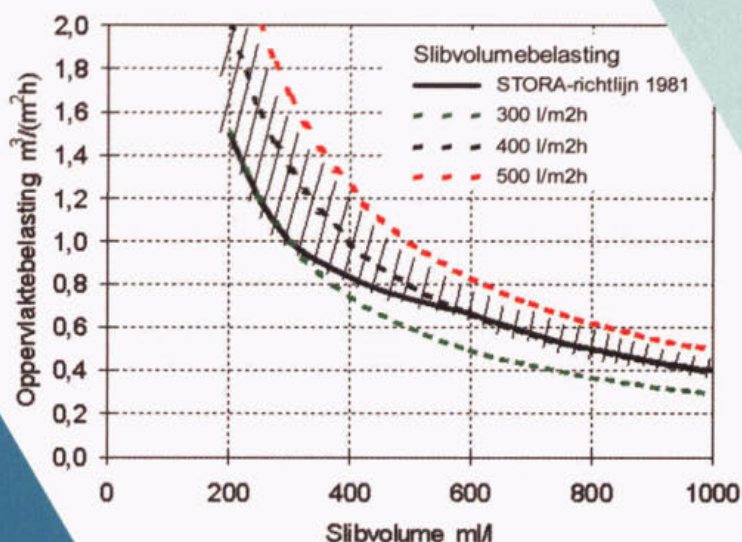


Optimalisatie van ronde nabezinktanks

Ontwerprichtlijnen en toepassing van het nabezinktankmodel

Ontwerpen tussen STORA-1981 en solid flux theorie



Optimalisatie van ronde nabezinktanks

Ontwerprichtlijnen en toepassing van het nabezinktankmodel

Ontwerpen tussen STORA-1981 en solids flux theorie

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon: 030 - 232 11 99
Fax: 030 - 232 17 66
E-mail: stowa@stowa.nl
<http://www.stowa.nl>

Publicaties en het publicatie-overzicht
van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:

Hageman Fulfilment
Postbus 1110
3300 CC Zwijndrecht
Telefoon: 078 - 629 33 32
fax: 078 - 610 42 87
E-mail: hff@wxs.nl

o.v.v. ISBN- of bestelnummer
en een duidelijk afleveradres.

2002 23

Colofon:

Utrecht, 2002

Uitgave:
STOWA, Utrecht

Druk:
Kruyt Grafisch Advies Bureau

rapportnummer 2002-23, (STOWA)
ISBN nummer: 90-5773-179-7

Ten geleide

In Nederland worden nabezinktanks van actiefslibinstallaties ontworpen volgens de in 1981 opgestelde STORA-richtlijn, die gebaseerd zijn op praktijkonderzoek aan een groot aantal nabezinktanks. De diameters van de toen beschouwde nabezinktanks waren niet groter dan 44 m. Inmiddels zijn in Nederland ronde nabezinktanks gebouwd met diameters tussen 50 en 60 m, soms nog met afwijkende configuraties waar het kantdiepte, uitvoering van de effluentgoot en toepassing van een deflectieschot betreft. Bij een aantal van deze nieuwere tanks is in de praktijk gebleken dat regelmatig slibverlies optrad bij belastingen die volgens de STORA-richtlijn toelaatbaar zouden zijn. Duidelijke oorzaken voor dit afwijkende gedrag ontbraken.

Om meer inzicht te verkrijgen in het functioneren van de grotere nabezinktanks is in de periode 1989 – 1993 fundamenteel en theoretisch onderzoek verricht door de TU Delft aan de stromingsverschijnselen van een slib/watermengsel in ronde tanks en zijn door DHV Water B.V. in de praktijk verificatiemetingen van de STORA-richtlijn uitgevoerd, metingen aan deflectieschotten en slibuimers verricht en bedrijfservaringen van grote ronde nabezinktanks geïnventariseerd. Uit deze onderzoeken bleek een sterke behoefte aan een numeriek model om het complexe bezinkingsproces met de door turbulentie en dichtheidsverschillen beïnvloede stromingsprocessen te kunnen simuleren.

Een literatuurinventarisatie naar beschikbare modellen, programmatuur en modelopstellingen bracht als meest geschikt naar voren het geavanceerde numerieke stromingsmodel FAST2D van de onderzoeksgroep van prof.dr. W. Rodi van de TU Karlsruhe. Op basis daarvan is in 1995 gestart met het ontwikkelen en valideren van een numeriek nabezinktankmodel, het toepassen van dit model bij optimalisatie van het ontwerp van nabezinktanks en het evalueren van de STORA-richtlijnen.

De resultaten van dit omvangrijke project, dat bijna zeven jaar in beslag heeft genomen, bestaan uit drie rapporten:

- Optimalisatie van ronde nabezinktanks: 1. Ontwikkeling van het nabezinktankmodel en evaluatie van de STORA-ontwerprichtlijn (2002 – 21)
- Optimalisatie van ronde nabezinktanks: 2. Ontwerprichtlijnen en toepassing van het nabezinktankmodel (2002 – 23)
- Optimalisatie van ronde nabezinktanks: 3. Physical model of secondary sedimentation tank (2002-W-01).

Het ontwikkelde nabezinktankmodel geeft een goede voorspelling van de werking van de nabezinktanks en de mogelijkheden te optimaliseren naar betere procesomstandigheden dan de oude STORA-richtlijn aangaf.

Het thans voorliggende rapport ontwikkelt nieuwe richtlijnen voor het ontwerpen van grote nabezinktanks en biedt inzicht in optimalisatiemogelijkheden, zowel constructief als via procesomstandigheden. Het nabezinktankmodel maakt het mogelijk de effecten van deze ingrepen zichtbaar te maken.

Het onderzoek werd uitgevoerd door DHV Water B.V. (projectteam bestaande uit dr.ir. J. Krijgsman, ir. A.G.N. van Bentem, ir. E.J.H. van Dijk en ir. R.J. van der Kuij) in samenwerking met het Institut für Hydromechanik van de Technische Universität Karlsruhe (prof.dr. W. Rodi, dr. D. Lakehal, dr. P. Krebs en ir. M. Armbruster), en wetenschappelijke inbreng van de Technische Universiteit Delft (dr.ir. C. Kranenburg en dr.ir. H. Winterwerp). De begeleidingscommissie van dit onderdeel van het project bestond uit ir. T.W.M. Wouda (voorzitter), ir. B.A. Bult, ir. J.F. Kramer, dr.ir. J. Kluck, ir. P.J. Roeleveld en ir. P.C. Stamperius.

Diverse medewerkers van waterkwaliteitsbeheerders hebben hun medewerking verleend bij verificatiemetingen en -berekeningen aan praktijknabezinktanks. De STOWA is deze waterkwaliteitsbeheerders en hun medewerkers zeer erkentelijk voor hun waardevolle inbreng.

Utrecht, juli 2002

De directeur van de STOWA

Ir. J.M.J. Leenen

De STOWA in het kort

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefte-inventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

Inhoud

Colofon
Ten geleide
STOWA in het kort

1	Inleiding	1
2	Nabezinktankmodel	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Ontwikkeling	3
2.3	Validatie	4
3	Ontwerprichtlijnen	7
3.1	Herziene richtlijn slibvolumebelasting.....	7
3.2	Maatgevende gehinderde bezinksnelheden	7
3.3	Overige ontwerprichtlijnen	8
3.4	Ontwerpmethodiek	9
4	Ontwerpprocedure	11
4.1	Inleiding	11
4.2	Vaststellen van de ontwerpbelasting (stap 1)	12
4.3	Bepaling van de slibeigenschappen (stap 2).....	12
4.3.1	Gehinderde bezinksnelheid (stap 2A).....	12
4.3.2	Slibindikking (stap 2B).....	13
4.3.3	Afleiden van de slibparameters (stap 2C).....	14
4.4	Optimalisatie van het ontwerp met het nabezinktankmodel (stap 3).....	16
4.5	Ontwerp van de nabezinktank (stap 4).....	17
5	Voorbeelden	19
5.1	Inleiding	19
5.2	rwzi Amsterdam-West.....	19
5.2.1	Inleiding.....	19
5.2.2	Slibeigenschappen	20
5.2.3	Simulatieresultaten	21
5.2.4	Conclusie	23
5.3	rwzi Aarle-Rixtel.....	23
5.3.1	Inleiding.....	23
5.3.2	Slibeigenschappen	24
5.3.3	Simulatieresultaten	25
5.3.4	Conclusie	28
5.4	rwzi Amersfoort	29
5.4.1	Inleiding.....	29
5.4.2	Meetresultaten van de slibeigenschappen.....	29
5.4.3	Meetresultaten van de praktijkproef	30
5.4.4	Simulatieresultaten	31
5.4.5	Conclusie	33
6	Nabeschouwing	35

7	Ontwerpkeuzediagram en vuistregels.....	37
7.1	Herziene richtlijn	37
7.2	Ontwerpprocedure met het nabezinktankmodel	37
7.3	Vuistregels bij het ontwerp	39
8	Referenties	43

BIJLAGEN

- 1 Metingen van de slibeigenschappen
- 2 Modelberekeningen voor de rwzi Amsterdam-West
- 3 Modelberekeningen voor de rwzi Aarle-Rixtel
- 4 Praktijkonderzoek op de rwzi Amersfoort

1 Inleiding

In Nederland worden nabezinktanks ontworpen met behulp van de STORA-ontwerprichtlijnen die in 1981 zijn opgesteld op basis van een grootschalig praktijkonderzoek (STORA, 1981). Dit onderzoek betrof destijds vooral ronde tanks met een diameter tot 44 meter. Sinds die tijd zijn er in Nederland ronde nabezinktanks gebouwd met een aanmerkelijk grotere diameter, zelfs tot 60 meter. Bovendien wijkt vaak ook de configuratie van de nieuwe tanks af, bijvoorbeeld voor wat betreft de (kant)diepte, de uitvoering van de effluentgoot en de toepassing van een deflectieschot.

Sinds het eind van de jaren 80 is STOWA actief met het evalueren en optimaliseren van deze richtlijnen. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de ontwikkeling van een numeriek simulatiemodel waarmee de processen in een nabezinktank kunnen worden gesimuleerd. Dit inclusief de complexe interacties tussen de stromingen en de opbouw van de slibdeken.

Het ontwikkelingstraject en de validatie van het nabezinktankmodel zijn beschreven in het STOWA rapport "Optimalisatie van ronde nabezinktanks – Ontwikkeling van het nabezinktankmodel en evaluatie van de STORA-ontwerprichtlijnen" (STOWA, 2002-21).

Het ontwikkelde nabezinktankmodel en het verkregen inzicht zijn gebruikt bij de evaluatie van de STORA-ontwerprichtlijnen. Het model kan worden toegepast bij de optimalisatie van het ontwerp van nabezinktanks en bij het bepalen van de toelaatbare belasting van bestaande tanks.

Het onderhavige rapport beschrijft de herziene ontwerprichtlijnen en de toepassing van het nabezinktankmodel aan de hand van een drietal praktijkvoorbeelden. Het doel van de simulaties voor de voorbeeld-rwzi's is enerzijds de herziene ontwerprichtlijn voor de toelaatbare slibvolumebelasting (van maximaal 400-500 l/m².h) te illustreren en anderzijds de toepassing van het nabezinktankmodel te demonstreren. Het geheel heeft geleid tot een keuzediagram bij het ontwerp van nabezinktanks.

De ontwikkeling en opzet van het nabezinktankmodel zijn samengevat in hoofdstuk 2. De herziene ontwerprichtlijnen zijn beschreven in hoofdstuk 3. De te volgen werkwijze is beschreven in hoofdstuk 4. De voorbeelden zijn uitgewerkt voor de 3 rwzi's: Amsterdam-West, Aarle-Rixtel en Amersfoort. De resultaten hiervan zijn beschreven in hoofdstuk 5 en de betreffende bijlagen. In hoofdstuk 6 zijn de resultaten nabeschouwd. Afgesloten wordt met een zogenaamd ontwerpkeuzediagram, dat is uitgewerkt in hoofdstuk 7.

2 Nabezinktankmodel

2.1 Inleiding

De ontwikkeling van het nabezinktankmodel FAST2D en het valideren van dit model op basis van meetgegevens is beschreven in STOWA-2002-21. Het ontwikkelingstraject bevatte drie belangrijke onderdelen:

- een literatuuronderzoek naar modellering en slibeigenschappen, met als doel het inventariseren van de beschikbare kennis en het aanpassen van het model aan de meest recente inzichten;
- een onderzoek naar actiefslibeigenschappen, voor het verkrijgen van een uitgebreide parameterset voor de modelmatige beschrijving van de slibbezinking en de slibindikking;
- de modellering van de slibbezinking en de slibindikking, voor de keuze van de beste modelbeschrijving.

2.2 Ontwikkeling

De slibindikkingsproeven en slibbezinkingsproeven op de rwzi's Woudenberg en Nieuwveer zijn gebruikt bij de keuze van een slibindikkingsmodel. In de literatuur zijn verschillende modellen beschreven. Met het veel toegepaste Takács-model kunnen de gemeten concentratieprofielen in de slibdeken niet goed worden gesimuleerd. Gekozen is voor het Vaccari-model dat een betere overeenkomst geeft met de metingen en relatief eenvoudig toepasbaar is.

In het kader van dit STOWA-onderzoek is het nabezinktankmodel FAST2D aangepast aan voor de Nederlandse praktijk kenmerkende situaties met ondiepe ronde nabezinktanks. Voor een uitgebreide beschrijving van het aangepaste nabezinktankmodel wordt verwezen naar de publicatie van Lakehal et al. (1999) in het Journal of Hydraulic Engineering of naar bijlage 8 in STOWA-2002-21. Dit artikel bevat een uitvoerige beschrijving van de literatuur, de theorie, de basisvergelijkingen en toegepaste benaderingen, en een aantal berekeningen voor een kenmerkende nabezinktank. De berekeningen in het artikel hebben betrekking op een nabezinktank met een diameter van 40 m, een (kant)diepte van 2 m, een inlooptrommel van 5,6 m en een deflectieschot. Uitgangspunt is verder het slib van de rwzi Utrecht/Woudenberg voor het Takács-model.

De aangebrachte aanpassingen in het FAST2D model zijn weergegeven in tabel 1.

Het toevoegen van de slibindikking in het nabezinktankmodel en de modellering van de slibindikkings- / slibuimingszone is zeer complex gebleken. Tijdens het project zijn deze processen geïmplementeerd en is een stabiele versie van het programma FAST2D ontwikkeld. Hiertoe was het onder meer noodzakelijk om tijdsafhankelijk te rekenen en het oplossen van de gekoppelde vergelijkingen te herprogrammeren tot een ontkoppelde en volledig impliciete berekeningsmethodiek. Dit heeft het nadeel dat de rekestijden van het model aanzienlijk zijn toegenomen. Door de toename van de rekenkracht van computers wordt dit weer gecompenseerd.

Tabel 1 Aanpassingen aan het FAST2D nabezinktankmodel

parameter	oorspronkelijk model	nabezinktankmodel
vorm van de tank	rechthoekig vlakke bodem	rond hellende bodem
grid	symmetrisch	axis-symmetrisch
processen	slibbezinking geen slibdeken	slibbezinking slibindikking
reologie	geen viscositeit	Bingham-plastic model ¹⁾
slibbezinkmodel	Takács	Takács en Vaccari ²⁾
rekenmethodiek	stationair vaste randvoorwaarden	tijdsafhankelijk ³⁾ tijdsafhankelijke randvoorwaarden ⁴⁾

¹⁾ op basis van literatuurwaarden voor de toename van de viscositeit bij hogere slibconcentraties

²⁾ de beschrijving in Lakehal et al. is nog zonder het Vaccari model

³⁾ om te komen tot een geconvergeerd resultaat voor berekeningen van een evenwichtssituatie

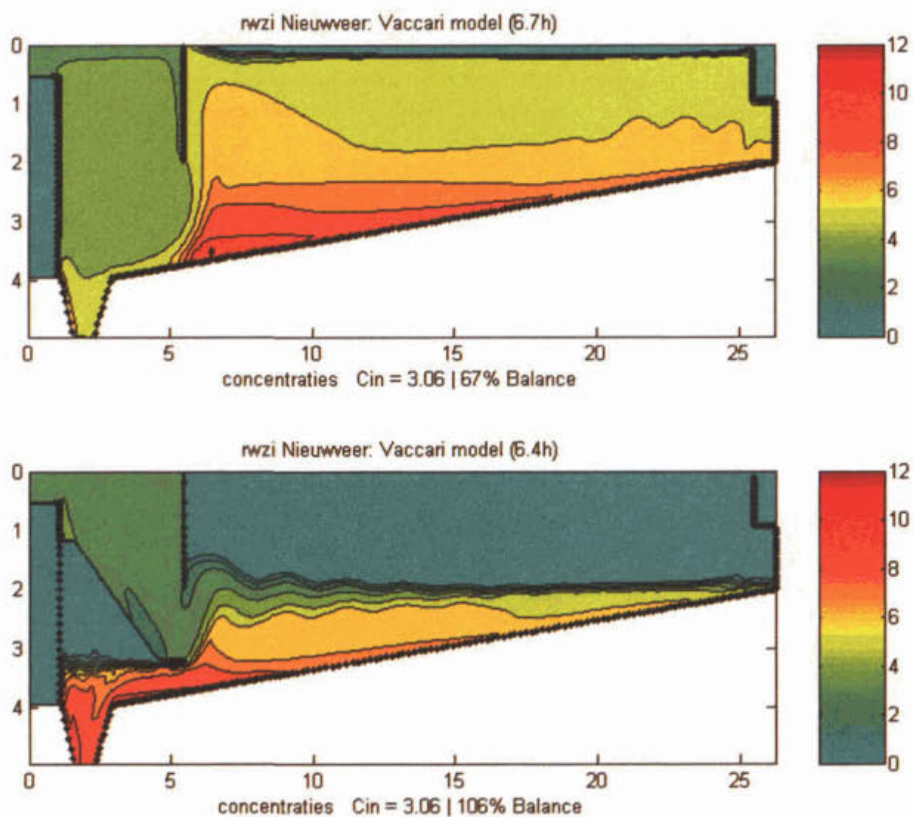
⁴⁾ om praktijkexperimenten te kunnen simuleren waarbij een sprong optreedt in de hydraulische belasting

2.3 Validatie

Het oorspronkelijke model was al gevalideerd voor hydrodynamische aspecten zoals turbulentie en dichtheidsstromingen. De verdere validatie van het nabezinktankmodel is gebaseerd op laboratoriumonderzoek met een schaalmodel en praktijkonderzoek. Het onderzoek met het schaalmodel werd uitgevoerd door de Universiteit van Karlsruhe met als doel het vergroten van het inzicht in de stromingspatronen in een nabezinktank en de validatie van enkele hydrodynamische aspecten.

Het belangrijkste deel van het praktijkonderzoek heeft plaats gevonden op de rwzi Nieuwveer. Op de rwzi Nieuwveer is onderzoek gedaan naar het verschil in gedrag van identieke tanks met en zonder deflectieschot. De opbouw van de slibdeken en het stromingsprofiel in de tanks zijn gemeten voor drie belastingssituaties: onderbelasting (DWA), kritische belasting (RWA) en overbelasting (RWA+). In de onderbelaste situatie was het gedrag van beide tanks nagenoeg identiek. Bij de volgens de STORA-richtlijn kritische belasting dreigde voor de tank zonder deflectieschot al snel slibuitspoeling op te treden, terwijl in de tank met deflectieschot de slibdeken zich ver onder de overstortrand stabiliseerde. Bij de overbelaste situatie (circa 30% boven de STORA-richtlijn) naderde de slibdeken de overstortrand in de tank met deflectieschot. De verschillen in toelaatbare belasting voor de beide tanks waren opvallend groot.

De resultaten van deze praktijkmetingen zijn vergeleken met modelberekeningen. De slibparameters van het Vaccari-model zijn afgeleid uit slibindikkingsexperimenten. De resultaten van de modelberekeningen zijn weergegeven in afbeelding 1. De resultaten van de praktijkmetingen en de modelberekeningen vertoonden een goede overeenkomst. Op basis hiervan is het ontwikkelde nabezinktankmodel FAST2D als gevalideerd beschouwd.



