op de stortlocatie hoger omdat de gestorte hoeveelheid specie over een kleiner oppervlak in het model is aangebracht dan in de niet verondiepte situatie (notitie Uitgangspunten modellering zwevend stoftransport). In ondiep water beslaat de initiële vertroebeling een minder groot oppervlak dan in *diep water*, waar de specie een langere weg naar de bodem moet afleggen. Overigens is geconstateerd dat het potentieel verlies afneemt bij afnemende waterdiepte, om diezelfde reden. Dit effect is in het model niet meegenomen, wat voor de alternatieven met een verondiepte bodem een worstcase benadering is. Na verondieping neemt tevens de snelheid waarmee het meer gevuld en geleegd wordt vanuit de Ringvaart toe (bijlagennotitie 4.IV., de notitie Resultaten modelberekeningen waterbeweging). Daarom verspreidt het zwevend stof zich in de verondiepte situatie net iets verder naar de Ringvaart (vergelijk figuur II.3 met figuur II.1.). Dat verschil is echter klein.

Bij *windkracht 8* is er op de stortlocatie zelf slechts tijdelijk een toename van de totale concentratie zwevend stof te zien (< 20 mg/l) (figuur II.4). Binnen een uur is dit effect nagenoeg verdwenen. De wind zorgt er voor dat de lichte fracties zwevend stof snel over het hele meer verspreid worden. Vijf uur na de laatste dagelijkse storting (van een periode van 5 dagen) is de concentratie in het hele meer met 2-3 mg/l verhoogd. In het oostelijke deel van het meer, waar niet gestort is, is de concentratieverhoging wat minder (1-2 mg/l) (figuur II.5). De achtergrondconcentratie van zwevend stof in het diepe deel van het Nieuwe Meer ligt onder gemiddelde condities in dezelfde orde van grootte (zie de bijlagennotitie 4.V., de notitie Uitgangspunten modellering zwevend stoftransport).

Verondieping bij *windkracht 8* heeft door de iets veranderde waterbeweging een gering verhogend effect op de verspreiding van zwevend stof, maar dat leidt niet tot een relevant verschil in vertroebeling (vergelijk figuur II.6 met figuur II.5).

1.3. Alternatief 2.: Storten in de oostelijke put

Het effect van het storten van baggerspecie in het oostelijk deel van het Nieuwe Meer verschilt weinig van het effect van verspreiden van specie in het westelijk deel. Bij *windstil* weer neemt de concentratie van de lichte zwevend stoffracties ter plaatse van de put toe omdat er nauwelijks verspreiding optreedt (figuur II.7). Als er *verondiept* is, is de verspreiding door de veranderde waterbeweging nog weer iets groter (vergelijk figuur II.8. met figuur II.7).

Bij *windkracht 8* is er op de stortlocatie ook weer een tijdelijke vertroebeling (figuur II.9). De lichte zwevend stoffracties verspreiden zich ook weer snel over het hele Nieuwe Meer, de dieptegemiddelde vertroebeling na 5 dagen is eveneens 2-3 mg/l. Ten noorden van de stortlocatie is een klein gebied waar iets hogere concentraties voorkomen (tot 4 mg/l) (figuur II.10). In het westen van de plas komen ook lagere concentraties voor. Na verondieping is de verdeling van zwevend stofconcentraties over het meer weer net iets anders door de gewijzigde waterbeweging (vergelijk figuur II.11. met figuur II.10.). De gemiddelde vertroebeling ten gevolge van de verspreiding van specie is echter gelijk aan die in de niet verondiepte situatie.

1.4. Alternatief 3.: Storten in het gehele meer tegelijkertijd

Als in beide putten specie wordt gestort, treden over het algemeen dezelfde effecten op als bij verspreiden van specie op de afzonderlijke locaties: de vertroebeling is afhankelijk van de windkracht, de windrichting en de stortlocatie.

1.5. Aanslibbing in de jachthavens als gevolg van het storten van baggerspecie

Het is bekend dat er aanslibbing optreedt in de jachthavens van het Nieuwe Meer. De vraag is of deze aanslibbing zal toenemen als gevolg van het storten van specie in het Nieuwe Meer, met name in de oostelijke put. Aanslibbing in de havens kan in beginsel worden veroorzaakt door:

- bezinking van drijvend organisch materiaal;
- bezinking van opgewoeld materiaal van de oevers en van de diepe delen; ook bezinking van materiaal dat door de golfslag is afgekalfd;
- bezinking van zwevend stof.

Bezinking van drijvend organisch materiaal, bijvoorbeeld door algen, dat door de overwegend westelijke wind in de havens wordt geblazen, is onwaarschijnlijk. Drijvende algenlagen komen sinds het plaatsen van de menginstallatie nauwelijks meer voor.

Waarschijnlijker is het dat tijdens forse wind uit het westen slib langs de oevers wordt opgewoeld en in hoge concentraties vlak boven de bodem wordt getransporteerd. Dit komt gedeeltelijk in de havens terecht omdat de stromingsrichting langs de oevers met de wind mee is en omdat westwinden overheersen.

Het is zeer onwaarschijnlijk dat slib uit de diepere delen van het meer de havens zal kunnen bereiken. Het slib dat in de diepe delen van het meer ligt, kan niet worden opgewoeld omdat de golfbeweging daar aan de bodem onvoldoende merkbaar is. De gestorte specie ligt dermate diep dat het buiten het bereik is van het opwoelende effect van golven en stroming; dit geldt overigens ook voor scheepsschroeven (zie de notitie Uitgangspunten modellering waterbeweging).

Aanslibbing kan in theorie ook optreden door het in de havens bezinken van slib dat tijdens het stortproces in suspensie raakt. In de bijlagennotitie 4.V., de notitie Uitgangspunten modellering zwevend stoftransport is dit verlies gesteld op 5% (het potentieel stortverlies). Een gedeelte daarvan zal de stortlocatie ook daadwerkelijk verlaten (het actuele verlies). Bij het storten via een stortkoker is het actuele verlies het kleinst, bij het gebruik van onderlossers is het actuele verlies groter en bij het gebruik van een kraan met grijper nog groter. Het voordeel van het gebruik van onderlossers is dat de tijdsduur waarin vertroebeling ten gevolge van het actuele verlies optreedt,

aanzienlijk korter is dan bij de overige stortwijzen. Zie verder de gevoeligheidsanalyse aan het eind van deze notitie.

