

**Optimalisering van
grote nabezinktanks**

Metingen aan ruimer en deflectieschot

Optimalisering van grote nabezinktanks



Metingen aan ruimer en deflectieschot

93-19

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

INHOUD**BLAD**

TEN GELEIDE	4
SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	6
2 MEETPROGRAMMA	7
2.1 Randvoorwaarden	7
2.2 Aard van de metingen	7
2.3 Uitvoering van de metingen	8
2.4 Gebruikte apparatuur	9
2.5 Lokaties	9
3 VERIFICATIEMETINGEN	13
3.1 Algemeen	13
3.2 Amsterdam-Oost	13
3.3 Assen	14
3.4 Bath	16
3.5 Roermond	17
3.6 Discussie / Verificatie van de STORA-richtlijn	17
3.6.1 Slibbalans en slibbuffering	17
3.6.2 Slibvolumebelasting	20
3.6.3 Kantdiepte	23
3.6.4 Retourslibcapaciteit	23
4 METINGEN AAN EEN DEFLECTIESCHOT	24
4.1 Algemeen	24
4.2 Metingen	24
4.3 Resultaten	24
4.3.1 Drogestofconcentraties	25
4.3.2 Slibbalans over de nabezinktank	25
4.3.3 Slibspiegelhoogte	27
4.3.4 Slibprofiel	28
5 METINGEN AAN AANGEPASTE RUIERBLADHOOGTE EN RUIERSNELHEID	29
5.1 Algemeen	29
5.2 De metingen	29
5.3 Resultaten	30
5.3.1 Slibvolume-index	30
5.3.2 Drogestofconcentraties	30
5.3.3 Slibbuffering	31
5.3.4 Slibspiegelmetingen	31
5.3.5 Regressie-analyses	32

	BLAD	
6	EVALUATIE	33
6.1	Verificatiemetingen	33
6.2	Metingen aan een deflectieschot; vergelijking met verificatiemetingen	34
6.3	Metingen aan aangepaste ruimerbladhoogte en ruimersnelheid	35
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	36

BIJLAGEN VERIFICATIEMETINGEN OP VIER LOKATIES

- A 1 Drogestofconcentratie; slibspiegelhoogte; slibindices
- A 2 Slibbalansen; slibbuffering (figuren)

BIJLAGEN METINGEN AAN EEN DEFLECTIESCHOT

- B 1 Tekening deflectieschot rwzi Assen
- B 2 Drogestofconcentraties
- B 3 Slibbalansen (figuren)
- B 4 Slibspiegelstijging (figuren)

BIJLAGEN METINGEN AAN AANGEPASTE RUIMERBLADHOOGTE EN RUIMERSNELHEID

- C 1 Overzicht van de rwzi Roermond
- C 2 Slibspiegelhoogten (figuren)

Ten geleide

In Nederland worden nabezinktanks bij actiefslibinstallaties ontworpen volgens de in 1981 opgestelde STORA-richtlijnen, die gebaseerd zijn op praktijkonderzoek aan een groot aantal nabezinktanks. De diameters van de destijds in beschouwing genomen nabezinktanks waren niet groter dan 44 m.

Inmiddels zijn in Nederland ronde nabezinktanks gebouwd met diameters tussen 50 en 60 m, waarbij in de praktijk gebleken is dat de toelaatbare oppervlaktebelasting c.q. de slibvolumebelasting soms *aanmerkelijk lager is dan op grond van de STORA-richtlijnen zou mogen worden verwacht*. Duidelijke oorzaken voor dit afwijkend gedrag ontbreken.

Om inzicht te krijgen in het functioneren van de grotere nabezinktanks is onderzoek opgezet langs twee lijnen. De eerste lijn betreft fundamenteel en theoretisch onderzoek aan de stromingsverschijnselen van een slib/watermengsel in een ronde tank. Aan dit onderdeel werd gewerkt door de Vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing TU Delft, die daarover rapporteerde in de STOWA-rapporten 92-13 en 92-14. Bij de aanpak volgens de tweede lijn inventariseerde DHV Water B.V. praktijkproblemen en bedrijfservaringen, en voerde in de praktijk experimenten uit aan de werking van grote nabezinktanks en aan constructieve voorzieningen ter verbetering van deze werking.

In het thans voorliggende rapport worden de uitgevoerde praktijkmetingen beschreven: verificatiemetingen van de STORA-richtlijn, metingen aan een deflectieschot en aan aangepaste ruimerbladhoogte en ruimersnelheid. De door DHV Water B.V. uitgevoerde inventarisaties van praktijkervaring en recente literatuur zijn afzonderlijk gerapporteerd in STOWA-rapport 93-18.

Het onderzoek werd in 1989, op advies van de Onderzoekadviescommissie (OAC), door het bestuur van de STOWA opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V. (projectteam bestaande uit ing. P.C.A.M. van Helvoort, ir. R.P. Niermans en ir. R.W. Stapel). Via DHV was de vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing van de Technische Universiteit Delft (prof.ir. J.H. Kop, ir. B. van der Veer en ir. E.A. Vermeer) bij dit project betrokken. Voor de begeleiding van het onderzoek zorgde een commissie bestaande uit ir. J. Ebbenhorst (voorzitter), ir. T.P. de Graaf, ing. J.J. Jonk, dr.ir. C. Kranenburg, ing. J.J. Verbraaken en ir. T.W.M. Wouda.

De praktijkexperimenten werden uitgevoerd op verschillende rwzi's. De STOWA is de gemeente Amsterdam, de zuiveringschappen Drenthe en Limburg en het hoogheemraadschap West-Brabant bijzonder erkentelijk voor de daarbij geboden hulp.

Utrecht, november 1993

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

- De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. J.H. Kop (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en ir. J. Boschloo, dr.ir. J.A. Don, ir. R. den Engelse, ir. A.E. van Giffen, ir. J.J. de Graeff, prof.dr.ir. J.J. Heijnen, dr.ir. P.J. Huiswaard, ir. C. Kerstens, dr. S.P. Klapwijk, ir. A.B. van Luin, ir. G. Martijnse, ir. Tj. Meijer, ir. L.P. Savelkoul, en ir. M. Tiessens (leden).

SAMENVATTING

De STORA-richtlijn voor nabezinktanks werd voor grote tanks met een diameter ≥ 45 m in de praktijk getoetst. Belangrijkste parameter in deze richtlijn is de maximaal toelaatbare slibvolumebelasting. De verificatiemetingen werden uitgevoerd door een RWA-situatie in de grote nabezinktanks te simuleren. Het slibvolume, zijnde het produkt van slibindex en drogestofconcentratie in de aëratietank, was tijdens de metingen een niet te beïnvloeden gegeven. Er werd slechts een bovengrens gesteld aan de slibindex. Bij hoge indices werd niet gemeten. Op de lokaties Amsterdam-Oost, Bath en Roermond was het slibvolume tijdens de metingen echter dusdanig laag, dat de maximaal toelaatbare slibvolumebelasting niet kon worden gesimuleerd. Voor deze lokaties kon daarom niet worden vastgesteld of de STORA-richtlijn een garantie biedt voor het goed functioneren van de nabezinktanks.

Op de lokatie Assen was het slibvolume hoger en kon een kritische bedrijfssituatie beter worden gesimuleerd. Er trad gedurende de metingen geen evenwicht in de slibbalans over de grote nabezinktank op. Eénmaal trad sliboverstort op: de slibspiegel was op dat moment tot enkele decimeters onder het wateroppervlak gestegen. Op basis van deze proeven kan worden geconcludeerd dat de vigerende STORA-richtlijn voor de grote nabezinktank in Assen **niet** voldoet als ontwerpcriterium.

De betreffende nabezinktank in Assen is relatief ondiep, in vergelijking met de tanks op de drie andere lokaties. Er waren aanwijzingen tijdens de verificatiemetingen dat kortsluitstroming optrad tussen inlooptrommel en slibkegel. Dat was aanleiding op deze lokatie het effect van een deflectieschot te onderzoeken.

De ervaringen met dit deflectieschot zijn duidelijk positief. De slibspiegel stabiliseert zich na enige tijd; er leek zich een evenwicht in te stellen in de aan- en afvoer van drogestof (niet via het effluent) in de nabezinktank; er trad geen sliboverstort op. Het verschil in het drogestofgehalte van het effluent gedurende de metingen met en zonder deflectieschot was niet significant. Op verschillende lokaties is tijdens RWA-situaties zowel met hoog als met laag-toeren slibretourdebië gemeten. De resultaten vertonen weinig verschil.

Op de lokatie Roermond is door uitvoering van een extensief meetprogramma de invloed van verhoogde ruimerbladen en verhoogde ruimersnelheid op het nabezinkproces onderzocht. Er traden tijdens de gehele meetperiode geen situaties op met hoge slib-indices, hoog aanvoerdebië of hoge slibspiegel waarbij eventuele positieve effecten van dit aangepaste slibruimingssysteem konden worden aangetoond. Er kan slechts worden geconcludeerd dat onder normale bedrijfsomstandigheden deze aanpassingen geen significante invloed hadden op de slibruiming in de nabezinktank.

INLEIDING

Nabezinktanks (NBTs) worden in Nederland gedimensioneerd aan de hand van een richtlijn die door de STORA in 1981 werd opgesteld. De dimensioneringsgrondslagen zijn gebaseerd op praktijkonderzoek bij nabezinktanks van een groot aantal rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's). Van de in beschouwing genomen ronde nabezinktanks was de diameter steeds kleiner dan 45 meter. Een belangrijke parameter die uit het bovengenoemde STORA-onderzoek volgde, was de maximaal toelaatbare slibvolumebelasting. Boven deze maximale waarde neemt volgens de richtlijn de kans op slibverlies uit de nabezinktank op significante wijze toe. De STORA-richtlijn heeft verder betrekking op de kantdiepte en de retourslibcapaciteit.

In de praktijk bleek echter vooral bij nabezinktanks met een diameter groter dan 45 m reeds bij lagere slibvolumebelastingen dan de maximaal toelaatbare belasting vaker slibverlies op te treden dan op grond van de STORA-richtlijn werd voorspeld. De vraag daarbij is of de richtlijn wel van toepassing mag worden verklaard op nabezinktanks met een diameter groter dan 45 m. Verificatie van de richtlijn voor deze grote nabezinktanks bleek dus geboden. Daarnaast bleek het nuttig na te gaan op welke wijze de werking van bestaande nabezinktanks kan worden verbeterd. Deze verbeteringen bij grote tanks zouden ook van toepassing kunnen zijn op tanks met een diameter kleiner dan 45 m.

Op praktijkschaal werden drie afzonderlijke reeksen van metingen bij rwzi's met grote nabezinktanks uitgevoerd. Allereerst werd de STORA-richtlijn getoetst door middel van verificatiemetingen op vier verschillende lokaties. Vervolgens werd op één van die lokaties een deflectieschot in de tank aangebracht, teneinde de invloed van deze constructieve aanpassing te kunnen bepalen.

In het kader van dit project werd op één lokatie het effect van een verhoogde ruimersnelheid en van verhoogde ruimerbladen op de werking van een grote nabezinktank nader onderzocht.

Dit rapport geeft een overzicht van de praktijkmetingen. In hoofdstuk 2 worden het meetprogramma en de verschillende lokaties beschreven. Vervolgens worden achtereenvolgens in de hoofdstukken 3, 4 en 5 de resultaten gegeven van de verificatiemetingen, de metingen aan een deflectieschot en de metingen aan aangepaste ruimerbladhoogte en ruimersnelheid. Een evaluatie en aan aantal aanbevelingen sluiten dit rapport af.

2 MEETPROGRAMMA

2.1 Randvoorwaarden

De bij dit project betrokken nabezinktanks voldoen aan de onderstaande voorwaarden:

- de tank heeft een ronde vorm;
- de diameter, gerekend vanaf de buitenste overstortrand, bedraagt minstens 50 meter;
- de tank is voorzien van een mechanische slibuiming;
- de tank bezit een centraal gelegen inloop en slibafvoer.

Voor het realiseren van een RWA-aanvoer gedurende een periode van ongeveer zes uur moet een constant debiet op RWA-niveau voorhanden zijn. Dit is van belang om te kunnen meten / voorspellen na hoeveel uur sliboverstort optreedt / zou zijn opgetreden.

Er zijn verschillende methoden om een constant RWA-debiet te kunnen handhaven:

- het bufferen van water in het riool door een aantal uren vóór de proef de influentvijzels uit te zetten. (Tijdens de proef zal het debiet echter na enige uren enigszins afnemen.)
- de recirculatie van effluent. Is deze voorziening niet standaard op de lokatie aanwezig, dan kan een aparte pomp in de effluentleiding of in de effluentkelder geplaatst worden;
- het leeghalen van een buffertank of een niet in bedrijf zijnde nabezinktank;
- het belasten van slechts een deel van de totale installatie.

Een goede registratie van het debiet is in alle gevallen noodzakelijk. Langer meten dan gedurende zes achtereenvolgende uren is om praktische redenen vaak niet mogelijk.

Overige randvoorwaarden:

- de waarde van de verdunde slibvolume-index (SVI) dient bij voorkeur in de buurt van de ontwerpwaarde te liggen, bijvoorbeeld tussen de 100 en 150 ml/g. Onderzoek naar de werking van de nabezinktank zou anders te veel worden beïnvloed door de slibkarakteristiek. De SVI is echter moeilijk op eenvoudige wijze te beïnvloeden;
- bij het begin van de proef moet er zo weinig mogelijk slib in de nabezinktank aanwezig zijn.
- de wind mag niet te hard zijn. Een harde wind kan namelijk tot gevolg hebben dat de stroming in de tank wordt beïnvloed en dat de slibspiegel in de tank 'scheef' komt te liggen. Beide effecten kunnen de metingen verstoren.

2.2 Aard van de metingen

De werking van een nabezinktank wordt in dit rapport beschreven aan de hand van de veranderingen in de drogestofconcentraties van achtereenvolgens het effluent, de aanvoer naar de nabezinktank, de bufferzone en het retourslib. Te zamen vormen deze veranderingen een beeld van de dynamische drogestofbalans over de nabezinktank.

Gedurende de experimenten werd tevens de verandering van de hoogte van de slibspiegel geregistreerd. Voor het bepalen van de actuele slibvolumebelasting van de tank werd tweemaal per meetdag de waarde van de slibindex gemeten. Teneinde een beeld te verkrijgen van de drogestofconcentraties in de bufferzone, en zo mogelijk op de bodem van de tank, werden regelmatig drogestofprofielmetingen uitgevoerd.

2.3 Uitvoering van de metingen

Voor de start van het experiment werd getracht het slib zoveel mogelijk uit de nabezinktank te verwijderen. Dit kon bijvoorbeeld worden bereikt door tijdens lage hydraulische belasting van de installatie of gedurende het uitschakelen van het influentgemaal de slibretourvijzels korte tijd op 'hoog toeren' te laten draaien.

Voordat de aanvoer naar de nabezinktank op RWA-niveau werd gebracht, werd een eerste serie metingen verricht. Op deze wijze was het mogelijk de uitgangssituatie voor de slibspiegelhoogte en de drogestofconcentraties te bepalen.

De proef begon met de instelling van de RWA-condities en werd als beëindigd beschouwd op het moment dat één van de volgende situaties werd bereikt:

- de slibspiegel in de tank stabiliseert zich op een bepaald niveau; de drogestofconcentraties van het retourslib en van de aanvoer naar de nabezinktank veranderden niet meer gedurende geruime tijd. Dit trad op indien er evenwicht was bereikt tussen drogestofaan- en afvoer;
- de slibspiegel was zo ver gestegen dat sliboverstort plaatsvond;
- de aanvoer kwam aanzienlijk onder het RWA-niveau te liggen;
- de pragmatische tijdlimiet van ruim zes uur voor het doen van metingen werd overschreden. Altijd kon echter na zes uur een uitspraak worden gedaan over de kans dat evenwicht zou zijn bereikt in de slibbalans indien de proef zou zijn voortgezet.

De ligging van de slibspiegel werd elk uur gemeten. Tegelijkertijd werd het drogestofprofiel in de nabezinktank bepaald. Daartoe werd vanaf de ruimerbrug op vijf vaste punten langs de straal van de tank een profielmeting uitgevoerd. Eén meetpunt bevond zich enkele meters van de inlooptrommel en één meetpunt was gelegen bij de periferie van de tank. De drie andere meetpunten lagen op gelijke afstanden van elkaar, tussen deze twee punten in. Om de 0,10 m tussen slibspiegel en bodem van de tank werden op elk van deze meetpunten troebelheidsmetingen uitgevoerd. De uitslag van de troebelheidsmeter werd met een ijklijn gerelateerd aan een drogestofconcentratie.

De profielmetingen zijn zoveel mogelijk gestart op eenzelfde stand van de ruimerbrug om vergelijking van de metingen op één meetdag goed mogelijk te maken. Een eventuele systematische fout, als gevolg van bijvoorbeeld windinvloeden, werd zo geminimaliseerd.

De monsters voor de drogestofbepalingen van het effluent, het retourslib en de aanvoer vanuit de aëratietank zijn in enkele gevallen tijdsproportioneel en in andere gevallen als steekmonsters genomen. De keuze voor de wijze van monstername werd bepaald door de op de lokatie aanwezige bemonsteringsapparatuur.

De retourslibmonsters en de effluentmonsters zijn met een tijdsinterval van 20 minuten genomen. Omdat de drogestofconcentratie in de aëratietank over het algemeen geleidelijk verandert, zijn de monsters voor deze bepaling slechts om het halve uur genomen.

De drogestofbepalingen werden, op een enkele uitzondering na, door de waterkwaliteitsbeheerders uitgevoerd. De plaats van monstername was vooraf als volgt bepaald voor de verschillende drogestofbepalingen:

- in de aanvoer vanuit de aëratietank: monstername in de overstort van de aëratietank naar de nabezinking;
- in het retourslib: in de verzamelput of -goot ná het slibretourgemaal;
- in het effluent: in de effluentgoot van de nabezinktank ter hoogte van het verzamelpunt

naar de effluentleiding.

De SVI werd tweemaal per meetdag bepaald; een keer aan het begin van de proef en een keer aan het einde van de proef. De index is bepaald met behulp van steekmonsters uit de aëratietank. Voor een eerste globale bepaling van de SVI werd, voor zover mogelijk, een 'snelle' drogestofbepaling uitgevoerd met behulp van een drogestofoven op de lokatie.

2.4 Gebruikte apparatuur

Ten behoeve van de metingen werd de volgende apparatuur gebruikt:

- een draagbare slibspiegelmeter, gecombineerd met een troebelheidsmeter (merk: BTG, type: MEX-P). De nauwkeurigheid van de dieptemeter (bepaling door meting van de hydrostatische druk) is ongeveer 0,10 m;
- een troebelheidsmeter (merk: BTG, type: MEX-3) met een grotere gevoeligheid dan de MEX-P. Het meetbereik van de bij de MEX-3 gebruikte sonde lag tussen de 1 en 10 kg/m³.

De sondes van beide apparaten waren aan elkaar bevestigd. De MEX-P werd slechts gebruikt voor het bepalen van de slibspiegel en als dieptemeter tijdens de profielmetingen. De drogestofconcentraties in bufferzone en op de bodem van de tank, die werden bepaald met de MEX-3, konden zo nauwkeurig om de 0,10 meter worden bepaald. De MEX-3 troebelheidsmeter werd elke meetdag opnieuw geijkt.

2.5 Lokaties

De bij het verificatie-onderzoek betrokken grote nabezinktanks maken deel uit van de rwzi's Amsterdam-Oost, Assen, Bath en Roermond. Op de lokatie rwzi Assen is na uitvoering van de verificatiemetingen een deflectieschot geplaatst in de grote nabezinktank. In Roermond is onderzoek verricht naar het effect van verhoogde ruimerbladen en verhoogde ruimersnelheid.

Om de resultaten van de proeven goed te kunnen interpreteren zijn enkele aanvullende gegevens van belang, waaronder bedrijfsgegevens van de verschillende lokaties. Hieronder staan deze gegevens vermeld. Wijken de waarden tijdens de experimenten af van de door de beheerder opgegeven (gemiddelde) waarden, dan staan de laatste tussen haakjes.

Indien de constructieve aspecten en/of de proefomstandigheden afwijken van de gangbare norm (bijv. helling van de tankbodemp) of van de in 2.1 aangegeven randvoorwaarden, dan staat dit vet gedrukt. Zo schrijft de STORA-richtlijn voor dat de kantdiepte 1,5 meter dient te zijn bij effluentgoten met een enkele overstortrand en 2,0 meter bij effluentgoten met dubbele overstortrand (goten geplaatst op consoles).

Een belangrijke randvoorwaarde is dat bij uitvoering van de proeven een min of meer constant, hoog RWA-debiet wordt gehandhaafd. Dit werd op de vier rwzi's op verschillende manieren bereikt; de wijze staat vermeld bij de proefomstandigheden.

Amsterdam-Oost

** Technische gegevens:*

type aëratietank	:	propstroom
max. wateraanvoer bij DWA	:	7500 (4000) m ³ /h
max. wateraanvoer bij RWA	:	19000 m ³ /h
volume aëratietank	:	7500 m ³ (er zijn 8 aëratietanks)

slibbelasting	:	0,07 kg BZV/(kg d.s.* dag)
SVI gemiddeld	:	68 ml/g
diameter NBT	:	52 m (er zijn 8 NBTs)
kantdiepte	:	2,20 m
bodemhelling	:	1:18
ruimer	:	dubbel; bladhoogte 0,30 m
ruimer(tip)snelheid	:	0,045 m/s
max. aanvoer per NBT	:	4275 m ³ /h
max. oppervlaktebelasting	:	2,01 m ³ /(m ² *h)
retourslibgemaal	:	tweetoerig
laag/hog retourdebiet per NBT	:	760/1680 m ³ /h (volgens opgave)

** Bijzonderheden:*

- alle NBTs zijn voorzien van een deflectieschot;
- de NBTs hebben een dubbele overstortrand; de afstand van de buitenste overstortrand tot de wand is 0,90 m. Voor de bepaling van de feitelijke slibvolumebelasting dient de diameter te worden gekozen vanaf de buitenkant van de effluentgoot; de 'netto' diameter bedraagt derhalve 50,2 m.

** Proefomstandigheden:*

- de meetdagen waren: 23, 24 en 25 oktober 1990;
- de metingen zijn verricht in NBT nummer 5;
- voor het handhaven van een hoog aanvoerdebiet werd effluent gerecirculeerd waarvan het debiet werd geregistreerd. Dit aanvullende debiet droeg voor 15 tot 30 procent bij aan de totale hydraulische belasting (incl. retourslib) van de NBT;
- bij de berekening van het debiet over NBT nummer 5 is ervan uitgegaan dat de aanvoer van het afvalwater in het hoofdverdeelwerk uniform over de verschillende straten van de rwzi werd gedistribueerd. Er waren tijdens de metingen aanwijzingen dat deze verdeling niet steeds gelijkmatig over NBT 5 en NBT 6 (de naastliggende parallel geschakelde tank) verliep.

Assen

** Technische gegevens:*

type aëratietank	:	omloopsysteem, type Carrousel
max. wateraanvoer bij DWA	:	960 (650) m ³ /h
max. wateraanvoer bij RWA	:	2800 (2500) m ³ /h
volume aëratietank	:	10600 m ³
slibbelasting	:	0,053 kg BZV/(kg d.s.*dag)
SVI gemiddeld	:	100 ml/g
diameter NBT	:	56,3 m
kantdiepte	:	1,50 m
bodemhelling	:	1:12
ruimer	:	doorgestoken; bladhoogte 0,3-0,7 m
ruimer(tip)snelheid	:	0,07 m/s
max. aanvoer naar NBT	:	1800 m ³ /h
max. oppervlaktebelasting	:	0,72 m ³ /(m ² *h)
retourslibgemaal	:	tweetoerig
laag/hog retourdebiet NBT	:	765/1026 m ³ /h (volgens opgave)

* *Bijzonderheden:*

- de NBT heeft een buitenliggende effluentgoot met een enkele overstortrand;
- het ruimerblad in de NBT varieert in hoogte: aan de periferie is het blad over een lengte van 6,5 meter 40 cm hoog, het tweede deel van de ruimer van 6,5 meter lengte is 65 cm hoog en in het midden van de NBT is het ruimerblad over een lengte van 13 meter 75 cm hoog.

* *Proefomstandigheden:*

- de meetdagen waren: 5,7,8 en 26 november 1990;
- in Assen zijn geen voorzieningen aanwezig om de aanvoer kunstmatig op RWA-niveau te houden. Naast buffering van ruw afvalwater in het rioolnet is een beperkte verhoging van het debiet slechts mogelijk door een kleine nabezinktank leeg te halen met de retourslibvijzel of door kanaalwater in te laten. Deze maatregelen bleken in praktijk bij de eerste drie verificatiemetingen niet voldoende. Door het plaatsen van een extra pomp voor het recirculeren van effluent bleek het wèl mogelijk het debiet op RWA-niveau te handhaven. Het effluent werd in een kleine nabezinktank gepompt vanwaar het met de retourslibvijzel (capaciteit 290 m³/h) in de circulatie kon worden gebracht.