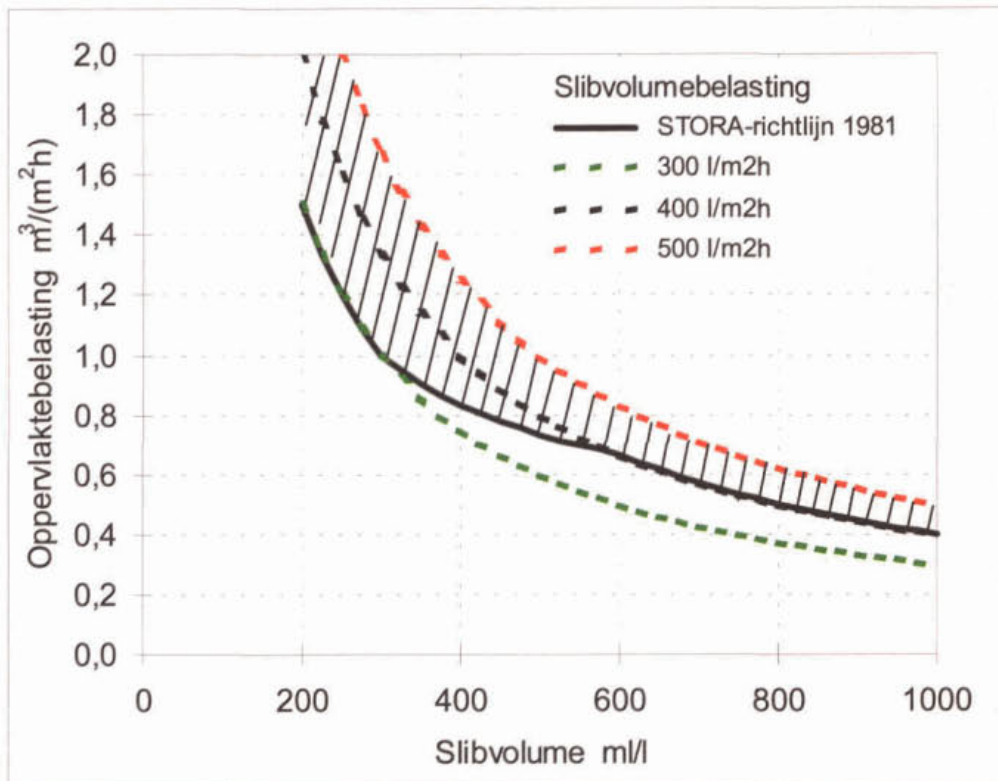
Afbeelding 1 Rwzi Nieuweer: Kritisch belaste situatie (RWA) zonder en met deflectieschot

In afbeelding 1 is een radiale doorsnede van een ronde nabezinktank weergegeven. De horizontale as geeft de afstand vanaf het centrum van de tank (m), de verticale as geeft de diepte onder de waterspiegel (m). De vet gestippelde lijnen zijn wanden of schotten. De concentraties (kg/m^3) zijn middels een kleurcodering weergegeven. Verder is een aantal actuele waarden aangegeven: het tijdstip (h), de aanvoerconcentratie (kg/m^3) en de retourlibconcentratie als percentage van de actuele theoretische balanswaarde $C_{in} (1+R)/R$.

3 Ontwerprichtlijnen

3.1 Herziene richtlijn slibvolumebelasting

Op basis van het verkregen inzicht in de werking van nabezinktanks is een herziene ontwerprichtlijn voor de slibvolumebelasting geformuleerd. De maximaal toelaatbare slibvolumebelasting van een nabezinktank is afhankelijk van de slibeigenschappen (solids-flux theorie). Voor actiefslib met een slibvolume-index van 90-150 ml/g betekent dit dat ontwerpen met een toelaatbare slibvolumebelasting van 400-500 l/m².h mogelijk zijn. De bandbreedte tussen de STORA-richtlijn uit 1981 en de solids-flux theorie, zoals weergegeven in afbeelding 2, wordt bepaald door de complexe interactie tussen de stromingspatronen en de opbouw van de slibdeken.



Afbeelding 2 Tussen de STORA-richtlijn 1981 en de solids-flux theorie ligt een bandbreedte aan ontwerpmogelijkheden

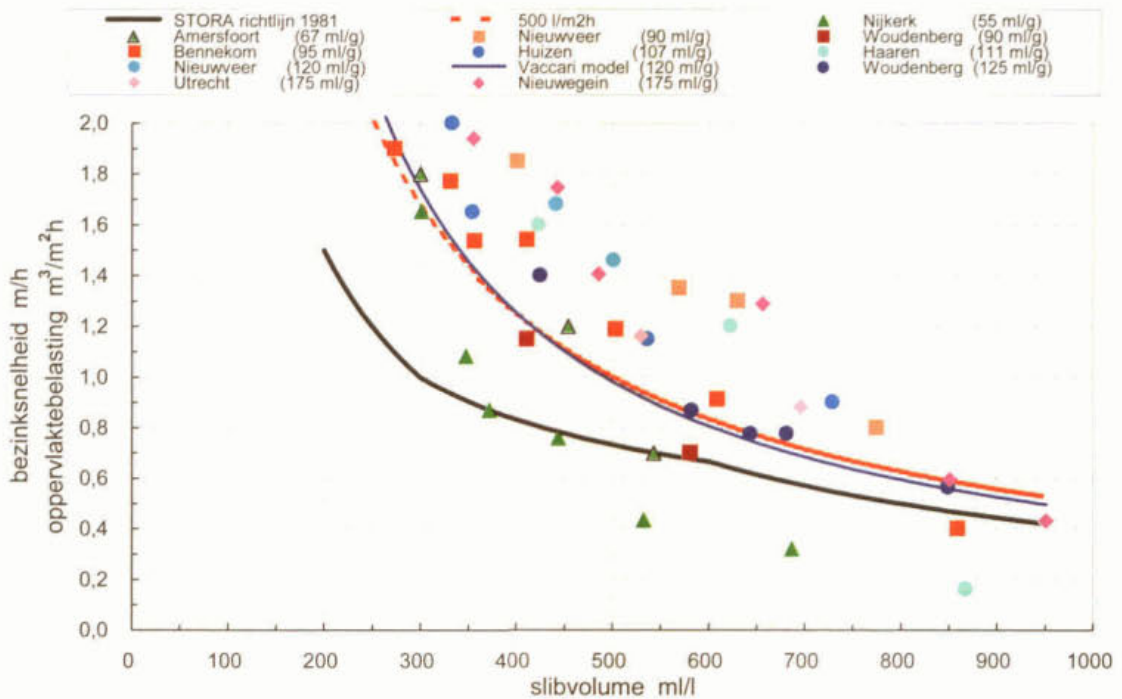
Eenduidige vuistregels voor een optimaal ontwerp van een nabezinktank zijn niet meer te geven. Het ontwikkelde nabezinktankmodel kan worden gebruikt om een optimaal ontwerp te maken. Dit door rekening te houden met de interacties tussen stromingspatronen (diameter, kantdiepte, inloopconstructie, deflectieschot en kortsluitstroming) en opbouw van de slibdeken (bezinking, buffering, indikking en retourslibdebiet). Ook voor aanpassingen aan bestaande tanks en voor gewijzigde slibeigenschappen kan het nabezinktankmodel gebruikt worden om de toelaatbare belasting te bepalen.

3.2 Maatgevende gehinderde bezinksnelheden

De gehinderde bezinksnelheid is bepalend voor de maximaal toelaatbare oppervlaktebelasting, als slibindikking, kantdiepte en optredende stromingspatronen geen beperkende factoren zijn. De grafieken voor bezinksnelheden (m/h) en oppervlaktebelasting (m³/m².h) kunnen dan

worden gecombineerd door beide uit te zetten tegen het slibvolume (ml/l), de concentratie maal de verdunde slibvolume-index (DSVI).

Tijdens het onderzoek zijn metingen verricht aan actiefslib van een aantal rwzi's bij verschillende DSVI's. De resultaten hiervan zijn in afbeelding 3 weergegeven. Ter vergelijking zijn ook de STORA-richtlijn uit 1981, de bovengrens van de herziene richtlijn (500 l/m².h) en het Vaccari-model voor actiefslib met een DSVI van 120 ml/g weergegeven.



Afbeelding 3 Overzicht van de gehinderde bezinksnelheden afhankelijk van het slibvolume

De bezinksnelheden geven de bovengrens van de toelaatbare belasting volgens de solids-flux theorie aan. Voor actiefslib met een DSVI van 90-180 ml/g liggen er vrijwel geen meetpunten onder de lijn met een slibvolumebelasting van 500 l/m².h. Bij slib met een DSVI van 90 ml/g treedt de grootste spreiding op in de bezinkeigenschappen. Bij slib met een DSVI kleiner dan 90 ml/g is de richtlijn voor de bovengrens niet bruikbaar en wordt aanbevolen de werkelijke bezinksnelheden te gebruiken.

3.3 Overige ontwerprichtlijnen

Richtlijn slibbuffering

De ontwerprichtlijn voor de berekening van de slibbuffering gaat uit van een maximaal niveau van de slibspiegel van 0,3 m boven de kantdiepte. Deze richtlijn is te strikt aangezien in een diepere tank meer actiefslib kan worden gebufferd. De mate waarin actiefslib mag worden gebufferd is meestal procestechnologisch bepaald door het vereiste zuiveringsrendement. Wel dient men hierbij rekening te houden met het minimale slibvolume waarbij nog gehinderde bezinking optreedt (vuistregel: ten minste 200 ml/l). Dit om een scherpe slibspiegel te garanderen en daarmee het invangen van een belangrijk deel van de slecht bezinkbare deeltjes te waarborgen.

Indien het procestechnologisch toelaatbaar is, kan onder rwa-omstandigheden meer slibbuffering in de nabezinktanks worden toegestaan, waardoor de slibvolumebelasting afneemt en een hogere oppervlaktebelasting is toegestaan. Concreet betekent dit dat bij een diepere nabezinktank meer actiefslib kan worden gebufferd en een hogere maximum oppervlaktebelasting toelaatbaar is.

Richtlijn slibruiming

Het slibruimingsproces is niet in detail te modelleren. Actieve slibruiming treedt alleen op bij een lagere slibspiegel dan de ruimerbladhoogte. Bij een hogere slibspiegel wordt alleen lokaal de samenhang tussen de indikkende slibvlokken verbroken er treedt een stromingspatroon op waarbij indikkend slib op enige afstand van de bodem richting retourslibonttrekking stroomt. De ervaringsrichtlijnen voor de ruimerfrequentie en ruimerbladhoogte blijven gehandhaafd.

Grote nabezinktanks en deflectieschotten

Voor nabezinktanks met een relatief geringe kantdiepte (2,0-2,5 m) geldt dat bij toename van de diameter tot 50-60 meter deze tanks veelal hydraulisch beperkt zijn. Dit is een gevolg van de toenemende invloed van de 2-dimensionale stromingspatronen bij grotere diameters.

Voor dergelijke tanks is aangetoond dat het toepassen van een deflectieschot een zeer effectieve maatregel is.

Indien slibindikking de maatgevende factor is en er een relatief lage oppervlaktebelasting wordt toegepast, of als de nabezinktank voldoende diep is, is het effect van een deflectieschot verwaarloosbaar.

3.4 Ontwerpmethodiek

Een eenduidige methodiek voor een optimaal ontwerp van een nabezinktank is niet meer te geven. De bandbreedte van de ontwerprichtlijn is weergegeven in paragraaf 0. De optimalisatie van het ontwerp dient plaats te vinden met behulp van het nabezinktankmodel. In het onderhavige rapport wordt nader ingegaan op de ontwerpmethodiek welke hierbij gevolgd kan worden en wordt het operationele gebruik van het nabezinktankmodel beschreven aan de hand van voorbeelden. Richtlijnen voor andere ontwerpaspecten zoals bijvoorbeeld de toegestane mesbelasting en de wijze van effluentonttrekking, zijn vooralsnog niet aangepast.

Ten behoeve van de verdere ontwikkeling van deze ontwerpmethodiek wordt aanbevolen om een landelijke databank op te bouwen met kenmerkende slibparameters. Doel hiervan is beter inzicht te krijgen in de bandbreedte van de slibeigenschappen met de slibvolume-index als kenmerkende waarde voor het type actiefslib.

4 Ontwerpprocedure

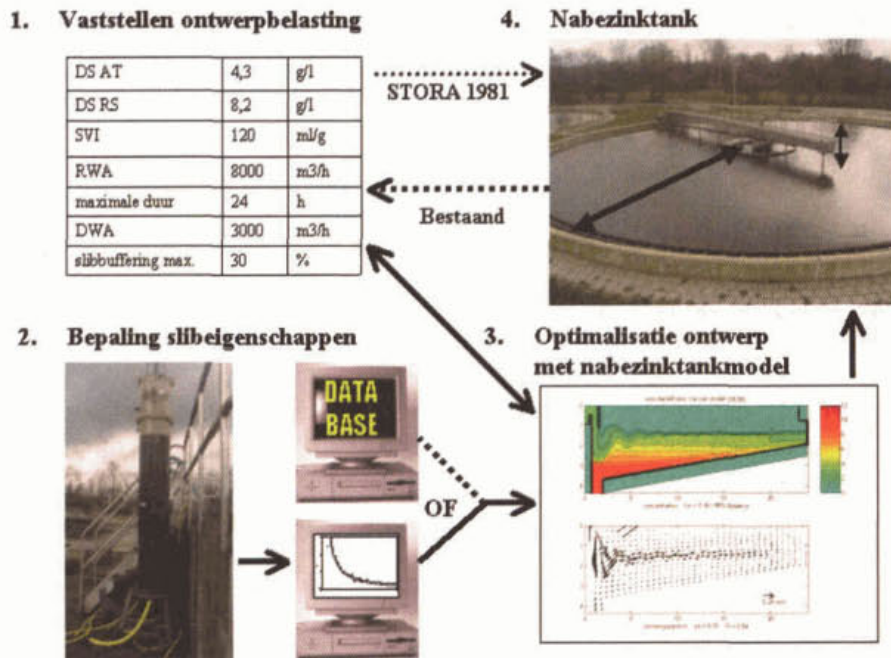
4.1 Inleiding

Bij het toepassen van het nabezinktankmodel wordt een ontwerpprocedure van vier stappen doorlopen. Deze stappen zijn schematisch weergegeven in afbeelding 4.

Dit betreft achtereenvolgens:

- 1 het vaststellen van de maatgevende ontwerpbelasting;
- 2 de bepaling van de slibeigenschappen op basis van
 - literatuurwaarden en/of landelijke databank of
 - metingen en het afleiden van de benodigde slibparameters;
- 3 simulaties uitvoeren voor het bestaande/beoogde ontwerp van de nabezinktank;
- 4 het optimaliseren van het ontwerp of de toelaatbare belasting (iteraties stap 3 of stap 1).

Bij toepassing van de STORA-richtlijn uit 1981 wordt er geen optimalisatie uitgevoerd en rechtlijnig een standaard ontwerp gedimensioneerd (nog gebaseerd de destijds beschikbare Nederlandse praktijkervaring).



Afbeelding 4 Schematische weergave van de praktische toepassing van het nabezinktankmodel FAST2D

De volgorde van de stappen en de mogelijkheden van de iteraties zijn afhankelijk van de situatie. In een bestaande situatie zijn de mogelijkheden voor tankmodificaties beperkt, bijvoorbeeld alleen het plaatsen van een deflectieschot of een geringe toename van de kantdiepte. Wel is het vaak mogelijk de ontwerpbelasting (stap 1) aan te passen, bijvoorbeeld door te kiezen voor een ander slibgehalte of de toegestane slibbuffering te variëren.

De slibeigenschappen kunnen - zeker op termijn - worden bepaald door een selectie te maken uit een landelijke databank. Dit gebeurt op basis van de slibvolume-index en het type actiefslibproces. Tot die tijd zullen de slibeigenschappen moeten worden afgeleid uit metingen en zal ook de variabiliteit in bezink- en indikkings-eigenschappen duidelijk worden.

4.2 Vaststellen van de ontwerpbelasting (stap 1)

Het ontwerp van een nabezinktank wordt beïnvloed door de volgende factoren:

- de slibindikkingseigenschappen (bezinking en slibindikking, zie stap 2).
- het influentdebiet (dwa, rwa en de duur van rwa);
- het retourslibdebiet (retourslibverhouding bij rwa);
- het slibgehalte in de beluchtingstank;
- slibbuffering in de nabezinktank tijdens rwa.

Maatgevend voor het ontwerp is het tegengaan van slibverlies tot het einde van de duur van de rwa belasting en het blijven voldoen aan de effluentkwaliteitsnormen. Voor het ontwerp van een rwzi in Nederland betekent dit veelal dat er een evenwichtssituatie bij rwa moet ontstaan waarbij een deel van het slib is gebufferd in de nabezinktank. Bij de STORA-richtlijn uit 1981 was dit maximaal 30% slibbuffering of een slibspiegel 'hoogstens 0,3 m boven de kantdiepte'. Deze studie laat zien dat meer slib mag worden gebufferd afhankelijk van de kantdiepte van de nabezinktank (en de randvoorwaarden die het actiefslibproces stelt). Voor ontwerpen in het buitenland of voor industriële toepassingen kan sprake zijn van een korter durende maximale belasting. In dergelijke gevallen hoeft een evenwichtssituatie niet bereikt te worden en is voldoende tijdelijke buffering afdoende.

4.3 Bepaling van de slibeigenschappen (stap 2)

Ten behoeve van de modellering dient een aantal slibparameters te worden gemeten. In deze paragraaf wordt beschreven welke metingen hiertoe dienen te worden uitgevoerd, en op welke wijze deze metingen dienen te worden uitgewerkt. Indien het meten van slibeigenschappen niet mogelijk of wenselijk is, kan gebruik worden gemaakt van een slib-database.

Er zijn drie stappen onderscheiden:

- meting van de gehinderde bezinksnelheid (stap 2A)
- meting van de slibindikking (stap 2B)
- het afleiden van de slibparameters (stap 2C)

In de bijlage 1 zijn de metingen beschreven welke in de huidige praktijk niet standaard worden uitgevoerd. Het meten van het slibgehalte en de verdunde slibvolume-index zijn noodzakelijk maar worden niet beschreven.

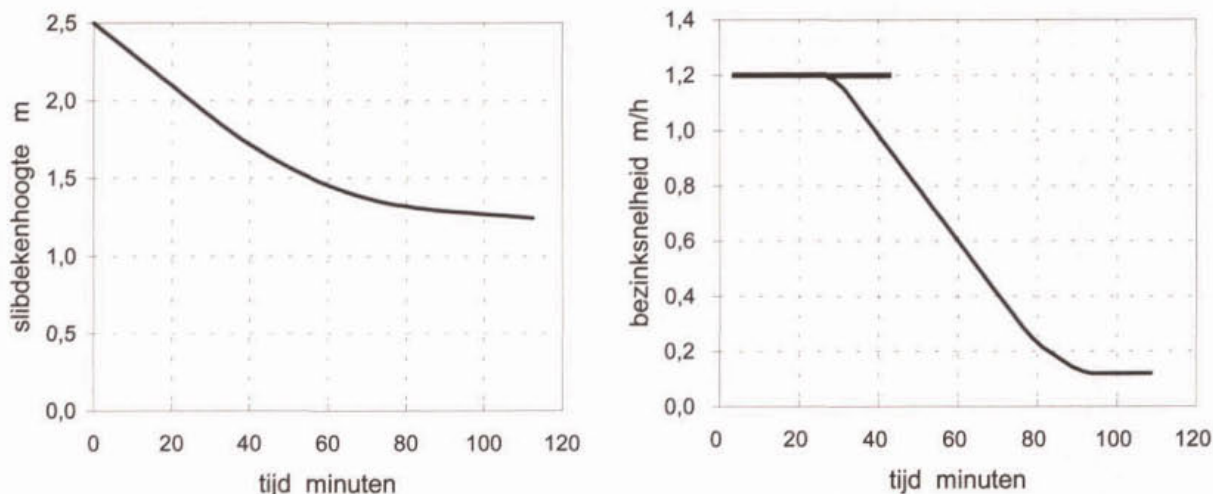
4.3.1 Gehinderde bezinksnelheid (stap 2A)

Ten behoeve van de modellering dient de relatie tussen het slibgehalte en de gehinderde bezinksnelheid van het slib te worden bepaald. Hiertoe wordt bij verschillende slibgehaltes een gehinderde bezinkproef uitgevoerd. Deze proef dient minimaal bij de volgende drie slibgehaltes te worden uitgevoerd:

- het slibgehalte in de beluchtingstank bij DWA (conform ontwerp);
- het slibgehalte in de beluchtingstank bij RWA, uitgaande van 30% buffering;
- het retourslibgehalte.

Tijdens een gehinderde-bezinkingsproef wordt een bezinkkolom gevuld met slib met de gewenste concentratie en vervolgens het niveau van de slibdeken in de tijd gemeten.

De gehinderde bezinksnelheid is gedefinieerd als de maximale snelheid waarmee de slibspiegel daalt. De snelheid waarmee de slibspiegel daalt (en de wijze waarop) is afhankelijk van het slibgehalte en de slibvolume-index (zie paragraaf 4.3 in het hoofdrapport).



Afbeelding 5 Schematische weergave van een gehinderde bezinkproef

Uitwerking bij een concentratie (zie afbeelding 5):

- tegen de tijd (figuur links);
- bereken de bezinksnelheid op elk tijdstip en zet deze - omgerekend naar m/h - uit tegen de zet de slibdekenhoogte uit tijd (figuur rechts);
- bepaal de maximale bezinksnelheid.

Herhaal dit voor de overige concentraties en verzamel de concentraties en daarbij gemeten maximale gehinderde bezinksnelheden in een tabel. Deze meetpunten worden gebruikt om de bezinkparameters af te leiden (stap 2C).

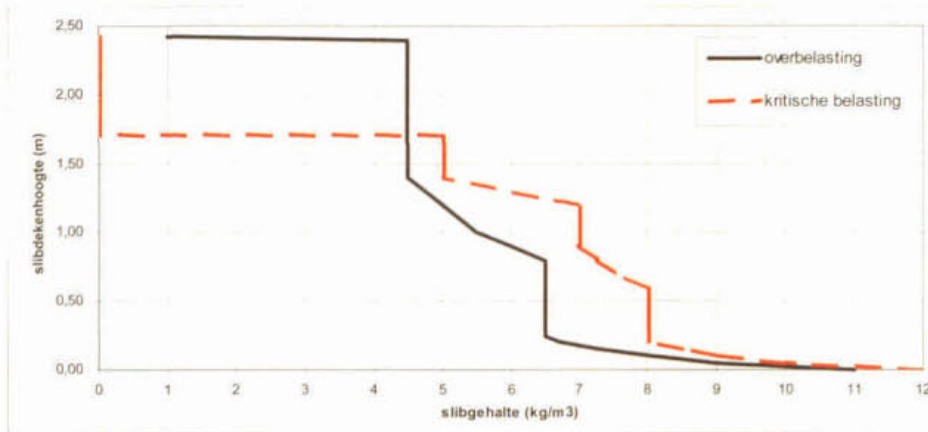
4.3.2 Slibindikking (stap 2B)

Met behulp van een bezinkkolom kan een slibindikkingsproef worden uitgevoerd. Op basis hiervan kunnen de slibparameters voor het indikkingsmodel af worden geleid.

