

1982-02_praktijkonderzoek-slibindikking

stora

Slibindikking

II Praktijkonderzoek

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.

stora

postbus 414, rijswijk-2109 ☎ 070 - 980.287

stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Slibindikking

II Praktijkonderzoek

Slibindikking

II Praktijkonderzoek

Inhoud

I

Ten geleide

II

1 SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1- 11

Inhoud

3

2 GRAVITATIE-INDIKKING

13- 71

Inhoud

15- 16

3 BIOLOGISCHE FLOTATIE-INDIKKING

73- 91

Inhoud

75

4 DISSOLVED AIR FLOTATION

93-125

Inhoud

95- 96

BIJLAGEN

127-176

Inhoud

129

Ten geleide

Verhoging van het drogestofgehalte van zuiveringsslib door optimalisering van het indikproces leidt tot kostenbesparing op slibverwerking en slibtransport.

De capaciteit van gistingstanks, ontwateringsapparatuur, pasteurisatie-installaties en transportmiddelen wordt immers in belangrijke mate door het volume van het ingedikte slib bepaald.

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar methoden en kosten van slibindikking als functie van de procesomstandigheden bij de bedrijfsvoering. Er zijn proeven gedaan met gravitatie-indikers, biologische flotatie (door nitraattoevoer) en "dissolved air"-flotatie (op semi-technische schaal).

Aan de experimenten werd medewerking verleend door het zuiveringsschap Oostelijk-Gelderland en de Provinciale Waterstaat van Groningen.

Het onderzoek werd op voorstel van de Onderzoekadviescommissie* door het algemeen bestuur van de STORA opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V.. Dit bureau werd namens de stichting begeleid door een commissie bestaande uit: ir. T. Meijer (voorzitter), ing. J. den Burger, ing. H. Geurkink en ir. E.L.C. Koster.

Op hetzelfde gebied publiceerde de STORA al eerder: "Slibindikking door zwaartekracht. Grondslagen" (theoretische aspecten) en "Slibindikking. I. Literatuuronderzoek".

Rijswijk, 28 mei 1982.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

*

De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en
dr.ir. H.J. Eggink, ir. R. Karper, ir. C. Kuggeleijn, ir. M. van der Lugt, ir. Th.G.
Martijn, ir. H.A. Meijer, jhr.dr. J.J. Quarles van Ufford, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir.
D.W. Scholte Ubing, ir. J. van Selm, ir. F.B. Veldkamp, ir. A.P. Vernimmen M.Sc. (leden).

1. Samenvatting

conclusies en aanbevelingen

Inhoud

1.1	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	5-11
1.1.1	Algemeen	5
1.1.2	Gravitatie-indikproeven	5- 8
	<i>slibspiegel</i>	6
	<i>spoelen</i>	7
	<i>roeren</i>	7
	<i>drogestofbelasting</i>	7
	<i>toepassen van polymeren</i>	7
	<i>discontinu slibafvoeren</i>	7
1.1.3	Biologische flotatie-indikproeven	8
1.1.4	Dissolved air flotation proeven	9
1.2	AANBEVELINGEN	10-11
1.2.1	Gravitatie-indikking	10
1.2.2	Biologische flotatie-indikking	10
1.2.3	Dissolved air flotation proeven	11
1.2.4	Indikresultaat en mechanische ontwatering	11

1.1 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

1.1.1 Algemeen

Als onderdeel van het STORA-onderzoek naar slibindikking is een literatuurrapport samengesteld over gravitatie-indikking, flotatie-indikking en indikking met behulp van centrifuges.

Vervolgens is middels een enquête onder beheerders van rwzi's in Nederland een groot aantal gegevens verzameld over het ontwerp en de constructie van indikkers, de wijze van bedrijfsvoering en de indikresultaten die met gravitatie-indikkers worden verkregen.

Op grond van de resultaten van het literatuuronderzoek en de enquête zijn de volgende aanbevelingen, gedaan in het literatuuronderzoek, door middel van praktijkonderzoek verder uitgewerkt:

- een onderzoek op praktijkschaal aan gravitatie-indikkers met het doel meer inzicht te verkrijgen omtrent de invloed van procesvariabelen, wijze van bedrijfsvoering en uitvoeringsvorm van de indikkers op de indikresultaten. Uit dit onderzoek zou kunnen blijken dat optimalisatie van het indikresultaat van bestaande gravitatie-indikkers mogelijk is.
Het gravitatie-onderzoek is beperkt gehouden tot aëroob gemineraliseerd slib uit installaties zonder voorbezinking (pasveercondities). De experimenten zijn verricht met de indikkers van de zuiveringsinrichtingen Winterswijk en Hoogezand;
- het doen van proeven met een flotatie-indikker op semi-technische schaal om zodoende een vergelijk te kunnen maken tussen gravitatie- en flotatie-indikking. Voor dit gedeelte van het praktijkonderzoek is een proefinstallatie gehuurd van Landustrie Sneek B.V. waarmee parallel aan de gravitatie-indikproeven op de zuiveringsinrichting Hoogezand is geëxperimenteerd;
- het besteden van aandacht aan gravitatie- en flotatie-indikking in lagunes of slibbakken.
In dit kader is onderzocht in hoeverre het mogelijk is de biologische flotatie van slib die plaats kan vinden in slibbakken als gevolg van het ontstaan van gasballetjes in het slib, te bevorderen door het doseren van nitraat.

Het praktijkonderzoek heeft plaatsgevonden in de periode september 1977 tot januari 1978.

1.1.2 Gravitatie-indikproeven

In de periode september 1977 tot januari 1978 is onderzoek verricht aan de gravitatie-indikkers van de zuiveringsinrichtingen Hoogezand en Winterswijk.

Beide inrichtingen hebben geen voorbezinktanks en produceren aëroob gemineraliseerd slib (pasveercondities).

Bij de keuze van de zuiveringsinrichtingen hebben factoren als de aanwezigheid van continu variabele slib- aan- en afvoerpompen, een buffer-tank voor ingedikt slib, de mogelijkheid tot spoelen met effluent en de constructie van de indikker een rol gespeeld. Enkele belangrijke gegevens van beide zuiveringsinrichtingen zijn in onderstaande tabel gegeven.

zuiveringsinrichting	Hoogezand	Winterswijk
ontwerpcapaciteit in i.e.	50.000	77.000
huidige belasting in i.e.	35.000	65.000
slibbelasting kg BZV/(kg slib.d)	0,038	0,046
slibleeftijd in dagen	57	30
diameter indikker in m	11	10,5
kantdiepte indikker in m	4,2	3,0
oppervlak indikker in m ²	95	87

Het doel van de proeven is, de invloed van een aantal parameters op het indikproces te onderzoeken. Een belangrijke vraag daarbij is, of door optimalisatie van het indikproces een wezenlijke verhoging van het drogestofgehalte in het ingedikte slib verkregen kan worden of dat het maximaal bereikbare drogestofgehalte hoofdzakelijk wordt bepaald door de eigenschappen van het in te dikken slib.

De invloed van de volgende parameters is onderzocht;

- de slibspiegelhoogte in de indikker;
- wel, niet of discontinu roeren in de indikker;
- wel of niet spoelen van de indikker;
- wijze van slibafvoer;
- drogestofbelasting van de indikker;
- toepassen van polymeren.

De resultaten zijn hieronder per parameter gerangschikt.

slibspiegel

Verhoging van de slibspiegel (sliblaag) in de indikker heeft een verhoging van het drogestofgehalte in het ingedikte slib tot gevolg (proeven te Winterswijk). Dit geldt echter alleen zolang de indikking van het slib niet door gasvorming, als gevolg van de langere verblijftijd van het slib in de indikker bij hoge slibspiegels wordt tegengegaan (proeven te Hoogezand).

De mate waarin het slib gas produceert hangt onder meer af van de temperatuur en de samenstelling van het slib. De aanwezigheid van nitraat speelt een belangrijke, doch niet de enige rol.

spoelen

Het spoelen van een indikker met effluent heeft een negatieve invloed op het indikresultaat (metingen te Hoogezand). De hydraulische belasting van de indikker dient zo laag mogelijk te zijn, hetgeen kan worden bereikt door het surplusslib (bij voorkeur retourslib) continu gedurende 24 uur per etmaal naar de indikker te pompen. De indruk bestaat, dat ook het discontinu aanvoeren van slib, met periodiek een hoge hydraulische belasting van de indikker tijdens de slibaanvoerperiode, het indikproces negatief beïnvloedt (proeven te Winterswijk).

roeren

Bij veel indikkers vormen roerwerk en slibruimer één geheel. Vastgesteld is, dat door niet roeren en niet ruimen tijdens het afvoeren van slib uit de indikker, slechte resultaten worden verkregen. De oorzaak daarvan is het ontstaan van kortsluiting in de indikker. Het ingedikte slib dient door een ruimer naar het aftappunt te worden getransporteerd.

Betreffende de werking van het roerwerk kan het volgende worden gesteld:

- het roerwerk heeft een negatieve invloed op het indikken van het slib. Zonder roeren dikte het slib te Winterswijk verder in;
- het roerwerk bevordert het uitdrijven van gas (CO_2 en N_2) dat eventueel door het slib in de indikker wordt geproduceerd. Dit is onder meer gebleken uit de biologische flotatieproeven te Winterswijk.

Slib dat tijdens het verblijf in de indikker veel gas produceert, dient te worden ingedikt in een indikker met roerwerk.

drogestofbelasting

Binnen het gemeten belastingtraject van 25-37 kgd.s./ $(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ te Hoogezand en 30-65 kgd.s./ $(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ te Winterswijk is geen negatieve invloed van de drogestofbelasting op het indikresultaat geconstateerd. Dit komt overeen met de metingen van Stahlmann. Volgens Stahlmann wordt het indikresultaat van actief slib in gravitatie-indikkers niet beïnvloed door de drogestofbelasting bij belastingen kleiner dan 100 kg/ $(\text{m}^2 \cdot \text{d})$.

toepassen van polymeren

Het doseren van flocculanten aan het in te dikken slib geeft in Winterswijk slechts een marginale verhoging van het drogestofgehalte van het ingedikte slib.

discontinuu slibafvoeren

Met discontinuu slibafvoeren is hier bedoeld:

6- 8 uur/etmaal : slibafvoeren naar een slibbuffertank of slibontwateringsmachine
16-18 uur/etmaal : geen slibafvoer.

Bij deze wijze van slibafvoer is gebleken dat het ingedikte slib gemiddeld een hoger drogestofgehalte heeft dan bij het continu onttrekken van ingedikte slib aan de indikker.

De rustperiode van 16-18 uur heeft een positieve invloed op het indikproces. Het onttrekken van slib aan de indikker met een capaciteit die vier maal zo groot is als in het geval van continue slibafvoer, geeft geen kortsluitstromingen in de indikker.

1.1.3 Biologische flotatie-indikproeven

Uit ervaring is bekend, dat ingedikte slib tijdens opslag in een slibbuffertank soms als gevolg van biologische flotatie gaat opdrijven. Het slib produceert onder de anaërobe omstandigheden in de slibbuffertank koolzuurgas en eventueel stikstof waardoor het slib kan floteren. Van het biologische flotatieproces kan alleen gebruik worden gemaakt om slib verder in te dikken indien voldoende gas wordt geproduceerd en een goede afscheiding van de slibdrijflaag wordt verkregen. Het zich onder de slibdrijflaag bevindende slibwater kan dan worden verwijderd. Onderzocht is of biologische flotatie van slib gestimuleerd kan worden door het toevoegen van nitraat aan het slib, om zodoende de stikstofproductie te verhogen. Hierdoor zou het mogelijk worden om slib, dat van nature niet wil floteren door een te kleine gasproductie, toch door middel van biologische flotatie in te dikken.

Met ingedikte slib van de zuiveringsinrichting Winterswijk zijn op laboratorium- en praktijkschaal proeven gedaan. Het surplusslib flooteerde zonder nitraatdosering niet. Zowel uit de laboratorium- als uit de praktijkproeven is gebleken dat slib dat reeds in een gravitatie-indikker is ingedikte verder in volume kan worden verminderd door biologische flotatie welke wordt bevorderd door het doseren van nitraat. Vrijwel onmiddellijk na het toevoegen van nitraat aan het slib ontstaan stikstofbelletjes die uiteindelijk voor de flotatie van het slib zorgdragen.

Bij een juiste uitvoering van de proef op praktijkschaal is het mogelijk geweest om na 8 dagen bij 7-10°C en bij een nitraatdosering van 100 mg N-NO₃/l, ongeveer de helft van het in de flotatietank gebrachte ingedikte slib als water te verwijderen.

Betrokken op de zuiveringsinrichting Winterswijk bedragen de chemicaliënkosten bij een nitraatgift van 100 g N-NO₃/m³ ingedikte slib van 2,3% drogestof, f 0,38/m³ slib van 2,3% drogestof of f 0,24 (i.e. jaar). Als nitraatbron is Ca(NO₃)₂ gebruikt.

Vooraf op installaties waar gebruik kan worden gemaakt van bestaande slibbufferbakken en eventueel doseerapparatuur voor polymeren, kunnen zonder extra investeringen de afvoerkosten van nat slib beduidend worden verminderd.

1.1.4 Dissolved air flotation proeven

Op de zuiveringsinrichting Hoogezand zijn met aëroob gemineraliseerd slib (pasveercondities) flotatie-indikproeven gedaan, parallel aan de gravitatie-indikproeven. Voor de dissolved air flotation proeven is gebruik gemaakt van een proefinstallatie met een oppervlak van 2 m². De proefinstallatie is beschreven in hoofdstuk 4.2, pp. 98-100. Het doel van de proeven was het vaststellen van de indikresultaten die met een flotatie-indikker kunnen worden verkregen en de invloed van een aantal procesparameters op deze resultaten. Door de proeven parallel aan de gravitatie-indikproeven te laten verlopen is een vergelijk tussen beide indikmethoden mogelijk.

Bij een optimale instelling van de flotatie-indikker moeten drogestofconcentraties van 6-8% in het ingedikte slib zonder gebruik van polymeren haalbaar worden geacht. Met gravitatie-indikking werd 3-4% drogestof verkregen.

Bij het goed functioneren van de flotatie-indikker wordt het drogestofrendement, zonder toepassing van polymeren, geschat op meer dan 95%. Van een groot aantal parameters zijn er slechts enkele die een belangrijke invloed op het indikresultaat hebben:

- het recirculatiedebiet en daarmee de lucht/drogestof verhouding;
- drogestofverblijftijd in de indikker en daarmee de dikte van de slibdeken;
- ruimersnelheid.

Naarmate een groter recirculatiedebiet wordt toegepast en daarmee meer lucht per kg drogestof wordt ingebracht, vermindert het indikresultaat. Dit is gunstig, omdat het energieverbruik van de flotatie-indikker grotendeels wordt bepaald door de grootte van het benodigde recirculatiedebiet. Het is van belang dat de slibdeken in de flotatie-indikker zo dik is, dat een drogestofverblijftijd van circa 3 uur wordt verkregen. De ruimersnelheid en ruimerconstructie hebben een grote invloed op het indikresultaat. De ruimer mag niet te snel lopen en dient slechts de bovenste sliblaag uit de indikker te verwijderen.

Een geringere invloed op het indikresultaat heeft de drogestof oppervlaktebelasting. Verhoging van de belasting van 5 naar 10 kg/(m².h) doet het drogestofgehalte in het ingedikte slib met slechts 0,3% drogestof afnemen.

Deze geringe gevoeligheid maakt het proces geschikt om ook meer slib dan de ontwerpcapaciteit te verwerken.

Uit een kostenvergelijking tussen gravitatie-indikking en flotatie-indikking, beide met natte afvoer van het ingedikte slib blijkt, dat de investeringskosten van een flotatie-indikker beduidend hoger zijn dan die van de gravitatie-indikker. De jaarkosten van gravitatie-indikking en flotatie-indikking zijn op basis van de gekozen uitgangspunten voor een zuiveringsinrichting van 20.000 i.e. ongeveer gelijk, voor grotere zuiveringsinrichtingen is flotatie-indikking goedkoper. De kostenvergelijking is zeer gevoelig voor de indikresultaten van beide systemen en de afvoerkosten per m³ van het natte slib.

1.2 AANBEVELINGEN

1.2.1 Gravitatie-indikking

De hieronder geformuleerde aanbevelingen zijn gebaseerd op het literatuuronderzoek slibindikking en het praktijkonderzoek aan de gravitatie-indikkers van de zuiveringsinrichtingen Hoogezand en Winterswijk:

- Omdat zowel uit de proefresultaten en het literatuuronderzoek blijkt, dat er een positieve relatie kan bestaan tussen de slibspiegelhoogte en het drogestofgehalte in het ingedikte slib waarbij de drogestofbelasting op de indikker, binnen bepaalde grenzen, niet van invloed is op het indikresultaat, kan overwogen worden de inhoud van de indikker op een andere wijze over oppervlak en kantdiepte te verdelen dan dit tot nu toe veelal bij gravitatie-indikkers voor aëroob gemineraliseerd slib gebeurt (30 kgd.s./m².d en 3 m kantdiepte). Zo zou bijvoorbeeld gekozen kunnen worden voor een drogestofbelasting van 40 of 50 kgd.s./m².d bij kantdiepten van respectievelijk 5 en 4 m.
- De capaciteit van de surplusslibpompen dient zodanig te worden gekozen dat de surplusslibproductie kan worden afgevoerd bij een zo laag mogelijke hydraulische belasting van de indikker.
- De indikker dient voorzien te zijn van een ruimer. Hoewel de werking van een roerwerk zeker niet altijd positief is, wordt aanbevolen om de indikker van een roerwerk te voorzien, immers de grootte van de gasproductie van slib in een indikker kan niet worden voorspeld. Het roerwerk bevordert het uitdrijven van gas en vermindert daarmee de kans op drijfslagvorming en slechte indikresultaten. Het verdient aanbeveling om na te gaan of de volgende wijze van bedrijfsvoering een verbetering van de indikresultaten geeft:
 - . discontinu afvoeren van ingedikt slib naar een slibbuffer-tank of slibontwateringsmachine;
 - . het roerwerk-ruimermechanisme alleen in bedrijf stellen wanneer de slibafvoerpomp in werking is;
 - . indien het slib veel gas produceert in de indikker het roerwerk enkele malen gedurende korte tijd in werking stellen in de periode waarin geen slib wordt afgevoerd.

1.2.2 Biologische flotatie-indikking

Het verdient aanbeveling de experimenten die op de zuiveringsinrichting te Winterswijk zijn uitgevoerd onder andere condities en met ingedikt slib van andere inrichtingen te herhalen, om zodoende de volgende vragen te kunnen beantwoorden:

- welke verblijftijd van het slib in de flotatieruimte dient 's zomers te worden aangehouden;
- welke minimale nitraatdosering is vereist;
- is de methode algemeen toepasbaar voor aëroob gemineraliseerd slib;
- is biologische flotatie ook bruikbaar voor actiefslib van actiefslibinstallaties met voorbezinking.

Onderzocht zou kunnen worden of biologische flotatie (met toevoeging van nitraat) van nog niet ingedikt slib sneller verloopt dan van ingedikt slib, als gevolg van gehinderde flotatie.

1.2.3 Dissolved air flotation

Het verdient aanbeveling een kostenvergelijking voor aëroob gemineraliseerd slib te maken tussen:

- gravitatie-indikking en natte afvoer van ingedikt slib;
- het ombouwen van een gravitatie-indikker naar een flotatie-indikker en natte afvoer van ingedikt slib;
- toepassen van biologische flotatie en natte afvoer van ingedikt slib.

Bij deze kostenvergelijking spelen reeds aanwezige voorzieningen, beschikbaarheid van grondoppervlak voor slibbakken, bereikbaar drogestofgehalte in het ingedikte slib bij de verschillende methoden en de afvoerkosten per m³ slib een rol.

Het verdient aanbeveling om een kostenvergelijking te maken tussen gravitatie- en flotatie-indikking voor actiefslib, dat anaëroob gestabiliseerd moet worden.

Hiervoor is onder meer aanvullende informatie nodig over de indikresultaten die met flotatie-indikking kunnen worden verkregen in vergelijking met gravitatie-indikking.

1.2.4 Indikresultaat en mechanische ontwatering

Het verdient aanbeveling na te gaan welke invloed het drogestofgehalte van ingedikt slib heeft op de resultaten van ontwateringsmachines. Met name bij zeefbandpersen is het denkbaar, dat effecten van al of niet optimale indikking van het slib reeds na een voorontwateringszone voor een belangrijk deel geëlimineerd zijn.

2. Gravitatie – indikking

Inhoud

2.1	INLEIDING	17-18
2.2	BESCHRIJVING VAN DE ZUIVERINGSINRICHTINGEN HOOGEZAND EN WINTERSWIJK	19-30
2.2.1	Zuiveringsinrichting Hoogezand	19-24
	<i>waterbehandeling</i>	19-21
	<i>slibbehandeling</i>	21-24
2.2.2	Zuiveringsinrichting Winterswijk	24-30
	<i>waterbehandeling</i>	24-27
	<i>slibbehandeling</i>	27-30
2.3	ERVARINGEN VAN DE BEDRIJFSVOERDERS MET DE SLIBINDIKKERS	31-33
2.3.1	Ervaringen te Hoogezand	31
2.3.2	Ervaringen te Winterswijk	31-33
	<i>ontwerpvoorzieningen</i>	31-32
	<i>automatische procesvoering</i>	32-33
	<i>flocculanten</i>	33
2.4	ANALYSES, METINGEN EN WIJZE VAN BEMONSTERING	34-42
2.4.1	Inleiding	34
2.4.2	Bepaling van de slibeigenschappen	34-36
2.4.3	Bepaling van de slibspiegelhoogte en het drogestofconcentratieverloop in de indikker	36-37
	<i>slibspiegel</i>	36
	<i>drogestofconcentratieverloop in de indikker</i>	36-37
2.4.4	Temperatuur in de indikker	37-40
2.4.5	Metingen en wijze van bemonstering te Hoogezand	40-41
	<i>slibaanvoer naar de indikker</i>	40
	<i>afvoer van ingedikt slib</i>	40-41
	<i>afvoer van overloopwater</i>	41
2.4.6	Metingen en wijze van bemonstering te Winterswijk	41-42
	<i>slibaanvoer naar de indikker</i>	41
	<i>afvoer van ingedikt slib</i>	42
	<i>afvoer van overloopwater</i>	42
	<i>flocculantdosering</i>	42
2.5	BESCHRIJVING VAN DE EXPERIMENTEN	43-46

2.6	RESULTATEN	47-67
2.6.1	Inleiding	47
2.6.2	De invloed van de slibspiegelhoogte	47-51
	<i>resultaten te Hoogezand</i>	47-49
	<i>resultaten te Winterswijk</i>	50-51
2.6.3	De invloed van de hydraulische belasting (spoelen)	51-54
	<i>resultaten te Hoogezand</i>	51-52
	<i>restulaten te Winterswijk</i>	52-54
2.6.4	De invloed van het roeren	54-58
	<i>resultaten te Hoogezand</i>	54-56
	<i>resultaten te Winterswijk</i>	57-58
2.6.5	De invloed van de drogestofbelasting	58-60
	<i>resultaten te Hoogezand</i>	58-59
	<i>resultaten te Winterswijk</i>	59-60
2.6.6	De invloed van flocculantdosering	61-62
	<i>resultaten te Winterswijk</i>	61-62
2.6.7	De invloed van discontinu slibafvoeren	62-65
	<i>resultaten te Hoogezand</i>	62-65
2.6.8	Uitspoelen van licht slib	66-67
	<i>resultaten te Winterswijk</i>	66-67
2.7	CONCLUSIES	68-71
2.7.1	Slibspiegelhoogte	68
2.7.2	Hydraulische belasting (spoelen)	69
2.7.3	Roeren	69
2.7.4	Drogestofbelasting	69-70
2.7.5	Flocculanten	70
2.7.6	Discontinuu slibafvoeren	70
2.7.7	Uitspoelen van licht slib	70-71

2.1 INLEIDING

Het onderzoek aan gravitatie-indikkers is verricht met het doel meer inzicht te verkrijgen omtrent procesvariabelen, de wijze van bedrijfsvoering en de uitvoeringsvorm van de indikker op de indikresultaten. Inzicht in het procesgebeuren in een indikker biedt de mogelijkheid de bedrijfsvoering van een gravitatie-indikker te optimaliseren, hetgeen in veel gevallen betekent het maximaliseren van het drogestofgehalte in het ingedikte slib. Met praktijkmetingen kan worden aangetoond of optimalisatie van het indikproces een wezenlijke verhoging van het drogestofgehalte in het ingedikte slib tot gevolg heeft, of dat het bereikbare drogestofgehalte in het ingedikte slib hoofdzakelijk wordt bepaald door de eigenschappen van het in te dikken slib, waarbij de procesomstandigheden in de indikker een ondergeschikte rol spelen.

Met het onderzoek aan gravitatie-indikkers is de invloed van een beperkt aantal parameters op het indikproces en indikresultaat bepaald. Als parameters zijn gekozen:

- slibspiegelhoogte in de indikker;
- wel of niet spoelen van de indikker;
- wel, niet of discontinu roeren in de indikker;
- drogestofbelasting van de indikker;
- toepassen van polymeren;
- wijze van slibafvoer (continu, discontinu).

Gezien het beschikbare tijdsbestek is het niet mogelijk geweest om bovengenoemde procesparameters over een groot meetbereik te variëren.

Niet onderzocht is de invloed van de bodemhelling, de inlaat- en afvoerconstructie van de indikker en de vorm en hoogte van de roerstanden op het indikresultaat.

Om de uitgekomen parameters te kunnen onderzoeken dient de zuiveringsinrichting waar het onderzoek wordt verricht een aantal voorzieningen te hebben.

Deze voorzieningen zijn als volgt geformuleerd:

- *slibaanvoerpomp*

De slibaanvoerpomp dient een variabele capaciteit te hebben of moet op tijd klokken kunnen worden gestuurd om zodoende de gewenste drogestofbelasting op de indikker te kunnen instellen.

- *slibafvoerpomp*

De slibafvoerpomp moet een variabele capaciteit hebben, waardoor de aanvoer en afvoer van drogestof op elkaar kunnen worden afgestemd en de slibspiegelhoogte in de indikker constant blijft.

- *slibbuffer*

Er dient een slibbuffer aanwezig te zijn, waardoor het mogelijk is ingedikte slib continu (24 uur per dag) af te voeren.

- *overigen*

Aanwezig dienen te zijn spoelfaciliteiten, roerwerk, centrale invoerconstructie voor het in te dikken slib en een afvoergoot voor overloopwater.

Mede op basis van de gegevens over indikkers verkregen uit de enquête gravitatie-indikking en de bovengenoemde gewenste voorzieningen is het onderzoek uitgevoerd op de zuiveringsinrichtingen Hoogezand en Winterswijk.

2.2

BESCHRIJVING VAN DE ZUIVERINGSINRICHTINGEN HOOGEZAND EN WINTERSWIJK

In dit hoofdstuk is een beschrijving gegeven van de twee zuiveringsinrichtingen, Hoogezand en Winterswijk, waar de proeven met de gravitatie-indikers zijn uitgevoerd.

De beschrijving van de inrichtingen betreft de waterbehandeling en de slibbehandeling, althans voor zover de procesomstandigheden hiervan van invloed zijn op de kwaliteit van het in te dikken slib.

2.2.1 Zuiveringsinrichting Hoogezand

waterbehandeling

(zie onderstaande figuur 1)

ontwerpcapaciteit : 50.000 i.e. à 54 g BZV₅/dag
 maximale uuraanvoer : 1400 m³/h
 huidige belasting : 1890 kg BZV₅/dag (= 35.000 i.e.)
 (zie ook tabel 1, p. 20)

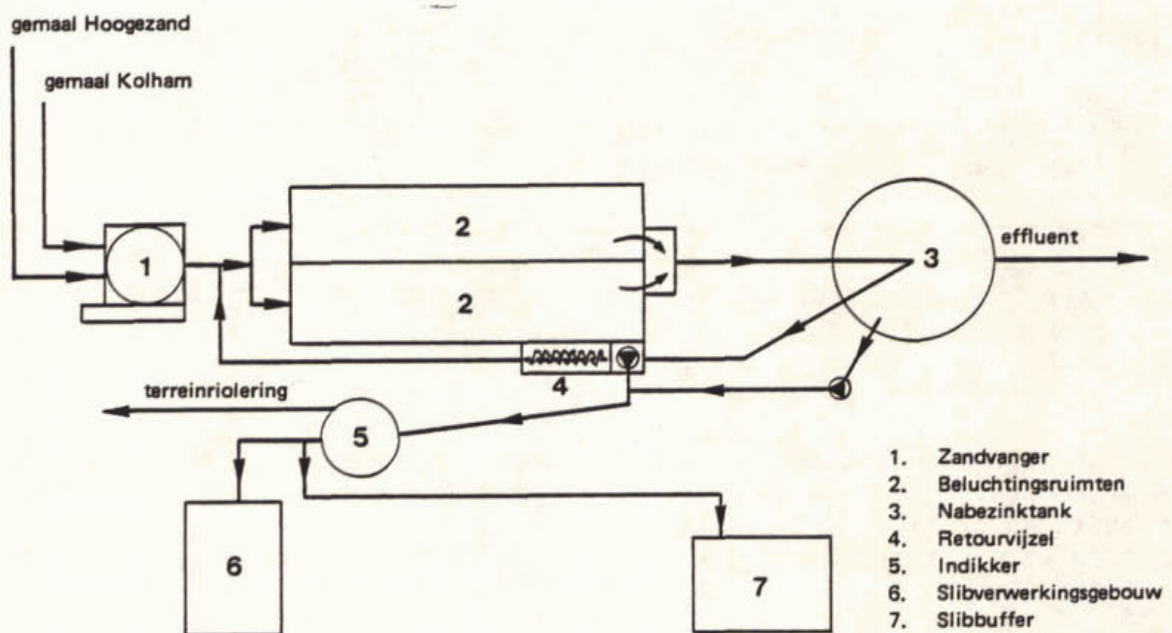


Fig. 1. Schema rioolwaterzuiveringsinrichting Hoogezand

aanvoer

Het afvalwater wordt aangevoerd door twee gemalen op afstand en persleidingen:

1. gemaal Hoogezand voorzien van een grof rooster van 50 mm
2. gemaal Kolham voorzien van een versnijder met een doorlaat van 13 mm

Het afvalwater is hoofdzakelijk van huishoudelijke aard.

	ontwerp	thans
slibbelasting in kg BZV ₅ /(kg slib.d)	0.054	0.038
slibproduktie in kg/d	2000	875
slibproduktie in g/(i.e. d)	40	25
slibleeftijd in d	25	57

Tabel 1. Belastinggegevens van de zuiveringsinrichting Hoogezand, overgenomen uit de enquête gravitatie-indikking

Het aangevoerde afvalwater passeert op de zuiveringsinrichting achter-eenvolgens de volgende onderdelen:

vlakzandvanger

Type Dorr, voorzien van een zandwasser. Maximale hydraulische belasting = $30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

beluchtingsruimte

De beluchtingsruimte bestaat uit twee rechthoekige bassins van gelijke grootte. De benodigde zuurstof wordt ingebracht door een bellenbeluchtingssysteem.

De beluchtingselementen zijn homogeen over de bodem van de tanks verdeeld.

nabezinktank

Aanwezig is een ronde nabezinktank:

maximale hydraulische belasting	:	$1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
diameter	:	42 m
oppervlak	:	1400 m^2
kantdiepte	:	1,5 m

retourslibgemaal

Aanwezig is een retourslibvijzel met een capaciteit van 400 en 800 m^3/h (laag en hoog toerental).

Een indruk van de werking van de inrichting kan worden verkregen uit de gegevens in tabel 2.

Hierin zijn de analyseresultaten van BZV₅ en N van de periodiek door de provinciale waterstaat van Groningen uitgevoerde etmaalbemonsteringen voor influent en effluent weergegeven. De resultaten zijn uit de periode augustus 1977 - januari 1978.

	aantal bemonsteringen	gemiddeld	laagste	hoogste
<u>Influent</u>				
BZV ₅ mg O ₂ /l	6	147	102	245
Kjeldahl-N mg N/l	6	75	56	120
N-NH ₄ mg N/l	6	55	46	72
<u>Effluent</u>				
BZV ₅ mg O ₂ /l	6	4	2	7
Kjeldahl-N mg N/l	6	3,0	2,0	4,5
N-NH ₄ mg N/l	6	0,5	0,1	0,8
N-NO ₂ mg N/l	6	0,04	0,01	0,10
N-NO ₃ mg N/l	6	24	13,5	33

Tabel 2. Analyseresultaten etmaalbemonsteringen Hoogezand, in de periode augustus 1977 - januari 1978

Gemiddeld wordt 97% van de BZV₅ en 96% van de N-Kjeldahl verwijderd. De totale stikstofverwijdering bedraagt 64%.

slibbehandeling

De slibverwerkingsvoorzieningen in Hoogezand bestaan uit: een surplus-slibgemaal, een gravitatie-indikker, een ingedikt-slibpomp, een zeefbandpers, een slibdrooginstallatie en een bufferbak voor ingedikt slib. De zeefbandpers en de slibdrooginstallatie zijn niet bij het slibindikonderzoek betrokken geweest. Een beschrijving van deze onderdelen is daarom hier achterwege gelaten.

surplusslibgemaal

Het surplusslib wordt onttrokken aan het retourslibgemaal met een Mohnopomp, waarvan de capaciteit instelbaar is tussen 5 en 20 m³/h (zie figuur 2, p. 22). Tevens is het mogelijk te zamen met het slib spoelwater (effluent) naar de indikker te pompen met behulp van een centrifugaalpomp, capaciteit 30-40 m³/h. Beide pompen zijn droog opgesteld. Aan de perszijde van de centrifugaalpomp (voor spoelwater) bevindt zich een debietmeter.

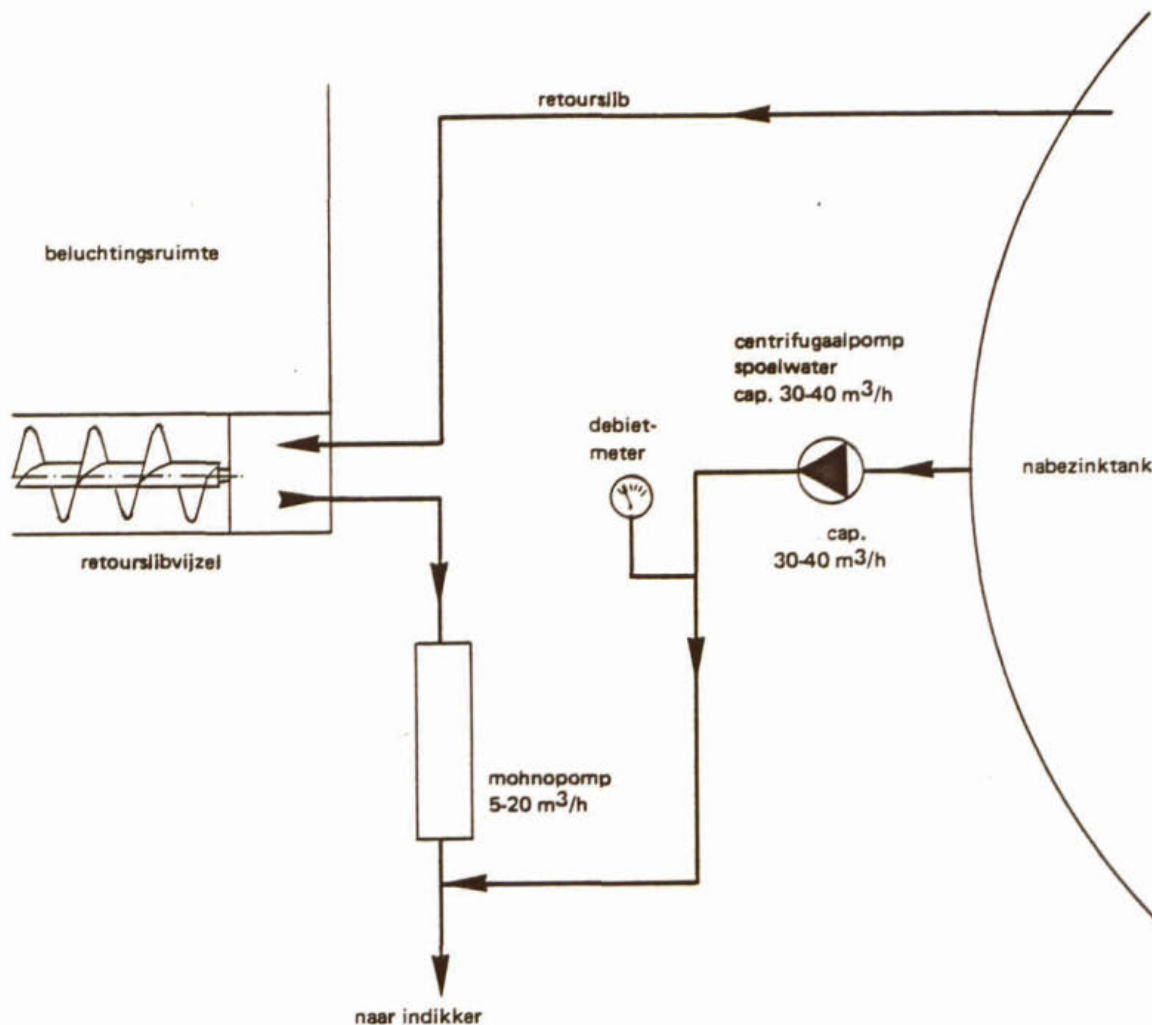


Fig. 2. Surplusslibgemaal met spoelwatervoorziening op de zuiverings-
inrichting Hoogezand

slibindikker

De uitgangspunten bij het ontwerp van de gravitatie-indikker zijn geweest:

slibaangroei per i.e./etm.	:	40 g droge stof
slibaangroei totaal/etm.	:	2000 kg droge stof
te verwerken per werkdag	:	2800 kg droge stof
maximale drogestofbelasting	:	30 kg/(m ² .d)

De afmetingen van de indikker zijn:

diameter	:	11	m
kantdiepte	:	4,2	m
oppervlak	:	95	m ²
inhoud cilindrisch deel	:	399	m ³
inhoud kegel	:	21	m ³
inhoud totaal	:	420	m ³
bodemhelling	:	1:8	

Aan de omtrek van de indikker bevindt zich een omloopgoot voor het afvoeren van het overloopwater.

Aan het centraal aangedreven diametrale ruimer/roerwerk is een inlooptrommel \varnothing 1,7 m bevestigd die tot 1,1 m onder het wateroppervlak reikt.

Aan weerszijden van de middenkolom bevinden zich enkele bodemschrappers en in de slibzak zijn twee middenschrappers aangebracht. Boven de schrappers is een roerwerk geplaatst.

Dit bestaat uit 18 hoekprofielen welke tot 0,7 m onder het wateroppervlak reiken. De afstand tussen de staven bedraagt 40 cm.

Het roerwerk draait in 6 minuten rond, zodat de tipsnelheid ca. 5,8 m per minuut bedraagt.

Aan de ruimerbrug zijn 18 hoekprofielen bevestigd om een eventuele drijfslag op de indikker te breken.

De afstand tussen deze staven is 40 cm.

Deze staven steken 1,1 m in de vloeistof. De indikker is niet voorzien van een drijfslaagafvoermechanisme. In figuur 3 is een schets van de indikker gegeven.

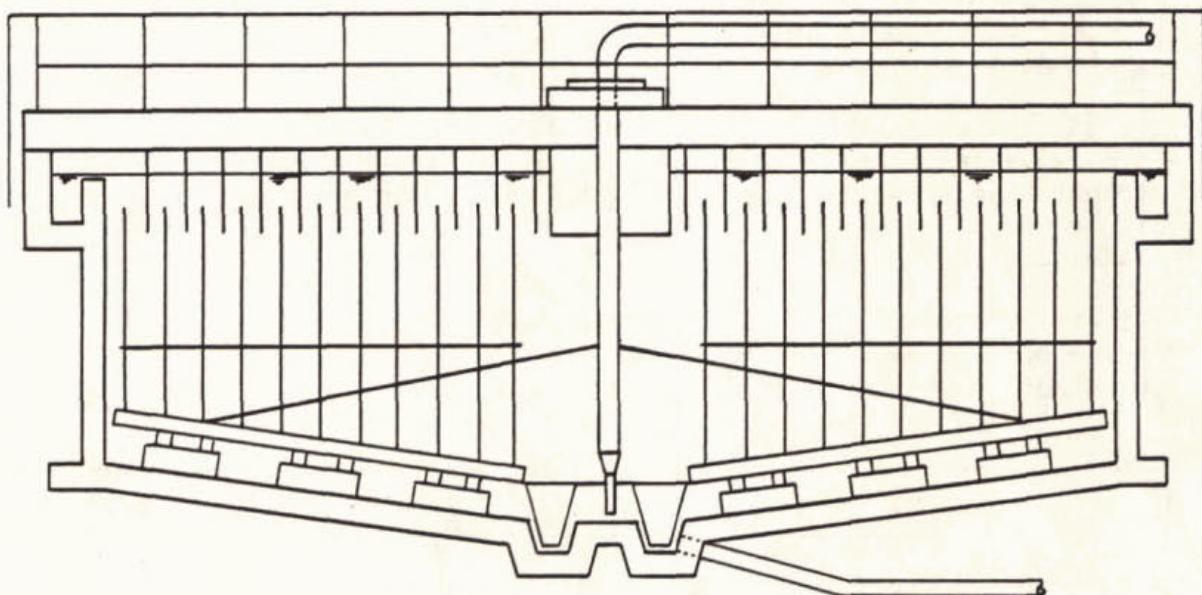


Fig. 3. Indikker te Hoogezand

ingedikt-slibpomp

Het ingedikte slib wordt onder uit de indikker verwijderd met behulp van een Mohnopomp waarvan de capaciteit instelbaar is tussen 0 en 13,6 m³/h. De pomp is opgesteld in het slibverwerkingsgebouw en is tevens de voedingspomp voor de zeefbandpers. De mogelijkheid is aanwezig om het ingedikte slib m.b.v. de Mohnopomp naar de slibbuffer af te voeren.

slibbuffer voor ingedikt slib

De slibbuffer is een met aarden wallen omringd, uitgegraven stuk terrein. De gemiddelde diepte bedraagt circa 1,5 m en de inhoud van de slibbuffer is 450-500 m³.

Deze buffer wordt gebruikt als tijdelijke opslagruimte voor ingedikt slib alvorens het nat naar de landbouw wordt afgevoerd.

2.2.2 Zuiveringsinrichting Winterswijk

waterbehandeling

(zie figuur 4, p. 25)

ontwerpcapaciteit : 77.000 i.e. à 54 g BZV₅/dag
maximale uuraanvoer : 2600 m³/h
huidige belasting : 3510 kg BZV₅/dag (= 65.000 i.e.)
(zie ook tabel 3).

aanvoer

Het afvalwater uit Winterswijk wordt via een vrijvervalriool naar de inrichting gebracht. Afvalwater uit Groenlo wordt door een lange persleiding afgevoerd naar het vrijvervalriool van Winterswijk.

Het afvalwater is voor ca. 57% van huishoudelijke aard. De overige belasting 28.000 i.e. is afkomstig van industrieën. Naar herkomst kan de volgende onderverdeling worden gemaakt:

bierbrouwerij : 10.000 i.e.
slachthuis (kalveren) : 6.000 i.e.
destructiebedrijf : 5.000 i.e.
zuivelfabriek : 4.000 i.e.
textielweverij/ververij : 2.000 i.e.
overigen : 1.000 i.e.

	ontwerp	thans
slibbelasting in kg BZV ₅ /(kg slib.d)	0,054	0,046
slibproduktie in kg/d	2310	2600
slibproduktie in g/(i.e. d)	30	40
slibleeftijd in d	40	30

Tabel 3. Belastinggegevens van de zuiveringsinrichting Winterswijk, overgenomen uit de enquête gravitatie-indikking

Het aangevoerde afvalwater passeert op de zuiveringsinrichting achtereenvolgens de volgende onderdelen:

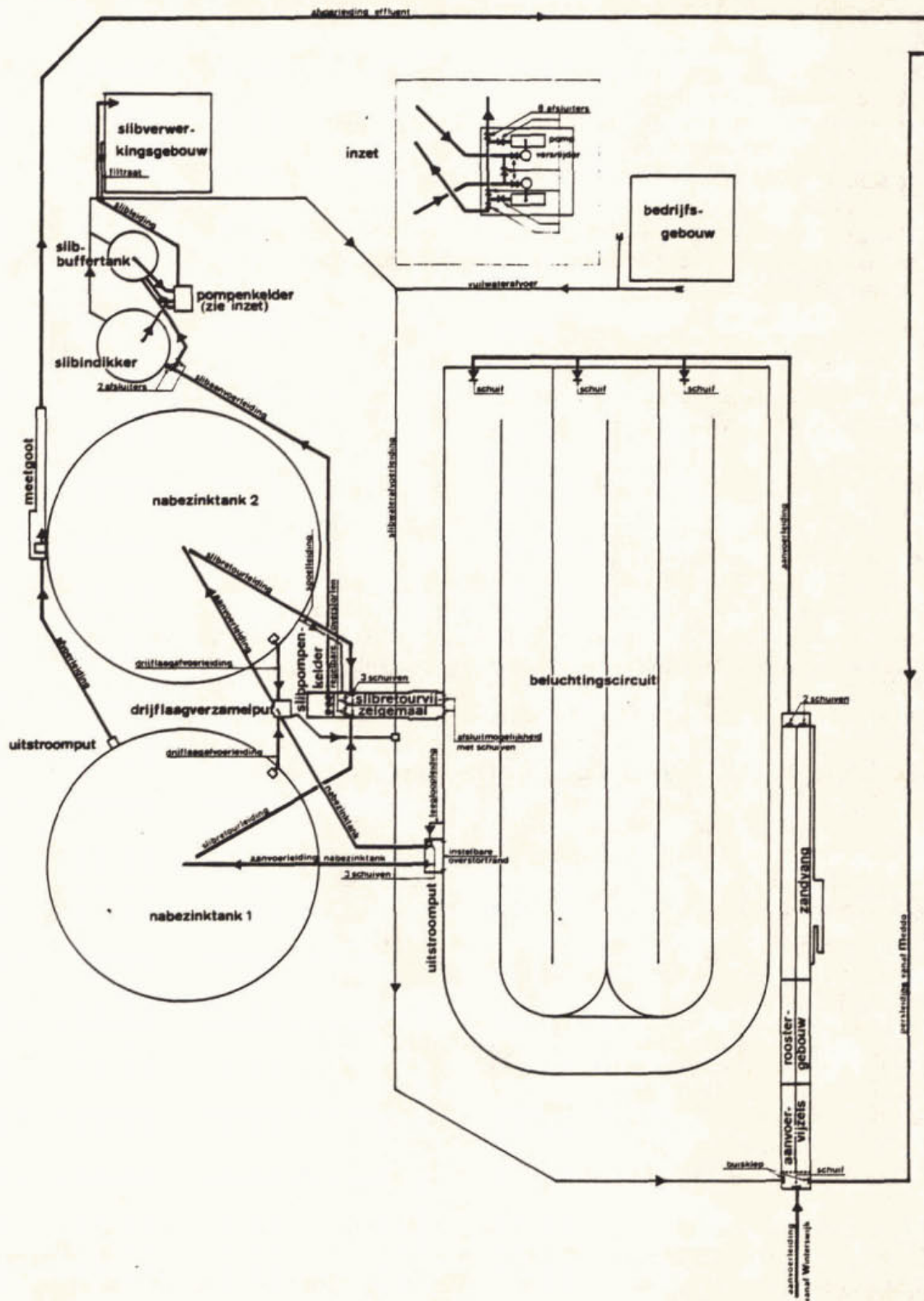


Fig. 4. Schema rioolwaterzuiveringsinrichting Winterswijk

vijzelgemaal

Een vijzelgemaal met voor de vijzels een grofrooster, waarvan de staafafstand 70 mm bedraagt.