In het ongunstigste geval (worstcase) verplaatst het actuele verlies zich vanaf de oostelijke stortlocatie als een wolk, zonder verdere verspreiding, richting de jachthavens. De kans dat dit gebeurt is klein, maar het is niet volledig uit te sluiten. Terwijl de wolk zich verplaatst, zal er slib uitzakken. Bij een stroomsnelheid van gemiddeld 0,1 m/s doet de wolk er ongeveer anderhalf uur over om van locatie oost de havens te bereiken (een afstand van ongeveer 500 m). De zwaardere fracties zijn dan al geheel uit het bovenste gedeelte van de waterkolom verdwenen, de lichtere fracties zijn daar nog over. Deze fractie bezinken slechts langzaam (0,1 tot 1 m/dag). Voordat deze fracties zich in de havens kunnen afzetten (gemiddelde diepte circa 2,5 m) zijn er dus 2,5 tot 25 dagen voorbij. Er mag verondersteld worden dat de wolk zich tegen die tijd over een groter oppervlak heeft verspreid, waardoor de concentraties zwevend stof zijn afgenomen.

Er kan ook een andere benadering worden gevolgd. De toename van de concentratie zwevend stof bedraagt lokaal bij storm maximaal 4 mg/l (zie hiervóór). Stel dat deze toename een jaar lang constant blijft en volledig in een haven van 2,5 m diepte bezinkt. Dan bezinkt per jaar op elke dm^2 $365 \times 25 \text{ dm}^3 \times 4 \text{ mg/l} = 36.500 \text{ mg}$ ofwel 36,5 g; dat is 3650 g/m^2 ofwel circa 1,4 mm. Zelfs onder deze ongunstige aannamen is dat veel minder dan de natuurlijke aanwas van enkele cm per jaar. Geconcludeerd wordt dat er ten gevolge van het storten van baggerspecie niet of nauwelijks extra aanslibbing in de jachthavens is te verwachten. Voor de stranden geldt het zelfde.

1.6. Langetermijntoename van de concentratie zwevend stof

Een gedeelte van de specie raakt tijdens het storten van de specie in suspensie. Dit is het zogenaamde potentieel verlies. In deze hoeveelheid specie is materiaal van verschillende deeltjesgrootte aanwezig. Het grovere materiaal zal snel uitzakken, maar het fijnere materiaal zal langere tijd als zwevende stof in suspensie blijven en zich over het meer kunnen verspreiden. Deze laatste hoeveelheid wordt het actuele verlies genoemd.

Uit de modelberekeningen volgt (zie hiervóór) dat het fijnere materiaal zich uiteindelijk over het gehele meer verspreidt. De snelheid waarmee dat gebeurt is afhankelijk van de windsnelheid. Bij windkracht 8 is al na enkele uren overal in het meer een ongeveer gelijke concentratie zwevend stof aanwezig. Deze gemiddelde concentratie aan fijn zwevend stof zal toenemen in de tijd, omdat er bij iedere stort fijn materiaal bijkomt (actueel verlies) terwijl het niet of nauwelijks bezinkt. Met een handberekening is inzicht te verkrijgen in de uiteindelijke concentraties van zwevende stof in het meer na afloop van het storten van specie. Hiertoe zijn de navolgende aannamen gedaan:

- Er zijn twee fijne fracties. Het materiaal dat fijner is dan $2 \mu\text{m}$ maakt deel uit van de fijnste fractie. Dit betreft ongeveer 20% van het aandeel droge stof, hetgeen tamelijk veel is. Een iets grovere fractie bestaat uit materiaal dat grover is dan $2 \mu\text{m}$ maar fijner dan $16 \mu\text{m}$. Dit betreft ongeveer 12% van het aandeel droge stof.
- De bezinksnelheid van de fijnste fractie is 0,1 m/dag en van de grovere fractie 1 m/dag (zie de bijlagennotitie 4.V., de notitie Uitgangspunten zwevend stoftransport). De bezinksnelheden kunnen worden opgevat als gemiddelde waarden voor de betreffende fracties.
- Het gedeelte van de specie dat boven de put in suspensie geraakt (potentieel verlies) is op 5% gesteld. In een onderzoek van Frederic Harris BV is een potentieel verlies voor onderlossers van 7 tot 14% gerapporteerd, waarbij het zwaartepunt in de onderste waterlaag lag. In de Amerikahaven is een potentieel verlies in de grootteorde van 5 tot 14% gemeten. De aanname van 5% voor het potentieel verlies is dus aan de lage kant. Belangrijker is echter om te kijken naar het actuele verlies. Omdat de twee fijne fracties samen 32% van het potentieel verlies uitmaken, is het actuele verlies 1,6% (32% van 5%). Dit is hoog vergeleken met gemeten actuele verliezen in de Amerikahaven (<1%), temeer daar de waterbeweging in het Nieuwe Meer gering is ten opzichte van de waterbeweging in de onderzochte havens. De conclusie is dat de aangenomen waarde voor het potentieel verlies aan de lage kant is (bij onderlossers) maar dat het aangenomen actuele verlies aan de hoge kant is vergeleken met elders gemeten waarden.

Iedere keer dat er specie wordt gestort (gemiddeld 160 m^3 per konvooi), kan er een actueel verlies van 1,6% optreden (bij rustig weer zal het actueel verlies minder zijn). Wanneer 1,6% wordt genomen van de 34% droge stof die in 160 m^3 specie aanwezig is, dan levert dat ongeveer 2200 kg materiaal op (soortelijk gewicht is 2600 kg/m^3). Aannemende dat dit zich verspreidt in een waterkolom van $25 \times 25 \times 25 \text{ m}^3$ geeft dit een gemiddelde concentratie van ongeveer 150 mg/l. In de literatuur staat dat er bij onderlossers en stortkokers concentraties zijn gemeten van 30 tot 50 mg/l in het bovenste deel en 250 mg/l tot incidenteel 1250 mg/l in het onderste deel van de waterkolom. Het gemiddelde van 150 mg/l klopt dus aardig met de waarden uit de literatuur. Daarom mag de literatuurwaarde van 50 mg/l worden aangehouden voor de concentratie die in het bovenste deel van de waterkolom optreedt als gevolg van het lossen 160 m^3 specie in het in het Nieuwe Meer. Het bovenste deel van de waterkolom is ruim gedefinieerd als de eerste 10 m onder het wateroppervlak.

In de bovenste 10 m van de waterkolom bevindt zich dan, na iedere storting, $25 \times 25 \times 10 \text{ m}^3 \times 50 \text{ mg/l}$, dat is ongeveer 312 kg materiaal. Deze massa bestaat voor 20% (63 kg) uit Fractie 1, 12% (37 kg) uit Fractie 2 en voor 68% (212 kg) uit Fractie 3. Fractie 3 is na ruim een uur uit de bovenste laag van 10 m verdwenen. De rest (circa 100 kg) doet daar veel langer over. Als er voor de berekening veiligheidshalve van wordt uitgegaan dat van deze massa niets bezinkt, is de gemiddelde concentratie in het meer na een jaarprogramma van 375 keer storten met $(100 \text{ kg} \times 375) : (130 \text{ ha} \times 10 \text{ m}) = 2,9 \text{ mg/l}$ toegenomen. Als gevolg van afbraak van het aandeel organisch materiaal, dat ongeveer 18% van het droge stof bedraagt, zal het waarschijnlijk minder zijn.