Bath

* *Technische gegevens:*

type aëratietank	: propstroom
max. wateraanvoer bij DWA	: 5740 (6000) m ³ /h
max. wateraanvoer bij RWA	: 14000 (6666) m ³ /h
volume aëratietank	: 5500 m ³ (8*)
slibbelasting	: 0,053 kg BZV/kg d.s.*dag
SVI gemiddeld	: 108 (64) ml/g
diameter NBT	: 52,8 m
kantdiepte	: 2,00 m
bodemhelling	: 1:12
ruimer	: doorgestoken; bladhoogte 0,3 m
ruimer(tip)snelheid	: 0,04 m/s
max. aanvoer per NBT	: 2850 m ³ /h (3065)
max. oppervlaktebelasting	: 0,8 m ³ /(m ² *h)
retourslibgemaal	: meertoerig
max. retourdebiet per NBT	: 1315 m ³ /h (volgens opgave)

* *Bijzonderheden:*

- de nabezinktanks hebben een op consoles geplaatste effluentgoot met een dubbele overstortrand. De afstand van de buitenste overstortrand tot de tankwand is 0,70 m. De netto diameter van de tank is derhalve 51,4 m;
- het influentdebiet wordt met gerecirculeerd effluent tot 6000 m³/h aangevuld. De aanvoer is gemiddeld 65.000 m³/etmaal (2708 m³/h).

* *Proefomstandigheden:*

- de meetdagen waren: 13 en 14 november 1990;
- bij beide proeven is gebruik gemaakt van de bestaande effluentrecirculatiepompen om het debiet op RWA-niveau te houden;
- tijdens de tweede meetdag moest, na hevige regenval, de RWA-aanvoer over

tweederde van de installatie worden verdeeld in plaats van over de helft zoals gedurende de eerste meetdag;

- bij de berekening van het debiet over de verschillende nabezinktanks is uitgegaan van een uniforme verdeling van het afvalwater over de verschillende straten van de rwzi;
- de nabezinktanks zijn afgedekt met een schuimlaag van poly-urethaan (PUR) waardoor waarneming van processen in de tanks niet mogelijk is.

Roermond

*** Technische gegevens:**

type aëratietank	: propstroom
max. wateraanvoer bij DWA	: 1600 (2000) m ³ /h
max. wateraanvoer bij RWA	: 3500 m ³ /h (er is een RWA-buffertank aanwezig)
volume aëratietank	: 6125 m ³
slibbelasting	: 0,08 kg BZV/(kg d.s.* dag)
SVI gemiddeld	: 107 (55) ml/g
diameter NBT	: 52,8 m
kantdiepte	: 2,50 m
bodemhelling	: 1:15
ruimer	: dubbel; bladhoogte 0,3 m
ruimer(tip)snelheid	: 0,04 m/s
max. aanvoer naar NBT	: 1750 m ³ /h
max. oppervlaktebelasting	: 0,80 m ³ /(m ² *h)
retourslibgemaal	: meertoerig
max. retourdebiet per NBT	: 1302 m ³ /h (1225 m ³ /h)

*** Bijzonderheden:**

- de nabezinktank heeft een buitenliggende effluentgoot met een enkele overstortrand;
- de SVI wordt hier niet consequent volgens de NEN-norm bepaald, omdat altijd wordt gemeten aan onverdunde monsters.

*** Proefomstandigheden:**

- de meetdagen waren: 20 en 21 november 1990;
- de rwzi beschikt over een opvangbassin voor regenwateraanvoer met een volume van 6500 m³. Door het suppleren van ruw afvalwater uit deze tank kon gedurende de metingen het gewenste RWA-debiet worden gehandhaafd.

3 VERIFICATIEMETINGEN

3.1 Algemeen

Ter verifiëring van de STORA-richtlijn voor de dimensionering van nabezinktanks zijn op vier lokaties metingen verricht in de maanden oktober en november 1990. De metingen namen meerdere, (indien mogelijk) aaneengesloten dagen per lokatie in beslag. In de hiernavolgende paragrafen 3.2 t/m 3.5 worden deze metingen per lokatie toegelicht.

Onder 'metingen' worden aanvullende gegevens bij de in hoofdstuk 2 beschreven algemene proefopzet vermeld. Het verloop van de verificatiemetingen wordt toegelicht onder 'resultaten'. De resultaten worden besproken aan de hand van de veranderingen in de slibbalans, de ligging van de slibspiegel en de gemeten slibprofielen. De resultaten van de verificatiemetingen zijn weergegeven in een aantal bijlagen. Een deel van de gegevens is verwerkt in figuren.

In bijlage A 1 zijn per lokatie en per meetdag het verloop van de drogestofconcentraties in de aanvoer, in de retourslibstroom en in het effluent weergegeven, evenals het aanvoerdebiet en de retourslibcapaciteit.

Bijlage A 2 bevat per lokatie een tweetal figuren waarin de slibbalans over de nabezinktank is weergegeven, respectievelijk de slibbuffering, het debiet en de slibspiegelhoogte. De trend die uit deze figuren is af te leiden is representatief voor de andere metingen op dezelfde lokatie.

In paragraaf 3.6 worden de uitkomsten van de verificatiemetingen gerelateerd aan de STORA-richtlijn. In hoofdstuk 6 worden de verificatiemetingen geëvalueerd.

3.2 Amsterdam-Oost

3.2.1 metingen

Op deze lokatie is gedurende drie dagen gemeten. De RWA-simulatie werd bereikt door een deel van de rwzi tijdelijk buiten werking te zetten. Met behulp van effluentrecirculatie werd het debiet verder opgevoerd. De eerste twee dagen is het retourslibdebiet handmatig op 'hoog toeren' ingesteld, de 'normale' RWA-bedrijfssituatie. Op de derde meetdag is de retourslibvijzel van NBT 5 op 'laag toeren' ingesteld, om het effect van deze instelling op de werking van de nabezinktank te onderzoeken.

Het duurt enige tijd alvorens het effect van de overgang van DWA- naar RWA-debiet in de nabezinktank 'merkbaar' is. De vertraging is ondermeer afhankelijk van de wijze waarop het RWA-debiet wordt gesimuleerd (deel van de zuivering afsluiten, influentvijzel inschakelen, etc.) en de grootte van de rwzi. Deze 'opstuwtijd' tussen hoofdverdeelwerk en nabezinktank 5 bedroeg op rwzi Amsterdam-Oost ongeveer één uur.

3.2.2 resultaten

drogestofconcentraties

Bij de start van de proeven is in alle gevallen in de aanvoerstroom naar de NBT een drogestofconcentratie van circa 3 kg/m^3 gemeten, waarna deze concentratie uiteindelijk een waarde aanneemt van $2,9 \text{ kg/m}^3$. Er was op dat moment blijkbaar reeds evenwicht bereikt in de aan- en afvoer van drogestof in de aëratietank.

De drogestofconcentratie in het retourslib stabiliseert zich tijdens de proeven vrij snel op $5,5 \text{ kg/m}^3$ (vijzel op 'hoog toeren') respectievelijk $9,5 \text{ kg/m}^3$ (vijzel op 'laag toeren'), nadat aan het begin

van de metingen een kleine toename in de concentratie heeft plaatsgevonden.

De drogestofconcentratie in het effluent fluctueert enigszins; de gemiddelde waarden op de drie meetdagen liggen rond 22 mg/l. Door denitrificatie komen er 'brokken' slib opdrijven achter de ruimer. Incidenteel komen dit slib in de effluentgoot terecht. Gedurende het eerste uur van de metingen zijn duidelijk 'slibwolken' waarneembaar aan de periferie van de tank, circa één meter van de binnenkant van de effluentgoot. Dit leidt niet tot een significante toename van het drogestofgehalte van het effluent aan het begin van de proef.

Uit de metingen blijkt niet dat zich bij een laag slibretourdebiet minder drogestof in het effluent bevindt dan gedurende de proeven met hoog slibretourdebiet. Aan het begin van de proeven is er wel enig verschil waarneembaar: bij hoog retourdebiet is er zo'n 10 mg/l meer droge stof in het effluent aanwezig dan bij laag retourdebiet.

slibbalans

Met behulp van de gemeten concentraties in aanvoerstroom, slibretourstroom en het effluent is een slibbalans te bepalen over de nabezinktank.

Door het verschil tussen aanvoer van het slib naar de NBT en afvoer vanuit de NBT te accumuleren en uit te zetten in de tijd is een beeld te krijgen van de totale hoeveelheid gebufferd slib. Uitgewerkt is hier slechts de tweede meetdag; de andere meetdagen vertonen een overeenkomstig beeld. De bijbehorende figuren 'slibbalans - Amsterdam' en 'slibbuffering - Amsterdam' zijn opgenomen in bijlage A1.

Te zien is dat er weliswaar nog steeds slibbuffering (netto aanvoer van drogestof) plaatsvindt na 6 uren RWA-debiet, maar dat de slibspiegel op één niveau blijft 'hangen'.

Aangenomen moet worden dat het drogestofgehalte van het bodemslib tijdens de proef kan toenemen en dat zo de netto toename van drogestof bij gelijkblijvende slibspiegelhoogte in de nabezinktank kan worden verklaard. De compactie van het bodemslib zal mede mogelijk zijn door de vrij lage waarde van de slibindex.

slibspiegelhoogte

De slibspiegel bleef gedurende alle metingen ruim onder de kantdiepte liggen.

slibprofiel

De drogestofconcentratie op de bodem van de nabezinktank was zo hoog ($> 10 \text{ kg/m}^3$) dat deze niet met de meetsonde van de MEX-3 kon worden gemeten. Het slib heeft een lage index, namelijk $< 70 \text{ ml/g}$, en kan goed op de bodem van de tank worden ingedikt. Er was nauwelijks sprake van een bufferzone met lagere drogestofconcentraties.

3.3 Assen

3.3.1 metingen

Er zijn op deze lokatie vier proeven gedaan van elk één (meet)dag.

De eerste drie dagen bleek het moeilijk om gedurende enige uren een RWA-debiet te handhaven. Er is tweemaal bij hoge retourslibcapaciteit gemeten (meetdagen 2 en 4) en tweemaal bij lage capaciteit (meetdagen 1 en 3). Op grond van goede ervaringen wordt op rwzi Assen ook bij RWA-aanvoer de retourslibvijzel van de grote nabezinktank veelal op 'laag toeren' bedreven. De drogestofmonsters van de aanvoer en van het retourslib werden tijdsproportioneel genomen; alle effluentmonsters waren steekmonsters.

drogestofconcentraties

Bij de start van de proef is in alle gevallen de aanvoerconcentratie van drogestof groter dan $3,9 \text{ kg/m}^3$; bij de vierde meetdag $5,3 \text{ kg/m}^3$. Er is bij alle proeven een duidelijke afname van de drogestofconcentraties in de aëratietank gemeten. Alleen op de tweede meetdag lijkt de aanvoerconcentratie van drogestof zich te stabiliseren bij $2,4 \text{ kg/m}^3$. Bij de overige proeven zet de afnemende trend zich door en is duidelijk nog geen evenwicht opgetreden.

De retourslibconcentratie heeft bij het begin van elke proef een waarde van ongeveer $3,5 \text{ kg/m}^3$. Het drogestofgehalte van het retourslib neemt tijdens de tweede en derde meetdag in eerste instantie af om daarna te stijgen. Dit zou te maken kunnen hebben met het in 3.2.1 beschreven 'opstuwefect'. Aan het begin van een proef bevat de tank relatief weinig drogestof. Dit water wordt wellicht 'uit de tank gedrukt' bij toename van de hydraulische belasting. Het verklaart overigens niet waarom tijdens de eerste en vierde meetdag dit verloop van de drogestofconcentratie in het retourslib niet werd waargenomen.

Het retourslib blijkt bij de eerste drie dagen sterk in te dikken na plotselinge afname van het aanvoerdebiet. Dit zou kunnen duiden op het ontstaan van kortsluitstroming tussen inlooptrommel en slibkegel bij hoge hydraulische belasting van de tank. Bij een hoge retourslibcapaciteit dikt het retourslib iets minder goed in dan bij een lage capaciteit. Dit laatste aspect duidt erop dat onder bepaalde omstandigheden het niet direct koppelen van de slibretourcapaciteit aan de hydraulische belasting van de installatie, tot een snellere evenwichtssituatie in de drogestofbalans over de tank kan leiden.

De drogestofconcentratie in het effluent is tijdens de eerste drie meetdagen veelal $< 10 \text{ mg/l}$. Aan het begin van de proeven en bij stijging van de slibspiegel tot ver boven de kantdiepte is de concentratie van drogestof in het effluent echter aanzienlijk hoger. Op de vierde meetdag vindt sliboverstort plaats.

Het lijkt alsof er tot op 10 m achter de ruimer opwerveling van slib plaatsvindt, waardoor slibwolken in de effluentgoot belanden. Dit zou kunnen worden veroorzaakt door turbulenties in de slibdeken ten gevolge van de beweging van de ruimer (hoge tipsnelheid en hoog ruimerblad) aan de periferie van de (verhoudingsgewijs ondiepe) tank.

slibbalans

In bijlage A 2 is voor de eerste meetdag de slibbalans over de nabezinktank in een figuur weergegeven. Tevens is de slibbuffering en de ligging van de slibspiegel ten opzichte van het wateroppervlak in een figuur uitgezet tegen de tijd.

slibspiegelhoogte

In Assen lag de slibspiegel bij alle metingen niet meer horizontaal nadat het slib boven de kantdiepte steeg; de slibspiegelhoogte was steeds aan de periferie ongeveer 0,25 meter hoger dan in het midden. Er was sprake van een duidelijke 'knik' op enige afstand van de tankwand. Dit is wellicht te wijten aan een discontinuïteit in de bladhoogte van de ruimer.

Aan het begin van alle proeven ligt er nauwelijks slib in de tank: de slibspiegel ligt dan op 2,60 meter onder de waterspiegel.

De eerste dag stijgt de slibspiegel niet verder dan tot rond de 70 cm onder de waterspiegel; het aanvoerdebiet liep op dat moment teveel terug. Bij de tweede en derde meetdag steeg de slibspiegel aan het einde van de proef uiteindelijk tot een lager niveau in de tank door het op een eerder tijdstip teruglopen van het aanvoerdebiet. De snelheid van de slibspiegelstijging neemt tijdens de proeven weliswaar af in de tijd, maar de spiegel blijft steeds stijgen tot boven de

kantdiepte. Bij de vierde meetdag stijgt de slibspiegel in vijf uur tijd 2,2 meter; er treedt over vrijwel de gehele omtrek van de nabezinktank sliboverstort op.

slibprofiel

In verticale, neerwaartse richting neemt het drogestofgehalte nauwelijks toe, tot dicht bij de bodem. Er ontstaat een duidelijke bufferlaag met een drogestofconcentratie van 5-6 kg/m³. De concentratie van drogestof op de bodem van de tank ligt voor een groot deel binnen het meetbereik van de drogestofmeter en bedraagt circa 10 kg/m³.

3.4 Bath

3.4.1 *metingen*

Op deze lokatie zijn twee verificatiemetingen, van elk een dag, uitgevoerd. Beide meetdagen is gewerkt bij de, onder RWA-condities gebruikelijke, maximale slibretourcapaciteit.

3.4.2 *resultaten*

drogestofconcentraties

De resultaten staan weergegeven in bijlage A 1.

De drogestofconcentratie van de aanvoer neemt bij beide meetdagen nauwelijks af: van 3 kg/m³ tot 2,5 kg/m³. Tijdens deze twee metingen vertoont de aanvoerconcentratie aanzienlijke schommelingen. Deze variatie in debiet is op meerdere lokaties waargenomen.

Er is geen duidelijke trend waarneembaar bij de verandering van de retourslibconcentratie. In eerste instantie neemt het drogestofgehalte toe, daarna fluctueert het drogestofgehalte met uitschieters naar 8 kg/m³ (één maal naar 8,8 kg/m³). Bij de eerste meetdag is de retourslibconcentratie gemiddeld lager (5,3 kg/m³) dan bij de tweede meetdag (7 kg/m³).

De drogestofconcentratie in het effluent blijft gedurende beide meetdagen onder 20 mg/l.

slibbalans

In bijlage A 2 is voor de tweede meetdag de slibbalans over de nabezinktank in een figuur weergegeven. Tevens zijn de slibbuffering en de ligging van de slibspiegel ten opzichte van het wateroppervlak in een figuur uitgezet tegen de tijd. Hoewel tijdens de proef voortdurend meer slib in de nabezinktank wordt gebufferd, stijgt de slibspiegel niet significant. Het drogestofgehalte van het bodemslib zal derhalve moeten zijn toegenomen om de drogestofbalans te kunnen verklaren. De SVI is laag; het bodemslib kan daardoor goed indikken. De drogestofgehalten waren in elk geval te hoog voor kwantificering met behulp van de gebruikte meetapparatuur.

slibspiegelhoogte

De slibspiegel is gedurende beide proeven nauwelijks veranderd; de slibspiegel blijft liggen op 2,4 meter onder de waterspiegel, ruim onder de kantdiepte.

slibprofiel

Er vindt weliswaar slibbuffering plaats, maar de slibspiegel blijft min of meer op gelijke hoogte. De hoge drogestofconcentraties bij de bodem liggen buiten het meetbereik van de drogestofconcentratiemeter. Bij de inlooptrommel fluctueert het drogestofgehalte enigszins.

3.5 Roermond

3.5.1 metingen

Op deze lokatie zijn twee verificatiemetingen, van elk één dag, uitgevoerd. Beide meetdagen is gewerkt bij de, onder RWA-condities gebruikelijke, maximale slibretourcapaciteit.

De aanvoer van ruw afvalwater was voor begin van de meting enige tijd gebufferd in het riool. Door water uit het regenwaterbassin te gebruiken, kon gedurende zes uren een RWA-situatie worden gesimuleerd.

3.5.2 resultaten

drogestofconcentraties

De resultaten staan weergegeven in bijlage A 1.

De drogestofconcentratie in de aanvoer daalt in 2½ uur van 3,8 kg/m³ naar de laagste waarde (2,1 kg/m³). Na dit punt neemt de aanvoerconcentratie weer toe tot 3 kg/m³, op welk niveau de drogestofconcentratie zich lijkt te stabiliseren.

De retourslibconcentratie fluctueert in fase met de aanvoerconcentratie. Dit verschijnsel is ook op alle andere lokaties waargenomen. De drogestofconcentratie neemt in twee uur toe tot het maximum van 7,1 kg/m³ op de eerste meetdag en 8,3 kg/m³ tijdens de tweede meetdag. Op beide meetdagen is de concentratie aan het einde van de proef 6,5 kg/m³. De retourslibconcentratie lijkt zich uiteindelijk enigszins te stabiliseren.

slibbalans

In bijlage A 2 is voor de tweede meetdag de slibbalans over de nabezinktank in een figuur weergegeven. Tevens zijn de slibbuffering en de ligging van de slibspiegel ten opzichte van het wateroppervlak in een figuur uitgezet tegen de tijd.

Aan het begin van de proef op de tweede meetdag is de accumulatie van drogestof groot. Na anderhalf uur volgt een omslag: er wordt dan netto meer slib uit de tank verwijderd dan wordt aangevoerd. Na 5 uur lijkt er een evenwicht te ontstaan in de aan- en afvoer van drogestof.

De SVI is laag: het gebufferde slib in de nabezinktank kan goed 'indikken'.

slibspiegelhoogte

De eerste meetdag stijgt de slibspiegel van 2,9 meter naar 2,6 meter onder de waterspiegel, maar daalt daarna weer naar 2,8 meter. De tweede meetdag stijgt de slibspiegel in vijf uur 70 cm. (van 3,3 m naar 2,6 m). Op beide meetdagen lijkt de slibspiegel zich te stabiliseren op 2,8 respectievelijk 2,6 meter onder de waterspiegel, dus in beide gevallen nog onder de kantdiepte.

slibprofiel

Rond de inlooptrommel vertoont de slibconcentratie fluctuaties. Gemiddeld is de drogestofconcentratie in de bufferzone 5 kg/m³. De sliblaag dicht bij de bodem heeft een drogestofconcentratie die hoger ligt dan het meetbereik van de troebelheidsmeter.

3.6 Discussie / Verificatie van de STORA-richtlijn

3.6.1 *slibbalans en slibbuffering*

De aan- en afvoer van drogestof zijn met behulp van de drogestofbalans [1] over een nabezinktank te berekenen.

$$Q_r * G_r + Q_e * G_e = (Q + Q_r) * G_a - X$$

[1]

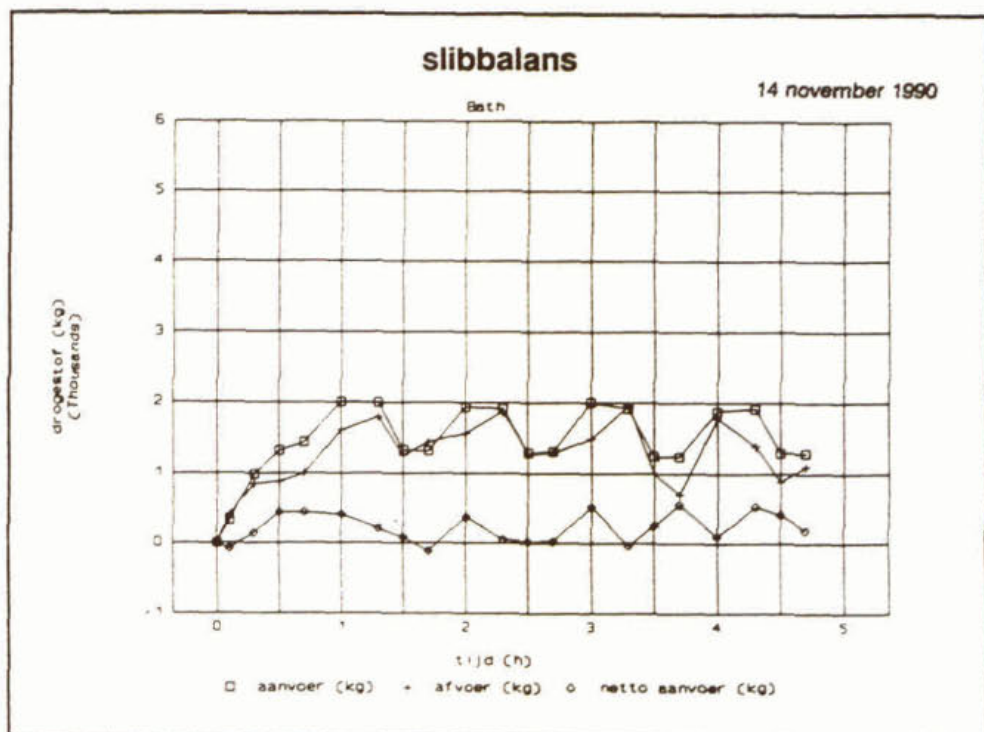
$$\text{afvoer} = \text{aanvoer} - \text{buffering}$$

waarin:

- Q_r = retourdebiet (m^3/h)
- G_r = retourslibconcentratie (kg/m^3)
- Q_e = effluentdebiet (m^3/h)
- G_e = effluentconcentratie (kg/m^3)
- Q = aanvoerdebiet (m^3/h)
- G_a = aanvoerconcentratie (kg/m^3)
- X = buffering (kg/h)

Het aantal metingen en de nauwkeurigheid van de metingen bepalen de nauwkeurigheid van de berekening. Omdat G_a , G_r en G_e met een verschillende frequentie werden gemeten, zijn de waarden geïnterpoleerd in de tijd.

Van elk van de vier meetlokaties is voor één proef de slibbalans grafisch weergegeven. Een voorbeeld is in figuur 1 weergegeven. Hiervoor is de meest representatieve meting gekozen, namelijk die met het meest constante en hoge aanvoerdebiet. De netto aan- en afvoer zijn tegen de tijd uitgezet. Door de netto aanvoer te accumuleren en uit te zetten tegen de tijd is de totale hoeveelheid gebufferd slib op elk tijdstip af te lezen (zie voor de figuren van de overige lokaties bijlage A 2).



Figuur 1. Slibbalans over de nabezinktank van Bath (meetdag 2).

Bij het ontwerp van een nabezinktank wordt, om de hoeveelheid slib te berekenen die tijdens RWA-omstandigheden gebufferd kan worden, gebruik gemaakt van de volgende formule :

$$TD_{s,max} = \frac{1}{4} * \pi * D^2 * (1/6 * D * \alpha + 0,3) * G_c \quad [2]$$

waarin:

$TD_{s,max}$	= maximale hoeveelheid te bufferen slib (kg)
D	= diameter (m)
α	= bodemhelling (-)
0,3	= maximale hoogte van de slibspiegel boven de kantdiepte (m) (N.B. volgens de STORA-richtlijn een veilige marge)
G_c	= gemiddelde drogestofconcentratie van het gebufferde slib (kg/m^3)

De gemiddelde drogestofconcentratie van het gebufferde slib, G_c , wordt dan berekend volgens:

$$G_c = 480 / SVI \quad [3]$$

waarin:

SVI = verdunde slibindex (ml/g)

Ten aanzien van de totale gebufferde hoeveelheid drogestof bij de uitgevoerde proeven blijken verschillen te kunnen optreden tussen de theorie, de berekende waarde met behulp van [2] en [3] en de praktijk, d.w.z. de berekende waarde op basis van de gemeten drogestofconcentraties.

Met het eerste deel van formule [2] en de gemeten hoogte van de slibspiegel kan het volume van de hoeveelheid gebufferd slib worden berekend. Met formule [3] kan de gemiddelde drogestofconcentratie in dat volume worden geschat.