Voor de indikkingsproef is een bezinkkolom nodig die als een "1-dimensionale nabezinktank" kan worden bedreven. De continu doorstroomde kolom is voorzien van een centrale slibtoevoer, een centrale retourslibonttrekking en een effluentoverstortrand. De kolom is verder voorzien van een groot aantal monsternamenpunten en een slibruimer om 'dode' zones te voorkomen.

Bij een indikkingsproef worden twee belastingssituaties en de overgang hiertussen gemeten:

- een overbelaste evenwichtssituatie met slibuitspoeling via de effluentgoot;
- monitoring slibspiegeldaling;
- een kritische belasting met een hoge slibdeken.



Afbeelding 6 Schematische weergave van het slibdekenprofiel tijdens een indikkingsproef

4.3.3 Afleiden van de slibparameters (stap 2C)

Op basis van de resultaten van de bovengenoemde experimenten kunnen de slibparameters welke benodigd zijn voor het Vaccari-model worden afgeleid. Deze procedure bestaat uit twee stappen, welke in de volgende paragrafen zijn beschreven:

- afleiden van de bezinkparameters; voor het Vaccari-model, die de gemeten gehinderde bezinksnelheden het beste beschrijven;
- afleiden van de slibindikkingsparameters; inschatten en met behulp van 1-D simulatieberekeningen voor het Vaccari-model.

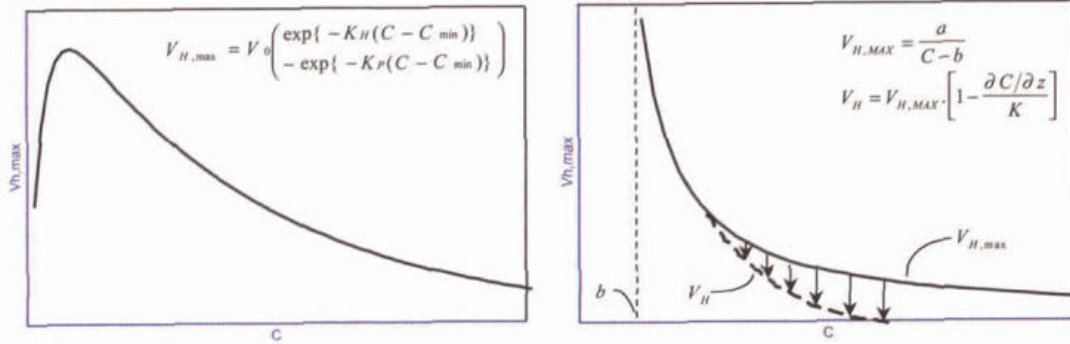
Afleiden van de bezinkparameters

Zoals beschreven in stap 2A dient de gehinderde bezinksnelheid bij verschillende slibconcentraties te worden bepaald. Op basis van deze metingen kan een relatie worden gelegd tussen de slibconcentratie (C) en de maximale gehinderde bezinksnelheid ($V_{H,max}$). De relatie wordt beschreven door twee modellen: Vaccari en Takács. De beide modellen zijn schematisch weergegeven in afbeelding 7.

Het Vaccari model is beschreven in paragraaf 3.3. van het STOWA rapport (2002-21) over de ontwikkeling van het model. Het model is over het algemeen van toepassing boven een bepaalde kritische slibconcentratie, ook wel compressieconcentratie (C_C) genoemd. Bij lagere concentraties worden te hoge bezinksnelheden berekend welke niet realistisch zijn. Het slibindikkingsmodel van Vaccari wordt daarom toegepast voor hogere slibgehaltenes ($C > C_C$).

TAKÁCS: slib “bezink” model, $v = f(c)$

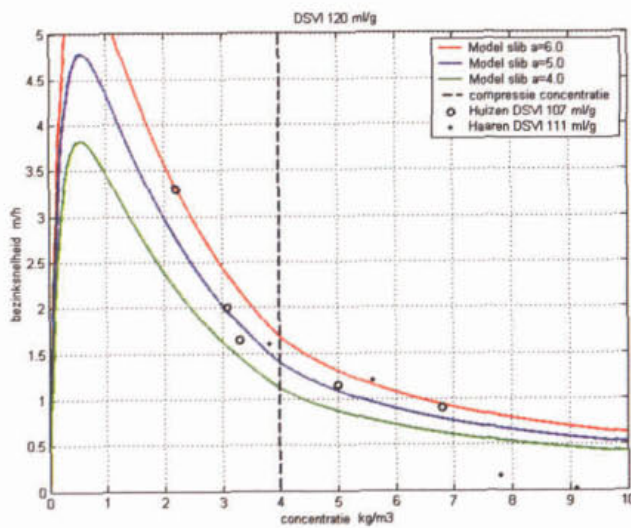
VACCARI: slib “indikking” model : $v = f(c, dc/dz)$



Afbeelding 7 Schematische weergave van de slibbezink- en indikkingsmodellen van Takács en Vaccari

Voor de lage slibgehalten ($C < C_C$) is daarom een pragmatische benadering gemaakt door een exponentiële afname van de bezinksnelheden tot nul bij de niet bezinkbare fractie. Deze benadering is ontleend aan het Takács-model.

De Vaccari parameters a (in m/h) en b (in $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$) kunnen worden bepaald door regressie-analyse of door ‘trial and error fitting’. Een voorbeeld hiervan is gegeven in afbeelding 8.

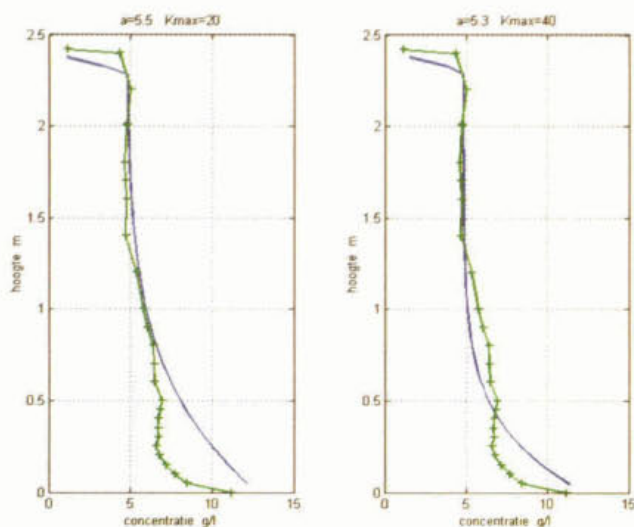


Afbeelding 8 Voorbeeld van het afleiden van de bezinkparameters in het Vaccari-model

Vervolgens wordt de exponentiële afname volgens het Takács model voor de slecht bezinkbare fractie zodanig gefit dat een vloeiende curve ontstaat. Als overgangspunt tussen het Vaccari en Takács model wordt de aanvoer- of compressieconcentratie gekozen.

Afleiden van de indikkingsparameters

Voor het afleiden van de indikparameters uit het Vaccari-model wordt gebruik gemaakt van de meetresultaten van de slibindikkingsexperimenten. Hiervoor is een hulpprogramma ontwikkeld in Matlab-Simulink. Met dit ‘1-dimensionale’ model kunnen zowel evenwichtssituaties als het verloop in de tijd worden gesimuleerd.



Afbeelding 9 Voorbeeld van het afleiden van de indikkingsparameters in het Vaccari-model

In afbeelding 9 is hiervan een voorbeeld gegeven. Het gemeten slibprofiel en het berekende slibprofiel kunnen in overeenstemming worden gebracht door de Vaccari parameter K_{MAX} te variëren. De calibratie is succesvol als de slibbufferconcentratie en de maximale slibconcentratie op de bodem goed worden voorspeld.

De set slibparameters met de beste fit wordt iteratief bepaald.

- start met de bezinkparameters (a en b) voor het Vaccari-model, die de gemeten gehinderde bezinksnelheden het beste beschrijven (stap 2A);
- schat de slibindikkingsparameters (K_{MAX} en C_C) voor het gehanteerde Vaccari-model;
- voer 1D-simulaties uit;
- indien gewenst: stel de keuze van de slibparameters bij.

Tabel 2 Slibparameters voor het gehanteerde Vaccari / Takács-model

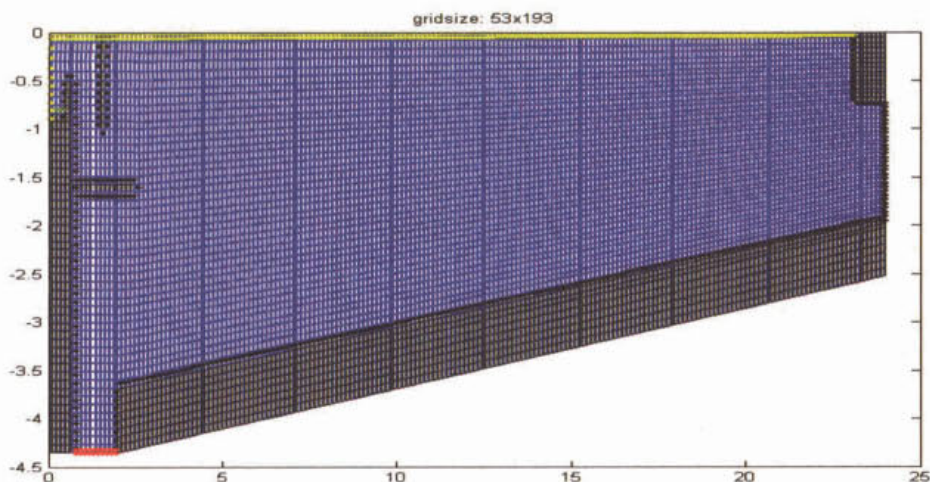
gehinderde bezinking (Vaccari)				slecht bezinkbare fractie (Takács)		
a m/h	b kg/m ³	K_{MAX} kg/m ⁴	C_C kg/m ³	k_H m ³ /kg	k_p m ³ /kg	C_{min} kg/m ³
5,0	0,4	40	4,0	0,38	5,0	0,010

4.4 Optimalisatie van het ontwerp met het nabezinktankmodel (stap 3)

Bij het toepassen van het nabezinktankmodel dienen de volgende stappen te worden doorlopen:

- schematiseren van de nabezinktank, met invoer- en uitvoerconstructie, recirculatiestromen en constructieve elementen (deflectieshot, effluentgoot);
- invullen van het invoerbestand met (tijdsafhankelijke) belastinggegevens, slibkarakteristieken en simulatieparameters;
- doorrekenen van het model;
- verwerken van de resultaatbestanden tot een grafische weergave (concentratieveld en stromingprofielen).

Een voorbeeld van een schematisatie is weergegeven in afbeelding 10. Het betreft de nabezinktank van de rwzi Rijen (STOWA-2002-21) welke is opgedeeld in 53×193 vakjes. Te onderscheiden zijn de inlooptrommel, het deflectieshot, de effluentgoot en de tankbodem.



Afbeelding 10 Schematisatie van de nabezinktanks van de rwzi Rijen (afstanden in meters)

Nadat bovengenoemde stappen zijn doorlopen kunnen de uitkomsten worden beoordeeld. Op basis van het stromingspatroon, de opbouw van de slibdeken en een kwalitatieve analyse van de effluentkwaliteit, kan vervolgens het ontwerp van de tank worden geoptimaliseerd. Dit (iteratieve) proces is uitgebreider beschreven in hoofdstuk 7.

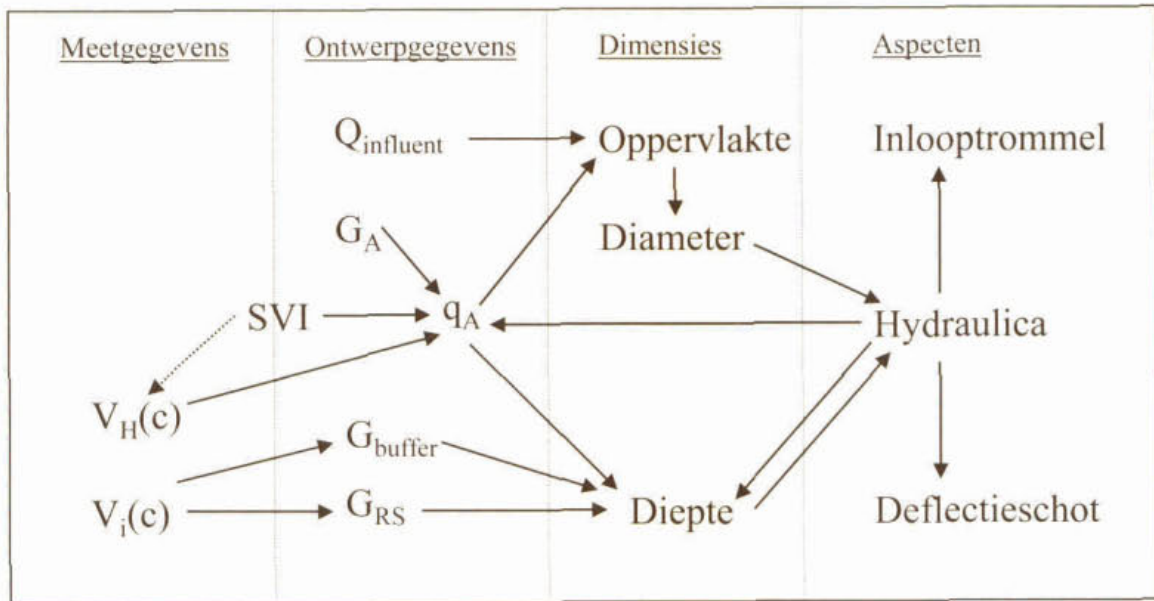
4.5 Ontwerp van de nabezinktank (stap 4)

Vooralsnog is bij de beschrijving van het ontwerp uitgegaan van een ronde nabezinktank met aanvoer en retourslibonttrekking in het centrum. Andere ontwerpen - zoals een rechthoekige tank of een rimflo tank - met aan- en afvoer langs de omtrek van de tank – kunnen ook worden ontworpen met het nabezinktankmodel, maar vergen vooralsnog veel extra expertise.

Bij het ontwerp van een ronde nabezinktank is een aantal bouwkundige aspecten van invloed:

- de diameter;
- de kantdiepte;
- de diameter en configuratie van de inloop en inlooptrommel;
- de toepassing van een deflectieschot en de configuratie hiervan;
- de wijze van effluentonttrekking (inliggende goot, zuigbuizen etc.).

De interactie tussen de verschillende factoren is schematisch weergegeven in afbeelding 11.



Afbeelding 11 Schematische weergave van het ontwerpproces

Ook algemene randvoorwaarden zijn van invloed op het ontwerpproces. Bij ruimtegebrek zal bijvoorbeeld eerder worden gekozen voor kleinere, diepere tanks. Uiteindelijk zal een kostenanalyse van de verschillende opties de doorslag geven.

5 Voorbeelden

5.1 Inleiding

In het STOWA-onderzoek naar de optimalisatie van het ontwerp van ronde nabezinktanks is behoefte aan de voorbeeldtoepassing van het gebruik van het ontwikkelde nabezinktankmodel (FAST2D) en de herziene ontwerprichtlijnen. Aan de hand van drie voorbeeld-rwzi's – nieuwbouw, verbouw en bestaand – worden in dit rapport de toepassing van het nabezinktankmodel en de nieuwe ontwerprichtlijnen gedemonstreerd. Verder zijn er metingen verricht aan twee typen slib met een DSVI van 120 ml/g, overeenkomend met de huidige gangbare ontwerpwaarde van de slibvolume-index. Dit om meer inzicht te krijgen in de te verwachten variabiliteit van het actiefslib en de invloed hiervan op het ontwerp en de resultaten van het nabezinktankmodel.

Het doel van de simulaties voor de voorbeeld-rwzi's is enerzijds de herziene ontwerprichtlijn voor de toelaatbare slibvolumebelasting (van maximaal 400-500 l/m².h) te illustreren en anderzijds de toepassing van het nabezinktankmodel te demonstreren. Het geheel leidt tot een keuzediagram bij het ontwerp van nabezinktanks.

Gekozen is het ontwerp te analyseren met behulp van het nabezinktankmodel voor de nabezinktanks van de rwzi's Amsterdam-West (nieuwbouw), Aarle-Rixtel (ombouw) en Amersfoort (bestaand). In de volgende paragrafen worden per rwzi de resultaten beschreven.

De metingen van de slibeigenschappen zijn uitgevoerd op de rwzi's: Huizen, Haaren en Amersfoort. Het actiefslib van de rwzi's Huizen en Haaren is vergelijkbaar met het toekomstige actiefslib op de rwzi's Amsterdam-West, respectievelijk Aarle-Rixtel. De belangrijkste gegevens van deze drie rwzi's zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 Proces- en slibkarakteristieken van de rwzi's van de aanvullende metingen 2002

Parameter	eenheid	Huizen	Haaren	Amersfoort
onderzoekperiode	-	21/02 – 07/03	12/03 – 20/03	09/01 – 21/01
type rwzi	-	Cascade	Carrousel	Carrousel 2000
slibbelasting	-	laag	ultralaag	laag
type beluchting	-	bellen	punt	punt
fosfaatverwijdering	-	biologisch	biologisch	simultaan
type chemicaliën	-	-	-	AlCl ₃
ontwerpbelasting	i.e. (à 136 g TZV)	64.500	50.000	170.000
slibvolume-index (DSVI)	ml/g	105 – 115	100 - 110	50 – 60
slibgehalte AT	kg/m ³	3,2 - 3,6	3,5 - 4,5	4,5 – 6,0
slibvolume	ml/l	340 - 410	350 - 500	220 – 360
retourslibgehalte	kg/m ³	5,5 – 7,5	10 - 12	12 – 15

5.2 rwzi Amsterdam-West

5.2.1 Inleiding

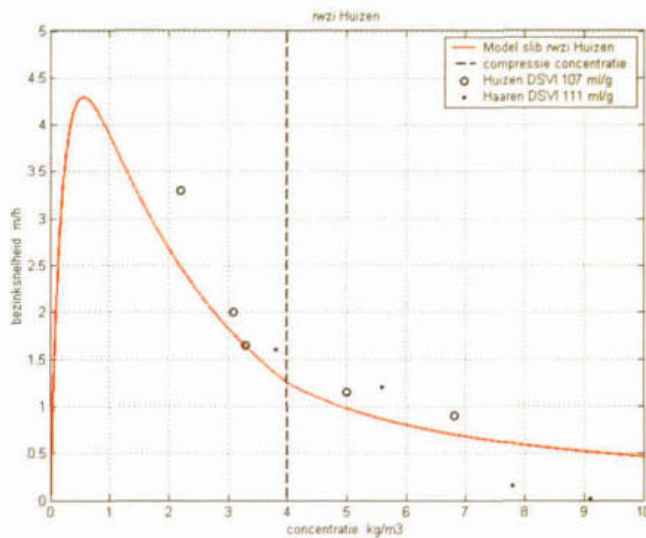
Het ontwerp van de nabezinktanks van de toekomstige rwzi Amsterdam-West is gebaseerd op een oppervlaktebelasting van 1,0 m/h bij een slibvolumebelasting van 420 l/m².h. Dit is een hogere waarde dan conform de STORA-richtlijn uit 1981. De tanks hebben een diameter van 53 m en een kantdiepte van 3,45 m. Het actiefslib van het toekomstige proces heeft een slibvolume-index van 120 ml/g en een concentratie van 5,0 g/l bij dwa, respectievelijk 3,5 g/l bij rwa. Optioneel zijn deflectieschotten voorzien. Deze deflectieschotten zullen voornamelijk niet worden gemonteerd.

Besloten is om de slibeigenschappen te meten aan actiefslib (DSVI 120 ml/g) van een vergelijkbaar actiefslibproces. Er zijn simulaties uitgevoerd met het nabezinktankmodel voor het gekozen ontwerp van de tank, zowel met als zonder deflectieschot.