2. RESUSPENSIE NA VERONDIEPING

Verondieping van het Nieuwe Meer kan op twee manieren de resuspensie beïnvloeden. Ten eerste kan door de veranderde waterbeweging de bodemschuifspanning lokaal veranderen, waardoor resuspensie kan gaan optreden op locaties waar dat eerder niet het geval was. De verandering in bodemschuifspanning is berekend met behulp van de FLOW-module van Delft2D. Ten tweede kan de resuspensie door windgolven groter worden bij verondieping, omdat de golven bij geringere waterdiepte resuspensie aan de bodem veroorzaken. De invloed van windgolven is niet expliciet gemodelleerd, daarom wordt hierna een beschrijving gegeven van het effect van dit proces.

Uit de berekeningen van de situatie *na verondieping* tot NAP -15 m blijkt dat de actuele bodemschuifspanning als gevolg van de veranderde waterbeweging in de diepe delen niet is toegenomen en in de ondiepe delen zelfs iets is afgenomen (zie de notitie 'Resultaten modelberekeningen waterbeweging'). Op grond daarvan wordt er in de verondiepte situatie geen toename verwacht van de resuspensie. In figuur III.1 is aangegeven op welke locaties resuspensie op kan treden. Dat zijn vooral de ondiepe oevers; dit komt overeen met de waarneming dat in deze gebieden ook geen sliblaag wordt aangetroffen.

Of resuspensie door windgolven optreedt hangt af van de windkracht, de diepte en de strijklengte op een locatie. Bij een bepaalde diepte zal de wind geen golven meer kunnen opwekken die aan de bodem resuspensie veroorzaken. Uitgaande van een grens voor resuspensie door windgolven bij een golfhoogte van 10% van de diepte (lit. 2), dan kan voor verschillende diepte- en strijklengteklassen met behulp van golftabellen (Brettschneider) afgeleid worden wanneer nog resuspensie door windgolven kan optreden (tabel 1).

Tabel 1.: Kans op resuspensie door windgolven bij windkracht 7-8 (naar lit. 2)

Strijklengte (m)	Diepte (m)						
	1	2	3	4	5	6	>7
0 - 1000	+	+	+	-	-	-	-
1000 - 3000	+	+	+	+	-	-	-
> 3000	+	+	+	+	+	+	-

+ = kans op resuspensie door windgolven

- = geen kans op resuspensie door windgolven

Bij een westenwind zijn de maximale strijklengtes in het Nieuwe Meer aan de oostoevers niet groter dan twee kilometer. Volgens tabel 1 zal er bij windkracht 7-8 in het Nieuwe Meer alleen aan de ondiepere delen van het meer resuspensie plaatsvinden. Bij verondieping van het meer tot -15 m zal er tengevolge van de wind geen toename van de resuspensie van bodemmateriaal zijn, de diepte is hier voor nog te groot. Ook bij verdere verondieping tot -7,5 m zal de resuspensie nauwelijks toenemen, bij incidentele hogere windsnelheden zal mogelijk wel meer verspreiding van zwevend stof plaats kunnen vinden.

Resuspensie als gevolg van verondieping is derhalve niet van groot belang door de grote diepte in het stortgebied, maar bij herinrichtingsplannen langs de oevers zal de erosie van de ondiepe oevers wellicht een rol kunnen spelen.

3. GEVOELIGHEIDSANALYSE

Voor een gevoeligheidsanalyse is nog een aantal varianten op alternatief 1 (storten in west) bij een diepte van 30 m doorgerekend. Daarbij is uitgegaan van de situatie waarbij wind voor verspreiding van zwevend stof over het hele meer zorgt, omdat de situatie zonder wind, waarbij op de stortlocatie hoge concentraties zwevend stof optreden altijd tijdelijk zal zijn. De volgende berekeningen zijn gemaakt:

- een totale jaarlijkse aanvoer van baggerspecie 20.000 m³;
- een totale jaarlijkse aanvoer van baggerspecie van (maximaal) 120.000 m³;
- effecten van verspreiding bij een potentieel stortverlies van 1% (simulering van storten via een stortkoker);
- effecten van het mee-modelleren van het organisch deel van specie;
- storten van specie gedurende het hele jaar in plaats van gedurende 6 maanden.

Bij deze varianten is, net zoals in de voorgaande berekeningen, in geval van onderlossen uitgegaan van een potentieel stortverlies van 5%.

Totale jaarlijkse aanvoer van baggerspecie 20.000 m³

Als de jaarlijkse vracht 20.000 m³ bedraagt, dan nemen de concentraties met gemiddeld 1-2 mg/l toe, alleen aan de oevers van het westelijke deel van de plas is de concentratieverhoging iets groter (2-3 mg/l).

Totale jaarlijkse aanvoer van baggerspecie van 120.000 m³

Als de jaarlijks gestorte hoeveelheid wordt verdubbeld tot 120.000 m³, worden de concentraties in het oosten van het meer verhoogd met 2-3 mg/l, in het westen met 3-4 en aan de noordoostoever van het westelijke deel van het meer nemen de concentraties toe met 4-5 mg/l. Een verdubbeling van de het aanbod van baggerspecie leidt dus niet geheel tot een verdubbeling van de concentraties.

Effecten van verspreiding bij potentieel stortverlies van 1%

Als wordt aangenomen dat het potentieel stortverlies in geval van stortkokers slechts 1% bedraagt in plaats van 5% bij onderlossen, is na een periode van 5 dagen de gemiddelde concentratie zwevend stof in het meer toegenomen tot 1-2 mg/l.

Effecten van het mee-modelleren van het organisch deel van specie

Als het organische deel van de specie wordt meegenomen in het model (weliswaar zonder afbraakprocessen), dan neemt de zwevend stofconcentratie toe ten opzichte van de situatie waarin het organisch deel niet wordt meegenomen. De toename van de gestorte hoeveelheid materiaal met 22% leidt tot een lichte toename van de concentraties. Het gebied dat na 5 dagen storten een verhoging van 4 mg/l laat zien is nu groter. Het organisch materiaal zal in werkelijkheid echter gedeeltelijk afbreken waardoor de toename niet permanent zal zijn.

Storten van specie gedurende het hele jaar in plaats van gedurende een half jaar

De hoeveelheid specie die per dag gestort wordt, zal afnemen als gedurende het hele jaar specie wordt gestort in plaats van gedurende zes wintermaanden. Daardoor zal de vertroebeling op de stortlocatie minder zijn, en zal de concentratieverhoging in het gehele meer minder snel zijn en mogelijk ook minder hoog.