Voor de drie lokaties met een lage waarde van de SVI is de aldus geschatte hoeveelheid drogestof in dat volume groter dan de op basis van drogestofbepalingen en de slibbalans berekende hoeveelheid. In het geval van Roermond en Bath is dit verschil zelfs aanzienlijk. Voor de proeven in Assen komen de geschatte en berekende waarde echter goed overeen.

Een mogelijke verklaring is de volgende. De geschatte waarde van G_c wordt in formule [3] bij lage waarden van de SVI erg hoog. De formule lijkt in dat geval geen goede maat voor de werkelijke waarde van de gemiddelde drogestofconcentratie in de tank. Voor de metingen op rwzi Assen, waar een SVI van tussen 100 en 125 ml/g werd gemeten, blijkt G_c zoals berekend met formule [3] namelijk wél een goede maat.

Opgemerkt wordt dat op de drie lokaties met een lage SVI de gemiddelde drogestofconcentratie van het gebufferde slib niet goed kon worden berekend op basis van de drogestofprofielmetingen. De drogestofconcentraties dicht bij de bodem van de tank waren te hoog ($> 10 kg/m^3$) voor het meetbereik van de drogestofmeter. Op basis van de slibbalans en de slibspiegelhoogte kon echter wel worden berekend hoe hoog de gemiddelde drogestofconcentratie in dat volume onder de slibspiegel bedroeg. De aldus berekende gemiddelde concentratie lag beduidend lager dan de geschatte waarde volgens formule [3].

De STORA-richtlijn uit '81 is opgesteld naar aanleiding van metingen die zijn verricht bij rwzi's met een SVI van 100 ml/g en hoger. De vraag rijst of formule [3] mag worden toegepast voor de schatting van de gemiddelde drogestofconcentratie van gebufferd slib in nabezinktanks indien de SVI aanzienlijk lager ligt dan 100 ml/g. Met formule [3] schat men in zulke gevallen waarschijnlijk een te hoge concentratie.

Naar aanleiding van het opstellen van de drogestofbalansen over de hier in beschouwing genomen nabezinktanks, vormen de volgende twee gegevens een belangrijke foutenbron:

- retourslibdebiet: een geringe afwijking van de opgegeven vijzelcapaciteit heeft grote gevolgen voor de drogestofvracht in het retourdebiet. De retourslibdebieten op de verschillende lokaties zijn **niet** geijkt;
- aanvoerdebiet: er treedt vertraging op tussen het moment dat het influentdebiet wordt gemeten en het moment dat de nabezinktanks dit debiet 'zien'. Bij rwzi's met voorbezinking en grote aëratietanks duurt dit 'opstuwings-effect' langer dan bij rwzi's zonder voorbezinking. In Assen en Amsterdam-Oost was dit effect meetbaar; in Bath en Roermond niet. In de laatste gevallen is een schatting gemaakt van de tijdvertraging, gebaseerd op het waargenomen opstuwings-effect tijdens de metingen op rwzi Amsterdam-Oost. Er is in alle gevallen bij de berekeningen van de actuele belasting van de nabezinktanks gerekend met dit opstuwings-effect.

3.6.2 slibvolumebelasting

De slibvolumebelasting wordt gebruikt als de belangrijkste dimensioneringsgrondslag voor nabezinktanks. In formule 4 is deze parameter weergegeven:

$$v_{sA} = q_a \cdot G_a \cdot \text{SVI} \text{ (l/m}^2\cdot\text{h)}. \quad [4]$$

waarin:

- v_{sA} = slibvolume-belasting (l/m²·h)
- q_a = oppervlaktebelasting (m³/m²·h)
- G_a = aanvoer-concentratie (kg/m³)
- SVI = slibvolume-index (ml/g)

De toelaatbare slibvolumebelasting is, zoals te zien in de onderstaande tabel en in figuur 2, afhankelijk van het slibvolume (VS_v).

slibvolume	toelaatbare slibvolumebelasting
VS _v	v _{sA}
ml/l	l/(m ² ·h)
< 300	300
300-600	200 + 1/3 VS _v
> 600	400

Tabel 1. De toelaatbare slibvolumebelasting.

Voor alle proeven is de slibvolumebelasting bepaald. Hierbij is voor de aanvoerconcentratie bij de praktijkproeven de waarde bij evenwicht gekozen. Indien nog geen evenwicht is bereikt, wordt

deze concentratie ruwweg benaderd met behulp van de laatste meetgegevens. De laatst gemeten slibvolume-index is steeds gebruikt bij de berekening van het slibvolume. De oppervlaktebelasting is berekend met het gemiddelde debiet en de netto diameter (hierbij is gerekend vanaf de buitenste overstortrand).

In tabel 2 zijn de berekeningen samengevat. Of de nabezinktank voldoet aan de STORA-richtlijn is alleen gebaseerd op de toelaatbare slibvolumebelasting waarbij geen overstort plaats mag vinden.

lokatie	Am 1	Am 2	Am 3	As 1	As 2	As 3	As 4	Ba 1	Ba 2	Rm 1	Rm 2
diameter tank (m)	50,2			56,3				50,4		52,8	
opp. tank (m ²)	1979			2489				1995		2190	
debiet gem. (m ³ /h)	2060	2280	2302	1701	1699	1698	1802	1808	1808	1750	1697
opp.bel. (m ³ /m ² *h)	1,0	1,2	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8
G _s (kg/m ³)	2,9	2,8	2,7	2,5	2,5	3,0	2,8	2,5	2,4	2,8	3,0
SVI (ml/g)	67	62	60	110	115	100	125	70	60	58	53
VS _s (ml/l)	194	174	162	275	288	300	350	175	144	162	159
vs _A (l/m ² *h)	202	200	188	188	196	205	253	159	130	130	123
vs _A toelaatbaar	300			300				300		300	
overstort?	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee	nee	nee	nee
voldoet aan STORA?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

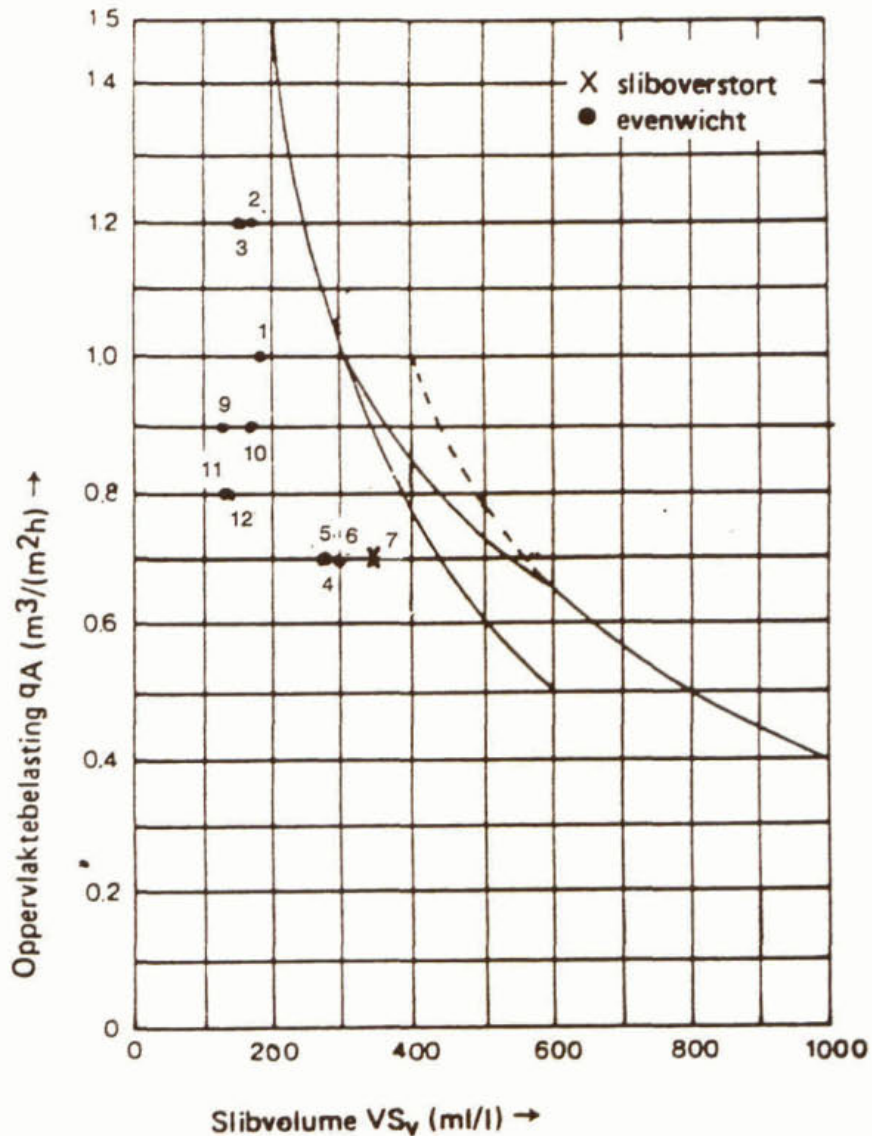
Tabel 2. Toetsing van de STORA-richtlijn.

De berekende oppervlaktebelasting en het slibvolume zijn in de STORA-ontwerpgrafiek (figuur 3) getekend (onder de lijn ligt het "veilig" geachte gebied). De slibvolume-index bedroeg bij de verschillende metingen 100 tot 125 ml/g. Bij de gegeven hydraulische belasting resulteerde dat in een slibvolumebelasting die binnen de richtlijn van de STORA valt.

Hoewel de nabezinktank in Assen tijdens alle metingen aan de STORA-richtlijn voldoet (de punten liggen alle onder de bewuste lijn in de grafiek) trad er tijdens de vierde meetdag sliboverstort op. Ook op de andere meetdagen zou sliboverstort hebben plaatsgevonden als de aanvoer op peil was gebleven. In alle gevallen stijgt de slibspiegel tot ver boven de toegestane 0,3 meter boven de kantdiepte en loopt de drogestofconcentratie in de aërietetank tijdens RWA ontoelaatbaar sterk (> 30%) terug.

Bij de overige lokaties vallen de bedrijfsituaties ruim binnen de STORA-richtlijn en treedt tijdens de ingestelde RWA-situaties geen sliboverstort op. De relatief lage slibindices resulteren in een relatief lage slibvolumebelasting. Aan de hand van de uitgevoerde metingen kan helaas geen uitspraak worden gedaan omtrent de situatie die zich voordoet bij een slibvolumebelasting die in de buurt komt van de volgens de richtlijn maximaal toelaatbare waarde.

Op grond van de bevindingen in Assen kan geconcludeerd worden dat de STORA-richtlijn, als ontwerpcriterium voor grote nabezinktanks, niet altijd een goede werking garandeert. Er kan echter geen algemene uitspraak worden gedaan over de geldigheid van de richtlijn voor grote tanks omdat de verificatiemetingen op de andere lokaties geen bruikbare resultaten opleverden.



Figuur 3. STORA-ontwerpgrafiek met de resultaten van de verificatie

Toelichting op de nummering in bovenstaande figuur:

Nummer	Lokatie
1-3	Amsterdam-Oost
4-7	Assen (N.B. 4-6: proeven voortijdig beëindigd)
9-10	Bath
11-12	Roermond

3.6.3 *kantdiepte*

Alleen in Assen steeg de slibspiegel in alle gevallen tot meer dan 0,3 meter boven de kantdiepte; de kantdiepte van 1,5 meter was niet voldoende om overstort te voorkomen. Bij de overige lokaties stabiliseerde de slibspiegel zich al beneden 0,3 meter boven de kantdiepte. In Assen kwam het op bij de laatste proef tot een sliboverstort. Een grotere kantdiepte zou wellicht het moment van sliboverstort uitgesteld hebben.

De kantdiepte is tevens van invloed op het optreden van kortsluitstromen tussen de inlooptrommel en de slibkegel. Bij de nabezinktank in Assen is de kantdiepte vrij klein in verhouding tot de oppervlakte; de nabezinktank is relatief "plat". Hierdoor is de kans op kortsluitstromen groter dan bij tanks waar méér ruimte is tussen inlooptrommel en tankbodem.

3.6.4 *retourslibcapaciteit*

In Assen wordt ook bij RWA-condities de retourslibvijzel bij 'laag toeren' bedreven. De ervaring aldaar is dat er dan minder snel sliboverstort optreedt dan bij hoog retourdebiet. Een hogere retourcapaciteit heeft een grotere aanvoer tot gevolg. Dit leidt tot extra waterverplaatsing en turbulentie in de nabezinktank. Volgens de slibbalans wordt er echter bij hoge en lage retourslibverhouding ongeveer evenveel slib gebufferd. Tijdens de proeven kon geen significant verschil worden aangetoond tussen de werking van de nabezinktank bij hoog en bij laag retourslibdebiet.

4 METINGEN AAN EEN DEFLECTIESCHOT

4.1 Algemeen

In maart 1991 is in de grote nabezinktank van de rwzi Assen een deflectieschot geplaatst. Om het effect van dit schot op de werking van de nabezinktank te kunnen beoordelen is een aantal metingen verricht. Deze vonden plaats van 27 t/m 30 mei 1991. In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van deze metingen.

Voor gegevens over lokatie, proefopzet, gebruikte apparatuur en aard van de metingen wordt verwezen naar hoofdstuk 2. Afwijkingen van de daarin gepresenteerde werkwijze zijn in paragraaf 4.2 aangegeven.

Een gedetailleerde tekening van het deflectieschot in de grote nabezinktank van de rwzi Assen is in bijlage B 1 gegeven.

4.2 Metingen

In afwijking van hetgeen in hoofdstuk 2 over de werkwijze is gepresenteerd, zijn de drogestofmonsters ten behoeve van de drogestofbalans over de nabezinktank gedurende de eerste twee uren van de proeven om het **kwartier** genomen. Vervolgens is de frequentie verlaagd tot één monster per half uur.

De monsters bij de aëratietank en bij het slibretourgemaal zijn tijdsproportioneel genomen. De effluentmonsters zijn steekmonsters.

De meetpunten ten behoeve van slibspiegel- en drogestofprofielmetingen waren als volgt over de straal van de nabezinktank verdeeld: resp. 4,6 m, 6,7 m, 8,8 m, 14,8 m en 24,0 m van het midden van de tank. De eerste drie meetpunten zijn gekozen in de buurt van het deflectieschot; het vierde punt bevond zich ongeveer in het midden van de straal van de tank. Meetpunt vijf bevond zich op enkele meters van de effluentgoot aan de periferie van de tank.

De hydraulische belasting van de nabezinktank tijdens deze proeven is nauwkeurig gemeten. Daartoe is vier maal per uur de meterstand van de influentpompen genoteerd en het bijbehorende debiet berekend. Bij een afname van het influentdebiet werd extra water gesuppleerd vanuit de kleine nabezinktanks, zodat de gesimuleerde RWA-aanvoer op peil bleef. Het totale aanvoerdebiet bedroeg gedurende de proef steeds circa 1800 m³/h.

De retourslibvijzels op rwzi Assen zijn tweetoerig. Op de eerste en derde meetdag zijn de metingen verricht bij een laag debiet (765 m³/h) van de retourslibvijzels. Op de tweede en vierde meetdag waren de retourslibvijzels op 'hoog toeren' (1026 m³/h) gezet.

4.3 Resultaten

De resultaten van de metingen aan het deflectieschot zijn gepresenteerd in een aantal bijlagen. In bijlage B 2 zijn in de tijd de gemeten drogestofconcentraties in de aanvoer- en retourstroom en het effluent weergegeven, evenals het aanvoerdebiet.

Bijlage B 3 bevat slibbalansen over de nabezinktank over de vier meetdagen.

De slibspiegelstijgingen gedurende de proeven op twee meetpunten in de tank zijn opgenomen in bijlage B 4.

In de volgende paragrafen worden genoemde variabelen in detail beschreven.

4.3.1 *Drogestofconcentraties*

Bij de start van de proeven is in alle gevallen in de aanvoerstream naar de NBT een drogestofconcentratie van $4,2 \text{ kg/m}^3$ of hoger gemeten.

Op de eerste, derde en vierde dag zijn tijdens de eerste anderhalf uur van de metingen waarden gemeten van $4,0 \text{ kg/m}^3$. Vervolgens dalen de concentraties onder $4,0 \text{ kg/m}^3$. Deze situatie doet zich gedurende de tweede meetdag reeds na een kwartier voor.

Tijdens de eerste en de derde meetdag (bij een laag slibretourdebiet) lijken de drogestofconcentraties in de aëratietank zich circa 4 uur na het begin van de metingen te stabiliseren, respectievelijk op $3,6$ en $3,2 \text{ kg/m}^3$. De metingen op de tweede en de vierde meetdag (bij een hoog slibretourdebiet) geven gedurende de gehele meetperiode een afnemende drogestofconcentratie in de aëratietank te zien. Lagere waarden dan $3,1 \text{ kg/m}^3$ zijn daarbij niet gemeten.

De drogestofconcentraties in het retourslib bij de start van de proeven zijn over het algemeen veel hoger dan de drogestofconcentraties in de aanvoerstream. De concentraties dalen in het eerste half uur en stijgen vervolgens gedurende 4 à 5 uur. Dan stabiliseren de drogestofconcentraties zich.

Tijdens de meetdagen met een laag slibretourdebiet (meetdagen 1 en 3) zijn de drogestofconcentraties aan het eind van de metingen in de slibretourstream significant hoger (respectievelijk circa $11,2$ en $10,3 \text{ kg/m}^3$) dan gedurende de beide andere dagen, waarop met een hoog slibretourdebiet werd gewerkt (respectievelijk circa $7,3$ en $9,1 \text{ kg/m}^3$). Dit zou kunnen worden verklaard door minder turbulentie in het gebied tussen inlooptrommel en slibkegel bij het lage slibretourdebiet, waardoor ruiming van het ingedikte bodemslib naar de slibkegel minder wordt verstoord en de kortsluitstroming tussen inlaat en slibretour minder kans krijgt.

Uit de metingen blijkt dat zich bij een laag slibretourdebiet minder drogestof in het effluent bevindt dan gedurende de proeven met hoog slibretourdebiet.

Tijdens de meetdagen met een laag slibretourdebiet (meetdagen 1 en 3) lopen de concentraties drogestof gedurende de metingen in het effluent nauwelijks op en zijn aan het eind van de metingen respectievelijk 5 en 6 g/m^3 .

De drogestofconcentraties tijdens de metingen op meetdag 2 en 4 met hoog slibretourdebiet lopen na ongeveer 3 uur na het begin van de metingen op en zijn bij het eind van de metingen respectievelijk 39 en 12 g/m^3 .

4.3.2 *Slibbalans over de nabezinktank*

Met behulp van de gemeten concentraties in aanvoerstream, slibretourstream en het effluent is een slibbalans te bepalen over de nabezinktank.

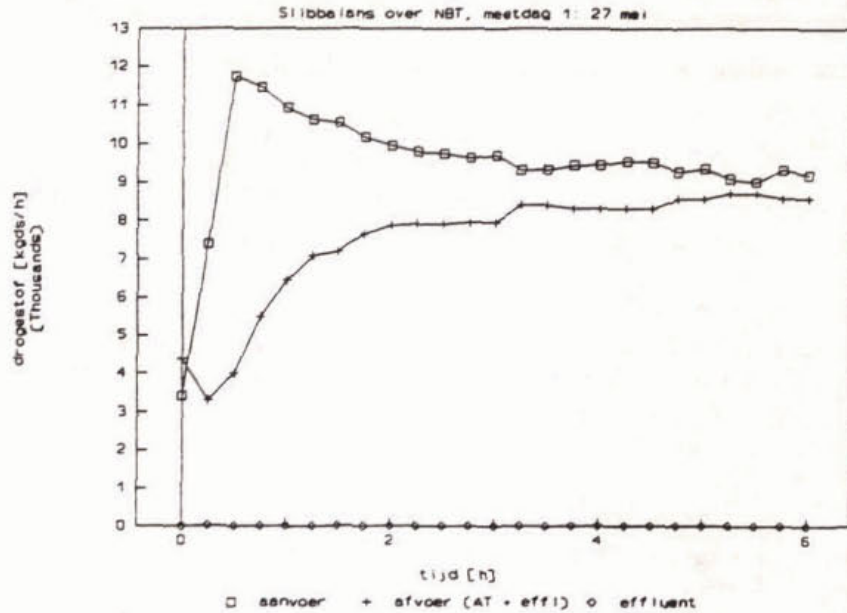
Hieronder is in figuur 4 ter illustratie de slibbalans over de nabezinktank tijdens de eerste meetdag (27 mei 1991) aangegeven.

In deze figuur is op de horizontale as de tijd afgezet. Op de verticale as is weergegeven de hoeveelheid drogestof die per tijdseenheid wordt aangevoerd naar of afgevoerd uit de nabezinktank.

Zoals uit figuur 4 is af te leiden is de aangevoerde hoeveelheid drogestof tijdens de meting steeds groter geweest dan de afgevoerde hoeveelheid.

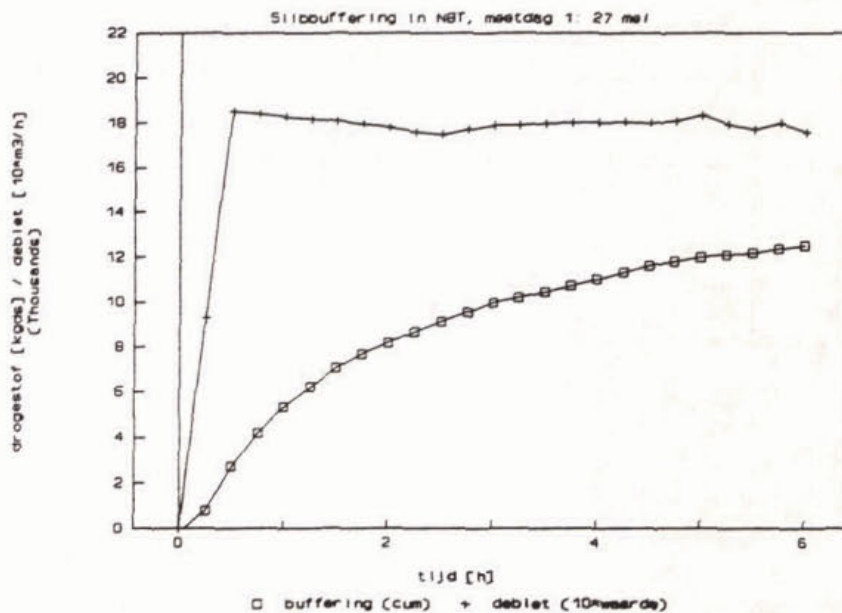
Door het verschil tussen aanvoer van het slib naar de NBT en afvoer vanuit de NBT te accumuleren en uit te zetten in de tijd is een beeld te krijgen van de totale hoeveelheid gebufferd slib. Deze grafiek is opgenomen in figuur 5. In deze grafiek is tevens het aanvoerdebiet (gemiddeld $1800 \text{ m}^3/\text{h}$) weergegeven.

Deflectieschotmetingen Assen mei 1991



Figuur 4. Slibbalans over nabezinktank tijdens meetdag 1 (27 mei 1991)

Deflectieschotmetingen Assen mei 1991



Figuur 5. Slibbuffering in nabezinktank tijdens meetdag 1 (27 mei 1991)

De slibbalansfiguren zijn opgenomen in bijlage B 2. Zoals uit de grafieken kan worden afgelezen is bij een laag slibretourdebiet de buffering van slib in de nabezinktank iets lager dan bij een hoog slibretourdebiet. Tijdens de eerste, derde en vierde meetdag lijkt de buffering zich te stabiliseren. Tijdens de tweede meetdag is de evenwichtssituatie in de buffering nog niet tot stand gekomen aan het einde van de meting.

4.3.3 Slibspiegelhoogte

In onderstaande tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de veranderingen in de slibspiegelhoogte tijdens de vier meetdagen. In het overzicht zijn opgenomen de metingen van de meetpunten 2, 4 en 5. De gegevens van de meetpunten 1 en 3 zijn weggelaten, omdat de punten 1, 2 en 3 dicht bij elkaar lagen. De meetwaarden bij punt 1 vertonen fluctuaties en lijken minder betrouwbaar. Deze verstoringen in de slibdeken zijn waarschijnlijk het gevolg van turbulenties in de buurt van deflectieschot en inlooptrommel.

Bij de metingen is tevens de stand van de ruimerbrug genoteerd. In de tabel zijn voor de meetpunten 2, 4 en 5 die waarden van de slibspiegelhoogte opgenomen, waarbij de stand van de ruimerbrug bij elke waarneming ongeveer gelijk was. Tijdens meetdag 4 is ook nog bij een andere stand van de ruimerbrug gemeten.

meet- dag	stand rui- mer- brug	tijd- stip- me- ting	slibspiegelhoogte [m onder wateropp.]			slibspiegelstijging [m]		
			mp2	mp4	mp5	mp2	mp4	mp5
1	west	begin	1,85	1,85	1,65			
		eind	1,30	1,40	1,15	0,55	0,45	0,50
2	west	begin	1,65	1,65	1,65			
		eind	0,95	1,05	0,85	0,70	0,60	0,80
3	west	begin	1,50	1,60	1,40			
		eind	1,10	1,20	1,00	0,40	0,40	0,40
4	west	begin	1,80	1,80	1,70			
		eind	1,30	1,20	1,00	0,50	0,60	0,70
	oost	begin	2,10	1,90	1,80			
		eind	1,20	1,30	1,00	0,90	0,60	0,80

Tabel 3. Slibspiegelhoogte en slibspiegelstijging per meetdag

De slibspiegel ligt bij het begin van de metingen aan de westkant van de tank tussen 1,5 en 2,0 m onder het wateroppervlak. Deze relatief hoge beginstand van de slibspiegel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het deflectieschot dat een hogere instroming in de nabezinktank forceert. Verder bleek de slibspiegel aan het begin van de metingen niet horizontaal en bleef enigszins scheef liggen tijdens het stijgen van de slibspiegel gedurende de metingen.