5.2.2 Slibeigenschappen

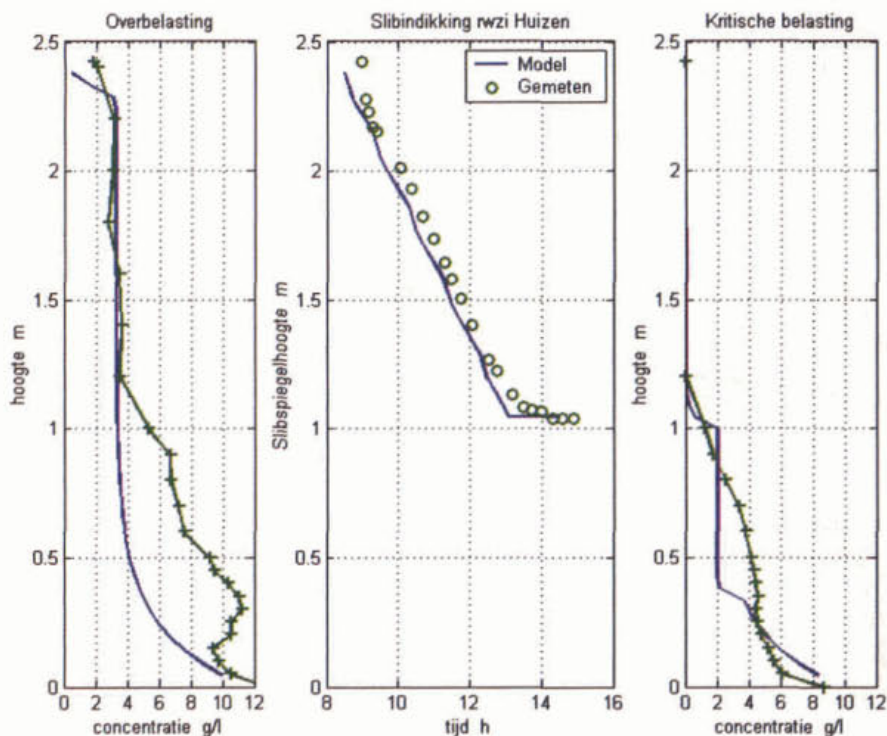
De metingen aan de slibeigenschappen hebben plaatsgevonden op de rwzi Huizen (zie tabel 3). De actuele waarde van de slibvolumeindex was 107 ml/g.

De gemeten gehinderde bezinksnelheden en de toegepaste modelbenadering zijn weergegeven in afbeelding 12. Op basis van de gemeten gehinderde bezinksnelheden is de bezinkcurve van het actiefslib van Amsterdam-West ingeschat. Aangezien deze rwzi wordt ontworpen met een DSVI van 120 ml/g komt de bezinkcurve iets onder de meetpunten van de rwzi Huizen uit.



Afbeelding 12 Bezinksnelheden voor actiefslib met een DSVI van 120 ml/g

In afbeelding 13 zijn de resultaten van de slibindikkingsproef grafisch weergegeven. Hierbij zijn de gemeten en berekende slibdeken bij overbelasting (links) en kritische belasting (rechts) weergegeven, en de slibspiegeldaling van overbelasting naar kritische belasting (midden).



Afbeelding 13 Indikkingsproef rwzi Huizen: metingen (groen) en Vaccari-modellering (blauw)

De slibparameters welke voor de simulatie van de rwzi Amsterdam-West zijn afgeleid uit de bezink- en indikkingsproeven op de rwzi Huizen zijn weergegeven in tabel 4 .

Tabel 4 Slibparameters Vaccari-model voor Amsterdam West met DSVI 120 ml/g

gehinderde bezinking				slecht bezinkbare fractie		
a	b	K_{MAX}	C_C	k_H	k_p	C_{min}
m/h	kg/m ³	kg/m ⁴	kg/m ³	m ³ /kg	m ³ /kg	kg/m ³
4,5	0,4	40	4,0	0,38	5,0	0,003

5.2.3 Simulatieresultaten

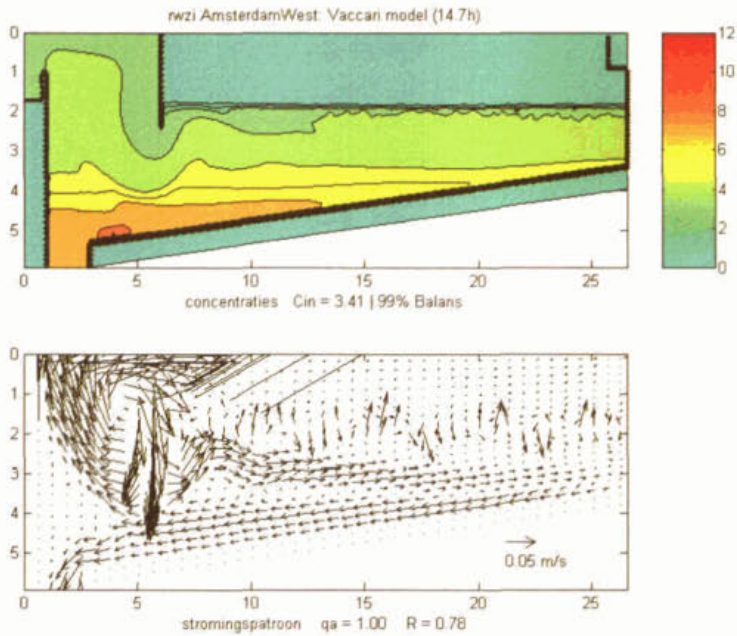
Er zijn modelberekeningen uitgevoerd met een initiële dwa-periode gevolgd door een periode rwa. De periode van 8 uur dwa-belasting is gesimuleerd om de slibdeken onder stationaire dwa-omstandigheden te verkrijgen. Deze situatie is vervolgens gebruikt als startpunt voor een periode van 8 uur (of meer) rwa-belasting om een evenwicht te bereiken.

Bij de rwa-berekeningen is de juiste interactie tussen slibbuffering in de nabezinktanks en uitspoeling van actiefslib uit de beluchtingstanks gesimuleerd. Hierbij is aangenomen dat de beluchtingstanks volledig gemengd zijn. De gesimuleerde evenwichtsconcentratie blijkt vrijwel overeen te komen met de ontwerpwaarde van 3,5 g/l; een vervolgberekening met de veronderstelde 30% buffering was derhalve niet meer nodig.

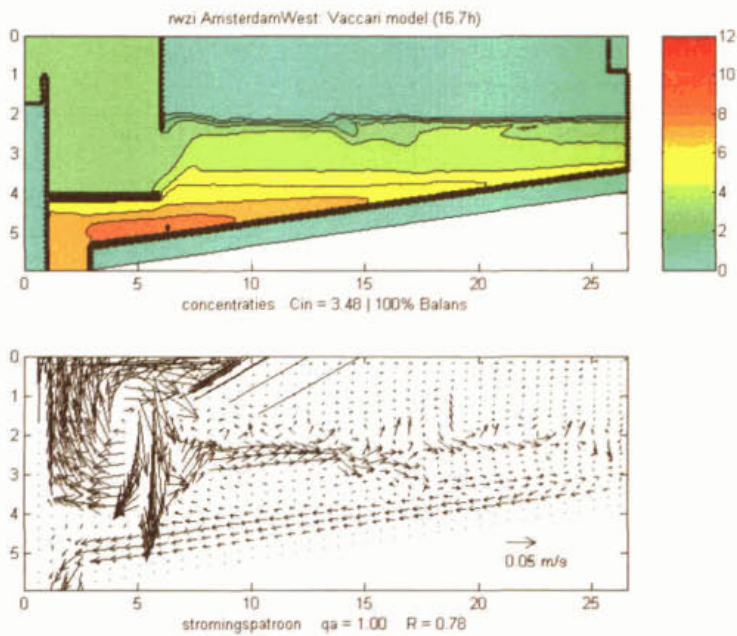
Het optionele deflectieschot is gemodelleerd als een horizontale plaat met juiste waarden voor de diameter en de afstanden tussen de inlooptrommel, tip van het deflectieschot en de tankbodem. De exacte vorm van een deflectieschot is van secundair belang, het primaire belang is het voorkomen van kortsluitstromingen tussen inloop en retourslibonttrekking.

De nadruk bij de simulaties ligt op het ontstaan van een evenwichtssituatie (massabalans) tussen slibinvoer en afvoer, en de hoogte van de slibdeken. Hierbij ligt het accent op de modellering van gehinderde bezinking, slibindikking, dichtheidsstromingen en retourslibonttrekking.

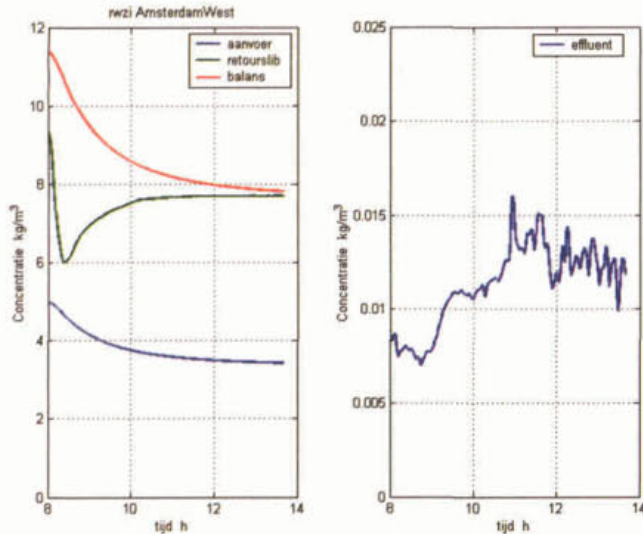
De gepresenteerde effluentconcentraties, veroorzaakt door de gehanteerde slecht of niet bezinkbare fractie in het actiefslib, geven slechts een indicatief beeld. Vergelijkenderwijs kunnen hieruit wel trendmatige conclusies worden getrokken (bijvoorbeeld: een groter risico op hoge effluentconcentraties).



Afbeelding 14 Amsterdam-West: ontwerp nabesinktank zonder deflectieshot



Afbeelding 15 Amsterdam-West: ontwerp nabesinktank met deflectieshot



Afbeelding 16 Amsterdam-West: simulatie rwa-belasting voor de nabezinktank zonder deflectieschot
 Links: concentraties en actuele balanswaarde $C_{in} (1+R)/R$. Rechts: indicatie effluentconcentratie.

Voor de nabezinktanks van de rwzi Amsterdam-West is het stromingspatroon bij een hoge slibdeken onstabiel langs de slibspiegel. In de tank met deflectieschot stroomt het inkomende actiefslib langer langs de slibspiegel dan in de tank zonder deflectieschot.

Berekeningen waarbij andere slibparameters voor een DSVI van 120 ml/g zijn gebruikt (rwzi Haaren) geven vrijwel identieke uitkomsten (zie bijlage 2).

5.2.4 Conclusie

Het voorliggende ontwerp van de nabezinktanks van Amsterdam-West is een belangrijke stap op weg naar hoger belaste nabezinktanks en verder geoptimaliseerde ontwerpen. De simulaties met het nabezinktankmodel laten zien dat het ontwerp van de nabezinktanks zonder deflectieschot voldoet. Een slibvolumebelasting van $420 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$ is toelaatbaar bij de gehanteerde slibeigenschappen. Dit is circa 25% hoger dan conform de STORA-richtlijn uit 1981 en in lijn met de herziene richtlijn. Ook de keuze om de deflectieschotten vooralsnog niet te plaatsen wordt onderschreven op basis van de modelberekeningen.

5.3 rwzi Aarle-Rixtel

5.3.1 Inleiding

De rwzi Aarle-Rixtel zal worden omgebouwd en het actiefslib proces zal worden gewijzigd. In de huidige situatie zijn maatregelen getroffen om overbelasting van de nabezinktanks (uitgaande van de STORA-richtlijn) te voorkomen. Dit betreft het beperken van de aanvoercapaciteit van de gemalen en het toepassen van slibbezinking in de beluchtingstanks.

Het ontwerp van de nabezinktanks van de rwzi Aarle-Rixtel zal nog worden gebaseerd op de STORA-richtlijnen uit 1981. De bestaande acht nabezinktanks en twee voorbezinktanks zullen worden verbouwd tot tien nabezinktanks. De tanks hebben elk een diameter van 48 m en een kantdiepte van 1,5 m. De kantdiepte zal worden vergroot tot 2,0 m.

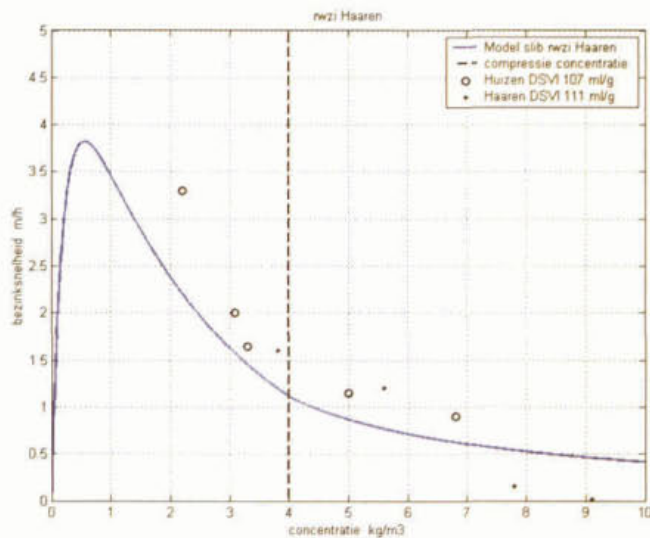
Het actiefslib van het toekomstige Bio-P-proces heeft een ontwerp DSVI van 120 ml/g en een concentratie van 5,0 g/l bij dwa resp. 3,5 g/l bij rwa (30% buffering). Plaatsing van deflectieschotten wordt overwogen.

De nabezinktanks worden ontworpen op een evenwicht onder rwa-omstandigheden en zullen hydraulisch worden belast tot een oppervlaktebelasting van 0,76 m/h. Er is hierbij een reserve aangehouden van circa 5% tot aan de toelaatbare waarde van 0,81 m/h bij 420 l/m².h.

Besloten is de actiefslibeigenschappen te meten aan actiefslib van een vergelijkbaar Bio-P-proces met een DSVI van 120 ml/g. Er zijn simulaties uitgevoerd voor de situatie na de ombouw voor de nabezinktanks met en zonder deflectieschot.

5.3.2 Slibeigenschappen

De actiefslibeigenschappen zijn gemeten aan een vergelijkbaar actiefslib van de rwzi Haaren, een Bio-P-proces met een actuele DSVI van 111 ml/g (zie Tabel 3). De gemeten gehinderde bezinksnelheden en de toegepaste modelbenadering zijn weergegeven in afbeelding 17. Op basis van de gemeten gehinderde bezinksnelheden is de bezinkcurve van het actiefslib van Aarle-Rixtel ingeschat. Aangezien deze rwzi wordt ontworpen met een DSVI van 120 ml/g komt de bezinkcurve iets onder de meetpunten van de rwzi Haaren uit.



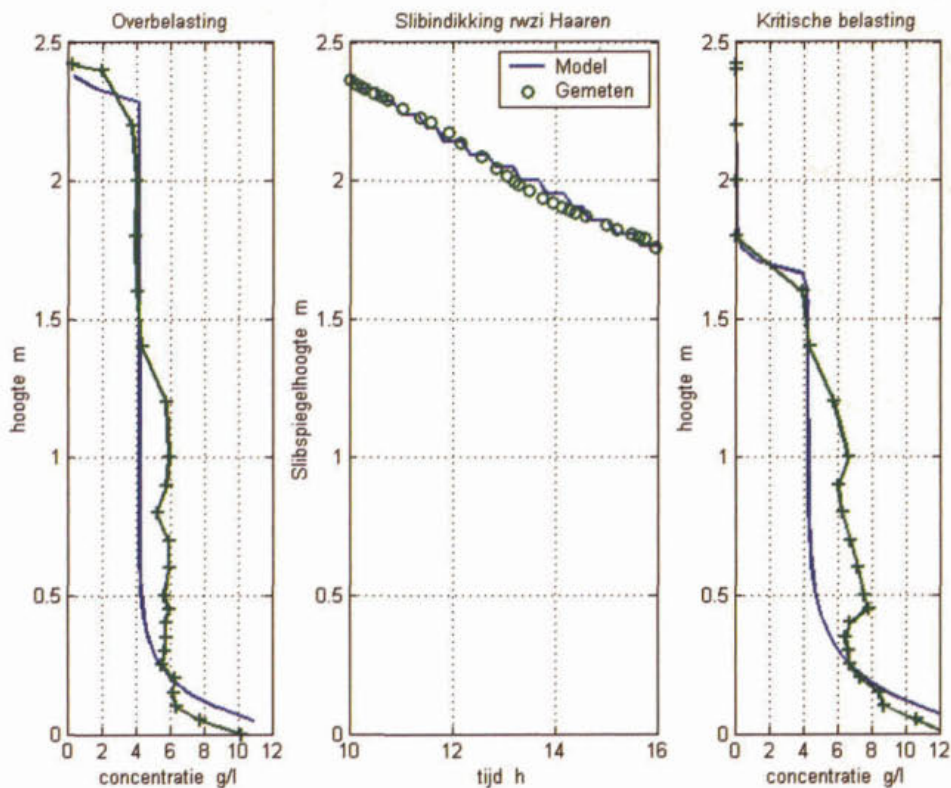
Afbeelding 17 Gehanteerde bezinksnelheden voor actiefslib met een DSVI van 120 ml/g

In afbeelding 18 zijn de resultaten van de slibindikkingsproef grafisch weergegeven. Hierbij zijn de gemeten en berekende slibdeken bij overbelasting (links) en kritische belasting (rechts) weergegeven, en de slibspiegeldaling van overbelasting naar kritische belasting (midden).

De slibparameters welke voor de simulatie van de rwzi Aarle-Rixtel zijn afgeleid uit de bezink- en indikkingsproeven op de rwzi Haaren zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Slibparameters Vaccari-model voor Aarle-Rixtel met DSVI 120 ml/g

gehinderde bezinking				slecht bezinkbare fractie		
a	b	K_{MAX}	C_C	k_H	k_P	C_{min}
m/h	kg/m ³	kg/m ⁴	kg/m ³	m ³ /kg	m ³ /kg	kg/m ³
4,0	0,4	80	4,0	0,38	5,0	0,003

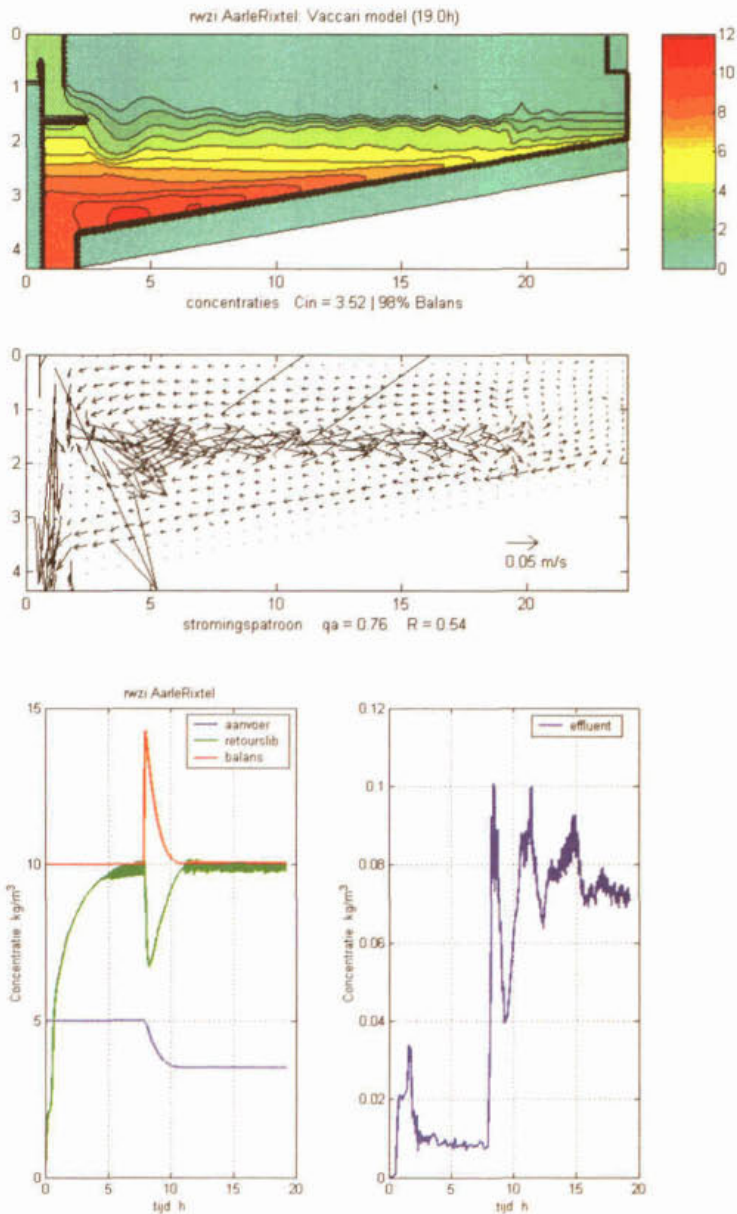


Afbeelding 18 Indikkingsproef rwzi Haaren: metingen (groen) en Vaccari-modellering (blauw)

5.3.3 Simulatieresultaten

De resultaten van de modelleringen met en zonder deflectieshot zijn grafisch weergegeven in respectievelijk afbeelding 19 en afbeelding 20. Het deflectieshot is sterk geschematiseerd. In beide afbeeldingen zijn het slibconcentratieprofiel en de stromingspatronen weergegeven (boven) en het verloop in de tijd van het aanvoer-, retour-, balans- en effluentslibgehalte (onder). De balansconcentratie is het retourslibgehalte dat in een evenwichtssituatie zou moeten worden bereikt.