4. EVALUATIE EN CONCLUSIES

4.1. Evaluatie

De eigenschappen van de fracties bepalen in hoge mate de verspreiding van zwevend stof in het Nieuwe Meer. Voor de twee lichte fracties zijn relatief lage kritische bodemschuifspanningen voor sedimentatie en bezinksnelheden aangenomen. Dit is een veilig uitgangspunt. Als de werkelijke bezinksnelheden hoger zijn dan zal het slib zich minder verspreiden omdat er zal meer materiaal zal bezinken. De uiteindelijke vertroebeling op de stortlocatie en in het hele systeem zal dan ook afnemen omdat meer zwevend stof zal bezinken nadat het zich verspreid heeft over het meer. Als de kritische bodemschuifspanning voor sedimentatie in werkelijkheid hoger is dan aangenomen zal dat in het grootste deel van het meer geen verschil geven, omdat de bodemschuifspanning daar zo laag is dat vrijwel altijd sedimentatie optreedt.

4.2. Conclusies

Het gedurende 5 dagen storten van baggerspecie (60.000 m³ per jaar, iedere werkdag driemaal 160 m³) in het Nieuwe Meer bij windkracht 8 (20 m/s) leidt tot een dieptegemiddelde verhoging van de zwevend stof concentratie met 2-3 mg/l in het hele meer. Deze uitkomst volgt uit de modelberekening. Een modelmatige gevoeligheidsanalyse op de hoeveelheden laat het volgende beeld zien (tabel 2):

Tabel 2.: Verhoging concentraties zwevend stof bij verschillende stortvarianten, bij windkracht 8

Storten		Concentraties na 5 dagen storten (mg/l)	
Hoeveelheid (m ³)	Locatie	West	Oost
20.000 m ³	West	1-2 (aan de oevers 2-3)	1-2
60.000 m ³	West	2-3	1-2
	Oost	2-3	2-3 (plaatselijk iets hoger)
120.000 m ³	West	3-4 (plaatselijk 4-5)	2-3

Volgens tabel 2 is er weinig verschil tussen de effecten van het storten van specie in de westelijke en in de oostelijke put van het Nieuwe Meer. Bij windkracht 8 leidt het storten van specie tot een vergelijkbare vertroebeling in het hele meer. Hoe minder wind er staat hoe langer het actuele verlies in de buurt van de stortlocatie zal blijven.

Een handmatige benadering van het lange termijn effect komt tot een concentratieverhoging na een jaar die in de zelfde orde vaan grootte ligt.

Als er geen wind staat, dan zal de vertroebeling alleen ter plaatse van de stortlocatie tijdelijk tot 100 mg/l kunnen oplopen. De zwaarste fractie zal daaruit nog snel sedimenteren.

Bij matige wind, de situatie tussen de gemodelleerde extreme condities, is op basis van de modelberekeningen moeilijk te voorspellen hoe snel het zwevend stof verspreid zal worden. Ook de windrichting is van invloed op het transport van zwevend stof in het Nieuwe Meer. Als de wind uit een andere richting dan de gemodelleerde westenwind waait zal verspreiding van specie mogelijk pas later over het hele systeem tot enige vertroebeling leiden.

In de verondiepte situatie leidt het verspreiden van specie ten gevolge de gewijzigde waterbeweging lokaal tot kleine verschillen in de vertroebeling, de gemiddelde vertroebeling blijft echter gelijk.

Verondiepen tot NAP -15 m leidt niet tot een toename van de resuspensie in het Nieuwe Meer.

4.3. Vergelijking met andere projecten

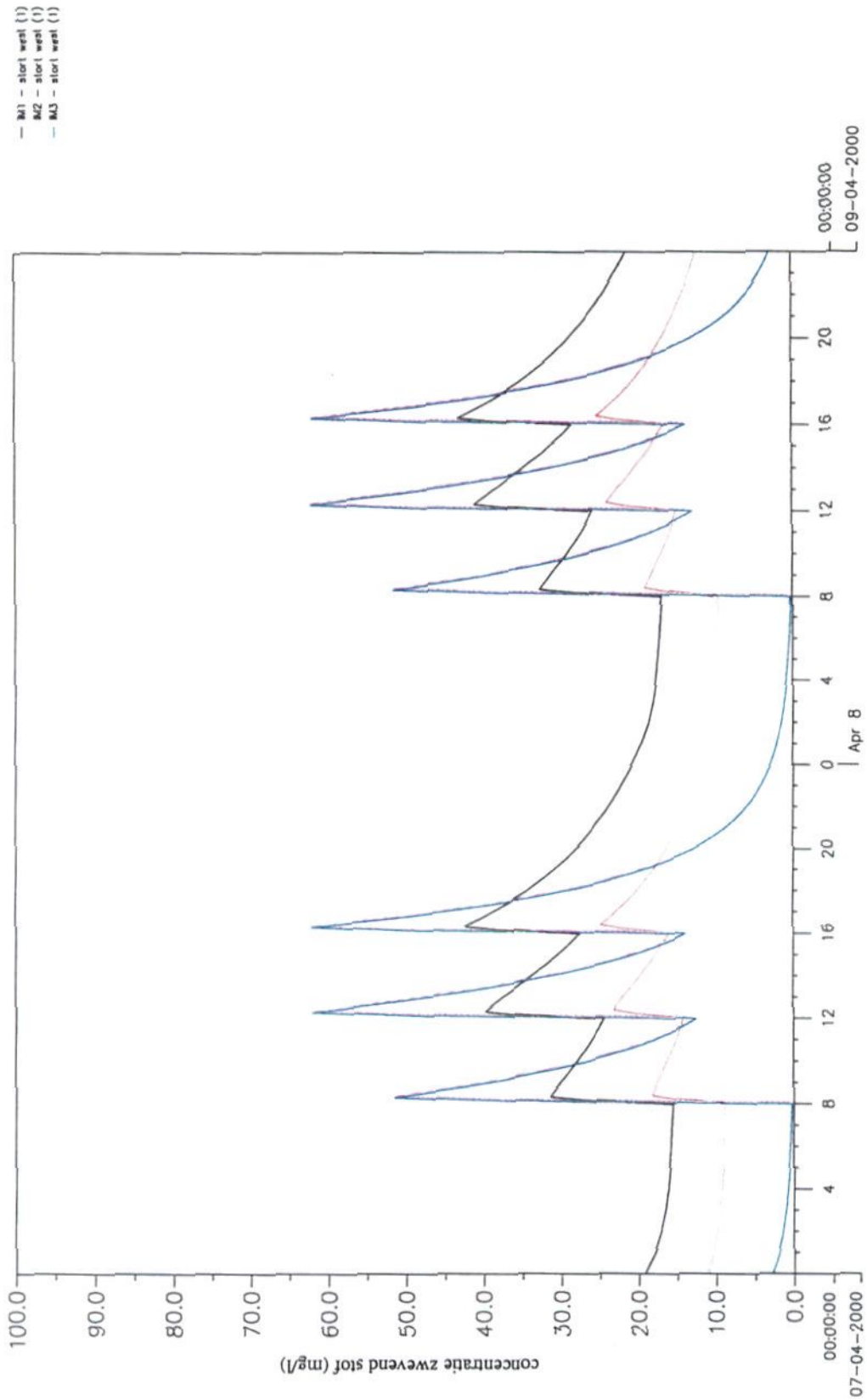
Om te bezien of de resultaten of de resultaten uit deze berekeningen plausibel kunnen zijn, is ook gekeken naar andere projecten. Zo is in de Zevenhuizerplas, na het storten van (zee)klei in die plas, een grote vertroebeling opgetreden. Het doorzicht daalde daardoor van circa 5 m naar minder dan 0,5 m. Nadere analyse wees uit dat deze vertroebeling een gevolg was van de nogal grove stortmethode (inspuiten op een diepte van circa 15 m) en van de daardoor optredende dispersie van de in de zeeklei aanwezige lutumfracties (deeltjes $< 2 \mu\text{m}$). En die lagen in die zeeklei tussen de 30 en de 40%. In de Amsterdamse baggerspecie is die fractie ongeveer 20% (bijlagennotitie 2.1., de notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten). Bovendien bleek in de Zevenhuizerplas dat na monitoring en het nemen van gerichte maatregelen (aanpassen debiet, aanpassen diffusor), het doorzicht weer snel en sterk te verbeteren.