Bij een laag slibretourdebiet (gedurende de meetdagen 1 en 3) is de stijging van de slibspiegel ongeveer 0,5 m. Tijdens perioden met een hoog slibretourdebiet is de stijging groter, maar er is geen stijging gemeten groter dan 0,9 m. De hoogte van de slibspiegel aan het eind van de proefmetingen ligt bij een laag slibretourdebiet tussen 1,0 m en 1,4 m onder de waterlijn. Voor de situatie met een hoog slibretourdebiet is dat tussen 0,8 m en 1,3 m onder de waterlijn.

Dit betekent dat in alle gevallen de slibspiegel aan de rand van de tank op het einde van de metingen boven de kandiëpte ligt. Overigens ligt de slibspiegel in alle gevallen aan de kant onge-

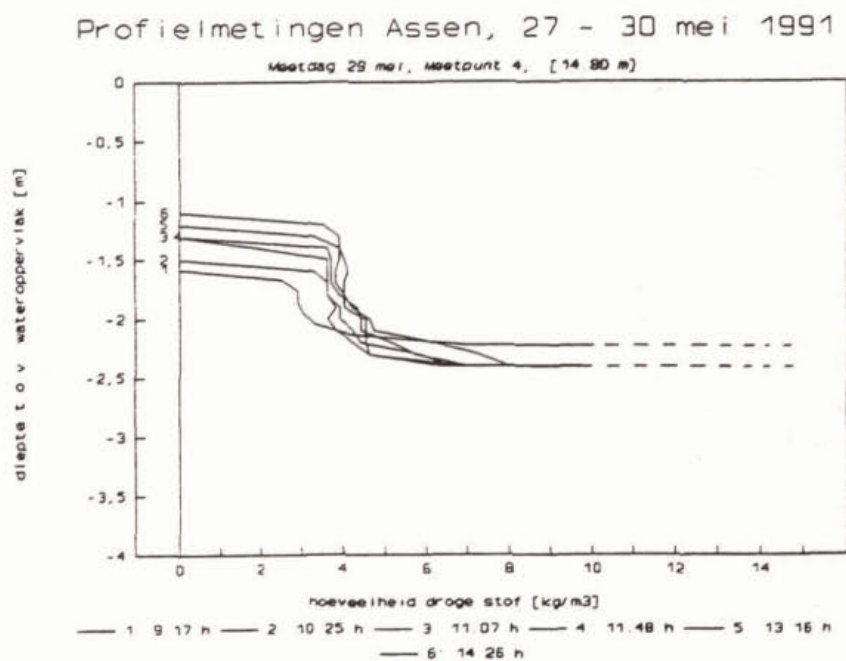
veer 0,2 tot 0,3 m hoger dan in het midden van de tank. Dit wordt wellicht veroorzaakt door de ruimende capaciteit van de slibruimer (oplopende bladhoogte). Hetzelfde verschijnsel deed zich op rwzi Assen voor tijdens de verificatiemetingen en lijkt daarom niet in verband te staan met het aanbrengen van het deflectieschot.

4.3.4 Slibprofiel

De drogestofconcentratie in de slibbufferzone neemt nauwelijks toe tijdens het stijgen van de slibspiegel. Deze bufferzone strekt zich uit tot ongeveer 0,2 m boven de bodem van de tank.

Alleen tijdens de tweede meetdag, bij een hoog slibretourdebiet, werd aan het eind van de metingen ter hoogte van de bodem een laag van 0,3 m gemeten met concentraties aan drogestof van 10 kg/m³ of meer (buiten meetbereik troebelheidsmeter). Tijdens de andere proeven bleven de gemeten concentraties binnen het meetbereik van de troebelheidsmeter.

Ter illustratie volgt hieronder een weergave van het slibprofiel van het 4^e meetpunt tijdens meetdag 3 (29 mei 1991). In figuur 6 staat op de horizontale as de hoeveelheid droge stof en op de verticale as de diepte onder het wateroppervlak. De figuur bevat de gemeten waarden voor de zes uitgevoerde metingen.



Figuur 6. Slibprofiel op meetpunt 4 tijdens meetdag 3 (29 mei 1991)

nabezinktank 2 uitgevoerd.

5.3 Resultaten

Tijdens de meetperiode hebben zich geen kritieke situaties (langdurig RWA gecombineerd met hoge slibindex) voorgedaan. Slechts 10 keer (waarvan 6 maal tijdens de referentiemetingen en 4 maal tijdens de metingen met verhoogd ruimerblad) is een effluentdebiet geregistreerd van meer dan 3000 m³/h.

De metingen gaven aan dat de slibspiegel nooit boven 1,3 m onder de waterspiegel is gestegen. Ook al werden veelvuldig slibwolken in beide nabezinktanks gesignaleerd, de effluent(steeke)monsters bleken steeds minder dan 10 mg/l drogestof te bevatten. Een tussentijdse sliboverstort hoeft door het ontbreken van verzamelmonsters niet noodzakelijk in de resultaten tot uiting te komen.

De slibvolume-index op de rwzi Roermond varieerde sterk. Daarbij verschilden de indices van beide zuiveringsstraten vrijwel voortdurend.

Deze feiten maken het moeilijk statistisch goed gefundeerde uitspraken te doen en conclusies te trekken uit de verzamelde gegevens van dit kwalitatief opgezette onderzoek.

5.3.1 Slibvolume-index

De gemiddelde slibvolume-indices in nabezinktank 1 en nabezinktank 2 gedurende de drie meetperiodes zijn opgenomen in tabel 4.

Meting	SVI in NBT 1 [ml/g]		SVI in NBT 2 [ml/g]		verschil in waarde van de SVI in NBT 1 en NBT 2 [ml/g]	
	Gemidd.	Std. afw.	Gemidd.	Std. afw.	Gemidd.	Std. afw.
1	159	36,4	164	44,1	22,6	22,6
2	137	26,4	139	18,7	14,6	12,8
3	178	48,3	182	48,3	16,8	16,1
1	Referentiemeting					
2	Meting met hoog ruimerblad					
3	Meting met hoog ruimerblad en hoge ruimersnelheid					

Tabel 4. Gemiddelde slibvolume-indices

De gemiddelde waarden voor beide tanks liggen in hetzelfde bereik. De standaardafwijking geeft aan dat in beide tanks grote fluctuaties in de slibvolume-index optreden.

De absolute waarde van het verschil tussen beide slibvolume-indices en de bijbehorende grote standaardafwijking geven aan dat de indices voor beide tanks sterk uiteen kunnen lopen.

5.3.2 Drogestofconcentraties

De gemiddelde drogestofconcentraties in de aanvoerstream en de retourslibstream worden vermeld in tabel 5.

Meting	Gemiddeld drogestofgehalte in aanvoerstroom [kg/m ³]			Gemiddeld drogestofgehalte in retourslibstroom [kg/m ³]		
	NBT 1	NBT 2	Vershil	NBT 1	NBT 2	Vershil
1	2,34	2,25	0,09	3,86	3,75	0,11
2	2,48	2,40	0,08	4,53	4,34	0,19
3	2,58	2,39	0,19	3,97	3,75	0,22
1	Referentiemeting					
2	Meting met hoog ruimerblad					
3	Meting met hoog ruimerblad en hoge ruimersnelheid					

Tabel 5. Gemiddelde drogestofgehalten in aanvoerstroom en retourslibstroom

Uit de gegevens in tabel 5 kan worden afgeleid dat in straat 1 een hoger slibgehalte aanwezig was en dat nabezinktank 1 iets zwaarder werd belast. Dit zou kunnen zijn veroorzaakt door een verschil in debiet van de vijzels (influent en retourslib).

Ook bij de gemeten drogestofgehalten moet worden bedacht dat het hier momentopnamen betreft, waardoor conclusies betrekkelijke waarde hebben.

5.3.3 Slibbuffering

De meetresultaten betreffen momentopnamen en geven niet het werkelijke verloop van de buffering. Er kan daardoor geen dynamische drogestofbalans berekend worden of een beeld worden gevormd van de optredende buffering.

5.3.4 Slibspiegelmetingen

De hoogte van de slibspiegel is in beide nabezinktanks tijdens elke meting op twee plaatsen in de tank gemeten. In tabel 6 is de gemiddelde slibspiegelhoogte opgenomen. De waarden zijn gemiddelden over de beide metingen en over alle meetdagen in de verschillende perioden.

De slibspiegel in nabezinktank 1 heeft gemiddeld iets hoger gelegen dan in nabezinktank 2, vanwege de iets hogere belasting van deze nabezinktank (zie sub-paragraaf 5.3.2).

Uit de waarden in tabel 6 kan slechts worden afgeleid dat de gemiddelde hoogte van de slibspiegel tijdens de drie meetperioden in beide nabezinktanks nauwelijks enig verschil heeft vertoond. De werkelijke waarden hebben wel grote verschillen vertoond. Dit kan worden afgeleid uit de standaardafwijking van de slibspiegelhoogten in beide nabezinktanks. Het verschil tussen de slibspiegelhoogten van beide tanks is gemiddeld niet zo groot, maar de spreiding in dit verschil is in relatieve zin aanzienlijk. Er is daarom geen duidelijke invloed van de hoge ruimer of de hogere ruimersnelheid aan te geven.

De hoogte van de slibspiegel wordt bepaald door de voorgeschiedenis in het zuiveringstraject. In alle gevallen, ook tijdens de referentiemetingen, lag de slibspiegel in nabezinktank 1 hoger dan in nabezinktank 2. Deze constatering kan ook worden gedaan als beide slibspiegelhoogten in detail worden bekeken. Zie hiervoor de figuren in bijlage C 2.

Meting	Gemiddelde slibspiegelhoogte in NBT 1 [m onder wateropp.]		Gemiddelde slibspiegelhoogte in NBT 2 [m onder wateropp.]		Verschil in slibspiegelhoogte in NBT 1 en NBT 2 [m]	
	Gemidd.	Std.afw.	Gemidd.	Std.afw.	Gemidd.	Std.afw.
1	2,71	0,31	2,74	0,33	0,11	0,10
2	2,60	0,43	2,65	0,40	0,08	0,09
3	2,35	0,36	2,39	0,31	0,09	0,08
1	Referentiemeting					
2	Meting met hoog ruimerblad					
3	Meting met hoog ruimerblad en hoge ruimersnelheid					

Tabel 6. Gemiddelde slibspiegelhoogten

5.3.5 Regressie-analyses

Bij de evaluatie van de resultaten van de metingen is de slibspiegelhoogte een belangrijke parameter. Daarom is getracht een verband te vinden tussen de hoogte van de slibspiegel en andere parameters. Regressie-analyse geeft aan dat voor de drie meetsituaties in Roermond geen relatie bestaat tussen de slibvolume-index en de slibspiegelhoogte, en evenmin tussen het effluentdebiet en de slibspiegelhoogte.

Gezocht is naar een relatie tussen de slibvolumebelasting en de slibspiegelhoogte. In de slibvolumebelasting wordt een aantal karakteristieke parameters die de belasting van de nabezinktank beschrijven (oppervlaktebelasting, drogestofconcentratie van de aanvoerstream en de slibvolume-index) gebundeld. Regressie-analyse wijst uit dat tussen de slibvolumebelasting en de slibspiegelhoogte voor de situatie in Roermond geen relatie kan worden aangetoond.

Tenslotte is de relatie tussen het verschil in slibvolume-index tussen beide nabezinktanks en het verschil in slibspiegelhoogte over beide tanks onderzocht. Analyse wijst uit dat een hogere slibvolume-index overeenkomt met hogere slibspiegel. De correlatiecoëfficiënt van deze relatie is echter zeer laag. Indien er al een verband bestaat, is dit louter een positieve correlatie tussen het verschil in slibvolume-index en het verschil in slibspiegelhoogte.

De waarnemingen tijdens de metingen met hoog ruimerblad en de metingen met hoog ruimerblad en hoge ruimersnelheid vertonen een beeld tegengesteld aan dat van de referentiemetingen: er lijkt een negatieve correlatie te bestaan tussen beide parameters. De correlatiecoëfficiënten liggen in de drie beschouwde gevallen alle beneden de waarde 0,5. De resultaten van de regressie-analyse dienen dus met de nodige reserve te worden beschouwd.

Een significante invloed van de aanpassingen van het ruimersysteem op het functioneren van de nabezinktank wordt door de resultaten van de uitgevoerde regressie-analyse niet aangetoond.

6 EVALUATIE

6.1 Verificatiemetingen

De verificatiemetingen hadden tot doel de vigerende STORA-richtlijn voor de dimensionering van nabezinktanks te toetsen voor grote tanks. Gemeten is op de lokaties Amsterdam-Oost (diameter 52 m), Assen (diameter 56,3 m), Bath (diameter 52,8 m) en Roermond (diameter 52,8 m).

Op de lokaties Amsterdam-Oost, Bath en Roermond was tijdens de verificatiemetingen sprake van een relatief lage slibvolume-index (55 tot 70 ml/g). Ten gevolge hiervan was op deze lokaties de slibvolumebelasting onder RWA-condities relatief laag. De bemeten bedrijfssituaties vielen dan ook ruimschoots binnen de waarde die voor de slibvolumebelasting uit de STORA-richtlijn volgt. Op geen van deze lokaties leidde de tijdens de metingen ingestelde RWA-situatie tot een sliboverstort. De slibspiegel steeg slechts in zeer geringe mate.

Aan de hand van de uitgevoerde metingen kan moeilijk een uitspraak worden gedaan over de situatie die zich voordoet bij een slibvolumebelasting die ongeveer gelijk is aan de volgens de richtlijn maximaal toelaatbare waarde. Voor de grote nabezinktanks op de lokaties Amsterdam-Oost, Bath en Roermond kan derhalve niet worden vastgesteld of toepassing van de STORA-richtlijn een garantie biedt voor de goede werking van de tanks.

De STORA-richtlijn is gebaseerd op een groot aantal metingen waarbij in bijna alle gevallen de SVI 100 ml/g of meer bedroeg. Het verifiëren van de richtlijnen voor grote tanks zou derhalve moeten worden herhaald bij hogere slibindices.

In de nabezinktank op de lokatie Assen stelde zich tijdens de verificatiemetingen geen evenwicht in onder RWA-condities. Tijdens een van de metingen, waarbij gedurende langere tijd sprake was van een RWA-debiet, trad zelfs sliboverstort op. Door de aanhoudende buffering van slib in de nabezinktank, tot ver boven 0,3 m boven de kantdiepte, liep de drogestofconcentratie in de aërietetank tijdens alle proeven met meer dan de toegestane 30% terug.

De slibvolume-index bedroeg bij de verschillende metingen 100 tot 125 ml/g. Bij de gegeven hydraulische belasting resulteerde dit in slibvolumebelastingen die nog binnen de Stora-richtlijn lagen. Geconcludeerd kan derhalve worden dat de STORA-richtlijn voor de grote nabezinktank in Assen niet voldoet als ontwerpcriterium.

Het optreden van sliboverstort in Assen kan ondermeer verklaard worden door de constructie van de nabezinktank. De tank is in verhouding tot de tanks op de andere lokaties relatief 'plat' (kantdiepte 1,50 m en diameter 56,3 m; de andere nabezinktanks worden gekenmerkt door een grotere kantdiepte en een kleinere diameter). De grote nabezinktank in Assen heeft, in tegenstelling tot de tanks op andere lokaties, geen dubbele ruimer maar slechts een doorgestoken ruimer, al zijn zowel ruimerbladhoogte als ruimersnelheid groter dan op de andere lokaties. Accumulatie van slib in de nabezinktank en een te geringe toename van het drogestofgehalte van het retourslib werden waarschijnlijk mede veroorzaakt door de relatief sterke kortsluitstroming in het beperkte volume tussen inlooptrommel en slibkegel. Dit heeft wellicht de toestroming van ingedikt slib op de bodem van de tank verhinderd.

Naar aanleiding van deze verificatiemetingen kan een aantal conclusies worden getrokken. Overeenkomstig de waarnemingen tijdens de proeven die ten grondslag lagen aan de huidige richtlijn, lijkt een slibspiegelstijging tijdens RWA-debiet tot boven 0,3 m boven de kantdiepte tot sliboverstort te leiden (Assen). Een hogere kantdiepte dan 1,5 m zal niet alleen het tijdstip van overstort kunnen uitstellen, maar tevens meer ruimte en daarmee minder kans op kortsluitstroming creëren in het gebied tussen inlooptrommel en slibzak.

Een belangrijke conclusie die in '81 bij het opstellen van de STORA-richtlijn is getrokken, kan onderschreven worden: de waarde van de SVI is zeer bepalend voor de goede werking van de nabezinking.

Uit de proeven in Assen blijkt dat de automatische instelling van een hoog retourdebiet onder RWA-condities niet altijd de beste oplossing behoeft te zijn. In de praktijk bestaat deze directe koppeling tussen influentdebiet en slibretourdebiet vaak wel.

6.2 Metingen aan een deflectieschot; vergelijking met verificatiemetingen

De uitkomst van de metingen aan een deflectieschot van mei 1991 vertoont verschillen met de uitkomst van de verificatiemetingen zonder deflectieschot in november 1990, op dezelfde lokatie, namelijk:

Tijdens de metingen stelt zich na verloop van tijd een *evenwicht* in tussen drogestofaanvoer en drogestofafvoer in de nabezinktank. Deze evenwichtssituatie is tijdens de verificatiemetingen nooit bereikt. Bij twee metingen stabiliseerde de slibbuffering zich, ook als het slib boven de kantdiepte was gestegen. Bij de verificatiemetingen bleef de buffering van slib uit de aëratietank bij aanhoudende aanvoer van drogestof steeds toenemen, zeker wanneer het slib boven de kantdiepte was gestegen; eenmaal werd zelfs een sliboverstort waargenomen.

Bij het begin van de metingen aan het deflectieschot bevond de *slibspiegel* zich in het midden van de tank op 1,8 m onder de waterspiegel. Tijdens de verificatiemetingen lag de slibspiegel aan het begin van de metingen op dit punt steeds significant lager, namelijk op 2,6 m onder de waterspiegel. Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het deflectieschot. Het water dat uit de inlooptrommel treedt, wordt door het deflectieschot op enige afstand boven de tankbodem in horizontale richting afgebogen, waardoor kortsluitstroming werd verhinderd en ruiming van bodemslib naar de slibzak minder storing ondervond van turbulente stromingen.

De *stijging van de slibspiegel* was bij zowel de deflectieschot- als de verificatiemetingen afhankelijk van het slibretourdebiet. Bij de metingen met het deflectieschot bedroeg de stijging voor laag en hoog slibretourdebiet 0,5 m respectievelijk 0,7 m. Bij de verificatiemetingen was deze stijging in het midden van de tank 1,0 m respectievelijk 1,5 m. Bij de metingen met het deflectieschot steeg de slibspiegel soms tot boven de 0,3 m boven de kantdiepte, maar kon de slibspiegel zich daarna nog stabiliseren. Bij zowel hoog als laag slibretourdebiet is de stijging van de slibspiegel tijdens de verificatiemetingen hoger geweest dan tijdens de metingen aan het deflectieschot. Bij de laatstgenoemde metingen bleef de slibspiegel $\geq 1,0$ m onder het wateroppervlak. Bij één proef met hoog slibretourdebiet vond tijdens een verificatiemeting overstort van slib uit de nabezinktank plaats.

De gemiddelde waarden van de *drogestofconcentratie* in het effluent zijn door het aanbrengen van een deflectieschot niet significant toegenomen. Aan het begin van een RWA-situatie is geen verhoogde uitspoeling van droge stof waargenomen.

De ervaringen met het deflectieschot zijn positief. Uit proeven op de rwzi Assen kan worden geconcludeerd dat het aanbrengen van zo'n schot de overstort van slib uit de nabezinktank kan voorkomen. Er wordt weliswaar tijdens normale bedrijfssituaties ogenschijnlijk meer drogestof in de tank gebufferd, maar tijdens RWA-situaties wordt sneller een evenwicht in de verstoorde drogestofbalans over de nabezinktank bereikt. Bij geen van de metingen met het deflectieschot trad sliboverstort op.

Het feit dat in Assen de slibretourvizels bij RWA-condities bij 'laag toeren' een betere werking van de nabezinktank te zien geven dan bij 'hoog toeren', is wellicht te wijten aan de geometrie van de

betreffende tank. De tank is destijds ontworpen conform de richtlijnen van de STORA. De grote nabezinktank is nogal ondiep (kantdiepte = 1,50 m); dit zou volgens deze richtlijn hooguit het moment van overstort kunnen uitstellen en niet het ontstaan ervan. De retourslibcapaciteit, op twee toeren instelbaar, is eveneens volgens de STORA-richtlijn ontworpen.

Door de geringe diepte ontstaat tijdens de situatie zonder deflectieschot blijkens de verificatiemetingen een aanzienlijke kortsluitstroming. Na aanbrengen van het deflectieschot wordt door de geringe ruimte tussen uiteinde van het schot en bodem van de tank de ruiming van ingedikt bodemslib naar de slibkegel wellicht verstoord. De 'hoog toeren'-schakeling zou deze verstoring dan enigszins kunnen versterken.

In algemene zin dient nog het volgende te worden opgemerkt.

De processen in een nabezinktank zijn complex en dynamisch van aard. De complexiteit wordt veroorzaakt door de veelheid aan processen, die zich naast elkaar en in onderlinge afhankelijkheid tijdens de nabezinking afspelen.

De scheiding tussen slib en water wordt door een groot aantal variabelen beïnvloed, zoals fysische factoren (temperatuur, golf- en windinvloeden), constructieve afmetingen van de tank (oppervlakte, diepte, inloopconstructie), mechanische aspecten (slibruiming), hydraulische condities (aanvoerdebiet, slibretourdebiet) en de condities van het slib (slibbelasting, bezinksnelheid, slibvolume-index, viscositeit).

Veel van deze variabelen zijn, naast het drogestofdebiet en de hoogte van de slibdeken, ook van invloed op het slibindikkingsproces.

Bij het extrapoleren van de uitkomsten van de proeven op de rwzi Assen naar praktijksituaties op andere rwzi's, is voorzichtigheid dus geboden.

6.3 Metingen aan aangepaste ruimerhoogte en ruimersnelheid

Het extensieve meetprogramma op de lokatie Roermond, dat zich richtte op de vragen of verhoging van de ruimerbladen en ruimersnelheid in de nabezinktank tot betere prestaties zou kunnen leiden, leverde het volgende beeld:

- a. De slibspiegelhoogten in beide nabezinktanks vertonen nauwelijks verschil onder de verschillende omstandigheden.
- b. Uit regressie-analyses blijkt geen verband tussen de slibspiegelhoogte en andere parameters, zoals de slibvolume-index, het effluentdebiet en de slibvolumebelasting.
- c. Indien er al sprake is van enig verschil tussen het gedrag van de parameters in de beide nabezinktanks, is dat hoogstwaarschijnlijk het gevolg van een geringe ongelijke belasting van de tanks, die aan de hand van de referentiemetingen kon worden geconstateerd.

De meetresultaten tonen geen duidelijke invloed van de aangebrachte aanpassingen van het ruimersysteem. Er hebben zich in de beschouwde meetperiode echter geen kritische bedrijfssituaties (hoog aanvoerdebiet en hoge slibindices) voorgedaan. De slibspiegel steeg nimmer meer dan tot ruim 1,5 m onder het wateroppervlak.

Door deze omstandigheden hebben de extensieve metingen niet wezenlijk kunnen aantonen of een verhoging van het ruimerblad en een hogere snelheid van de ruimer kunnen bijdragen aan het beter functioneren van grote ronde nabezinktanks in de praktijk.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op de lokaties Amsterdam-Oost, Bath en Roermond was het slibvolume tijdens de metingen echter dusdanig laag, dat de maximaal toelaatbare slibvolumebelasting niet kon worden gesimuleerd. Voor deze lokaties kon daarom niet worden vastgesteld of de STORA-richtlijn een garantie biedt voor het goed functioneren van de nabezinking.

Op de lokatie Assen was het slibvolume hoger, en kon een kritische bedrijfssituatie beter worden gesimuleerd. Er trad gedurende de metingen geen evenwicht in de slibbalans over de grote nabezinktank op. Eénmaal trad zelfs sliboverstort op: de slibspiegel was op dat moment tot enkele decimeters onder het wateroppervlak gestegen. Op basis van deze proeven kan worden geconcludeerd dat de vigerende STORA-richtlijn voor de lokatie Assen niet voldoet als ontwerpcriterium.

De grote nabezinktank in Assen is relatief ondiep, in vergelijking met de tanks op de drie andere lokaties. Er waren aanwijzingen tijdens de verificatiemetingen dat kortsluitstroming ontstond tussen inlooptrommel en slibkegel. Dat was aanleiding op deze lokatie het effect van een deflectieschot te onderzoeken. De ervaringen met dit deflectieschot zijn duidelijk positief. De slibspiegel stabiliseert zich na enige tijd; er leek zich een evenwicht in te stellen tussen de aan- en afvoer van drogestof in de nabezinktank; er trad geen sliboverstort op. Het verschil in drogestofgehalte van het effluent gedurende de metingen met en zonder deflectieschot was niet significant.