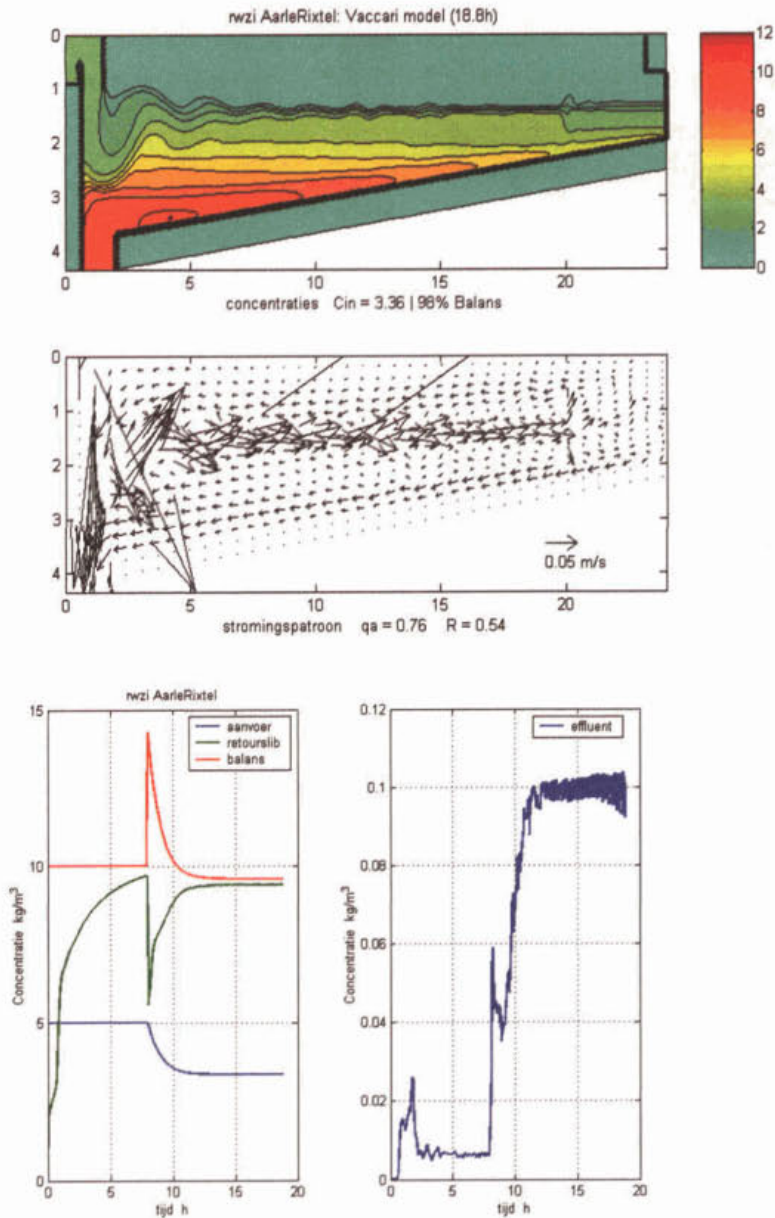
Eerst wordt een dwa-periode van 8 uur gesimuleerd totdat een dwa-evenwichtssituatie ontstaat, vervolgens wordt een maatgevend rwa-periode gesimuleerd. De resultaten van het nabezink-tankmodel laten zien dat er een rwa-evenwichtssituatie ontstaat bij zowel een tank met als zonder deflectieshot. Er ontstaat een massabalans waarbij de slibspiegel stijgt tot circa 1,4 m onder de waterspiegel c.q. 0,6 m boven de kantdiepte.



Afbeelding 19 Aarle-Rixtel: simulatie van de rwa-belasting voor de nabezinktank met deflectieshot

Bij rwa is er een verhoogde kans op hoge effluentconcentraties. Dit geldt voor zowel de tank met als zonder deflectieshot.

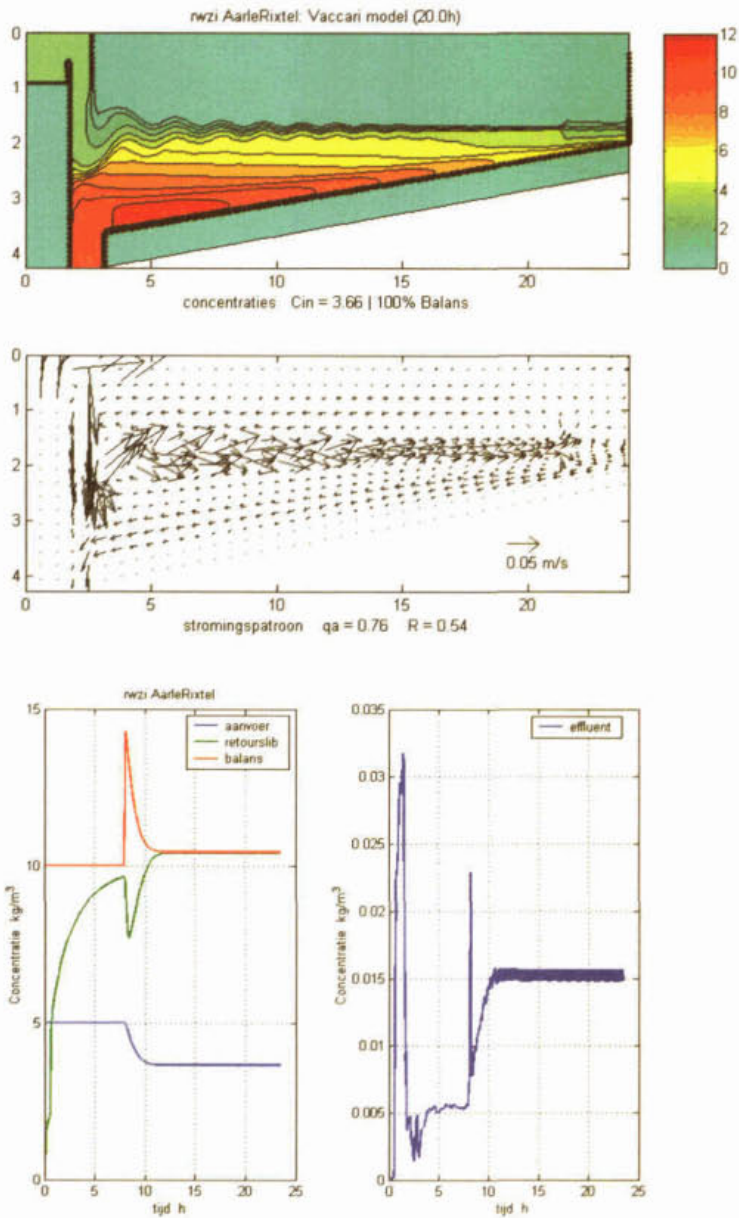
De nabezinktanks met een kantdiepte van 2,0 m kunnen niet hoger worden belast. Als alleen de acht bestaande nabezinktanks zouden worden aangepast leidt de 25% hogere belasting tot slibverlies. Dit wordt veroorzaakt doordat te veel slib moet worden gebufferd en de slibspiegel te veel stijgt. Verder ontstaat er dan in de tank zonder deflectieshot een kortsluitstroming waardoor eerder slibverlies zal optreden. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in bijlage 3.



Afbeelding 20 Aarle-Rixtel: simulatie van de rwa-belasting voor de nabezinktank zonder deflectieschot

De simulaties laten zien dat er een aanzienlijk risico bestaat op te hoge effluentconcentraties. Om die reden is het effect van een aantal constructieve maatregelen op de effluentkwaliteit met het nabezinktankmodel onderzocht.

Simulaties voor een tank zonder inliggende goot geven vergelijkbare resultaten. Het risico kan wel worden verkleind door een combinatie van maatregelen, te weten een bredere inloop en gelijke afstand tot de inlooptrommel (configuratie met lagere entreesnelheden) en een effluentonttrekking met lagere snelheden. De resultaten hiervan zijn grafisch weergegeven in afbeelding 21.



Afbeelding 21 Aarle-Rixtel: simulatie van de rwa-belasting voor de nabezinktank zonder deflectieschot, met een bredere inloop (configuratie met lagere entreesnelheden) en effluentonttrekking met lagere snelheden

5.3.4 Conclusie

Na de ombouw van de rwzi Aarle-Rixtel worden de nabezinktanks zodanig belast dat toepassing van een deflectieschot niet effectief is. De tank met deflectieschot heeft alleen een iets lagere slibspiegel in de evenwichtsituatie bij rwa tot gevolg.

Door het stromingspatroon dat ontstaat is er kans op hoge effluentconcentraties. Aanpassingen aan de inloopconfiguratie en (secundair) de effluentonttrekking blijken effectief te zijn om dit risico te verminderen.

5.4 rwzi Amersfoort

5.4.1 Inleiding

De nabezinktanks van de rwzi Amersfoort worden in de praktijk zodanig belast dat regelmatig verhoogde effluentconcentraties optreden. De oorzaak hiervan is onbekend. Gedacht wordt aan de pulsbelastingen door het frequent schakelen van grote pompcapaciteiten en een verslechterde gehinderde bezinking.

Op de rwzi Amersfoort is een praktijkproef uitgevoerd onder omstandigheden waarbij slibuitspoeling optreedt. Doel van deze meting was het kwantificeren van de sliboverstort tijdens een piekbelasting. Aanvullend zijn de actuele slibeigenschappen gemeten: slibindikking, gehinderde bezinking en de fractie slecht bezinkbaar slib (bij ongehinderde bezinking).

Het nabezinktankmodel is gebruikt om de problematiek te analyseren en om het effect van mogelijke maatregelen te beoordelen.

De belangrijkste karakteristieken van de rwzi Amersfoort zijn weergegeven in tabel 3. Ter ondersteuning van de biologische fosfaatverwijdering vindt een lage aluminiumchloride-dosering plaats in de beluchtingstank. Ten gevolge hiervan is de slibvolume-index zeer laag (50-60 ml/g). De nabezinktanks hebben een diameter van 51 m, een kantdiepte van 2,0 m en zijn voorzien van een deflectieschot.

5.4.2 Meetresultaten van de slibeigenschappen

Ten behoeve van het afleiden van de slibparameters is met name gebruik gemaakt van de slibindikkingsproef. De resultaten van de slibindikkingsproef zijn grafisch weergegeven in afbeelding 22. Hierbij zijn de gemeten en berekende slibdeken bij overbelasting (links) en kritische belasting (rechts) weergegeven, en de slibspiegeldaling van overbelasting naar kritische belasting (midden). De kritische belasting is bij twee verschillende instellingen bemonsterd.

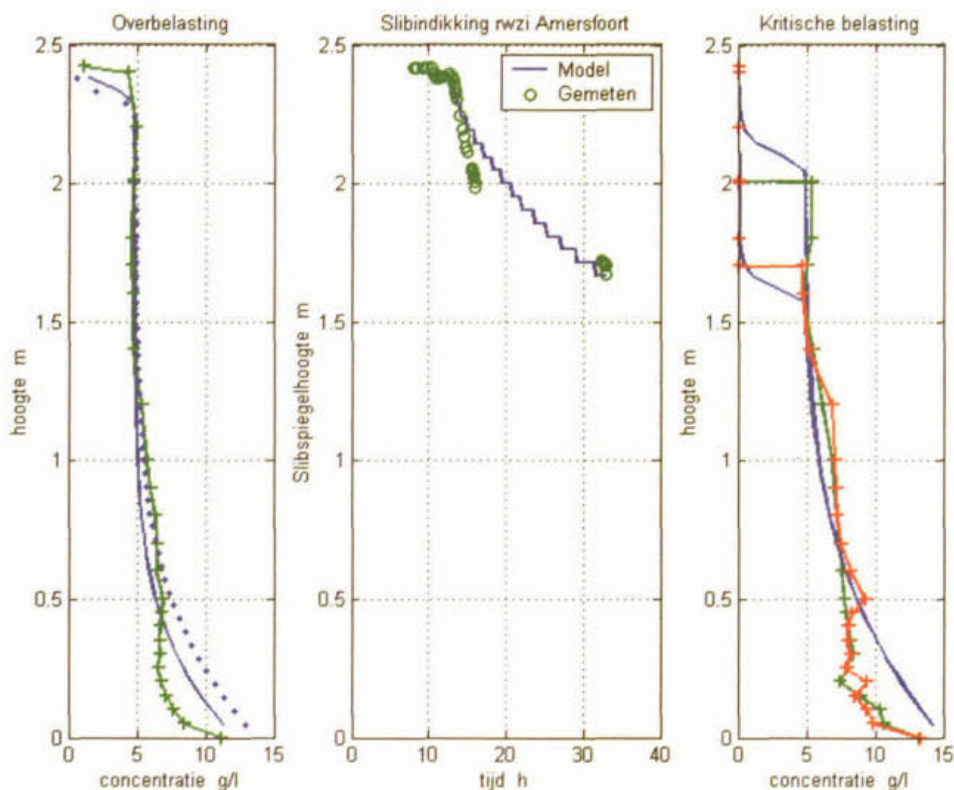
De slibparameters die voor de simulatie van de rwzi Amersfoort zijn afgeleid uit de indikkingsproeven, zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 Slibparameters Vaccari-model voor Amersfoort met DSVI 60 ml/g

gehinderde bezinking				slecht bezinkbare fractie		
a	b	K_{MAX}	C_C	k_H	k_p	C_{min}
m/h	kg/m ³	kg/m ⁴	kg/m ³	m ³ /kg	m ³ /kg	kg/m ³
5,3	0,4	30	4,0	0,25	5,0	0,005

De resultaten van de gehinderde bezinkproeven zijn opgenomen in Afbeelding 3. Deze resultaten zijn bij het afleiden van de slibparameters als referentie gebruikt.

Visuele waarneming tijdens de uitvoering van de proef waren aanleiding om later ook metingen te verrichten aan de ongehinderde bezinknelheden. Dit om een goede inschatting te kunnen maken van de fractie slecht bezinkbare deeltjes. De resultaten van de ongehinderde bezinkproef zijn weergegeven in bijlage 4. Op basis van deze ongehinderde bezinkproef kan worden vastgesteld dat het actiefslib van de rwzi Amersfoort een opmerkelijk grote fractie (circa 35 mg/l van 0,8 g/l, oftewel 4%) aan slecht of niet bezinkbare deeltjes bevat (gebruikelijk is circa 5-10 mg/l bij een dergelijke batch-bezinkproef). In de modelberekeningen is hier nog geen rekening mee gehouden.



Afbeelding 22 Indikkingsproef rwzi Amersfoort: metingen en (groen/rood) en Vaccari-model (blauw)

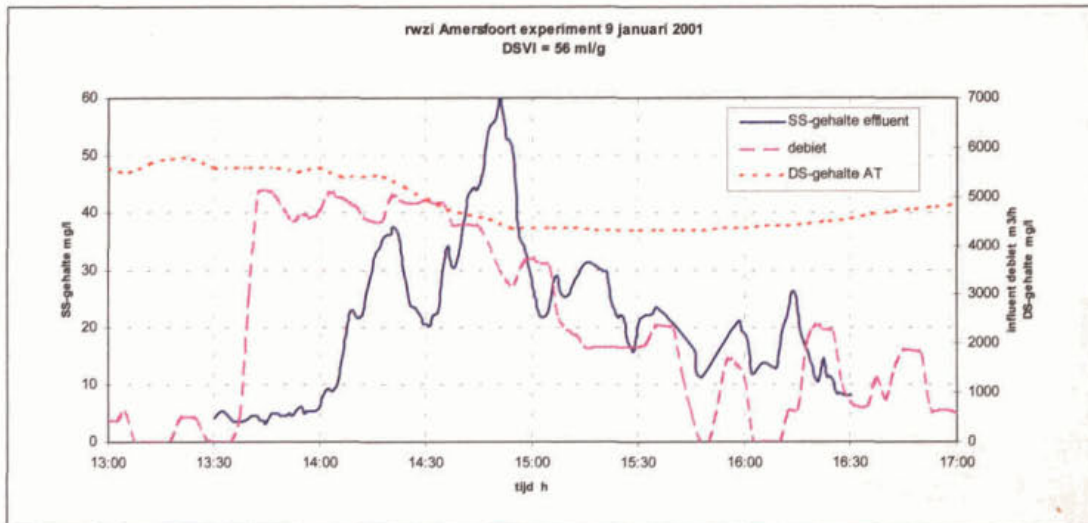
5.4.3 Meetresultaten van de praktijkproef

In januari 2002 is de praktijkproef uitgevoerd waarin een piekbelasting is nagebootst. De uitgevoerde proef op 9 januari 2002 laat zien dat tijdens een piekbelasting de zwevendestofconcentratie in het effluent toeneemt tot 30-80 mg/l. De piekbelasting van 4500-5250 m³/h over het nieuwe deel van de rwzi duurde circa 1 uur. Tot 2 uur na de piekbelasting zijn verhoogde effluentconcentraties gemeten.

Het verloop van de troebelheid in het effluent, het drogestofgehalte in de beluchtingstank en het debiet over het nieuwe deel van de rwzi zijn grafisch weergegeven in afbeelding 23. Al na circa 20 minuten begint de drogestofconcentratie in het effluent te stijgen.

Visueel is waargenomen dat er na 15-20 minuten zwevend stof opwervelt op circa 2/3 van de straal deze wolk zich langzaam uitbreidt in de richting van de overstort, maar ook in de richting van de inlooptrommel.

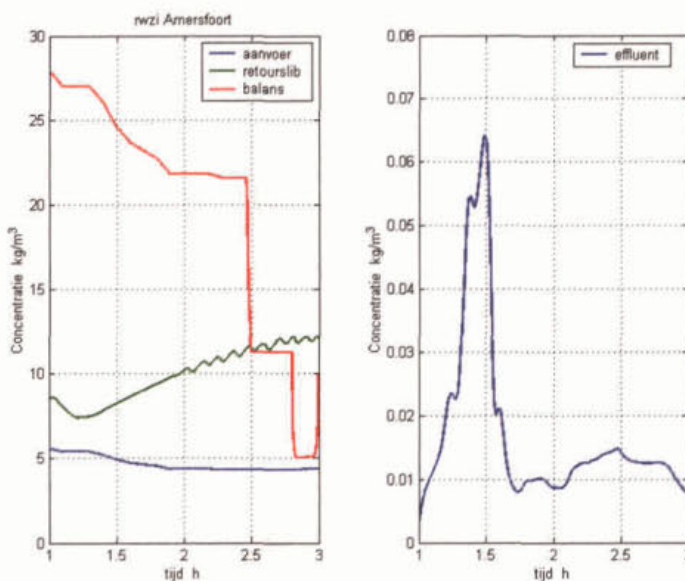
De metingen en waarnemingen tijdens het verloop van de proef laten zien dat bij aanvang van een piekbelasting de slibdeken snel in hoogte toeneemt (met relatief lage concentraties) en er op circa 2/3 van de straal van de nabezinktank wolken zwevendestof ontstaan die na enige tijd leiden tot (ver)hoogde effluentconcentraties. Dit duidt op het ontstaan van een ongunstig (initieel) stromingspatroon waarbij het inkomende actiefslib gaat mengen met bovenstaand water. Een zogenaamde schietstroming, waarbij het actiefslib kortstondig langs de zijwand van de nabezinktank omhoog komt en uitspoelt, is niet waargenomen en kan worden uitgesloten als mogelijke oorzaak.



Afbeelding 23 Verloop van de troebelheid in het effluent, DS-gehalte in de beluchting en het debiet

5.4.4 Simulatieresultaten

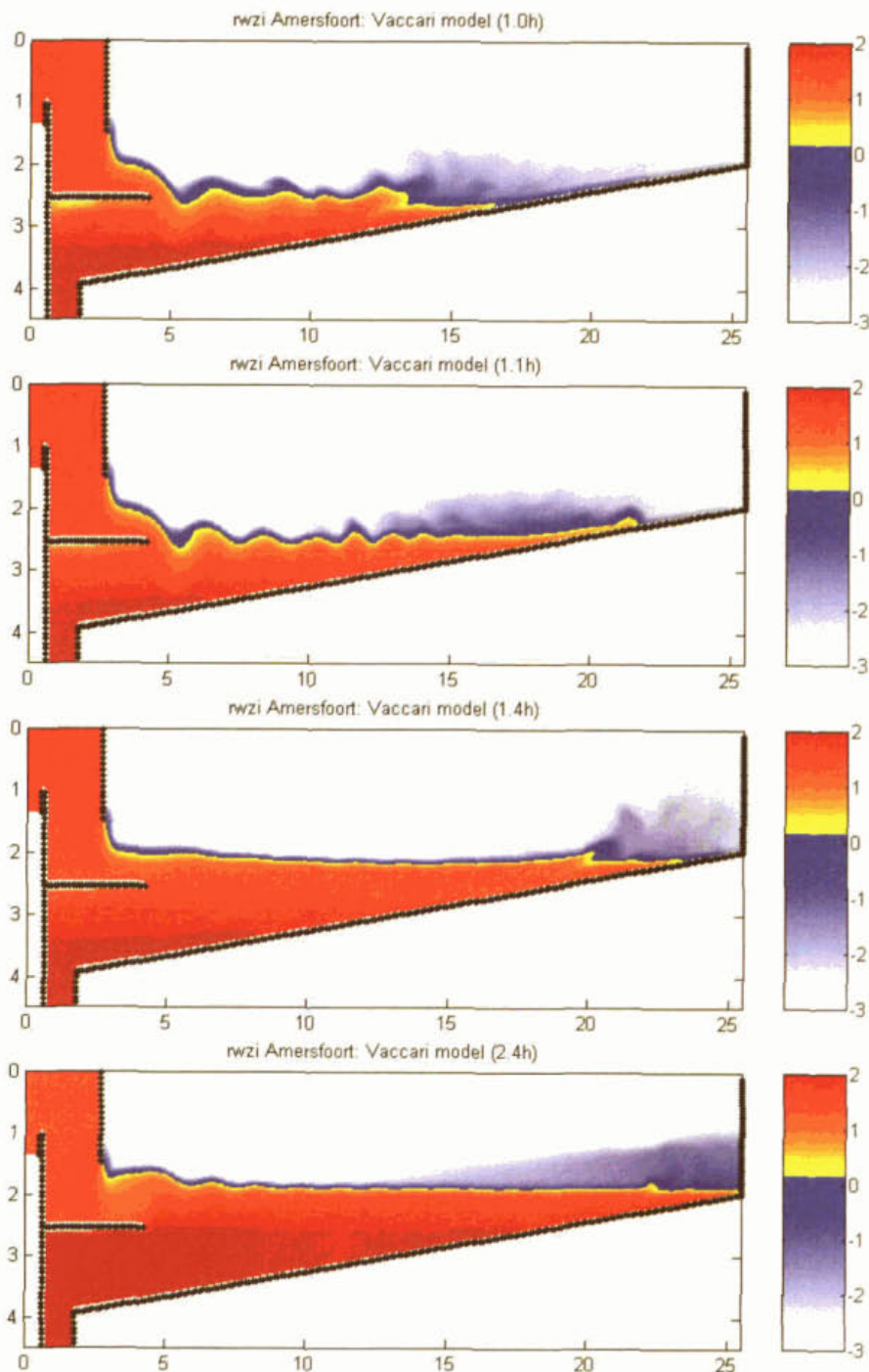
De resultaten van het nabezinktankmodel zijn weergegeven in afbeelding 24. Het verloop van de troebelheid in het effluent (rechts) komt goed overeen met het gemeten verloop (t=1 is begin om 13.30 uur) zoals weergegeven in afbeelding 23.