Ook is gekeken naar de put van Cromstrijen. Daar is geen waarneembare verhoging van het zwevend stof geconstateerd. Dat zegt echter niet zo veel omdat daar de achtergrondconcentratie van het zwevend stofgehalte erg hoog zijn, aanzienlijk hoger dan die in het Nieuwe Meer. Ook in de Amerikahaven is een sterke vertroebeling bij het baggeren geconstateerd, die na korte tijd weer grotendeels is uitgezakt.

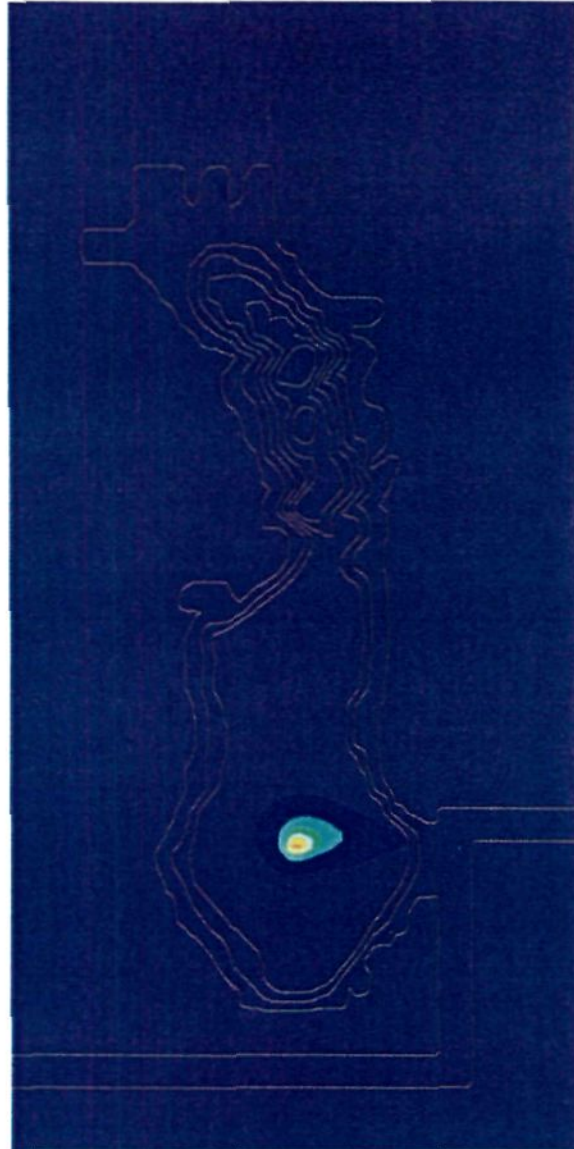
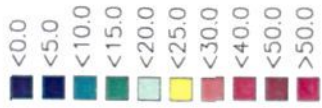
Geconcludeerd wordt dat de in deze notitie geconstateerde effecten niet strijdig zijn met waarnemingen elders. Met name de ervaringen in de Zevenhuizerplas, waar bleek dat ook een dispersie van relatief fijn materiaal (fijner dan dat van het Nieuwe Meer) goed was te bestrijden door het nemen van gerichte maatregelen op grond van een monitoring, stellen gerust.

BRONNEN

1. Modelling oppervlaktewater het Nieuwe Meer. Notitie Witteveen+Bos 26-04-000.
2. Richtlijnen Nader Onderzoek Waterbodem (Concept) 2000. RIZA Lelystad.
3. Van Duin, E.H.S. Sediment transport, light and algal growth in the Markermeer. A two dimensional water quality model for a shallow lake. Proefschrift. Landbouwniversiteit Wageningen.
4. Sloot J. 1995. Resuspensie, sedimentatie en lichtklimaat in de Nieuwkoopse Plassen. Afstudeerverslag Landbouwniversiteit Wageningen.



concentraties zwevend stoffracties (IM1, IM2, IM3) (mg/l) bij storten in West, op locatie West Ondergrenscondities, geen verandieping	sed2a
	Asd442.1
Witteveen+Bos	1.2



verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 5 uur na storten op locatie West
 Ondergrenscondities; verondieping tot NAP -15(m)