Mede naar aanleiding van de proeven op de lokatie Assen lijkt het wenselijk bij de opschaling van nabezinktanks het principe van gelijkvormigheid te laten prevaleren. Dit zou inhouden dat, anders dan de STORA-richtlijn aangeeft, de kantdiepte en de diameter van nabezinktanks positief gecorreleerd dienen te zijn.

Op verschillende lokaties is zowel met hoog als met laag-toeren slibretourdebiet gemeten. De resultaten vertonen weinig verschil. Op basis van de bevindingen op de lokatie Kralingseveer met een aangepaste retourslibschakeling tijdens RWA-omstandigheden is nader onderzoek naar de optimalisering van de regeling van dit retourdebiet nuttig. Dit onderzoek behoeft zich vooralsnog niet tot grote nabezinktanks te beperken.

Op de lokatie Roermond is gekeken naar de invloed van verhoogde ruimerbladen en ruimersnelheid op het nabezinkproces. Naar aanleiding van de resultaten van de extensieve metingen op de lokatie Roermond met zo'n aangepast ruimersysteem kan worden geconcludeerd dat onder normale bedrijfsomstandigheden deze aanpassingen in de nabezinktank geen significante invloed hebben op de slibruiming in de nabezinktank. Onder meer kritische condities (hoge slib-indices, hoog aanvoerdebiet, hoge slibspiegel) zou slibruiming een beperkende factor kunnen zijn in de nabezinktank.

Voor meer gefundeerde uitspraken over de invloed van de dimensies van de slibruimer is meer onderzoek tijdens kritische bedrijfssituaties nodig.



Bijlage A 1

VERIFICATIEMETINGEN OP VIER LOKATIES

DROGESTOFCONCENTRATIEMETINGEN

METINGEN VAN DE SLIBSPIEGELHOOGTE

SLIBVOLUME-INDICES

Proef nr 1 Amsterdam-Oost
 datum: 25 oktober 1990

begin proef: 9.00
 einde proef: 15.00

Q - 2302 m³/h Qr = 760 m³/h

drogestofconcentratie
 spiegel-
 opmerkingen

aanvoer retour- effluent
 (Ga) s'lb (Gr) (Ge) hoogte s'lbvolum-
 Index

h kg/m³ mg/l m m l/g

h	kg/m ³	mg/l	m	m	l/g	start aanvoer
9.00	3	7,3	16	2,6		
9.20		9,5	20			
9.30	2,9					
9.40		9,2	10			
10.00	2,9	9,9	23	2,5		
10.20		9,9	10			
10.30	2,8					
10.40		9,7	2			
11.00	2,2	8,8	15	2,6		
11.20		9,3	14			
11.30	2,3				64	
11.40		9,8	17			
12.00	2,5	8,5	26			
12.20		9	99			
12.30	3,1					
12.40		9,4	19	2,6		
13.00	3				60	einde proef

Proef nr 1 Amsterdam-Oost
 datum: 23 oktober 1990

begin proef: 9.20
 einde proef: 15.20

Q - 2060 m³/h Qr = 1680 m³/h

drogestofconcentratie
 spiegel-
 opmerkingen

aanvoer retour- effluent
 (Ga) s'lb (Gr) (Ge) hoogte s'lbvolum-
 Index

h kg/m³ mg/l m m l/g

h	kg/m ³	mg/l	m	m	l/g	start aanvoer
9.00						
9.20		4,5	34			
9.30	3,1			2,40		
9.40		5,1	23			
10.00	3,2	5,4	31	2,40		
10.20		5,3	50			
10.30	3,0					
10.40		5,0	21	2,60		
11.00	2,6	5,9	8			
11.20		5,0	13			
11.30	2,6					
11.40		4,3	24	2,60		
12.00	2,7	5,8	24		62	
12.20		4,5	22			
12.30	3,0					
12.40		5,3	19	2,60		
13.00	2,9	5,5	27			
13.20		5,3	18			
13.30	2,8					
13.40		5,6	17			
14.00	2,8	5,5	2	2,60		
14.20		5,5	23			
14.30	2,9					
14.40		5,5	12			
15.00	2,9	5,0	26		67	einde proef
15.20			23			

Proef nr 1 Amsterdam-Oost
 datum: 24 oktober 1990

begin proef: 9.00
 einde proef: 15.20

Q - 2280 m³/h Qr = 1680 m³/h

drogestofconcentratie
 spiegel-
 opmerkingen

aanvoer retour- effluent
 (Ga) s'lb (Gr) (Ge) hoogte s'lbvolum-
 Index

h kg/m³ mg/l m m l/g

h	kg/m ³	mg/l	m	m	l/g	start aanvoer
9.00						
9.20		5	25		2,4	
9.30	3,2					
9.40		6	21	2,4		
10.00	3,2	6,9	31			
10.20		6,4	22			
10.30	2,7					
10.40		6,1	19	2,6		
11.00	2,5	6,6	22			
11.20		5,1	3			
11.30	2,4					
11.40		4,9	44	2,6		
12.00	2,8	5,3	15		67	
12.20		5,5	29			
12.30	2,4					
12.40		5,6	23			
13.00	2,9	5,8	17	2,6		
13.20		5,8	19			
13.30	2,4					
13.40		5,3	8			
14.00	2,8	5,8	22	2,6		
14.20		4,7	7			
14.30	2,7					
14.40		5,4	21			
15.00	2,9	5,7	23		62	einde proef
15.20						

proef: rwt1 Assen
datum: 5 november 1990

begin proef: 10.00 h
einde proef: 15.40 h

Q = 1701 m³/h Qr = 765 m³/h

tijd	drogestofconcentratie (Ga)	retour- slib (Gr)	effluent (Ge)	slib- spiegel- hoogte (hs)	slibvolume- index	opmerkingen
10.00					2,6	start aanvoer
10.20						
10.30	4,6					
10.40		3,4			1,8	
11.00	4,5	4	10			
11.20		4,1	17			
11.30	4,2				1,4	
11.40		4,3	3			
12.00	3	4,7	6		110	
12.20		4,8	5			
12.30	3,5					
12.40		4,7	13			
13.00	3,1	4,7	8			
13.20		5	12	0,9		
13.30	3,1					
13.40		5,1	6			
14.00	3	5,4	5	0,7		
14.20		5,3	43			
14.30	3					
14.40		5,6	14			
15.00	2,1	5,4	42		110	
15.20		6,7	21			
15.30	2,7					
15.40		6,4	61			einde proef

proef: rwt1 Assen
datum: 7 november 1990

begin proef: 10.00 h
einde proef: 16.00 h

Q = 1699 m³/h Qr = 765 m³/h

tijd	drogestofconcentratie (Ga)	retour- slib (Gr)	effluent (Ge)	slib- spiegel- hoogte (hs)	slibvolume- index	opmerkingen
10.00	3,9	3,7			2,7	start aanvoer
10.20	3,9	2,9	11,0		2,1	
10.30			15,0			
10.40	3,9	2,9			1,9	
11.00	3,7	3,3	7,0			
11.20	3,8	3,6	6,0			
11.30					1,7	de silbspiegel begint vanaf 10.50 h scheef te liggen, aan de kant ligt de silbspiegel ongeveer 0,30 m hoger dan bij de inloop
11.40	3,3	4,1	7,0			
12.00	3,3	4,7	2,0			
12.20	3,0	4,7	4,0			
12.30					1,4	
12.40	3,0	5,2	9,0			
13.00	2,9	5,6	3,0			
13.20	2,8	5,5	6,0			
13.30						
13.40	2,8	5,7	3,0	1,2		
14.00	2,5	5,6	8,0			
14.20	2,7	5,4	5,0			
14.30						van 14.15 tot 14.30 heeft de ruimerbrug stil gestaan.
14.40	2,6	4,5	5,0	1,1		
15.00	2,5	6,2	2,0		115	
15.20	2,5	5,9	2,0			
15.30						
15.40	2,4	6,1	1,0			
16.00	2,5	7,9	2,0	1,0		einde proef

proef: met Assen
datum: 3 november 1990

begin proef: 10.30 h
einde proef: 15.20 h

Q = 1698 m³/h Qr = 1025 m³/h

tijd	drogestofconcentratie		slib- spiegel- hoogte (hs)	slib- spiegel- hoogte (hs)	opmerkingen
	aanvoer (Ga)	retour- slib (Gr)			
h	kg/m ³	kg/m ³	m	m	ml/g
10.00	4,2	3,7	2,5		start aanvoer
10.20		3,7	11,0		
10.30	4,0				
10.40		3,2	1,0	2,2	
11.00	3,9	3,0	7,0		
11.20		3,1	7,0	1,8	
11.30	3,7				
11.40		3,4	3,0		
12.00	3,4	3,9	5,0		100
12.20		4,2	1,0	1,4	
12.30	3,3				
12.40		4,6	6,0		
13.00	2,8	4,5	1,0		
13.20		4,5	6,0	1,3	
13.30	2,8				
13.40		4,9	3,0		
14.00		4,8	8,0		
14.20		7,4	2,0		
14.30					
14.40		7,1	3,0	1,1	
15.00		5,4	0,0		einde proef

proef: met Assen
datum: 25 november 1990

begin proef: 10.40 h
einde proef: 16.00 h

Q = 1802 m³/h Qr = 1026 m³/h

tijd	drogestofconcentratie		slib- spiegel- hoogte (hs)	slib- spiegel- hoogte (hs)	opmerkingen
	aanvoer (Ga)	retour- slib (Gr)			
h	kg/m ³	kg/m ³	m	m	ml/g
10.40	5,3	3,7	2,7		start aanvoer
11.00	4,9	6,2	58		
11.20	4,9	3,7			
11.30					
11.40	4,7	4,0	33	1,7	
12.00	4,6	4,3	6		120
12.20	4,3	4,7			
12.30			24		
12.40	4,2	4,5		1,1	
13.00	4,0	4,3	4		
13.20	3,8	4,3			
13.30			6		
13.40	3,5	4,4		0,7	aan de buitenzijde van de tank is hs 50 cm
14.00	3,2	4,3	11		
14.20	3,1	4,3			
14.30			3		
14.40	3,1	4,6	16		Ge om 14.45 h
15.00	3,0	4,5	26	0,5	125
15.20	2,9	4,7	99		Ge om 15.15 h
15.30			125		
15.40	2,8	4,7	690		sliboverstort
16.00					einde proef

Proef rnz1 Bath
datum: 13 november 1990

begin proef: 10.05
einde proef: 15.00

Q = 1808 m³/h Qr = 1117 m³/h

tijd	drogestofconcentratie			slib- spiegel-		opmerkingen
	aanvoer (Ga)	retour- slib (Gr)	effluent (Ge)	hoogte (hs)	slibvolume- index	
h	kg/m ³	kg/m ³	mg/l	m	ml/g	
10.05	3,1	4,6	10	2,8		bemonstering Ge, Ga en Gr
10.20			5,1	5		om 10.10 h
10.30	2,9					voor het meetpunt het dichtst
10.40			3,2	20		bij de inloop is een
11.00	2,9		3,8	15	2,5	vertikale pijp door
11.20			5,3	15		de pur-schuimlaag gemaakt
11.30	2,6					
11.40			5,2	20	2,5	
12.00	2,4		5,2	15		65
12.20			7,2	15		
12.30	2,5					
12.40			6,7	10	2,4	
13.00	2,4		4,5	10		
13.20			4,5	10		
13.30	2,2					
13.40			5,2	10	2,4	
14.00	2,8		5,6	10		
14.20			5,5	10		
14.30	2,4					
14.40			3,3	5	2,4	
15.00			5,5	15		70 einde proef

Proef rnz1 Bath
datum: 14 november 1990

begin proef: 10.00
einde proef: 14.40

Q = 1808 m³/h Qr = 815 m³/h

tijd	drogestofconcentratie			slib- spiegel-		opmerkingen
	aanvoer (Ga)	retour- slib (Gr)	effluent (Ge)	hoogte (hs)	slibvolume- index	
h	kg/m ³	kg/m ³	mg/l	m	ml/g	
10.00	2,8	4,9	10			start aanvoer
10.20			5,2	10	2,4	
10.30	2,8					voor het meetpunt het
10.40			6,1	10		dichtst bij de inlooptrommel
11.00	2,5		6,6	10		is een verticale buis in
11.20			7,3	5	2,3	de pur-afdeklaag aangebracht
11.30	2,5					
11.40			8,8	10		
12.00	2,5		6,4	15		60
12.20			7,8	10	2,4	
12.30	2,5					
12.40			7,9	10		
13.00	2,6		6,1	15		
13.20			8	10	2,4	
13.30	2,3					
13.40			4,2	10		
14.00	2,4		7,3	10		
14.20			5,7	10		
14.30	2,5				2,4	
14.40			6,7	5		60 einde proef

Proef rwzi Roermond
 datum: 21 november 1990
 begin proef: 10.20
 einde proef: 15.30

Q = 1697 m³/h Qr = 1302 m³/h

tijd	drogestofconcentratie		slib- spiegel-		opmerkingen
	aanvoer (Ga)	retour- slib (Gr)	effluent (Ge)	hoogte (hs)	
h	kg/m ³	kg/m ³	mg/l	m	m ³ /g
10.20		3,6		3,3	start aanvoer
10.30	3,8				
10.40		3,2			
11.00	3,8	4	10		
11.20		5,8		2,7	
11.30	3,8				
11.40		6,6			
12.00	2,8	7,6	22		57
12.20		8,4		2,6	
12.30	2,5				
12.40		7,5			
13.00	2,3	7,4	7		
13.20		7,1			
13.30	2,7				
13.40		6,7		2,7	
14.00	3,1	6,3	14		
14.20		5,9		2,5	
14.30	3				
14.40		6,8			
15.00	3	6,1	10		53
15.20		7			
15.30	2,9	14		2,6	einde proef

Proef rwzi Roermond
 datum: 20 november 1990
 begin proef: 10.40
 einde proef: 16.00

Q = 1750 m³/h Qr = 1302 m³/h

tijd	drogestofconcentratie		slib- spiegel-		opmerkingen
	aanvoer (Ga)	retour- slib (Gr)	effluent (Ge)	hoogte (hs)	
h	kg/m ³	kg/m ³	mg/l	m	m ³ /g
10.40				2,9	start aanvoer
11.00	3,3	2,3			
11.20		3,5	22		
11.30	3,8			2,6	
11.40		4,6			
12.00	3,5	5,2			57
12.20		6,2	20	2,6	
12.30	2,7				
12.40		7,1			
13.00	2,2	7	22		
13.20		6,5			
13.30	2,2			2,8	
13.40		6,3	20		
14.00	2,6	5,7			
14.20		5,9	26		
14.30	2,8			2,7	
14.40		5			
15.00	2,8	6	30		58 einde proef
15.20		6,1			
15.30	2,7	6,6	31		(14.45 h)
15.40		2,8		2,8	
16.00	2,7	6,6			

Bijlage A 2

VERIFICATIEMETINGEN OP VIER LOKATIES

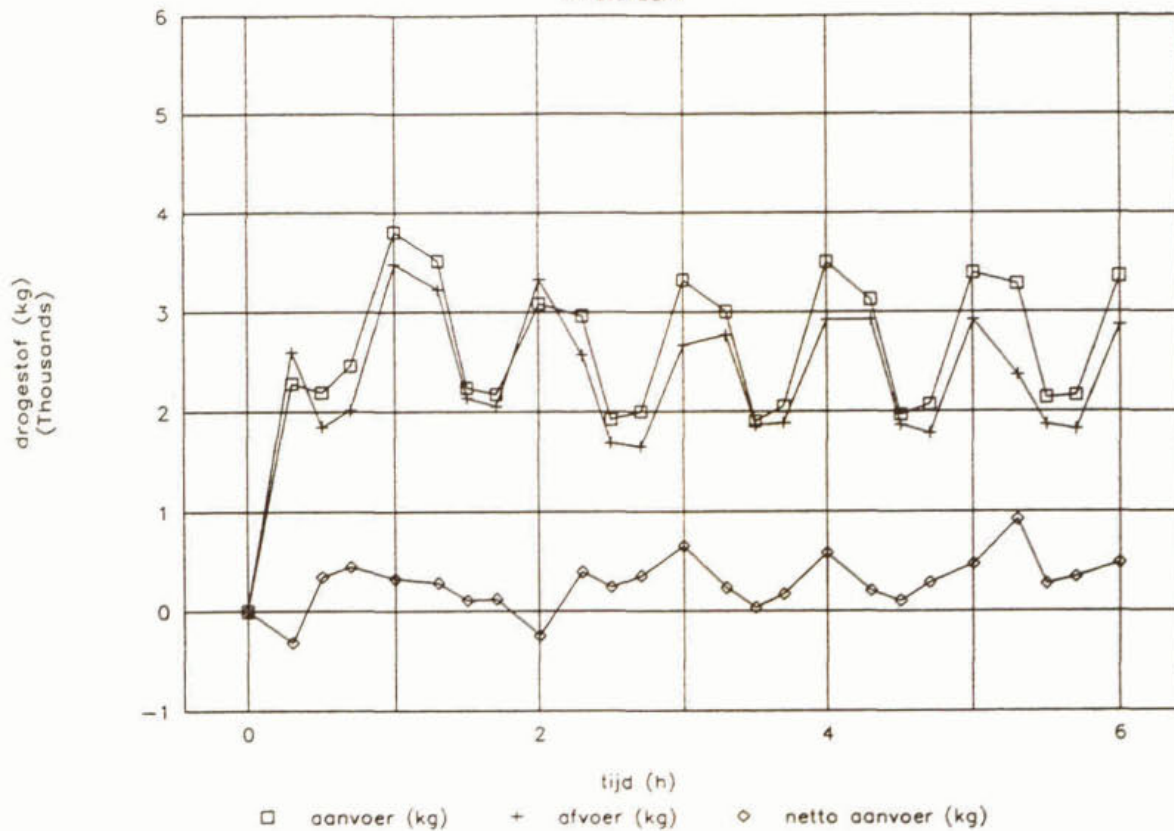
SLIBBALANSEN (FIGUREN)

SLIBBUFFERING (FIGUREN)

slibbalans

Amsterdam

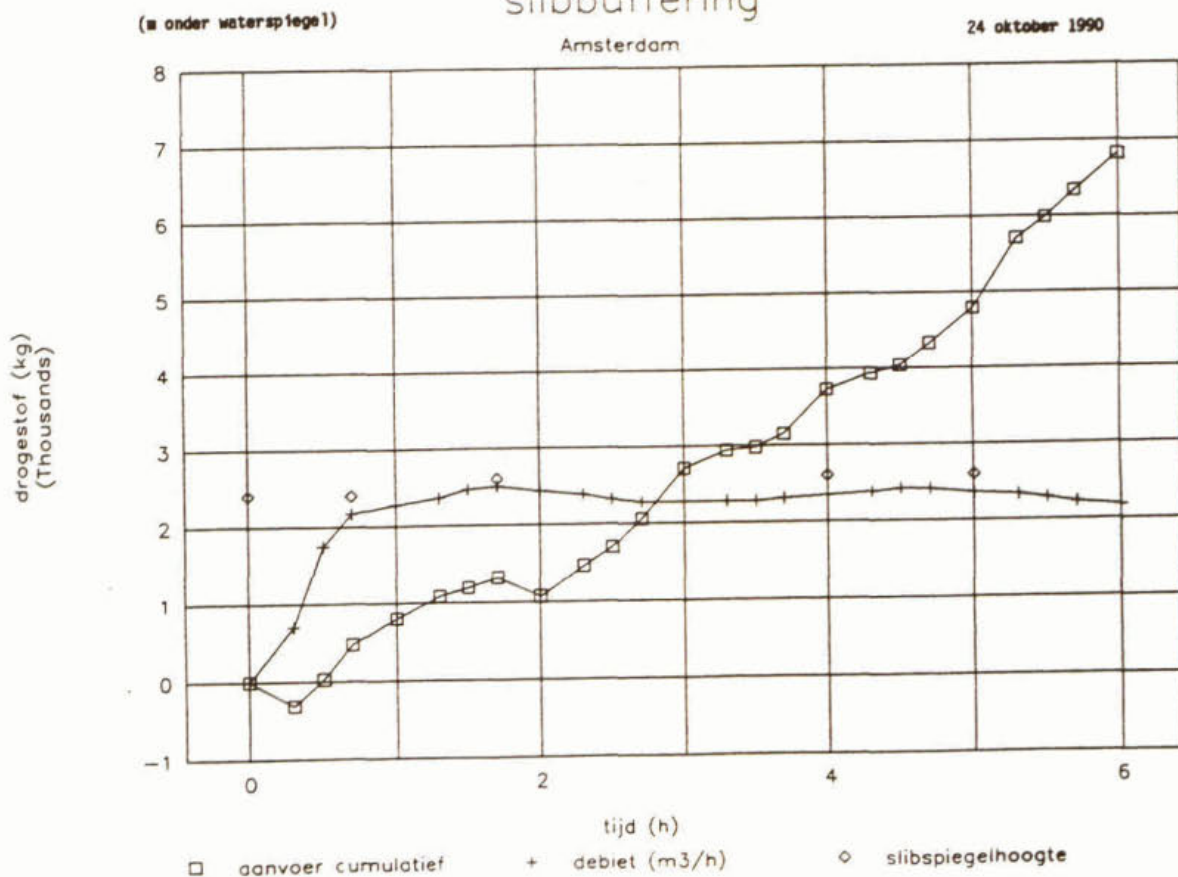
24 oktober 1990



slibbuffering

Amsterdam

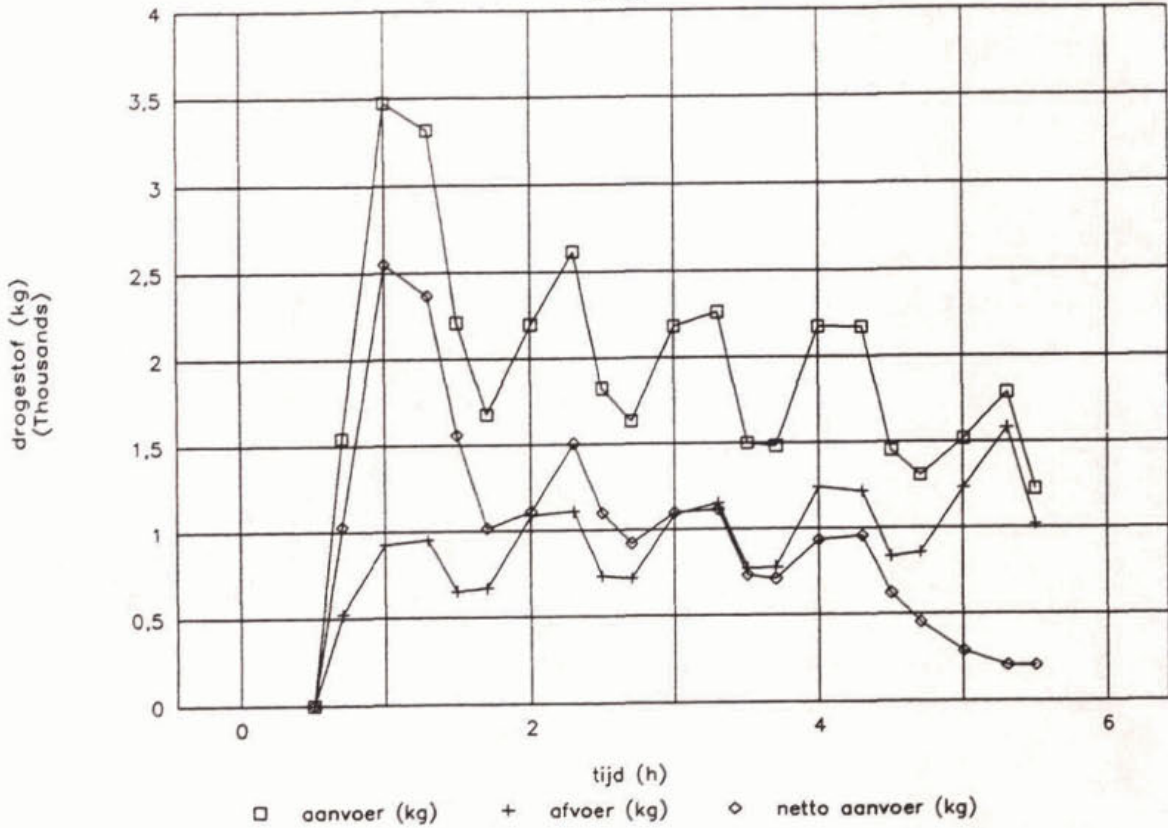
24 oktober 1990



slibbalans

Assen

5 november 1990

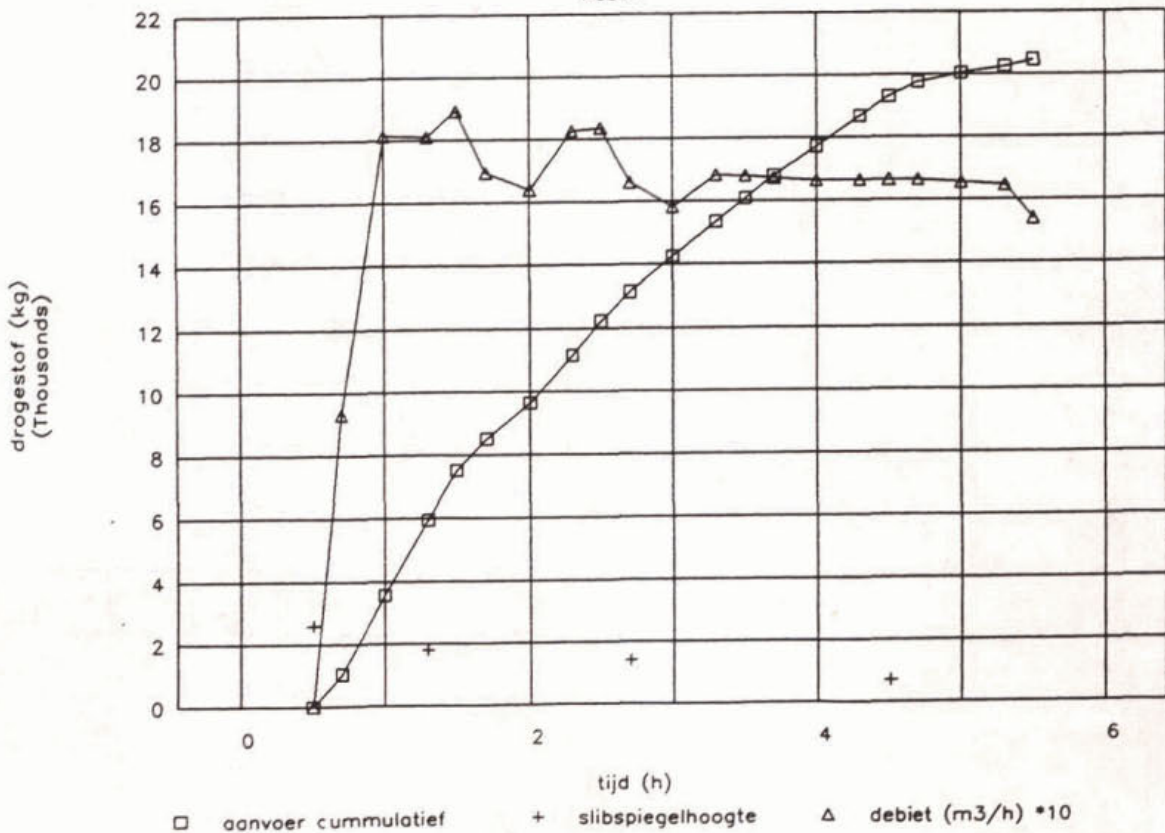


slibbuffering

(■ onder waterspiegel)