Afbeelding 24 Simulatie van de praktijkproef op rwzi Amersfoort

De simulaties met het nabezinktankmodel komen trendmatig goed overeen met de waarnemingen. In de praktijk treedt de opwerveling op 2/3 van de straal op met zwevend stof tot aan het oppervlak. Dit duidt erop dat de opwerveling en bezinking van het zwevendstof nog niet voldoende nauwkeurig worden beschreven met de gehanteerde slibparameters voor de niet/slecht bezinkbare fractie. Mogelijk kan dit nog worden verbeterd door na de opbouw van de slibdeken en de massabalans over de nabezinktank meer te focussen op de ongehinderde bezinking van de slecht bezinkbare fractie. Indien echter de vlokstructuur zodanig zwak is dat door opwerveling en/of hoge schuifspanningen veel slecht bezinkbare deeltjes worden gevormd, dan wordt een grens van het nabezinktankmodel bereikt.

In afbeelding 25 zijn voor een viertal momenten de concentratieprofielen weergegeven met het accent op de zwevendstofconcentraties in de waterfase (in plaats van de concentraties in de slibdeken). Dit is gedaan door de berekende concentraties logaritmisch te schalen. Waarden in het bereik 0.001-1.000 kg/m³ zijn afleesbaar op de kleurcodering van -3 (wit) tot 0 (donkerblauw). Te zien is dat de slibdeken direct sterk wordt opgemengd en er veel zwevendstof wordt opgewerveld nabij het punt waar de slibspiegel de tankbodem raakt.



Afbeelding 25 Rwzi Amersfoort: opwerveling van zwevendstof tijdens piekbelasting

5.4.5 Conclusie

De praktijkproef op de rwzi Amersfoort en de metingen aan de slibeigenschappen laten zien dat het actiefslib al sterk wordt opgewerveld bij een hydraulische piekbelasting van 0,77 m/h bij een slibvolumebelasting van 319-190 l/m².h.

De analyse met behulp van het nabezinktankmodel laat zien dat bij een piekbelasting de slibdeken initieel sterk wordt opgemengd en er veel zwevendstof kan worden opgewerveld.

Doordat het slibvolume al relatief laag is, ontstaat er door de menging vermoedelijk een situatie waarbij geen goede gehinderde bezinking meer optreedt en de slecht bezinkbare deeltjes niet meer (in voldoende mate) worden ingevangen. Dit sluit aan bij de algemene praktijkervaring dat bij actief-slib met een zeer lage slibvolume-index zowel bij dwa als bij rwa veel 'fines' kunnen uitspoelen. Bovendien bevat het actiefslib van de rwzi Amersfoort een hoge fractie aan slecht of niet bezinkbare deeltjes, waardoor het ongunstige effect wordt versterkt.

De oorzaak van de regelmatige overschrijding is nog niet met zekerheid vastgesteld. Waarschijnlijk is een ongunstige combinatie van initieel optredende stromingspatronen en de actiefslibeigenschappen de oorzaak van de verhoogde effluentconcentraties.

6 Nabeschuiving

Nabezinktankmodel

Het belangrijkste resultaat van het STOWA-onderzoek is dat het is gelukt om een betrouwbaar nabezinktankmodel te ontwikkelen. Met het nabezinktankmodel is het complexe bezinkingsproces met de door turbulentie en dichtheidsverschillen beïnvloede stromingsprocessen te simuleren. Het model is een krachtig hulpmiddel gebleken bij het verkrijgen van een beter inzicht in de werking van nabezinktanks. De relatie tussen de dimensies van de tank, de slibeigenschappen en de toelaatbare belasting kan worden voorspeld c.q. geanalyseerd. Het effect van een grotere kantdiepte of andere tankdiameter is te bepalen. Ook de vraag 'waarom een deflectieschot soms wel en soms niet helpt' kan nu worden beantwoord. Het primaire belang van een deflectieschot is het voorkomen van kortsluitstromingen tussen inloop en retourlibonttrekking, de exacte vorm van een deflectieschot is van secundair belang.

Bij de ontwikkeling van het nabezinktankmodel heeft het accent gelegen op het betrouwbaar voorspellen van de stromingspatronen en de massabalans over de nabezinktank, d.w.z. de balans tussen aanvoer, opbouw van de slibdeken, slibspiegelhoogte en retourlibonttrekking. De gepresenteerde effluentconcentraties, veroorzaakt door de gehanteerde slecht of niet bezinkbare fractie in het actiefslib, geven slechts een indicatief beeld. Vergelijkenderwijs kunnen hieruit wel trendmatige conclusies worden getrokken (bijvoorbeeld: een groter risico op hoge effluentconcentraties). De aandacht kan zich nu gaan richten op het in absolute zin voorspellen van de effluentconcentraties.

Slibeigenschappen

De bepaling van de slibeigenschappen is een belangrijke stap in het ontwerpproces. Er kan niet meer volstaan worden met alleen de slibvolume-index (DSVI). Ook de gehinderde bezinkings- en slibindikkingseigenschappen moeten worden vastgesteld of worden gemeten.

De metingen aan twee typen slib met een DSVI van 120 ml/g, overeenkomend met de huidige gangbare ontwerpwaarde van de slibvolume-index, laten zien dat de te verwachten variabiliteit van het actiefslib van belang is. Het actiefslib van de rwzi Haaren met de circa 10% lagere bezinksnelheid was beter indikbaar. De invloed hiervan op het ontwerp en de resultaten van het nabezinktankmodel is voor het ontwerp van Amsterdam-West (420 l/m²h) gering, maar kan voor een ontwerp met slibvolumebelasting van 500 l/m².h kritisch worden.

Bij slib met een DSVI kleiner dan 90 ml/g is de richtlijn voor de bovengrens van 500 l/m².h niet bruikbaar en wordt aanbevolen de werkelijke bezinksnelheden te gebruiken.

Slibruiming

Actieve slibruiming naar het centrum van de tank treedt alleen op als de slibspiegel lager is dan de hoogte van het ruimerblad. Bij een hogere slibspiegel beweegt de bladruimer zonder ruimende werking en treedt er alleen een lokaal effect op waarbij de samenhang tussen de indikkende slibvlokken (deels) wordt verbroken. In het nabezinktankmodel wordt de retourlibonttrekking beïnvloed door de slibindikking, de dichtheidsstromingen en kortsluitstromingen. De fase van actieve slibruiming tijdens het legen van een tank wordt niet als zodanig gemodelleerd.

Voorbeelden

De gepresenteerde voorbeelden laten zien dat ontwerpen binnen de bandbreedte van de herziene richtlijn mogelijk is en het nabezinktankmodel gebruikt kan worden om te analyseren of een ontwerp voldoet, de belasting toelaatbaar is of welke aanpassingen / maatregelen effectief zijn.

- Amsterdam-West (nieuwbouw, ontwerp met hoge belasting)
De simulaties met het nabezinktankmodel laten zien dat het ontwerp van de relatief diepe nabezinktanks voldoet. Een slibvolumebelasting van $420 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$ is toelaatbaar bij de gehanteerde slibeigenschappen. Dit is circa 25% hoger dan conform de STORA-richtlijn uit 1981 en in lijn met de herziene richtlijn. Ook de keuze om de deflectieschotten vooralsnog niet te plaatsen wordt onderschreven op basis van de modelberekeningen.
- Aarle-Rixtel (ombouw, ontwerp met lage belasting)
- Na de ombouw van de rwzi Aarle-Rixtel worden de relatief ondiepe nabezinktanks zodanig belast dat toepassing van een deflectieschot niet effectief is. Door het stromingspatroon dat ontstaat, is er kans op hoge effluentconcentraties. Aanpassingen aan de inloopconfiguratie en de effluentonttrekking blijken effectief te zijn om dit risico te verminderen.
- Amersfoort (bestaand, analyse piekbelasting)
De analyse met behulp van het nabezinktankmodel laat zien dat bij een piekbelasting de slibdeken initieel sterk wordt opgemengd en er veel zwevendstof kan worden opgewerveld. De oorzaak van de regelmatige overschrijding is nog niet met zekerheid vastgesteld. Waarschijnlijk is een ongunstige combinatie van initieel optredende stromingspatronen en de actiefslibeigenschappen de oorzaak van de verhoogde effluentconcentraties.

7 ontwerpkeuzediagram en vuistregels

7.1 Herziene richtlijn

De herziene ontwerprichtlijn voor de toelaatbare slibvolumebelasting geeft een bandbreedte waarbinnen nabezinktanks ontworpen kunnen worden. De ondergrens is de STORA-richtlijn uit 1981. De ondergrens is geldig voor ondiepe tanks met een beperkte diameter, die relatief laag belast worden ($300-400 \text{ l/m}^2\text{h}$). De bovengrens is de maximale gehinderde bezinksnelheid van het actiefslib (zie afbeelding 3). De bovengrens is geldig voor zeer diepe tanks met een hoge retourslibverhouding, die hoog belast kunnen worden ($500 \text{ l/m}^2\text{h}$). De bandbreedte tussen de STORA ondergrens en de $500 \text{ l/m}^2\text{h}$ bovengrens is een nog onontgonnen gebied.

De STORA-richtlijn kan nog worden toegepast voor nabezinktanks met een diameter tot 40 m en een kantdiepte tot 2,0 m. Voor nabezinktanks met een grotere diameter (50-60 m) en een geringe kantdiepte (2,0-2,5 m) geldt dat dergelijke ontwerpen veelal hydraulisch beperkt zijn door de toenemende invloed van de 2-dimensionale stromingspatronen. Voor dergelijke tanks is aangetoond dat het toepassen van een deflectieschot een zeer effectieve maatregel is. Hierdoor kan de ontwerpbelasting worden gehaald en zelfs toenemen van 300 tot circa $400 \text{ l/m}^2\text{h}$. Indien slibindikking de maatgevende factor is en er een relatief lage oppervlaktebelasting wordt toegepast, of als de nabezinktank voldoende diep is, is het effect van een deflectieschot verwaarloosbaar.

Suboptimale ontwerpen

De vigerende praktijkrichtlijnen - STORA-1981, ATV-2001 en EPA – leiden in principe tot suboptimale ontwerpen waarbij niet met alle ontwerpaspecten rekening is gehouden. Deze richtlijnen worden hier verder niet beschreven. Binnen hun geldigheidsgebied voldoen deze standaardontwerpen, maar kunnen overgedimensioneerd zijn (te laag belast of te diep). Extrapolaties voor nieuwe ontwerpen zijn risicovol en de invloed van constructieve maatregelen is eigenlijk niet te beoordelen.

Ontwerpen volgens de Duitse ATV-richtlijn lijken hoger belast te mogen worden met een toelaatbare slibvolumebelasting van $450-500 \text{ l/m}^2\text{h}$. Maar dit leidt tot een oppervlaktebelasting die vergelijkbaar is met de STORA-richtlijn, omdat bij de ATV-berekening moet worden uitgegaan van de dwa-concentratie en niet van de lagere rwa-concentratie. Bij een vergelijkbare oppervlaktebelasting zijn de nabezinktanks aanzienlijk dieper met een kantdiepte van 2,5-4,5 m. De Amerikaanse EPA-richtlijnen zijn gebaseerd op de solids-flux theorie (alleen bezinking) met een expliciete invloed van het retourslibdebiet. Dit leidt tot tanks met een hoge oppervlaktebelasting van 1,7-2,0 m/h. De kantdiepte van de tank wordt niet berekend. De aanbevelingen voor de kantdiepte variëren van 3,5 tot 6 m, afhankelijk van het type actiefslib en de diameter van de tank.

7.2 Ontwerpprocedure met het nabezinktankmodel

De bandbreedte aan mogelijke ontwerpen en de daarbij behorende toelaatbare belastingen houden verband met de complexe interacties tussen de dimensies van de tank, de stromingspatronen en de opbouw van de slibdeken. De keuzevrijheden bij het ontwerp van een nabezinktank zijn sterk toegenomen zodat er geen eenduidige procedure meer is te geven voor de dimensionering van een ronde nabezinktank. De procedure om te komen tot een ontwerp van een nabezinktank of de toelaatbare belasting kan wel inzichtelijk worden gemaakt. Hiertoe is een keuzediagram opgesteld (afbeelding 26).

Hierbij dienen de volgende stappen te worden gevolgd:

- ontwerpbelasting vaststellen; beslissen om te optimaliseren
- slibeigenschappen bepalen
- ontwerp optimaliseren of toelaatbare belasting bepalen
- dimensionering van de nabezinktank

Keuze wel/niet optimaliseren

Bij nieuwbouw zijn hoogbelaste nabezinktanks gewenst, tenzij er beperkende randvoorwaarden gelden. Bij uitbreiding of ombouw van een rwzi is een toename van de toelaatbare belasting van de bestaande nabezinktanks een aantrekkelijke optie. Grofweg zijn er bij het ontwerp van een nabezinktank drie gebieden te onderscheiden:

- een bekend gebied: ondiepe tanks met $\varnothing < 40$ m; ondergrens slibvolumebelasting;
- een grijs gebied: tanks met $40 < \varnothing < 50$ m en een slibvolumebelasting tot $400 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$;
- een te ontginnen gebied: tanks met $\varnothing > 50$ m of een slibvolumebelasting van $400\text{-}500 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$.

Indien volstaan kan worden met een ontwerp in het bekende gebied, kan de STORA-richtlijn worden toegepast. In het grijze gebied kan gekozen worden voor het kopiëren van een ontwerp dat in de praktijk voldoet bij een identieke belasting, b.v. een rwzi uitbreiding met één straat. Voor alle andere ontwerpen is toepassing van het nabezinktankmodel noodzakelijk om te komen tot een geoptimaliseerd ontwerp. Pas nadat er voldoende ervaring is opgedaan met de optimalisatie van hoger belaste nabezinktanks en er meer metingen aan de slibeigenschappen beschikbaar zijn, kan een ontwerp weer worden afgeleid door tussen twee ontwerpen en de bijbehorende belastingen te interpoleren.

Optimalisatie mogelijkheden

Optimalisatie is gewenst bij een nieuw ontwerp of bij gewijzigde omstandigheden voor een bestaande tank. De optimalisatiemogelijkheden bij toepassing van het nabezinktankmodel zijn nader uitgewerkt in afbeelding 27. Hierbij zijn alleen voor de kenmerkende problemen de oplossingsrichtingen aangegeven, concrete waarden zijn echter te veel afhankelijk van het specifieke ontwerp en ontwerpbelasting.

Bij slibverlies door een te hoge slibspiegel ontstaat geen evenwicht bij langdurige belasting of kan er onvoldoende slib worden gebufferd bij een kortdurende piekbelasting. Bij een onvoldoende effluentconcentratie (eisen aan stikstof, fosfaat en vooral zwevendstof) zijn de oplossingsrichtingen: meer slibbuffering mogelijk maken of het risico op hoge concentraties verminderen.

Bij de optimalisatie moet verder rekening worden gehouden met de bouwkundige randvoorwaarden voor het ruimtebeslag en de grondwaterspiegel. Daarnaast kan in de praktijk nog een aantal aspecten een rol spelen:

- vermijden van ongehinderde bezinking. Bij een slibvolume van $200\text{-}250 \text{ ml/l}$ kan door lokale menging met bovenstaand water ongehinderde bezinking optreden met hoge zwevendstofgehalten tot gevolg;
- windinvloeden. Deze zijn (nog) niet met het nabezinktankmodel te bepalen. Hierbij is vooral van belang een voldoende overstorthoogte bij dwa;
- vervuiling. Bij toepassing van een deflectieschot dient onderhoud of periodieke reiniging mogelijk te zijn. Dit afhankelijk van de verontreinigingen en de vorm van het schot.

7.3 Vuistregels bij het ontwerp

Om de optimalisatie met het nabezinktankmodel te ondersteunen worden enkele vuistregels gegeven. Deze vuistregels zijn indicatief en dienen uitsluitend om inschattingen te maken.

1 Slibvolumebelasting en kantdiepte

Op basis van de in het onderzoek opgedane ervaring en de uitgevoerde analyses met het nabezinktankmodel wordt de onderstaande grove onderverdeling gegeven. Deze geldt voor tanks met een diameter van 30-50 m en lage of hoge oppervlaktebelasting. De indeling is alleen richtinggevend, want de werkelijke belasting is te sterk afhankelijk van de configuratie (inloop, met/zonder deflectieschot), tankdiameter, oppervlaktebelasting, slibeigenschappen en slibbuffering in de nabezinktank.

- Kantdiepte van 1,5-2,5 m bij een slibvolumebelasting 300 l/m².h
- Kantdiepte van 2,0-3,5 m bij een slibvolumebelasting 400 l/m².h
- Kantdiepte van 2,5-4,5 m bij een slibvolumebelasting 500 l/m².h

2 Diameter en kantdiepte

De kantdiepte is mede afhankelijk van de tankdiameter (D) en kan bij een slibvolumebelasting van 300 l/m².h worden ingeschat als 0,05 D. Afhankelijk van de gewenste buffering in de nabezinktank en de oppervlaktebelasting moet de kantdiepte worden vergroot of een deflectieschot worden toegepast.

3 Retourslib

Afhankelijk van het type actiefslib kan een maximale retourslibconcentratie worden bereikt. Daaraan gekoppeld is de minimale retourslibverhouding om een evenwicht te kunnen bereiken (tabel 7). De maximale retourslibconcentratie kan voor actiefslib met een DSVI van 90-150 ml/g worden ingeschat met $C_{rs,max} = 1200/DSVI$. Aanbevolen wordt voor de retourslibcapaciteit uit te gaan van de minimum waarde 'met veilige marge'. De waarden bij een ongebruikelijk hoog slibvolume c.q. slibconcentratie zijn cursief weergegeven.

DSVI ml/g	Crs,max kg/m ³	slibvolume ml/l					
		200	300	400	500	600	700
150	8	0,20	0,33	0,50	0,71	1,00	1,40
120	10	0,20	0,33	0,50	0,71	1,00	1,40
90	13	0,21	0,34	0,52	0,75	1,05	1,49
60	18	0,23	0,38	0,59	0,86	1,25	1,84
met veilige marge							
150	6	0,29	0,50	0,80	1,25	2,00	3,50
120	7,5	0,29	0,50	0,80	1,25	2,00	3,50
90	10	0,29	0,50	0,80	1,25	2,00	3,50
60	14	0,31	0,56	0,91	1,47	2,50	5,00

Tabel 7 Maximale retourslibconcentratie en minimale retourslibverhouding. Boven: reële inschatting. Onder: aanbevolen inschatting. De waarden bij een ongebruikelijk hoog slibvolume zijn cursief weergegeven.