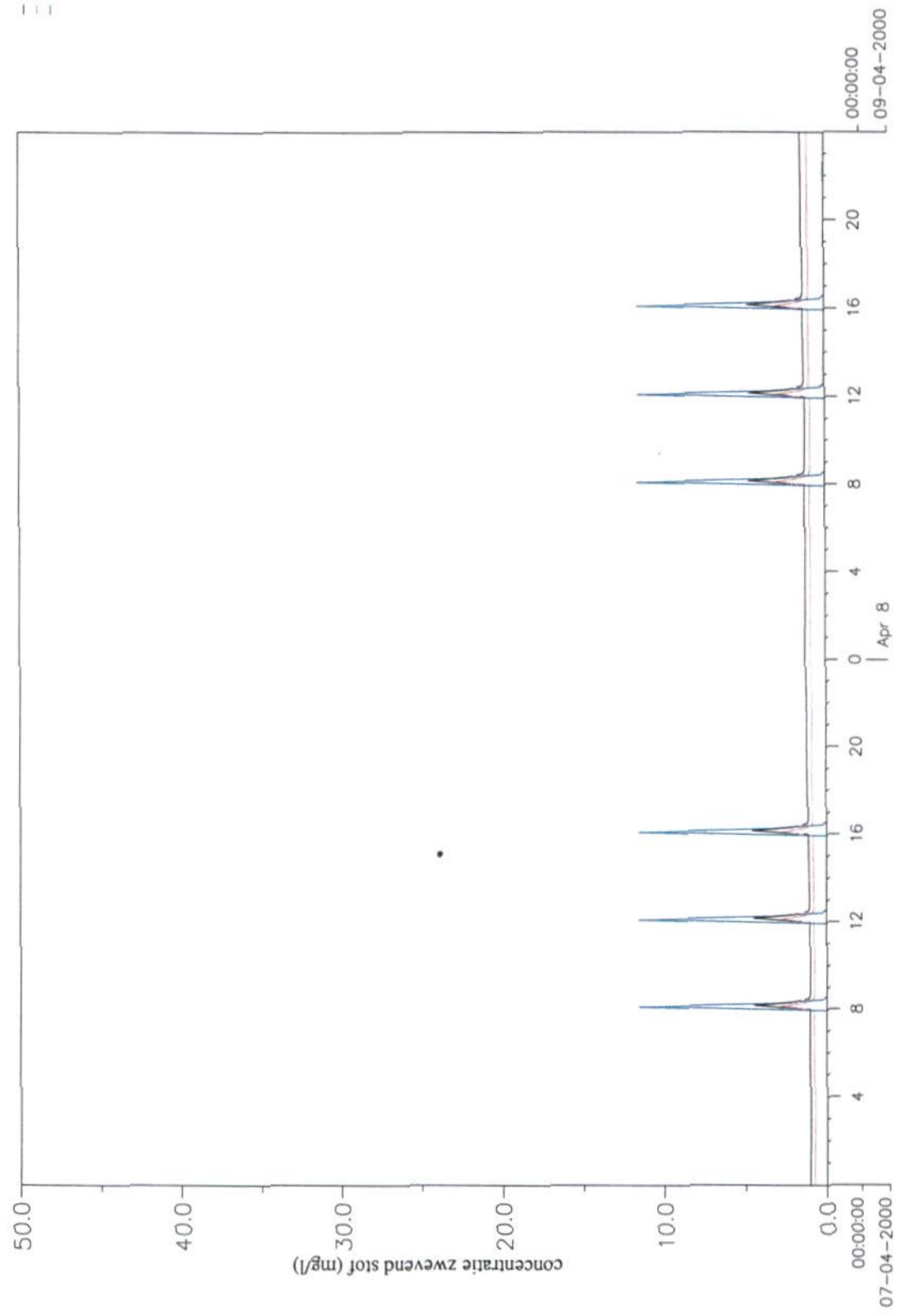
sed2c

Asd442.1

Witteveen+Bos

11.3

- M1 - start west ()
 - M2 - start west ()
 - M3 - start west ()



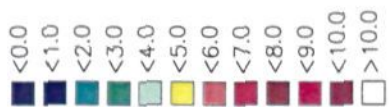
concentraties zwevend stoffracties (M1, M2, M3) (mg/l)
 bij storten in West, op locatie West
 Bovengrenscondities, geen verondieping

sed2b

Asd442.1

Witteveen+Bos

II.4



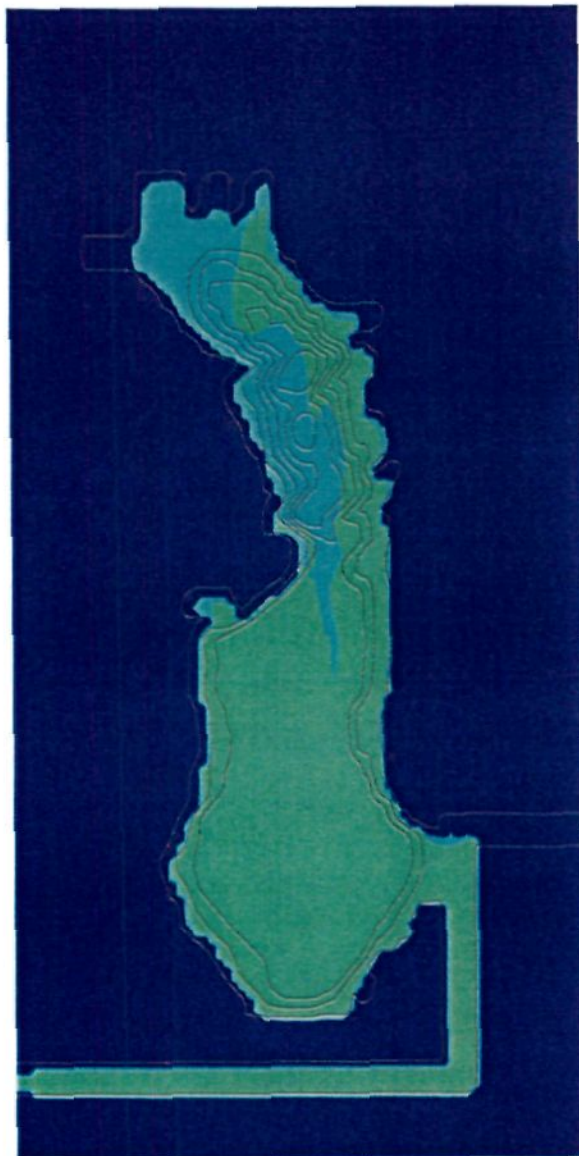
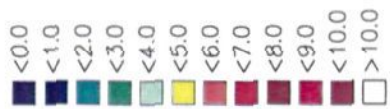
verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 5 uur na storten op locatie West
 Bovengrenscondities; geen verondieping

sed2b

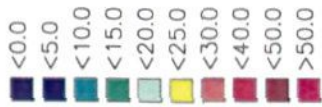
Asd442.1

Witteveen+Bos

II.5



verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l) 5 uur na storten op locatie West Bovengrenscondities; verondieping tot NAP -15(m)	sed2d	
	Asd442.1	
Witteveen+Bos	11.6	



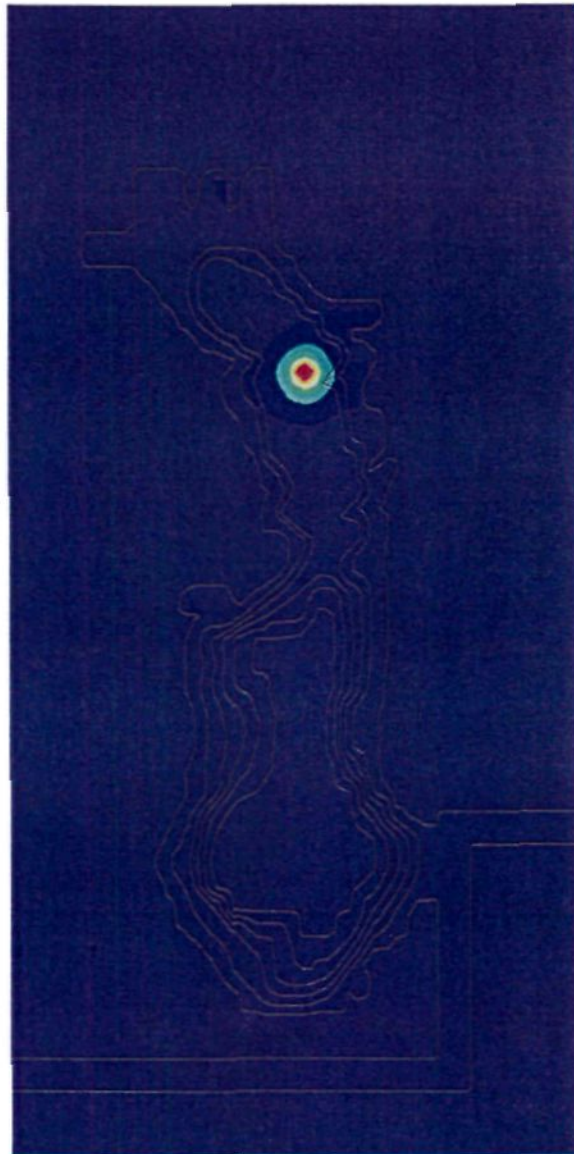
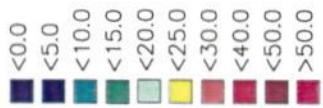
verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 5 uur na storten op locatie Oost
 Ondergrenscondities; geen verondieping