Er zijn twee vijzels opgesteld elk met een capaciteit van 1300 m³/h.

roosterinstallatie

Een tweedelig verticaal staafrooster met hark en roostergoedpers. De staafafstand van het rooster bedraagt 30 mm. Roostergoed wordt in containers afgevoerd.

zandvanger

Twee gootzandvangers met mechanische ruiming en zandwassing. De hydraulische oppervlaktebelasting van de goten is 30 m³/(m².h).

beluchtingsruimte

Een beluchtingsruimte, type carousel met drie puntbeluchters elk met een capaciteit van 145 kg O₂/h.

De OC-load bedraagt 2,5. Zuurstofregeling geschiedt door aan- en uitschakelen van beluchters. Voorts kan de dompeldiepte van de beluchters worden geregeld door het wijzigen van het waterniveau in de carousel met behulp van een handverstelbare overstortrand.

nabezinktanks

Twee ronde nabezinktanks van gelijke vorm en afmetingen:

gezamenlijke inhoud	:	3900 m ³
maximale hydraulische belasting	:	1 m ³ /(m ² .h)
diameter/tank	:	41 m
oppervlak/tank	:	1300 m ²
kantdiepte	:	1,5 m

retourslibgemaal

Er zijn twee retourslibvijzels opgesteld, elk met een capaciteit van 650 m³/h (50% van de maximale afvalwater aanvoercapaciteit).

meetinrichting

Een venturimeetgoot, capaciteit 2600 m³/h.

Een indruk van de werking van de zuiveringsinrichting kan worden verkregen uit de gegevens in tabel 4, p. 27.

De analyseresultaten van BZV₅ en N van de periodiek door het zuiveringsschap Oostelijk Gelderland uitgevoerde etmaalbemonsteringen van influent en effluent zijn hierin weergegeven.

De resultaten zijn uit de periode waarin het indikkeronderzoek plaatsvond (half augustus 1977 - half januari 1978).

	aantal bemonsteringen	gemiddeld	laagste	hoogste
<u>Influent</u>				
BZV ₅ mg O ₂ /l	11	329	125	485
Kjeldahl-N mg N/l	10	53	25	75
<u>Effluent</u>				
BZV ₅ mg O ₂ /l	10	3	1	8
Kjeldahl-N mg N/l	10	4	2	12
NO ₃ -N mg N/l	11	5	1	16

Tabel 4. Analyseresultaten etmaalbemonsteringen Winterswijk, in de periode half augustus 1977 - half januari 1978

Gemiddeld wordt 99% van de BZV₅ en 92% van de N-Kjeldahl verwijderd. De totale stikstofverwijdering bedraagt ruim 80%.

slibbehandeling

De slibbehandelingsvoorzieningen in Winterswijk zijn een surplusslibgemaal, een gravitatie-indikker, een ingediktslibgemaal, een buffertank voor ingedikt slib en een zeefbandpersinstallatie met twee bandpersen.

Sinds 1973 wordt het ingedikte slib vanuit de buffertank nat afgevoerd naar de landbouw. Een nadere beschrijving van de bandpersen is daarom achterwege gelaten.

surplusslibgemaal

(zie ook figuur 5, p. 28)

Het surplusslib wordt aan de retourslibstroom onttrokken en door het gemaal naar de indikker gevoerd.

Het gemaal bestaat uit een natte en droge kelder en is samengebouwd met het retourslibgemaal. Er zijn drie gelijke pompen opgesteld waarvan de capaciteit per pomp volgens opgave 40 m³/h bedraagt. Hiervan wordt slechts één pomp gebruikt. De capaciteit van de betreffende pomp blijkt in werkelijkheid 69 m³/h te bedragen.

Om de indikker te kunnen spoelen, kan het surplusslib in de natte kelder worden verdund met effluent uit een nabezinktank. De surplusslibtoevoer moet daartoe worden "geknepen" met de twee doseerschuiven tussen retourslibgemaal en de natte kelder. Het peil in de natte kelder zal vervolgens dalen, zodat via een vlotterbediende klep het supplementewater uit de nabezinktank kan toestromen.

Aan de perszijde van de gebruikte surplusslibpomp is een injectiepunt aangebracht voor het doseren van flocculatiemiddelen.

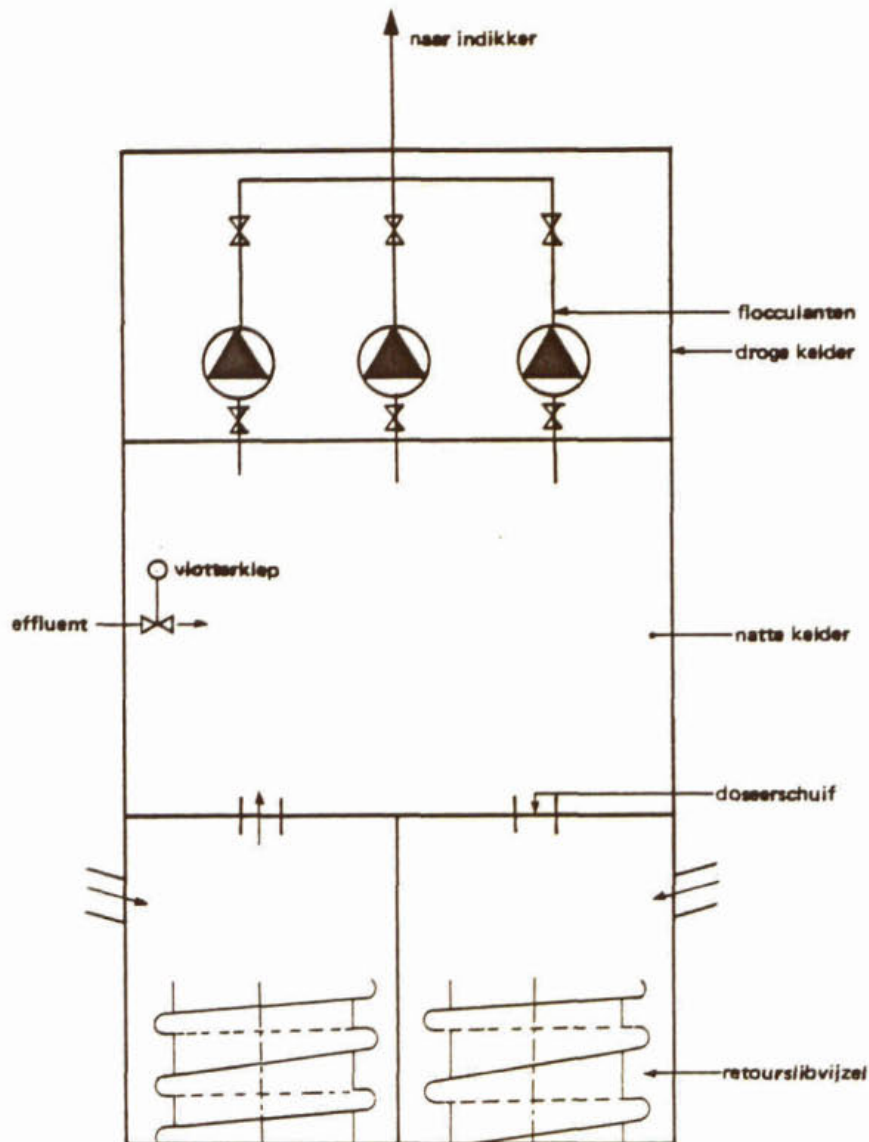


Fig. 5. Sursplusslibgemaal met spoelwatervoorziening op de zuiverings-
inrichting Winterswijk

slibindikker

De uitgangspunten bij het ontwerp van de gravitatie-indikker zijn geweest:

slibaangroei per i.e./etm.	:	30 g
slibaangroei totaal/etm.	:	2310 kg
rendement van de indikker	:	90%
in bedrijf	:	7 dagen per week
te verwerken per dag	:	2570 kg

maximale drogestofbelasting : 30 kg/(m².d)
 maximale hydraulische belasting : 0,9 m³/(m².h)

De afmetingen van de indikker zijn:

diameter : 10,5 m
 kantdiepte : 3 m
 oppervlak : 86,6 m²
 inhoud cilindrisch deel : 260 m³
 inhoud kegel : 19 m³
 inhoud totaal : 279 m³
 bodemhelling : 1:8

Aan de omtrek van de indikker bevindt zich een omloopgoot voor afvoer van het overloopwater.

Aan het centraal aangedreven diametrale ruimer/roerwerk is een inlooptrommel \varnothing 1,2 m bevestigd, die tot 1,9 m onder het wateroppervlak reikt.

Aan weerszijden van de middenkolom bevinden zich twee bodemschrappers en in de "slibzak" zijn twee middenschrappers aangebracht.

Boven de schrappers is een roerwerk met ronde staven \varnothing 22 mm geplaatst. De staven reiken tot 1,45 m onder de waterspiegel. Er zijn in totaal 30 roerstaven. De afstand tussen de staven is 30 cm.

Het roerwerk draait in 9 minuten rond zodat de topsnelheid ca. 3,7 m per minuut bedraagt.

Voorzieningen voor het breken of afvoeren van eventuele drijfslagen zijn niet aangebracht.

Figuur 6 geeft een schets van de indikker.

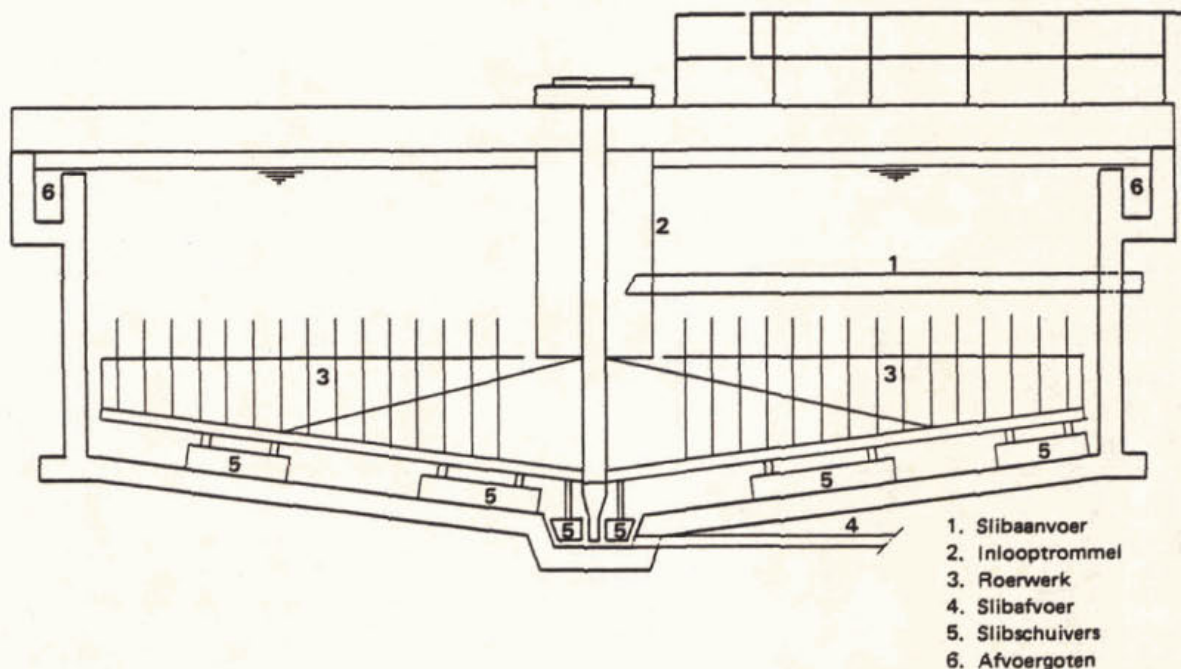


Fig. 6. Gravitatie-indikker Winterswijk

ingediktslibgemaal

Het ingediktslibgemaal is een bij de indikker gesitueerde ondergrondse kelder waarin twee gelijke Mohnopompen zijn opgesteld. Een pomp is steeds reserve voor de ander.

De capaciteit van de pompen is instelbaar tussen 4,5 en 20 m³/h.

Voor de pompen zijn versnijders geplaatst.

De pompen voeren het ingedikt slib uit de indikker naar de buffertank. Ook afvoer naar het slibverwerkingsgebouw is mogelijk.

slibbuffertank

De slibbuffertank is uitgevoerd als een kleinere versie van de indikker. Overige verschillen zijn: drie in plaats van vier bodemschrappers, het ontbreken van een inlooptrommel. Het slib wordt ingevoerd via de zijwand. 22 in plaats van 30 roerstaven, afstand bovenzijde roerstaven tot overstortrand rond 1 m in plaats van 1,45 m.

De afmetingen zijn:

diameter	:	7,5 m
kantdiepte	:	3 m
oppervlak	:	44 m ²
inhoud cilindrisch deel	:	133 m ³
inhoud kegel	:	6,0 m ³
inhoud totaal	:	139 m ³
bodemhelling	:	1:8

2.3 ERVARINGEN VAN DE BEDRIJFSVOERDERS MET DE SLIBINDIKKERS

In dit hoofdstuk zijn de ervaringen, die de bedrijfsvoerders op de zuiveringsinrichtingen Hoogezand en Winterswijk met de aanwezige slibindikfaciliteiten opdeden, beschreven.

Hoewel de ingebouwde instelmogelijkheden op de zuiveringsinrichting Winterswijk in principe grote variaties in procesvoering mogelijk maken, heeft men eigen aanpassingen aangebracht om de procesvoering te kunnen verbeteren.

2.3.1 Ervaringen te Hoogezand

Het slibverwerkingsbedrijf op de zuiveringsinrichting Hoogezand is nog erg onderbelast. De slibaangroei is slechts 45% van de aangroei waarvoor de installatie is ontworpen. Daarnaast is de inhoud van de indikker (ontwerp = 8,4 l/i.e.) groter dan wat gebruikelijk is in Nederland, onder andere door de gekozen kantdiepte van 4,2 m (vergelijk hiermee de indikker te Winterswijk: 3,6 l/i.e.).

Een groot gedeelte van het jaar wordt het ingedikte slib nat afgevoerd. In deze periode wordt gebruik gemaakt van de slibbufferbak (inhoud ca. 500 m³), waarin het slib door biologische flotatie gaat opdrijven en waarna aanzienlijke hoeveelheden afgescheiden slibwater kunnen worden weggepompt. Een optimaal verlopend indikproces in de slibindikker is gedurende deze periode niet zo relevant.

De procesvoering van de slibindikker levert geen problemen op.

De surplusslibpomp is op een vast debiet ingesteld en werkt continu.

Er wordt in de regel geen spoelwater gesuppleerd.

Op werkdagen wordt de, op een vast debiet ingestelde, ingediktslibpomp enkele uren in werking gesteld voor de afvoer van ingedikte slib. De vullingsgraad van de indikker is op maandag het grootst. Door dagelijks wat meer ingedikte slib af te voeren dan wordt aangevoerd, daalt de vullingsgraad gedurende de week zodat op vrijdag voldoende ruimte aanwezig is om de aanvoer van het weekend op te vangen.

2.3.2 Ervaringen te Winterswijk

De belasting van de slibindikker op de zuiveringsinrichting Winterswijk is ongeveer gelijk aan de ontwerpbelasting van 30 kg/(m².d). Momenteel wordt het ingedikte slib op werkdagen vanuit de slibbuffer (met een capaciteit van circa 1 dag slibproductie) nat afgevoerd.

Een optimaal indikresultaat geeft een directe besparing op de afvoerkosten van het ingedikte slib.

ontwerpvoorzieningen

Het bereiken van een optimale procesvoering van de indikker met de voorzieningen die tijdens de bouw waren gerealiseerd is door de bedrijfsvoerder als problematisch ervaren.

De traagheid van het indikproces is er de oorzaak van, dat de gevolgen van veranderde procescondities veelal pas vele uren later merkbaar zijn.

Bij een installatie die slechts gedurende 45 uur per week bemand is, kan daarom niet altijd tijdig worden geanticipeerd op gewijzigde procesomstandigheden.

Als criterium voor de dagelijkse procesvoering is de visuele beoordeling van de slibspiegel en het overloopwater gehanteerd. Voorts is periodiek de indamprest van het ingedikte slib bepaald.

De bedrijfsvoerder meent, dat bij afvoer van slib met het overloopwater, de lichtere slibdelen uitspoelen, waardoor de bezinkingseigenschappen van het slib in de beluchtingsruimte negatief zullen worden beïnvloed.

Continue aanvoer van surplusslib met één surplusslibpomp, geeft volgens de bedrijfsvoerder een te hoge drogestof- en hydraulische belasting van de indikker en bij gevolg een ongunstig indikresultaat.

Van de drie surplusslibpompen is nooit meer dan één pomp gelijktijdig in bedrijf.

Spoelwater wordt nooit gesuppleerd.

Bij een continu werkende surplusslibpomp kan de drogestofbelasting worden verlaagd door de suppletie van spoelwater. Volgens de bedrijfsvoerder heeft dit geen positieve invloed op het indikresultaat. De technische voorzieningen geven bovendien aanleiding tot problemen:

- de aanvoer van surplusslib moet worden beperkt door het "knijpen" van de doseerschuiven tussen retourslibgemaal en de natte kelder van het surplusslibgemaal. De tot een nauwe spleet geknepen doorlaatopeningen bij de doseerschuiven geven grote kans op verstopping en ontregeling van het indikproces;
- door het ontbreken van een standaardwijzing op de doseerschuiven is het instellen van een vooraf te bepalen verhouding surplusslib/spoelwater niet goed mogelijk.

De afvoer van ingedikt slib met de regelbare Mohnopomp voldoet goed en geeft geen problemen. De bedrijfsvoerder hanteert voor het wijzigen van een ingesteld debiet een "ongeveer instelling" van enkele slagen +/- van het handwiel op de toerental instelbare motorreductor. Een toerentalwerk ontbreekt.

automatische procesvoering

Om de problemen bij de procesvoering van de indikker te ondervangen is enkele jaren geleden een door het zuiveringsschap Oostelijk Gelderland zelf ontwikkeld regelsysteem geïnstalleerd. Met tijd klokken zijn slibaanvoer-, slibafvoer- en rustperioden instelbaar gemaakt. In de indikker is een slibspiegelmeter (met lamp en fotocel) geïnstalleerd die bij het overschrijden van de ingestelde slibspiegelhoogte de aanvoer stopt. Na een in te stellen sperperiode komt de surplusslibpomp weer automatisch in bedrijf en pompt totdat de weer stijgende slibspiegel de lichtstraal naar de fotocel van de slibspiegelmeter onderbreekt.

De bedrijfsvoerder is zeer content met dit regelsysteem.

Het maakt een bedrijfsvoering mogelijk met een vrijwel steeds volledig met slib gevulde indikker terwijl geen slib met het overloopwater wordt afgevoerd.

De drogestofbelasting van de indikker is vrijwel constant. Wijzigingen in de concentratie van het aangevoerde slurpslib worden automatisch door meer c.q. minder pompen van de aanvoerpomp gecompenseerd.

flocculanten

Om het indikproces verder te verbeteren zijn voorzieningen voor het doseren van flocculanten aangebracht. Reeds enkele jaren wordt een hoeveelheid van ca. 0,3 g/kgd.s. van het flocculant K444 van Stockhausen aan het in te dikken slurpslib gedoseerd. Volgens de bedrijfsvoerder verbetert dit het indikresultaat met enkele tienden van procenten drogestof. Men is van mening dat hogere doseringen geen extra verbetering van het indikresultaat tot gevolg hebben. Voor het aanmaken, opslaan en doseren van de flocculantoplossing worden de voorzieningen in het slibverwerkingsgebouw gebruikt, die daar ten behoeve van de zeefbandpersen zijn opgesteld. De in toerental regelbare doseerpomp is elektrisch gekoppeld met de slurpslibpomp zodat beide pompen steeds gelijktijdig in- en uitschakelen. Het injectiepunt van de flocculantoplossing is aan de perszijde van de slurpslibpomp aangebracht.

2.4 ANALYSES, METINGEN EN WIJZE VAN BEMONSTERING

2.4.1 Inleiding

Om tijdens het onderzoek aan de gravitatie-indikers te Hoogezand en Winterswijk het proces te kunnen bestuderen zijn tal van metingen verricht en is een groot aantal monsters genomen en geanalyseerd. In dit hoofdstuk is beschreven op welke wijze de metingen en analyses zijn verricht en op welke wijze de bemonsteringen zijn uitgevoerd. Hierbij is onderscheid gemaakt in:

- 2.4.2 Bepaling van de slibeigenschappen (zowel te Hoogezand als Winterswijk).
- 2.4.3 Bepaling van de slibspiegelhoogte en het drogestofconcentratieverloop in de indikker (zowel te Hoogezand als Winterswijk).
- 2.4.4 Temperatuur in de indikker (zowel te Hoogezand als Winterswijk).
- 2.4.5 Metingen en wijze van bemonstering te Hoogezand.
- 2.4.6 Metingen en wijze van bemonstering te Winterswijk.

2.4.2 Bepaling van de slibeigenschappen

Veel aandacht is besteed aan het vastleggen van de slibeigenschappen gedurende het onderzoek, om zodoende wijzigingen in de eigenschappen te kunnen signaleren. Door veranderingen van de slibeigenschappen tijdens het onderzoek zouden de indikresultaten kunnen worden beïnvloed en de interpretatie ervan worden bemoeilijkt.

In tabel 5, p. 35 zijn de belangrijkste bepalingen, uitgevoerd met het slib van Hoogezand en Winterswijk, samengevat. De volledige analyseresultaten van de slibeigenschappen zijn als bijlage 2, pp. 133-136 opgenomen.

De analyses zijn telkens verricht op steekmonsters van de inhoud van de beluchtingsruimte. Te Winterswijk zijn éénmaal de slibeigenschappen bepaald van steekmonsters van in te dikken slib, ingedikt slib en overloopwater van de indikker.

De analyses zijn zoveel mogelijk uitgevoerd volgens de normen van het Nederlands Normalisatie Instituut.

Een overzicht van de gebruikte analysemethoden is weergegeven in tabel 6, p. 35. Van enkele bepalingen zijn de NEN nummers tussen haakjes geplaatst. Het betreft hier voorlopige aanduidingen van onderzoekingsmethoden welke door de "Ad hoc commissie Onderzoekingsmethoden voor afvalwater" van het Nederlands Normalisatie Instituut, ter publicatie, als ontwerpnorm, worden voorbereid. Een aantal analyses dat nog niet in de vorm van een NEN voorschrift is verwerkt, behoeft toelichting. Deze bepalingen zijn nader beschreven in bijlage 3, pp. 137-139 en zijn in tabel 6, p. 35 met een (2) aangeduid.

parameter	Hoogezand			Winterswijk		
	gemiddelde	uiterste waarden	aantal bepalingen	gemiddelde	uiterste waarden	aantal bepalingen
slibindex volgens NEN 3235.4.5. ml/g	65	58-71	25	198	127-257	34
slibindex (geroerd) ml/g	59	51-65	12	112	73-150	32
slibbezinksnelheid cm/h	213	177-237	12	116	71-161	26
specifieke filtratieweerstand bij:						
- vacuümfiltratie* 0,5 bar in 10 ¹² m/kg	4,1	3,5-5,6	4	8,4	6,9-9,5	3
- persfiltratie* 1 bar in 10 ¹² m/kg	13,4	8,0-24,8	8			
- persfiltratie* 7 bar in 10 ¹² m/kg	119	94-194	5	122	122	1
CST* in sec.	21	15-26	8	39	31-47	4
afzuigtijd* in sec.	324	190-530	8	566	410-770	4
soortelijk gewicht* bij 20°C in g/ml	1,006	1,005-1,009	8	1,006	1,003-1,008	5
totaal N-gehalte mg N/g droogrest	46	36-55	4	72	71-73	2
Ca-gehalte mg Ca/g droogrest	28	19-42	4	37	25-104	4
P-gehalte mg P/g droogrest	16,5	15-18	4	18	6-30	2
CZV mg O ₂ /g droogrest	1283	1150-1390	4	1430	1320-1490	4
gloeirest in % van de droogrest	27	26-27	5	28	25-31	6
pH	7,1	7,1	3	7,1	6,6-7,3	5

Tabel 5. De belangrijkste bepalingen verricht aan het slib van Hoogezand en Winterswijk

* bij 15 g/l.

analyse	analysevoorschrift
bezinkvolume (en bezinkkromme)	NEN 3235 4.4
bezinkvolume geroerd (en bezinkkromme) (2)	WRC TM 103
droogrest van de onopgeloste bestanddelen	NEN 3235 4.2
slibindex	NEN 3235 4.5
slibindex geroerd (2)	WRC TM 103
bezinksnelheid van het geroerde bezinkvolume	(2)
totaal N-NH ₃ en N-Kjeldahl	NEN 3235 6.5
calciumgehalte	(2)
CZV	NEN 3235 5.3
pH	NEN 3235 3.2
indamprest	NEN 3235 4.1
gloeirest (in % van de droogrest)	NEN 3235 4.2
soortelijk gewicht bij 20°C	(2)
microscopisch beeld	(2)
fosfaatgehalte	NEN 3235 8.2
specifieke filtratieweerstand bij vacuümfiltratie	(NEN 3235 11.3)
specifieke filtratieweerstand bij drukfiltratie	(NEN 3235 11.4)
afzuigtijd bij vacuümfiltratie	(NEN 3235 11.7)
CST (capillary suction time)	(NEN 3235 11.8)

Tabel 6. Overzicht van de gebruikte analysemethoden

In figuur 8, p. 38 en figuur 9, p. 39 zijn de meest frequente bepalingen aan respectievelijk het slib te Hoogezand en Winterswijk uitgevoerd grafisch weergegeven. Het betreft de volgende bepalingen:

- slibindex (volgens NEN 3235 4.5);
- slibindex geroerd (SVV);
- bezinksnelheid tijdens de geroerde indexbepaling.

Er blijkt een groot verschil in bezinkingseigenschappen tussen het slib te Hoogezand en Winterswijk te bestaan. In Hoogezand zijn de slibeigenschappen bovendien vrij constant terwijl dit in Winterswijk minder het geval is.

Opgemerkt kan nog worden dat bij de bepaling van de slibindex volgens NEN 3235 4.5 het actiefslib van Hoogezand niet en het slib van Winterswijk wel met effluent moest worden verdund.

Van de meeste van de uitgevoerde bepalingen is niet bekend welke relatie er bestaat tussen de uitkomst van de bepaling en het te bereiken drogestofgehalte in het ingedikte slib. Niettemin is gemeend, dat bij verder onderzoek aan slibindikers deze gegevens een bijdrage kunnen leveren om eventuele relaties vast te stellen.

2.4.3 Bepaling van de slibspiegelhoogte en het drogestofconcentratieverloop in de indikker

slibspiegel

Zowel te Hoogezand als te Winterswijk is de hoogte van de slibspiegel in de indikker frequent gemeten met behulp van een draagbare slibspiegelmeter (lampje-fotocel).

De slibspiegelmeter geeft een scherpe omslag op de aangesloten voltmeter te zien bij 4 à 5 g drogestof/l.

drogestofconcentratieverloop in de indikker

Het verticale drogestofconcentratieverloop in de indikers en de drogestofinhoud van de indikers is tijdens de experimenten bepaald met behulp van profielmeetbuizen. Figuur 7, p. 37 geeft een schematische tekening van een profielmeetbuis.

De profielmeetbuizen zijn speciaal voor dit doel gemaakt.

Het zijn lange perspex buizen met een binnendiameter van 4 cm.

Aan de monding van de buis, welke van een klep is voorzien, is een 20 cm hoge afstandssteun bevestigd.

Voorts zijn in de buiswand op afstanden van 30 cm aftapkranen geplaatst. De buis wordt met geopende klep langzaam in de indikker gestoken en vult zich. Vervolgens wordt de klep gesloten en de buis opgehaald.

Van boven naar beneden wordt de buis via de kranen afgetapt, waarbij het uitstromende slib ter analyse wordt opgevangen. Aldus wordt een reeks monsters op 20 cm - 50 cm - 80 cm etc. vanaf de bodem verkregen waaruit het verticale concentratieverloop kan worden bepaald.

Door de gehele buis leeg te laten lopen in een vat kan het gemiddelde drogestofgehalte en de drogestofinhoud van de indikker worden bepaald.

In Winterswijk zijn op hetzelfde tijdstip steeds profielmonsters nabij het midden en nabij de omtrek (kant) van de indikker genomen.
 In Hoogezand zijn profielmonsters afwisselend genomen, nabij het midden en nabij de omtrek van de indikker.

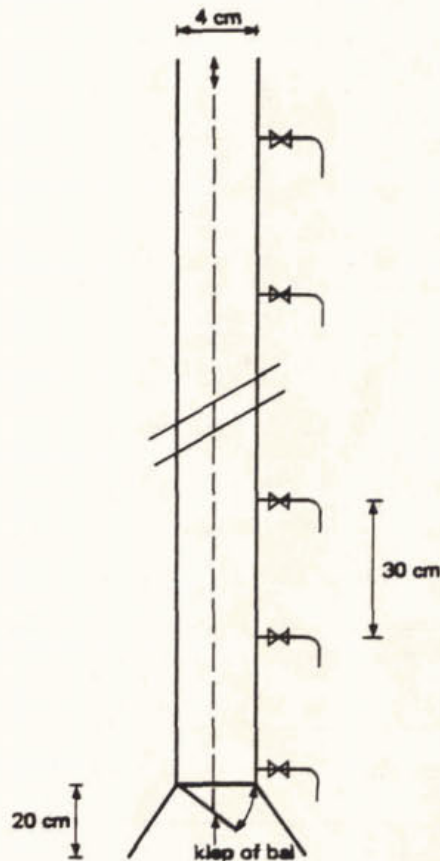


Fig. 7. Profielmeetbuis gebruikt voor het bepalen van het verticale concentratieverloop in de indikker

2.4.4 Temperatuur in de indikker

Zowel in Hoogezand als in Winterswijk is gedurende de proefperiode periodiek de temperatuur van het ingedikte slib gemeten. In Winterswijk is door de duur van de experimenten een aanzienlijk temperatuursverloop opgetreden. De temperatuur van het ingedikte slib varieerde van 20°C - 8°C .

In Hoogezand varieerde de temperatuur van $17,2^{\circ}\text{C}$ - $9,8^{\circ}\text{C}$.

In Hoogezand is enige malen zowel de temperatuur in het overloopwater (boven in de indikker) als in het ingedikte slib (onder in de indikker) gemeten. De resultaten zijn in tabel 7, p. 40 weergegeven. Het temperatuursverschil tussen overloopwater en ingedikt slib bedroeg maximaal $0,7^{\circ}\text{C}$ en was gemiddeld $0,3^{\circ}\text{C}$.

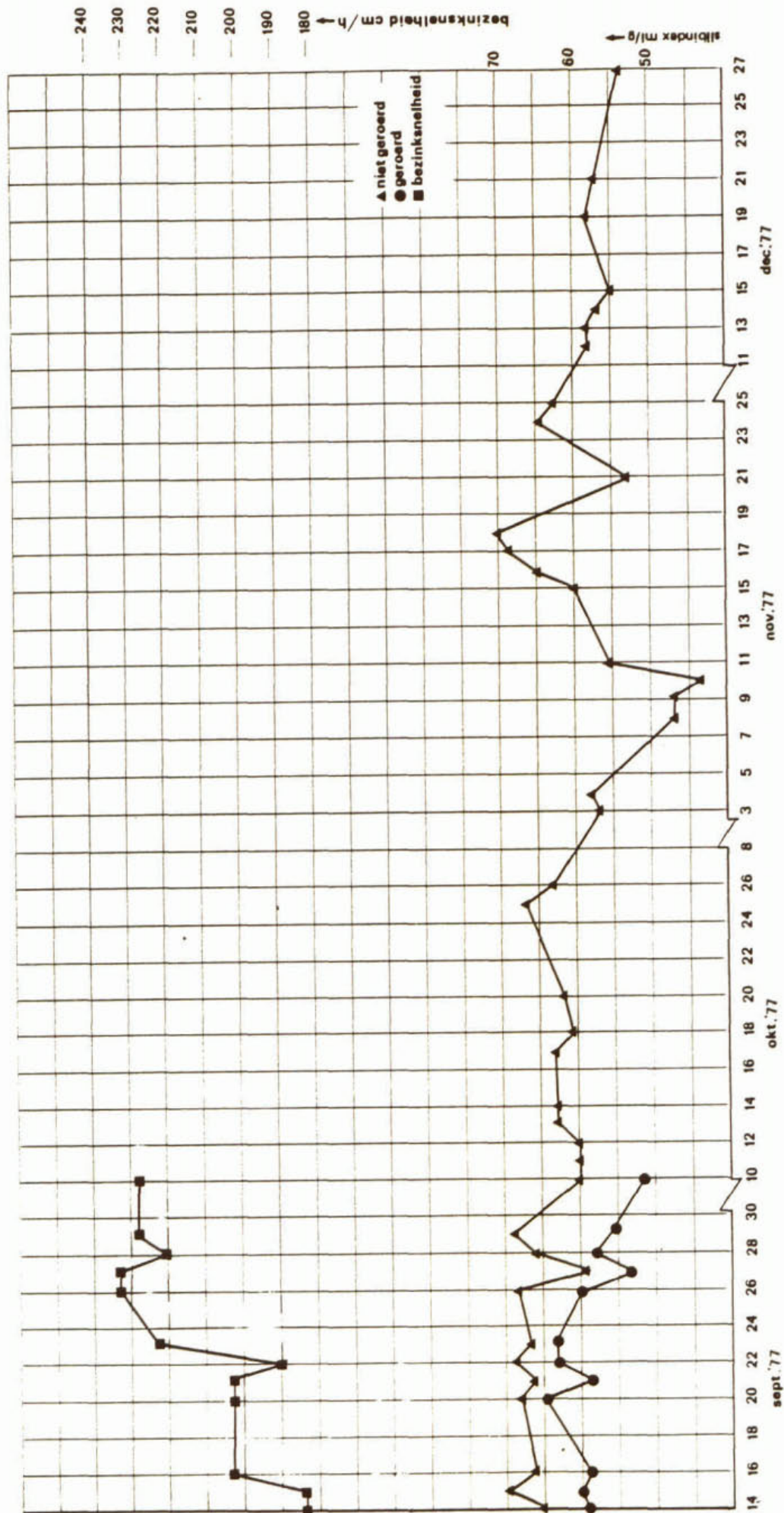


Fig. 8 De slibindex, slibindex geroerd en de bezinksnelheid tijdens de geroerde indexbepaling van het actiefslib te Hoogezand

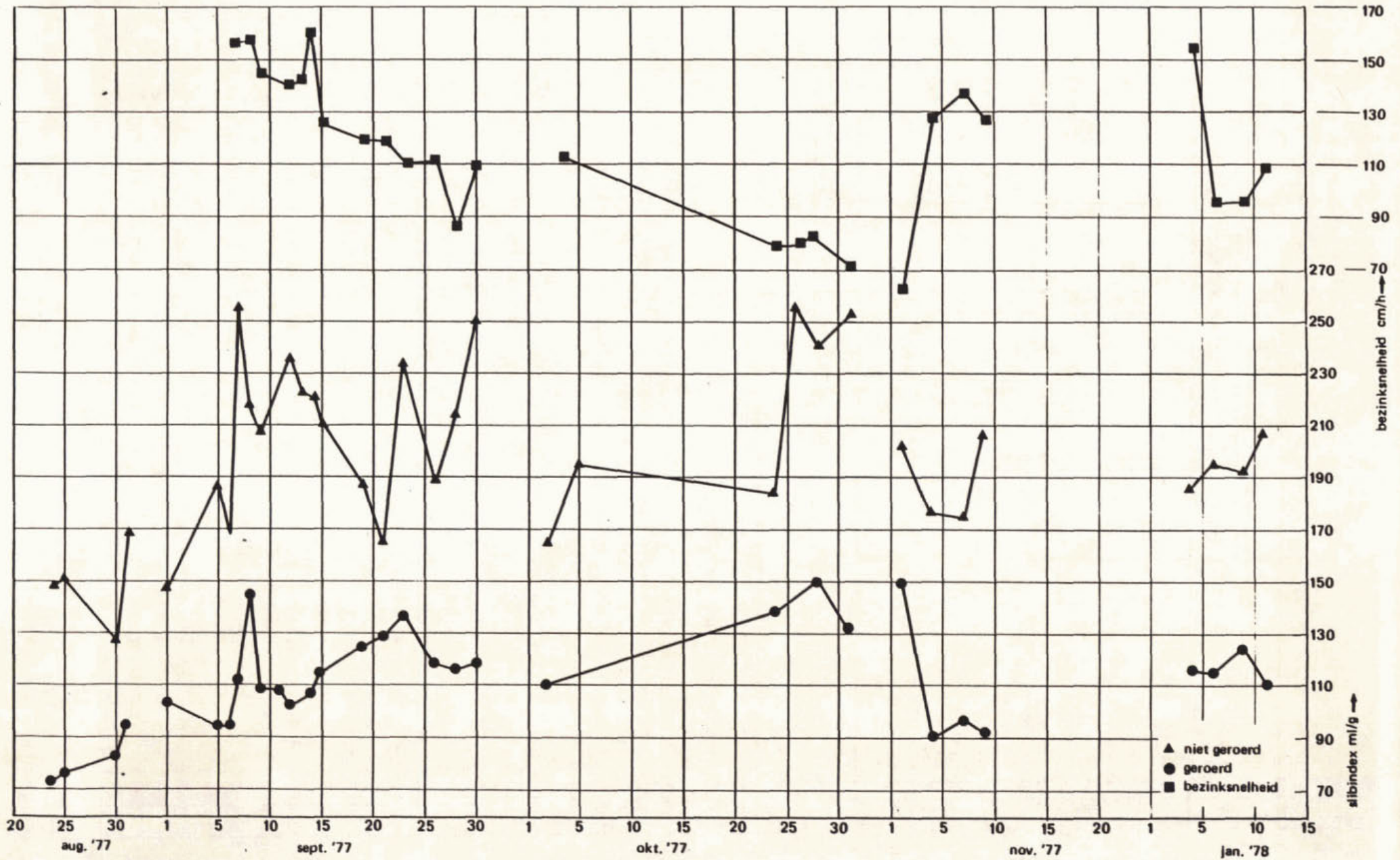


Fig. 9 De slibindex, de slibindex geroerd en de bezinksnelheid tijdens de geroerde indexbepaling van het actiefslib te Winterswijk

datum	proef nr.	temperatuur in °C		temperatuur verschil in °C
		overloopwater	ingedikt slib	
16- 9-1977	1	17,1	17,2	0,1
21- 9-1977	2	15,5	15,9	0,4
23- 9-1977	-	16,3	16,4	0,1
26- 9-1977	3	16,0	16,0	0,0
27- 9-1977	3	15,5	15,9	0,4
28- 9-1977	3	15,8	15,8	0,0
13-10-1977	4	15,2	14,9	-0,3
17-10-1977	5	14,3	14,6	0,3
19-10-1977	6	14,1	14,3	0,2
20-10-1977	6	14,0	14,5	0,5
25-10-1977	7	14,7	14,3	-0,4
27-10-1977	7	14,1	14,8	0,7
16-11-1977	8	9,8	-	-

Tabel 7. Temperatuur van het overloopwater en ingedikt slib te Hoogezand

2.4.5 Metingen en wijze van bemonstering te Hoogezand

slibaanvoer naar de indikker

De in toerental regelbare Mohnopomp is geijkt door het meten van de niveaustijgsnelheid in de indikker. Voor de slibaanvoerpomp is op deze wijze een capaciteit van 0,85 l/omwenteling vastgesteld. Met behulp van een voor deze proeven opgesteld toerentalwerk kan bij elk ingesteld toerental de pompcapaciteit worden berekend.

Voor het proportioneel bemonsteren van het in te dikken slib is de zuigbuis van een UFA 120 bemonsteringsapparaat in de retourslibgoot geplaatst.

De drogestofbelasting van de indikker (kg/d) is het produkt van de aangevoerde slibhoeveelheid (m³/d) en de droogrest van de onopgeloste bestanddelen (NEN 3235 4.2) in de aanvoer.

afvoer van ingedikt slib

De in toerental regelbare slibafvoerpomp is geijkt door het meten van de niveaudaalsnelheid in de indikker. Voor de slibafvoerpomp is op deze wijze een capaciteit van 0,80 l/omwenteling vastgesteld. Met behulp van een voor deze proeven opgesteld toerentalwerk kan de pompcapaciteit bij elk ingesteld toerental worden berekend.

Voor het proportioneel bemonsteren van het ingedikte slib is de zuigbuis van een UFA 120 bemonsteringsapparaat in de uitstroomopening van de afvoerleiding van het ingedikte slib, die uitmondt in de slibbuffer, geplaatst.

De drogestofafvoer uit de indikker (kg/d) is bepaald als het produkt van de afgevoerde hoeveelheid ingedikt slib (m^3/d) en de indamprest (NEN 3235 4.1) in het ingedikt slib. De berekende waarde is gecorrigeerd voor het zoutgehalte.

afvoer van overloopwater

De omloopgoot van de indikker voert het overloopwater af naar een uitstroomput. Vóór deze put is aan één zijde een afdichtend schot en aan de andere zijde een V-overlaat geplaatst.

Uit ijkingen is gebleken dat deze meetvoorzieningen geen juist debiet aangeven, hetgeen wordt veroorzaakt door de onjuiste aanstroomcondities van het meetschot.

De hoeveelheid overloopwater is daarom steeds berekend uit het verschil tussen de aanvoer van surplusslib en de afvoer van ingedikt slib.

Van het overloopwater zijn proportionele monsters genomen met behulp van een slangenpomp.

De drogestofafvoer met het overloopwater (kg/d) is bepaald als het produkt van de hoeveelheid overloopwater (m^3/d) en de droogrest van de onopgeloste bestanddelen (NEN 3235 4.2) in het overloopwater.

2.4.6 Metingen en wijze van bemonstering te Winterswijk

slibaanvoer naar de indikker

De tijdens de proeven aangevoerde slibhoeveelheid is berekend uit het aantal pompuren van de surplusslibpomp en de door ijking vastgestelde capaciteit van de pomp. Geijkt is door het meten van de niveaudaalsnelheid c.q. niveaustijgsnelheid in het surplusslibgemaal respectievelijk de slibindikker. De capaciteit van de surplusslibpomp is $69 m^3/h$ hetgeen ruim 50% meer is dan de opgegeven capaciteit.

Tijdens de proefperiode is de pompcapaciteit enkele malen gecontroleerd, waarbij steeds dezelfde waarde is gevonden.

Omdat de capaciteit van één surplusslibpomp bij continu bedrijf tot hogere drogestofbelastingen van de indikker leidt dan de gewenste belasting [$30 kg/(m^2.d)$] is overgegaan op een discontinue bedrijfsvoering met behulp van tijd klokken. De elkaar opeenvolgende pomp- en spertijden zijn zo kort mogelijk gehouden om een continue aanvoer zo veel mogelijk te benaderen. Deze wijze van aanvoer is in dit rapport als semi-continu aangeduid.

Voor het proportioneel bemonsteren van de aanvoer is bij het surplusslibgemaal een UFA 120 bemonsteringsapparaat opgesteld waarvan de monding van de zuigbuis naast de zuigmond van de surplusslibpomp is aangebracht. Pomp en bemonsteringsapparaat zijn elektrisch gekoppeld, zodat alleen monsternamen plaatsvindt als de pomp in bedrijf is.

De drogestofbelasting van de indikker (kg/d) is het produkt van de aangevoerde slibhoeveelheid (m^3/d) en de droogrest van de onopgeloste bestanddelen (NEN 3235 4.2) in de aanvoer.

afvoer van ingediktd slib

De in toerental regelbare Mohnopomp is geijkt door het gelijktijdig meten van de niveaudaling in de indikker en de niveaustijging in de buffertank. Voor de Mohnopomp is een capaciteit van 1,95 l per omwenteling vastgesteld. Met behulp van een voor deze proeven opgesteld toerentalwerk kan bij elk ingesteld toerental, de pompcapaciteit worden berekend.

Voor het proportioneel bemonsteren van het ingedikte slib is de zuigbuis van een UFA 120 bemonsteringsapparaat aangesloten op de leegloopaansluiting van de Mohnopomp. Pomp en bemonsteringsapparaat zijn elektrisch gekoppeld.

De drogestofafvoer uit de indikker (kg/d) is het produkt van de afgevoerde slibhoeveelheid (m^3/d) en de indamprest (NEN 3235 4.1) in het ingedikte slib. De berekende waarde is gecorrigeerd voor het zoutgehalte.

afvoer van overloopwater

De omloopgoot van de indikker voert het overloopwater van weerszijden af naar een uitstroomput. Vóór deze put is aan één zijde een afdichtend schot en aan de andere zijde een cipoletti-meetschot geplaatst. De overstorthoogte van het meetschot is bepaald met behulp van een borrelbuis.

Uit ijkingen is gebleken dat de meetvoorziening geen juist debiet geeft, hetgeen werd veroorzaakt door onjuiste aanstromingscondities van het meetschot.

De hoeveelheid overloopwater is daarom steeds berekend uit het verschil tussen de aanvoer van surplusslib en de afvoer van ingediktd slib.

Van het overloopwater zijn geen proportionele-, maar gemiddelde monsters genomen. Hiertoe is in de omloopgoot voor het cipoletti-schot een bemonsteringsapparaat opgesteld. Deze monsternemer is een continu draaiende jacobsladder waaraan kleine monsterbakjes zijn bevestigd. Het apparaat is zo opgesteld dat geen monster meer wordt genomen als de afvoer kleiner is dan 5% van het maximale debiet.

De drogestofafvoer met het overloopwater (kg/d) is het produkt van de hoeveelheid overloopwater (m^3/d) en de droogrest van de onopgeloste bestanddelen (NEN 3235 4.2) in het overloopwater.

flocculantdosering

Voor het oplossen van de flocculanten is gebruik gemaakt van de aanwezige aanmaakapparatuur voor de zeefbandpersinstallatie. De gedoseerde hoeveelheid flocculant is berekend uit de niveaudaalsnelheid in de voorraadtank en de aangemaakte flocculantenconcentratie.

2.5 BESCHRIJVING VAN DE EXPERIMENTEN

De experimenten met de gravitatie-indikers, die te Hoogezand in de periode half september - eind november 1977 en in Winterswijk van half augustus 1977 - half januari 1978 hebben plaatsgevonden, zijn er primair op gericht geweest de procesomstandigheden te bepalen waaronder de indikker, gegeven de slibkwaliteit en de afmetingen van de indikker, optimaal zou functioneren. Dat wil zeggen dat de meeste experimenten zijn uitgevoerd bij de drogestofbelasting van de indikker van $30 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$.

In tabel 8 en 9, p. 44 is een chronologisch overzicht gegeven van de in Hoogezand respectievelijk Winterswijk uitgevoerde proeven, de duur van de proeven en de gekozen procesinstelling.

De invloed van de volgende parameters op het indikproces is nagegaan:

- slibspiegelhoogte;
- hydraulische belasting van de indikker (spoelen);
- roeren;
- drogestofbelasting;
- flocculantdosering;
- wijze van afvoer van ingedikt slib.

Het onderzoek naar deze parameters heeft als volgt plaatsgevonden:

De invloed van de slibspiegelhoogte:

Proeven te Hoogezand 1, 5 en 7;

Proeven te Winterswijk 1, 2, 3, 7 en 12.

proef nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
proefduur (in h) 3)	29,5	43,5	72,5	78,75	47,75	29,75	54,25	52,50
INSTELLINGEN								
Aanvoer								
continu	x	x	x	x	x	x	x	x
Afvoer								
continu	x	x	x	x	x	x	x	x
discontinu								
Spoelwatersuppletie	-	ja	-	-	-	-	-	-
Roeren								
continu	x	x		x	x	x	x	x
niet roeren			x					
Slibspiegelhoogte (-m)	0,8-1	1,2	0,7 *	0,6-1 *	2,3	2,5-2,6 *	3	1,9
Afvoercapaciteit (m^3/h)	2,8	2,8	2,5	3,4	3,8	3,4	3,2	3,7
Drogestof belasting ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	27,8	28,1	25,6	30,5	28,9	25,6	26,5	37,0

Tabel 8. Uitgevoerde proeven te Hoogezand

* bij aanvang van de proef.