4 Slibbuffering

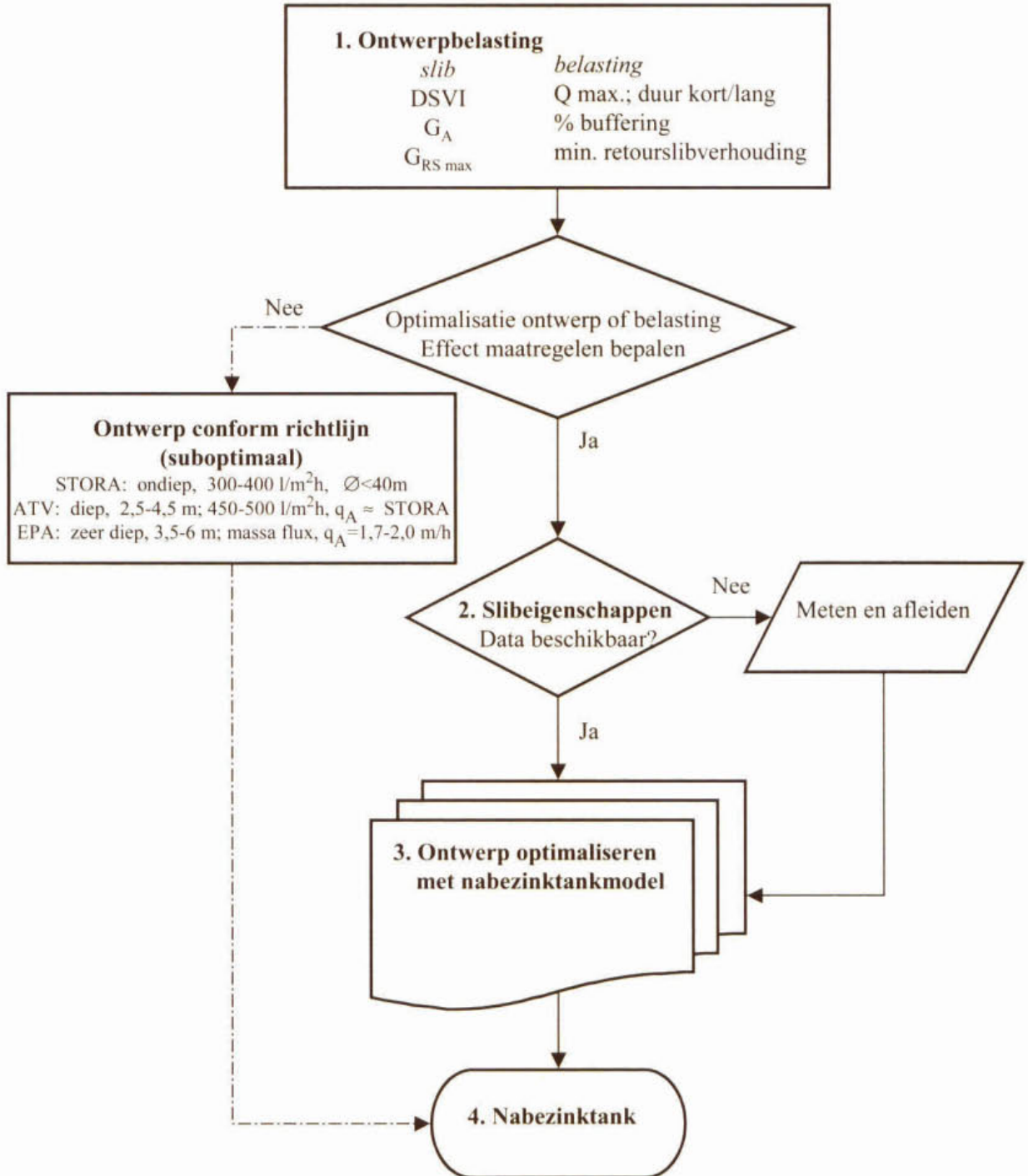
De bufferconcentratie bij de opbouw van een hoge slibdeken ligt tussen de 3-6 kg/m³. Voor actiefslib met een DSVI van 90-150 ml/g kan de waarde worden ingeschat met $C_{buffer} = 480/DSVI$ of ongeveer 0,4 maal de maximale retourslibconcentratie.

5 Afstand van de slibspiegel tot aan de overstortrand

Voor de afstand tot aan de overstortrand dient minimaal 1,0 m aangehouden te worden. Om het risico op hoge effluentconcentraties te vermijden is 1,5 m een redelijke inschatting.

6 Deflectieschot

Toepassing van een deflectieschot kan een effectieve maatregel zijn bij een oppervlaktebelasting van $> 0,7$ m/h en bij tanks met een diameter > 40 m. De benodigde afstand tussen het deflectieschot en de bodem van de tank is afhankelijk van het retourslibdebiet. Indicatief kan hiervoor 0,7-1,0 m worden aangehouden.



Afbeelding 26 Keuzediagram deel 1: procedure voor het ontwerp van een nabezinktank

3. Ontwerp optimaliseren met nabezinktankmodel

- Doel optimalisatie
 - Nieuw gehele ontwerp
 - Bestaand maatregelen en toelaatbare belasting
- Initieel ontwerp
 - Nieuw vuistregels
 - Bestaand bestaand + maatregelen

Optimalisatie mogelijkheden bij:

- Slibverlies of optreden kortsluitstroming
 - dieper of hogere retourslibverhouding
 - deflectieschot
 - kleinere diameter en meer tanks
- Onvoldoende effluentkwaliteit
 - meer buffering: dieper, lager slibvolume
 - risico op hoge concentraties:
 - inloopconstructie (met lagere snelheden)
 - effluentonttrekking (gelijkmatiger)
 - minder bufferen of dieper

•Randvoorwaarden:

- Hoge grondwaterspiegel
 - minder diep en lagere q_A
 - kleinere diameter en meer tanks
- Ruimtebeslag
 - dieper en hoger belast
 - deflectieschot
- Bouwkundige zaken

Afbeelding 27 Keuzediagram deel 2: optimalisatie met het nabezinktankmodel

8 Referenties

Lakehal, D. (1997), Numerical Modelling of Buoyant Flows and Particle Settling in Secondary Clarifiers. IfH Report No. 738, Univ. Karlsruhe, 1997.

- STORA (1981). *Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces*, Rijswijk, 1981
- Literatuur, 64 pp;
- Ronde nabezinktanks (Ontwerpgegevens en bedrijfservaring), 85 pp; (Ruimer- en inloopconstructies) 85 pp;
- Rechthoekige nabezinktanks (Inventarisatie en praktijkonderzoek), 109 pp;

STOWA-2002-21. Optimalisatie van ronde nabezinktanks – Ontwikkeling van het nabezinktankmodel en evaluatie van de STORA-ontwerprichtlijnen. Utrecht, 2002.

Bijlage 1 Metingen van de slibeigenschappen

Benodigdheden

Bij de metingen aan de slibeigenschappen dient gebruik gemaakt te worden van een kolom met een hoogte van 2,0-2,5 m, een diameter van 0,25-0,40 m. De kolom dient voorzien te zijn van circa 20 aftappunten voor de monsternamen. Deze worden telkens 90-graden verschoven ten opzichte van elkaar aangebracht op tussenafstanden van 0,05 m over de onderste 0,50 m, op 0,10 m tussenafstand tot aan 1,00 m en op 0,20 m tussenafstand daarboven.

De gerapporteerde experimenten zijn uitgevoerd in een 2,5 m hoge perspex kolom met een diameter van 0,384 m (zie bijlage 4, STOWA-2002-21). Ten behoeve van de slibindikkings-experimenten is deze kolom uitgevoerd met een slibtoevoerleiding, een retourslibpomp, een effluentoverstortgoot en een slibruimer. De opstelling is voorzien van een slibtoevoerpomp en een effluenttoevoerpomp. Met een roerder (en de slibpomp) wordt de kolom inhoud gehomogeniseerd. De aanvoer vindt plaats in het centrum van de kolom op circa 1,2 m boven de bodem. De retourslibonttrekking vindt plaats in het midden van de bodem. De langzaam draaiende ruimer voorkomt het ontstaan van dode zones waardoor een goede bemonstering van de concentraties in de slibdeken mogelijk is.

Via 22 aftapkraantjes verdeeld over de gehele hoogte wordt de kolom bemonsterd. In de slibdeken is het benodigde monstervolume 25-50 ml, boven de slibspiegel is het monstervolume circa 100-200 ml. Van het effluent wordt monstervolume van 1000 ml genomen om een nauwkeurig(er) bepaling van het zwevendstofgehalte uit te kunnen voeren. Het retourslib wordt bemonsterd na een retourslibpomp met behulp van een twee-weg-kraan. Dit om respectievelijk een gelijkmatige slibonttrekking te waarborgen en een betrouwbaar mengmonster te kunnen nemen.

Bij het uitvoeren van metingen aan de slibeigenschappen is van belang om de actuele waarde van de DSVI en concentratie in de beluchtingstank te kennen. Dit om de proeven zo goed mogelijk in te stellen wat betreft de concentratie of de slibvolumebelasting.

Meting gehinderde bezinksnelheid (stap 2A)

Ten behoeve van de modellering dient de relatie tussen het slibgehalte en de gehinderde bezinksnelheid van het slib te worden bepaald. Hiertoe wordt bij verschillende slibgehalten een gehinderde bezinkproef uitgevoerd. Deze proef dient minimaal bij de volgende drie slibgehalten te worden uitgevoerd:

- het slibgehalte in de beluchtingstank bij DWA (conform ontwerp);
- het slibgehalte in de beluchtingstank bij RWA, uitgaande van het percentage buffering;
- het retourslibgehalte.

Veelal komt dit neer op het uitvoeren van metingen bij concentraties van circa 3, 4, 6, 9 en eventueel 12 kg/m³. De juiste concentraties kunnen worden verkregen door verdunning met effluent. Als retourslib niet eenvoudig voorhanden is, kan dit ook gebeuren door bezinking, aftappen van het bovenstaande water, aanvulling met slib en grondig mengen.

Tijdens een gehinderde-bezinkingsproef wordt een bezinkkolom gevuld met slib met de gewenste concentratie en vervolgens het niveau van de slibdeken in de tijd gemeten. De gehinderde bezinksnelheid is gedefinieerd als de maximale snelheid waarmee de slibdeken daalt. De snelheid waarmee de slibdeken daalt (en de wijze waarop) is afhankelijk van het slibgehalte en de SVI (zie paragraaf 4.3 in het hoofdrapport).

De opzet van een gehinderde bezinkproef is als volgt:

- 1) Voorbereidingen
 - vullen van de bezinkkolom: gebruik hiervoor slib uit de beluchtingstank of retourslib, en verdun indien nodig met effluent;
 - meng de inhoud van de kolom m.b.v. een compressor of een mechanische menger;
 - neem een aantal monsters (3-6) op verschillende hoogtes in de kolom, om de beginconcentratie en de uniformiteit te bepalen.
- 2) Bezinkproef
 - schakel de menging uit;
 - noteer de slibdekenhoogte in de tijd (gedurende 2 uur om de 2 minuten of 1 uur om de minuut afhankelijk van de concentratie)
 - bemonster de slibdeken om de maximale concentratie te bepalen
- 3) Uitwerking (zie afbeelding 5)
 - zet de slibdekenhoogte uit tegen de tijd;
 - bereken de bezinksnelheid op elk tijdstip en zet deze uit tegen de tijd;
 - bepaal de maximale bezinksnelheid.

Bijgevoegd in deze bijlage is een voorbeeld van een bezinkexperiment op de rwzi Huizen.

Meting slibindikking (stap 2B)

De uitvoering van een slibindikkingsproef is als volgt:

- 1) Voorbereidingen
 - vullen van de kolom met slib (concentratie G_A);
 - afstellen van de influentpomp en de retourslibpomp op het gewenste debiet;
 - afstellen van het ruimerblad op de gewenste snelheid.
- 2) Overbelasting (slibvolumebelasting $G_A \times DSVI \times q_A > 500 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$)
- 3) de proef over nacht laten draaien;
 - 's ochtends de slibdeken over de gehele kolom bemonsteren.
- 4) Kritische belasting (slibvolumebelasting $G_A \times DSVI \times q_A$ van ca. $400 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$)
 - afstellen van de influentpomp en de retourslibpomp op het gewenste debiet;
 - daling van de slibdeken volgen in de tijd;
 - aan het eind van de dag de slibdeken over de gehele kolom bemonsteren.
- 4) Uitwerking van de metingen
 - uitzetten van het slibgehalte tegen de kolomhoogte voor beide bemonsteringen (zie afbeelding 6);
 - uitzetten van de slibdekenhoogte tegen de tijd voor de kritische belasting.

Bijgevoegd in deze bijlage is een voorbeeld van een slibindikkingsexperiment op de rwzi Haaren. De slibspiegeldaling is weergegeven in de hoofdtypekst bij het voorbeeld Aarle-Rixtel.

rwzi	DSVI ml/g	G _A g/l	G _{rs} g/l	q _A m/h	R -	VSV ml/l	VSA l/m ² h	massaflux kg/m ² h
Amersfoort	67	4,8	13	1,76	0,50	322	566	12,7
	67	4,8	13	1,16	0,52	322	373	8,5
Haaren	100	4,1	12	1,26	0,54	410	517	8,0
	100	4,1	12	1,04	0,50	410	426	6,4
Huizen	107	3,3	13	1,87	0,41	353	660	8,7
	107	3,3	13	1,24	0,73	353	438	7,1
Nieuwveer	90	3,9	14	1,64	0,27	351	576	8,1
	90	3,2	13	1,48	0,42	288	426	6,7

Overzicht uitgevoerde slibindikkingsproeven: de slibvolumebelasting VSA bij overbelasting is rood weergegeven (waarden > 500 l/m²·h)

BATCH-EXPERIMENTEN (GEHINDERD)

STOWA - Optimalisatie nabezinktanks

J8349-10-043

datum:	21-feb-02	file:	Batch ingedikt AT-slib
uitvoerder:	AGB/JV	lokatie:	rwzi Huizen

Beschrijving experiment (instellingen)

hoogte kolom	2,31	m	slibvolume-index	117	ml/g
Volume kolom	268	l	droge-stofgehalte	5,0	g/l
Hoeveelheid slib	393	l	slibvolume-fractie	0,59	-
Hoeveelheid effluent	0	l	Temperatuur		°C

Meting bezinksnelheid

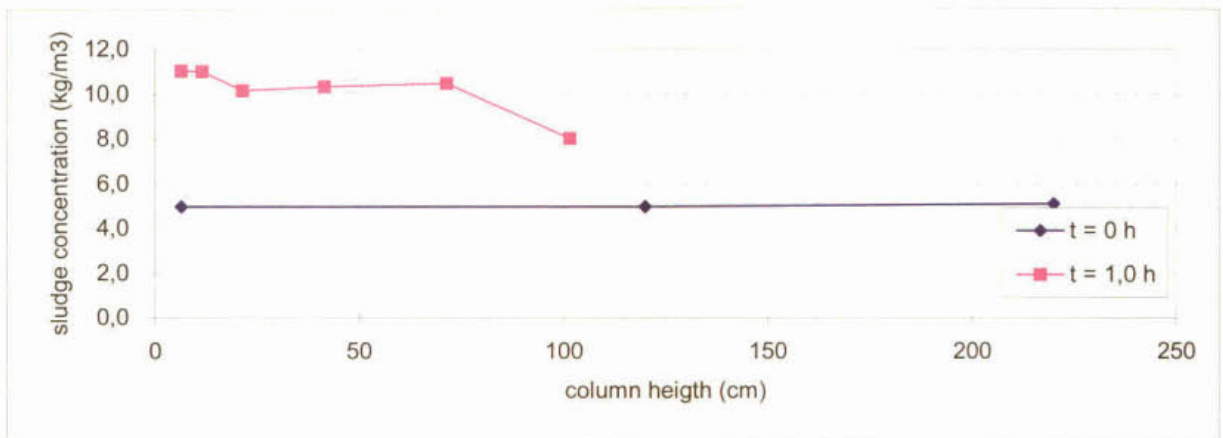
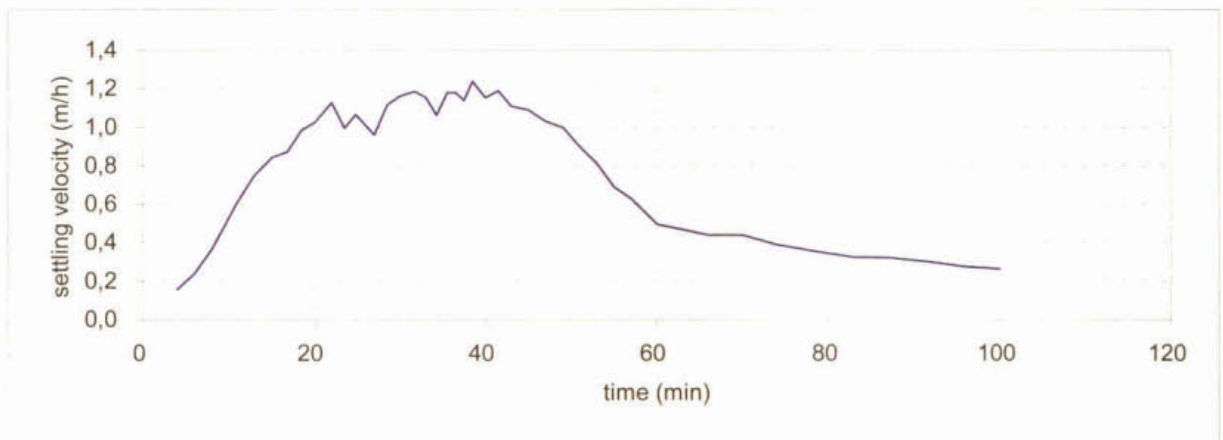
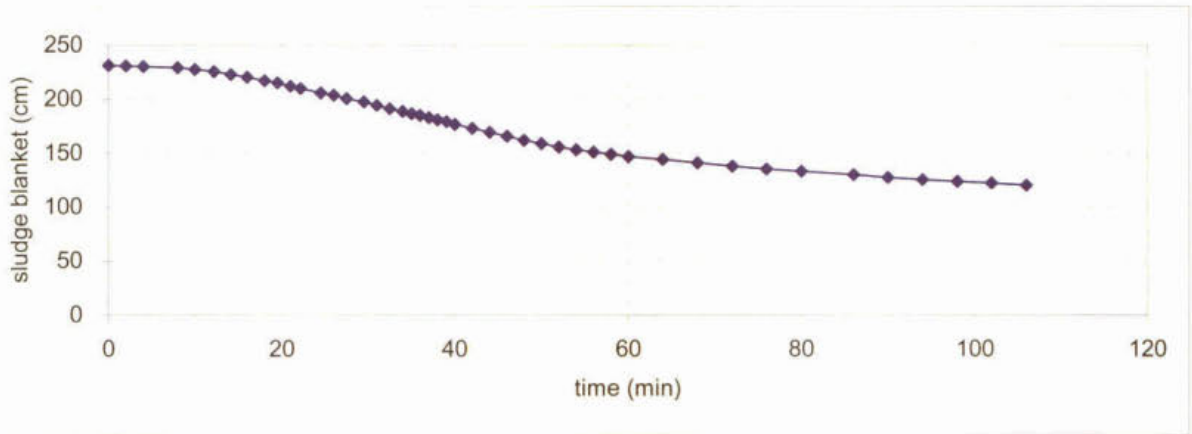
Tijd [minuten]	Slibdeken [cm]	Tijd [minuten]	Slibdeken [cm]	Tijd [minuten]	Slibdeken [cm]
0,0	231,1	31,0	194,2	56,0	150,6
2,0	230,7	32,5	190,8	58,0	148,5
4,0	230,3	34,0	188,6	60,0	146,7
8,0	229,0	35,0	186,5	64,0	142,9
10,0	227,5	36,0	184,6	68,0	139,6
12,2	225,3	37,0	182,7	72,0	136,8
14,1	222,7	38,0	180,6	76,0	134,1
16,0	220,0	39,0	178,9	80,0	131,8
18,0	217,1	40,0	176,5	86,0	128,6
19,5	214,9	42,0	172,9	90,0	126,5
21,0	211,8	44,0	169,0	94,0	124,3
22,2	210,0	46,0	165,4	98,0	122,6
24,5	205,5	48,0	162,0	102,0	121,0
26,0	203,5	50,0	158,7	106,0	119,0
27,5	200,5	52,0	155,4		
29,5	197,5	54,0	153,0		

Slibvolume-index

Monsterpunt	Slib [ml]	Effluent [ml]	Volume na 0.5 h [ml]	Volume na 2 h [ml]	SVI [ml/g]
AT 1, 10.00 uur	700	300	275	0	118,1
AT 2, 10.00 uur	700	300	275	0	115,0
Multi-box, 14.00 uur	0	0	0	0	#N/A
	0	0	0	0	#N/A

Droge-stofgehalte

Monsterpunt	Kolomhoogte [cm]	Filter [gram]	Filter gedroogd [gram]	Monstervolume [ml]	Slibgehalte [g/l]
AT 1, 10.00 uur		1,0452	1,2115	50,0	3,33
AT 2, 10.00 uur		1,0394	1,2102	50,0	3,42
Multi-box, 14.00 uur		0,0000	0,0000	0,0	#N/A
		0,0000	0,0000	0,0	#N/A
begin experiment (t = 0)					
5	6,5	1,0479	1,2467	40,0	4,97
120	120	1,0508	1,2699	44,0	4,98
220	220	1,0689	1,3090	47,0	5,11
240	240	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
240	240	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
240	240	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
midden experiment (t = 1,0)					
5	6,5	1,0590	1,4893	39,0	11,03
10	11,5	1,0582	1,5095	41,0	11,01
20	21,5	1,0654	1,4969	42,5	10,15
40	41,5	1,0621	1,5067	43,0	10,34
70	71,5	1,0679	1,5035	41,5	10,50
100	101,5	1,0694	1,4189	43,5	8,03
120	120	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
120	120	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
120	120	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A



Gehinderde bezinkingsproef op de rwzi Huizen (stap 2A). Boven: de slijbspiegeldaling. Midden: de snelheid van de slijbspiegeldaling met een maximum van 1,15 m/h. Onder: de gemeten concentraties met op t=0 aanvang concentratie (5,0 kg/m³) en homogeniteit en op t=1 maximum concentratie (11 kg/m³)

CONTINUOUS EXPERIMENTS - SLUDGE THICKENING

STOWA - Optimisation secondary clarifiers

J8349-10-050

date:	20-mrt-02	file:	Indikkingsproef
operator(s):	AGB	location	rwzi Haaren

Instellingen: Overbelasting Onderbelasting : Onderbelasting 2

column height	2,420	2,420		m
inflow height	1,300	1,300		m
sludge blanket level	2,420	1,792		m
surface loading	1,26	1,04		m ³ /(m ² .h)
return sludge ratio	0,54	0,50		-
sludge volume index	100	100		ml/g
sludge concentration	4,1	4,1		g/l
sludge volume fractior	0,41	0,41		-
sludge volume load	513	421		l/(m ² .h)
scraper velocity	0,68	0,68		rpm