sed3a

Asd442.1

Witteveen+Bos

II.7



verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 5 uur na storten op locatie Oost
 Ondergrenscondities; verondieping tot -15 (m)

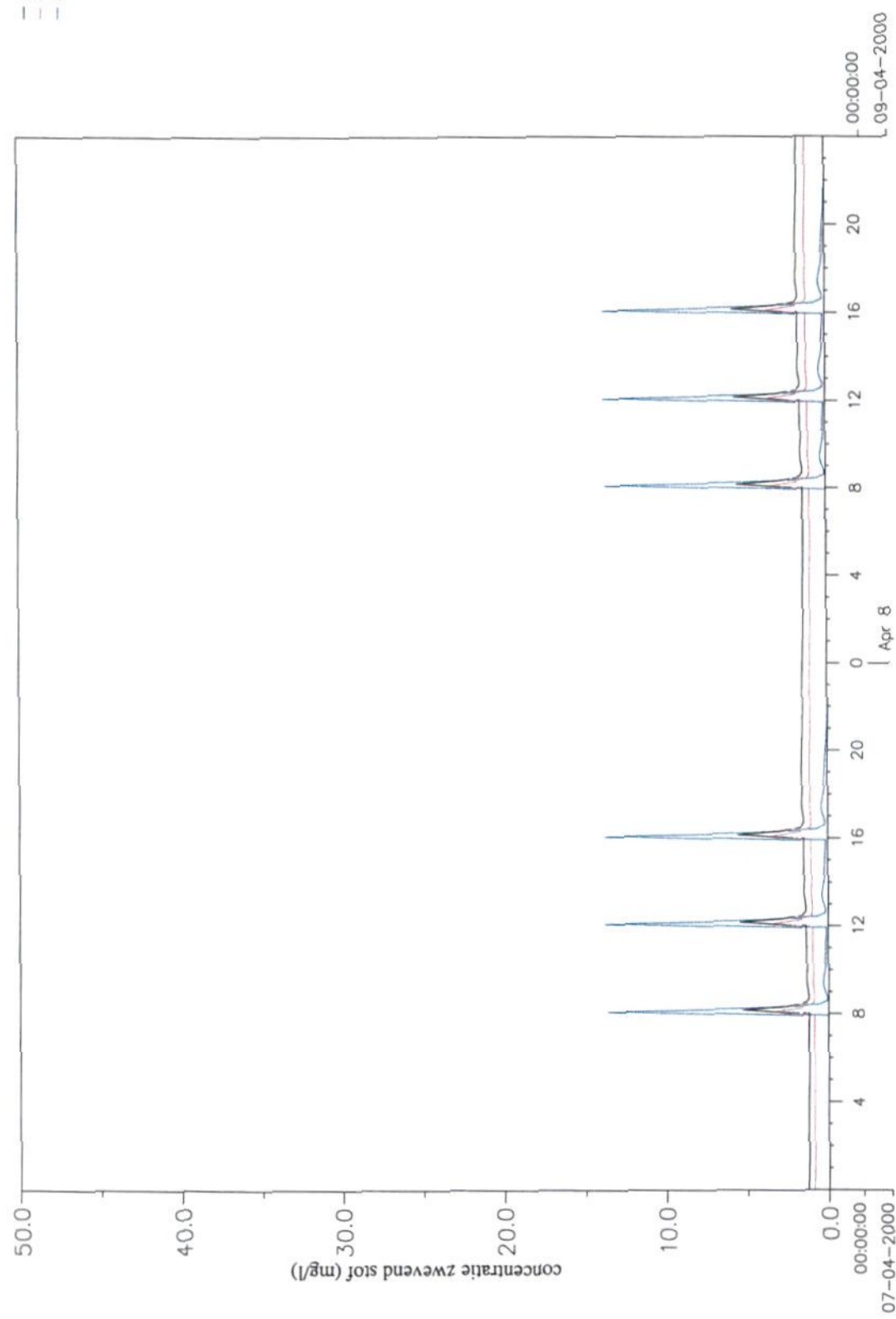
sed3c

Asd442.1

Witteveen+Bos

11.8

- M1 - stort oost (1)
 - M2 - stort oost (1)
 - M3 - stort oost (1)



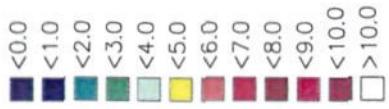
concentratie zwevend stoffracties (IM1, IM2, IM3) (mg/l)
 bij starten in Oost, op locatie Oost
 Bovengrenscondities; geen verondieping

sed3b

Asd 442.1

Witteveen+Bos

11.9



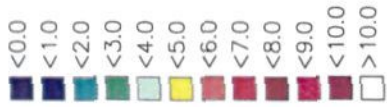
verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 5 uur na storten op locatie Oost
 Bovengrenscondities; geen verondieping