3)zie opmerking 3, p. 45.

proef nr.	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
proefduur in h 3)	48	78	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
INSTELLINGEN													
Aanvoer													
continu							x						
semi-continu tijd regeling 1)		x	x	x	x	x							x
semi-continu slijbspiegel reg. 1)								x	x	x	x	x	
discontinu programma reg. 2)	x												
Afvoer													
continu		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
discontinu	x												
Spoelwatersuppletie	-	-	-	-	-	-	ja	-	-	-	-	ja	-
Roeren													
continu	x	x	x	x		x		x		x	x	x	x
discontinu 5)									x				
niet roeren					x								
Slijbspiegelhoogte (-m)	0,1	1	2	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2
Floccosering (g/kg d.s.)	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,7	-	-
Afvoercapaciteit (m ³ /h)	4	4,6	5,9	6	6	6	6	5,6	5,6	5,5	4,8	5,8	5,8
Drogestof belasting (kg/m ² .d) 4)	25,9	26,1	29,4	44,6	47,1	53,5	64,1	29,7	28,9	32,6	28,2	29,8	31,8

Tabel 9. Uitgevoerde proeven te Winterswijk

- 1) zie opmerking 1, p. 45
- 2) zie opmerking 2, p. 45
- 3) zie opmerking 3, p. 45
- 4) zie opmerking 4, p. 46
- 5) zie opmerking 5, p. 46

De invloed van een hogere hydraulische belasting (spoelen):

proef 2 te Hoogezand (referentie proef 1);
proeven 6 en 11 te Winterswijk (referenties proeven 3 en 7).

De invloed van de hogere drogestofbelasting:

proef 8 te Hoogezand (referenties proeven 1, 5 en 7);
proef 6 te Winterswijk (referentie proef 3).

De invloed van niet roeren:

proef 3 te Hoogezand (referentie proef 1);
proef 4 te Winterswijk (referenties proeven 3 en 7).

Drie paramaters zijn slechts op één installatie onderzocht, onder meer op grond van beschikbare faciliteiten.

De invloed van discontinu (cq. minder) roeren:

proeven 5 en 8 te Winterswijk (referenties proeven 3 en 7).

De invloed van flocculantdosering:

proeven 9 en 10 te Winterswijk (referenties proeven A en 7).

De invloed van discontinue afvoer van ingedikt slib:

proeven 4 en 6 te Hoogezand (referenties proeven 1, 5 en 7).

Opmerkingen

1. In Winterswijk zou door de grote capaciteit van de surplusslibpomp, bij continue aanvoer, een ongewenst hoge drogestofbelasting op de indikker ontstaan. Daarom vond de aanvoer semi-continu plaats met behulp van tijd klokken. Semi-continu wil in dit geval zeggen, dat de opeenvolgende pomp- en spertijden zo kort mogelijk zijn gehouden. Tijdens de eerste vijf proeven is gewerkt met vast ingestelde pomp- en spertijden, in tabel 9, p. 44 aangeduid met semi-continu tijdregeling. Bij de overige proeven is, om slibverlies met het overloopwater tegen te gaan, de pomptijd gestuurd door de slibspiegelmeter, waarbij de spertijd telkens 5 minuten was. Dit is in tabel 9, p. 44 aangeduid met semi-continu slibspiegel regeling.
2. De in tabel 9, p. 44 met A aangeduide proef is de procesinstelling die door de bedrijfsvoerder van de zuiveringsinrichting Winterswijk wordt gehanteerd. Deze instelling is gedurende 48 uur gevolgd en bemonsterd. Het proces werd met behulp van tijd klokken en van de slibspiegelmeter als volgt automatisch geregeld:

aanvoer van slib	:	90 minuten
aanvoer en afvoer van slib gesperd	:	30 minuten
afvoer van slib	:	50 minuten

Gedurende de aanvoertijd is de surplusslibpomp pendelend in bedrijf en wordt door de slibspiegelmeter gestuurd. Tijdens het pendelen is de spertijd steeds 5 minuten. Aan het surplusslib is 0,3 g van het flocculant K444 per kg slib droge stof gedoseerd.

3. Na wijziging van de procesomstandigheden in de indikker is telkens tenminste 24 uur gewacht om opnieuw een evenwichtssituatie te verkrijgen. Op grond van experimenten die aan het begin van de reeks proeven in Winterswijk zijn uitgevoerd is geconcludeerd dat 24 uur wachttijd voldoende is.

In Winterswijk is de duur van de eerste proef 77 uur geweest. Op grond van de resultaten is gekozen voor een proefduur van 48 uur. Deze 48 uur is voldoende om een betrouwbaar beeld van het procesverloop te verkrijgen.

In Hoogezand is geen constante proefduur aangehouden. Uitgaande van proefperioden van ca. twee etmalen is meer geanticipeerd op de aard en het verloop van de proeven waardoor de duur van de proeven in enkele gevallen korter en bij andere proeven langer is geweest.

4. Met uitzondering van enkele oriënterende proeven die bewust zijn verricht bij hoge drogestofbelastingen, is in principe gepoogd zowel te Hoogezand als Winterswijk om een drogestofbelasting van $30 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ op de indikker te handhaven.
In Winterswijk zijn als gevolg van afstelproblemen van de surplus-slibpomp en het tijdsverloop tussen afstellen en het beschikken over analysecijfers van drogestofgehalten in de aanvoer, een aantal proeven ongewild bij hogere drogestofbelastingen uitgevoerd.
5. Om het roerwerk van de indikker te Winterswijk discontinu te laten draaien, zijn schakelklokken aangebracht, waarmee loop- en wachttijden konden worden ingesteld.

2.6 RESULTATEN

2.6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de experimenten met de gravitatie-indikkers te Hoogezand en Winterswijk beschreven.

De resultaten zijn per onderzochte procesparameter onderverdeeld en per installatie gegroepeerd. Achtereenvolgens is beschreven in:

- 2.6.2 De invloed van de slibspiegelhoogte
- 2.6.3 De invloed van de hydraulische belasting (spoelen)
- 2.6.4 De invloed van het roeren
- 2.6.5 De invloed van de drogestofbelasting
- 2.6.6 De invloed van een flocculantdosering
- 2.6.7 De invloed van discontinu slibafvoeren
- 2.6.8 Uitspoelen van licht slib.

Een uitgebreide weergave van de resultaten van de proeven te Hoogezand is in chronologische volgorde in tabelvorm in bijlage 4, pp. 141-144 weergegeven. De resultaten van de uitgevoerde profielbepalingen in de indikker te Hoogezand zijn in bijlage 7, p. 151-158 opgenomen.

Bijlage 5, p. 145-148 geeft de uitgebreide resultaten van de proeven te Winterswijk, terwijl de resultaten van de profielbepalingen in bijlage 8, p. 159-163 zijn opgenomen.

2.6.2 De invloed van de slibspiegelhoogte^{*}

resultaten te Hoogezand

De invloed van de slibspiegelhoogte op de indikresultaten is met de proeven 1, 5 en 7 bepaald.

Tijdens deze drie proeven is continu geroerd en is geen spoelwater gesuppleerd.

De overige procesomstandigheden en de resultaten zijn in tabel 10, p. 48 weergegeven.

Tijdens proef 1 heeft het roerwerk gedurende 2 uur stilgestaan, hetgeen een afname van de drogestofconcentratie in het ingedikte slib tot gevolg had. De resultaten van deze periode zijn niet in de resultaten van proef 1 verwerkt.

De relatie tussen de hoogte van de slibspiegel en de droogrest van het ingedikte slib is uitgezet in figuur 10, p. 49.

De relatie tussen de slibverblijftijd in de indikker en de droogrest van het ingedikte slib is weergegeven in figuur 11, p. 49.

Noch de drogestofverblijftijd, noch de hoogte van de slibspiegel blijkt van grote invloed te zijn op het drogestofgehalte van het ingedikte slib.

* Met slibspiegelhoogte is hier bedoeld de afstand van de spiegel tot de overlooprand van de indikker, dat wil zeggen de dikte van de waterlaag.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		1 15/9-16/9 29,5	5 17/10-18/10 47,75	7 25/10/27/10 54,25
INSTELLINGEN				
Aanvoer continu		x	x	x
Afvoer continu met	m ³ /h	2,8	3,8	3,2
Slibspiegelhoogte	in m	-0,8/-1	-2,1/-2,4	-2,9/-3,1
RESULTATEN				
Droogrest ingedikt slib				
minimum	in g/l	31,4	31,6	29,2
maximum	in g/l	33,5	33,9	32,7
gemiddeld	in g/l	31,6	32,8	32,1
Drogestof belasting gemiddeld	in kg/(m ² .d)	27,8	28,9	26,5
Hydraulische belasting gemiddeld	in m ³ /(m ² .h)	0,21	0,21	0,21
Drogestof rendement gemiddeld	in %	97	>99	>98
Drogestof verblijftijd gemiddeld	in h	44	42,5	32
Drogestof inhoud gemiddeld	in kg d.s.	4845	4829	3331
Drijfslaagvormig		ja	ja	ja
Temperatuur gemiddeld	in °C	17,2	14,5	14,4
Bezineigenschappen inhoud AT				
slibindex	in ml/g	68	62	65
geroerde index	in ml/g	60	-	-
bezinksnelheid	in cm/h	192	-	-

Tabel 10. Parameter slibspiegelhoogte; proef 1, 5 en 7 te Hoogezand

Het is mogelijk dat bij het hoge slibspiegelniveau (ca. 1 m) de drogestofverblijftijd in de indikker zo lang wordt (44 uur) dat gasvorming in het slib een verder indikken tegengaat en de vorming van een drijfslaag bevordert (het effluent van de zuiveringsinrichting Hoogezand bevat gemiddeld 24 mg NO₃-N/l).

Door het verlagen van de slibspiegel wordt het volume van de sliblaag in de indikker kleiner. De hoeveelheid slib in de indikker (kg drogestof) neemt niet evenredig met het volume af (zie tabel 11, p. 49).

Uit de concentratieprofielen (zie bijlage 7, p. 151, 155 en 157) blijkt dat bij een lagere slibspiegel een ander verticaal verloop van de drogestofconcentratie in de indikker ontstaat.

proef nr.	1	2	3
slibspiegelhoogte in m	-0,9	-2,25	-3,0
verhouding slibvolume (m ³)	100 :	60 :	40
verhouding slibhoeveelheid (kg droge stof)	100 :	100 :	70

Tabel 11. Verhouding van het slibvolume en de slibhoeveelheid in de indikker bij proef 1, 5 en 7

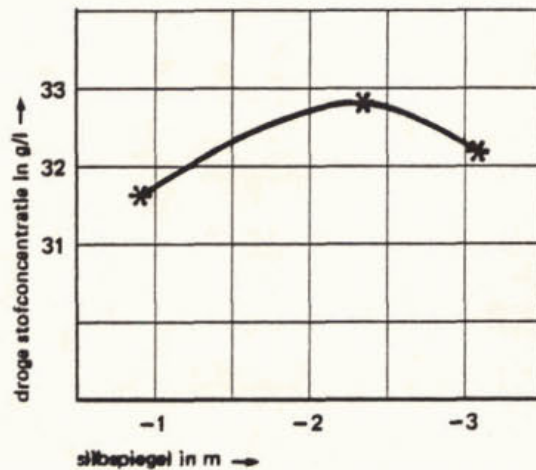


Fig. 10. Drogestofconcentratie ingedikt slib en slibspiegel bij proef 1, 5 en 7 te Hoogezand

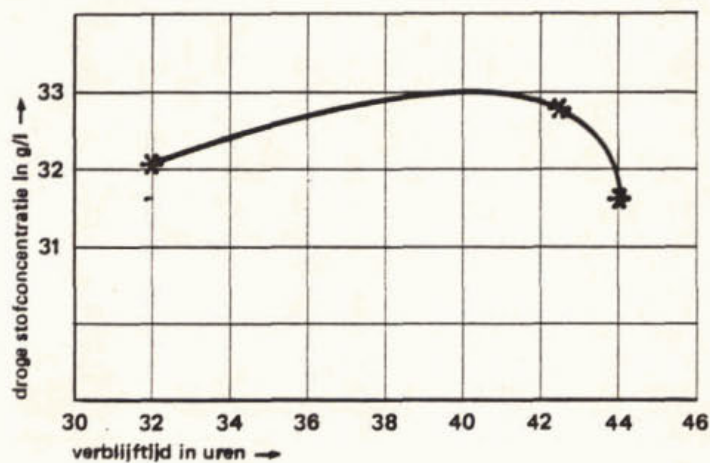


Fig. 11. Drogestofconcentratie ingedikt slib en verblijftijd, bij proef 1, 5 en 7 te Hoogezand

resultaten te Winterswijk

De invloed van de slibspiegelhoogte op de indikresultaten te Winterswijk is bepaald met de proeven 1, 2, 3, 7 en 12.

Tijdens deze proeven is continu geroerd en er is geen spoelwater gesuppleerd.

De overige procescondities en resultaten zijn in tabel 12, weergegeven.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		1 6/9-9/9 78	2 13/9-15/9 48	3 20/9-22/9 48	7 26/10-28/10 48	12 10/1-12/1 48
INSTELLINGEN						
Aanvoer						
semi-continu tijdregeling pomptijd 9 m, wachttijd 14,5 m		x	x			x
semi-continu tijdregeling pomptijd 13,5 m, wachttijd 10,5 m				x		
semi-continu geregeld door slibspiegelmeter pomptijd x, wachttijd 5 m					x	
Afvoer						
continu met	m ³ /h	4,7	6	6	5,6	5,8
Slibspiegelhoogte	in m	-1	-2	-0	-0,1	-2
RESULTATEN						
Droogrest ingedikt slib						
minimum	in g/l	20,0	17,2	17,4	16,8	16,4
maximum	in g/l	21,9	18,8	18,5	17,6	18
gemiddeld	in g/l	20,8	18,2	18	17,2	17,4
Drogestof belasting gemiddeld	in kg/m ² .d	26,1	29,4	44,6	29,7	31,8
Hydraulische belasting gemiddeld	in m ³ /m ² .h	0,30	0,30	0,45	0,25	0,24
Drogestof rendement gemiddeld	in %	>99	>99	73,2	>99	>99
Drogestof verblijftijd gemiddeld	in h	27,9	17,6	18,3	30,6	16,2
Drogestof inhoud gemiddeld	in kg d.s.	2538	1831	2944	3436	1793
Temperatuur gemiddeld	in °C	20	18	16	14	9
Bezink eigenschappen						
slibindex	in ml/g	212	219	164	249	207
geroerde index	in ml/g	115	108	129	150	111
bezinksnelheid	in cm/h	153	143	119	81	109

Tabel 12. Parameter slibspiegelhoogte; proef 2, 3, 7 en 12 te Winterswijk

Uit vergelijking van de proeven 1 en 2 blijkt dat een hogere slibspiegel (grotere dikte van de sliblaag) een beter indikresultaat geeft. De invloed van een nog hogere slibspiegel is onderzocht met proef 3. Door de afwijkende procesomstandigheden, een hogere drogestofbelasting dan gewenst en een aanzienlijk rendementsverschil, is deze proef niet goed vergelijkbaar met proeven 1 en 2.

De procesomstandigheden van proef 7 komen wel goed overeen met die van de proeven 1 en 2. Het indikresultaat van deze proef blijkt minder te zijn. Dit kan duiden op een negatief effect van de hogere slibspiegel. Anderzijds kan het slechte indikresultaat het gevolg zijn van de negatieve invloed van de veel slechtere bezinkbare eigenschappen van het slib tijdens deze proef.

De procesparameters van de proeven 2 en 12 komen goed met elkaar overeen, evenals het indikresultaat (verschil is ca. 5%). Mogelijk dat het temperatuurverschil van 9°C met als gevolg een lagere viscositeit en een lagere bezinksnelheid van het slib nog van enige invloed geweest is.

Slechts uit de proeven 1 en 2 kan worden geconcludeerd, dat een dikke sliblaag in de indikker een beter indikresultaat geeft.

2.6.3 De invloed van de hydraulische belasting (spoelen)

resultaten te Hoogezand

De invloed van een hogere hydraulische belasting, door de suppletie van spoelwater (effluent) is onderzocht met proef 2.

Bij deze proef is door de ingeschakelde spoelwaterpomp continu 27 m³/h gesuppleerd. Het roerwerk is tijdens de proef continu in bedrijf geweest.

Tabel 13, p. 52 geeft de procescondities en resultaten van proeven 1 en 2, waarbij proef 1 als referentie is gebruikt.

Duidelijk blijkt, dat het suppleren van spoelwater van negatieve invloed is op het indikresultaat.

De drogestofverblijftijd wordt door het spoelen wat korter en de hogere hydraulische belasting van de indikker heeft een afname van de drogestofinhoud tot gevolg.

De negatieve invloed van de hogere hydraulische belasting op het indikproces is ook gebleken uit de snelle stijging van de slibspiegel, kort nadat de spoelwaterpomp in werking is gesteld:

t = 0	spiegel = 80 cm
t = 25 min.	spiegel = 55 cm.

De omgekeerde werking, door het verder inklinken van het slib is opgetreden bij het uitschakelen van de spoelpomp:

t = 0	spiegel = 1,0 m
t = 30 min.	spiegel = 1,2 m
t = 45 min.	spiegel = 1,5 m.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		1 15/9-16/9 29,5	2 20/9-22/9 43,5
INSTELLINGEN			
Aanvoer			
continu		x	x
Afvoer			
continu met	m ³ /h	2,8	2,8
Spoelwatersuppletie		-	ja
Slibspiegelhoogte	in m	-0,8/-0,1	-1/-1,3
RESULTATEN			
Droogrest ingedikt slib			
minimum	in g/l	31,4	19,3
maximum	in g/l	33,5	21,4
gemiddeld	in g/l	31,6	21,0
Drogestof belasting			
gemiddeld	in kg/(m ² .d)	27,8	28,1
Hydraulische belasting			
gemiddeld	in m ² /(m ² .h)	0,21	0,49
Drogestof rendement			
gemiddeld	in %	97	97
Drogestof verblijftijd			
gemiddeld	in h	44	37,5
Drogestof inhoud			
gemiddeld	in kg d.s.	4845	4233
Drijfslagvorming		ja	-
Temperatuur			
gemiddeld	in °C	17,2	15,7
Bezinkereigenschappen	inhoud AT		
slibindex	in ml/g	68	68
geroerde index	in ml/g	60	62
bezinksnelheid	in cm/h	192	202

Tabel 13. Parameter hydraulische belasting; proef 1 en 2 te Hoogezand
resultaten te Winterswijk

De invloed van een hogere hydraulische belasting door spoelwatersuppletie is met de proeven 6 en 11 bepaald, waarbij de proeven 3 en 7 als referentie kunnen worden gebruikt.

Tijdens de proeven is het roerwerk continu in bedrijf geweest.

De overige procescondities en de resultaten van proeven en referenties zijn in tabel 14, p. 53 gegeven.

Voor het vergelijken zijn de proeven en referenties als volgt onderverdeeld:

- de proeven 3 en 6 - uitgevoerd eind september-begin oktober
- de proeven 7 en 11 - uitgevoerd eind oktober-begin januari.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		3 20/9-22/9 48	6 5/10-7/10 48	7 26/10-28/10 48	11 6/1-8/1 48
INSTELLINGEN					
Aanvoer					
continu			x		
semi-continu tijdregeling pomptijd 9 m, wachttijd 14,5 m					
semi-continu tijdregeling pomptijd 13,5 m, wachttijd 10,5 m		x			
semi-continu geregeld door slibspiegelmeter pomptijd x, wachttijd 5 m				x	x
Afvoer					
continu met	m ³ /h	6	5,9	5,6	5,8
Slibspieghoogte	in m	-0	-0	-0,1	-0,1
RESULTATEN					
Droogrest ingedikt slib					
minimum	in g/l	17,4	17,4	16,8	16,9
maximum	in g/l	18,5	18,8	17,6	17,6
gemiddeld	in g/l	18	18,1	17,2	17,2
Drogestof belasting					
gemiddeld	in kg/(m ² .d)	44,6	64,1	29,7	29,8
Hydraulische belasting					
gemiddeld	in m ³ /(m ² .h)	0,45	0,77	0,25	0,56
Drogestof rendement					
gemiddeld	in %	73,2	70,9	>99	>97
Drogestof verblijftijd					
gemiddeld	in h	18,3	13,6	30,6	22,5
Drogestof inhoud					
gemiddeld	in kg d.s.	2944	2822	3436	2417
Temperatuur					
gemiddeld	in °C	16	15	14	8
Bezineigenschappen inhoud circuit					
slibindex	in ml/g	164	194	249	195
geroerde index	in ml/g	129	-	150	115
bezinknelheid	in cm/h	119	-	81	95

Tabel 14. Parameter hydraulische belasting; proef 3, 6, 7 en 11 te Winterswijk

de proeven 3 en 6

Bij proef 6 is op een continue aanvoer overgegaan terwijl de aanvoer bij proef 3 semi-continu is geweest. Naast een hogere hydraulische belasting is ook de drogestofbelasting bij proef 6 aanzienlijk hoger en de drogestofverblijftijd lager geweest. Het rendement en de drogestofinhoud van de indikker komen bij beide proeven goed overeen. Uit vergelijking van de slibindex mag worden aangenomen, dat de bezineigenschappen van het slib bij proef 6 wat ongunstiger zijn.

Een invloed (negatief noch positief) van de speelwatersuppletie op het indikresultaat kan niet worden geconstateerd.

de proeven 7 en 11

De aanvoer is bij beide proeven door de slibspiegelmeter gestuurd, waardoor de drogestofbelasting bij beide proeven gelijk is geweest. Hierdoor is ook het rendement hoog en goed vergelijkbaar. De hydraulische belasting bij proef 11 is ruim tweemaal hoger dan bij proef 7. Drogestofverblijftijd en drogestofinhoud in de indikker dalen door de spoelwatersuppletie. De bezinkeigenschappen van het slib zijn bij proef 11 beter dan bij proef 7.

Een invloed (negatief noch positief) van de spoelwatersuppletie op het indikresultaat kan niet worden geconstateerd.

Bij deze proeven dient wel te worden opgemerkt dat bij de experimenten zonder spoelwatersuppletie de gemiddelde hydraulische belasting weliswaar lager is dan bij de proeven met spoeling, maar dat bij het aanslaan van de slibaanvoerpomp toch telkens slib met een capaciteit van 69 m³/h wordt aangevoerd. Mogelijk wordt het indikken van het slib evenveel verstoord door deze periodieke grote aanvoercapaciteit als door een continue grote aanvoercapaciteit.

2.6.4 De invloed van het roeren.

Roerwerk en ruimer vormen op beide zuiveringsinrichtingen één geheel, zodat de invloed van roeren enerzijds en ruimen anderzijds niet los van elkaar konden worden beschouwd.

resultaten te Hoogezand

Om de invloed van het roeren en ruimen op het indikproces na te gaan is in proef 3 het roerwerk buiten bedrijf gesteld. De procesomstandigheden en resultaten zijn in tabel 15, p. 55 gegeven. Als referentie is proef 1 in deze tabel opgenomen. Bij de beide proeven is geen spoelwater gesuppleerd.

Als gevolg van het stilzetten van het roerwerk nam het drogestofgehalte in het ingedikte slib sterk af (zie figuur 12, p. 56). Omdat door het stilzetten van het roerwerk ook geen slib wordt geruimd, treedt kortsluiting op in de indikker. Dit blijkt uit de drogestofconcentraties die op verschillende plaatsen in een horizontale doorsnede van de indikker zijn gemeten (zie ook profielen bijlage 7, pp. 151 en 153).

Nabij de bodem van de indikker zijn, zelfs vlak naast het afvoerpunt van het ingedikt slib (ca. 0,5 m) beduidend hogere drogestofconcentraties gemeten dan in het ingedikte slib dat is afgevoerd. Tabel 16, p. 56 geeft hiervan een overzicht.

Bij vergelijking van profiel 27/9 16.10 midden met profiel 27/9 16.15 kant (zie bijlage 7, p. 153) blijkt dat het slib dat het verst verwijderd is van de storende invloed van de inlaatconstructie en de slibafvoerpomp, het verst is ingedikt.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		1 15/9-16/9 29,5	3 26/9-28/9 72,5
	in h		
INSTELLINGEN			
Aanvoer			
continu		x	x
Afvoer			
continu met	m ³ /h	2,8	2,5
Slibspiegelhoogte	in mm	-0,8/-0,1	-0,7
Roerwerk			
continu in bedrijf		x	
uit bedrijf			x
RESULTATEN			
Droogrest ingedikt slib			
minimum	in g/l	31,4	15,3
maximum	in g/l	33,5	29,4
gemiddeld	in g/l	31,6	16,4
Drogestof belasting			
gemiddeld	in kg/(m ² .d)	27,8	25,6
Hydraulische belasting			
gemiddeld	in m ² /(m ² .h)	0,21	0,21
Drogestof rendement			
gemiddeld	in %	97	76
Drogestof verblijftijd			
gemiddeld	in h	44	-
Drogestof inhoud			
gemiddeld	in kg d.s.	4845	-
Drijfslagvorming		ja	ja
Temperatuur			
gemiddeld	in °C	17,2	15,8
Bezink eigenschappen	inhoud AT		
slibindex	in ml/g	68	64
geroerde index	in ml/g	60	57
bezink snelheid	in cm/h	192	233

Tabel 15. Parameter roeren; proef 1 en 3 te Hoogezand

Als gevolg van de optredende kortsluiting en de daaruit voortvloeiende lange slibverblijftijden in bepaalde delen van de indikker, is door biologische flotatie een drijfslag op de indikker ontstaan.

Op 28 september nam de dikte van de drijfslag snel toe, doordat een grote hoeveelheid slib is gaan opdrijven. De slibspiegel in de indikker is daardoor van 1 m tot 1,8 m gedaald.

Het drogestofgehalte van de drijfslag was op 28 september zelfs 57,8 g/l. Op 29 september is de drijfslag nog verder toegenomen, gepaard gaande met een verdere daling van de slibspiegel. De proef is daarom beëindigd.

Gezien de verschillen in drogestofconcentraties die in een horizontaal vlak in de indikker optreden en het ontstaan van een dikke drijflaag tijdens de proef, zou het berekenen van de drogestofinhoud van de indikker en de drogestofverblijftijd van het slib in de indikker op basis van één profiel, tot onjuiste uitkomsten leiden. Van de bepaling van deze grootheden is daarom bij deze proef afgezien.

datum en tijd	ingedikt slibafvoer	afstand van aftappunt ingedikt slib	
		circa 0,5 m nabij de bodem (profiel midden)	circa 5 m nabij de bodem (profiel kant)
26/9 10.15 h*	29,4	26,0	-
26/9 14.15 h	19,7	29,6	-
27/9 11.30 h	15,9	30,4	-
27/9 16.10 h	15,4	30,8	-
27/9 16.15 h	15,4	-	31,9

Tabel 16. Hoogezand: Droogrest in g/l in het ingedikt slib en in slib op ca. 0,5 en 5 m vanaf het aftappunt nabij de bodem van de indikker

*vlak voor het uitschakelen van het roerwerk.

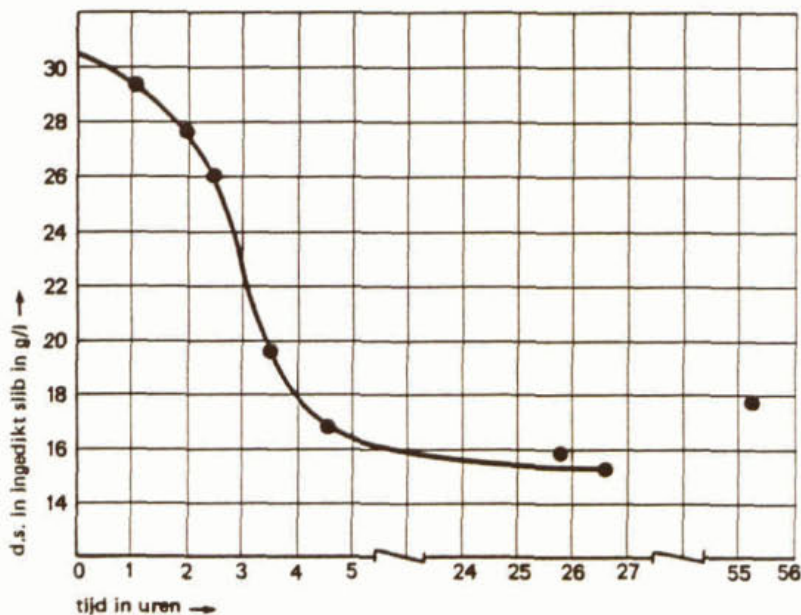


Fig. 12. Het verloop van het drogestofgehalte in het ingedikte slib bij proef 3, na het stilzetten van het roerwerk te Hoogezand

resultaten te Winterswijk

Om de invloed van het niet roeren te bepalen is bij proef 4 het roerwerk stilgezet. Hoewel de proef een slecht indikresultaat gaf, zijn er interessante nevenaspecten naar voren gekomen die ertoe hebben geleid, ook de proeven 5 en 8 uit te voeren met een discontinu draaiend roerwerk (minder roeren). Proef 8 is een herhaling van proef 5 onder wat afwijkende condities.

Tabel 17, geeft de procesomstandigheden en resultaten van de proeven 4, 5 en 8. Als referentie proeven zijn 3 en 7 in de tabel opgenomen.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		3 20/9-22/9 48	4 29/9-1/10 48	5 2/10-4/10 48	7 26/10-28/10 48	8 30/10-1/11 48
INSTELLINGEN						
Aanvoer						
semi-continu tijdregeling pomptijd 13,5 m, wachttijd 10,5 m		x	x	x		
semi-continu geregeld door slijpspijgelmeter pomptijd x, wachttijd 5 m					x	x
Afvoer						
continu met	m ³ /h	6	5,9	5,9	5,6	5,6
Slijpspiegelhoogte	in m	-0	-0	-0	-0,1	-0,1
Roerwerk						
continu in bedrijf		x			x	
discontinu in bedrijf looptijd 4,5 m, wachttijd 13,5 m uit bedrijf			x	x		x
RESULTATEN						
Droogrest ingedikt slijb						
minimum	in g/l	17,4	11,2	19,3	16,8	17,7
maximum	in g/l	18,5	14,7	20,7	17,6	17,8
gemiddeld	in g/l	18	13	20	17,2	17,8
Drogestof belasting						
gemiddeld	in kg/(m ² .d)	44,6	47,1	53,5	29,7	28,9
Hydraulische belasting						
gemiddeld	in m ³ /(m ² .h)	0,45	0,46	0,46	0,25	0,25
Drogestof rendement						
gemiddeld	in %	73,2	66,3	68,9	>99	>97
Drogestof verblijftijd						
gemiddeld	in h	18,3	24,5	17	30,6	32,3
Drogestof inhoud						
gemiddeld	in kg d.s.	2944	4193	3279	3436	3163
Temperatuur						
gemiddeld	in °C	16	16	16	14	14
Bezineigenschappen inhoud circuit						
slijbindex	in ml/g	164	250	165	249	252
geroerde index	in ml/g	129	118	110	150	131
bezinksnelheid	in cm/h	119	110	113	81	71

Tabel 17. Parameter roeren; proef 3, 4, 5, 7 en 8 te Winterswijk

proef 4 met als referentie proef 3

De procescondities, drogestofbelasting en hydraulische belasting van proef 3 en 4 komen goed met elkaar overeen.

Bij proef 4 is het drogestofrendement iets lager. De drogestofverblijftijd is circa 7% hoger en de drogestofinhoud is circa 40% hoger. Uit het tijdens proef 4 bepaalde verticale concentratieverloop in de indikker blijkt het slib als gevolg van het niet roeren sterk in te dikken (zie profielen bijlage 8, p. 160).

Onder in de indikker zijn op 29/9 en 30/9 in het midden waarden van 32,0 g/l respectievelijk 39,7 g/l gemeten. Bij geen der andere proeven zijn zulke hoge waarden bereikt. Desondanks is de droogrest van het afgevoerde "ingedikte slib" zeer laag. Het niet functioneren van de aan het roerwerk gekoppelde ruimers, waardoor kortsluiting in de indikker is ontstaan, moet hiervan de oorzaak zijn geweest. Het scheiden van roer- en ruimerfunctie is een aspect dat op grond van de resultaten van deze proef interessant zou kunnen zijn.

proef 5 met als referentie proef 3

Bij proef 5 is het roerwerk met behulp van tijd klokken gedurende 3/4 van de tijd stilgezet. In de 4,5 minuut looptijd maakt het roerwerk een halve omwenteling.

Getracht is om de kennelijk negatieve invloed van het roeren te verminderen en toch het slib te ruimen.

De procesomstandigheden, de hydraulische belasting, drogestofverblijftijd en drogestofinhoud tijdens de proeven 3 en 5 komen goed met elkaar overeen. De drogestofbelasting is bij proef 5 wat hoger en het rendement wat lager.

De droogresten van het ingedikte slib zijn bij proef 5 circa 10% hoger, hetgeen duidt op een negatieve invloed van het roerwerk op het indikresultaat.

proef 8 met als referentie proef 7

Bij deze beide proeven wordt de aanvoer gestuurd via de slibspiegelmeter. Procescondities en resultaten komen daardoor goed met elkaar overeen.

Bij vergelijking van de droogrest van het ingedikte slib blijkt ook hier, dat de discontinu geroerde proef een iets beter resultaat geeft, zij het dat het effect wat minder is dan bij proef 5.

2.6.5 De invloed van de drogestofbelasting

resultaten te Hoogezand

Met proef 8 is de invloed van een hogere drogestofbelasting op de indikker onderzocht. Tabel 18, p. 59 geeft de procescondities en resultaten van deze proef samen met die van de proeven 1, 5 en 7 die als referentie proeven dienen.

Bij deze proeven is continu geroerd en geen spoelwater gesuppleerd. De hogere drogestofbelasting bij een gelijke hydraulische belasting is bij proef 8 verkregen door de retourslibvijzel op halve capaciteit te schakelen. De concentratie in het retourslib en dus ook in het surpluslib is daardoor circa 50% hoger.

Uit een vergelijking van proef 8 met de referentie proeven blijkt, dat de hogere drogestofbelasting ook een wat langere drogestofverblijftijd en een hogere drogestofinhoud tot gevolg heeft.

De hogere drogestofbelasting blijkt zeker geen negatieve invloed op het indikresultaat te hebben.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		1 15/9-16/9 29,5	5 17/10-18/10 47,75	7 25/10-27/10 54,25	8 16/11-18/11 52,50
INSTELLINGEN					
Aanvoer					
continu		x	x	x	x
Afvoer					
continu	m ³ /h	2,8	3,8	3,2	3,7
Slibspiegelhoogte	in m	-0,8/-1	-2,1/-2,4	-2,9/-3,1	-1,7/-1,9
RESULTATEN					
Droogrest ingedikt slib					
minimum	in g/l	31,4	31,6	29,2	31,5
maximum	in g/l	33,5	33,9	32,7	36,1
gemiddeld	in g/l	31,6	32,8	32,1	35,0
Drogestof belasting					
gemiddeld	in kg/(m ² .d)	27,8	28,9	26,5	37,0
Hydraulische belasting					
gemiddeld	in m ³ /(m ² .h)	0,21	0,21	0,21	21
Drogestof rendement					
gemiddeld	in %	97	>99	>98	>95
Drogestof verblijftijd					
gemiddeld	in h	44	42,5	32	47
Drogestof inhoud					
gemiddeld	in kg. d.s.	4845	4829	3331	6643
Drijfslagvorming					
Temperatuur					
gemiddeld	in °C	17,2	14,5	14,4	9,8
Bezinkelings-eigenschappen					
slibindex	inhoud AT in ml/g	68	62	65	68
geroerde index	in ml/g	60	-	-	-
bezinknelheid	in cm/h	192	-	-	-

Tabel 18. Parameter drogestofbelasting ; proef 5, 7 en 8 te Hoogezand
resultaten te Winterswijk

In tabel 19, p. 60 zijn de procescondities en resultaten van de proeven 3 en 6 naast elkaar gezet. Er is een duidelijk verschil in drogestofbelasting bij de beide proeven.

Doordat ook andere procesomstandigheden en resultaten niet altijd met elkaar overeenstemmen en afbreuk doen aan de vergelijkingswaarde van deze proeven dient de conclusie als een zeer voorzichtige indicatie te worden beschouwd.

Bij proef 6 is de aanvoer continu en wordt spoelwater gesuppleerd. Naast een hogere drogestofbelasting is de hydraulische belasting hierdoor hoger en neemt de drogestofverblijftijd aanzienlijk- en het rendement iets af in vergelijking met proef 3. Een negatieve invloed van de hogere drogestof- (en hydraulische) belasting op het indikresultaat is niet waargenomen.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		3 20/9-22/9 48	6 5/10-7/10 48
INSTELLINGEN			
Aanvoer			
continu			x
semi-continu tijdregeling			
pomptijd 13,5 m, wachttijd 10,5 m		x	
Afvoer			
continu met	m ³ /h	6	5,9
Spoelwatersuppletie			
		-	ja
Slibspiegelhoogte			
	in m	-0	-0
RESULTATEN			
Droogrest ingedikt slib			
minimum	in g/l	17,4	17,4
maximum	in g/l	18,5	18,8
gemiddeld	in g/l	18	18,1
Drogestof belasting			
gemiddeld	in kg/(m ² .d)	44,6	64,1
Hydraulische belasting			
gemiddeld	in m ³ /(m ² .h)	0,45	0,77
Drogestof rendement			
gemiddeld	in %	73,2	70,9
Drogestof verblijftijd			
gemiddeld	in h	18,3	13,6
Drogestof inhoud			
gemiddeld	in kg d.s.	2944	2822
Temperatuur			
gemiddeld	in °C	16	15
Bezineigenschappen			
slibindex	in ml/g	164	194
geroerde index	in ml/g	129	-
bezinksnelheid	in cm/h	119	-

Tabel 19. Parameter drogestofbelasting; proef 3 en 6 te Winterswijk

2.6.6 De invloed van een flocculantdosering

resultaten te Winterswijk

De invloed van het injecteren van een flocculantoplossing in de aanvoer naar de indikker is onderzocht met de proeven 9 en 10. De procesomstandigheden en resultaten zijn samen met die van referentie proef 7 en met die van "proef A" in tabel 20, gegeven.

proef nr. data uitvoering duur van de proef		A 23/8-25/8 48	7 26/10-28/10 48	9 5/11-7/11 48	10 8/11-10/11 48
INSTELLINGEN					
Aanvoer					
discontinuu met 90 min vrijgegeven voor aanvoer en 80 min. sperren aanvoertijd gelimiteerd door slijbspiegelmeter met pomptijd x en wachttijd 5 min.		x			
semi-continuu geregeld door slijbspiegelmeter pomptijd x wachttijd 5 min.			x	x	x
Afvoer					
discontinuu 50 min. pompen en 2 h sperren ingestelde pompcap. m3/h		13			
gemiddelde capaciteit m3/h		3,8			
continu met m3/h			5,6	5,5	4,8
Slijbspieghoogte	in m	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Flocculantdosering	in g/kg d.s.	0,3	-	0,9	0,7
RESULTATEN					
Droogrest ingedikt slijb					
minimum	in g/l	21,8	16,8	19,7	19,6
maximum	in g/l	23,8	17,6	20,5	20,9
gemiddeld	in g/l	23,1	17,2	20,1	20,3
Drogestof belasting					
gemiddeld	in kg/m2.d	25,9	29,7	32,6	28,2
Hydraulische belasting					
gemiddeld	in m3/(m2.h)	0,18	0,25	0,47	0,30
Drogestof rendement					
gemiddeld	in %	>99	>99	>99	>99
Drogestof verblijftijd					
gemiddeld	in h	48,2	30,6	32,7	35,5
Drogestof inhoud					
gemiddeld	in kg d.s.	4434	3436	3442	3606
Temperatuur					
gemiddeld	in °C	20	14	12	11
Bezineigenschappen inhoud circuit					
slijbindex	in ml/g	150	249	174	207
geroerde index	in ml/g	75	150	97	93
bezinksnelheid	in cm/h	-	81	138	128

Tabel 20. Parameter flocculantdosering; proef A, 7, 9 en 10 te Winterswijk

"Proef A" is in feite geen proef, maar geeft de bedrijfsvoering weer zoals deze door het zuiveringsschap Oostelijk Gelderland wordt uitgevoerd. Ook bij deze bedrijfsvoering wordt een flocculantoplossing geïnjecteerd. Omdat de overige proeven met een afwijkend aanvoerregiem zijn gedaan, is "proef A" voor vergelijking niet bruikbaar. Tijdens proef A had het slib bovendien aanzienlijk betere bezinkeigenschappen dan bij de andere 3 proeven.

Uit vergelijking van de proeven 9 en 10 met referentie proef 7 blijkt, dat de procesomstandigheden en resultaten vrij goed met elkaar overeenstemmen. De hydraulische belasting bij proef 9 is echter hoger dan die van beide andere proeven. Bij referentie proef 7 zijn de bezinkeigenschappen van het slib ongunstiger dan bij de proeven 9 en 10.

Uit vergelijking van deze drie proeven kan geconcludeerd worden dat een flocculantdosering een positieve invloed op het indikresultaat heeft. Door de slechte bezinkeigenschappen bij proef 7 is de invloed zoals deze uit de vergelijking blijkt mogelijk wat geflatteerd. Welke dosering tot een optimaal resultaat leidt, is in het kader van dit onderzoek niet bepaald. Volgens het zuiveringsschap Oostelijk Gelderland zou een dosering van ca. 0,3 g/kg d.s. eenzelfde positieve invloed hebben als hogere doseringen.

2.6.7 De invloed van discontinu slibafvoeren

resultaten te Hoogezand

Op zuiveringsinrichtingen waar surplusslib met behulp van mechanische apparatuur wordt ontwaterd (zeefbandpers, centrifuge), wordt in de regel de slibproductie van 24 uur in 6-8 uur verwerkt. In deze 6-8 uur wordt slib uit de indikker onttrokken met een 3-4 maal zo grote capaciteit als het geval zou zijn bij continue slibafvoer gedurende 24 uur.

De invloed van de verhoogde afvoercapaciteit op het indikresultaat is onderzocht met de proeven 4 en 6.

Bij proef 4 is een slibspiegelhoogte van -0,6/-1,1 m (aan het begin van de afvoerperiode) aangehouden en kan proef 1 als referentie worden gebruikt.

Met proef 6 is het experiment herhaald bij een slibspiegel van -2,9/-3,1 m (aan het begin van de afvoerperiode) en kunnen de proeven 5 en 7 als referentie dienen.

De procescondities en resultaten van de proeven 4 en 1 en van de proeven 6, 5 en 7 zijn in tabel 22, p. 63 gegeven.

Bij proeven en referentie proeven is continu geroerd en er is geen spoelwater gesuppleerd.

de proeven 4 en 1

Tijdens proef 4 is de instelling van de afvoerperioden en afvoercapaciteit niet constant geweest (zie tabel 21, p. 63).

Door periodieke bemonstering van het ingedikte slib tijdens de afvoerperiode blijkt dat het drogestofgehalte bij aanvang van de afvoerperiode hoog is. Op de dagen 11 t/m 14 oktober zijn drogestofgehalten van 36,8-38,1-36,4 en 36,4 g/l gemeten.

Deze waarden zijn gemiddeld ca. 17% hoger dan de gemiddelde drogestofconcentratie in de slibafvoer van proef 1 (31,6 g/l).

datum 11/10	pomptijd ingedikt- slibpomp in h	afvoercapaciteit in m ³ /h
11/10	7	10,2
12/10	6,25	13
13/10	6,5	13,6
14/10	6	13,6

Tabel 21. Instellingen van de slibafvoerpomp tijdens proef 4 te Hoogezand

proef nr. data uitvoering duur van de proef		4 11/10-14/10 78,75	1 29,5	(6) 19/10-20/10 23,75	6 20/10 6	5 17/10-18/10 47,75	7 25/10-27/10 54,25
INSTELLINGEN							
Aanvoer							
continu		x	x	x	x	x	x
Afvoer							
discontinuu		x		x	x		
pomptijd per etmaal	h	6,4		6	6		
ingestelde pompcapaciteit	m ³ /h	12,6		13,6	13,6		
gemiddelde pompcapaciteit	m ³ /h	3,4		3,4	3,4		
per etmaal	m ³ /h						
continu met	m ³ /h		2,8			3,8	3,2
Slibspiegelhoogte	in m	-0,6/-0,1*)	-0,8/-1	-2,1*)	-2,6*)	-2,1/-2,4	-2,9/-3,1
RESULTATEN							
Droogrest ingedikt slib							
minimum	in g/l	32,7	31,4	(28,1)	25,4	31,6	29,2
maximum	in g/l	36,9	33,5	(32,0)	34,4	33,9	32,7
gemiddeld	in g/l	34,7	31,6	(30,0)	30,6	32,8	32,1
Drogestof belasting							
gemiddeld	in kg/m ² .d	30,6	27,8	25,1	27,4	28,9	26,5
Hydraulische belasting							
gemiddeld	in m ³ /(m ² .h)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Drogestof rendement							
gemiddeld	in %	97	>95	>95	>95	>99	>98
Drogestof inhoud							
gemiddeld	in kg d.s.	8215	4845	3514	3056	4829	3331
Drijfslagvorming		ja	ja	nee	nee	ja	nee
Temperatuur							
gemiddeld	in °C	15	17,2	14	14	14,5	14,4
Bezinkeigenschappen inhoud AT							
slibindex	in ml/g	62	68	-	62	62	65
geroerde index	in ml/g	-	60	-	-	-	-
bezinksnelheid	in cm/h	-	192	-	-	-	-

Tabel 22. Parameter discontinue slibafvoer; proef 4, 1, 6, 5 en 7 te Hoogezand.

x
aan het begin van het experiment

In de periode van 17-18 uur waarin geen ingedikt slib aan de indikker wordt onttrokken, dikt het slib kennelijk verder in, dan het geval zou zijn bij continue afvoer.

Tijdens de periode van slibafvoer daalt het drogestofgehalte in het ingedikte slib. Op de dagen 11 t/m 14 oktober zijn aan het einde van de afvoerperiode drogestofgehalten van 34,4-33,0-32,4 en 30,9 g/l gemeten.

Het gemiddelde van deze minimum waarnemingen is nog ca. 3% hoger dan de gemiddelde drogestofconcentratie in de slibafvoer van proef 1 (31,6 g/l).

Uit vergelijking van de gemiddelde drogestofconcentraties, blijkt het indikresultaat bij proef 4 rond 10% beter dan bij proef 1. Figuur 13 geeft het verloop van het drogestofgehalte tijdens de afvoerperioden van proef 4.

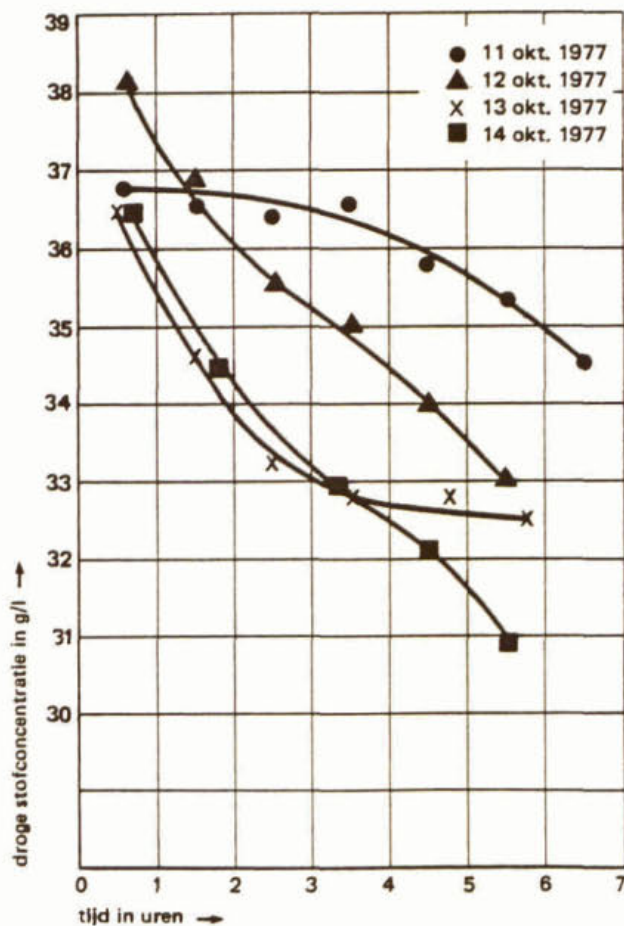


Fig. 13. Verloop van de drogestofconcentratie in het ingedikte slib bij proef 4 te Hoogezand.

de proeven 6 (5 en 7)

Bij proef 6 is op 19 oktober bij een slibspiegel van -2,1 m direct overgeschakeld van continue afvoer bij lage capaciteit naar een hoge afvoercapaciteit van 13,6 m³/h. Met deze hoge afvoercapaciteit is gedurende 6 uur slib afgevoerd.