Assen

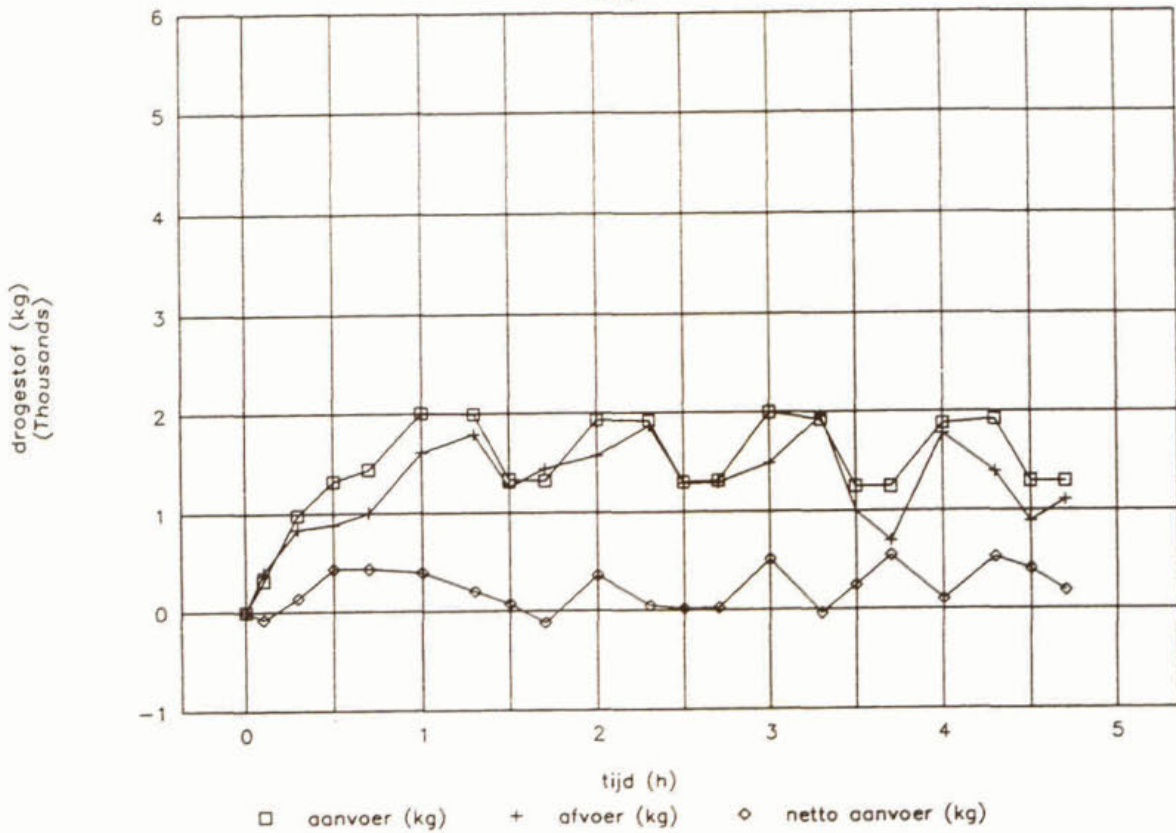
5 november 1990



slibballans

14 november 1990

Bath

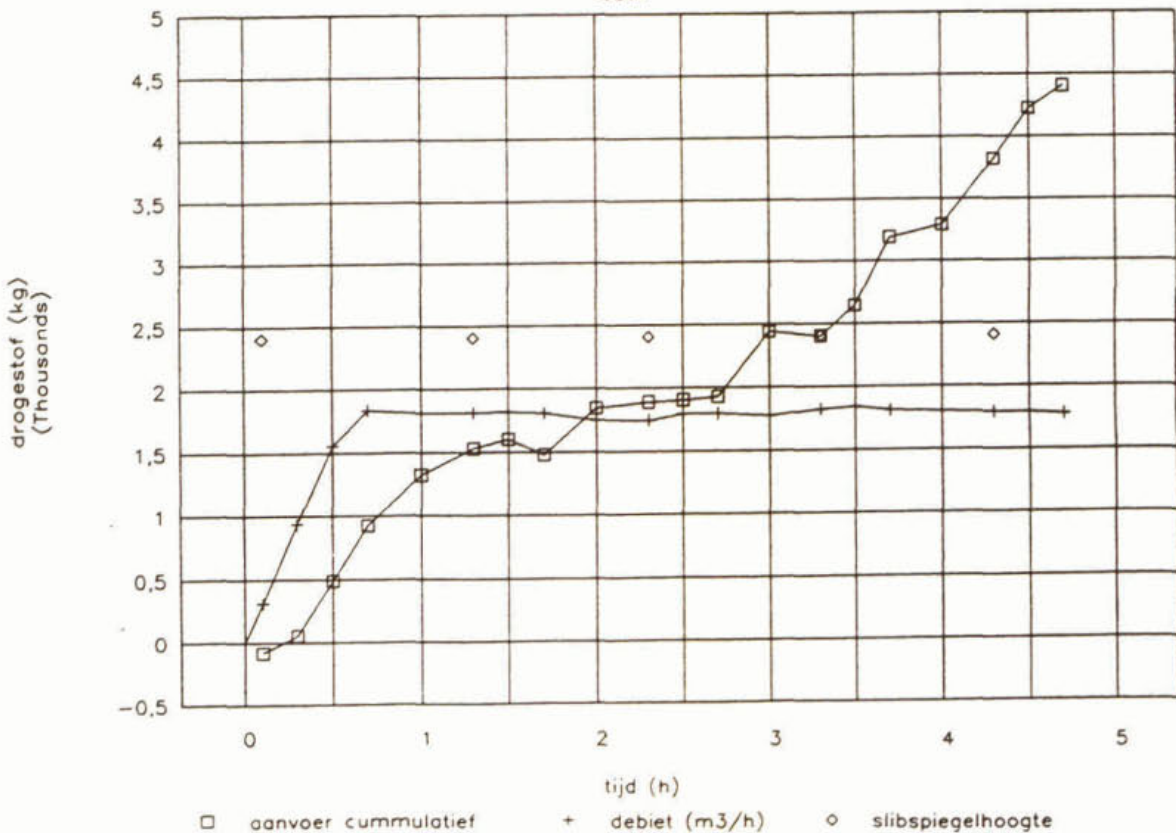


slibbuffering

14 november 1990

(m onder waterspiegel)

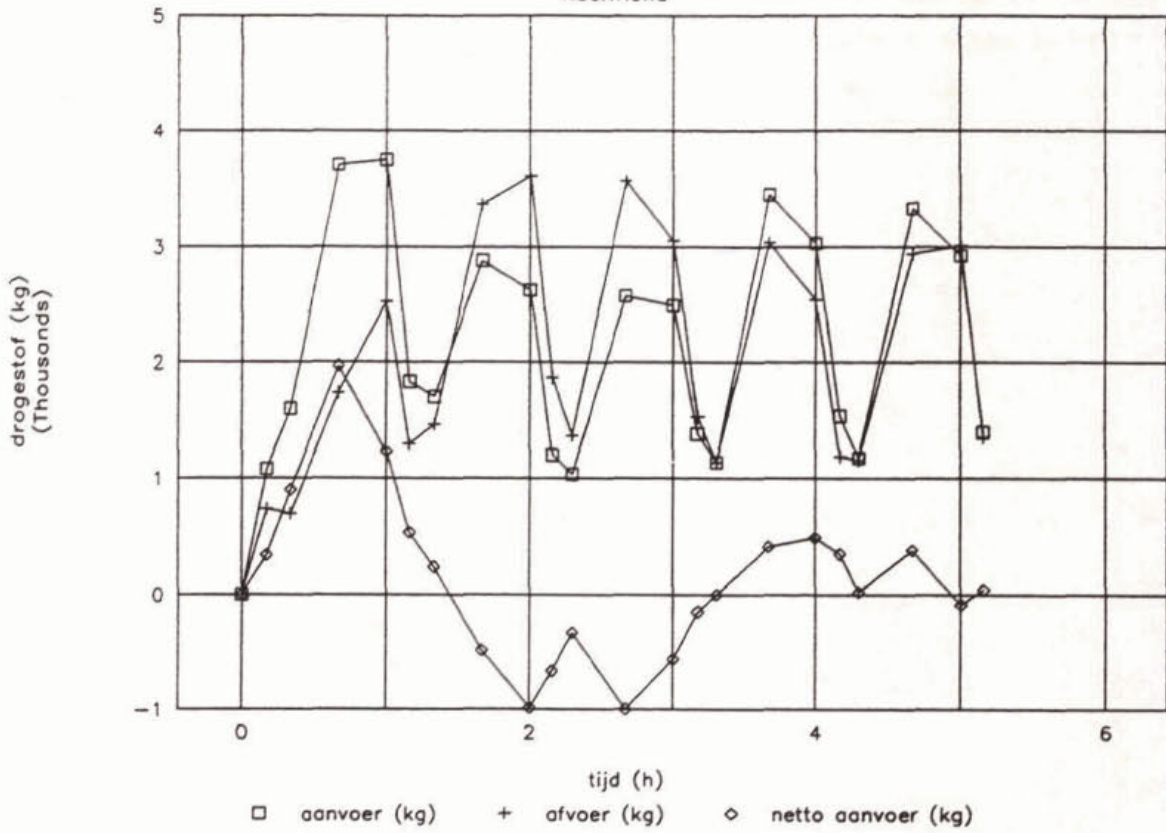
Bath



slibbalans

Roermond

21 november 1990

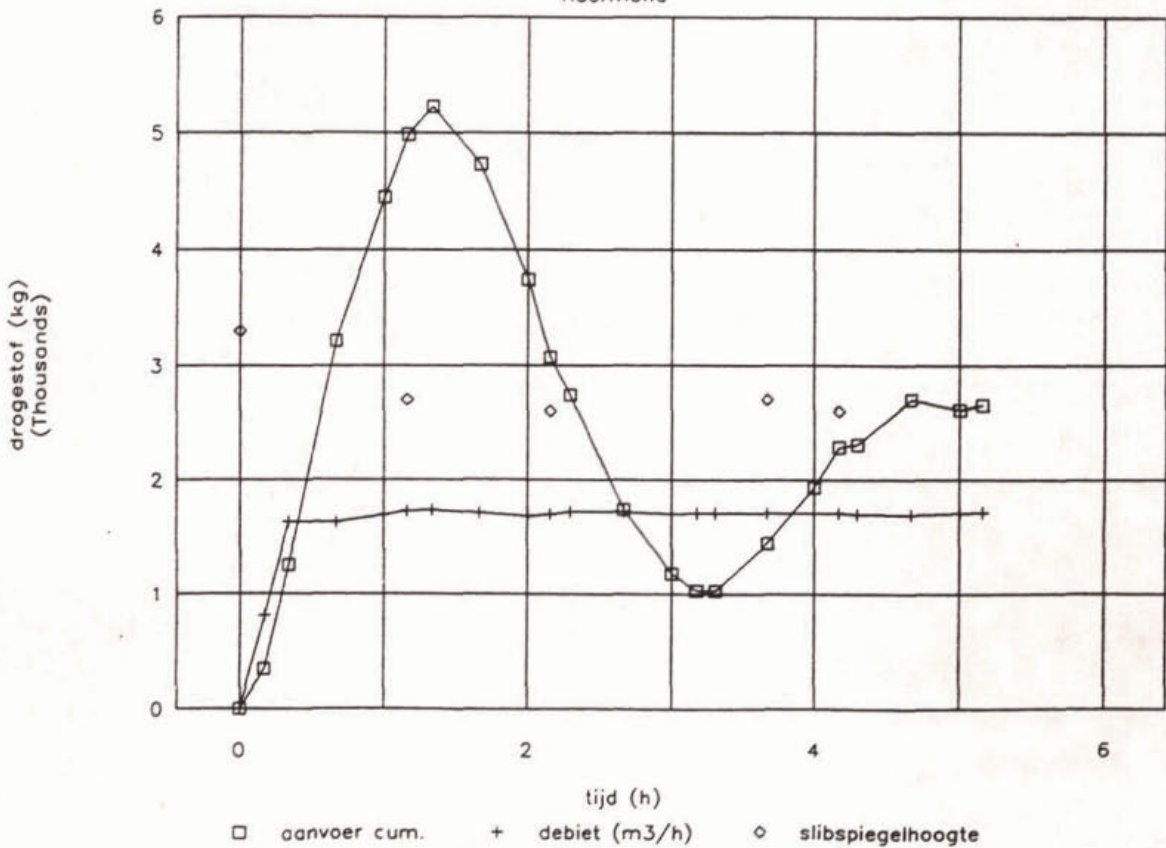


slibbuffering

(n onder waterspiegel)

Roermond

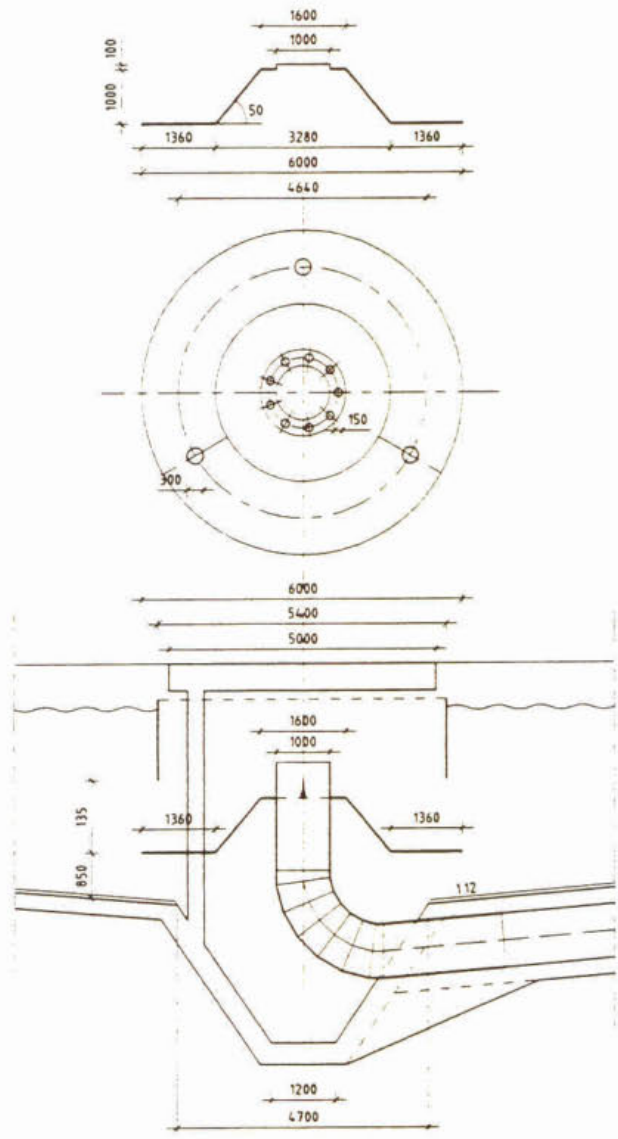
21 november 1990



Bijlage B 1

METINGEN AAN EEN DEFLECTIESCHOT

TEKENING DEFLECTIESCHOT IN GROTE NABEZINKTANK RWZI ASSEN



© DHV Water BV

Deze tekening mag niet worden verspreid, openbaar gemaakt of in druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DHV Water BV, noch mag deze zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor zij is vervaardigd.

	DEFLECTIESCHOT		schaal 1:100	get. JM	datum
	RIOOLZUIVERING ASSEN		maten in mm	gez.	911031
			boekingsnr.		bladnr.

PRODUCED BY CT
DN 31 / 10 / 91 AT 15 : 29

DRAWING FILENAME E.HEY
PLOTTED AT SCALE 1:1

Bijlage B 2

METINGEN AAN EEN DEFLECTIESCHOT

DROGESTOFCONCENTRATIES IN AANVOER- EN SLIBRETOURSTROOM EN HET EFFLUENT

Deflectieschotmetingen rvzi Assen mei 1991.
Resultaten analyses

Meetdag 1: 27 mei 1991

Algemeen: QR = 765 m3/h (= laag toeren)

Debietgegevens tijd [hh.mm.ss]	Q [m3/h]	Drogestofconcentratie			Ge
		Ga [gds/l]	Gr [gds/l]	Ge [mgds/l]	
10.30.00	0	4,455	5,709		
10.45.00	1856	4,371	4,296	20	
11.00.00	1848	4,484	5,223	2	
11.15.30	1835	4,394	7,182	3	
11.30.00	1817	4,219	8,417	5	
11.45.00	1816	4,119	9,255	3	
12.00.00	1800	4,103	9,394	7	
12.15.45	1790	3,976	9,997	2	
12.31.15	1765	3,913	10,285	4	
12.47.30	1750				
13.00.00	1742	3,880	10,330	5	
13.15.15	1799				
13.36.00	1778	3,803	10,390	4	
13.51.00	1800				
14.07.15	1794	3,646	10,982	6	
14.22.30	1803				
14.37.30	1808	3,688	10,862	7	
14.51.00	1808				
15.09.30	1787	3,720	10,872	7	
15.21.00	1828				
15.39.00	1839	3,606	11,197	7	
15.51.00	1743				
16.07.25	1793	3,560	11,375	6	
16.22.00	1802				
16.35.30	1711	3,648	11,214	5	

- Toelichtingen:
- Na het inschakelen van de influentpomp duurt het ca. 20 minuten voordat het effluentdebiet maximaal is.
- QR = slijbretourdebiet
- Q = totale aanvoerdebiet naar de zuivering (influent + suppletie vanuit kleine NBTs)
- Ga = ds affloop Aëratie (tijdsproportioneel)
- Gr = ds slijbretour (tijdsproportioneel)
- Ge = ds effluent (steek)

Deflectieschotmetingen rvzi Assen mei 1991.
Resultaten analyses

Meetdag 2: 28 mei 1991

Algemeen: QR = 1026 m3/h (= hoog toeren)

Debietgegevens tijd [hh.mm.ss]	Q [m3/h]	Drogestofconcentraties			Ge
		Ga [gds/l]	Gr [gds/l]	Ge [mgds/l]	
9.00.00	0	4,223	3,700		
9.15.00	1804	3,236	3,900		
9.30.00	1800	3,592	3,400	6	
9.45.00	1808	3,569	4,700	6	
10.05.30	1809	3,886	5,198	9	
10.15.00	1813	3,856	6,300	7	
10.30.30	1808	3,846	6,669		
10.45.00	1800	3,609	6,700	2	
11.00.00	1800	3,670	7,100	6	
11.18.00	1797				
11.33.00	1800				
11.45.00	1805				
12.00.00	1800	3,594	7,700	16	
12.15.00	1859				
12.37.00	1740	3,596	7,900	34	
12.52.00	1800				
13.07.30	1795	3,424	8,100	17	
13.22.00	1826				
13.37.00	1764	3,396	7,500		
13.52.00	1905				
14.07.00	1589	3,391	7,800	2	
14.22.00	1957				
14.38.30	1898	3,100	7,500	27	
14.52.00	1704				
14.57.00	1693	3,200	7,300	39	

- Toelichtingen:
- Na het inschakelen van de influentpomp duurt het ca. 20 minuten voordat het effluentdebiet maximaal is.
- QR = slijbretourdebiet
- Q = totale aanvoerdebiet naar de zuivering (influent + suppletie vanuit kleine NBTs)
- Ga = ds affloop Aëratie (tijdsproportioneel)
- Gr = ds slijbretour (tijdsproportioneel)
- Ge = ds effluent (steek)

Deflectieschotmetingen rwzi Assen mei 1991.
Resultaten analyses

Meetdag 3: 29 mei 1991

Algemeen: QR = 765 m3/h (= laag toeren)

Debietgegevens		Drogestofconcentraties			
tijd	Q	tijd	Ga	Gr	Ge
[hh.mm.ss]	[m3/h]	[hh.mm]	[gds/l]	[gds/l]	[mgds/l]
8.30.00	0	8.30	4,300	4,200	
8.45.00	1864	8.45	4,300	4,000	6
9.00.00	1808	9.00	4,300	4,100	3
9.17.30	1838	9.15	4,400	5,900	7
9.30.00	1858	9.30	4,200	7,500	3
9.45.00	1844	9.45	4,000	8,200	6
10.00.00	1840	10.00	3,700	8,900	
10.15.00	1824	10.15	3,700	9,300	7
10.30.55	1820	10.30	3,600	8,900	5
10.45.00	1824	10.45			
11.01.00	1823	11.00	3,400	9,800	
11.16.00	1804	11.15			
11.30.00	1800	11.30	3,700	9,800	9
11.45.00	1800	11.45			
12.02.00	1975	12.00	3,500	10,200	4
12.15.00	1571	12.15			
12.38.00	1796	12.30	3,200	9,400	5
12.51.00	1801	12.45			
13.06.00	1800	13.00	3,300	10,500	7
13.22.00	1798	13.15			
13.36.00	1803	13.30	3,100	10,100	6
13.51.00	1800	13.45			
14.05.00	1990	14.00	3,200	10,500	
14.20.00	1553	14.15			
14.35.00	1805	14.30	3,300	10,300	
14.35.52	1789	14.45			

Toelichtingen:

- Na het inschakelen van de influentpompen duurt het ca. 20 minuten voordat het effluentdebiet maximaal is.
- QR = slibretourdebiet
- Q = totale aanvoerdebiet naar de zuivering (influent + suppletie vanuit kleine NBTs)
- Ga = ds afloop Aëratie (tijdsproportioneel)
- Gr = ds slibretour (tijdsproportioneel)
- Ge = ds effluent (steek)

Deflectieschotmetingen rwzi Assen mei 1991.
Resultaten analyses

Meetdag 4: 30 mei 1991

Algemeen: QR = 1026 m3/h (= hoog toeren)

Debietgegevens		Drogestofconcentraties			
tijd	Q	tijd	Ga	Gr	Ge
[hh.mm.ss]	[m3/h]	[hh.mm]	[gds/l]	[gds/l]	[mgds/l]
8.30.00	0	8.30	4,300	4,300	
8.45.00	1832	8.45	4,300	3,800	31
9.00.00	1812	9.00	4,200	4,300	5
9.15.00	1799	9.15	4,200	5,300	5
9.30.00	1799	9.30	4,000	6,500	5
9.44.00	1796	9.45	3,800	7,700	5
9.59.00	1796	10.00	4,000	7,100	5
10.15.00	1795	10.15	3,700	7,400	5
10.31.00	1793	10.30	3,800	8,100	5
10.45.00	1796	10.45			
11.02.00	1790	11.00	3,700	8,200	12
11.15.00	1794	11.15			
11.35.00	1777	11.30	3,800	8,500	25
11.45.00	1806	11.45			
12.00.00	1786	12.00	3,800	8,700	5
12.15.00	1785	12.15			
12.34.00	1775	12.30	3,400	8,200	5
12.49.00	1784	12.45			
13.06.00	1778	13.00	3,600	8,600	5
13.21.00	1736	13.15			
13.36.00	1777	13.30	3,500	9,100	5
13.51.00	1777	13.45			
14.07.00	1772	14.00	3,500	8,600	84
14.21.00	1780	14.15			
14.36.00	1773	14.30	3,300	9,100	12