BEMONSTERING OVERBELASTING

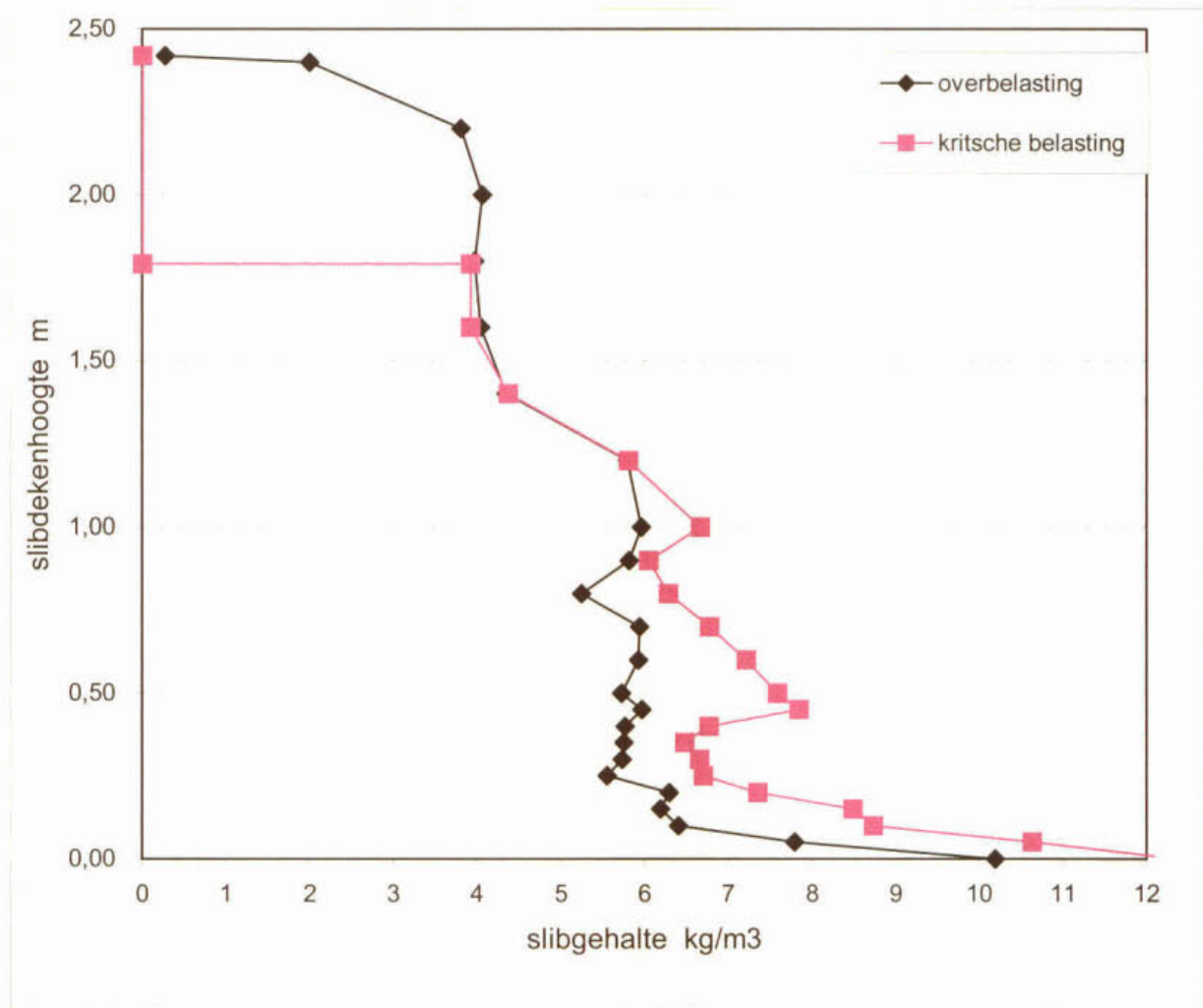
(9.00 uur)

Monsterpunt	Kolomhoogte [cm]	Filter [gram]	Filter gedroogd [gram]	Monstervolume [ml]	Siibgehalte [g/l]
RETOURSLIB	0,0	1,1316	1,3864	25	10,19
5	5,0	1,1194	1,3142	25	7,79
10	10,0	1,1164	1,2766	25	6,41
15	15,0	1,1163	1,2712	25	6,20
20	20,0	1,1084	1,4234	50	6,30
25	25,0	1,1210	1,2599	25	5,56
30	30,0	1,1222	1,4091	50	5,74
35	35,0	1,1200	1,2639	25	5,76
40	40,0	1,1177	1,2619	25	5,77
45	45,0	1,1027	1,4014	50	5,97
50	50,0	1,1204	1,2637	25	5,73
60	60,0	1,1065	1,4029	50	5,93
70	70,0	1,0948	1,3920	50	5,94
80	80,0	1,1206	1,2519	25	5,25
90	90,0	1,1274	1,4185	50	5,82
100	100,0	1,1253	1,4235	50	5,96
120	120,0	1,1197	1,4097	50	5,80
140	140,0	1,1140	1,3316	50	4,35
160	160,0	1,1118	1,5167	100	4,05
180	180,0	1,1118	1,3106	50	3,98
200	200,0	1,1314	1,3349	50	4,07
220	220,0	1,1191	1,5004	100	3,81
240	240,0	1,1099	1,3100	100	2,00
EFFLUENT	242,0	1,1144	1,1700	200	0,28

BEMONSTERING ONDERBELASTING 1

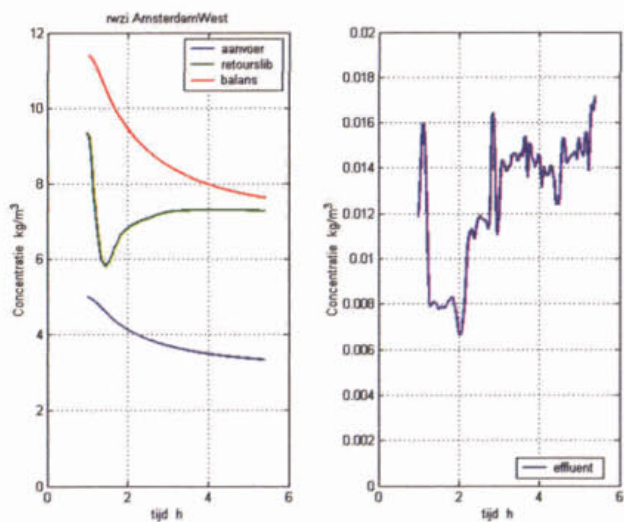
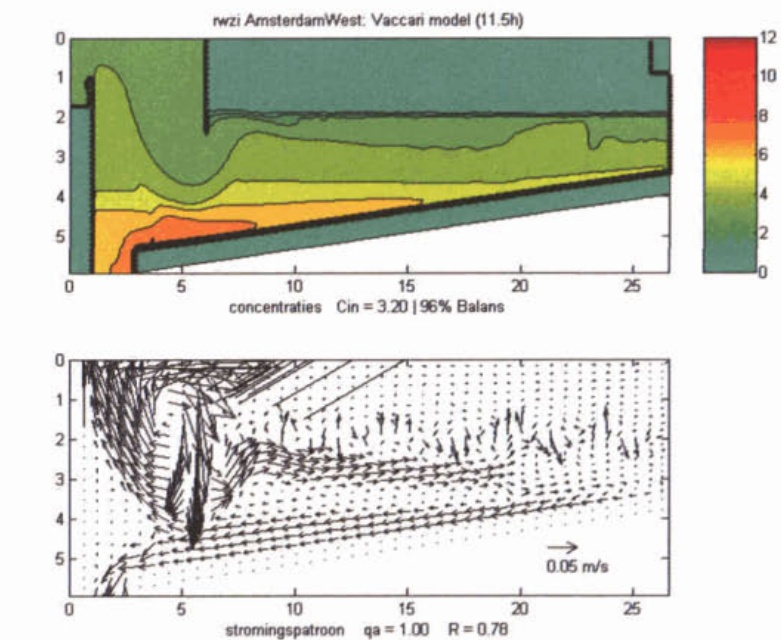
(15.00 uur)

Monsterpunt	Kolomhoogte [cm]	Filter [gram]	Filter gedroogd [gram]	Monstervolume [ml]	Siibgehalte [g/l]
RETOURSLIB	0,0	1,1010	1,4108	25	12,39
5	5,0	1,1063	1,3722	25	10,64
10	10,0	1,1040	1,3225	25	8,74
15	15,0	1,1136	1,3259	25	8,49
20	20,0	1,1156	1,2996	25	7,36
25	25,0	1,1283	1,2960	25	6,71
30	30,0	1,1234	1,2900	25	6,66
35	35,0	1,1105	1,2727	25	6,49
40	40,0	1,1252	1,2946	25	6,78
45	45,0	1,1138	1,3100	25	7,85
50	50,0	1,1137	1,3035	25	7,59
60	60,0	1,1139	1,2943	25	7,22
70	70,0	1,1178	1,2873	25	6,78
80	80,0	1,1236	1,2809	25	6,29
90	90,0	1,1230	1,2744	25	6,06
100	100,0	1,1140	1,4476	50	6,67
120	120,0	1,1314	1,4219	50	5,81
140	140,0	1,1199	1,3389	50	4,38
160	160,0	1,1284	1,3247	50	3,93
180	180,0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
200	200,0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
220	220,0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
240	240,0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
EFFLUENT	242,0	1,1128	1,1191	1000	0,006



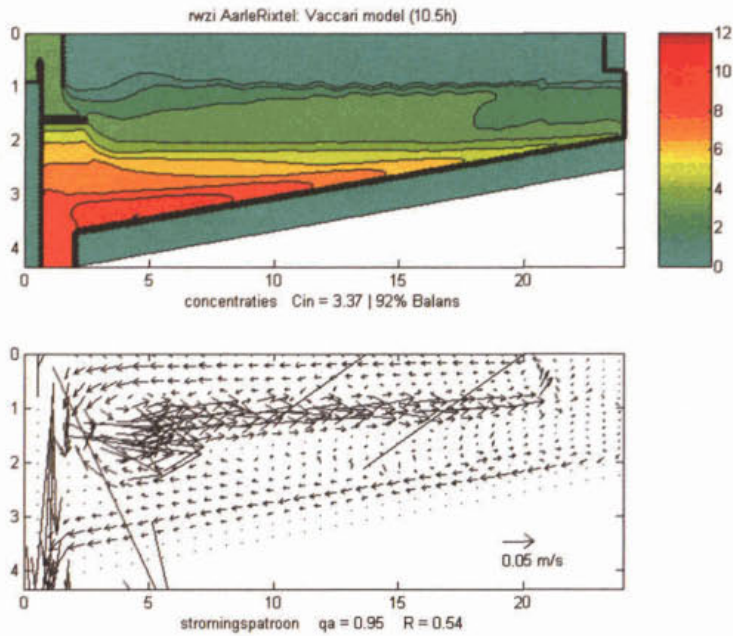
Slibdikkingsproef op rwzi Haaren: gemeten concentratieprofielen bij overbelasting en kritische belasting

Bijlage 2 Modelberekeningen van de rwzi Amsterdam-West

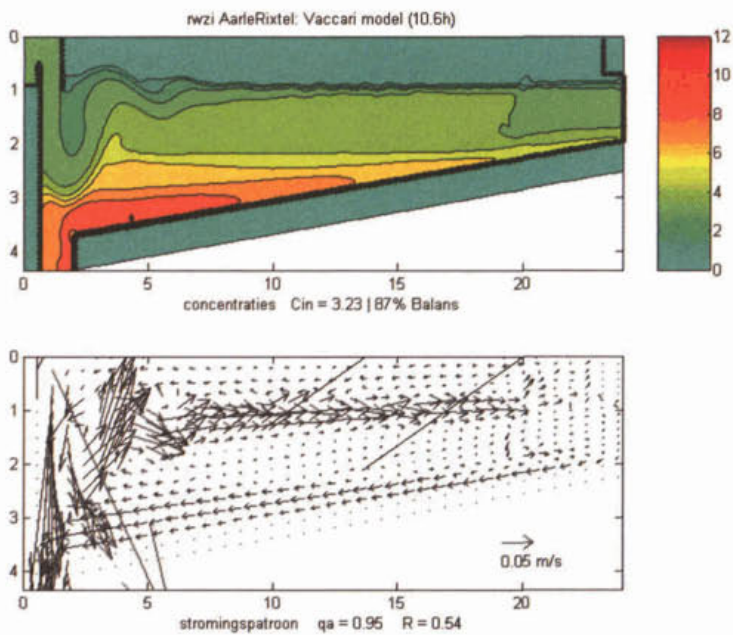


Amsterdam-West: simulatie van de rwa-belasting bij de slibparameters van de rwzi Haaren, voor de nabezinktank zonder deflectieshot

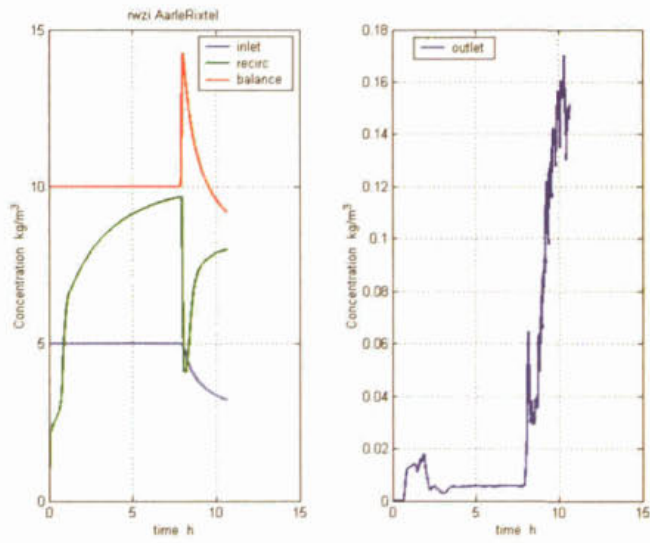
Bijlage 3 Modelberekeningen van de rwzi Aarle-Rixtel



Aarle-Rixtel: simulatie van de 25% hogere rwa-belasting voor de nabezinktank met deflectieshot



Aarle-Rixtel: simulatie van de 25% hogere rwa-belasting voor de nabezinktank zonder deflectieshot



Aarle-Rixtel: simulatie van de 25% hogere rwa-belasting voor de nabezinktank zonder deflectieshot

Bijlage 4 Praktijkonderzoek op de rwzi Amersfoort

Opzet van de metingen

Op 9 januari 2002 is een meting uitgevoerd waarbij onder DWA-omstandigheden een hydraulische belastingspiek is nagebootst. Het doel van deze meting was om de verhoogde zwevendstofconcentratie in het effluent te simuleren en te registreren.

De volgende metingen en analyses zijn uitgevoerd:

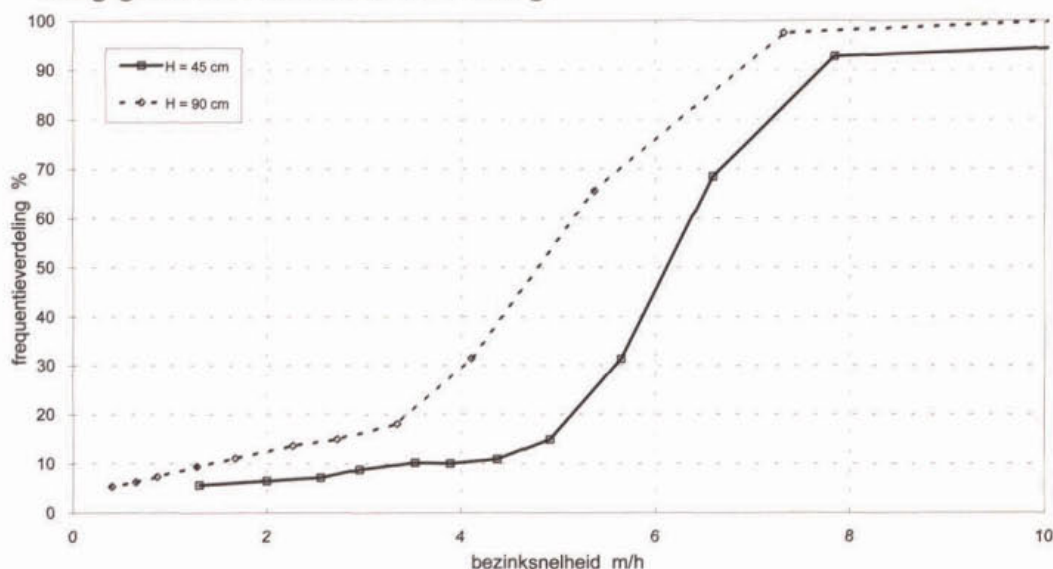
- meting van de slibdekenhoogte en het drogestofprofiel in de slibdeken van één van de nabezinktanks;
- meting van het verloop van de slibdekenhoogte;
- on-line troebelheidsmetingen van het effluent van één van de nabezinktanks;
- regelmatige monsternamen (1 liter, elke 5 minuten) van het effluent t.b.v. analytische zwevendstofmeting (ter controle en ijking van de troebelheidsmeting);
- bezinkproeven bij verschillende slibgehaltenes.

Belasting van de nabezinktanks voor en tijdens de meting

Parameter	eenheid	begin	piek
hydraulische aanvoer - gemiddeld	m ³ /h	100	1.600
- variatie	m ³ /h	0 - 200	1.500 - 1.750
oppervlaktebelasting - gemiddeld	m ³ /(m ² .h)	0,05	0,77
drogestofgehalte	kg/m ³	5,7	4,4
slibvolume-index	ml/g	56	56
slibvolume	ml/l	319	246
slibvolumebelasting	l/m ² .h	16	190
retourslibcapaciteit	m ³ /h	380	380
retourslibverhouding	-	3,8	0,24

Ongehinderd bezinkexperiment

De resultaten van het ongehinderde bezinkexperiment zijn grafisch weergegeven in onderstaande afbeelding. Het slibgehalte in de kolom was circa 0,8 kg/m³. Op basis van de daling van het slibgehalte op twee hoogten is de cumulatieve bezinksnelheid berekend, welke grafisch is weergegeven in de onderstaande afbeelding.

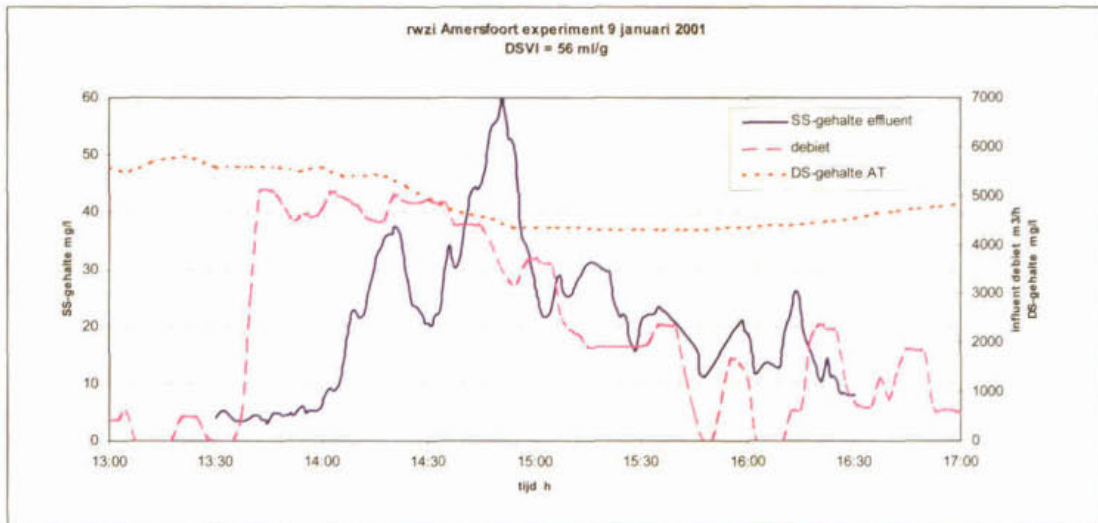


Bezinksnelheden van de te onderscheiden fracties in het actiefslib (DSVI is 56 ml/g)

Resultaten

Het verloop van de troebelheid in het effluent, het drogestofgehalte in de beluchtingstank en het debiet over het nieuwe deel van de rwzi zijn grafisch weergegeven in onderstaande afbeelding. Al na circa 20 minuten begint de drogestofconcentratie in het effluent te stijgen. Visueel is waargenomen dat er 15-20 minuten zwevend stof opwerfelt op circa 2/3 van de straal en deze wolk zich langzaam uitbreidt in de richting van de overstort, en ook in de richting van de inlooptrommel.

Doordat het slibvolume al relatief laag is, ontstaat er door de menging vermoedelijk een situatie waarbij geen goede gehinderde bezinking meer optreedt en de slecht bezinkbare deeltjes niet meer worden ingevangen. Bovendien bevat het actiefslib van de rwzi Amersfoort een hoge fractie aan slecht of niet bezinkbare deeltjes, waardoor het ongunstige effect wordt versterkt.



Verloop van de troebelheid in het effluent, drogestofgehalte in de beluchting en het debiet