Een rustperiode voorafgaande aan deze afvoerperiode is niet in acht genomen.

Hierdoor kunnen wel de dynamische aspecten van deze afvoerperiode als proefresultaat worden beschouwd (verloop van drogestofgehalte, daling slibspiegel).

Absolute waarnemingen als drogestofgehalte ingedikt slib, zijn echter niet bruikbaar voor vergelijkingen.

In tabel 22, p. 63 zijn de proefresultaten van proef 6 daarom naar datum gesplitst. Ook op 20 oktober is gedurende 6 uur slib afgevoerd met een pompcapaciteit van 13,6 m³/h.

Uit vergelijking van de drogestofgehalten in het ingedikte slib van deze proef met 5 en 7 blijkt dat bij discontinue slibafvoer bij proef 6 minder goede resultaten zijn verkregen.

Mogelijk ontstaat bij de combinatie van lage slibspiegel en grote pompcapaciteit, enige kortsluiting in de indikker. Het verloop van het drogestofgehalte tijdens de afvoerperioden van proef 6 is in figuur 14, uitgezet.

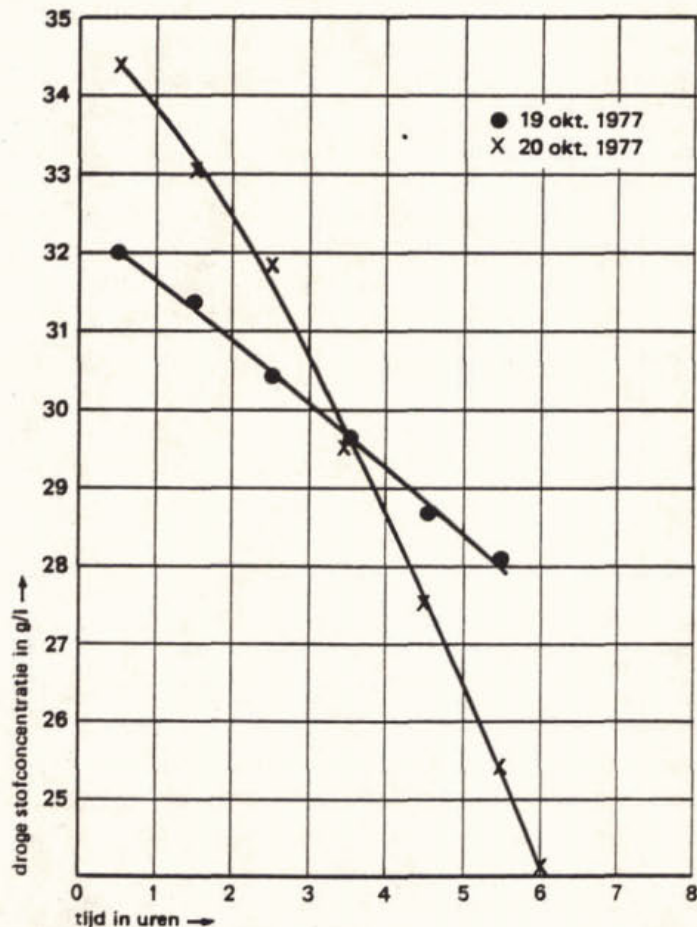


Fig. 14. Verloop van de drogestofconcentratie in het ingedikte slib bij proef 6 te Hoogezand

2.6.8 Uitspoelen van licht slib

resultaten te Winterswijk

Een algemeen uitgangspunt voor de procesvoering is voor veel bedrijfsvoerders het voorkomen van slibafvoer met het overloopwater. De vrees voor uitspoelen van lichte slibdelen, welke teruggevoerd in het biologisch proces de bezinkeigenschappen van het actiefslib nadelig kunnen beïnvloeden, speelt daarbij een voorname rol.

datum monsterneming		5/10	5/10	5/10	5/10
aard van het monster		inhoud circuit	slibaanvoer indikker	afvoer uit indikker (ingedikt slib)	afvoer uit indikker (overloopwater)
<u>Analyses</u>					
som org. geb. N + anorg. amm.	mg N/g droogrest	-	-	-	-
calcium	mg Ca/g droogrest	46	27	22	79
fosfor	mg P/g droogrest				
chemisch zuurstofverbruik	mg O ₂ /g droogrest	1450	1320	1280	1290
pH					
indamprest	in %				
droogrest onopgel. bestanddelen	mg/l	2180	4500	18500	1750
gloeirest in % van droogrest		28	27	27	27
bezinksel na ½ uur	in ml/l	880	900	1000	320
slibvolume index	in ml/g	194	160	-	187
soortelijk gewicht 20°C		1.006	1.007	1.007	1.006
<u>Microscopisch beeld</u>					
gewenste levende micro-organismen aanwezig		matig	veel	matig	-
draadvormers aanwezig		veel	veel	veel	-
samenstelling vlok		goed	goed	goed	-
<u>Analyses bij standaard concentraties</u>					
specifieke filtratieweerstand					
vacuum 0,5 bar	5 g/l in 10 ¹² m/kg				
druk 1 bar	15 g/l	9,1	8,1	14	11
	5 g/l				
	7,5 g/l	20	25	85	33
	15 g/l				
druk 7 bar	5 g/l				
afzuigtijd 0,5 bar	15 g/l	610	640	>1700	860
	5 g/l in sec.				
capilair suction	15 g/l in sec.				
time (10 mm)	5 g/l in sec.				
	15 g/l in sec.	43	40	89	46

Tabel 23. Analyseresultaten van actiefslib, surplusslib, ingedikt slib en overloopwater van de indikker te Winterswijk.

Tijdens proef 6, welke bij een rendement van ca. 70% is uitgevoerd, zijn steekmonsters inhoud-beluchtingscircuit, surplusslib, ingedikt slib en overloopwater van de indikker genomen.

Tabel 23, p. 66, geeft de resultaten van de uitgebreide analyses die met dit slib zijn uitgevoerd.

Uit de analyseresultaten blijkt het slib, dat met overloopwater wordt aangevoerd, iets minder goed filtreerbaar is dan slib uit het beluchtingscircuit en uit de slibaanvoerstroom. De vrees voor een negatieve invloed op de bezinkeigenschappen van actiefslib in de beluchtingsruimte door uitspoeling van slib uit de indikker met het overloopwater lijkt overigens nauwelijks gegrond.

Opmerkelijk is voorts, dat uit de analyse van het ingedikte slib blijkt, dat het verblijf van het slib in de indikker bepaald niet bijdraagt tot het verbeteren van de filtreerbaarheid van het slib.

2.7 CONCLUSIES

In dit hoofdstuk zijn de conclusies van het onderzoek aan de gravitatie-indikers op de zuiveringsinrichtingen Hoogezand en Winterswijk beschreven.

Tevens is, indien mogelijk, een vergelijking gemaakt met gegevens uit het literatuuronderzoek slibindikking.

2.7.1 Slibspiegelhoogte

De stand van de slibspiegel in de indikker blijkt bij de proeven te Hoogezand niet of nauwelijks van invloed te zijn op het indikresultaat.

In Winterswijk heeft het verhogen van de slibspiegel van -2 m tot -1 m een positieve invloed op het drogestofgehalte in het ingedikte slib. De invloed van een verdere verhoging van de slibspiegel in de indikker is niet vastgesteld.

Door ^{*}Kalbskopf⁵⁵ is in figuur 15, de invloed van de slibspiegelhoogte op het indikresultaat weergegeven van slib met een index van 50-130 ml/g.

De resultaten van de proeven te Hoogezand en Winterswijk zijn in deze figuren ingetekend.

De proefresultaten geven niet dezelfde tendens te zien als de metingen die door Kalbskopf zijn beschreven.

Daarbij dient vermeld te worden dat de slibindex van het slib te Winterswijk (210-220 ml/g) hoger is dan het aangegeven gebied van 50-130 ml/g. Bij de proeven te Hoogezand is het waarschijnlijk dat bij een hoog slibniveau in de indikker de drogestofverblijftijd in de indikker zo lang wordt, dat door gasvorming in het slib (koolzuur en stikstof) een verdere indikking wordt tegengegaan.

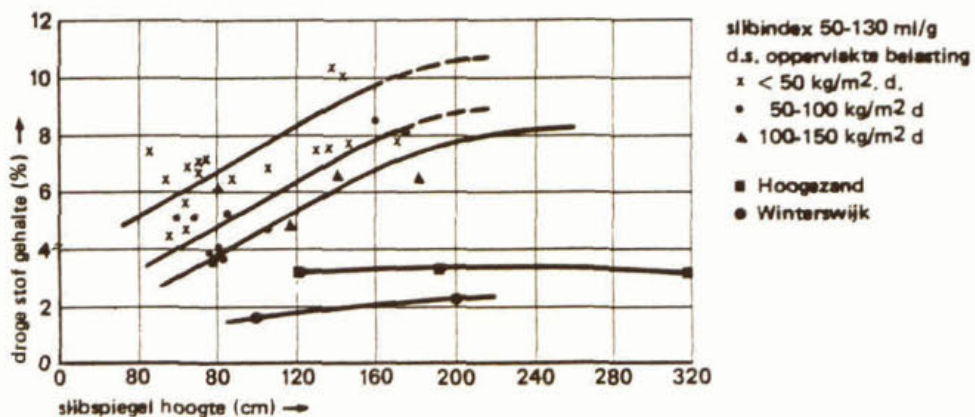


Fig. 15. Drogestofgehalte en slibspiegelhoogte (vergelijking literatuurgegevens⁵⁵ en proefresultaten Hoogezand).

* De literatuurverwijzingen komen overeen met die uit het Stora-rapport "Slibindikking I Literatuuronderzoek".

2.7.2 Hydraulische belasting (spoelen)

Een hoge hydraulische belasting ($0,49 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$) welke op de indikker te Hoogezand verkregen is door het suppleren van effluent, heeft een negatieve invloed op het indikproces. In Winterswijk is geen invloed, positief noch negatief, gemeten van het spoelen van de indikker op het drogestofgehalte in het ingedikte slib. Daarbij moet wel vermeld worden dat bij de experimenten te Winterswijk zonder spoelwatersuppletie de gemiddelde hydraulische belasting laag is, maar de momentane belasting bij het aanslaan van de surplusslibpomp $0,80 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$ bedraagt. Mogelijk wordt het indikken van het slib evenveel verstoord door deze periodieke hoge hydraulische belasting als door een continue hoge belasting.

De literatuur geeft weinig vergelijkingsmateriaal. Volgens de literatuur zou de oppervlaktebelasting alleen van invloed zijn op het drogestofrendement van de indikker, maar niet op het drogestofgehalte in het ingedikte slib. Veelal worden hydraulische belastingen tussen $0,6-1,3 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$ gekozen. Deze belastingen lijken, gezien de resultaten te Hoogezand, erg hoog.

2.7.3 Roeren

In de indikkers te Hoogezand en Winterswijk is het niet mogelijk geweest om de invloed van het roerwerk op het indikproces afzonderlijk te testen. Roerwerk en slibruimer vormen namelijk een geheel. Niet roeren én niet ruimen heeft een laag drogestofgehalte in de slibafvoer tot gevolg, hetgeen zeer waarschijnlijk wordt veroorzaakt door kortsluiting in de indikker.

Er vindt geen slibtransport meer plaats naar de monding van de slibafvoerleiding. Wel blijkt uit de proeven te Winterswijk, dat het slib zonder roeren veel verder indikt. Minder roeren, door het discontinu laten werken van het roerwerk had dan ook een positief effect op het drogestofgehalte in het ingedikte slib. Mogelijk dat ruimen zonder roeren een nog beter indikresultaat zal opleveren. In het literatuuronderzoek "slibindikking" zijn de volgende conclusies getrokken ten aanzien van de werking van een roerwerk:

- roeren bevordert de indiksnelheid, maar niet duidelijk het eindresultaat van de indikking;
- roeren resulteert in een volumebesparing op de indikker;
- roeren moet altijd worden toegepast bij slib dat neigt tot brugvorming;
- de omtreksnelheid van het roerwerk dient kleiner te zijn dan $0,1 \text{ m/sec}$ (Hoogezand = $0,1 \text{ m/sec}$, Winterswijk $0,05 \text{ m/sec}$).

De resultaten te Winterswijk zijn in tegenspraak met de stelling dat het roerwerk niet het eindresultaat zou beïnvloeden. Het verdient aanbeveling dit aspect nader te onderzoeken.

2.7.4 Drogestofbelasting

Binnen het gemeten traject blijkt zowel te Hoogezand als Winterswijk dat een drogestofbelasting die hoger is dan de ontwerpbelasting van $30 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{d})$, geen negatieve invloed heeft op het drogestofgehalte in het ingedikte slib.

Volgens het literatuuronderzoek "slibindikking" wordt de drogestofopervlaktebelasting als een van de belangrijkste dimensioneringsgrondslagen gezien.

Volgens metingen van Stahlmann⁹⁴ aan actiefslib van het Emscher Genossenschaft is de drogestofbelasting niet van invloed op het indikresultaat voor belastingen kleiner dan 100 kg/(m².d).

De metingen te Hoogezand en Winterswijk zijn slechts in een beperkt belastingtraject uitgevoerd:

Hoogezand	25-37 kg/(m ² .d);
Winterswijk	30-65 kg/(m ² .d).

Voor wat deze belastingen betreft bevestigen deze metingen de resultaten van Stahlmann.

2.7.5 Flocculanten

Te Winterswijk is gebleken dat een kleine dosering polyelektrolyt aan het in te dikken slib een hoger drogestofgehalte in het ingedikte slib oplevert, in de orde van 10 à 15%. Volgens het zuiveringsschap Oostelijk Gelderland zou een dosering van ca. 0,3 g polyelektrolyt/kg slib droge stof voldoende zijn.

Volgens Sparr⁹², die op laboratoriumschaal veel onderzoek heeft verricht naar de invloed van chemicaliën op het indikken van actiefslib, hebben polyelektrolyten geen invloed op het indikresultaat, maar wel is een hogere drogestofopervlaktebelasting mogelijk.

De marginale verbetering van het drogestofgehalte in het ingedikte slib door polyelektrolytdosering te Winterswijk komt vrij goed overeen met de metingen van Sparr.

2.7.6 Discontinue slibafvoeren

Bij vele slibontwateringsmachines wordt slib slechts gedurende 6-8 uur per dag ontwaterd. Het ingedikte slib wordt dan met een 3-4 maal zo groot debiet als bij continue slibafvoer het geval zou zijn geweest, aan de indikker onttrokken. In de overige 16-18 uur vindt geen slibafvoer plaats.

Uit metingen te Hoogezand blijkt nu, dat wanneer bij aanvang van de afvoerperiode de slibspiegel maar hoog genoeg is, het ingedikte slib over de afvoerperiode van 6-8 uur, ca. 10% verder ingedikd is dan bij continue slibafvoer. Hieruit blijkt dat discontinue slibafvoer de voorkeur verdient ook bij natte afvoer van slib naar de landbouw of naar slibvelden.

Ten aanzien van dit punt zijn in de literatuur geen gegevens verstrekt. Het verdient aanbeveling om de positieve invloed van het discontinue afvoeren en het uitschakelen van de negatieve invloed van het roerwerk tegelijkertijd te testen. Dit kan door het roer-ruimwerk alleen tijdens de slibafvoerperiode in werking te zetten (elektrisch koppelen).

2.7.7 Uitspoelen van slib

Uit een onderzoek naar de slibeigenschappen van in te dikken slib, slib in overloopwater van de indikker en ingedikd slib, blijkt dat het slib dat met het overloopwater wordt afgevoerd iets minder goede filtratie-eigenschappen bezit dan het in te dikken slib.

De verschillen in filtratie-eigenschappen zijn echter zodanig klein, dat van een negatieve invloed op de bezinkeigenschappen van het actiefslib in de beluchtingsruimte door uitspoeling van licht slib uit de indikker met het overloopwater waarschijnlijk geen sprake zal zijn. Voorts blijkt dat de filtratie-eigenschappen van het surpluslib slechter worden tijdens het verblijf van het slib in de indikker.

3. Biologische
flotatie-indikking

Inhoud

3.1	INLEIDING	77
3.2	PROEVEN OP LABORATORIUMSCHAAL	78-82
3.2.1	Proeven met slib van de rwzi Winterswijk	78-81
	<i>maatcylinder, \emptyset 7,5 cm</i>	78
	<i>cylinder, \emptyset 9 cm</i>	78-79
	<i>cylinder, \emptyset 19 cm</i>	79-81
3.2.2	Proef met actiefslib van de rwzi Breda	81-82
3.3	PROEVEN OP TECHNISCHE SCHAAL	83-88
3.3.1	Inleiding	83
3.3.2	Apparatuur	83-84
	<i>slibbuffertank</i>	83
	<i>aan- en afvoervoorzieningen voor slib</i>	83
	<i>oplos- en doseervoorzieningen voor nitraat</i>	83-84
3.3.3	Chemicaliën	84
3.3.4	Beschrijving van de proeven	84-86
	<i>proef 1</i>	84
	<i>proef 2</i>	85
	<i>bemonstering</i>	85-86
3.3.5	Resultaten	86-88
	<i>proef 1</i>	86-87
	<i>proef 2</i>	87-88
3.4	KOSTENVERGELIJKING	89-90
3.5	CONCLUSIES	91

3.1 INLEIDING

Op de zuiveringsinrichting Hoogezand wordt het ingedikte slib opgeslagen in een slibbufferbak en vervolgens nat afgevoerd naar de landbouw.

De slibbuffer is een uitgegraven, met aarden wallen omringd, terrein met een diepte van ca. 1,5 m en een inhoud van 450-500 m³.

In deze bufferbak gaat het slib door biologische flotatie opdrijven en kan een grote hoeveelheid slibwater onder de drijvende sliblaag worden weggepompt.

Op deze wijze wordt de concentratie van het ingedikte, nat af te voeren slib, in enkele dagen verhoogd van 3 à 4% drogestof tot ca. 6 à 8% droge stof. De afvoerkosten voor het slib worden hierdoor gehalveerd.

Bij biologische flotatie van slib gaat het slib opdrijven door de produktie van CO₂-gas onder anaërobe omstandigheden en eventueel door het ontstaan van stikstofgas door denitrificatie.

Biologische flotatie, welke in Hoogezand (behalve in de winter) spontaan tot stand komt, kan gestimuleerd worden door het toevoegen van nitraat aan het slib om zo een gewenste produktie van stikstofgas te verkrijgen.

Het is niet onmogelijk, dat slib dat van nature niet wil floteren (zoals het slib van de rwzi Winterswijk) door het toevoegen van nitraat wel door biologische flotatie kan worden ingedikt.

Met enkele proeven op laboratoriumschaal en technische schaal is nagegaan of ingedikt slib verder is in te dikken door middel van biologische flotatie, nadat nitraat aan het slib is toegevoegd.

De proeven zijn uitgevoerd in de periode half november-half december 1977 met ingedikt slib (aëroob gestabiliseerd) van de rwzi Winterswijk. In mei 1978 is nog een laboratoriumproef uitgevoerd met ingedikt actiefslib van de actief-slibinrichting Breda.

3.2 PROEVEN OP LABORATORIUMSCHAAL

3.2.1 Proeven met slib van de rwzi Winterswijk

maatcylinder, \emptyset 7,5 cm

In eerste instantie zijn op het laboratorium enkele proeven in maatcylinders van 1 l, \emptyset 7,5 cm uitgevoerd met ingedikt slib afkomstig van de zuiveringsinrichting Winterswijk (drogestofgehalte 2 à 2,5%). Aan het slib is kaliumnitraat toegevoegd in hoeveelheden van 50 en 100 mg/l nitraat-N. Reeds enkele uren na het vullen van de maatcylinders is duidelijk waarneembaar, dat talloze kleine gasbelletjes zijn ontstaan. Na een dag zijn lagen afgescheiden water in het slib zichtbaar en ontstaat een slibspiegel op enkele cm boven de bodem. De onderstaande vloeistof is niet helder maar bevat geen slib.

cylinder, \emptyset 9 cm

Daarna zijn twee proeven gedaan in een cylinder met een diameter van 9 cm welke tot 50 cm met ingedikt slib uit Winterswijk is gevuld. De dosering bedroeg bij beide proeven 100 mg/l nitraat-N (kaliumnitraat). De standtijd is bij deze proeven respectievelijk 6 en 8 dagen geweest. De dikte van de waterlaag onder de slibspiegel is om de twee dagen gemeten. Figuur 16 toont het stijgen van de slibspiegel gedurende de standtijd.

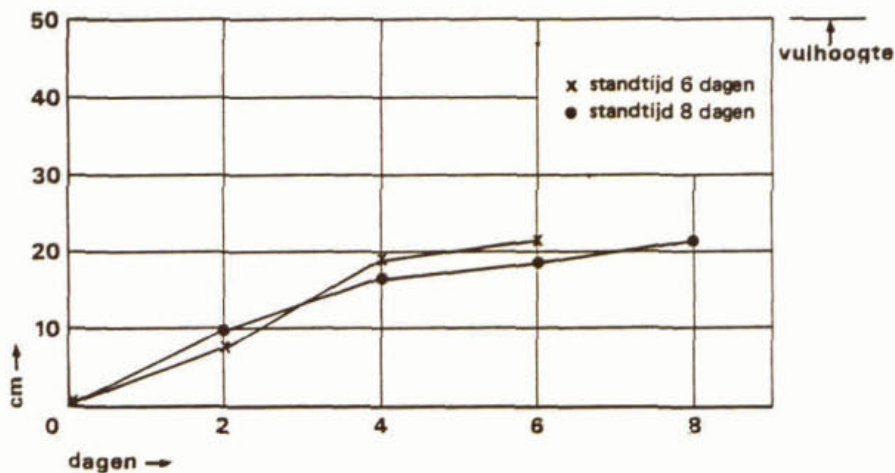


Fig. 16. Het verloop van de slibspiegel tijdens flotatieproeven in een cylinder \emptyset 9 cm met ingedikt slib uit Winterswijk

De proeven geven eenzelfde beeld als bij de maatcylinders van \emptyset 7,5 cm. Opmerkelijk is de traagheid waarmee de scheiding tussen slib en water tot stand komt.

Reeds na een dag zijn laagjes afgescheiden water in het slib duidelijk zichtbaar. Deze laagjes worden gedurende de eerste vier dagen dikker. Het ontstaan van één laag troebel water onder in de cylinder met daarboven een compacte floterende sliblaag geschiedt langzaam. Het transport van slib naar boven en ingesloten water naar beneden verloopt moeizaam. De wandeffecten in deze kleine cylinders spelen daarbij zeker een rol.

cylinder, Ø 19 cm

Met ingedikt slib van de zuiveringsinrichting Winterswijk zijn vervolgens twee proeven genomen in een kolom met een diameter van 19 cm en een hoogte van 2 m. De eerste proef is in het laboratorium uitgevoerd bij een temperatuur van 20°C. Aan ingedikt slib, met een indamprest van ca. 20 g/l, is kaliumnitraat-oplossing gedoseerd tot een concentratie van 100 mg nitraat-N per liter slib. De kolom is vervolgens gevuld met 50 l van dit slib (vulhoogte 1,76 m).

Om de twee dagen is de slibspiegelhoogte gemeten.

Het verloop van deze flotatieproef is analoog geweest aan die van de kleine cylinders. Er ontstaan zeer snel laagjes water in het slib, maar de vorming van één waterlaag en één sliblaag kost tijd, hoewel het sneller verloopt dan bij de kleine cylinders. Na een standtijd van 10 dagen is de proef afgebroken.

Onder in de kolom bevond zich 1,16 m met troebel water zonder slibdelen. Bovenin bevond zich een compacte drijfslag van slib met een laagdikte van 69 cm. De indamprest van een monster slib bovenuit de drijfslag was 79,2 g/l. Door kloppen tegen de kolom en door schudden maken zich stukjes slib onder uit de sliblaag los, die dan snel naar de bodem zinken.

Door de kolom via een onderin aangebrachte aftapkraan langzaam leeg te laten lopen kon 33 l water (66% volume) worden afgetapt. Vervolgens is 17 l slib verwijderd (34% volume). Het gemiddelde drogestofgehalte van dit slib was 49,2 g/l.

Figuur 17, p. 80 geeft het verloop van de slibspiegel tijdens deze proef en tijdens de hierna beschreven tweede proef in de kolom.

Figuur 18, p. 81 toont de kolom na een standtijd van 10 dagen.

Bij de tweede proef met ingedikt slib is de kolom te Winterswijk buiten opgesteld. Na vier dagen moest de kolom naar het vorstvrije slibverwerkingsgebouw worden verplaatst omdat flinke nachtvorst risico voor stukvriezen gaf.

De kolom is met 50 l slib gevuld waaraan 50 mg/l nitraat-N is toegevoegd. De indamprest van het slib is 24,2 g/l. Bij het vullen van de kolom is de temperatuur van het slib +8°C. Gedurende de eerste vier dagen standtijd buiten zijn temperaturen van +2°C ('s avonds laat bij een buitentemperatuur van -2°C) tot +9°C (namiddag in de zon) gemeten. Tijdens de laatste zes dagen standtijd was de temperatuur in de kolom 8°C.

Onder de condities van deze proef blijkt het flotatieproces veel trager te verlopen en wordt in 10 dagen standtijd een beduidend minder goed resultaat bereikt.

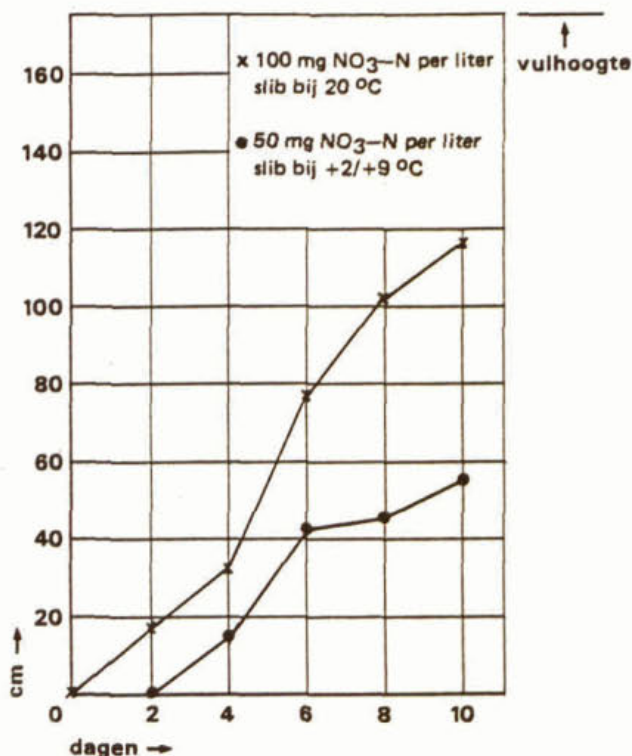


Fig. 17. Het verloop van de slibspiegel tijdens flotatieproeven in een kolom Ø 19 cm met ingedikt slib uit Winterswijk

In figuur 17 hierboven is het verloop van de slibspiegel uitgezet. Na 10 dagen is 18 l water (36% volume) onder uit de kolom afgetapt. Daarna is 32 l geflooteerd slib verwijderd met een gemiddelde indamprest van 33,3 g/l. De indamprest van een monster slib boven uit de drijf laag was 46,9 g/l.

In de floterende slib laag is van boven naar beneden een duidelijke afname van het drogestofgehalte waarneembaar bij het leegmaken van de kolom. De verstoringen tijdens het aftappen maken een betrouwbare bemonstering van de lagen niet goed mogelijk.

Het slechtere resultaat van de tweede proef is waarschijnlijk een gevolg van twee factoren:

- door de geringere nitraat-dosering ontstaat minder stikstofgas en dus een geringere drijvende kracht;
- door de lagere temperatuur en hogere viscositeit verloopt, vooral in een kolom, met ongunstige verhouding inhoud: wandoppervlak, het transport van slib en water aanmerkelijk trager.

Een langzamer verloopend denitrificatieproces bij lage temperatuur zou voorts van enige invloed kunnen zijn. Een belangrijke factor wordt dit echter niet geacht.

In monsters welke na een standtijd van twee dagen zijn genomen, blijken nog slechts sporen nitraat aanwezig te zijn.

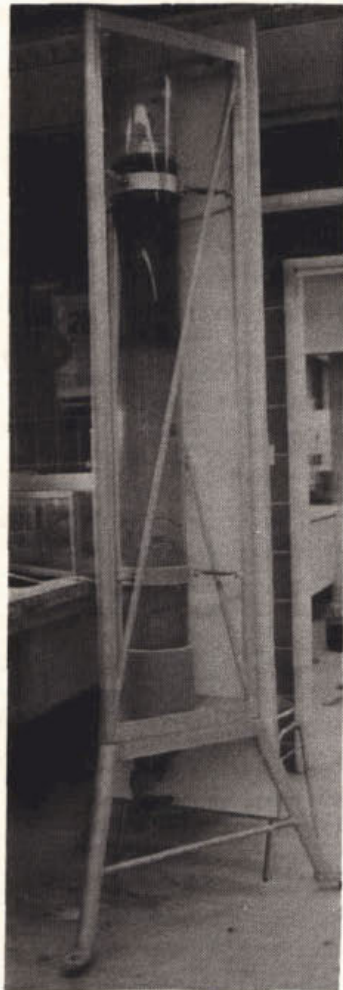


Fig. 18. Proefcilinder \emptyset 19 cm, na een standtijd van 10 dagen in laboratorium

3.2.2 Proef met actiefslib van de rwzi Breda

In mei 1978 is met ingedikt actiefslib afkomstig van de actief-slibinrichting te Breda een biologische flotatieproef gedaan in de cilinder van \emptyset 19 cm (deze cilinder is ook gebruikt voor proeven met het slib van de zuiveringsinrichting Winterswijk). De slibbelasting van de zuiveringsinrichting Breda is dusdanig dat geen denitrificatie in de beluchtingsruimte optreedt.

Aan ingedikt actiefslib (zonder primairslib) met een drogestofconcentratie van 29 g/l is kaliumnitraat toegevoegd tot 100 mg NO₃-N/l. 50 liter van dit slib is in de 2 m hoge cylinder gebracht. De cylinder is opgesteld in een laboratoriumruimte bij 20 °C. Door het toevoegen van NO₃ wordt ook in dit slib stikstofgas gevormd. Gasbellen in het slib zijn reeds na enkele uren goed zichtbaar. Na twee dagen zijn laagjes vrij water in het slib duidelijk waarneembaar, maar een goede scheiding tussen één laag water onderin de kolom en één floterende sliblaag bovenin de kolom komt niet tot stand. Na een week is de proef beëindigd.

3.3 PROEVEN OP TECHNISCHE SCHAAL

3.3.1 Inleiding

Aansluitend op de laboratoriumproeven met het slib van Winterswijk zijn op de zuiveringsinrichting Winterswijk twee flotatie-experimenten uitgevoerd op technische schaal. De rwzi Winterswijk is hiervoor uitgekozen omdat op deze inrichting naast een gravitatie-indikker tevens een slibbuffertank aanwezig is, die zeer geschikt is voor deze proeven.

3.3.2 Apparatuur

slibbuffertank

Voor de flotatie-indikproeven is gebruik gemaakt van de slibbuffertank (zie ook paragraaf 2.2.2, p. 24). Deze tank is als gravitatie-indikker uitgevoerd, voorzien van een diametraal roerwerk waaraan drie bodemschuivers zijn bevestigd, een hellende bodem 1:8 en een omloopgoot voor afvoer van overloopwater.

Een inlooptrommel ontbreekt. De invoer van slib vindt plaats via een leiding die in de wand van de tank uitmondt. De afmetingen van de tank zijn:

diameter	:	7,5 m
kantdiepte	:	3 m
oppervlak	:	44,2 m
inhoud cilindrisch deel	:	132,5 m
inhoud kegel	:	6,0 m
inhoud totaal	:	138,5 m

aan- en afvoervoorzieningen voor slib

Ingedikt slib wordt door een in toerental (capaciteit) regelbare Mohno-pomp vanuit de gravitatie-indikker naar de buffertank gevoerd (zie ook paragraaf 2.2.2, p. 24).

De afvoer van slib uit de buffertank geschiedt door een tankwagen. Door een langs de wand van de slibbuffertank bevestigde zuigbuis, waarvan de monding zich juist boven de bodem van de tank bevindt, wordt het slib door de tankwagen uit de slibbuffer verwijderd. De kegel onderin de indikker kan met deze wijze van slibafvoer niet worden leeggezogen.

oplos- en doseervoorzieningen voor nitraat

Als oplos- en voorraadvat voor nitraat is gebruikt gemaakt van één van de twee flocculant-aanmaaktanks in het slibverwerkingsgebouw. Deze tank (inhoud ca. 3 m³) is van een roerwerk voorzien. Als aanmaakwater is leidingwater gebruikt. Voor het doseren van de aangemaakte nitraat-oplossing is een slangenpomp gebruikt met een regelbaar toerental.

De nitraatoplossing is 75 cm voor het einde van de slibtoevoerleiding aan het slib toegevoegd. Het nitraat-injectiestuk bestaat uit een afgedopte pijp waarin gaten zijn aangebracht om een goede menging van nitraat en slib te bevorderen.

3.3.3 Chemicaliën

Nitraat kan worden gedoseerd in de vorm van calcium-, kalium-, ammonium- en natriumnitraat.

Alle nitraten zijn goed oplosbaar in water. Voor de flotatieproeven op praktijkschaal is calciumnitraat, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ gebruikt, omdat dit de goedkoopste nitraatbron is en het toevoegen van enig Ca^{2+} aan het slib geen bezwaar oplevert bij gebruik van het slib in de landbouw.

Kaliumnitraat is per kg NO_3 ongeveer tweemaal zo duur als calciumnitraat. Vanuit landbouwkundig oogpunt bezien, zou KNO_3 aantrekkelijk kunnen zijn, omdat het de bemestende waarde van slib verhoogt (bij een dosering van 100 mg N/l en 50% verdere indikking door flotatie wordt de K concentratie in het slib met 139 g/m³ verhoogd).

Ammoniumnitraat is het duurste nitraat. Het terugvoeren van slibwater met NH_4^+ naar de beluchtingsruimte geeft bovendien een extra N-Kjeldahlbelasting.

De samenstelling van het gebruikte calciumnitraat is als volgt:

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	78	%
$\text{NH}_4 \text{NO}_3$	5,8	%
vocht	15,4	%
totaal-N	15,15	%
$\text{NO}_3\text{-N}$	14,5	%

3.3.4 Beschrijving van de proeven

proef 1

Op 25 november 1977 is gestart met de eerste proef.

De lege slibbuffertank is met slib gevuld waaraan nitraat werd toegevoegd.

De volgende procesomstandigheden zijn aangehouden:

vultijd van de slibbuffertank	20	uur
aanvoer ingedikt slib	6,2	m ³ /h
droge stof ingedikt slib	24,5	g/l
aanvoer nitraatoplossing	130	l/h
concentratie nitraatoplossing	5,58	gN- NO_3 /l
nitraatdosering	115	gN- NO_3 /m ³ slib.

Tijdens het vullen van de slibbuffertank was de temperatuur van het slib ca. 10°C. Ondanks lagere buitentemperaturen (nachtvorst) daalde de temperatuur van het slib in de tank niet beneden de 7°C.

Om een goede menging van slib en nitraat te bevorderen is het roerwerk tijdens het vullen in bedrijf gelaten.

Daarna is het roerwerk gestopt.

proef 2

Met proef 2 is gestart op 6 december 1977.

De lege buffertank is gevuld met ingedikt slib uit de gravitatie-indikker, terwijl nitraat werd toegevoegd. Tijdens het vullen zijn de volgende procesomstandigheden aangehouden:

vultijd van de slibbuffertank	5,8	uur
aanvoer ingedikt slib	12,6	m ³ /h
droge stof ingedikt slib	23,8	g/l
aanvoer nitraatoplossing	180	l/h
concentratie nitraatoplossing	8,06	gNO ₃ -N/l
nitraatdosering	117	gNO ₃ -N/m ³ slib

Ook bij proef 2 was de temperatuur van het ingedikte slib bij het vullen van de slibbuffertank ca. 10°C.

Tijdens het vullen en ook daarna is het roerwerk buiten bedrijf geweest.

Bij de tweede proef is aandacht besteed aan het afvoeren van geflooteerd slib en afgescheiden water uit de slibbuffertank.

Zowel met een domppomp als door hevelen met een slang Ø 4 cm kan zonder problemen water onder de geflooteerde sliblaag worden afgetapt.

Het wegzuigen van het geflooteerde ingedikte slib met de zuigslang van een vacuumwagen verloopt niet goed. In de traag toestromende sliblaag worden snel "gaten" gezogen zodat door kortsluiting een mengsel van slib en water in de tankwagen verdwijnt.

Versproeien van het geflooteerde slib op het land geeft met de tankwagen geen probleem. Op weiland, waar geen dikke lagen kunnen worden opgebracht, moet tijdens het versproeien wat sneller worden gereden.

bemonstering

De slibtoevoer naar de slibbuffertank is tijdens het vullen proportioneel bemonsterd met een UFA 120 bemonsteringsapparaat, aangesloten op de ingedikte slibpomp.

Tijdens de standtijd van de proeven is om de twee dagen het verticale drogestofconcentratieverloop (profiel) in de slibbuffertank bepaald, halverwege de straal van de tank. De tank is hier 3,25 m diep.

Bij proef 1 zijn de profielmonsters bepaald met de in paragraaf 2.4.3, pp. 36-37 beschreven profielmeetbuis.

Bij proef 2 is deze profielmeetbuis niet bruikbaar gebleken.

Bij het laten zakken van de profielmeetbuis in de tank, vult de buis zich niet tijdens de perforatie van de floterende laag met dik slib. Als door deze laag heen is geprikt, stroomt de buis plotseling vol met het onderstaande water.

Voor de profielbepaling bij proef 2 is gebruik gemaakt van een domppomp en een monstervat.

Pompen uit de tank met een domppomp die steeds op een andere diepte wordt gehangen, geeft een risico van aanzuigen vanuit andere lagen. Vooral bij de grensvlakken floterende laag-water en water-bezinksel is monsternamen minder betrouwbaar. Het monstervat wordt op een gewenste diepte gebracht en geopend. Als het zich heeft gevuld wordt het vat gesloten en opgehaald.

Bij het grensvlak floterende laag-water kan verstoring van de statische situatie, door het inbrengen de monsternamen minder betrouwbaar maken. Niettemin is getracht om met de genoemde hulpmiddelen een zo goed mogelijk beeld van het drogestofconcentratieverloop in de slibbuffertank te verkrijgen.

Telkens is twee dagen na aanvang van de proeven in een aantal profielmonsters het nitraatgehalte bepaald.

3.3.5 Resultaten

proef 1

Na het vullen van de slibbuffertank met ingedikt slib (drogestofgehalte = 24,5 g/l) ontstond een dunne schuimende laag op de tank. De resultaten van de profielmonsters na 2, 4 en 6 dagen standtijd zijn in figuur 19 weergegeven. Na 48 uur bevatten de profielmonsters slechts sporen nitraat.

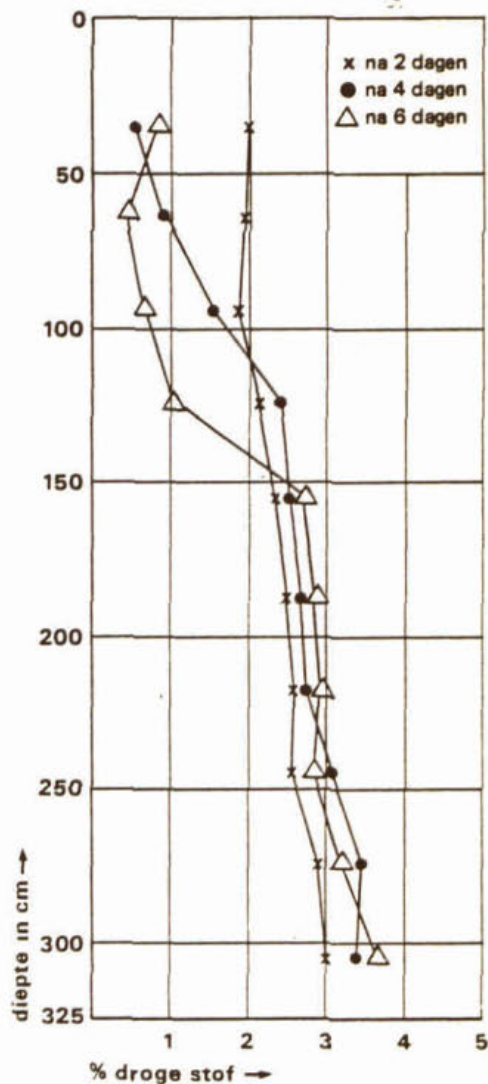


Fig. 19. Flotatieproef 1 in slibbuffertank Winterswijk; profielen uit de slibbuffertank

Na 6 dagen standtijd is de drijflaag op de buffertank aangegroeid tot een dikte van slechts 10-15 cm. De proef is na de zesde dag beëindigd. Van een goede biologische flotatie is bij proef 1 geen sprake geweest. Wel is het ingedikte slib door gravitatie verder ingedikt tot ruim 3,5% droge stof na zes dagen. Vermoed wordt dat door de lange vultijd van de slibbuffer (20 uur) en het in werking zijn van het roerwerk tijdens het vullen al een grote hoeveelheid stikstof uit de indikker is verdreven. Daarna kon van biologische flotatie-indikking geen sprake meer zijn.

proef 2

Ook bij proef 2 ontstond na het vullen van de slibbuffertank met ingedikte slib (drogestofgehalte = 23,8 g/l) een dunne schuimende laag op de tank. De resultaten van de profielmonsters na 2, 4, 6 en 8 dagen standtijd zijn in figuur 20 weergegeven.

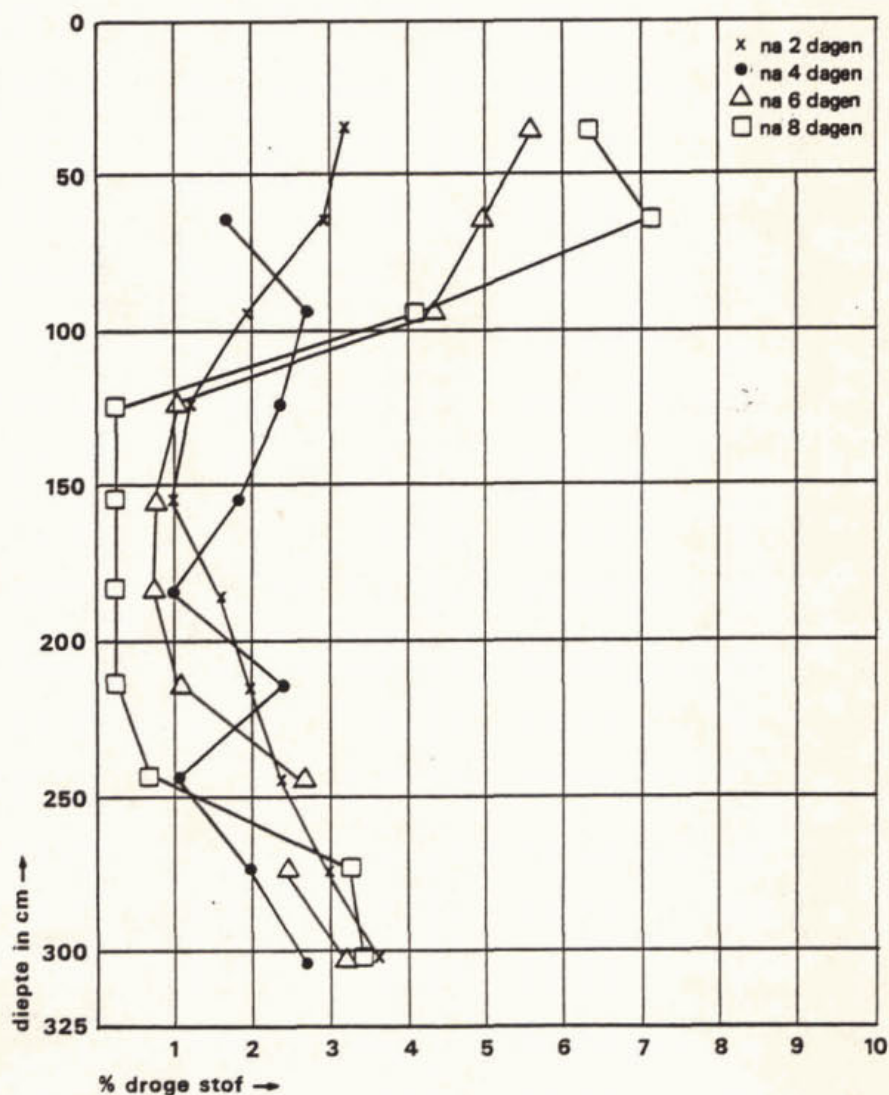


Fig. 20. Flotatieproef 2 in slibbuffertank Winterswijk; profielen uit de slibbuffertank

Ook tijdens proef 2 bevatten de profielmonsters 48 uur na het vullen van de tank nog slechts sporen nitraat.

Bij proef 2 is ondanks de lage temperatuur van het slib, 7°-10°C, sprake van een verdere indikking, van reeds door gravitatie ingedikt slib, door biologische flotatie. Na 8 dagen bevindt zich een sliblaag op de bodem van 60 cm dikte. Bovenin is een gefloeteerde sliblaag van ca. 125 cm dikte op de slibbuffer ontstaan. Daartussen bevindt zich een laag van 140 cm niet helder water, zonder slib. Na verwijdering van de waterlaag is het slib verder ingedikt van 23,8 g/l tot ca. 43 g/l, hetgeen een volumevermindering van ca. 45% betekent.

Een belangrijk verschil tussen de uitvoering van proef 2 en 1 is dat tijdens het vullen van de slibbuffertank bij proef 2 het roerwerk buiten bedrijf is geweest.

3.4 KOSTENVERGELIJKING

Op basis van de resultaten van de flotatie-indikproeven op de zuiveringsinrichting Winterswijk is hier een kostenvergelijking* gegeven tussen de volgende twee wijzen van slibverwerking.

- A : gravitatie-indikking en afvoer van ingedikt slib naar de landbouw
 B : gravitatie-indikking gevolgd door flotatie-indikking met nitraatdosering en afvoer van het geflooteerde slib naar de landbouw

De volgende uitgangspunten zijn gebruikt:

slibproductie	:	40 g d.s./(i.e. dag)
ingedikt slib door gravitatie	:	2,3% droge stof
ingedikt slib door flotatie	:	4% droge stof
afvoerkosten nat slib	:	f 6,-/m ³
nitraatdosering	:	100 g N-NO ₃ /m ³ slib
prijs calciumnitraat	:	f 550,-/ton
calciumnitraat bevat	:	145 g N-NO ₃ /kg.

A : De afvoerkosten van nat ingedikt slib bedragen:

$$\frac{0,040 \text{ kg}/(\text{i.e.} \cdot \text{d}) \times 365 \text{ d}}{23 \text{ kg}/\text{m}^3} \times f 6,-/\text{m}^3 = f 3,70/(\text{i.e.} \cdot \text{j})$$

B : De afvoerkosten van geflooteerd slib bedragen:

$$\frac{0,040 \text{ kg}/(\text{i.e.} \cdot \text{d}) \times 365 \text{ d}}{40 \text{ kg}/\text{m}^3} \times f 6,-/\text{m}^3 = f 2,20/(\text{i.e.} \cdot \text{j})$$

Chemicalie-kosten:

$$\frac{0,04 \text{ kg}/(\text{i.e.} \cdot \text{d}) \times 365 \text{ d}}{23 \text{ kg}/\text{m}^3} \times \frac{100 \text{ g N}/\text{m}^3}{145 \text{ g N}/\text{kg}} \times f 0,55/\text{kg} = f 0,24/(\text{i.e.} \cdot \text{j})$$

totaal f 2,44/(i.e.·j)

Op basis van de gebruikte uitgangspunten betekent biologische flotatie een besparing van f 1,26/(i.e.·j), exclusief investeringen.