Toelichtingen:

- Na het inschakelen van de influentpompen duurt het ca. 20 minuten voordat het effluentdebiet maximaal is.
- QR = slibretourdebiet
- Q = totale aanvoerdebiet naar de zuivering (influent + suppletie vanuit kleine NBTs)
- Ga = ds afloop Aëratie (tijdsproportioneel)
- Gr = ds slibretour (tijdsproportioneel)
- Ge = ds effluent (steek)

Deflectieschotmetingen rwzi Assen mei 1991
Algemene gegevens

Meetdag 1: 27 mei 1991

Begin proef (pompen aan): 10.30 h
Einde proef (pompen uit): 16.30 h

Algemene gegevens

Temperatuur buitenlucht: 11 oC
Temperatuur water AT: 15,5 oC
Windrichting: NWN
Windkracht: 3 Bft

Analyse-gegevens

Tijd	Slibvolumeindex [ml/g]	Drogestof [kg/m ³]
12.00	130	3,6
13.00	130	3,4

IJking drogestofmeter, 27 mei 1991

IJking	Aflezingspan 75 [%]	Aflezingspan 50 [%]	Conc. DS [kg/m ³]
0	74	-	8,539
1	58,4	87,2	7,165
2	34,5	51,4	4,516
3	17	24,9	2,261

IJkconstanten

ccc1	0,3719	span 50
ccc2	0,0784 kg/m ³ /%	span 50
ccc3	0,5441	span 75
ccc4	0,1104 kg/m ³ /%	span 75

Deflectieschotmetingen rwzi Assen mei 1991
Algemene gegevens

Meetdag 2, 28 mei 1991

Begin proef (pompen aan): 9.00 h
Einde proef (pompen uit): 14.57 h

Algemene gegevens

Temperatuur buitenlucht: 12 oC
Temperatuur water AT: 15,5 oC
Windrichting: NNO
Windkracht: 3 Bft

Analyse-gegevens

Tijd	Slibvolumeindex [ml/g]	Drogestof [kg/m ³]
09.00	120	4,2
12.00	115	3,6

IJking drogestofmeter, 28 mei 1991

IJking	Aflezingspan 75 [%]	Aflezingspan 50 [%]	Conc. DS [kg/m ³]
1	77,2	8,900	
2	58,7	6,900	
3	28,7	3,500	

IJkconstanten

ccc1		span 50
ccc2		kg/m ³ /%
ccc3	0,3140	span 75
ccc4	0,1116 kg/m ³ /%	span 75

Deflectieschotmetingen rwzi Assen mei 1991
Algemene gegevens

Meetdag 3: 29 mei 1991

Begin proef (pompen aan): 8.30 h
Einde proef (pompen uit): 14.35 h

Algemene gegevens

Temperatuur buitenlucht: 13 oC
Temperatuur water AT: 16 oC
Windrichting: NNO
Windkracht: 3-4 Bft

Analyse-gegevens

Tijd	Slibvolumeindex [ml/g]	Drogestof [kg/m ³]
10.00	115	4,0
12.00	120	3,6

IJking drogestofmeter, 29 mei 1991

IJking	Aflezingspan 75 [%]	Aflezingspan 50 [%]	Conc. DS [kg/m ³]
1	88,2	9,1	
2	56,4	6,7	
3	30,7	3,6	

IJkconstanten

ccc1		span 50
ccc2		kg/m ³ /%
ccc3	0,4403	span 75
ccc4	0,1068 kg/m ³ /%	span 75

Deflectieschotmetingen rwzi Assen mei 1991
Algemene gegevens

Meetdag 4: 30 mei 1991

Begin proef (pompen aan): 8.30 h
Einde proef (pompen uit): 14.35 h

Algemene gegevens

Temperatuur buitenlucht: 17 oC
Temperatuur water AT: 16 oC
Windrichting: NNO
Windkracht: 3 Bft

Analysegegevens

Tijd	Slibvolumeindex [ml/g]	Drogestof [kg/m ³]
10.00	125	3,8
12.00	130	3,4
14.00	105	3,8

IJking drogestofmeter, 30 mei 1991

IJking	Aflezingspan 75 [%]	Aflezingspan 50 [%]	Conc. DS [kg/m ³]
1	70,2	7,9	
2	47,6	5,6	
3	27	3,1	

IJkconstanten

ccc1		span 50
ccc2		kg/m ³ /%
ccc3	0,1776	span 75
ccc4	0,1110 kg/m ³ /%	span 75

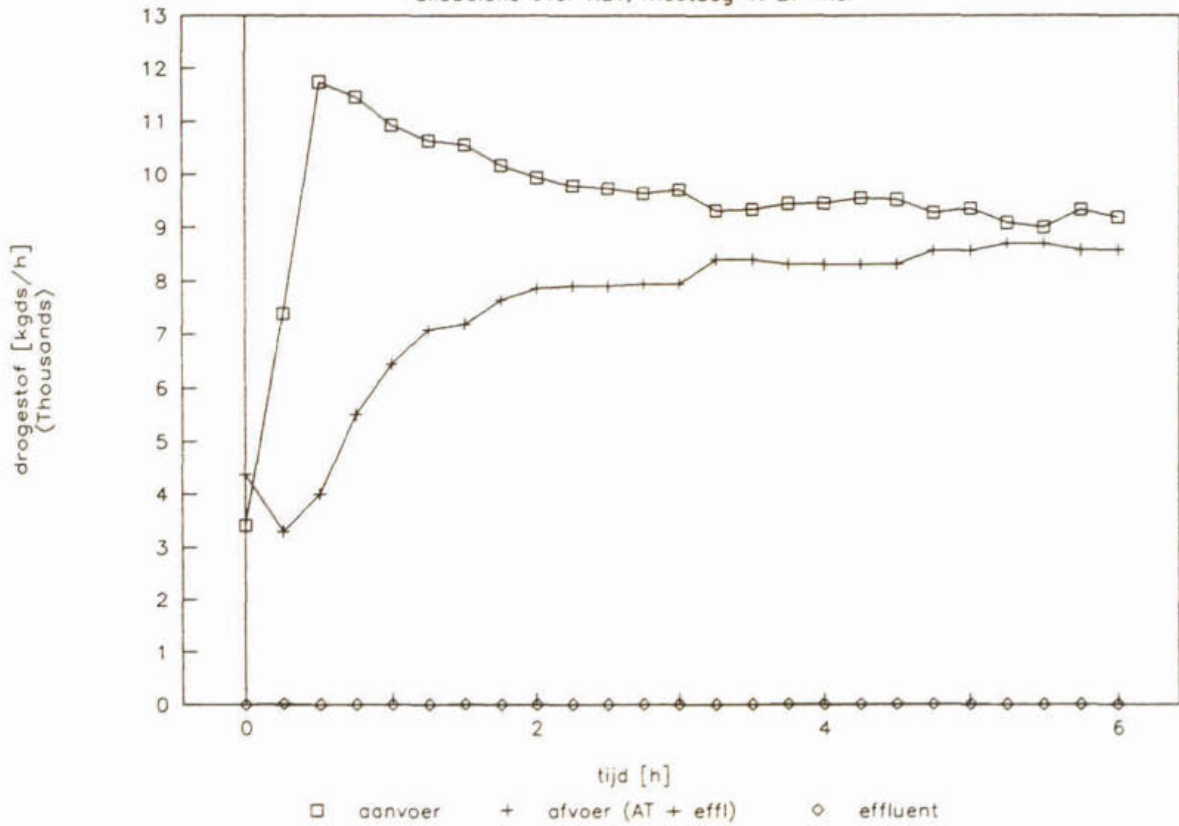
Bijlage B 3

METINGEN AAN EEN DEFLECTIESCHOT

SLIBBALANSEN OVER DE NABEZINKTANK (FIGUREN)

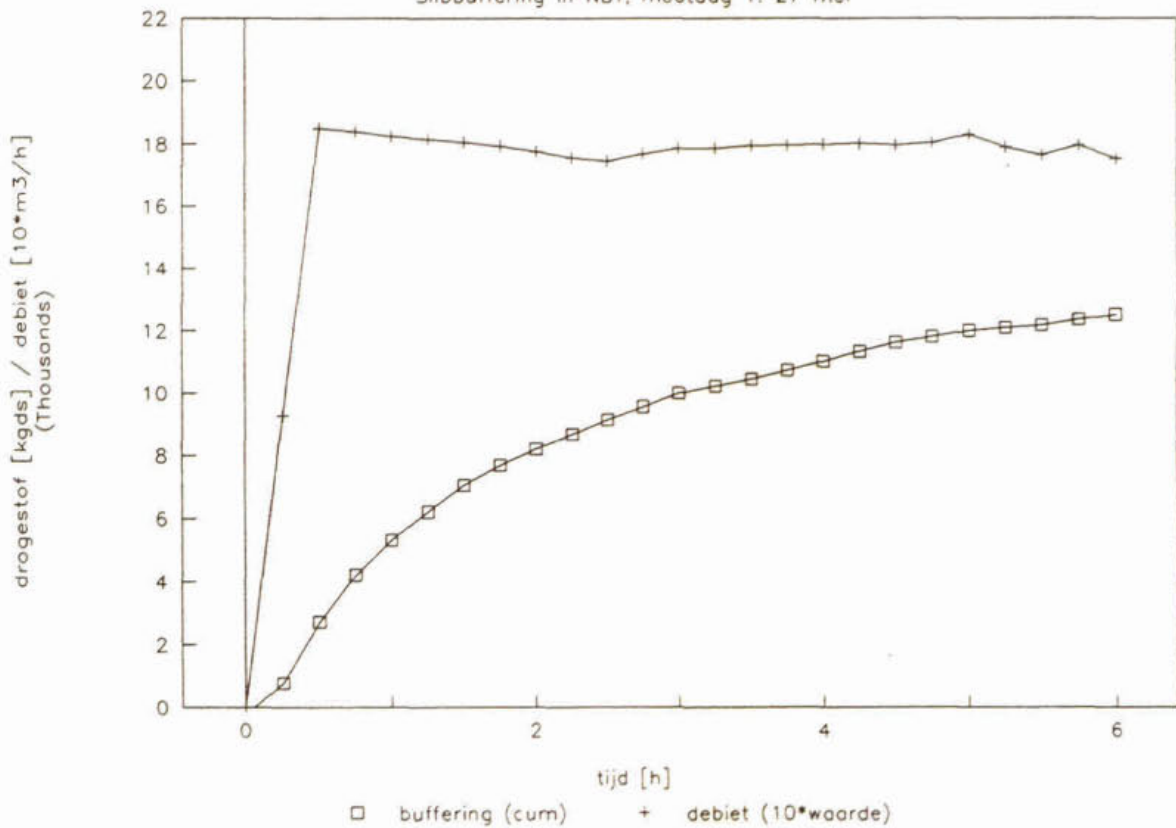
Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbalans over NBT, meetdag 1: 27 mei



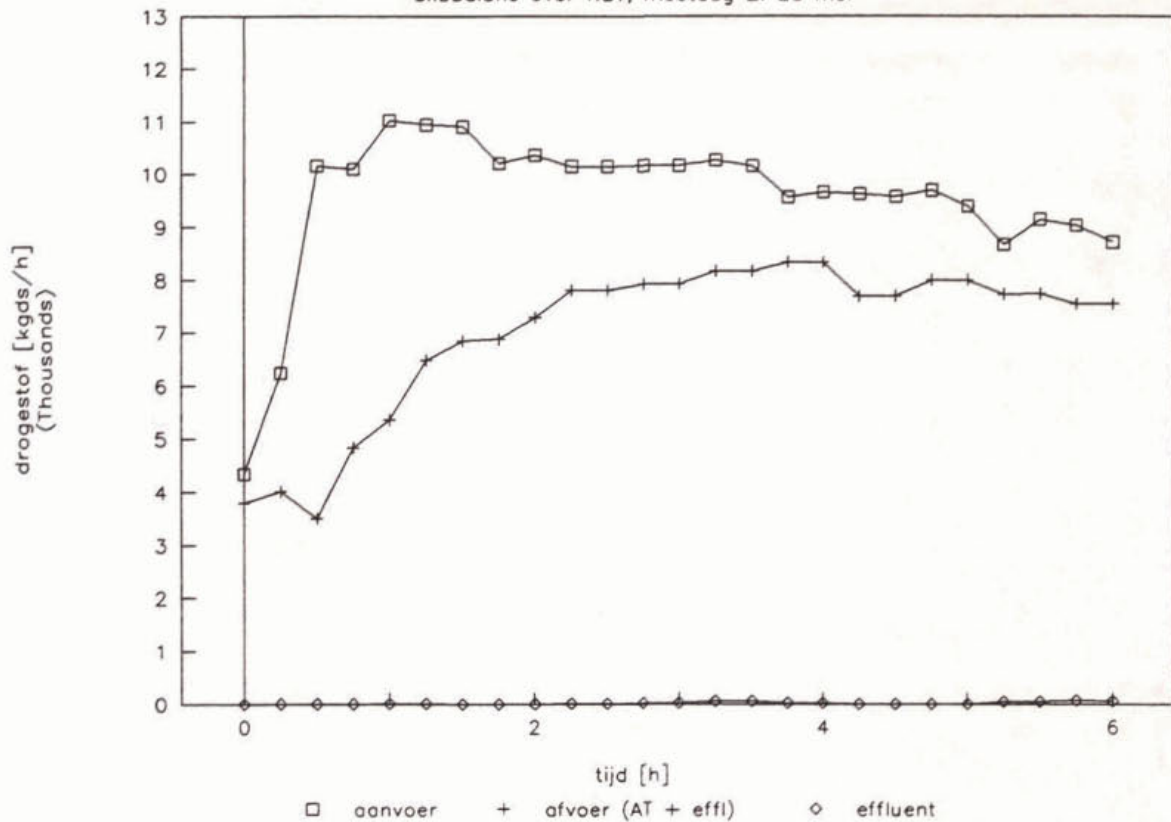
Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbuffering in NBT, meetdag 1: 27 mei



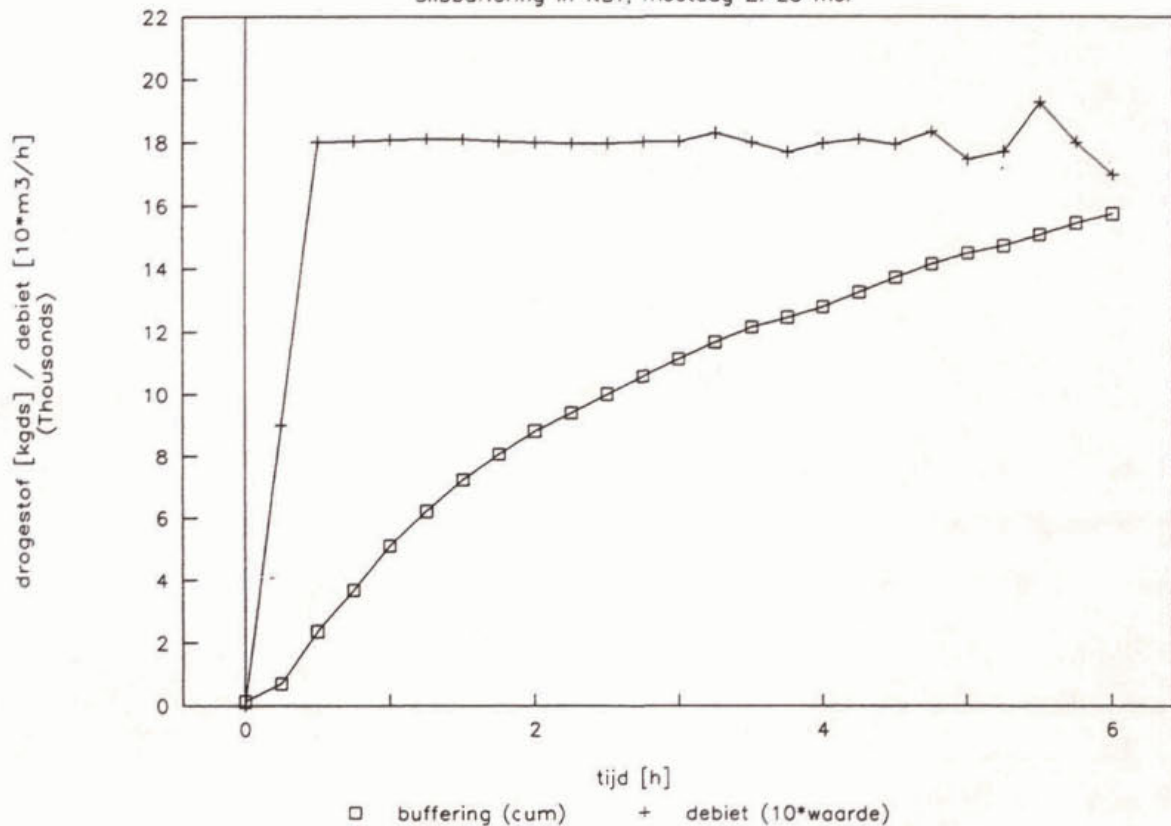
Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbalans over NBT, meetdag 2: 28 mei



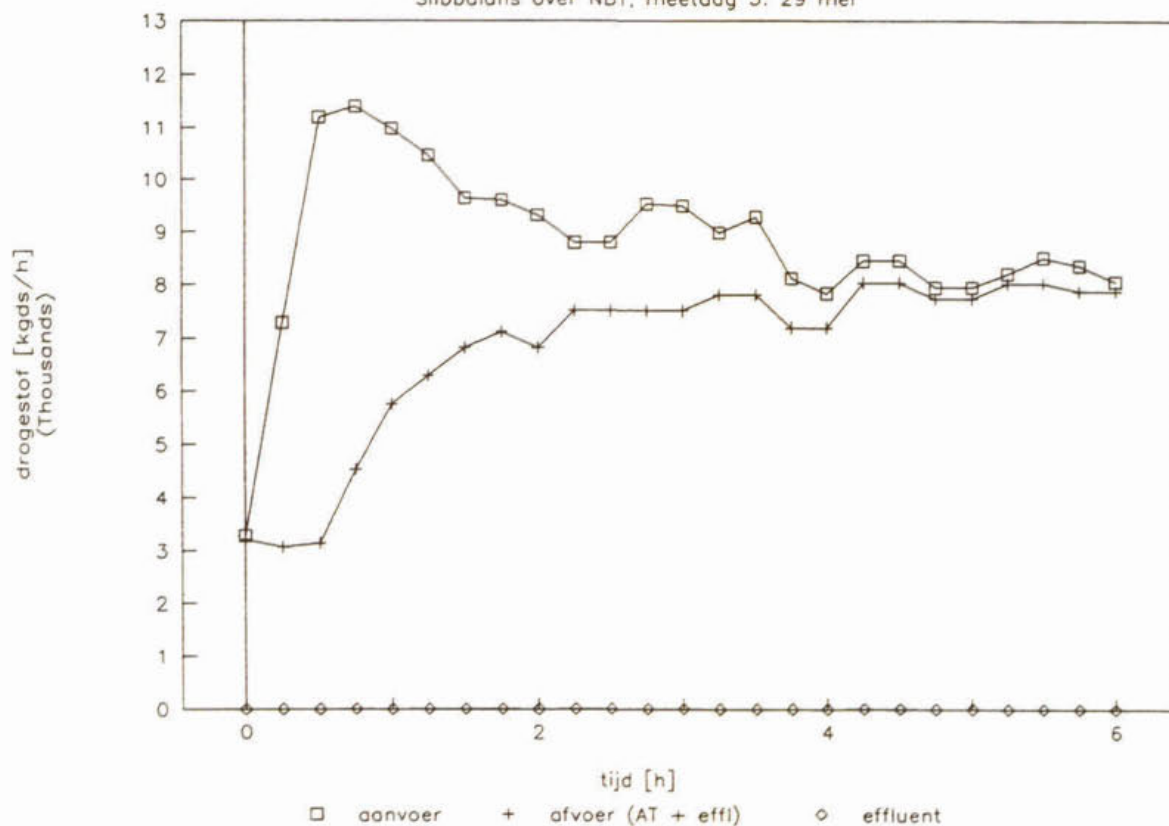
Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbuffering in NBT, meetdag 2: 28 mei



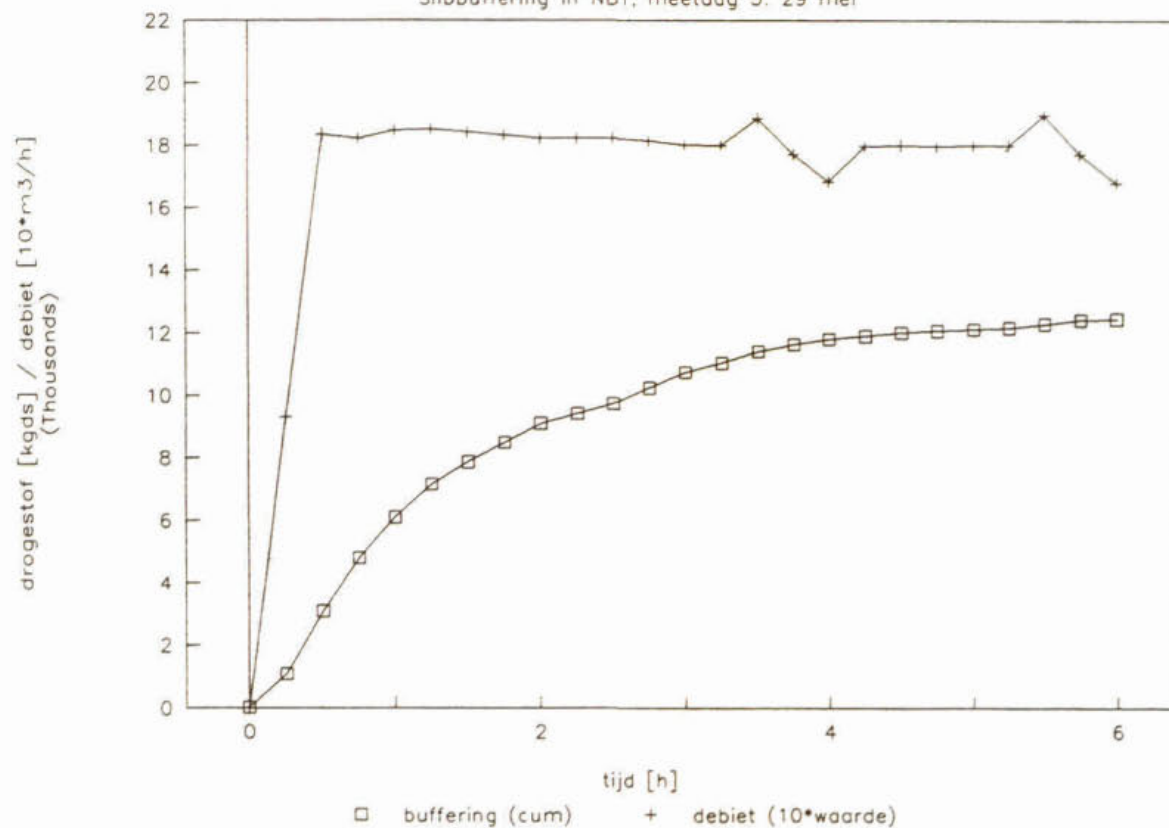
Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbalans over NBT, meetdag 3: 29 mei



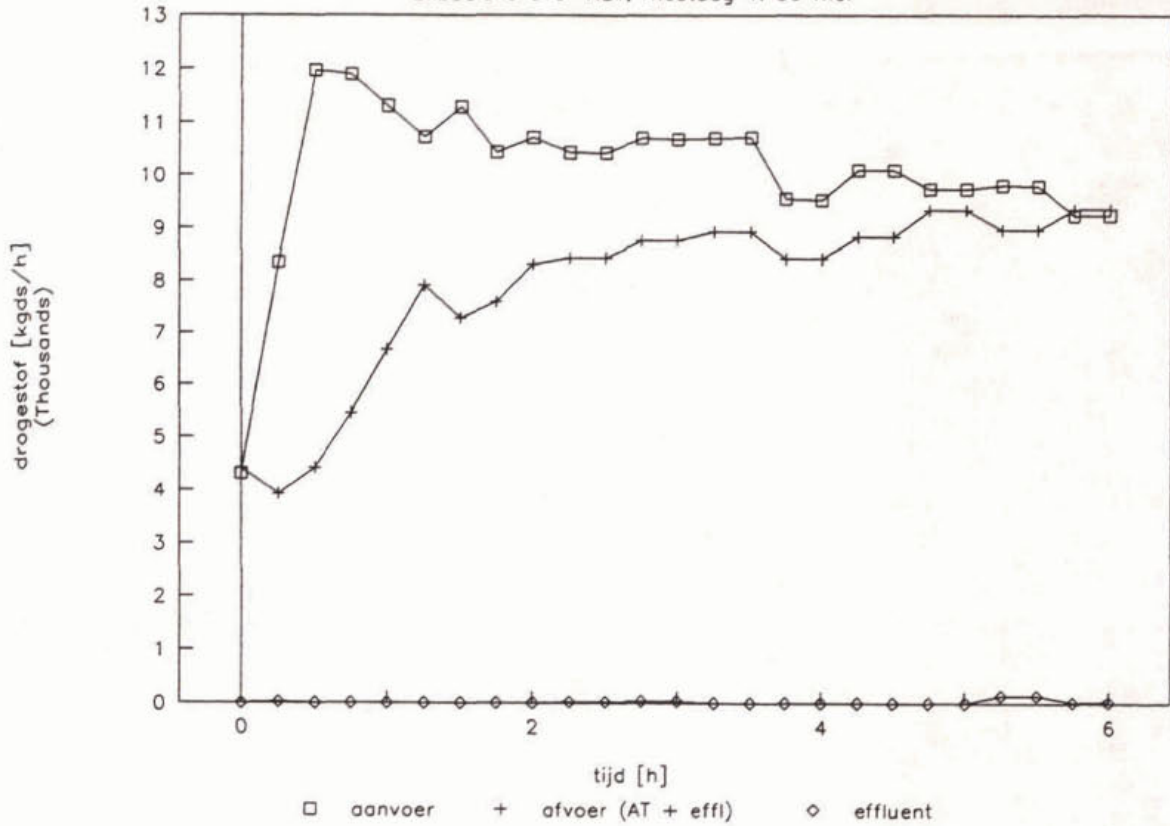
Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbuffering in NBT, meetdag 3: 29 mei