sed3b

Asd442.1

Witteveen+Bos

II.10



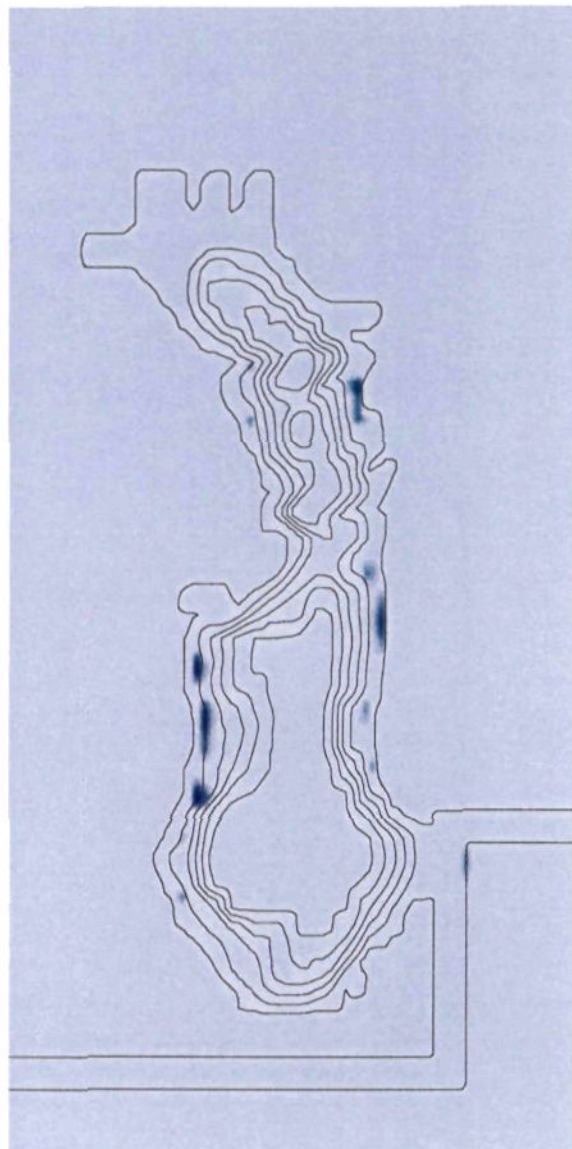
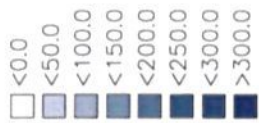
verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 5 uur na storten op locatie Oost
 Bovengrenscondities; verondieping tot NAP -15 (m)

sed3d

Asd442.1

Witteveen+Bos

II.11



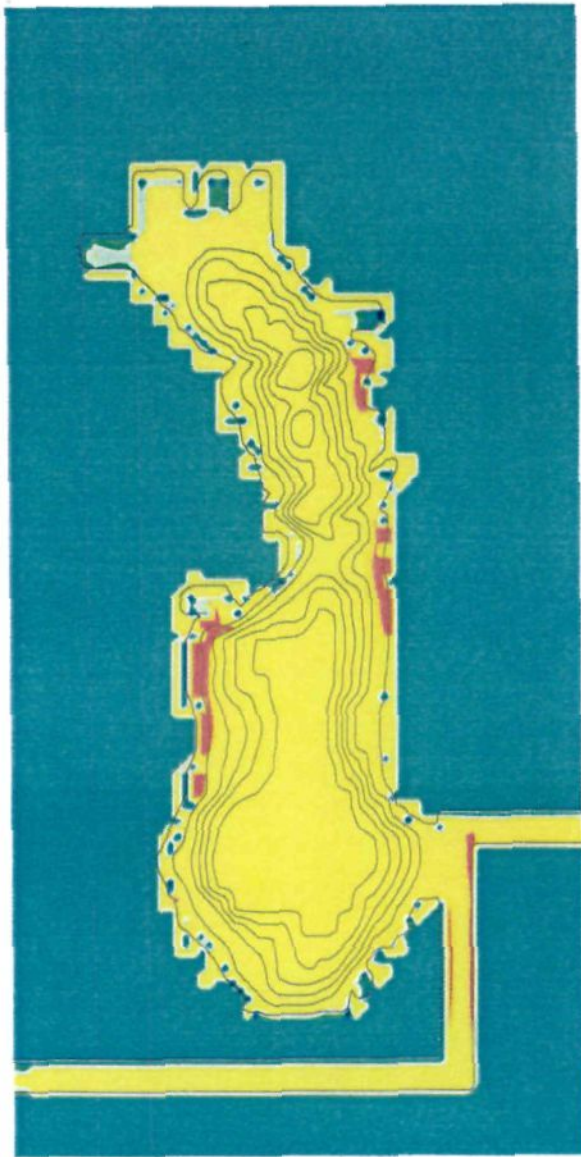
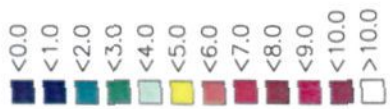
resuspensie na verondieping (g/m²/d)
 op een willekeurig tijdstip
 Bovengrenscondities; geen verondieping

sed3b

Asd442.1

Witteveen+Bos

III.1



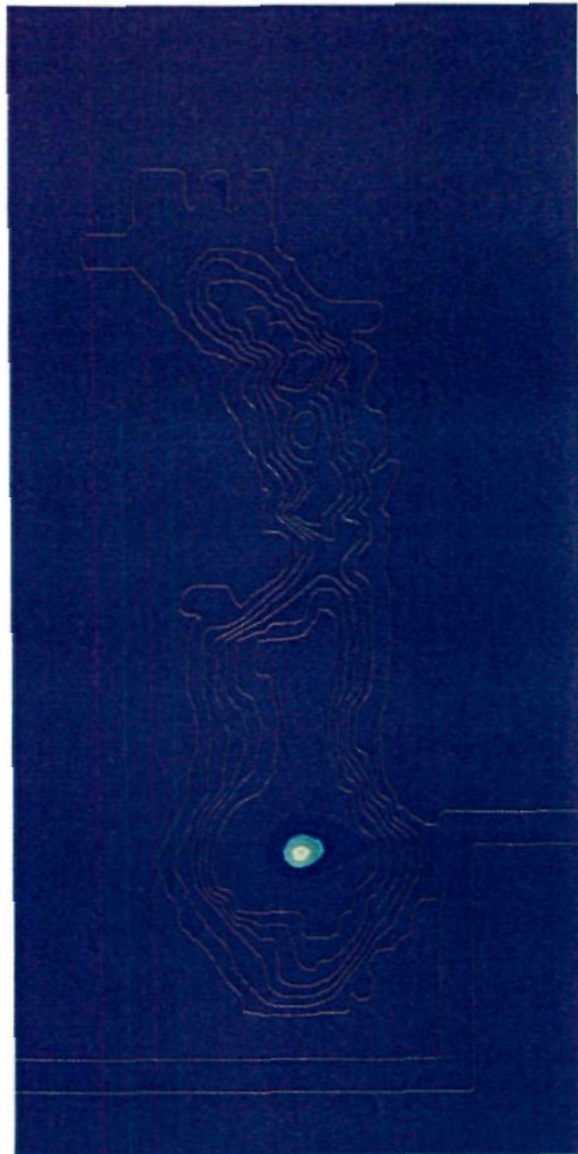
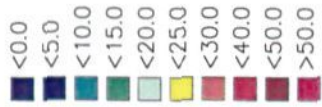
totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 in referentiesituatie b
 Bovengrenscondities; geen verondieping

ref-b

Asd442.1

Witteveen+Bos

I.1



verhoging totaal concentratie zwevend stof (mg/l)
 5 uur na storten op locatie West
 Ondergrenscondities; geen verondieping

sed2a

Asd442.1

Witteveen+Bos

II.1