Om tot biologische flotatie-indikking over te kunnen gaan is een aantal voorzieningen nodig:

1. aanmaaktank voor de calciumnitraatoplossing
2. doseerpomp voor de calciumnitraatoplossing
3. flotatietank(s).

*) prijspeil 1978

De investeringskosten van deze onderdelen zijn afhankelijk van de plaatselijke situatie en de reeds aanwezige apparatuur op de zuiveringsinrichting. Is, zoals op de inrichting te Winterswijk, een polymeeraanmaak- en doseerinstallatie aanwezig, dan kunnen in de periode dat het slib nat wordt afgevoerd en de zeefbandpers of centrifuge buiten bedrijf is, de bestaande polymeeraanmaaktank en polymeerdoseerpompen gebruikt worden voor het doseren van calciumnitraat.

De flotatietanks kunnen zeer eenvoudig worden uitgevoerd, in de vorm van een met aarden wallen omringd stuk terrein waarbij afgescheiden slibwater met een domppomp wordt verwijderd (zoals in Hoogezand).

Duurder is een betonnen bak met aflatconstructie.

Reeds aanwezige slibbakken kunnen voor dit doel worden gebruikt.

Voor het dimensioneren van de flotatietanks zijn de volgende gegevens beschikbaar:

Hoogezand in de zomer, zonder nitraatdosering, verblijftijd 3-4
 dagen;

Winterswijk in de winter, met nitraatdosering, verblijftijd 8 dagen.

3.5 CONCLUSIES

Zowel uit de proeven op laboratoriumschaal als op praktijkschaal, uitgevoerd met ingedikt slib van de zuiveringsinrichting Winterswijk, blijkt dat het mogelijk is om slib dat reeds in een gravitatie-indiker is ingedikt, verder in volume te verminderen door middel van biologische flotatie. Het biologische flotatieproces wordt daarbij bevorderd door het toevoegen van nitraat aan het ingedikte slib.

Bij een verblijftijd van ca. 8 dagen, een nitraatdosering van 100 mg N-NO₃/l slib en een temperatuur van 7^o-10^oC kan ongeveer de helft van het in de flotatietank gebrachte slib als water worden verwijderd. De afvoerkosten van slib kunnen hierdoor worden gereduceerd.

Zeker op zuiveringsinrichtingen die reeds over slibbufferbakken beschikken kan biologische flotatie door middel van nitraat, een aantrekkelijk proces zijn. Er mag daarbij vanuit gegaan worden dat bij hogere temperaturen het proces sneller zal verlopen.

Het is aanbevelingswaardig om te onderzoeken of biologische flotatie ook praktisch haalbaar is met nog niet ingedikt slib, b.v. retourslib. Een proef met ingedikt actiefslib afkomstig van de zuiveringsinrichting Breda in een cylinder met een diameter van 19 cm, was minder succesvol. Er ontstond wel stikstofgas door denitrificatie en ook werd vrij water in het slib afgescheiden, echter een goede afscheiding van een floterende sliblaag trad niet op. Het is niet uitgesloten dat bij een geringere storende invloed van wanden, dus bij een grotere cylinderdiameter, ook dit slib door biologische flotatie kan worden ingedikt.

4. Dissolved airflotation

Inhoud

4.1	INLEIDING	97
4.2	BESCHRIJVING VAN DE PROEFINSTALLATIE	98-100
4.2.1	De zuiveringsinrichting Hoogezand	98
4.2.2	De flotatie-indikker	98-100
	<i>aanvoer</i>	99
	<i>flotatiecel</i>	99
	<i>recirculatiewater</i>	99
	<i>drijfslaagruimer</i>	100
	<i>bodemslibruimer</i>	100
4.3	BESCHRIJVING VAN DE EXPERIMENTEN	101
4.4	METINGEN EN ANALYSES	102-105
4.4.1	Inleiding	102
4.4.2	Slibaanvoer naar de indikker	102
4.4.3	Metingen aan het recirculatiewater	102-103
4.4.4	Overloopwater	104
4.4.5	Ingedikt slib	104
4.4.6	Drijfslaagbemonstering	104-105
4.4.7	Diversen	105
4.5	RESULTATEN	106-117
4.5.1	Inleiding	106-107
4.5.2	De invloed van het recirculatiedebiet	108
4.5.3	De invloed van het aanvoerdebiet	108-110
4.5.4	De drogestofconcentratie in de aanvoer	110-111
4.5.5	De drogestofbelasting	112
4.5.6	De luchttoevoer	112-113
4.5.7	Slibprofielen	113
4.5.8	De ruimersnelheid	114
4.5.9	De dikte van de drainerende sliblaag	115-116
4.5.10	Drogestof- en waterbalans	116
4.5.11	Drogestofverblijftijd	117
4.6	VERGELIJKING VAN DE PROEFRESULTATEN TE HOOGEZAND MET LITERATUURGEGEVENS	118-120
4.6.1	Ontwerpgrondslagen en resultaten	118
4.6.2	Procesparameters	118-120
	<i>de verhouding lucht/vaste stof</i>	119
	<i>de drogestofverblijftijd in de indikker</i>	120

4.7	KOSTENVERGELIJKING	121-123
4.8	CONCLUSIES	124-125
4.8.1	Resultaten	124
4.8.2	Parameters	124
4.8.3	Het recirculatiedebiet	124
4.8.4	Drogestofverblijftijd	124
4.8.5	Ruimersnelheid	125
4.8.6	De drogestofconcentratie in het in te dikken slib	125
4.8.7	De drogestofbelasting	125
4.8.8	Kostenvergelijking	125

4.1 INLEIDING

In Nederland wordt slib hoofdzakelijk in gravitatie-indikers ingedikt, dit in tegenstelling tot de Verenigde Staten en Engeland waar actief-slib en aëroob gemineraliseerd slib ook door middel van flotatie wordt ingedikt. Daarbij wordt meestal gebruik gemaakt van het dissolved air flotation principe (DAF).

Het principe van het dissolved air flotation proces is beschreven in Slibindikking I Literatuuronderzoek, hoofdstuk 4.3, p. 94.

In Nederland is nog geen ervaring opgedaan met het indikken van aëroob gemineraliseerd slib afkomstig van huishoudelijke zuiveringsinrichtingen door middel van flotatie. Het is gewenst meer gegevens over het gedrag van aëroob gemineraliseerd slib in een DAF-indikker te verkrijgen, omdat volgens het literatuuronderzoek slibindikking met flotatie-indikers over het algemeen hogere drogestofgehalten in het ingedikt slib kunnen worden bereikt dan met gravitatie-indikers.

Op de zuiveringsinrichting Hoogezand zijn tegelijkertijd met de gravitatie-indikproeven ook experimenten op semi-technische schaal uitgevoerd met een flotatie-indikker, waardoor een goede vergelijking tussen beide indiksystemen mogelijk is.

Bij alle proeven met de DAF-indikker is de randvoorwaarde gekozen, geen flocculanten te gebruiken.

4.2 BESCHRIJVING VAN DE PROEFINSTALLATIE

4.2.1 De zuiveringsinrichting Hoogezand

De proeven zijn uitgevoerd op de zuiveringsinrichting Hoogezand. Deze is in paragraaf 2.2.1, pp. 19-24 van dit rapport beschreven. Voor de flotatieproeven is slib onttrokken uit de retourslibgoot en uit de beluchtingsruimte.

4.2.2 De flotatie-indikker

De voor de proeven gebruikte flotatie-unit is gehuurd van Landustrie B.V. te Sneek. In onderstaande figuur 21 zijn de onderdelen van de unit schematisch weergegeven.

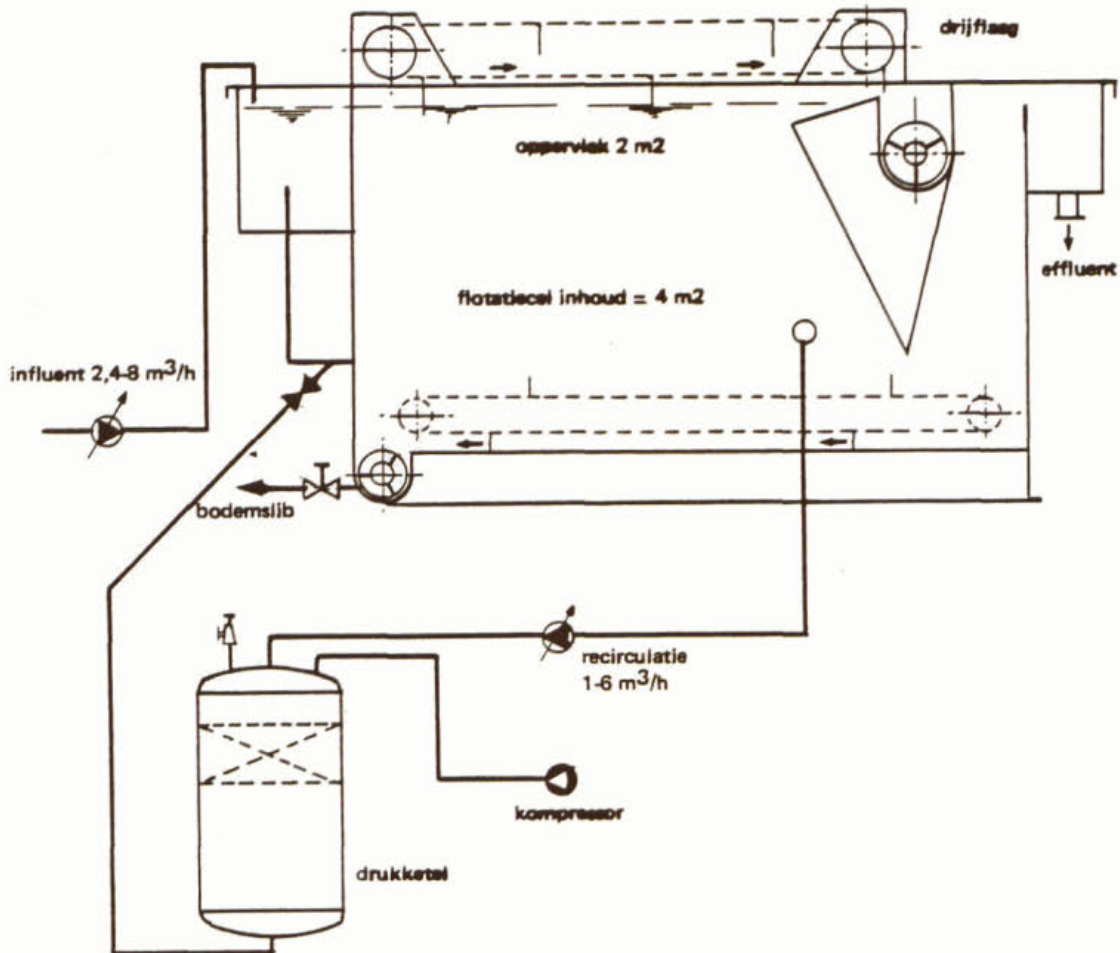


Fig. 21. Schema van de dissolved air flotation indikker

Achtereenvolgens zijn de onderdelen van de dissolved air flotatie indiker hieronder beschreven.

aanvoer

De aanvoer van slib wordt verzorgd door een Mohnopomp. De capaciteit is door toerentalregeling te variëren tussen 2,4 en 8 m³/h. Om te voorkomen dat, in de specifieke situatie te Hoogezand, de zuigleiding (slang) van deze pomp dicht zou slaan is met behulp van een dompelpomp de zuigleiding gevuld gehouden.

Afhankelijk van de proef is de dompelpomp of in de aëratietank of in de retourslibgoot opgesteld.

De aanvoerpomp perst het in te dikken slib in een ontvangbak. Van hier gaan twee leidingen naar de flotatieruimte. Deze zijn aangesloten op twee inlooptrommels. Via reduceerventielen wordt recirculatiewater, waarin onder ca. 5,3 atm. lucht is opgelost, in de twee aanvoerleidingen geperst en met het aangevoerde slib gemengd.

flotatiecel

De flotatiecel is 2,6 m lang, 1,2 m breed en ca. 1,3 m diep. De voor flotatie beschikbare oppervlakte is tot ca. 2 m² beperkt door een dwars op de lengterichting geplaatste drijfslaagafvoergoot en twee schuin geplaatste geleideschotten.

Het overloopwater stroomt onder de schotten door en verlaat via een overstortrand de flotatiecel.

Op circa 80 cm diepte onder de drijfslaagafvoergoot bevindt zich een geperforeerde buis dwars op de lengterichting van de tank. Via de openingen in deze buis wordt water aan de flotatiecel onttrokken voor recirculatie.

recirculatiewater

Het recirculatiewater wordt door een regelbare pomp via een flowmeter naar de drukketel gepompt. De pomp is instelbaar tussen circa 1 en circa 6 m³/h. Het water wordt aan de bovenkant in de drukketel gebracht.

Een compressor perst lucht in de ketel. De menging van lucht en water kan onder mee- en tegenstroomcondities plaatsvinden. De druk in de ketel bedraagt onder bedrijfscondities ca. 5,3 atm. en is niet regelbaar. Het water verlaat de ketel en wordt na het passeren van twee reduceerventielen met het in te dikken slib gemengd.

Het recirculatiewaterdebiet wordt geregeld door wijziging van de opening van de reduceerventielen.

Door middel van capacatieve elektroden wordt de wateraanvoer naar en de waterafvoer uit de drukketel aan elkaar aangepast. Het waterniveau in de drukketel is niet constant, maar wordt bepaald door de grootte van het recirculatiedebiet.

drijfslaagruimer

De drijfslaagruimer bestaat uit twee eindloze kettingen die over de rand van de flotatiecel schuiven.

De beide kettingen zijn door dwarsstangen met elkaar verbonden, waaraan draaibare aluminium poten hangen, die door het slib schuiven. De snelheid van de ruimer bedraagt 1,33 m/min. Door aan- en uitschakeling met behulp van tijd klokken kan een lagere gemiddelde ruimersnelheid worden verkregen.

Het ingedikte slib wordt door de aluminium schuiven in een goot geduwd, waarin een horizontale vijzel draait. Deze verplaatst het ingedikte slib naar een zijkant waar het de flotatie-unit verlaat.

Overloopwater en ingedikte slib worden in Hoogezand via de terreinriole-ring teruggebracht in de rioolwaterzuiveringsinrichting.

bodemslibruimer

Eventueel bodemslib kan door een kettingruimer naar een aftappunt worden getransporteerd.

4.3 BESCHRIJVING VAN DE EXPERIMENTEN

De parameters die van invloed zijn op de indikresultaten van een dissolved air flotation indikker zijn (zie ook Slibindikking I Literatuuronderzoek, paragraaf 4.3.4, p. 102):

- slibsoort en slibkwaliteit;
- de druk waarbij het verdunningswater met lucht wordt verzadigd;
- *de verhouding lucht/vaste stof (in grammen lucht per gram slib);
- *de concentratie van het in te dikken slib;
- *de verblijftijd van het water-slibmengsel in de flotatietank (vloeistofverblijftijd);
- *de verblijftijd van de slibdeken in de flotatietank;
- de dosering van chemicaliën.

De invloed van de met een * aangegeven parameters is onderzocht door variatie van:

- het slibaanvoerdebiet;
- het recirculatiedebiet (verdunningswater);
- de drogestofconcentratie in het in te dikken slib;
- de gemiddelde drijfslaagruimersnelheid.

In tabel 24 is een chronologisch overzicht van de flotatie-indikproeven te Hoogezand en de gekozen procesinstellingen weergegeven.

proef nr.	datum (1977)	aanvoerdebiet m ³ /h	aanvoer ^{a)} concentr. kg/m ³	recirculatie-debiet m ³ /h	gem. snelheid ^{b)} drijfslaagruimer cm/min
1	2/11	5,0	6,2	3,0	27
2	3/11	4,3	6,0	3,0	27
3	7/11	4,3	6,7	1,3	27
4	9/11	3,4	5,5	5,0	27
5	10/11	4,7	5,6	5,0	27
6	18/11	1,8	9	5,0	27
7	11/11	2,25	6,1	1,0	27
8	12/11	2,37	5,6	1,7	27
9	25/11	2,44	6,2	3,0	27
10	12/12	2,3	4,1	0,9	27
11	13/12	2,4	4,7	3,0	27
12	14/12	2,4	4,2	5,0	27
13	15/12	4,3	4,0	1,2	27
14	16/12	4,4	3,7	2,8	27
15	19/12	4,5	3,7	5,0	27
16	21/12	2,4	4,6	3,0	14,8
17	27/12	2,4	3,2	3,0	7,8

Tabel 24. Overzicht van de flotatie-indikproeven te Hoogezand

- a) Van 2 nov. tot 25 nov. met uitzondering van 18 nov. is de aanvoer afkomstig uit de retourslibgoot bij hoog toerental van de retourvijzel.
Op 18 nov. is de aanvoer afkomstig uit de retourslibgoot bij laag toerental van de retourslibvijzel.
Van 12 dec. tot 27 dec. is de aanvoer afkomstig uit de beluchtingsruimte.
- b) Van 2 nov. tot 19 dec. draait de drijfslaagruimer 36 sec. en staat vervolgens 144 sec. stil.
Op 21 dec. draait de drijfslaagruimer 18 sec. en staat vervolgens 144 sec. stil.
Op 27 dec. draait de drijfslaagruimer 60 sec. en staat vervolgens 960 sec. stil.

4.4 METINGEN EN ANALYSES

4.4.1 Inleiding

Om het verloop van het indikproces in de DAF-installatie te kunnen volgen zijn metingen verricht en tal van monsters geanalyseerd. In dit hoofdstuk is beschreven op welke wijze metingen en analyses zijn verricht en bemonsteringen zijn uitgevoerd. Hierbij is onderscheid gemaakt in:

- 4.4.2 Slibaanvoer naar de indikker
- 4.4.3 Metingen aan het recirculatiewater
- 4.4.4 Filtraat
- 4.4.5 Ingedikt slib
- 4.4.6 Drijfslagbemonstering
- 4.4.7 Diversen.

4.4.2 Slibaanvoer naar de indikker

De capaciteit van de in toerental regelbare Mohnompomp is tweemaal geijkt door het meten van de vultijd van een vat met bekende inhoud. Voor deze aanvoerpomp is op deze wijze een capaciteit van 0,62 l/slag vastgesteld, bij een voordruk van 6-7 m WK.

Met behulp van een toerentalwerk kon bij elk ingesteld toerental de pompcapaciteit worden berekend.

Voor het proportioneel bemonsteren van het in te dikken slib is gebruik gemaakt van een UFA 120 bemonsteringsapparaat. Uit verzamelmonsters is elk uur de droogrest van de onopgeloste bestanddelen (NEN 3235 4.2) in de aanvoer bepaald.

De drogestofbelasting van de flotatie-indikker (kg/h) is het produkt van de aangevoerde slibhoeveelheid (m^3/h) en de droogrest van de onopgeloste bestanddelen (NEN 3235 4.2) in de aanvoer (kg/m^3).

4.4.3 Metingen aan het recirculatiewater

De grootte van het recirculatiewaterdebiet kan afgelezen worden van een geijkte flowmeter (rotameter).

Het inregelen van het gewenste recirculatiewaterdebiet kost veel tijd als gevolg van de lange dode tijd van het proces. Omdat het ingestelde debiet tijdens de proeven verliep, is het recirculatiedebiet continu bewaakt.

De hoeveelheid lucht die door expansie van het recirculatiewater vrijkomt is bepaald met het apparaat dat in figuur 22, p. 103 is weergegeven. De werkwijze die daarbij gevolgd is, is in figuur 23, p. 103 aangegeven.

De volgende handelingen worden verricht:

- a. de klok is open aan bovenzijde, het apparaat wordt met water gevuld;
- b. de klok wordt afgesloten;
- c. er wordt water afgetapt en de nieuwe waterstand wordt afgelezen;

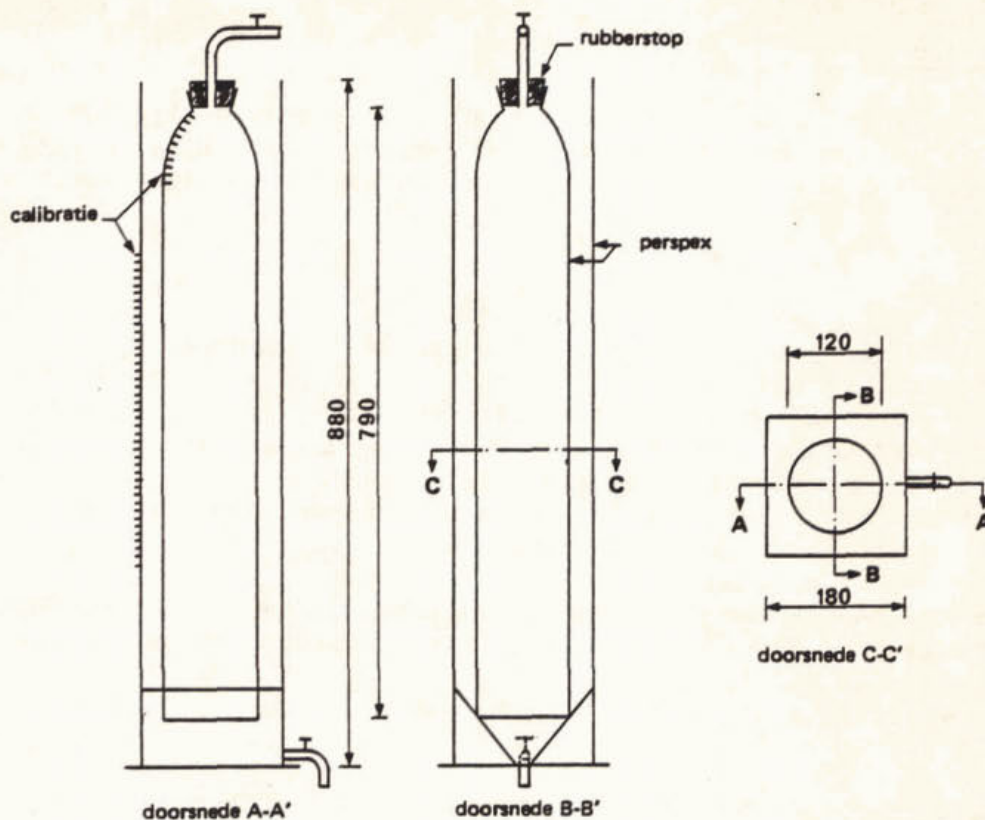


Fig. 22. Apparaat voor het bepalen van de hoeveelheid lucht die bij expansie van het recirculatiewater vrijkomt

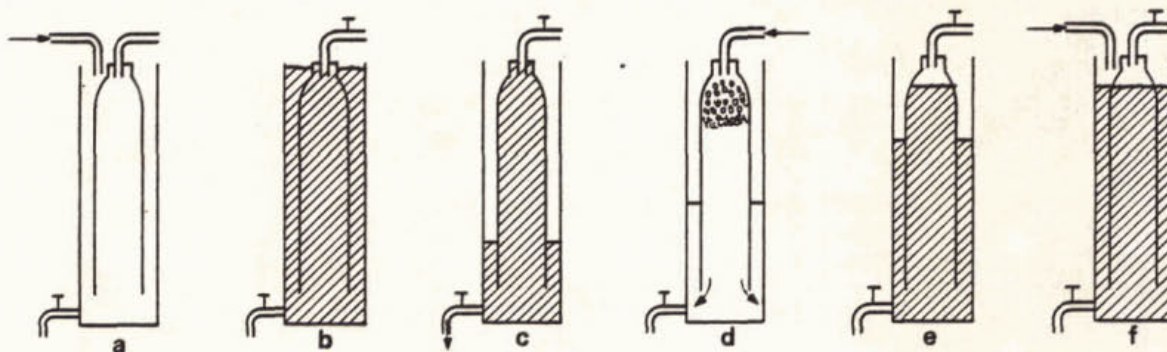


Fig. 23. Werkwijze voor het bepalen van de hoeveelheid geëxpandeerde lucht

- d. recirculatiewater stroomt de klok binnen; de luchtbelllen mogen niet onder de rand door uit de klok ontsnappen;
- e. aflezen op de calibratie van de buitenste zuil hoeveel recirculatiewater toegevoegd is;
- f. eventueel bijvullen met water tot binnen en buiten de klok het waterniveau ongeveer gelijk is en vervolgens aflezen op de klok hoeveel lucht is ontweken.

4.4.4 Overloopwater

Het overloopwater is bemonsterd met behulp van een door tijd klokken geschakelde slangenpomp. Ieder uur is van het op deze wijze verkregen mengmonster de droogrest (NEN 3235.4.2.) van de onopgeloste bestanddelen bepaald.

4.4.5 Ingedikt slib

Het ingedikte slib is meestal te dik om continue bemonstering toe te passen. Eenmaal per uur wordt de drijfslaagruimer continu aangezet, zodat een doorlopende stroom ingedikte slib gedurende circa 5 minuten de flotatiecel verlaat. Van deze stroom wordt een monster samengesteld, waarvan de indamprest wordt bepaald.

Na de monsternamen worden de tijd klokken weer ingeschakeld waardoor de drijfslaagruiming wederom discontinu plaatsvindt.

Aan het einde van iedere proef wordt eventueel tijdens de proef bezonken slib afgetapt. Hiervan zijn één of twee monsters genomen, waarvan de indamprest is bepaald.

In het algemeen ontstaat zeer weinig bodemslib, zolang de flotatie goed verloopt.

4.4.6 Drijfslaagbemonstering

Enkele uren na het begin en aan het einde van iedere proef is het drogestofconcentratieverloop in de drijfslaag bepaald.

Daarvoor zijn monsters genomen van de drijfslaag, halverwege de lengte van de flotatiecel, aan de zijkant van de bak, op diepten van 5, 10, 20, 40 en 50 cm onder het slibniveau. De apparatuur die hiervoor is gebruikt is afgebeeld in figuur 24 en de procedure in figuur 25, p. 105.

De procedure wordt voor de verschillende diepten herhaald,

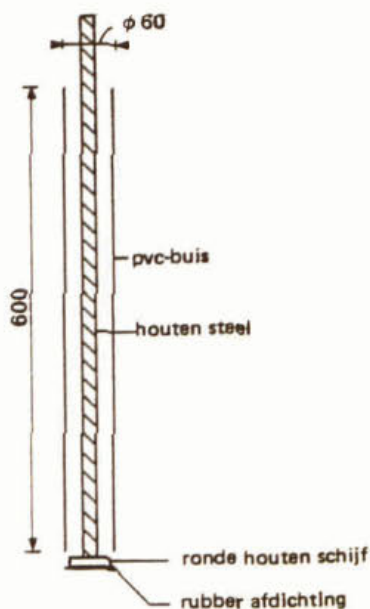


Fig. 24. Apparaat voor monsterneming - profielmeting

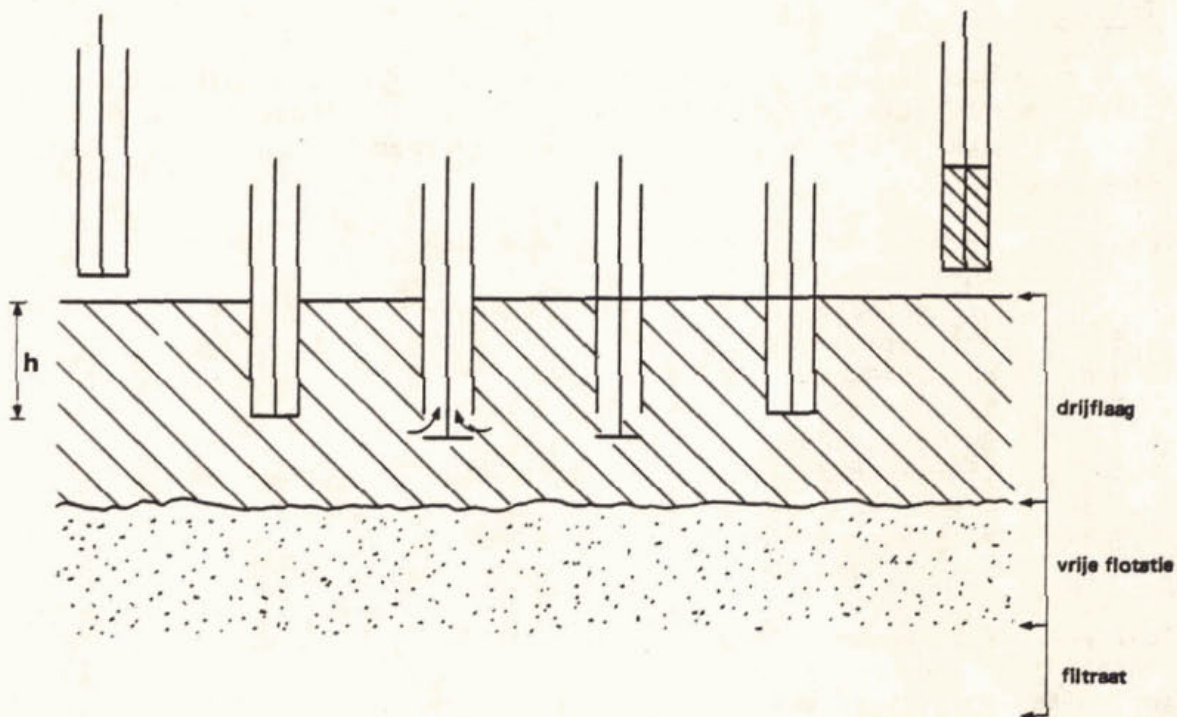


Fig. 25. Het nemen van een slibmonster op diepte h

4.4.7 Diversen

Dagelijks is een steekmonster van de inhoud van de beluchtingsruimte genomen voor het bepalen van de ongeroerde slibindex. Enkele malen zijn de slibeigenschappen bepaald welke beschreven zijn in paragraaf 2.4.2, pp. 34-36.

De gegevens zijn opgenomen in tabel 5, p. 35, figuur 8, p. 38 en in bijlage 2, pp. 133-134.

Dagelijks is de temperatuur van de inhoud van de flotatietank gemeten. Tijdens de proeven is bepaald hoe hoog de slibdeken boven het waterniveau in de flotatiecel uitstak. De dikte van de drainerende sliblaag is gelijk aan het verschil tussen de waterhoogte in de flotatiebak voor de overstortrand en het slibniveau in de flotatiecel.

4.5 RESULTATEN

4.5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten die verkregen zijn met de flotatieproeven op de zuiveringsinrichting Hoogezand beschreven. De resultaten zijn per onderzochte parameter onderverdeeld. Achtereenvolgens zijn beschreven.

- 4.5.2 Invloed van het recirculatiedebiet
- 4.5.3 Invloed van het aanvoerdebiet
- 4.5.4 Drogestofconcentratie in de aanvoer
- 4.5.5 Drogestofbelasting
- 4.5.6 Luchttoevoer
- 4.5.7 Slibprofielen
- 4.5.8 Ruimersnelheid
- 4.5.9 Dikte van de drainerende sliblaag
- 4.5.10 Drogestof- en waterbalans
- 4.5.11 Drogestofverblijftijd.

Een kort overzicht van de proefresultaten is in tabel 25, p. 107 gegeven.

Een uitgebreide weergave van de resultaten is in chronologische volgorde in tabelvorm in bijlage 6, pp. 149-150 weergegeven. De resultaten van de profielbepalingen zijn in bijlage 9, pp. 165-173 opgenomen.

Ten aanzien van de uitvoering van de proeven dient het volgende te worden opgemerkt:

Omdat de proefinstallatie voortdurend bewaking behoeft, is alleen overdag gemeten. 's Nachts is de flotatie-indikker buiten bedrijf geweest, zonder dat evenwel de slibdeken uit de flotatiecel werd verwijderd. Iedere proef is dus getest met een slibdeken in de flotatiecel die achtergebleven is van de voorafgaande proef. Dit slib droogt tijdens de nacht verder uit door verdamping, opdrijving en drainage. In de weekenden staat de flotatie-indikker langer dan een nacht stil en dikt het slib extra ver in. Op 12 december is zelfs een drogestofgehalte van 120 kg/m^3 gemeten.

Bij iedere proef moet de oude drijfslag eerst, gaande de proef, worden verwijderd alvorens de resultaten kunnen worden bepaald.

In de regel neemt het drogestofgehalte in het ingedikte slib tijdens de proef af. Het is soms moeilijk om gedurende de beschikbare proeftijd een evenwichtssituatie te verkrijgen.

Dit blijkt achteraf uit het nog niet beëindigd zijn van de daling van het drogestofgehalte in het ingedikte slib. Mogelijk dat ook de hoge drogestofgehalten van $60-80 \text{ kg/m}^3$ gemeten op maandagen een gevolg zijn van een nog niet bereikte evenwichtssituatie. Voor het verwerken van de proefresultaten is de eindsituatie van iedere proef de evenwichtssituatie genoemd.

proef nr.	d.d.	aanvoer debiet	aanvoer drogestof gehalte	recirculatie-debiet	ingedikt slib drogestof gehalte	luchthoeveelheid	drogestof belasting	drainerende laagdikte	drijfslagruimersnelheid	slib verblijftijd
		Q	Ga	Qr	Gu	L	Q * Ga	Hd	Vr	Tds
		m ³ /h	kg/m ³	m ³ /h	kg/m ³	kg lucht/kg drogestof	kg d.s./h	cm	cm/min	h
1	2 nov.	5,0	6,4	3,0	38	0,005	32,0	-	27	0,65
2	3 nov.	4,3	6,0	3,0	42	0,006	25,0	8	27	1,2
3	7 nov.	4,3	6,7	1,3	78	0,023	28,8	10	27	2,4
4	9 nov.	3,4	5,5	5,0	38	0,013	18,8	6	27	1,2
5	10 nov.	4,7	5,6	5,0	41	0,009	26,3	8	27	2,1
6	18 nov.	1,8	9	5,0	34	0,016	16,0	7	27	2,5
7	21 nov.	2,25	6,1	1,0	75	0,004	13,5	8	27	5
8	22 nov.	2,37	6,0	1,7	45	0,008	14,2	8	27	3
9	25 nov.	2,44	6,2	3,0	41	0,01	15,2	9	27	1,2
10	12 dec.	2,3	4,1	0,9	78	0,005	9,2	7	27	4,5
11	13 dec.	2,4	4,3	3,0	42	0,013	10,4	7	27	2,7
12	14 dec.	2,4	4,2	5,0	50	0,023	10,2	8	27	1,5
13	15 dec.	4,3	4,0	1,2	48	0,003	17,3	4	27	2,2
14	16 dec.	4,4	4,2	2,8	41	0,075	18,6	4	27	1,6
15	19 dec.	4,5	3,7	5,0	37	0,015	16,5	7	27	1,5
16	21 dec.	2,4	3,9	3,0	52	0,015	9,4	9	14,8	2,8
17	27 dec.	2,4	3,2	3,0	61	0,014	7,7	6	7,8	3,3

Tabel 25. Overzicht van de proefresultaten met flotatie-indikker

4.5.2 Invloed van het recirculatiedebiet

De invloed van het recirculatiedebiet is onderzocht door een aantal proeven met verschillende recirculatiedebieten uit te voeren bij overige gelijke omstandigheden.

Voor de leesbaarheid zijn de relevante gegevens uit tabel 25, p. 107 gegroepeerd in onderstaande tabel 26.

proef nr.	aanvoer- debiet	ingedikt slib drogestofge- halte	recirculatie- debiet	lucht/drogestof- verhouding
	Q (m ³ /h)	Gu (kg/m ³)	Qr (m ³ /h)	L(kg lucht/kg d.s.)
7	2,25	75	1,0	0,004
8	2,37	45	1,7	0,008
9	2,44	41	3,0	0,010
10	2,3	78	0,9	0,005
11	2,4	42	3,0	0,013
12	2,4	50	5,0	0,023
3	4,3	42	1,3	0,006
2	4,3	42	5,0	0,003
13	4,3	50	1,2	0,003
14	4,4	48	2,8	0,075
15	4,5	41	5,0	0,015
1	5	38	3,0	0,005
5	4,7	41	5,0	0,009

Tabel 26. De invloed van het recirculatiedebiet

Tijdens de proeven is geen flocculatiemiddel toegepast. De gemiddelde snelheid van de drijfslaagruimer is 27 cm/min geweest.

De meetgegevens van de proeven zijn in figuur 26, p. 109 weergegeven. Hierbij is de invloed van het aanvoerdebiet als derde parameter ingevoerd om de puntenwolk te rangschikken. De getrokken lijnen zijn met de computer berekend. Voor de berekeningswijze wordt verwezen naar bijlage 10, pp. 175-176. Figuur 26, p. 109 toont een negatieve relatie tussen het drogestofgehalte in het ingedikte slib en het circulatiedebiet. De correlatiecoëfficiënt is echter laag (0,68).

4.5.3 Invloed van het aanvoerdebiet

De invloed van het aanvoerdebiet is onderzocht door bij gelijkblijvende overige omstandigheden telkens een aantal proeven met verschillende aanvoerdebieten uit te voeren. Een deel van de gegevens van tabel 25, p. 107 is hergegroepeerd in tabel 27, p. 109 en in figuur 27, p. 110 weergegeven.

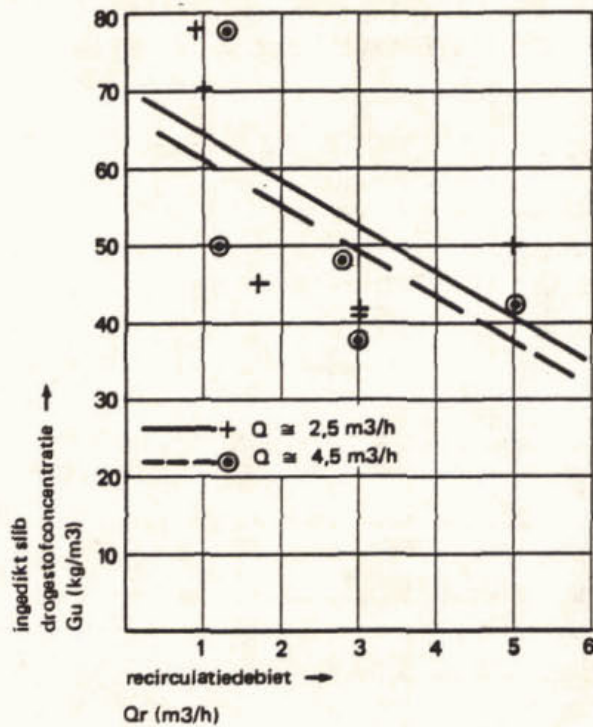


Fig. 26. Drogestofconcentratie en recirculatiedebiet

proef nr.	recirculatiedebiet	ingedikt slib drogestofgehalte	aanvoerdebiet
	Q_r (m³/h)	G_u (kg/m³)	Q (m³/h)
7	1,0	75	2,25
3	1,3	78	4,3
10	0,9	78	2,3
13	1,2	48	4,3
9	3,0	41	2,44
2	3,0	42	4,3
1	3,0	38	5,0
11	3,0	42	2,4
14	2,8	41	4,4
6	5,0	34	1,8
4	5,0	38	3,4
5	5,0	41	4,7
12	5,0	50	2,4
15	5,0	37	4,5

Tabel 27. De invloed van het aanvoerdebiet

Tijdens de proeven is geen flocculatiemiddel gebruikt.
De gemiddelde snelheid van de drijfslagruimer is 27 cm/min geweest.

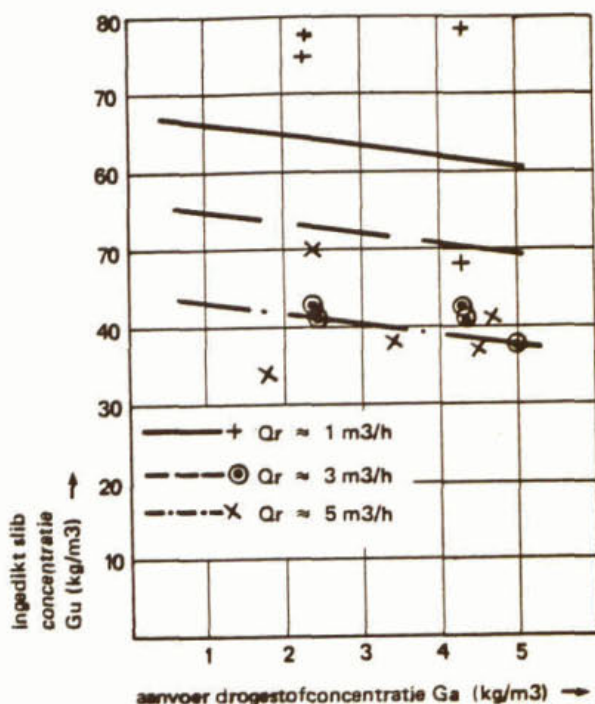


Fig. 27. Drogestofconcentratie en aanvoerdebiet

Figuur 27 toont een negatieve relatie tussen het aanvoerdebiet en het drogestofgehalte in het ingedikte slib. De invloed van het aanvoerdebiet is echter geringer dan die van het recirculatiedebiet. De lijnen in figuur 27 lopen minder steil dan die in figuur 26, p.109. De betrouwbaarheid van de lijnen in figuur 27 is laag (correlatiecoëfficiënt = 0,68).

4.5.4 Drogestofconcentratie in de aanvoer

De invloed van het drogestofgehalte in het in te dikken slib op de indikresultaten is bepaald bij slibgehalten van ca. 6 g/l (aanvoer uit retourslibgoot bij hoog toerental van de retourslibvijzel) en bij circa 4 g/l (aanvoer uit de beluchtingsruimte). Bij hogere drogestofconcentraties in het in te dikken slib van ca. 9 g/l (aanvoer uit de retourslibgoot bij laag toerental van de retourslibvijzel) treden verstoppingen op in de aanvoertrommels van de flotatiecel. Alleen bij minimaal aanvoerdebiet (proef 6, $Q_a = 1,8$ m³/h) is het mogelijk geweest een proef te doen.

In tabel 28, p. 111 zijn de gegevens uit tabel 25, p. 107 hergroepeerd en in figuur 28, p. 111 weergegeven.

Tijdens de proeven is geen flocculant gebruikt. De gemiddelde drijfslagruimersnelheid is 27 cm/min geweest.

proef nr.	recirculatie-debiet	ingedikt slib drogestofconcentratie	aanvoer drogestofconcentratie	drogestofbelasting
	Q_a (m ³ /h)	G_u (kg/m ³)	G_a (kg/m ³)	$Q \star G_a$ (kg/m ³)
10	0,9	78	4,1	9,2
7	1,0	75	6,1	13,5
13	1,2	48	4,0	17,3
3	1,3	78	6,7	28,8
11	3,0	42	4,3	10,4
14	2,8	41	4,2	18,6
9	3,0	41	6,2	15,2
2	3,0	42	6,0	25,0
1	3,0	38	6,4	32,0
15	5,0	37	3,7	16,5
12	5,0	50	4,2	10,2
4	5,0	38	5,5	18,8
5	5,0	41	5,6	26,3
6	5,0	34	9	16,0

Tabel 28. De invloed van de drogestofconcentratie in de aanvoer en van de drogestofbelasting

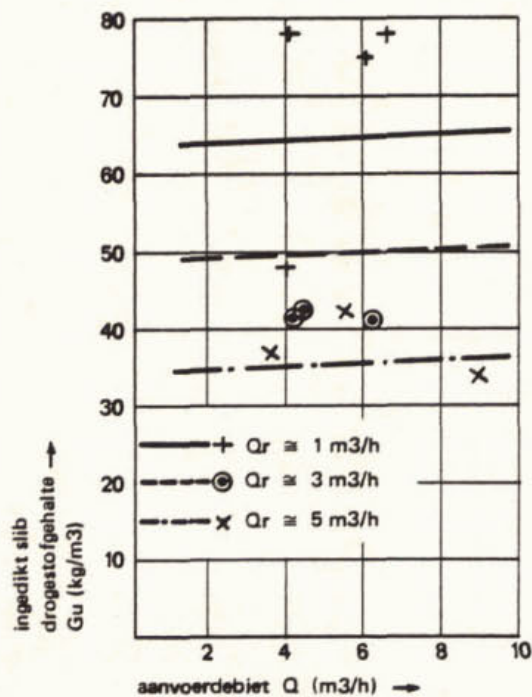


Fig. 28. Drogestofconcentratie ingedikt slib (G_u) en drogestofconcentratie in de aanvoer (G_a)

Uit figuur 28 blijkt dat de invloed van de drogestofconcentratie in de aanvoer in het onderzochte meetgebied van 4-6 g/l, gering is. De betrouwbaarheid van de getrokken lijnen in figuur 28 is klein. De correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,74.

4.5.5 Drogestofbelasting

De drogestofbelasting van de flotatie-unit is het produkt van het aanvoerdebiet en het drogestofgehalte van de aanvoer. Omdat een kleiner aanvoerdebiet betere indikresultaten oplevert en de invloed van het drogestofgehalte in de aanvoer nauwelijks aantoonbaar is (zie figuur 27, p. 110 en figuur 28, p. 111) is ook een lage drogestofbelasting gunstig voor de drogestofconcentratie in het ingedikte slib. In figuur 29 is de relatie tussen de drogestofbelasting ($Q \cdot Ga$) en de ingediktslibconcentratie (G_u) weergegeven (zie ook tabel 28, p. 111). Om de puntenwolk te groeperen is de grootte van het retourdebiet als derde parameter gebruikt. De betrouwbaarheid van de lijnen is klein. De correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,75. Voor het bepalen van de drogestofoppervlaktebelasting dient de drogestofbelasting te worden gedeeld door de oppervlakte van de flotatiecel. Deze bedraagt 2 m^2 .

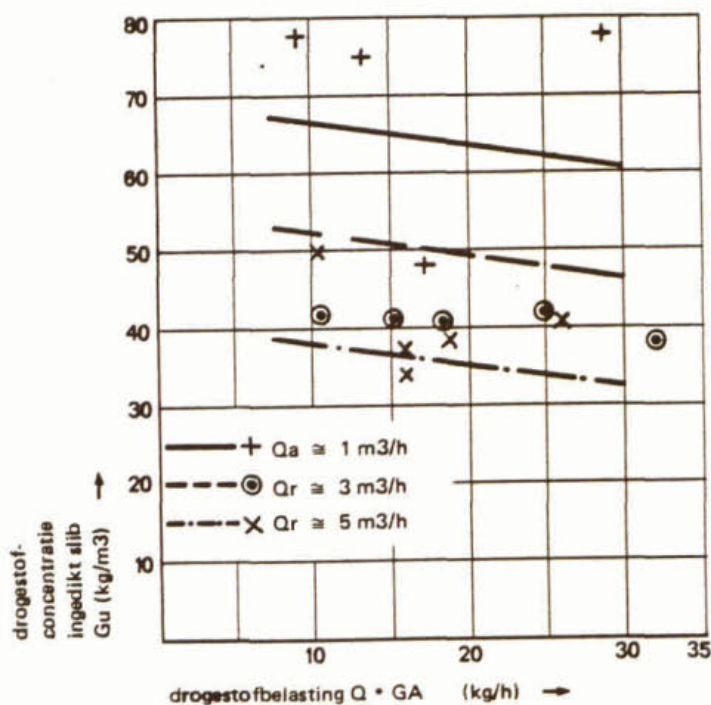


Fig. 29. Drogestofconcentratie ingedikte slib (G_u) en drogestofbelasting ($Q \cdot Ga$)

4.5.6 Luchttoevoer

De luchthoeveelheid, die na expansie uit het recirculatiewater vrijkomt, is bepaald op de in paragraaf 4.4.3, p. 102 beschreven wijze. Het is mogelijk dat in de flotatiecel door de andere omstandigheden (menging met slib, andere reduceerventielen) afwijkende luchtvolumina vrijkomen. De bepaling daarvan is echter praktisch niet uitvoerbaar. Bij de verschillende proeven blijkt de vrijkomende luchthoeveelheid per liter recirculatiewater slechts weinig te variëren. In de proefopstelling komt bij expansie van 5,3 atm. naar 1 atm. tussen de 65 en 70 ml/lucht vrij. Dit is 75 à 80% van de hoeveelheid die theoretisch kan vrijkomen.