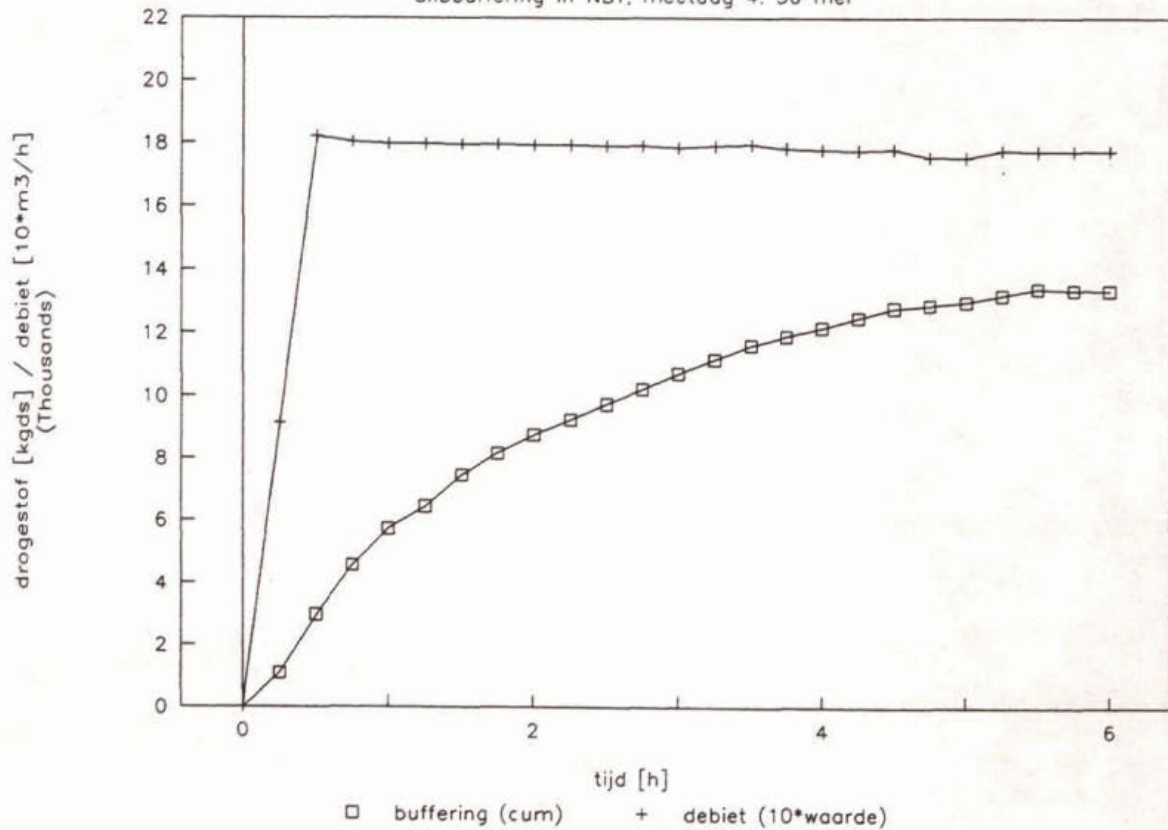
Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbalans over NBT, meetdag 4: 30 mei



Deflectieschotmetingen Assen mei 1991

Slibbuffering in NBT, meetdag 4: 30 mei



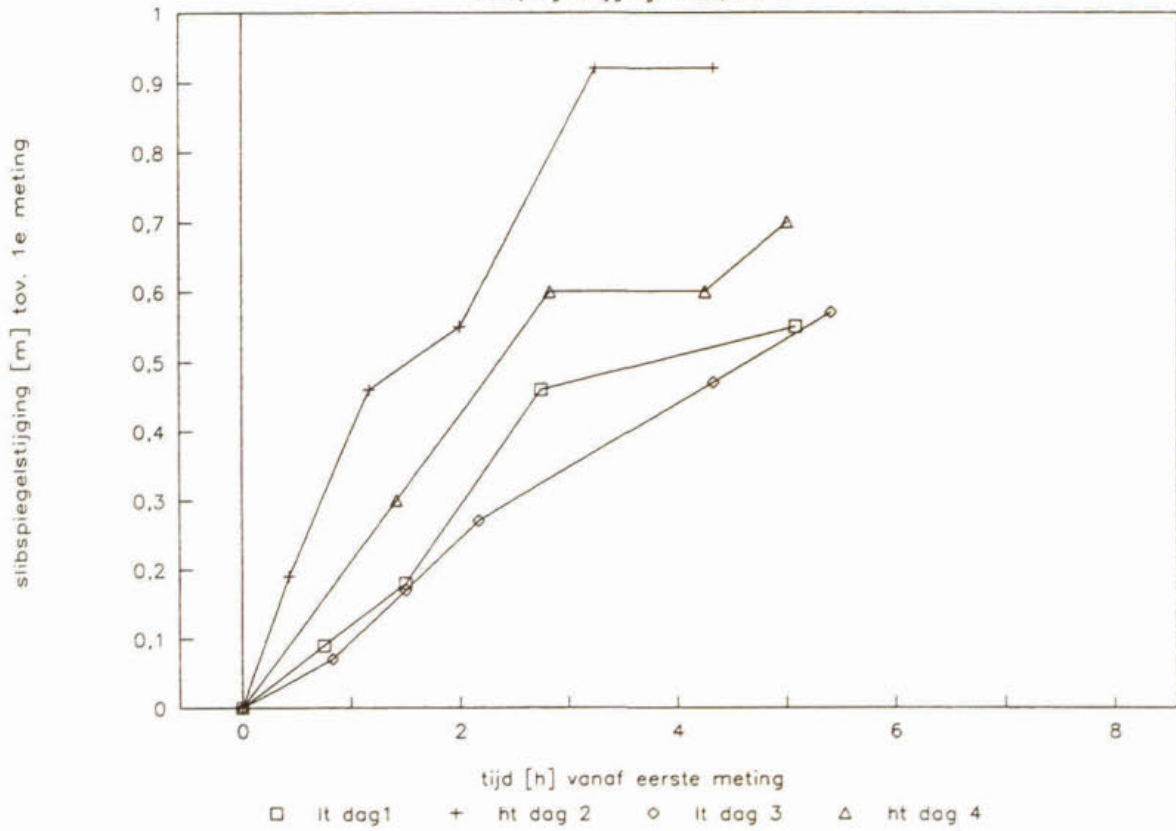
Bijlage B 4

METINGEN AAN EEN DEFLECTIESCHOT

SLIBSPIEGELSTIJGING ASSEN (FIGUREN)

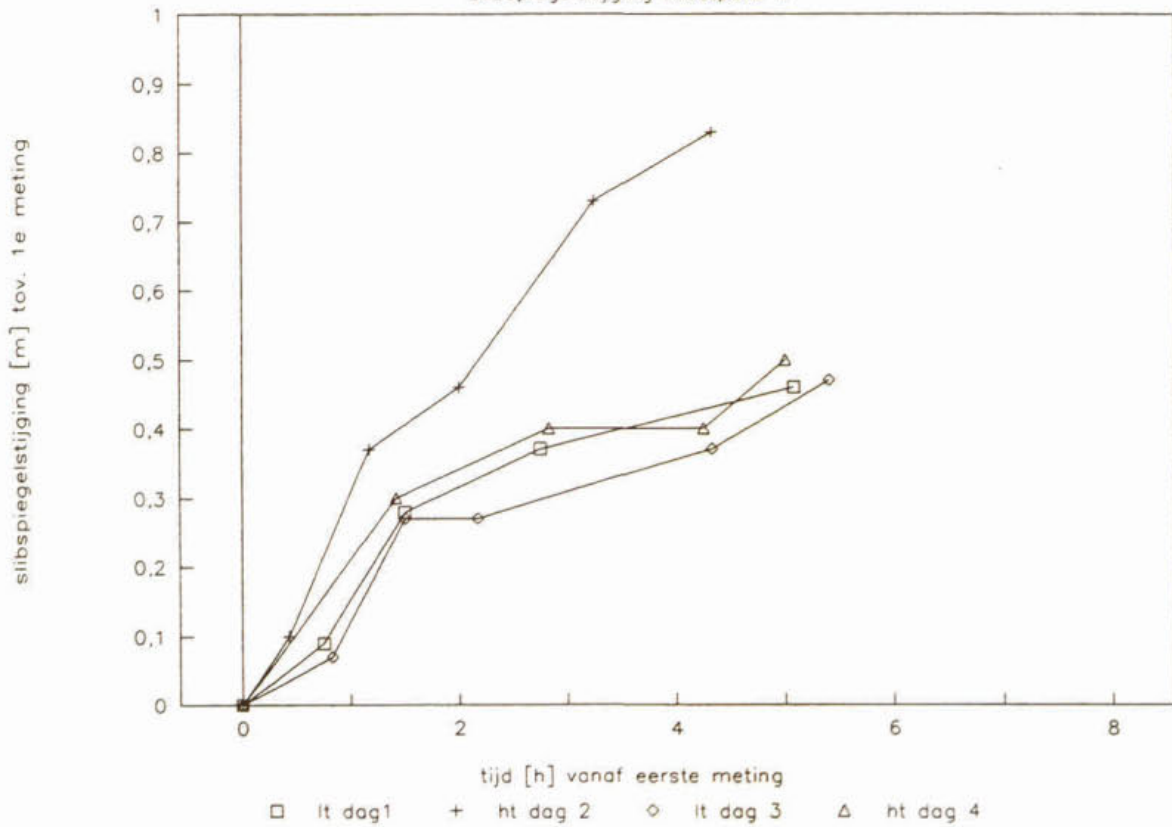
Profielmetingen Assen, 27 – 30 mei 1991

Slibspiegelstijging meetpunt 3



Profielmetingen Assen, 27 – 30 mei 1991

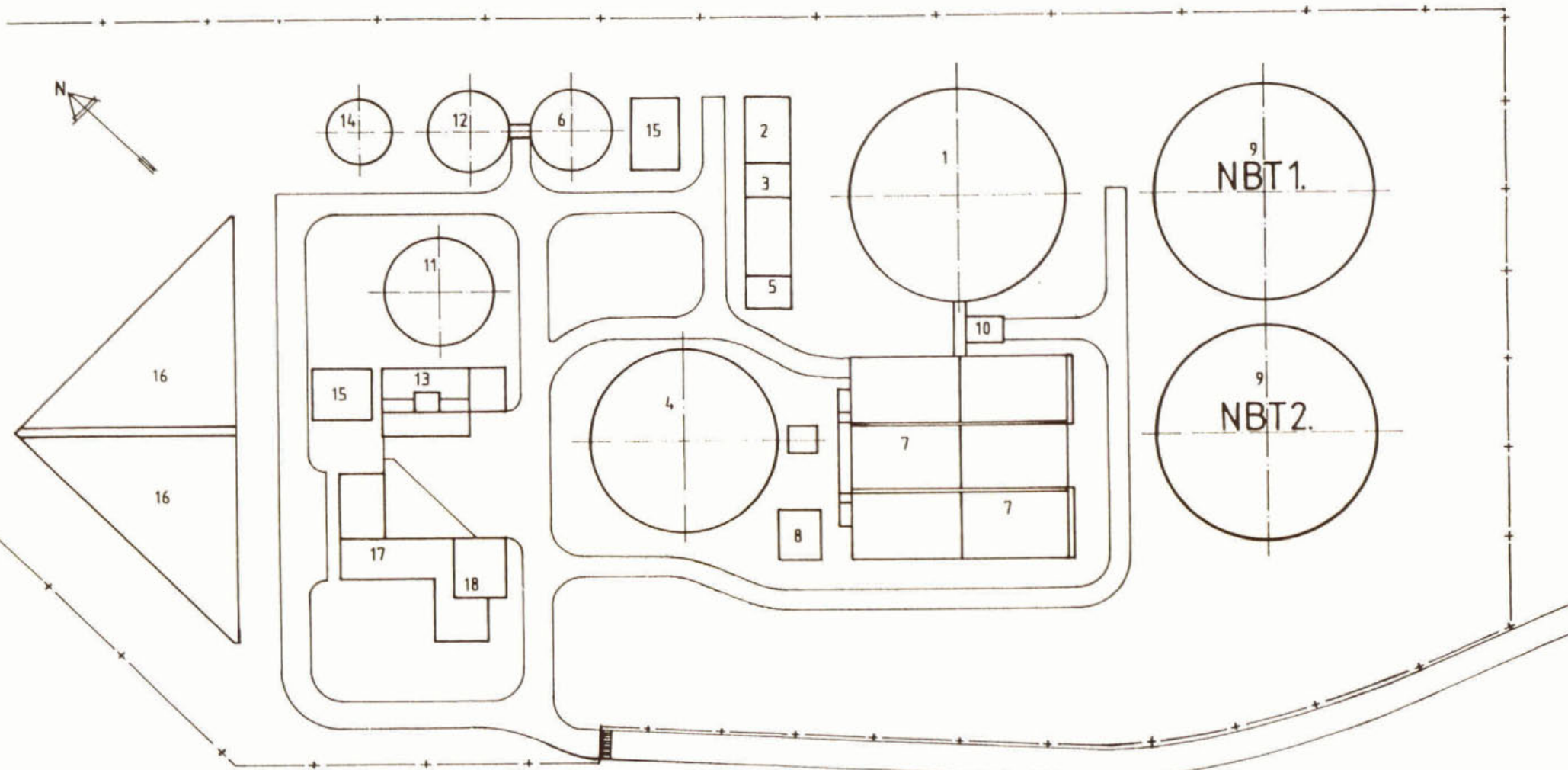
Slibspiegelstijging meetpunt 4



Bijlage C 1

METINGEN MET AANGEPASTE RUIMERHOOGTE EN -SNELHEID

OVERZICHT VAN DE RWZI ROERMOND



LEGENDA

- | | | |
|--------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 regenwateropvangbassin | 7 beluchtingsbassin | 13 zeefbandpersen |
| 2 influentgemaal | 8 kompressorengedouw | 14 gashouder |
| 3 staafrooster | 9 nabezinkbassin | 15 compostfilters |
| 4 voorbezinkbassin | 10 meetput | 16 slibopslag |
| 5 pompenkelder | 11 slibgistingstank | 17 gasmotoren |
| 6 voor-indikker | 12 na-indikker | 18 bedrijfsgebouw |

LAY OUT RWZI ROERMOND



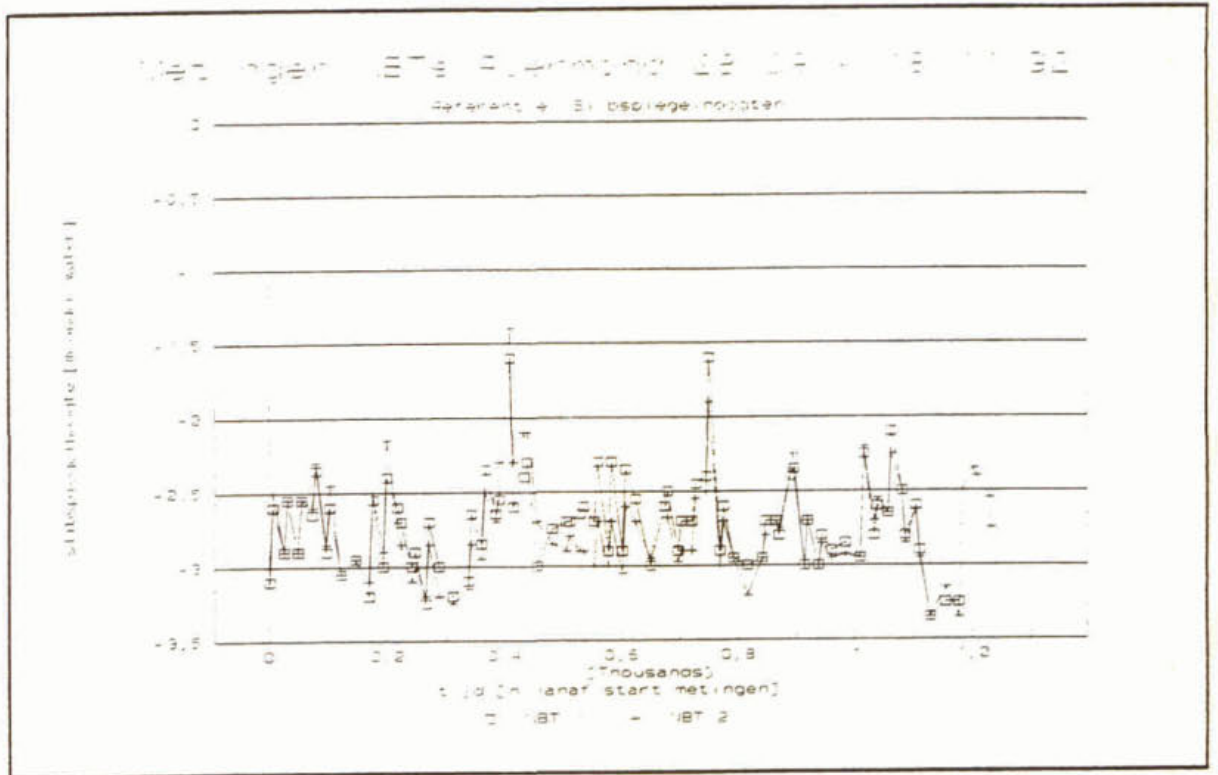
STOWA 1.1.6.
 optimalisatie
 grote nabezink tanks

schaal maten in	get: fp gez: <i>yf</i>	datum: 930330
boekingsnr.: C2354-10-100		

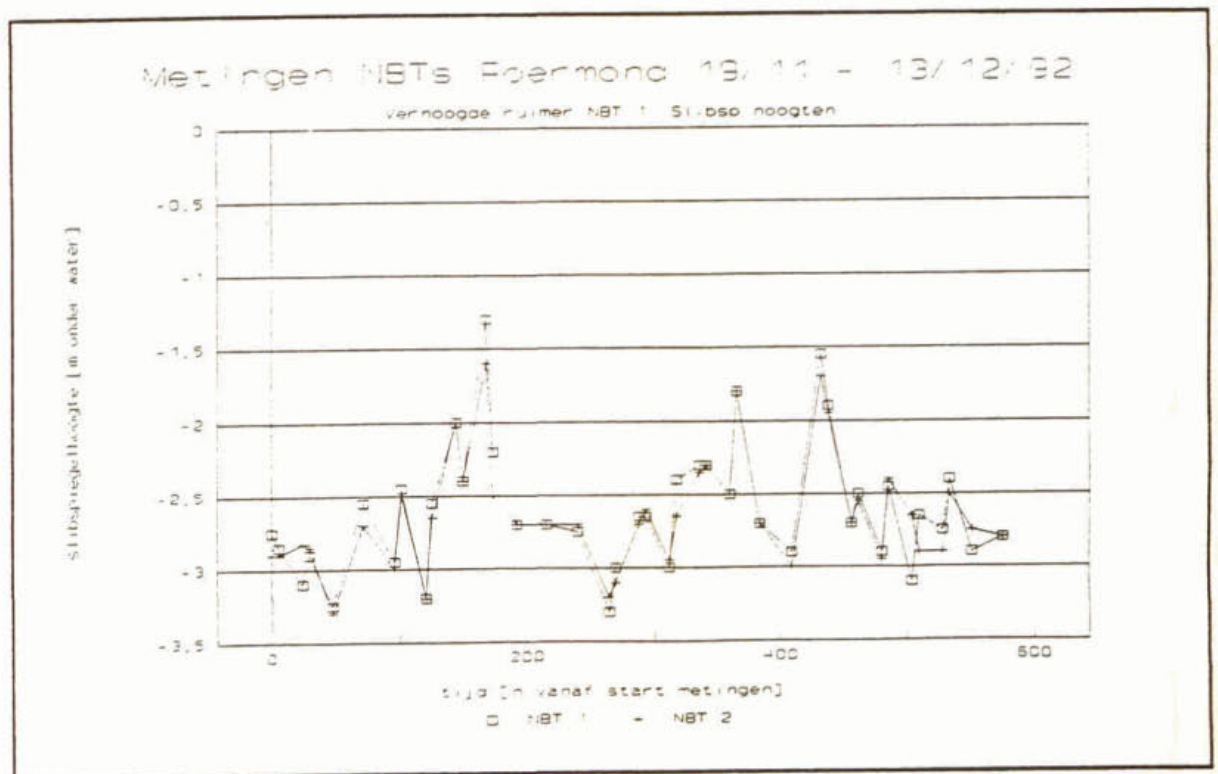
Bijlage C 2

METINGEN MET AANGEPASTE RUIMERHOOGTE EN -SNELHEID

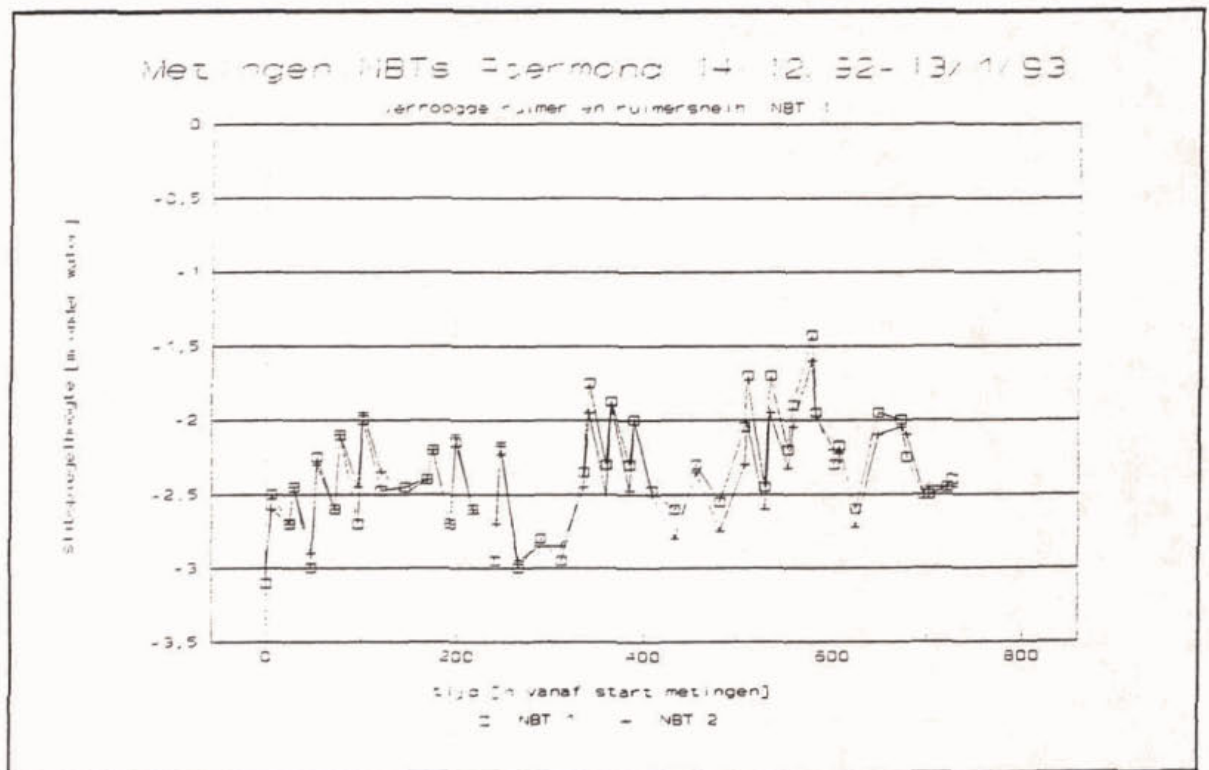
SLIBSPIEGELHOOGTEN (FIGUREN)



Slibspiegelhoogten in NBT 1 en NBT 2 van rwzi Roermond tijdens referentiemetingen



Slibspiegelhoogten in NBT 1 en NBT 2 van rwzi Roermond tijdens metingen met verhoogd ruimerblad



Slibspiegelhoogten in NBT 1 en NBT 2 van rwzi Roermond tijdens metingen met verhoogde ruimer en verhoogde ruimersnelheid