De verhouding lucht/droge stof is nu overeenkomstig de literatuur uitgedrukt in kg lucht/kg slib droge stof. De gegroepeerde gegevens zijn in tabel 26, p. 108 opgenomen.

In figuur 30 is de relatie tussen de drogestofconcentratie in het ingedikte slib en de verhouding lucht/droge stof weergegeven. De betrouwbaarheid van de getrokken lijnen is zeer klein. De correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,35.

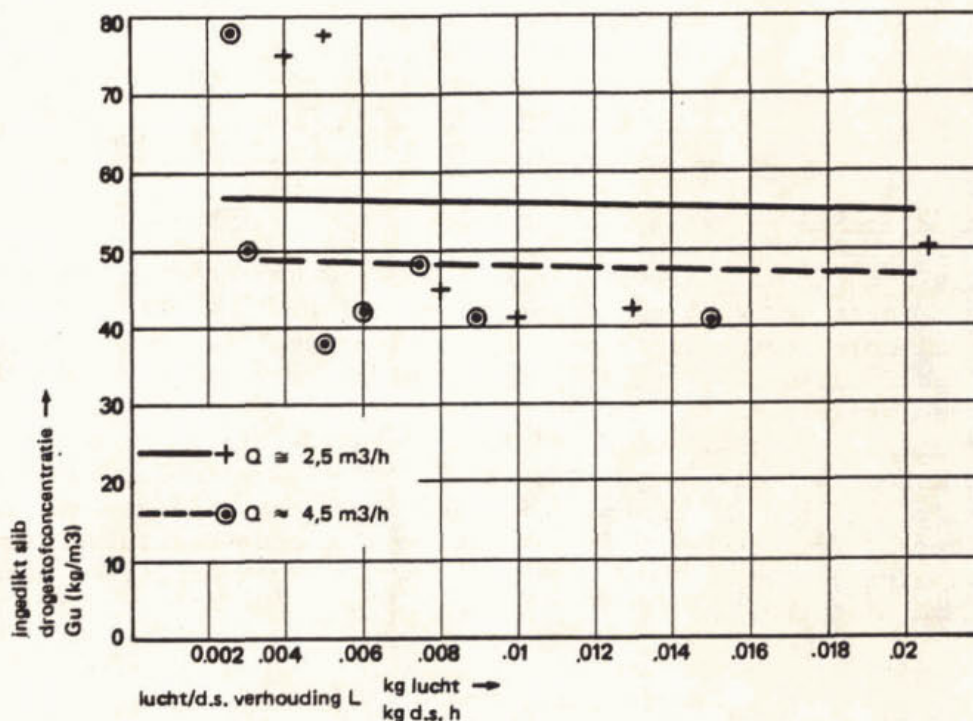


Fig. 30. Drogestofconcentratie ingedikte slib (Gu) en lucht/drogestof verhouding

4.5.7 Slibprofielen

De resultaten van de slibprofielbepalingen zijn weergegeven in bijlage 9, pp. 165-173. Vele profielen vertonen een hoger drogestofgehalte ter hoogte van de laag 5 cm onder het oppervlak dan in het slib dat door een drijfslaagruimer in de drijfslaagafvoergoot is gedeponerd. Dit wijst op het niet voldoen van het drijfslaagruimersysteem. Wanneer het slib een hoog drogestofgehalte heeft kan worden waargenomen dat de aluminium ruimerbladen over het slib schuiven en een kleine hoeveelheid slib voor zich uit en onder zich door doen rollen, zie figuur 31, p. 114. Waarschijnlijk wordt een tamelijk dikke laag slib langzaam de schuine rand voor de drijfslaagafvoergoot opgeschoven, zodat het drogestofgehalte van het afgevoerde slib het gemiddelde is van een tamelijk dikke laag slib uit de flotatiecel. Dit beïnvloedt het indikresultaat negatief.

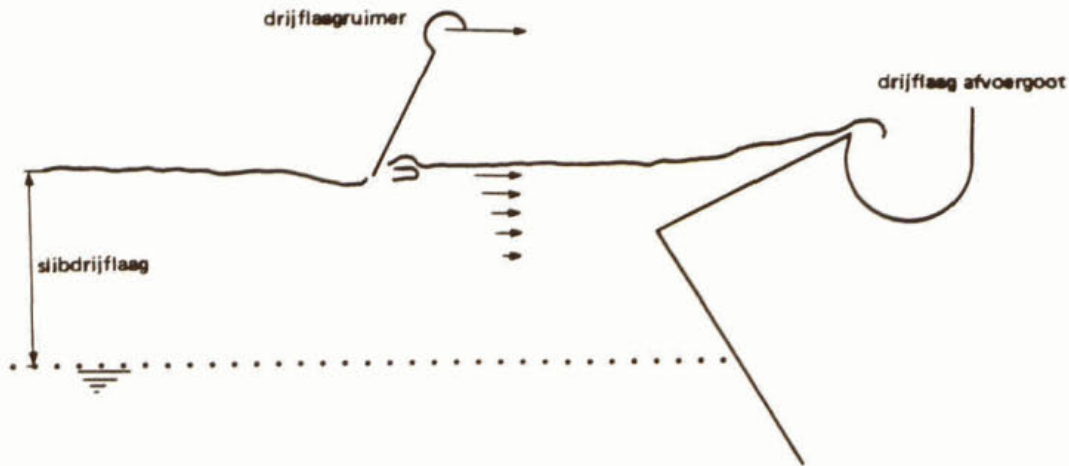


Fig. 31. Drijfslaagruiming. Mogelijke verklaring voor het lagere d.s.-gehalte in het ingedikte slib dan boven in de flotatiecel

4.5.8 Ruimersnelheid

De invloed van de gemiddelde ruimersnelheid op het drogestofgehalte in het ingedikte slib is onderzocht met proef 16 en 17.

De gemiddelde ruimersnelheden zijn respectievelijk geweest 14,8 cm/min (18 sec draaien, 144 sec stilstaan) en 7,8 cm/min (60 sec draaien, 960 sec stilstaan).

De overige proefomstandigheden zijn dezelfde als bij proef 11 geweest. De resultaten zijn in tabel 29, p. 115 en in figuur 32 weergegeven. De lijn in figuur 32 is niet berekend. De negatieve invloed van hoge ruimersnelheden is ook gebleken toen de slibruimer per vergissing continu werkte (133 cm/min). De indikresultaten werden beïnvloed slechter.

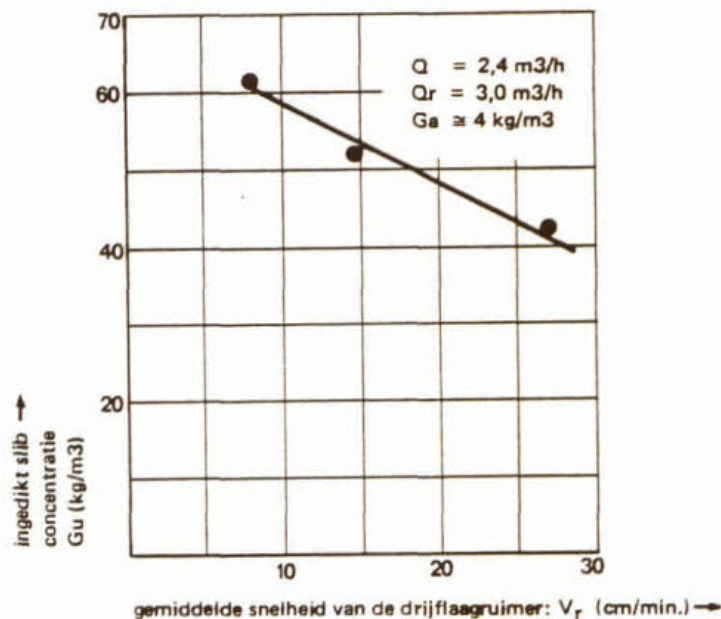


Fig. 32. Drogestofgehalte ingedikte slib en gemiddelde snelheid van drijfslaagruimer

proef nr.	aanvoer- debiet	aanvoer- concentratie	recirculatie- debiet	ingedikt slib concentratie	gemiddelde snelheid van de drijfslaag- ruimer
	m ³ /h	kg/m ³	m ³ /h	kg/m ³	cm/min
11	2,4	4,3	3,0	42	27
16	2,4	3,9	3,0	52	14,8
17	2,4	3,2	3,0	61	7,8

Tabel 29. De invloed van de gemiddelde snelheid van de drijfslaagruimer

4.5.9 Dikte van de drainerende sliblaag

Tijdens de proeven is de dikte van het gedeelte van de slibdeken dat boven het waterniveau in de flotatiecel uitsteekt (de drainerende sliblaag) opgemeten.

Deze varieert tijdens een proef nauwelijks. Er is geen duidelijk verband tussen de dikte van de drainerende sliblaag en het drogestofpercentage van het ingedikte slib (zie figuur 33). Evenmin is er een duidelijke relatie tussen laagdikte en lucht/drogestofverhouding (zie figuur 34, p. 116).

De maximaal toelaatbare dikte van de drainerende sliblaag wordt bepaald door de instelling van de overstortrand voor het overloopwater. Deze is bij vrijwel alle proeven zo laag mogelijk gehouden om te voorkomen dat slib over de wand van de flotatiecel stroomt.

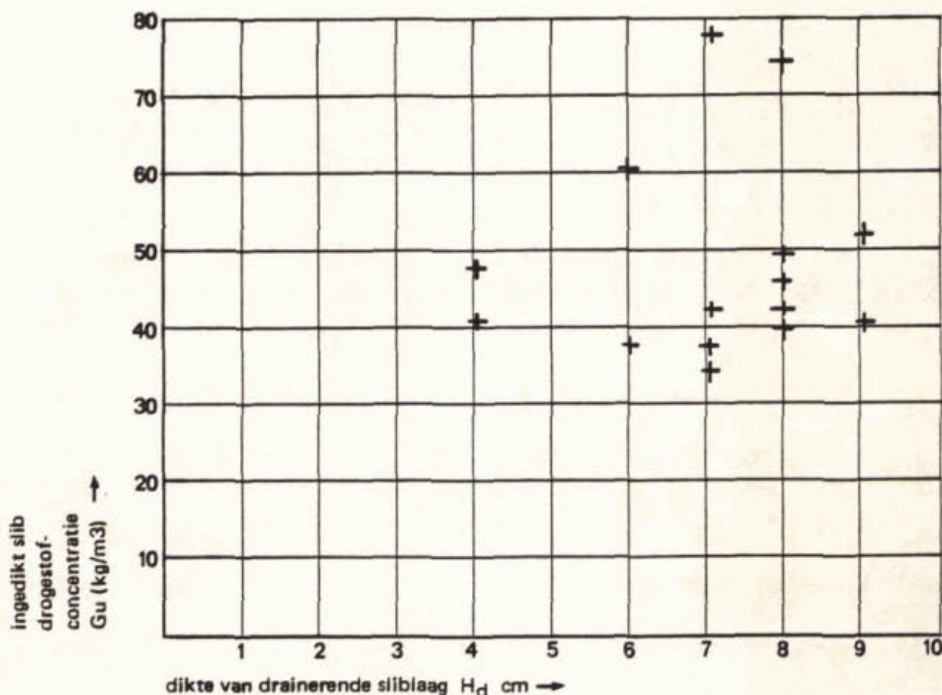


Fig. 33. De ingedikte slibconcentratie (G_u) in relatie tot de drainerende laagdikte (h_d)

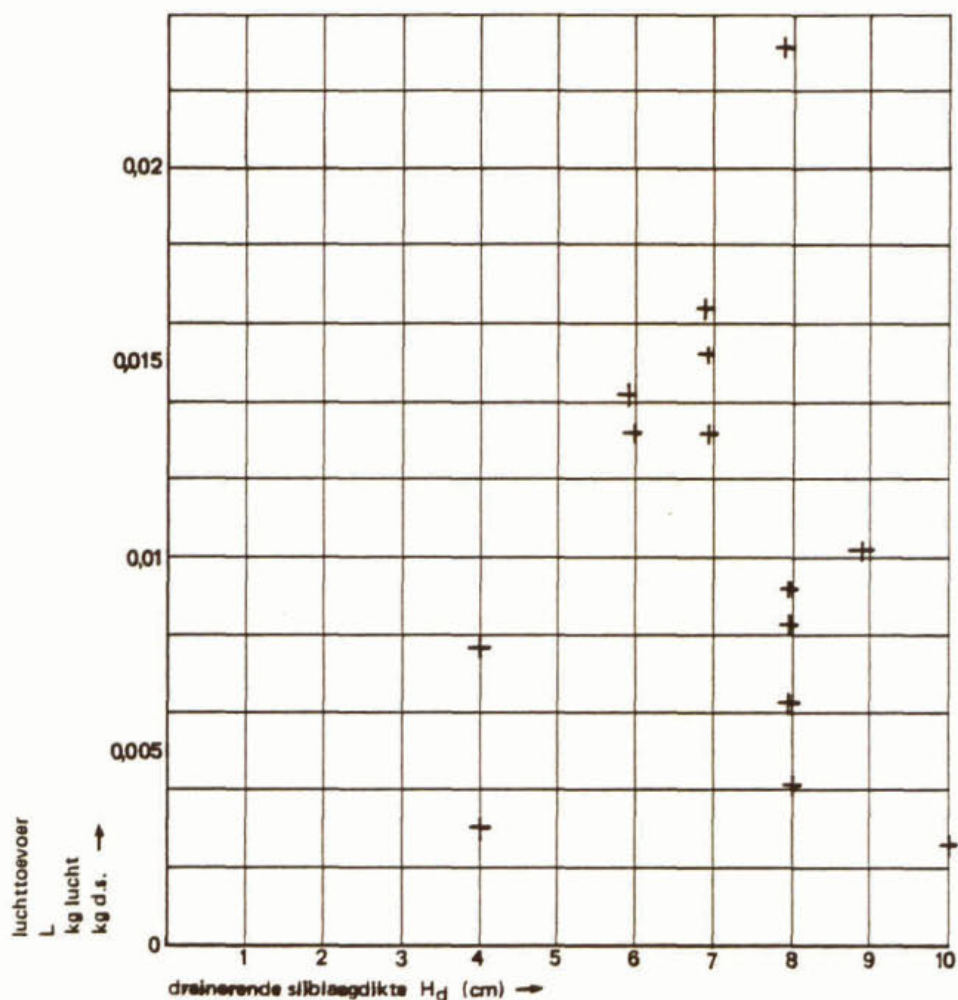


Fig. 34. De lucht/droge stof(L) in relatie tot de drainerende laagdikte (h_d)

4.5.10 Drogestof- en waterbalans

Met de beschikbare meetgegevens is het niet mogelijk om een nauwkeurige balans over de flotatie-indikker op te maken voor water en droge stof. Op de proefinstallatie waren geen voorzieningen aanwezig om het debiet van de uitgaande stromen te meten.

Ten aanzien van de drogestofbalans kan het volgende gezegd worden:

- in het filtraat zit vrijwel geen droge stof;
- tijdens een goed functionerend flotatieproces ontstaat vrijwel geen bodemslib.

Vrijwel alle droge stof verlaat de flotatiecel dus met het ingedikte slib.

Voor het merendeel van de proeven wordt het drogestofrendement geschat op ca. 95%.

4.5.11 Drogestofverblijftijd

Met behulp van de resultaten van de slibprofielmetingen is een schatting gemaakt van de hoeveelheid droge stof die zich in de slibdeken bevindt. De drogestofverblijftijd in de flotatiecel is berekend door de drogestofinhoud (kg) te delen door de drogestofaanvoer (kg/h). In figuur 35 is het verband tussen de drogestofconcentratie in het ingedikte slib en de drogestofverblijftijd in de flotatiecel uitgezet. Tussen deze twee grootheden bestaat een positieve relatie. De betrouwbaarheid van de in figuur 35 getrokken lijn is klein. De correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,74.

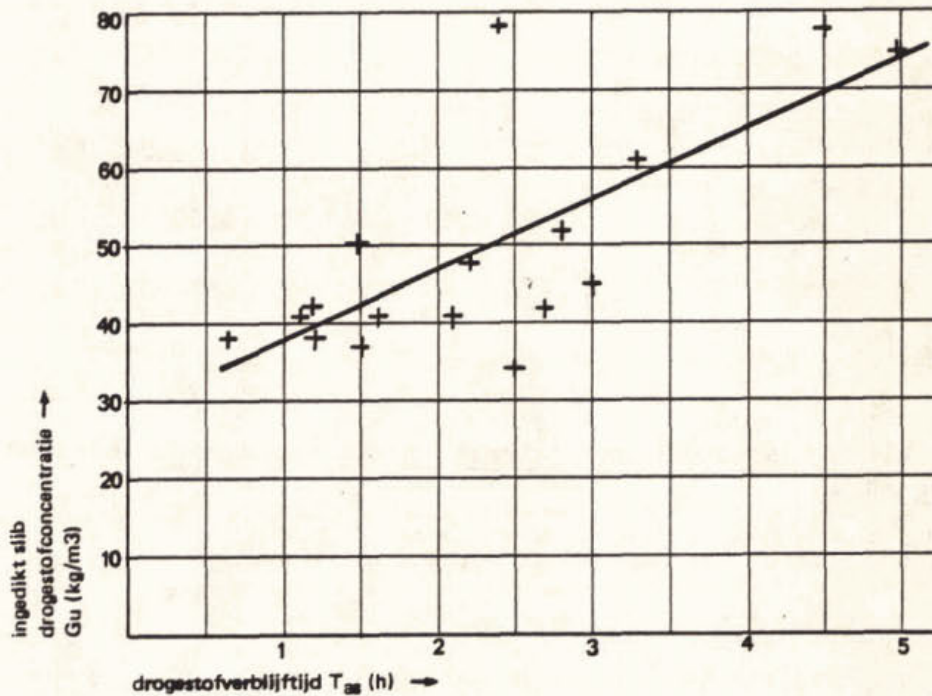


Fig. 35. Drogestofgehalte ingedikt slib en drogestofverblijftijd

4.6 VERGELIJKING VAN DE PROEFRESULTATEN TE HOOGEZAND MET LITERATUURGEGEVENS

4.6.1 Ontwerpgrondslagen en resultaten

In Slibindikking I Literatuuronderzoek is een aantal ontwerpgrondslagen voor flotatie-indikers gegeven. In tabel 30 zijn deze ontwerpcriteria vergeleken met de procesomstandigheden zoals deze bij de proeven te Hoogezand zijn geweest.

	ontwerprichtlijnen uit het literatuuroverzicht	gehanteerd bij de proeven te Hoogezand
drogestofoppervlaktebelasting kg d.s./ $(m^2 \cdot h)$	7,5	4,6-16
hydraulische oppervlaktebelasting $m^3/(m^2 \cdot h)$ **	2-2,5	1,2-2,5
luchttoevoer kg lucht/kg drogestof	0,01-0,04	0,0023-0,015
verdunningswater $\frac{Q_r}{Q} \times 100\%$	30-250	28-280
ruimersnelheid cm/min	25-35	27-7,8*
werkdruk ato	4,5-6	5,3
drogestofverblijftijd h	2,5-3	0,5-5

Tabel 30. Vergelijk tussen ontwerpcriteria en procesomstandigheden te Hoogezand

* gemiddelde ruimersnelheid i.v.m. het discontinue bedrijf
 ** deze belasting heeft alleen betrekking op de slibaanvoer

Volgens tabel 13, p. 113 van Slibindikking I Literatuuronderzoek, waarin de bedrijfsresultaten met dissolved air flotation indikers in de Verenigde Staten, Engeland en Zweden zijn samengevat, varieert het drogestofgehalte van actiefslib dat door flotatie is ingedikt tussen 2,7-6,5%, afhankelijk van de slibeigenschappen en de procescondities. De in Hoogezand gemeten indikresultaten van 5-8% droge stof bij lage recirculatiewaterdebieten steken daarbij gunstig af.

4.6.2 Procesparameters

De invloed van twee procesparameters op het indikresultaat te Hoogezand kan goed vergeleken worden met gegevens uit Slibindikking I Literatuuronderzoek.

Deze parameters zijn:

- de verhouding lucht/vaste stof;
- de drogestofverblijftijd in de indikker.

de verhouding lucht/vaste stof

In figuur 36 zijn de resultaten van dit onderzoek zoals weergegeven in figuur 30, p. 113, ingetekend in de betreffende figuur (63, p. 107) uit Slibindikking I Literatuuronderzoek.

Uit figuur 36 blijkt nu dat, in tegenstelling tot de literatuurgegevens, de indikresultaten te Hoogezand niet verbeteren bij hogere lucht/drogestofverhoudingen.

De proefresultaten van Hoogezand komen beter overeen met die van Hilmer¹⁵³ die in een proefinstallatie (oppervlak = 2 m²) met actief-slib geen significant verschil in rendement en drogestofgehalte vond bij lucht/drogestofverhoudingen van 0,007, 0,016 en 0,019 (zie Slibindikking I Literatuuronderzoek paragraaf 4.3.4, p. 107).

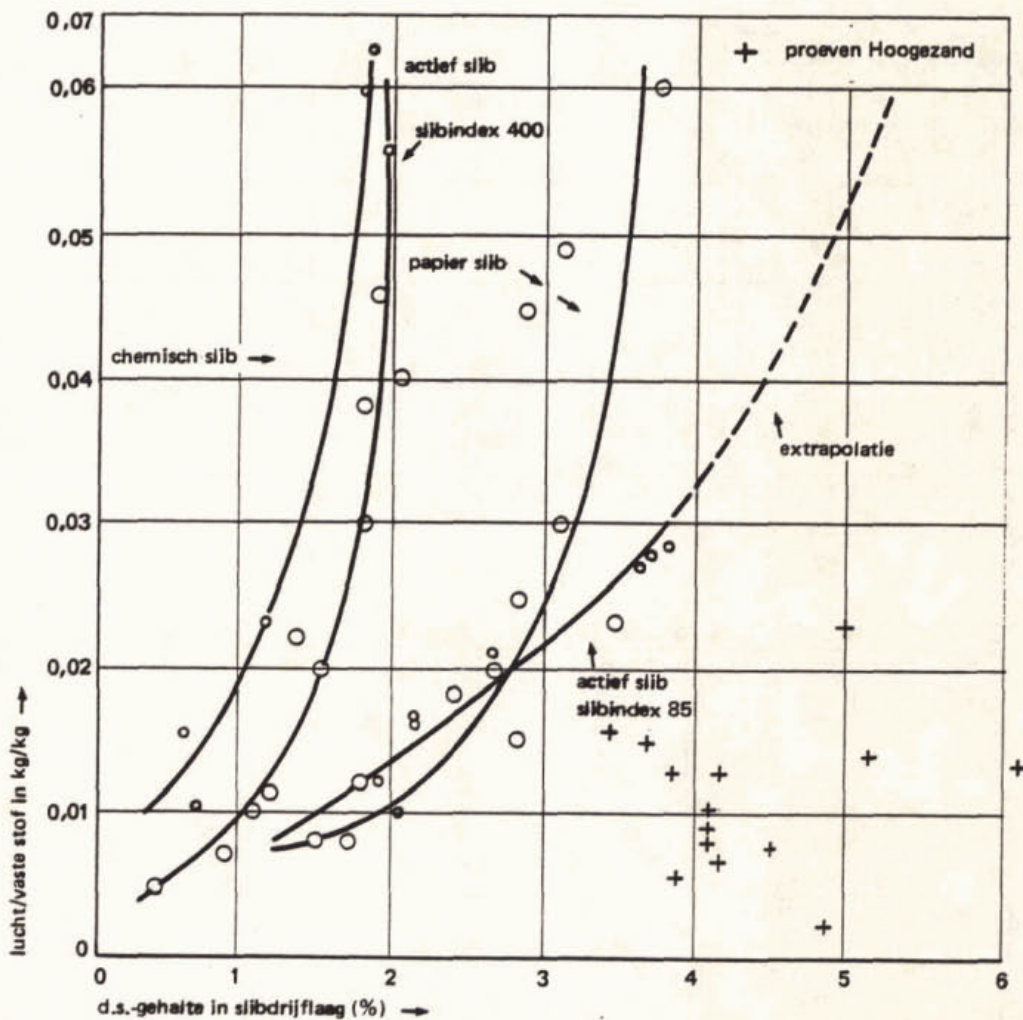


Fig. 36. Verhouding lucht/droge stof en drogestofgehalte ingedikd slib (vergelijking literatuurgegevens en proefresultaten in Hoogezand).

de drogestofverblijftijd in de indikker

In figuur 37 zijn de resultaten van dit onderzoek zoals weergegeven in figuur 35, p. 117 ingetekend in de betreffende figuur (fig. 66, p. 110) uit Slibindikking I Literatuuronderzoek. Behoudens enkele uitschieters is er grote overeenkomst tussen literatuurgegevens en de metingen te Hoogezand.

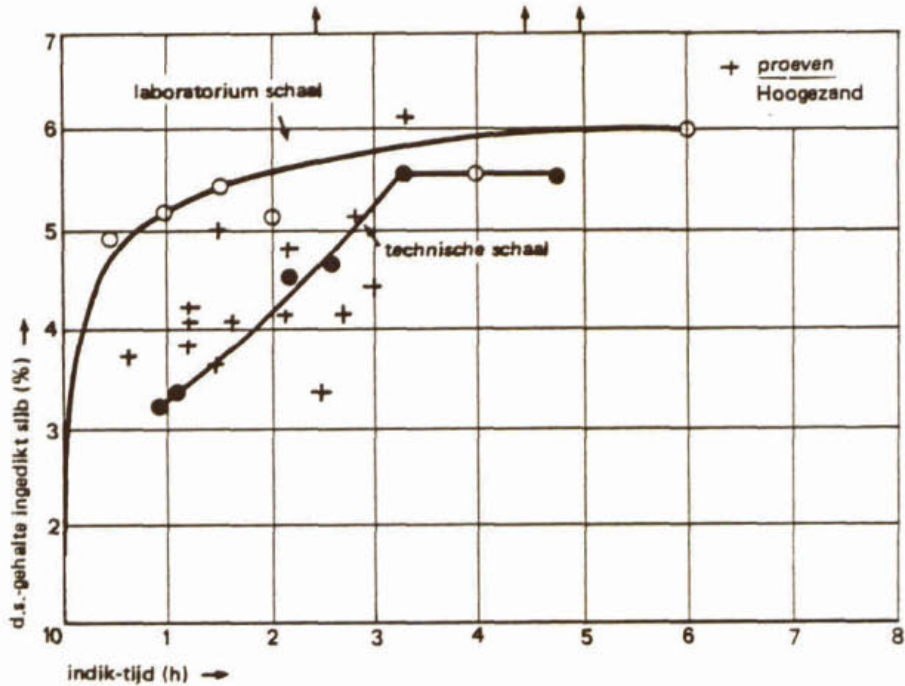


Fig. 37. Slibverblijftijd en drogestofgehalte ingedikt slib (vergelijking literatuurgegevens en profresultaten uit Hoogezand)

4.7 KOSTENVERGELIJKING

Op basis van de meetgegevens van de proeven op de zuiveringsinrichting Hoogezand is een kostenvergelijking opgezet voor de volgende twee slibverwerkingsmethoden:

- A : gravitatie-indikking en natte afvoer van ingedikt slib
- B : dissolved air flotation indikking en natte afvoer van het ingedikte slib.

De uitgangspunten voor deze vergelijking zijn:

- slibproduktie : 40 g/(i.e. dag)
- prijspeil : augustus 1978
- rente : 8,5% en afschrijving op basis van annuïteiten
- afschrijving mechanische gedeelte in 15 jaar
- afschrijving bouwkundig gedeelte in 30 jaar
- onderhoud mechanische gedeelte 3% van de investeringen per jaar
- onderhoud bouwkundig gedeelte 0,5% van de investeringen per jaar
- afvoerkosten ingedikt slib f 6,-/m³
- prijs per kWh is f 0,15
- de kosten zijn inclusief directiekosten en BTW, exclusief aan- en afvoerleidingen, heien en bemalen.

De ontwerpgrondslagen voor de gravitatie-indikker zijn:

- drogestofbelasting : 30 kg/(m².d)
- 5-daagse werkweek
- kantdiepte : 3 m
- de indikker is voorzien van een ruimer en roerwerk
- het ingedikte slib wordt opgeslagen in een betonnen bufferbak met een verblijftijd van 2 dagen.

De uitgangspunten voor de flotatie-indikker zijn:

- drogestofbelasting : 7,5 kg/(m².h)
- 40 bedrijfsuren per week
- de flotatiecel is in beton uitgevoerd, rechthoekig van vorm en is buiten opgesteld
- de mechanisch/elektrische apparatuur is in een gebouw opgesteld met een oppervlak van 30 m²
- er worden geen flocculanten gebruikt
- het ingedikte slib wordt opgeslagen in een betonnen bufferbak met een inhoud van 2 dagen
- energieverbruik : 0,1 kWh/kg droge stof.

De resultaten van de indikker zijn:

- flotatie-indikking : 7% droge stof
- gravitatie-indikking : 3,5% droge stof

grootte zuiveringsinrichting in i.e.	gravitatie-indikking			flotatie-indikking		
	20.000	50.000	100.000	20.000	50.000	100.000
slibproductie in kg d.s./dag	800	2.000	4.000	800	2.000	4.000
slibproductie in kg d.s./week	5.600	14.000	28.000	5.600	14.000	28.000
slibproductie in kg d.s./uur	-	-	-	140	350	700
afvoer ingedikt slib m ³ /jaar	8.340	20.860	41.710	4.170	10.430	20.860
oppervlakte indikker in m ²	37	93	187	19	47	93
diameter indikker in m	7	11	15,5	-	-	-
lengte indikker in m*	-	-	-	9,5	12,5	19
breedte indikker in m	-	-	-	2	4	5
diepte indikker in m	3	3	3	3	3	3,5
inhoud indikker in m ³	115	285	566	57	144	332
inhoud slibbuffer in m ³	64	160	320	32	80	160
energieverbruik in kWh	3.300	3.300	3.300	29.200	73.000	146.000

Tabel 31. Afmetingen van gravitatie- en flotatie-indikkers voor aëroob gemineraliseerd slib

* de afmetingen van de flotatie-indikker zijn opgegeven door Dorr Oliver B.V.

grootte zuiveringsinrichting in i.e.	gravitatie-indikking			flotatie-indikking		
	20.000	50.000	100.000	20.000	50.000	100.000
Investeringskosten in gulden:						
bouwkundig	87.400	156.000	250.000	46.200	97.000	178.000
mechanisch*	77.000	95.000	106.000	247.000	333.000	364.000
gebouw	-	-	-	37.000	37.000	37.000
totaal	164.400	251.000	356.000	330.200	467.000	579.000
Jaarkosten in gulden:						
onderhoud/afschrijving bouwkundig	8.600	15.300	24.500	8.200	13.200	21.100
onderhoud/afschrijving mech/elektr.	11.600	14.300	16.000	37.200	50.100	54.800
energie	500	500	500	4.380	11.000	21.900
slibafvoerkosten	50.040	125.160	250.320	25.020	62.600	125.160
totaal	71.000	155.000	292.000	75.000	137.000	223.000

Tabel 32. Investeringskosten en jaarkosten voor gravitatie- en flotatie-indikking

* de investeringskosten voor het mechanisch gedeelte van de flotatie-indikker zijn gegeven door Dorr Oliver B.V.

In tabel 31, p. 122 zijn de afmetingen van de indikers voor zuiveringsinrichtingen van 20.000 i.e., 50.000 i.e. en 100.000 i.e. aangegeven.

De investeringskosten en jaarkosten van beide systemen zijn in tabel 32, p. 122 aangegeven, voor het geval dat beide indikers op een nog te bouwen zuiveringsinrichting moeten worden geplaatst.

Uit tabel 32, p. 122 blijkt dat de investeringskosten van flotatie-indikers hoger zijn dan van gravitatie-indikers. De jaarkosten van gravitatie-indikking en flotatie-indikking zijn op basis van de gekozen uitgangspunten voor een zuiveringsinrichting van 20.000 i.e. ongeveer gelijk, voor grotere zuiveringsinrichtingen is flotatie-indikking goedkoper. De kostenvergelijking is zeer gevoelig voor de hoogte van de slibafvoerkosten. De indikresultaten en de afvoerkosten van nat slib per m^3 zijn de belangrijkste factoren in de kostenvergelijking.

4.8 CONCLUSIES

4.8.1 Resultaten

Het aëroob gemineraliseerd slib van de zuiveringsinrichting Hoogezand kan zeer goed ingedikt worden door middel van het dissolved air flotation proces. Bij een optimale instelling van de flotatie-indikker moeten drogestofconcentraties van 6-8% in het ingedikte slib haalbaar worden geacht. In vergelijking met de in de literatuur opgegeven resultaten van 2,5-6,8% droge stof voor actiefslib, steken deze resultaten gunstig af. Het filtraat van de indikker bevat weinig droge stof en bij een goed functioneren van de indikker bezinkt er weinig slib. Het drogestofrendement van de indikker wordt geschat op meer dan 95%.

4.8.2 Parameters

Van een groot aantal procesparameters zijn er slechts enkele die een belangrijke invloed hebben op de indikresultaten. Deze zijn:

- het recirculatiedebiet en daarmee samenhangend de verhouding lucht/droge stof;
- de drogestofverblijftijd en in relatie daarmee de dikte van de slibdeken;
- de ruimersnelheid en ruimerconstructie.

Niet of weinig van invloed op de indikresultaten zijn:

- de drogestofconcentratie van het aangevoerde slib;
- de drogestofoppervlaktebelasting.

4.8.3 Recirculatiedebiet

Naarmate het recirculatiedebiet groter is en daarmee tevens meer lucht per kg droge stof in de indikker wordt gebracht, wordt het indikresultaat minder.

Mogelijk dat de verhoogde hydraulische belasting en de kortere vloeistofverblijftijd in de indikker een grotere negatieve invloed hebben op het indikresultaat dan de positieve werking van de grotere luchthoeveelheid.

Een prettige bijkomstigheid is, dat juist de grootte van de benodigde recirculatiestroom grotendeels het energieverbruik van de flotatie-indikker bepaalt.

4.8.4 Drogestofverblijftijd

De drogestofverblijftijd heeft een belangrijke invloed op het indikresultaat. In de literatuur wordt een drogestofverblijftijd van 2,5-3 uur geadviseerd. Dit wordt door de metingen te Hoogezand bevestigd.

Een hoge slibverblijftijd wordt verkregen door het handhaven van een slibdeken van voldoende dikte. Volgens literatuurgegevens zou deze deken 26-60 cm moeten zijn. In Hoogezand is de slibdeken 30-80 cm geweest.

4.8.5 Ruimersnelheid

De ruimersnelheid en de ruimerconstructie zijn van grote invloed op het indikresultaat.

De ruimersnelheid van de proefinstallatie, 133 cm/min, moest met behulp van tijd klokken sterk worden gereduceerd.

Volgens het literatuuronderzoek \$libindikking I. zou 25-30 cm/min een goede ruimersnelheid zijn. De snelheid mag zeker niet hoger dan 40 cm/min zijn.

In Hoogezand zijn de beste resultaten verkregen met een gemiddelde ruimersnelheid van ca. 8 cm/min.

4.8.6 Drogestofconcentratie in het in te dikken slib

De invloed van de drogestofconcentratie van het in te dikken slib is in het onderzochte meetgebied van 4-6 g/l gering gebleken.

Dit betekent dat de aanvoer van de flotatie-indikker uit het retour-slibgemaal of uit de beluchtingsruimte kan worden onttrokken.

4.8.7 Drogestofbelasting

Uit de proeven te Hoogezand blijkt dat de invloed van de drogestofoppervlaktebelasting relatief gering is.

Verhoging van de belasting van 5 naar 10 kg/(m².h) doet het drogestofgehalte in het ingedikte slib met 0,3% droge stof afnemen. Deze geringe gevoeligheid maakt het proces geschikt om ook meer slib dan de ontwerp capaciteit te verwerken.

4.8.8 Kostenvergelijking

Uit een kostenvergelijking tussen gravitatie-indikking en flotatie-indikking, beide met natte afvoer van het ingedikte slib blijkt, dat de investeringskosten van een flotatie-indikker beduidend hoger zijn dan die van de gravitatie-indikker. De jaarkosten van gravitatie-indikking en flotatie-indikking zijn op basis van de gekozen uitgangspunten voor een zuiveringsinrichting van 20.000 i.e. ongeveer gelijk, voor grotere zuiveringsinrichtingen is flotatie-indikking goedkoper. De kostenvergelijking is zeer gevoelig voor de indikresultaten van beide systemen en de afvoerkosten per m³ van het natte slib.

Bijlagen

Inhoud

1	Verklaring van enkele begrippen	131
2	Analyseresultaten van het onderzoek naar de slibeigenschappen	133-136
3	Toelichting analysemethoden	137-139
4	Resultaten van de gravitatie-indikproeven te Hoogezand in chronologische volgorde	141-144
5	Resultaten van de gravitatie-indikproeven te Winterswijk in chronologische volgorde	145-148
6	Resultaten van de flotatie-indikproeven te Hoogezand in chronologische volgorde	149-150
7	Slibprofielen tijdens gravitatie-indikproeven te Hoogezand	151-158
8	Slibprofielen tijdens gravitatie-indikproeven te Winterswijk	159-163
9	Slibprofielen tijdens flotatie-indikproeven te Hoogezand	165-173
10	Berekening van de correlatie-coëfficiënt	175-176

VERKLARING VAN ENKELE BEGRIPPEN

Drogestofbelasting

drogestofaanvoer/oppervlakte indikker = kg d.s./m².etm.)

Drogestofinhoud

inhoud indikker (m³) x gemiddelde slibconcentratie op tijdstip t(kg/m³) = kg d.s.

Drogestofverblijftijd

d.s. inhoud/aanvoer surplusslib per etmaal x 24 = h

Hydraulische belasting

aanvoer/oppervlakte indikker = m³/(m².h)

Profiel

verticaal verloop van de drogestofconcentratie in de indikker

Rendement

100 - $\left(\frac{\text{d.s. afvoer met het overloopwater (kg/etm.)}}{\text{d.s. aanvoer met surplusslib (kg/etm.)}} \right) \times 100 = \dots\dots\%$

datum	d.s. gehalte in g/l	slibindex ongeroerd in ml/g	geroerde index in ml/g	slibbezink- snelheid in cm/h
14- 9	4,36	64	59	177
15- 9	4,15	70	60	177
16- 9	4,1	66	59	206
20- 9	3,8	68,5	65	206
21- 9	4,15	66	58	206
22- 9	3,78	69	63	193
23- 9	3,81	67	63	226
26- 9	3,50	69	60	237
27- 9	4,14	58	53	237
28- 9	3,77	66	58	224
29- 9	3,54	69	56	231
10-10	4,27	60	51	231
11-10	4,47	60		
12-10	4,52	60		
13-10	4,48	63		
14-10	4,66	63		
17-10	3,51	63		
18-10	4,07	61		
20-10	3,74	62		
25-10	3,91	67		
26-10	4,03	63		
3-11	-	57		
4-11	-	58		
8-11	-	47		
9-11	-	47		
10-11	-	43		
11-11	-	56		
15-11	3,17	60		
16-11	3,68	65		
17-11	3,50	69		
18-11	2,69	71		
21-11	-	52		
24-11	-	65		
25-11	-	63		
12-12	-	58		
13-12	-	58		
14-12	-	57		
15-12	-	55		
19-12	-	58		
21-12	-	57		
27-12	-	54		

Tabel 33. Analyseresultaten van het onderzoek naar de slib-
eigenschappen te Hoogezand.

datum monsterneming	15/9	22/9	27/9	11/10	18/10	26/10	10/11	16/11
aard van het monster	inhoud aëratietank	inhoud aëratietank	inhoud aëratietank	inhoud aëratietank	inhoud aëratietank	inhoud aëratietank	inhoud aëratietank	inhoud aëratietank
<u>Analyses</u>								
som org. geb. N + anorg. amm.	mg N/g droogrest	55	44			36	50	
calcium	mg Ca/g droogrest	29	23			19	42	
fosfor	mg P/g droogrest	18	16			17	15	
chemisch zuurstofverbruik	mg O ₂ /g droogrest	1280	1310			1390	1150	
pH		7,1	7,1	7,1				
indamprest	in %	1,90	1,32	1,48	1,90	1,81	1,53	1,40
droogrest onopgel. bestanddelen	mg/l						27	27
gloeirest in % van droogrest		26	27					26
bezinksel na 1 uur	in ml/l							
slibvolume index	in ml/g							
soortefijk gewicht 20°C		1,009	1,005	1,006	1,006	1,006	1,005	1,006
<u>Microscopisch beeld</u>								
gewenste levende micro-organismen aanwezig								
draadvormers aanwezig								
samenstelling vlok								
<u>Analyses bij standaard concentraties</u>								
specifieke filtratieweerstand								
vacuum	0,5 bar	5	g/l in 10 ¹² m/kg					
		15	g/l					
druk	1 bar	5	g/l	3,7	5,6	3,5	3,6	
		7,5	g/l					
		15	g/l	9,3	8,0	11,3	11,2	14,1
druk	7 bar	5	g/l				14,1	9,6
		15	g/				97	111
		15	g/				101	194
afzuigtijd 0,5 bar	5	g/l in sec.						
	15	g/l in sec.	190	530	310	260	290	320
capillair suction								
time (10 mm;	5	g/l in sec.						
	15	g/l in sec.	19	15	18	21	24	23
								22
								26

 Tabel 34. Uitgebreid onderzoek slibeigenschappen te Hoogezand

datum	droogrest in g	slibindex			bezinksnelheid in cm/h
		ongeroid		geroid in ml/g	
		niet verdund in ml/g	wel verdund in ml/g		
24/8	2,73	147	148	73	-
25/8	2,65	174	151	76	-
30/8	2,66	188	127	83	-
31/8	2,73	227	161	95	-
gem. aug.	(2,69)	(184)	(147)	(82)	(-)
1/9	2,73	205	146	103	-
5/9	2,77	195	187	94	-
6/9	2,76	221	168	94	-
7/9	2,50	348	257	112	157
8/9	2,49	321	218	145	158
9/9	2,77	274	206	108	145
12/9	2,72	287	236	108	140
*13/9	2,94	245	224	102	143
14/9	2,80	300	222	107	161
15/9	3,15	254	212	114	126
19/9	3,05	275	188	125	120
*21/9	2,94	299	164	129	119
23/9	3,06	288	234	137	111
*26/9	3,20	250	187	118	112
28/9	3,29	278	214	116	86
30/9	3,40	259	250	118	110
gem. sept.	(2,91)	(269)	(207)	(114)	(130)
3/10	3,26	261	165	110	113
*5/10	3,37	261	194	-	-
7/10	3,44	256	-	-	-
24/10	3,46	266	184	139	78
26/10	?	?	256	?	79
28/10	3,46	266	241	150	83
31/10	3,65	255	252	131	71
gem. okt.	(3,44)	(260)	(215)	(133)	(85)
2/11	3,85	244	202	150	63
4/11	2,44	316	176	90	128
7/11	2,48	306	174	97	138
9/11	2,57	307	207	93	128
gem. nov.	(2,84)	(293)	(190)	(108)	(114)
4/1	2,76	254	186	116	155
6/1	2,96	280	195	115	95
9/1	3,19	276	192	125	96
*11/1	3,07	287	207	111	109
gem. jan.	(3,00)	(274)	(195)	(117)	(114)
gem. totaal	2,98	261	198	112	116
min.	2,44		127	73	71
max.	3,85		257	150	161
gem.	2,98	261	198	112	116
aantal	34	34	34	34	26

Tabel 35. Frequent uitgevoerde bepalingen van slibeigenschappen te Winterswijk

datum monsterneming	13/9	21/9	26/9	5/10	2/11	11/1
aard van het monster	inhoud circuit	inhoud circuit	inhoud circuit	inhoud circuit	inhoud circuit	inhoud circuit
<u>Analyses</u>						
som org. geb. N + anorg. amm.	mg N/g droogrest	73				70,6
calcium	mg Ca/g droogrest	73		46	25	104
fosfor	mg P/g droogrest	5,8				30
chemisch zuurstofverbruik	mg O ₂ /g droogrest	1320		1450	1490	1460
pH		7,2	7,3	7,2	6,6	7,3
indamprest	in %		0,41		0,32	0,38
droogrest onopgel. bestanddelen	mg/l	2720	2740	3290	2180	3850
gloeirest in % van droogrest		31	27	28	28	28
bezinksel na ½ uur	in ml/l	720	880	800	880	940
slibvolume index	in ml/g	224	164	187	194	202
soortelijk gewicht 20°C		1,003	1,008	1,006	1,006	1,006
<u>Microscopisch beeld</u>						
gewenste levende micro-organismen aanwezig		veel	veel	veel	matig	matig
draadvormers aanwezig		veel	veel	veel	veel	veel
samenstelling vlok		goed	goed	goed	goed	goed
<u>Analyses bij standaard concentraties</u>						
specifieke filtratieweerstand						
vacuüm 0,5 bar	5 g/l in 10 ¹² m/kg	3,0				3,5
	15 g/l		9,5	6,5	9,1	
druk 1 bar	5 g/l	10				112
	7,5 g/l		30	17	20	15
	15 g/l					
druk 7 bar	5 g/l					122
	15 g/l					
afzuigtijd 0,5 bar	5 g/l in sec.	85				95
	15 g/l in sec.		770	475	610	410
capillair suction						
time (10 mm)	5 g/l in sec.	13				13
	15 g/l in sec.		47	31	43	33

Tabel 36. Uitgebreid onderzoek slibeigenschappen te Winterswijk

TOELICHTING ANALYSEMETHODEN

Enkele niet algemeen gebruikelijke bepalingen die tijdens het onderzoek zijn gedaan, zijn in deze bijlage nader toegelicht.

1 Geroerde slibindex (Stirred Specific Volume)

In navolging van het WRC (Water Research Centre) is geëxperimenteerd met een nieuwe bepalingmethode voor de bezinkeigenschappen van actief-slib, waarbij gebruik is gemaakt van een langzaam geroerde bezinkcy- linder, het "WRC settlement apparatus".

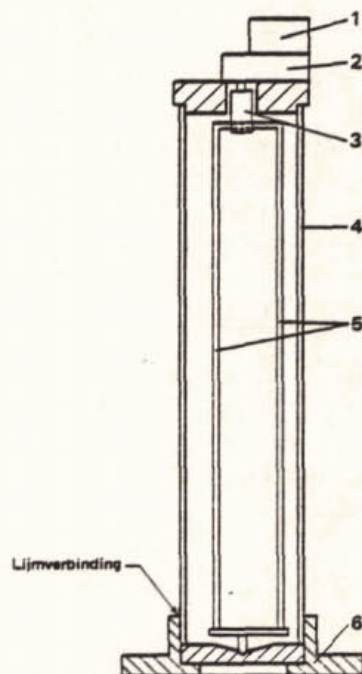
In haar Technical Memorandum 103 zijn de achtergronden van de bepa- lingsmethoden en het doel van de bepaling belicht en de instructies voor het gebruik van het apparaat gegeven.

Figuur 38, geeft een doorsnede van het apparaat. Evenals voor de normale bepaling van het bezinkselvolume en de bezinkkromme wordt de daling van de slibspiegel gedurende een half uur gevolgd met tus- sentijdse waarnemingen na 5, 10, 15, 20 en 30 minuten. Het monster slib wordt niet verdund. De aflezing van de slibspiegel geschiedt in cm.

De geroerde index Stirred Specific Volume wordt als volgt berekend:

$$SSV = \frac{\text{aanvangsniveau in de cylinder} \times \text{aanvangsconcentratie}}{\text{slibspiegelhoogte na 30 min. (cm)}} \times 1000$$

(cm) (droogrest in %)



1. motor 12 V (1 omw./min.)
2. deksel met motor (verwijderbaar)
3. aandrijfnok
4. perspex cylinder ϕ 9 cm
5. roerstangen (5 mm rvs)
6. bodemplaat met flens

Fig. 38. WRC settlement apparaat

2 Bezinksnelheid van het geroerde bezinkselvolume

De bezinkkromme, gemeten tijdens de bepaling van het bezinkselvolume van de geroerde slibindex, is grafisch uitgezet. Uit de helling van de raaklijn in het punt waar de bezinkkromme het steilst is, is de maximale bezinksnelheid in cm per uur bepaald.

3 Calciumgehalte

Het calciumgehalte is bepaald door een hoeveelheid slib langzaam te destrueren met geconcentreerd HCl. Na het ontsluiten is het calciumgehalte met de atoomabsorptiespectrofotometer gemeten.

4 Soortelijk gewicht bij 20°C

Het soortelijk gewicht is bepaald met een pyknometer. Het slib werd ontlucht door het aanbrengen van vacuüm boven het slib.

5 Microscopisch beeld

Het slib is microscopisch onderzocht. Gekeken is naar het voorkomen van gewenste levende micro-organismen, de opbouw en samenhang van de slibvlokken en de mate waarin draadvormige bacteriën aanwezig zijn.

6 Specifieke filtratieweerstand bij vacuümfiltratie

De specifieke filtratieweerstand (r) is de weerstand, uitgedrukt in m/kg, die onder bepaalde omstandigheden, door de uit het slib gevormde filterkoek wordt geboden aan de verdere passage van de vloeistof. De filtratie wordt uitgevoerd over een papierfilter in een Büchner-trechter bij een bepaalde onderdruk.

7 Specifieke filtratieweerstand bij drukfiltratie

De specifieke filtratieweerstand (r) is de weerstand, uitgedrukt in m/kg, die onder bepaalde omstandigheden, door de uit het slib gevormde filterkoek wordt geboden aan de verdere passage van de vloeistof. De filtratie wordt uitgevoerd over een papieren filter in een drukfiltratie-apparaat bij een bepaalde overdruk.

8 Afzuigtijd bij vacuümfiltratie

De afzuigtijd is de tijd waarin onder bepaalde omstandigheden 75 ml filtraat wordt verkregen uit 125 ml slib. De filtratie wordt uitgevoerd over een papierfilter in de Büchnertrechter bij een bepaalde onderdruk. De afzuigtijd wordt beschouwd als een snelle eenvoudige methode voor karakterisering van de ontwateringssnelheid van slib.

Capillary suction time (CST-waarde)

Bij deze bepaling wordt slib in een metalen cilindervormige slibhouder gebracht, het CST-apparaat, die op een filtreerpapier rust. Er vindt ontwatering plaats waarbij de drijvende kracht de capillaire zuigkracht van het papier is. De CST-waarde is de tijd in seconden, die het vloeistoffront in het filtreerpapier nodig heeft om de afstand af te leggen tussen 16 mm en 22,5 mm gerekend vanaf het midden van de metalen slibhouder.

De CST-waarde wordt als een snelle, eenvoudige bepaling voor karakterisering van de ontwateringssnelheid van slib beschouwd.

Plooi	Omschrijving	Periode datum + tijd	AANVOER SURPLUSLUB		AFVOER INGEDIKT SLIB		AFVOER OVERLOOP WATER			D. S. BALANS PER PERIODE			D. S. INHOUD		D. S. verrijkt slib in h.	Rechtmet in % van de aanvoer	O. S. stoffbelasting in kg / m ² / aann.	Hydraulische belasting in m ³ / (opp. x t)				
			Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	Aanvoer in kg	Altoes in kg	Aanvoer slib % van aanvoer	slib				aanvoer	gsm.	log aanvoer		
1	Stoelgang op 0,85 - 1,0 m fluoerrek continu in bedstijf Aanvoer continu Slibruiser continu Spoelcomp. met in bedstijf droge stoffbelasting 27,8 kg/m ² / d	Periode 1 a. 18 sept. 10.30-11.00 b. 18 sept. 11.00-11.45 c. 18 sept. 11.45-14.30 d. 18 sept. 14.30-16 sept. 12.00 e. 18 sept. 12.00-16.00 1. (tot) 18 sept. 10.30-16 sept. 16.00 (26,8 uur)	10	5,72	87	1,4	33,5	48	1,45	12,5	3245	3741	504	15/9 11.00	4692	44	97%	27,8	0,21	0,21		
			15	6,10	92	2,1	33,5	71	0,32	4,1					16/9 11.00	4834						
			55	6,10	336	7,8	30,8*	240	47,2	15,1	0,32	15,1				16/9 15.30	4999					
			430	5,38	2313	60,9	31,5	1817	369,1	0,18	66,4											
			90	5,59	447	11,3	31,4	365	68,7	0,18	12,4											
2	Stoelgang op 1,2 m fluoerrek continu in bedstijf Aanvoer continu Slibruiser continu Spoelcomp. 27 m ² / h droge stoffbelasting 28,1 kg/m ² / d	Periode 1 a. 20 sept. 16.00-21 sept. 10.30 b. 21 sept. 10.30-11.30 c. 21 sept. 11.30-14.00 1. (tot) 20 sept. 16.00 h-21 sept. 14.00 h (22 uur) Periode 2 a. 21 sept. 14.00-22 sept. 10.30 b. 22 sept. 10.30-11.30 2. (tot) 21 sept. 14.00 h-22 sept. 11.30 h	370	5,62	2079	58,7	21,2	1181	0,89	724												
			20	5,62	112	2,57	21,2	54	44,4	0,89	40											
			50	5,62	281	6,43	21,4	138	111	0,60	87											
			440	5,62	2473	64,7	19,3	1373	989	0,60	831											
			410	5,49	2261	52,7	20,8	1096	910,2	0,44	400											
3	Stoelgang bij aanvang 1 m fluoerrek buiten bedstijf Aanvoer continu Slibruiser continu Spoelcomp. buiten bedstijf droge stoffbelasting 25,6 kg/m ² / d	Periode 1 a. 26 sept. 10.15-11.15 b. 26 sept. 11.15-12.15 c. 26 sept. 12.15-13.15 d. 26 sept. 13.15-14.15 e. 26 sept. 14.15-15.15 f. 26 sept. 15.15-27 sept. 11.00 1. (tot) 26 sept. 10.15 h-27 sept. 11.00 h (24,75 h) Periode 2 a. 27 sept. 11.00-12.00 b. 27 sept. 12.00-15.30 c. 27 sept. 15.30-28 sept. 12.40 2. (tot) 27 sept. 11.00 h-28 sept. 12.40 h (26,67 h) Periode 3 a. 28 sept. 12.40-14.00 b. 28 sept. 14.00-15.00 c. 28 sept. 15.00-17.00 d. 28 sept. 17.00-18.00 e. 28 sept. 18.00-29 sept. 10.40 3. (tot) 28 sept. 12.40 h-29 sept. 10.40 h (22 uur)	20	5,04	100,8	2,57	29,40	75,6	0,12	2,1												
			20	5,04	100,8	2,57	27,60	70,8	17,43	0,12	2,1											
			20	5,04	100,8	2,57	26,00	66,8	17,43	0,12	2,1											
			20	5,09	101,8	2,57	18,70	50,6	17,43	0,12	2,1											
			295	5,09	2010,5	54,6	16,50	43,2	17,43	0,12	2,1											
4		Periode 2 a. 27 sept. 11.00-12.00 b. 27 sept. 12.00-15.30 c. 27 sept. 15.30-28 sept. 12.40 2. (tot) 27 sept. 11.00 h-28 sept. 12.40 h (26,67 h)	40	5,09	203,6	6,88	15,90	90,31	0,69	23,7												
			50	5,09	254,5	6,88	102,2	43,3	29,9	0,69	29,9											
			423	5,17	2186,9	56,5	15,40	870,1	366,5	2,88	1056											
			513	5,17	2645	68,9	16,50	1063	444	2,88	1109											
			367	5,17	138,0	26,7	0,83	22,2	2,1	0,83	22,2											
5		Periode 3 a. 28 sept. 12.40-14.00 b. 28 sept. 14.00-15.00 c. 28 sept. 15.00-17.00 d. 28 sept. 17.00-18.00 e. 28 sept. 18.00-29 sept. 10.40 3. (tot) 28 sept. 12.40 h-29 sept. 10.40 h (22 uur)	20	4,95	99,0	1,33	17,90	23,8	0,82	17,2												
			40	4,95	198,0	4,0	16,20	21,7	18,7	0,82	17,2											
			20	4,95	99,0	44,3	16,20	21,7	209	1,19	343,9											
			333	4,95	1648,4	46,6	16,20	21,7	741	1,19	437											
			440	4,95	2182	46,6	16,20	21,7	741	1,19	437											

Tabel 37. Resultaten van de gravitatie-indikproeven te Hoogezand in chronologische volgorde.

*1 fluoerrek heeft in deze periode niet gevoerd

Proef	Naam bepaling	Periode datum + tijd	AANVOER SURPLUSSEIB		AFVOER INGEDEKTE SLIB		AFVOER OVERLOOP WATER		D.S. BALANS PER PERIODE			D.S. verdelij-lijst in h.	Rekenresultaat in % van de aanvoer	D.S. lading in kg (m ² ·eins.)	Hydratatie lading in m ² (m ² ·h)	
			m ³	Concentr. in kg/m ³	m ³	Concentr. in kg/m ³	m ³	Concentr. in kg/m ³	Aanvoer in kg	Afvoer in kg	Aanvoer afkeer in % van aanvoer					Kg d.s.
4	Siltproef bij aanvang 1 m Fluïditeit in leegsl Aanvoer - uitvoer Siltafvoer - slibafvoer Stoepwater met en zonder Energie verbruik 20,5 kg/m ² ·d	Periode 1		20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326	lijl aanvoer
		a 11 okt. 9.45-10.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		b 11 okt. 10.45-11.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		c 11 okt. 11.45-12.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		d 11 okt. 12.45-13.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		e 11 okt. 13.45-14.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		f 11 okt. 14.45-15.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		g 11 okt. 15.45-16.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		h 11 okt. 16.45-17.45	20	6,63	132,6	10,2	38,8	9,8	0,68	2887	2853	34	11/10 9.30	9326		
		1 (totaal) 11 okt. 9.45 h. 17.45	480	265,8	5316	410,4	1368	418,6	1368	418,6	2887	2853	34	11/10 9.30	9326	
		Periode 2 (24 h. over)		25	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277	
		a 12 okt. 10.15-11.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277		
b 12 okt. 11.30-12.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277				
c 12 okt. 12.30-13.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277				
d 12 okt. 13.30-14.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277				
e 12 okt. 14.30-15.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277				
f 12 okt. 15.30-16.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277				
g 12 okt. 16.30-17.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277				
h 12 okt. 17.30-18.30	20	5,75	143,8	14,3	38,1	10,7	0,68	2887	2853	34	12/10 10.00	9277				
1 (totaal) 12 okt. 11.30 h. 18.30	485	287,5	5750	79,3	201,6	406	2887	2853	34	12/10 10.00	9277					
Periode 3 (24.25 over)		20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812			
a 13 okt. 10.30-11.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
b 13 okt. 11.30-12.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
c 13 okt. 12.30-13.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
d 13 okt. 13.30-14.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
e 13 okt. 14.30-15.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
f 13 okt. 15.30-16.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
g 13 okt. 16.30-17.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
h 13 okt. 17.30-18.30	20	6,18	123,6	13,6	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	13/10 10.00	8812				
1 (totaal) 13 okt. 10.30 h. 18.30	480	251,2	5024	88	297,1	302	2887	2853	34	13/10 10.00	8812					
Periode 4 (24 over)		20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633			
a 14 okt. 10.30-11.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
b 14 okt. 11.30-12.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
c 14 okt. 12.30-13.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
d 14 okt. 13.30-14.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
e 14 okt. 14.30-15.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
f 14 okt. 15.30-16.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
g 14 okt. 16.30-17.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
h 14 okt. 17.30-18.30	20	6,20	124	13,8	36,4	6,4	0,68	2887	2853	34	14/10 10.00	8633				
1 (totaal) 14 okt. 10.30 h. 18.30	480	251,2	5024	88	297,1	302	2887	2853	34	14/10 10.00	8633					

Tabel 38. Gravitatie-indikproeven te Hoogezand (vervolg)

*1. Examineer filtraat

Proef	Uitslagtoetsing	Periode desmeten t tijd	AANVOER SURPLUSLIJIB		AFVOER INGEDIKT SLIB		AFVOER OVERLOOP WATER			D.S. BALANS PER PERIODE				D.S. INHOUD	D.S. vervalij tijd in h.	Remanents in % van de aanvoer	D.S. belasting in kg (m ² ·dm.)	Hydraulische belasting in m ² /(m ² ·s)								
			m ³	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	Aanvoer in kg	Aanvoer afvoer in % van aanvoer					Hjd monster name	Kg d.s.	gem.	gem.					
5	Slitsaangel ca. 2,3 m Aanvoer: continue Slitsaangel: continue Floerwerk: onbedijf Stoedpomp: buiten bedijf Droge stofbelasting: 26,9 kg/m ² ·dij	Periode 1		20	7,79	156	3,00	32,9	102	17	17/10 10,00	5141	45	26,0	26,0	0,21										
		a. 17 okt. 11.00-12.00	20	6,67	133	3,00	32,5	101	17	17/10 10,15	4946															
		b. 17 okt. 12.00-13.00	20	6,31	126	3,00	32,3	100	17																	
		c. 17 okt. 13.00-14.00	20	6,25	125	3,44	32,6	116	16,6																	
		d. 17 okt. 14.00-15.00	20	6,17	123	3,86	32,2	127	16,1																	
		e. 17 okt. 15.00-16.00	20	5,26	106	3,86	32,8	127	16,1																	
		f. 17 okt. 16.00-17.00	360	5,26	1894	69,5	32,1	2300	290																	
		g. 17 okt. 17.00-18 okt. 11.00	480	5,26	2552	89,7	32,1	2974	300																	
		h. 17 okt. 18 okt. 11.00-18 okt. 11.00 h (24 uur)										2652							2974	45	26,0	26,0	0,21			
		Periode 2		20	5,81	116	3,45	31,7	109	16,5																
		a. 18 okt. 11.00-12.00	20	5,85	117	3,45	31,8	110	16,5																	
		b. 18 okt. 12.00-13.00	20	5,85	117	3,45	31,8	109	16,5																	
c. 18 okt. 13.00-14.00	20	5,95	119	3,45	31,8	110	16,5																			
d. 18 okt. 14.00-15.00	20	6,01	120	3,45	31,8	110	16,5																			
e. 18 okt. 15.00-16.30	30	6,01	180	5,18	31,8	165	24,8																			
f. 18 okt. 16.30-19 okt. 10.45	425	5,07	2155	72,3	32,6	2390	352																			
g. 18 okt. 19 okt. 11.00-19 okt. 10.45 h (23,34 uur)	535	5,07	2804	92,3	32,6	2993	443			2804	2993	40	26,8	26,8	0,21											
6	Slitsaangel: bij aanvang 2,6 m Aanvoer: continue Slitsaangel: discontinu Floerwerk: onbedijf Stoedpomp: buiten bedijf Droge stofbelasting: 25,6 kg/m ² ·dij	Periode 1		20	5,62	112,6	13,6	32,0	426	6,4		< 0,1	- 4	2360	2360	25,1	0,21									
		a. 19 okt. 10.45-11.45	20	5,81	116,2	13,6	31,4	427	6,4			< 0,1														
		b. 19 okt. 11.45-12.45	20	5,96	117,2	13,6	30,4	413	6,4			< 0,1														
		c. 19 okt. 12.45-13.45	20	5,51	110,2	13,6	29,8	403	6,4			< 0,1														
		d. 19 okt. 13.45-14.45	20	5,36	107,6	13,6	28,8	389	6,4			< 0,1														
		e. 19 okt. 14.45-15.45	20	4,79	95,8	13,6	28,1	362	6,4			< 0,1														
		f. 19 okt. 15.45-16.45	20	4,79	95,8	13,6	28,1	362	6,4			< 0,1														
		g. 19 okt. 16.45-20 okt. 10.30	355	4,79	1700	81,6	32,6	2360	355											< 0,1						
		h. 19 okt. 20 okt. 10.45-20 okt. 10.30 h (22,75 h)	475	4,79	2360	81,6	32,6	2449	353			2360								2449	40	25,1	25,1	0,21		
		Periode 2		20	5,35	107	13,6	34,4	468	6,4										< 0,1						
		a. 20 okt. 10.30-11.30	20	5,46	109,2	13,6	33,0	449	6,4			< 0,1														
		b. 20 okt. 11.30-12.30	20	5,64	112,8	13,6	31,8	432	6,4			< 0,1														
c. 20 okt. 12.30-13.30	20	5,78	105,6	13,6	29,5	401	6,4			< 0,1																
d. 20 okt. 13.30-14.30	20	5,48	108,8	13,6	27,5	374	6,4			< 0,1																
e. 20 okt. 14.30-15.30	20	5,37	107,4	13,6	25,6	345	6,4			< 0,1																
f. 20 okt. 15.30-16.30	20	5,37	107,4	13,6	25,6	345	6,4			< 0,1																
g. 20 okt. 16.30-19 okt. 10.30 h (24 uur)	120	5,37	652	81,6	32,6	2469	38,4			652	2469	40	27,4	27,4	0,21											

Tabel 39. Gravitatie-indikproeven te Hoogezand (vervolg)

¹⁾ L. Estouff d'Honn

Class	Uitslag bepaling	Periode (datum + tijd)	AANVOER SURPLUSSE IB		AFVOER INGEDEKT SLIB		AFVOER OVERLOOPWATER		D.S. BALANS PER PERIODE				D.S. INHOUD	D.S. versluis (%)	Rendement in % van de aanvoer	D.S. bepaling in g (lrv-gram.)	Hydratatie bepaling in m ³ /t (m ³ /t h)				
			Concentr. in m ³ kg/m ³	Kg d.s.	Concentr. in m ³ kg/m ³	Kg d.s.	Concentr. in m ³ kg/m ³	Kg d.s.	Aanvoer in kg	Aanvoer afvoer in % van aanvoer	in kg	afvoer					gem.	in g			
I	Slijtwegp 1, 7, 13 m Aanvoer continue Slibafvoer continue Hoofdwerk in tankp Nooitworp - laatste tankp Droogstoffafzetting 20,5 kg/tm ² .d	Periode 1 a 75 okt 9 45 10 45 b 75 okt 10 45 11 45 c 75 okt 11 45 12 45 d 75 okt 12 45 13 45 e 75 okt 13 45 14 45 f 75 okt 14 45 15 45 g 75 okt 15 45 16 45 1 (totaal 75 okt 9 45 h 26 okt 10 00 h (24,25 uur))	20 20 20 20 20 20 345 485	5,41 5,82 5,69 5,65 5,87 5,65 5,82 4,96	108,2 116,4 113,8 117,4 117,4 113,0 116,4 2509	3,22 3,22 3,22 3,22 3,22 3,22 55,55 78	29,2 30,2 30,2 30,7 30,7 31,6 30,5 32,1	16,8 16,8 16,8 16,8 16,8 16,8 16,8 16,8	<0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1	2609 2473 3603	2473 3603 3603	1 1 1	25/10 10,00 25/10 16,10 25/10 16,10	3603 3603 3603	-98%	26,1	0,21				
		Periode 2 a 26 okt 10 00 11 00 b 26 okt 11 00 12 00 c 26 okt 12 00 13 00 d 26 okt 13 00 14 00 e 26 okt 14 00 15 00 f 26 okt 15 00 16 30 g 26 okt 16 30 27 okt 10 30 2 (totaal 26 okt 10 00 h 27 okt 10 30 h (24,5 uur))	20 20 20 20 20 30 360	5,21 5,55 5,75 5,63 5,61 5,71 5,96	104,2 111,0 116 112,6 112,2 131,3 1822	3,26 3,26 3,26 3,26 3,26 4,89 58,7	32,7 32,6 32,8 32,5 32,7 32,0 32,5	16,7 16,7 16,7 16,7 16,7 16,5 16,5	<0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1	2548 2548 2548	2548 2548 2548	-2	26/10 10,15 26/10 16,00 26/10 16,00	3169 3169 3169	31 31 31	98%	26,3	0,21			
		Periode 3 a 27 okt 10 30 11 30 b 27 okt 11 30 12 30 c 27 okt 12 30 13 30 d 27 okt 13 30 14 30 e 27 okt 14 30 16 00 2 (totaal 27 okt 10 30 16 00 h (15,5 uur))	20 20 20 20 110	5,64 5,73 5,82 5,74 5,62	112,8 114,6 116,4 114,8 168,6	3,20 3,20 3,20 3,20 17,6	31,9 31,5 30,5 32,0 31,5	16,8 16,8 16,8 16,8 16,8	<0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1	627 627 627	627 627 627	12	27/10 10,15 27/10 16,15 27/10 16,15	3169 3169 3169	28 28 28	-98%	26,8	0,21			
		II	Slijtwegp 1, 7, 13 m Aanvoer continue Slibafvoer continue Hoofdwerk in tankp Nooitworp - laatste tankp Droogstoffafzetting 27,0 kg/tm ² .d	Periode 1 a 16 nov 10 30 12 00 b 16 nov 12 00 13 00 c 16 nov 13 00 14 00 d 16 nov 14 00 15 00 e 16 nov 15 00 16 00 f 16 nov 16 00 17 00 g 16 nov 17 00 18 00 1 (totaal 16 nov 10 30 h 17 nov 8 30 h (122 uur))	30 20 20 20 60 100 190 440	9,97 9,32 8,89 10,04 9,28 4,67 8,38	209,1 186,4 177,8 200,8 163,4 467 1932,2	6,24 4,16 4,16 4,16 12,48 38,5 91,5	34,4 34,7 34,2 34,8 35,90 35,90 3487	22,8 14,4 15,8 15,8 47,5 78,2 190,5	<0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1	3487 3487 3487	3487 3487 3487	6	16/11 13,16 16/11 13,16 16/11 13,16	7082 7082 7082	44,6 44,6 44,6	95	40,0	0,21	
				Periode 2 a 17 nov 8 30 10 00 b 17 nov 10 00 11 00 c 17 nov 11 00 13 00 d 17 nov 13 00 14 00 e 17 nov 14 00 15 00 f 17 nov 15 00 16 00 g 17 nov 16 00 22 00 2 (totaal 17 nov 8 30 h 16 nov 8 00 h (23,5 uur))	30 20 40 20 20 140 180 470	7,40 8,94 9,61 8,34 7,97 8,25 4,89 5,59	222 178,8 204,4 186,8 158,4 167,0 684,6 1006,2	6,24 4,16 8,31 3,73 3,73 25,36 24,45 79,7	35,90 32,40 276,7 33,20 33,10 31,60 36,10 34,50	22,8 16,8 276,7 16,3 117,9 117,5 114,6 165,5	<0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1	2069 2069 2069	2069 2069 2069	7	17/11 11,00 17/11 11,00 17/11 11,00	6506 6506 6506	52,3 52,3 52,3	31,9	0,21		
				Periode 3 a 18 nov 08 00 10 00 b 18 nov 10 00 11 00 c 18 nov 11 00 12 00 d 18 nov 12 00 13 00 e 18 nov 13 00 14 00 f 18 nov 14 00 15 00 g 18 nov 15 00 16 00 3 (totaal 18 nov 8 00 16 00 h (17 uur))	40 20 20 20 20 20 140	7,84 8,44 8,56 8,82 8,60 11,51	313,6 168,8 171,2 176,4 172,0 200,2	6,02 3,01 3,01 3,01 3,01 21,1	34,10 33,80 33,70 32,50 32,80 34,80	206,3 101,7 101,4 97,8 101,7 104,8	<0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1 <0,1	2069 2069 2069	2069 2069 2069	42	18/11 11,00 18/11 11,00 18/11 11,00	6473 6473 6473	38,8 38,8 38,8	44,5	0,21		

Tabel 40. Gravitatie-indikproeven te Hoogezand (vervolg)

Proef 1	Proef 2	AANVOEREN SURPLUSSEL IB	AFVOER INGEDEKT SLIB				AFVOER OVERLOOP WATER				D.S. BALANS PER PERIODE				D.S. verduij- tijd in h.	Rendement in % van de aansvoer	D.S. belasting w kg l/m ² atm ²	Hydraulische belasting in m ³ /m ² d ¹				
			m ³	Concentr in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr in kg/m ³	Kg d.s.	Aansvoer in kg	Aansvoer in % van aansvoer	tijd monster- name					Kg d.s.			
A	Siltvrijgeel leem met de zandklier (Heterococcus) continue en lichte aansvoer was lang gereinigd ca. 10 kg 4.844 flocc. per kg l. s. dioxan totaal volgens onderstaand schema Siltvrijgeel leem, opgestarte onder 13 m ² /h.	<p>Periode 1</p> <p>a 23 aug 10.00 h-11.00 h</p> <p>b 23 aug 11.00 h-13.00 h</p> <p>c 23 aug 13.00 h-15.00 h</p> <p>d 23 aug 15.00 h-24 aug 10.00 h</p>	33.1	10.1	334.3	0	0.03	792.8	216.0	1516.8	165.2%	23.8 n.m.	4482.9	49.6								
			26.5	8.5	226.3	10.8	21.8	226.4	2.2	792.8	216.0	1516.8	165.2%	23.8 n.m.	4594.3	50.8						
			34.8	6.7	233.2	1.7	22.6	38.4	0.4	1374.5	1900.9	526.4%	-38.3%									
			289.8	4.6	1374.5	79.6	23.8	1894.5	6.4	2187.3	2187.3	9.6%	-0.4%									
			384.2	5.5	2187.3	92.1	23.5	2188.3	8.6									99%	26.0	0.18	0.77	
			Periode 2	a 24 aug 10.00 h-12.00 h	41.4	5.1	211.1	5.1	23.0	126.5	30.6	0.04	1.2	443.4	626.1	46.4						
				b 24 aug 12.00 h-14.00 h	26.2	5.0	141	10.8	23.3	251.6	10.4	0.04	0.4			43.9						
				c 24 aug 14.00 h-16.00 h	15.6	5.5	91.3	10.8	23.8	264.9	10.6	0.03	0.5									
				d 24 aug 16.00 h-25 aug 10.00 h	289.8	6.5	1883.7	65.4	22.4	1454.0	226.0	0.03	6.8	1883.7	1460.8	422.9	45.4					
			Periode 3	a 25 aug 10.00 h-25 aug 10.00 h	376.0	6.2	2327.1	92.1	22.7	2088.4	262.6	0.03	8.9	2327.1	2081.3	1229.8	26.9					
				b 25 aug 10.00 h-7 sept 10.00 h	627.9	3.4	2134.9	115.0	20.4	2346.0	512.9	0.01		2134.9	2346.0	-211.1	100			24.7	0.30	0.77
				c 7 sept 10.00 h-12.30 h	63.5	4.2	266.7	11.9	20.0	238.0	51.6	< 0.01		266.7	238.0	28.7	100			29.6	0.29	0.77
				d 7 sept 12.30 h-15.00 h	66.2	3.7	244.9	12.0	20.2	242.2	64.2	< 0.01		244.9	242.2	2.7	100			27.2	0.31	0.77
			Periode 4	a 7 sept 10.00 h-15.00 h	129.7	3.9	511.6	23.9	20.1	480.2	105.8	< 0.01		511.6	480.2	31.4	100			28.4	0.30	0.77
				b 7 sept 15.00 h-8 sept 10.00 h	524.4	3.7	1940.3	91.1	20.5	1807.6	433.3	< 0.01		1940.3	1807.6	72.7	100			28.3	0.22	0.77
c 8 sept 10.00 h-8 sept 10.00 h	654.1	3.8		2451.9	115.0	20.4	2347.8	539.1	< 0.01		2451.9	2347.8	104.1	100			28.3	0.31	0.77			
d 8 sept 10.00 h-15.00 h	80.7	4.3		385.7	7.9	20.0	158.0	81.8	< 0.01		385.7	158.0	227.7	100			21.4	0.21	0.77			
Periode 5	a 8 sept 15.00 h-9 sept 10.00 h	500.9	3.6	1803.2	89.3	21.9	1856.7	411.6	< 0.01		1803.2	1856.7	-182.9	100			26.3	0.30	0.77			
	b 8 sept 10.00 h-9 sept 10.00 h	500.6	3.7	2188.9	97.2	21.8	2113.7	483.4	< 0.01		2188.9	2113.7	75.2	100			26.3	0.28	0.77			
	c 9 sept 10.00 h-12.30 h	64.9	4.7	272.6	11.7	20.1	226.2	53.2	< 0.01		272.6	226.2	37.4	100			30.2	0.30	0.77			
	d 9 sept 12.30 h-15.00 h	60.7	4.2	264.9	11.8	19.7	232.5	48.9	< 0.01		264.9	232.5	22.4	100			28.3	0.28	0.77			
Periode 6	a 10 sept 10.00 h-15.00 h	126.6	4.2	527.5	23.5	19.9	467.7	102.1	< 0.01		527.5	467.7	59.8	100			29.2	0.29	0.77			
	b 10 sept 10.00 h-24 h	603.1	4.2	2532.0	112.6	19.9	2240.7	490.5	< 0.01		2532.0	2240.7	291.3	100			29.2	0.29	0.77			

Tabel 41. Resultaten van de gravitatie-indikproeven te Winterswijk in chronologische volgorde.

Proef	Beschrijving	Periode start - tijd	AANVOER SURFLUSSLIJF		AFVOER INGEDIKT SLIB			AFVOER OVERLOOP WATER			D.B. BALANS PER PERIODE			D.S. INHOUD		D.S. verloop tijd in h.	Restgevoel in % van afvoer	D.S. belasting in kg/m ² oppervl.	Hydratische belasting in m ³ /m ² /h
			Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	Concentr. in kg/m ³	m ³	Kg d.s.	Concentr. in kg/m ³	m ³	Afvoer in kg	Afvoer in % van afvoer	Afvoer in kg	tijd monster name	Kg d.s.					
2	Slaqroep loeven in de malkker Aanvoer "sterre" continue aanvoertijd ca 9 min. Slaqroep ca 14,5 min. Slaqroep continue ca 6 m ³ /h	Periode 1 a 13 sept 10.00 h-15.00 h b 13 sept 15.00 h-14 sept 10.00 h	3,9	511,3	18,7	439,8	< 0,01	107,8	71,8	+14,0%	439,8	13,9 11.00 h 15.00 h	2338,9 2088,3	23,8 21,2	100%	26,3	0,30	0,77	
			3,7	1848,5	18,8	2766,0	< 0,01	379,6	-407,5	-22,0%	2766,0	-299,7	14,9 13.00 h 15.00 h	1803,8 1392,2	13,2 12,2	100%	31,8	0,31	0,77
3	Slaqroep loeven in de malkker Aanvoer "sterre" continue aanvoertijd ca 13,5 min. Slaqroep ca 10,5 min. Slaqroep continue ca 6 m ³ /h	Periode 1 20 sept 10.00 h-21 sept 10.00 h Periode 2 21 sept 10.00 h-22 sept 10.00 h	4,0	3768,2	18,5	2664,0	1,3	765,8	60,7	+1,8%	3768,2	20,9 11.00 h 14.00 h	2812,2 2687,9	18,0 18,3	72,5%	43,4	0,45	0,77	
			4,2	3870,3	17,4	2602,1	1,3	801,5	426,2	+10,7%	3870,3	3644,1	21,9 11.00 h 14.00 h	2623,8 3174,2	17,7 18,2	73,8%	45,9	0,45	0,77
4	Slaqroep loeven in de malkker Horrewek staat af Aanvoer "sterre" continue aanvoertijd ca 13,5 min. Slaqroep ca 10,5 min. Slaqroep continue ca 5,9 m ³ /h	Periode 1 29 sept 10.00 h-30 sept 10.00 h Periode 2 30 sept 10.00 h-1 okt 10.00 h	4,1	3004,0	14,7	2100,6	1,8	603,3	804,1	+26,5%	3004,0	20,9 11.00 h 14.00 h	3081,7 4482,9	24,5 27,6	82,7%	45,1	0,46	0,77	
			4,5	4290,7	11,2	1889,4	1,8	601,8	4260,7	+32,2%	4290,7	2682,3	20,9 11.00 h 14.00 h	4288,0 4304,4	24,2 23,7	69,8%	49,1	0,45	0,77
5	Slaqroep loeven in de malkker Horrewek discontinue in bedrijf 1 uurtijd 4,5 min. - slaqroep 13,5 min. Aanvoer "sterre" continue aanvoertijd ca 13,5 min. Slaqroep ca 10,5 min. Slaqroep continue ca 5,9 m ³ /h	Periode 1 2 okt 10.00 h-3 okt 10.00 h Periode 2 3 okt 10.00 h-4 okt 10.00 h	6,1	4789,4	20,7	2666,0	1,9	796,2	4789,4	+ 6,7%	4789,4	27,10 11.00 h 14.00 h	3313,4 3341,3	16,8 16,7	68,4%	55,3	0,45	0,77	
			4,7	4478,6	19,3	2754,1	1,7	810,2	4478,6	+ 7,8%	4478,6	4131,4	27,10 11.00 h 14.00 h	3146,4 3313,4	16,9 17,9	69,3%	51,7	0,46	0,77
6	Slaqroep loeven in de malkker Horrewek weer continue in bedrijf Aanvoer continue in werking Slaqroep continue ca 5,9 m ³ /h	Periode 1 5 okt 10.00 h-6 okt 10.00 h Periode 2 6 okt 10.00 h-7 okt 10.00 h	3,8	8110,4	18,8	2675,2	1,2	1465,7	8110,4	+27,4%	8110,4	6,70 11.00 h 14.00 h	- -	- -	71,2%	70,6	0,77	0,77	
			3,1	4984,8	17,4	2472,5	1,0	1465,9	4984,8	+21,0%	4984,8	3838,4	6,70 11.00 h 14.00 h	3118,6 2951,5	15,0 14,2	70,6%	57,8	0,77	0,77
7	Slaqroep loeven in de malkker Horrewek continue in bedrijf Aanvoer "sterre" continue, gestuurd door automatisch gestuurd Slaqroep continue ca 5,6 m ³ /h	Periode 1 26 okt 10.00 h-27 okt 10.00 h Periode 2 27 okt 10.00 h-28 okt 10.00 h	4,9	2468,1	17,6	2347,8	0,03	370,3	2468,1	+ 4,4	2468,1	26,10 11.00 h 14.00 h	3400,5 3424,8	33,8 33,3	~89%	26,5	0,24	0,77	
			5,1	2670,9	16,8	2252,9	0,01	389,6	2670,9	+15,5	2670,9	2266,8	27,10 11.00 h 14.00 h	3536,2 3675,4	31,8 33,0	~89%	30,9	0,25	0,77

Tabel 42. Gravitatie-indikproeven te Winterswijk (vervolg)

Proef	Beschrijving	Periode startdatum - stop	AANVOER SURFLUSSLIJB		AFVOER INGEDEKTE SLIB		AFVOER OVERLOOP WATER		D.S. BALANS PER PERIODE				D.S. verloop tijd in h.	Rechenresultaat in % van de aanvoer	D.S. belasting op kg aanvoer (in 2 jan. 1)	Hydratatiebelasting in m ³ /(kg ² h)		
			Concentr. in m ³	Kg d.s.	Concentr. in m ³	Kg d.s.	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	Aanvoer in kg	Aanvoer slib in kg	Aanvoer slib in % van aanvoer	Nid monster name					Kg d.s.	
8	Slibafvoer tijdens de weektest Houtwerk continue in beschijf 1 uropgebl. 4.5 nov. - 10.00 h Aanvoer "norm" continue, getimed slib automatisch en slibafgevoerd Slibafvoer continue ca. 5.8 m ³ /h	Periode 1 30 okt. 10.00 h - 31 okt. 10.00 h	581,7	2303,0	134,9	2387,7	426,8	0,01	4,3	2303,0	2382,0	- 89,0	- 3,9%	30/10 11.00 h 14.00 h	2062,8 3174,2	31,9 33,1	26,6	0,77
		Periode 2 31 okt. 10.00 h - 1 nov. 10.00 h	469,8	2701,6	133,2	2371,0	332,6	0,4	132,0	2701,6	2604,0	+ 197,6	+ 7,2%	31/10 11.00 h 14.00 h	3007,2 3508,3	28,2 36,6	31,2	0,77
9	Slibafvoer tijdens de weektest Houtwerk continue in beschijf Aanvoer waarbij geoptimaliseerd 0,9 g N. 444 flocculant per kg d.s. op slibafvoer automatisch en slib afgevoerd Slibafvoer continue ca. 5,8 m ³ /h	Periode 1 5 nov. 10.00 h - 6 nov. 10.00 h	966,0	2801,4	132,6	2612,2	833,2	0,01	8,3	2801,4	2620,5	+ 180,8	+ 6,5%	5/11 11.00 h 14.00 h	3279,9 3257,8	27,7 27,9	32,4	0,46
		Periode 2 6 nov. 10.00 h - 7 nov. 10.00 h	983,3	2851,6	132,4	2714,2	865,9	0,03	26,5	2851,6	2738,7	+ 111,9	+ 3,9%	6/11 11.00 h 14.00 h	3564,0 3508,3	30,8 29,5	32,9	0,47
10	Slibafvoer tijdens de weektest Houtwerk continue in beschijf Aanvoer waarbij geoptimaliseerd 0,7 g N. 444 flocculant per kg d.s. op slibafvoer automatisch en slib afgevoerd Slibafvoer continue ca. 4,8 m ³ /h	Periode 1 8 nov. 10.00 h - 9 nov. 10.00 h	651,0	2446,7	115,4	2411,9	546,6	0,01	-	2446,7	2411,9	+ 33,8	+ 1,4%	8/11 11.00 h 14.00 h	3452,6 3675,4	33,9 36,1	28,2	0,77
		Periode 2 9 nov. 10.00 h - 10 nov. 10.00 h	580,3	2437,3	115,7	2387,7	464,6	- 0,01	-	2437,3	2287,7	+ 169,6	+ 7,0%	9/11 11.00 h 14.00 h	3536,2 2768,9	34,8 37,9	28,2	0,77
11	Slibafvoer tijdens de weektest Houtwerk continue in beschijf Aanvoer "norm" continue, vermindert slibafvoer automatisch en slibafgevoerd Slibafvoer continue ca. 5,8 m ³ /h	Periode 1 a 6 jan. 10.00 h - 15.00 h	238	571,2	29	810,4	208	0,1	20,8	571,2	531,3	+ 38,9	+ 7%	6/1 10.00 h 14.00 h	2283,2 2366,7	21,3 22,1	31,7	0,55
		b 6 jan. 15.00 h - 7 jan. 10.00 h	908,7	1999,1	110,2	1896,4	798,5	0,1	79,7	1996,1	1976,3	+ 23,8	+ 1,2%	7/1 10.00 h 14.00 h	2472,4 2728,7	25,4 26,4	29,3	0,55
		Periode 2 1 t/m 17 jan. 10.00 h - 7 jan. 10.00 h	1146,7	2570,3	138,2	2406,8	1007,6	0,1	100,8	2570,3	2506,6	+ 63,7	+ 2,5%	8/1 10.00 h 14.00 h	3283,2	21,7	28,7	0,55
		a 7 jan. 10.00 h - 15.00 h	254,6	534,7	29	507,6	225,6	- 0,01	2,3	534,7	500,8	+ 24,9	+ 4,7%	7/1 10.00 h 14.00 h	2472,4 2728,7	22,5 26,4	29,6	0,59
		b 7 jan. 15.00 h - 8 jan. 10.00 h	929,4	2044,7	110,2	1862,4	819,2	- 0,01	8,2	2044,7	1870,6	+ 174,1	+ 8,5%	8/1 10.00 h 14.00 h	2283,2	21,7	29,8	0,56
		2 t/m 17 jan. 10.00 h - 8 jan. 10.00 h	1184,0	2578,4	139,2	2369,9	1044,8	- 0,01	10,5	2578,4	2380,4	+ 198,0	+ 7,7%	9/1 10.00 h 14.00 h	3283,2	21,7	29,8	0,57

Tabel 43. Gravitatie-indikproeven te Winterswijk (vervolg)

Proef / beschrijving	Proefdatum + tijd	AANVOER OPLOSSLIJKB			AFVOER INGEDEINT SLIB			AFVOER OVERLOOP WATER			D.S. BALANS PER PERIODE				D.S. INHOUD		D.S. verbleef tijd in h.	Rendement in % van de aanvoer	D.S. belasting in kg /m ² /min.	Hydraulische belasting in m ³ /m ² /h	
		Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Concentr. in kg/m ³	Kg d.s.	m ³	Aanvoer in kg	Afvoer in kg	Aanvoer afvoer in % van aanvoer	tijd monster name	Kg d.s.	gem.				bij aanvoer	
12. Slibafvangst ca. 2 m onder de wateroppervl. Roccevrak continuus en batchaf Aanvoer: armir. continue, gescheiden slabst. activering en slibafvangst Slibafvoer: continuus ca. 5,8 m ³ /h	Periode 1		50,3	326,2	17,3	16,4	283,7	42	< 0,01	326,2	283,7	+ 42,6	+ 13,0 %	10/1 8.00 h	1726,3	0,23	30,1	0,23	0,77		
	a	10 jan 9.00 h-12.00 h	64,9	337,8	17,3	16,6	285,6	47,6	< 0,01	337,8	285,6	+ 52,0	+ 15,4 %	13.00 h	1784,2	0,26	31,2	0,26	0,77		
	b	10 jan 12.00 h-15.00 h	64,9	337,8	17,3	17,1	296,8	47,6	< 0,01	337,8	296,8	+ 41,7	+ 12,4 %			0,25	31,2	0,25	0,77		
	c	10 jan 15.00 h-18.00 h	65,6	341,1	17,3	17,0	294,1	49,3	< 0,01	341,1	294,1	+ 47,0	+ 13,8 %			0,25	31,5	0,25	0,77		
	d	10 jan 18.00 h-21.00 h	60,0	300,0	17,3	17,1	296,8	42,7	< 0,01	300,0	296,8	+ 4,2	+ 1,4 %			0,23	27,7	0,23	0,77		
	e	10 jan 21.00 h-24.00 h	133,9	738,5	34,6	17,7	612,4	89,3	< 0,01	738,5	612,4	+ 124,1	+ 16,9 %			0,26	34,0	0,26	0,77		
	f	11 jan 0.00 h-3.00 h	51,8	278,7	17,3	17,4	301,0	34,5	< 0,01	278,7	301,0	- 21,3	- 7,6 %			0,20	25,8	0,20	0,77		
	g	11 jan 3.00 h-6.00 h	50,4	265,8	138,4	17,1	236,8	362,0	< 0,01	265,8	236,8	+ 290,2	+ 10,9 %			0,24	30,7	0,24	0,77		
	h	1 tot 1 10 jan 9.00 h-11 jan 9.00 h	63,5	330,2	17,3	17,4	301,0	46,2	< 0,01	330,2	301,0	+ 29,2	+ 8,8 %			0,24	30,5	0,24	0,77		
	i	11 jan 9.00 h-12.00 h	44,9	273,9	17,3	18,0	311,4	27,6	< 0,01	273,9	311,4	- 37,6	- 13,7 %	11/1 8.00 h	2060,6	0,17	25,3	0,17	0,77		
	j	11 jan 12.00 h-15.00 h	66,2	430,3	17,3	18,0	311,4	48,9	< 0,01	430,3	311,4	+ 118,9	+ 37,6 %	13.00 h	1831,4	0,26	38,8	0,26	0,77		
	2. Tot 1.11 jan 19.00 h-12 jan 9.00 h	a	11 jan 15.00 h-18.00 h	62,1	383,9	17,3	17,9	308,7	40,0	< 0,01	383,9	308,7	+ 74,2	+ 19,3 %			0,22	35,5	0,22	0,77	
b		11 jan 18.00 h-21.00 h	62,1	386,0	17,3	17,4	301,0	44,8	< 0,01	386,0	301,0	+ 84,0	+ 21,8 %			0,24	35,6	0,24	0,77		
c		11 jan 21.00 h-24.00 h	124,9	674,5	34,6	17,5	606,5	90,3	< 0,01	674,5	606,5	+ 69,0	+ 10,2 %			0,24	31,2	0,24	0,77		
d		12 jan 0.00 h-3.00 h	65,6	367,4	17,3	18,0	311,4	48,3	< 0,01	367,4	311,4	+ 56,0	+ 16,2 %	12/1 9.00 h	1893,4	0,26	33,9	0,26	0,77		
e		12 jan 3.00 h-6.00 h	484,5	2845,2	138,4	17,7	2451,4	346,1	< 0,01	2845,2	2451,4	+ 393,8	+ 13,8 %			0,23	32,9	0,23	0,77		
f		12 jan 6.00 h-9.00 h																			

Tabel 44. Gravitatie-indikproeven te Winterswijk (vervolg)

Proef nr.	Datum	AANVOER		RECIRCULATIE			Droge stofconcentratie in de slib	Droge stofconcentratie in de overloopwater	Lucht-hoefheid	Droge stofconcentratie in de overloopwater	Dikte draakverende sliblaag	Slib-spiegel	Slib-inhoud van flot. cel	Slibver-blijftijd	Tijd	Opmerkingen
		Droge stofconcentratie	Temperatuur	Droge stofbelasting	Debiet	Vrijkomende lucht										
		kg/m ³	°C	kg/h	m ² /h	m ³ /h	cm/min.	kg/m ³	g lucht/g d.s.	kg/m ³	cm	cm onder oppervl.	kg	h	h	
1	2 nov.	5,88 6,55	11,5	32	3,0	69	27	49 38	0,005	0,4 0,6	30	30	20	0,7	11,20 12,30 13,50	Start Profiel genomen
2	3 nov.	6,15 6,0 5,9 5,0	11,0	25,0	3,0	69	27	52 52 44 42	0,006	0,47 0,32 0,29 0,27	50 50 40	50	30	1,2	10,15 11,15 12,15 13,45 16,00	Start Profiel genomen Profiel genomen Profiel genomen 0,08 m ³ bodemslib afgeplaat, d.s. concentratie 3,45 kg/m ³
3	7 nov.	6,7	11,0	26,8	1,3	68	27	78	0,0023	0,74	10	77	70	2,4	11,30 14,50	Start Profiel genomen Storing: Verstopping van de aanvoertrommels
4	9 nov.	5,56 5,43	11,0	18,8	5,0	73	27	39,5 38	0,013	0,43 0,45	6	50 50	23	1,2	10,40 13,40 14,50	Start Profiel genomen
5	10 nov.	5,65 6,22	10,5	26,3 25,1	5,0	73	27	41,5 40,7	0,010 0,009	0,52 0,65	8	50 50	55	2,1	11,20 13,50 14,50	Start Profiel genomen Profiel genomen + 0,08 m ³ bodemslib afgeplaat, d.s. concentratie 4,4 kg/m ³
6	18 nov.	9,01 9,27 9,06 11,96	10,0	5,0	5,0	68	27	35,4 37,5 36,8	0,016	0,25 0,15 0,17	7	73 75	40	2,5	11,30 12,15 13,15 14,15 15,00	Start Profiel genomen Profiel genomen Profiel genomen
7	21 nov.	6,1 6,0	10,0	13,5	1,0	70	27	77,6 78,6 74,7	0,004	0,19 0,54	8	80 80	70	5	11,45 13,15 14,30 15,20	Start Profiel genomen Profiel genomen, proef afgebroken slib in recirculatiewater, kret verstopt
8	22 nov.	5,62 5,95 5,99	9,5	13,8	1,7	67	27	68,6 47,9 45,2	0,008	0,22 0,19 0,14	8	70 70	42	3	12,30 14,00 14,50 16,20	Start Profiel genomen
9	25 nov.	6,04 6,17 6,32	8,5	15,2	3,0	69	27	56,3 44,7 41,0	0,01	0,16 0,14 0,13	9	50 50	18	1,2	12,20 13,15 14,30 16,00	Start Profiel genomen Profiel genomen, 0,12 m ³ bodemslib afgeplaat
10	12 dec.	4,04 4,05 3,93 3,73	9,0	9,2	0,9	68	27	122,5 98,7 82,0 78,2	0,005	0,16 0,16 0,20 0,11	7	50	50	4,5	12,00 13,00 14,00 14,30 15,30 16,00 16,40	Start, door 2 weken pauze sterk uitge- droogde drijfslag, bodemslib afgeplaat Profiel genomen Vooraf nu is er een debiet van ongeveer slib, daarvoor alleen overloopwater Drijfslagruimer draait continu Profiel genomen 0,6 m ³ afgeplaat, d.s. concentratie 2,27 kg/m ³

Tabel 45. Resultaten van de flotatie-indikproeven te Hoogezand in chronologische volgorde.

Proef nr	Datum	Debiet m ³ /h	AANVOER		Droge stofbelasting kg/h	RECIRCULATIE			Drogestofconcentratie in g/l	Drogestofconcentratie in g/m ³	Luchtvochtigheid g d.s.	Drogestofconcentratie in overloopwater kg/m ³	Dikte draaiende slijblaag cm	Slibspiegel cm onder oppervl.	Slibinhoud van flot. cel kg	Sliber-blijftijd h	Tijd h	Opmerkingen	
			Droge stofconcentratie kg/m ³	Temperatuur °C		Debiet m ³ /h	Vrijkomende lucht ml/l	Drijflaagruimer snelheid cm/min											
11	13 dec.	2,4	4,68	9,0	10,5	3,0	68	143		63,7	0,013	0,21					10,20	Start	
			4,33							47,5		0,20					65	Profiel genomen	
			4,24							43,7		0,13					65	0,15 m ³ bodemslib afgeplat, d.s. concn traise 6,0 kg/m ³	
			4,20							40,1		0,10						Profiel genomen	
			4,27							41,6		0,22					50	30	2,7
12	14 dec.	2,4	4,41	10,2	10,2	5,0	68	238	27	44,6	0,023	0,11					16,00	Aeratie vanaf 17,00 h gepand, daarboor zakt de aanvoerconcentratie.	
			4,46							42,9		0,27						Profiel genomen	
			2,07							46,9		0,16						18,00	
			0,78							52,3		0,18						19,00	
			4,24							53,5		0,12						8,30	Start
13	15 dec.	4,3	4,15	10,0	17,3	1,2	65	55	27	71,3	0,003	0,22					11,40	Start	
			3,85							75,8		0,24						12,40	Reducereniveau verstoort
			4,37							98,8		0,32						13,40	Profiel genomen
			4,09							53,1		0,34						14,40	Drijflaagruimer heft van 15,30 16,30 continue gedraaid
			4,02							48,1		0,48						15,40	Profiel genomen, 0,4 m ³ bodemslib afgeplat, d.s. concentratie 5,0 kg/m ³
14	16 dec.	4,4	3,67	10,3	18,5	2,8	68	140	27	54,4	0,0076	0,38					11,00	Start	
			3,76							40,2		0,18						12,10	Profiel genomen
			4,22							38,1		0,62						13,10	
			4,47							41,3		0,54						14,10	
			4,15							41,2		0,48						15,10	
15	19 dec.	4,5	3,77	10,2	16,5	5,0	69	242	27	40,8	0,015	0,22					11,40	Start	
			3,72							38,9		0,21						12,40	Profiel genomen
			3,54							40,6		0,19						13,20	Profiel genomen
			3,95							36,1		0,56						14,20	Profiel genomen
			4,63							54,2		0,20						15,20	Profiel genomen
16	21 dec.	2,4	3,71	10,0	10,0	3,0	65	137	14,8	53,6	0,014	0,27					11,40	Start	
			4,07							52,5		0,22						12,40	Profiel genomen
			4,03							53,2		0,21						13,40	Profiel genomen
			3,86							51,9		0,20						14,40	Profiel genomen
			4,26							77,0		0,22						15,40	Profiel genomen
17	27 dec.	2,4	3,26	9,5	9,1	3,0	68	143	7,8	46,4	0,022	0,22					11,40	Start	
			3,19							65,4		0,14						12,50	Profiel genomen
			3,95							57,8		0,39						13,50	Profiel genomen
			4,32							60,8		0,21						14,55	Profiel genomen
			4,32							60,8		0,21						15,50	Profiel genomen

Tabel 46. Flotatie-indikproeven te Hoogezand (vervolg)

*) Start van nieuwe proefopstelling

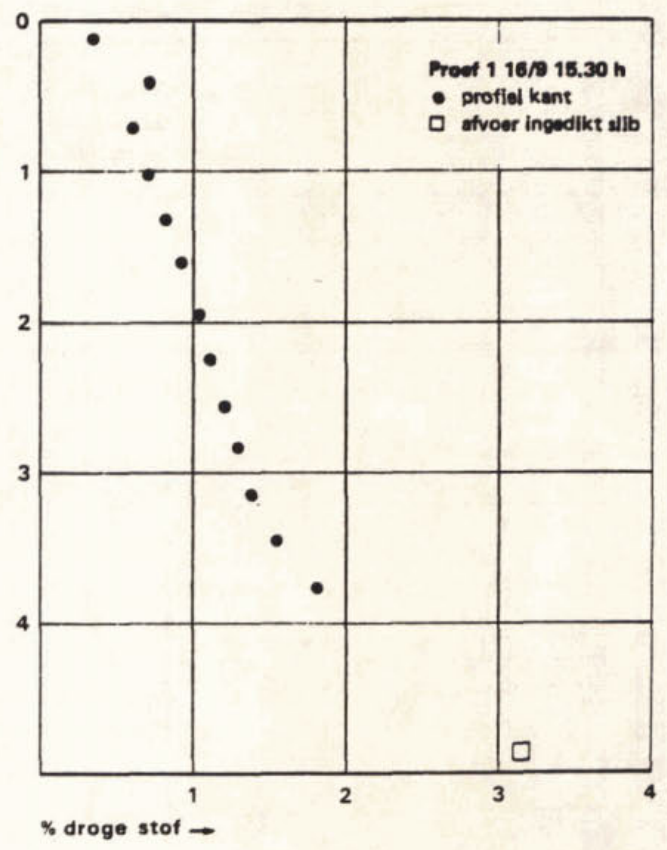
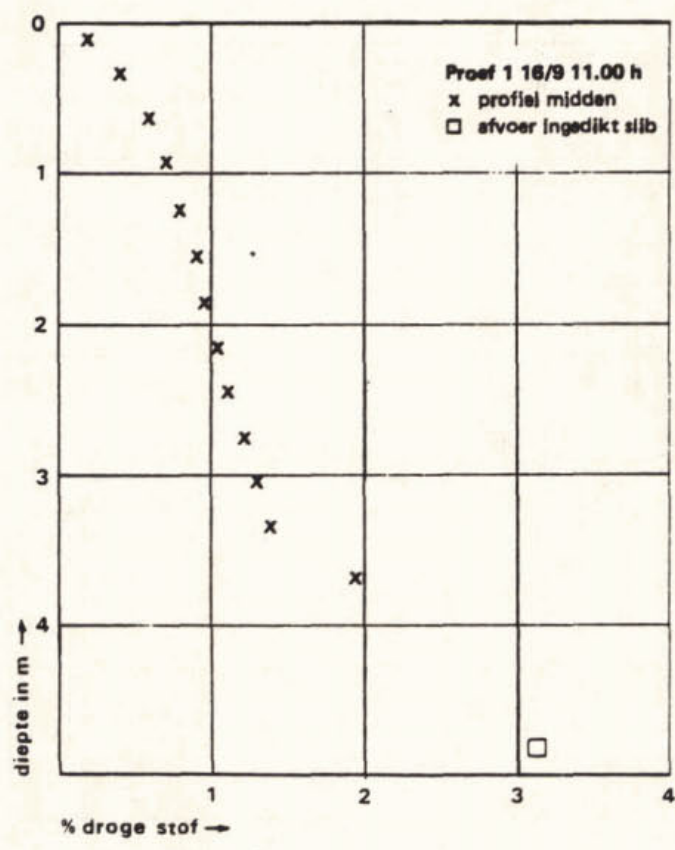
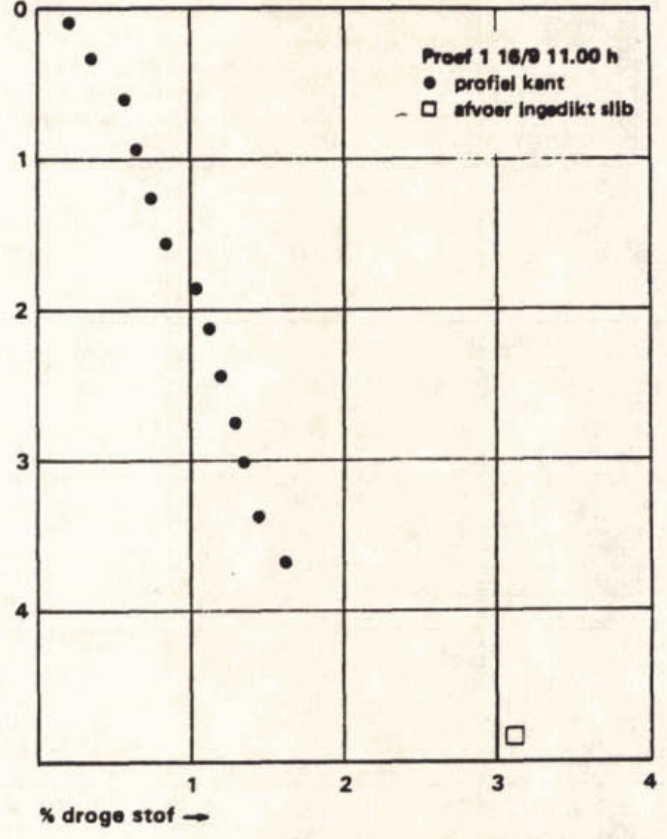
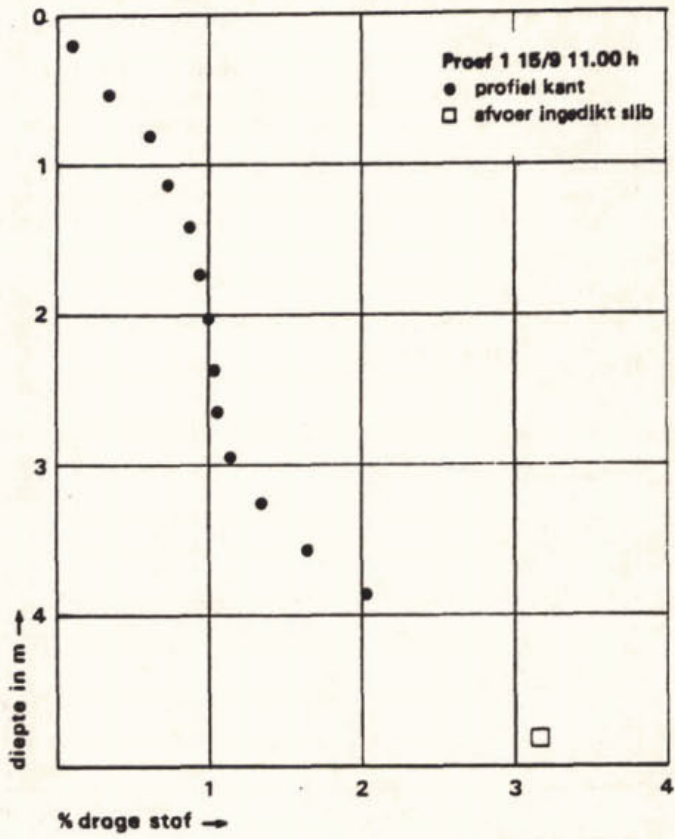


Fig. 39. Slibprofielen tijdens gravitatie-indikproeven te Hoogezand

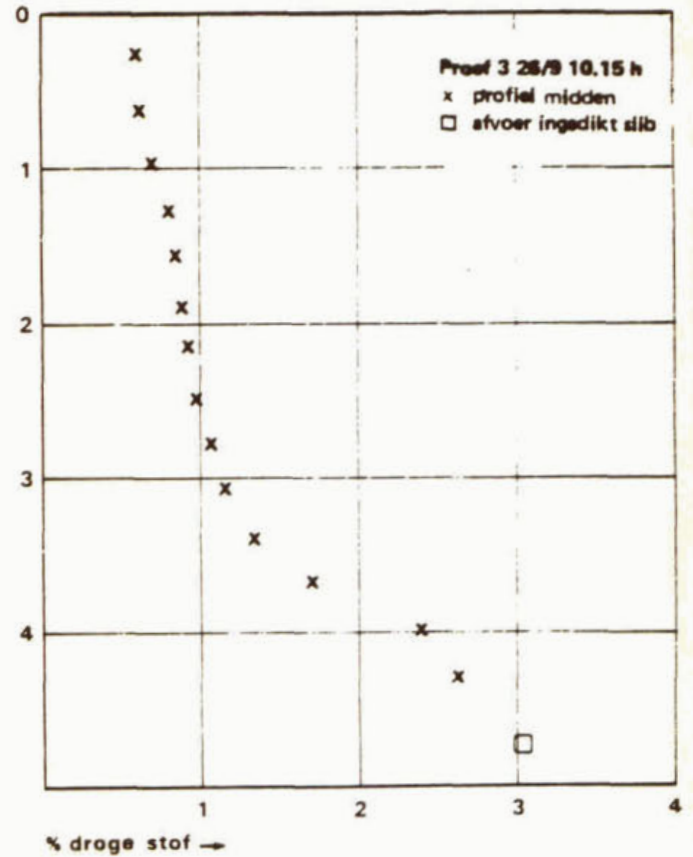
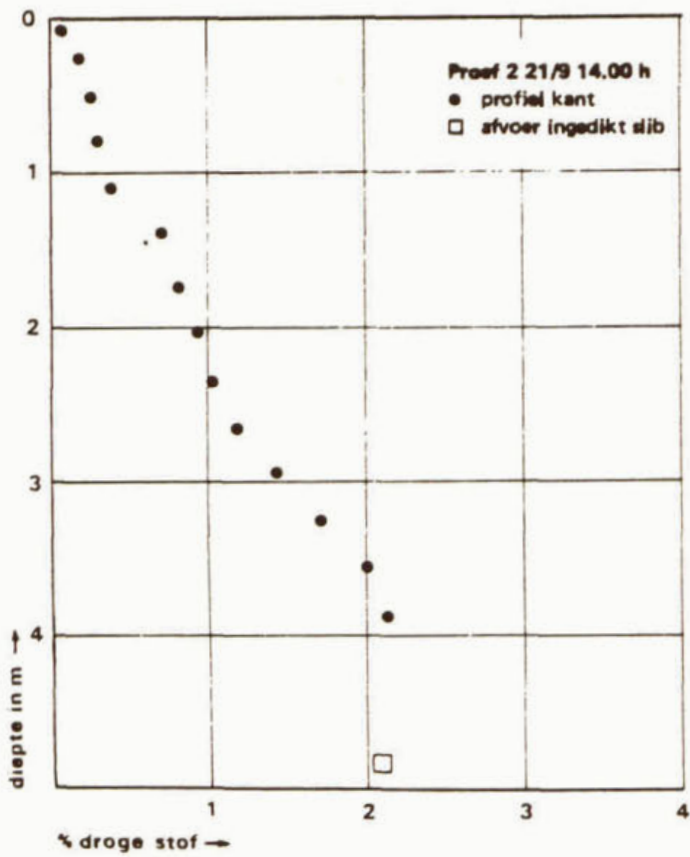
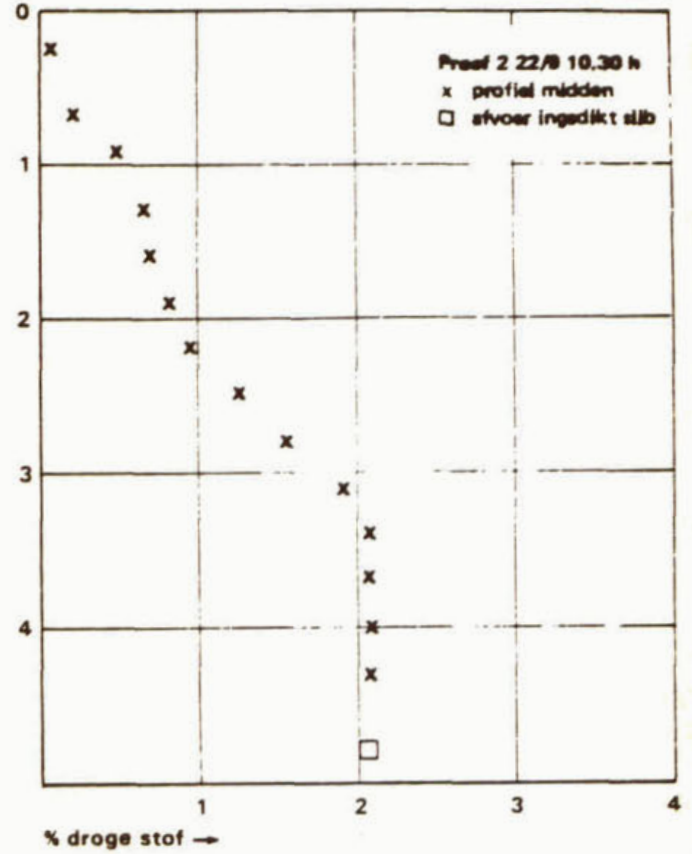
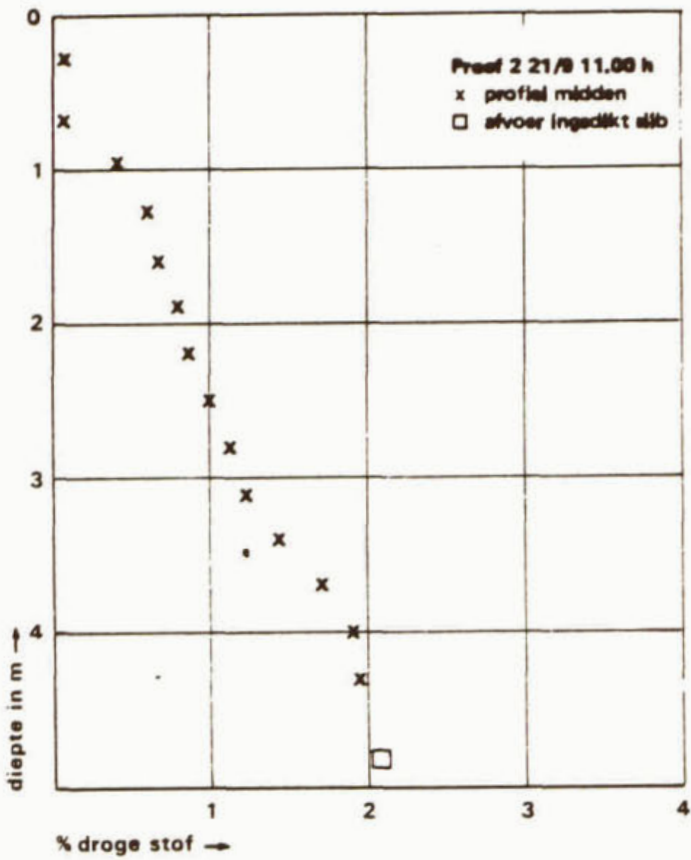


Fig. 40. Slijbprofielen gravitatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

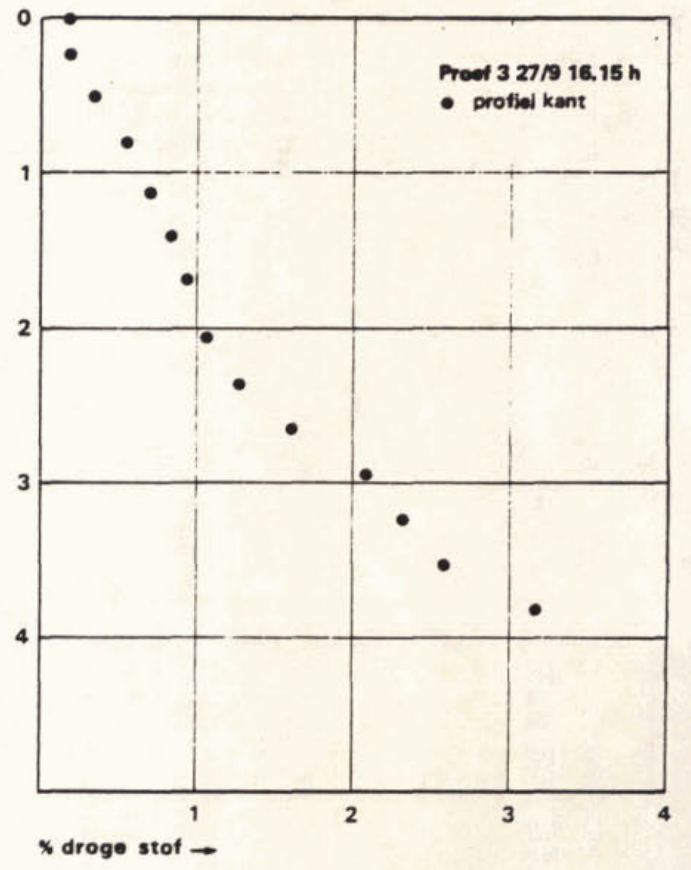
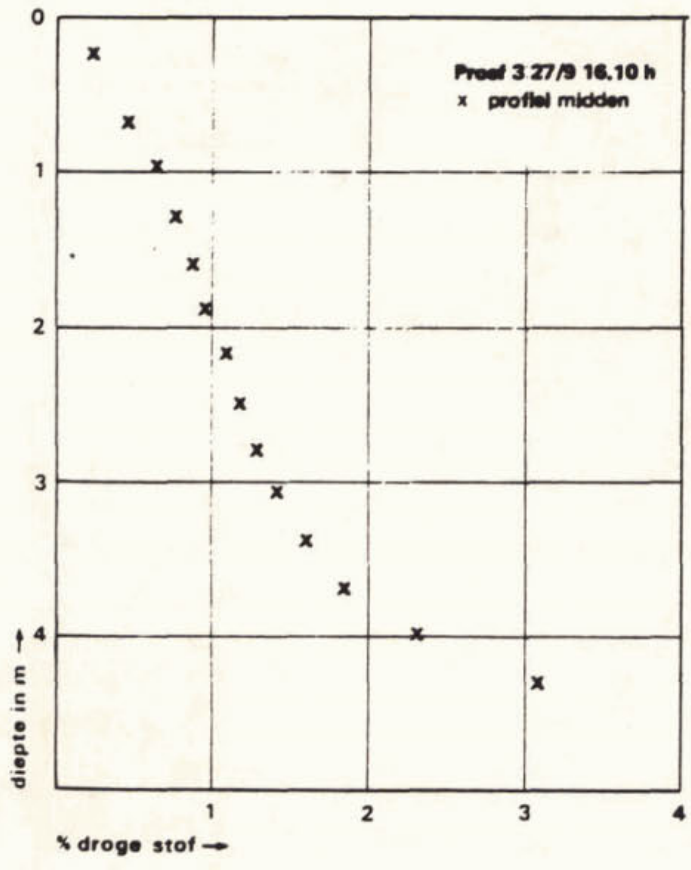
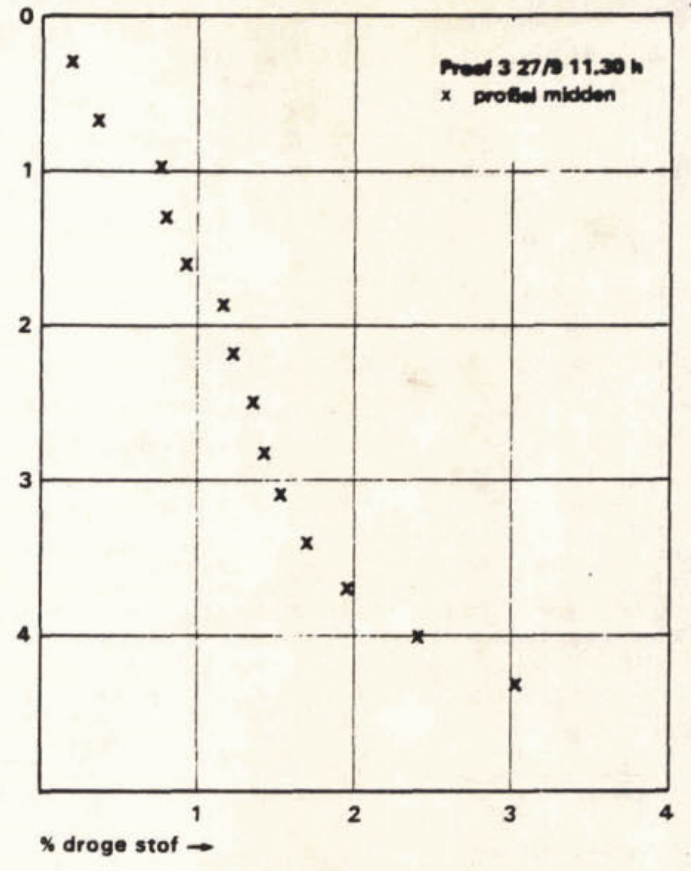
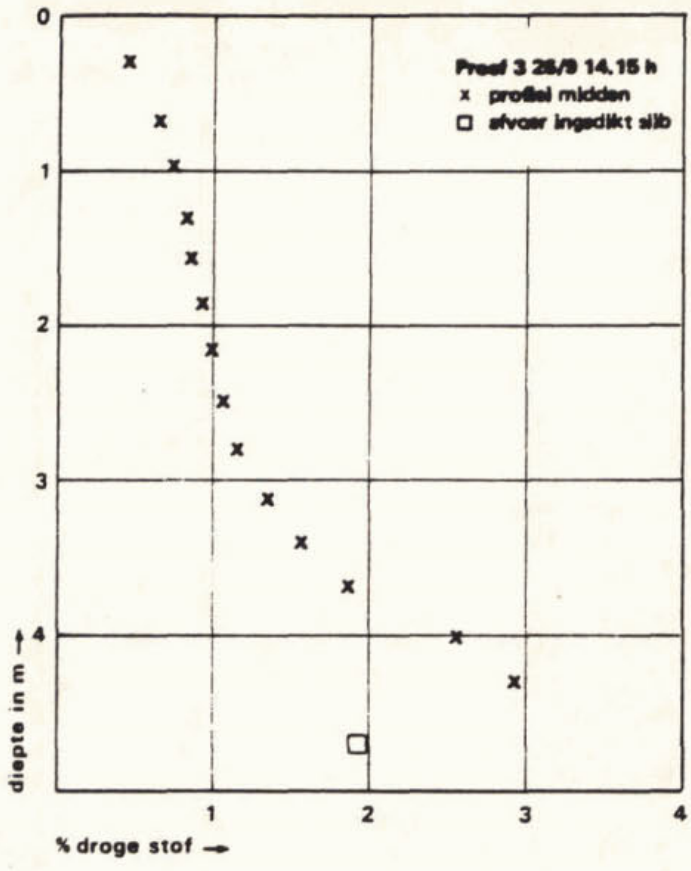


Fig. 41. Slibprofielen gravitatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

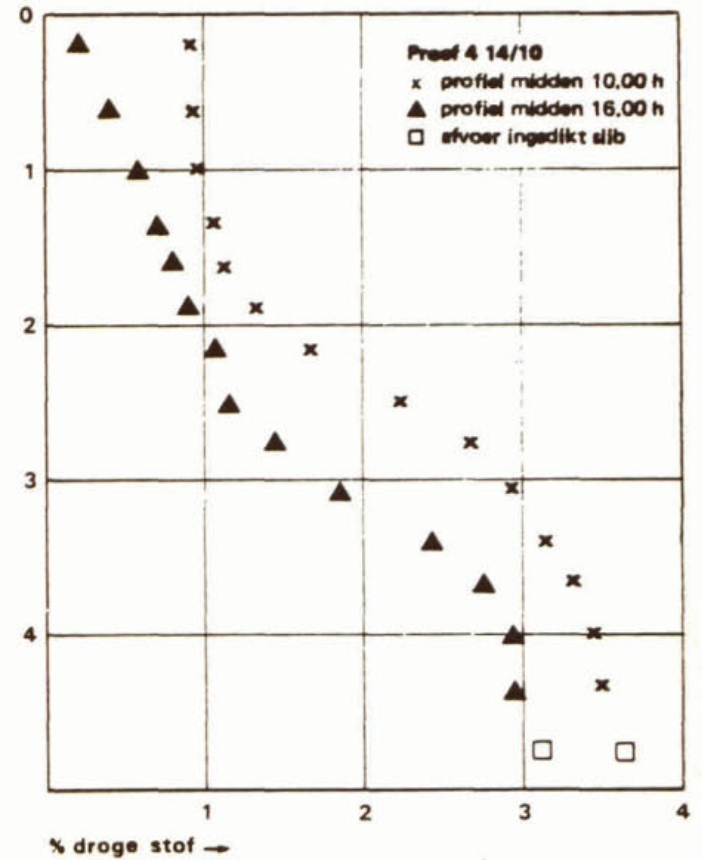
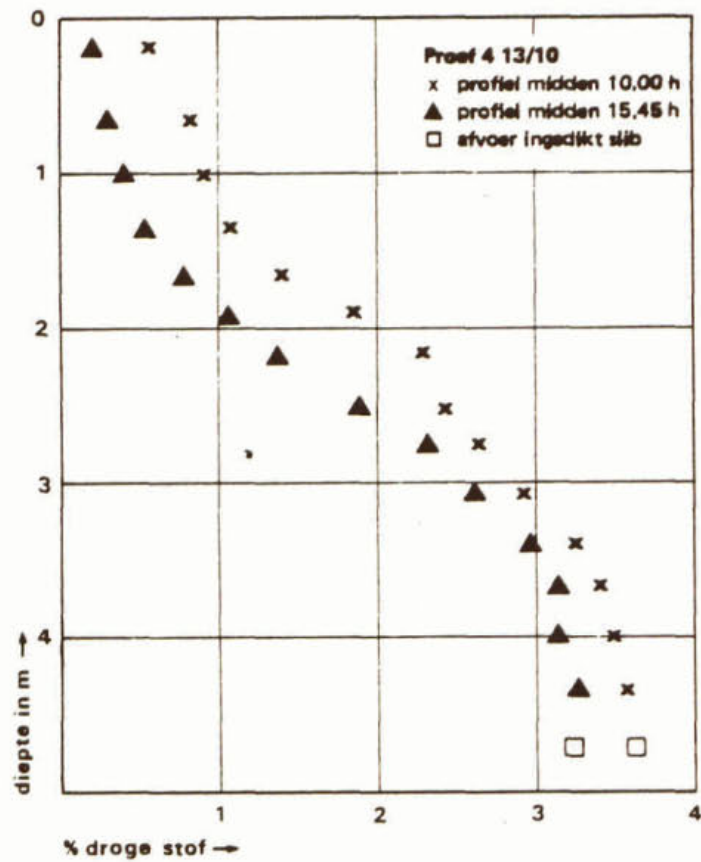
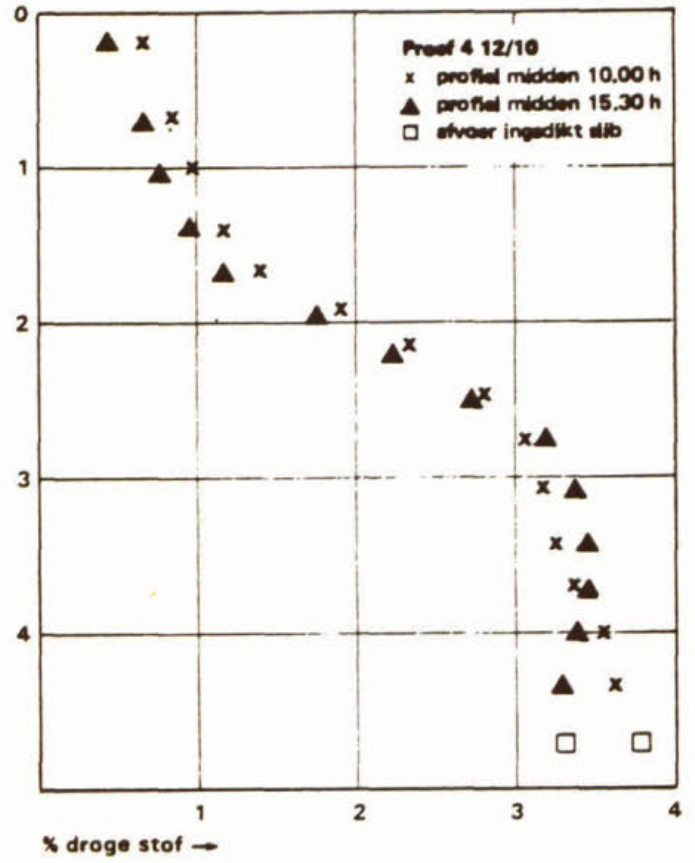
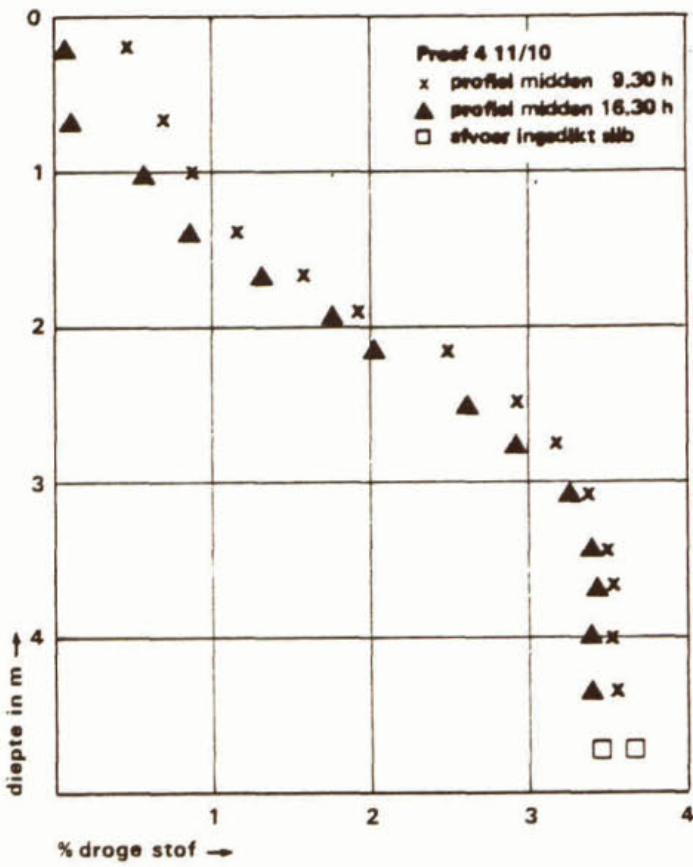


Fig. 42. Slibprofielen gravitatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

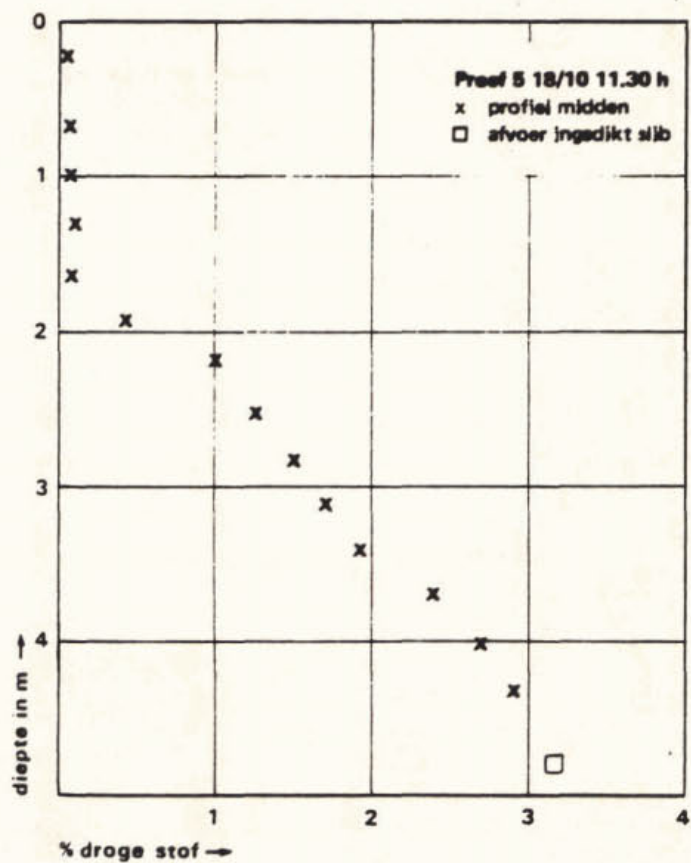
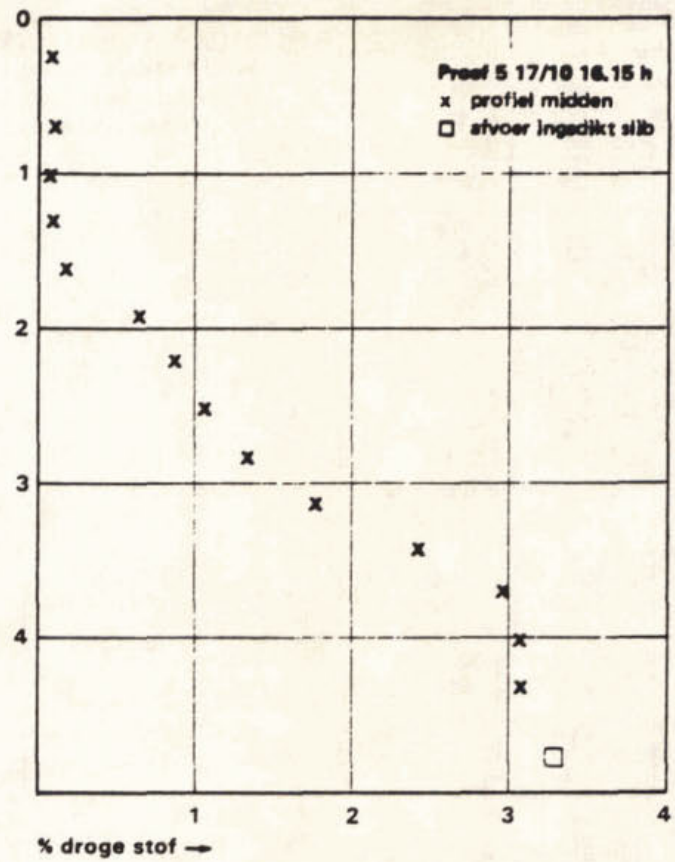
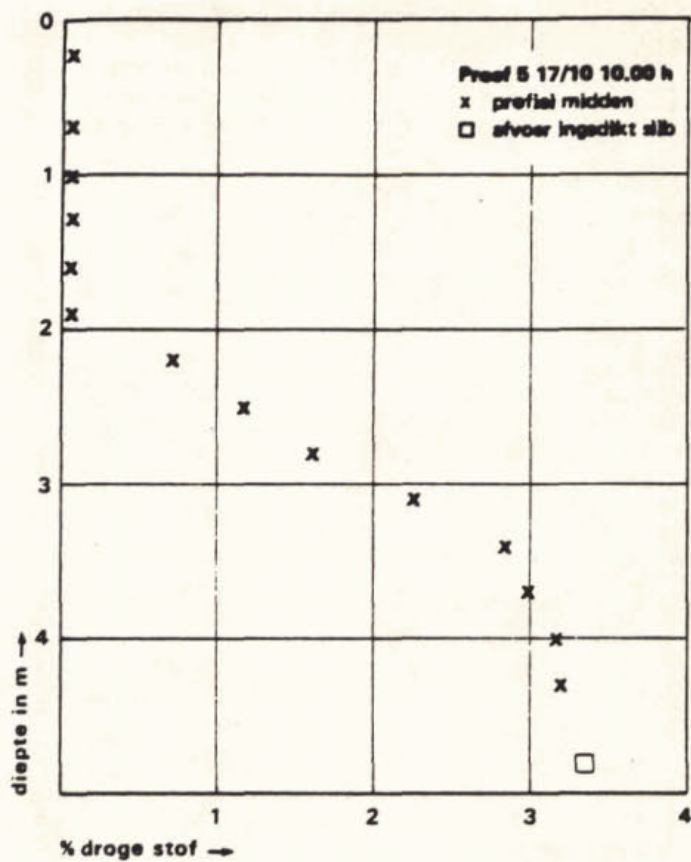


Fig. 43. Slibprofielen gravitatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

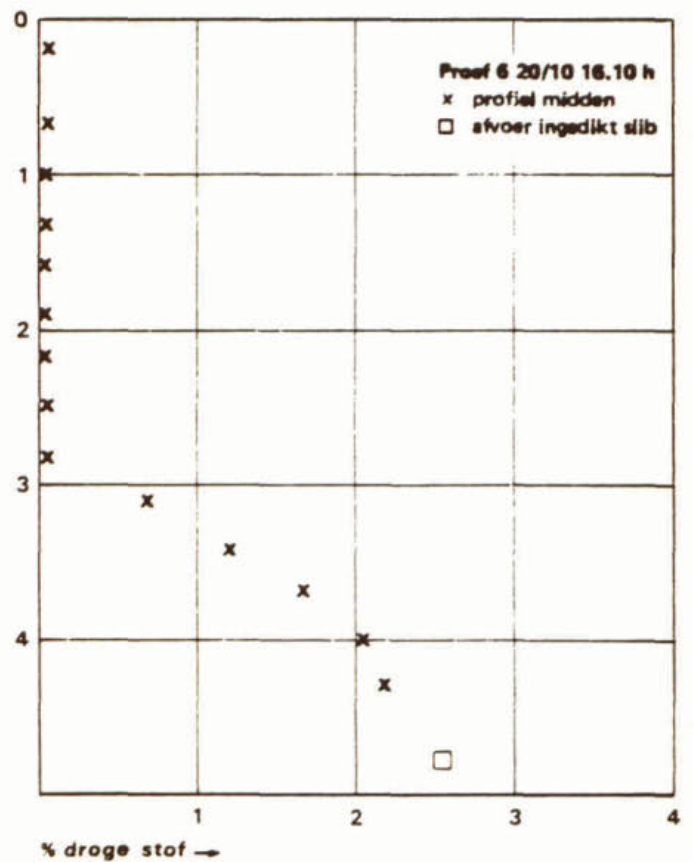
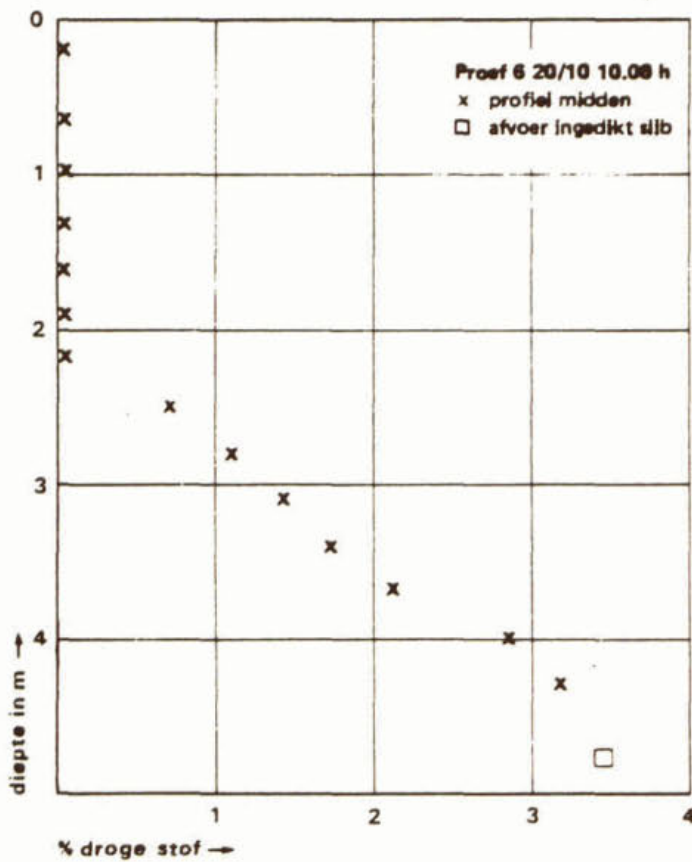
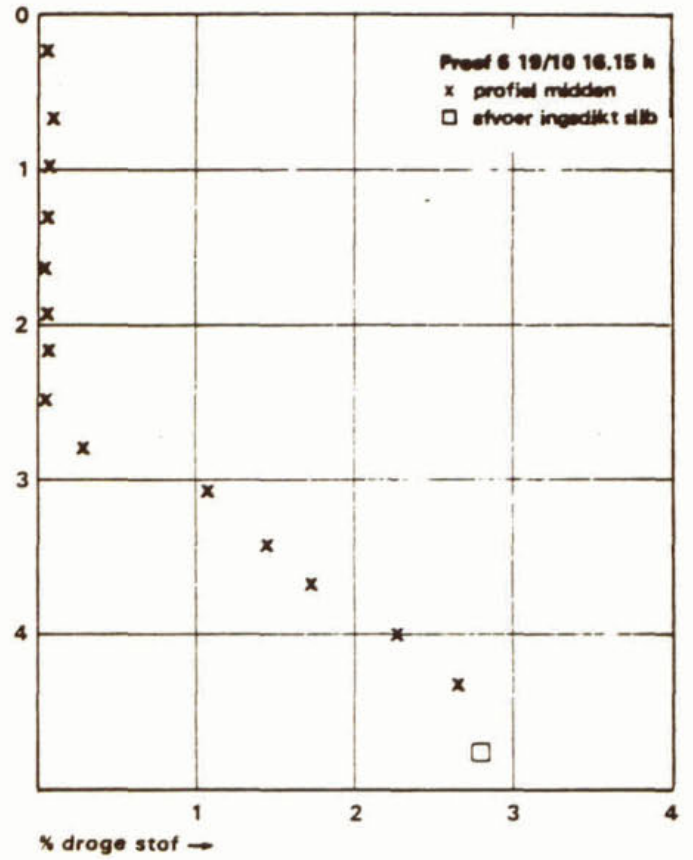
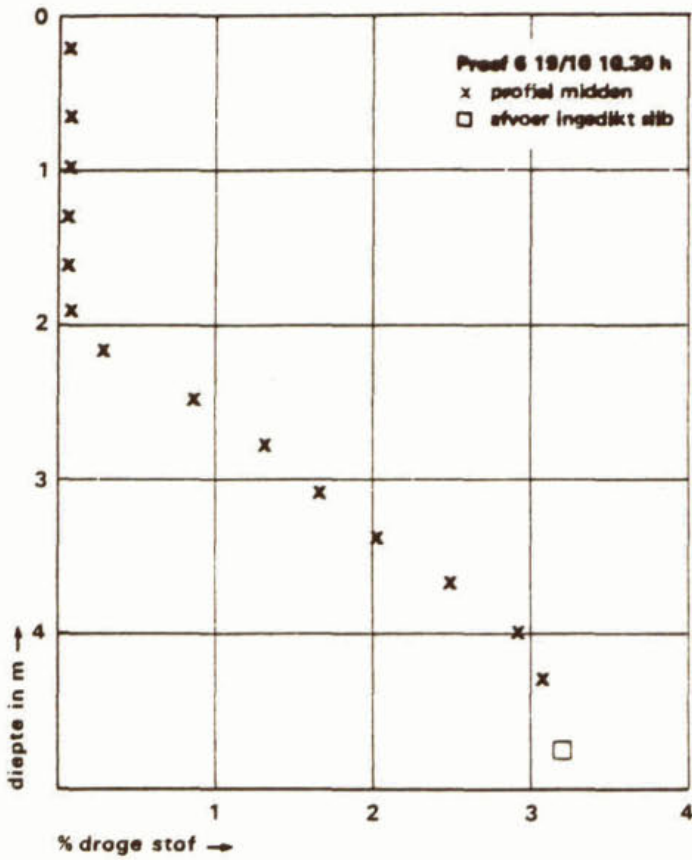
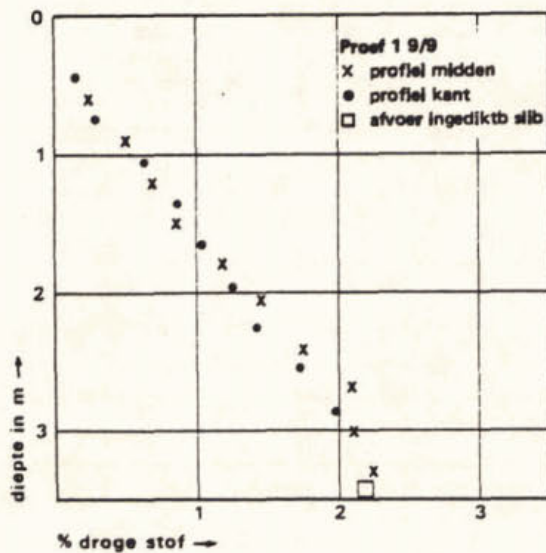
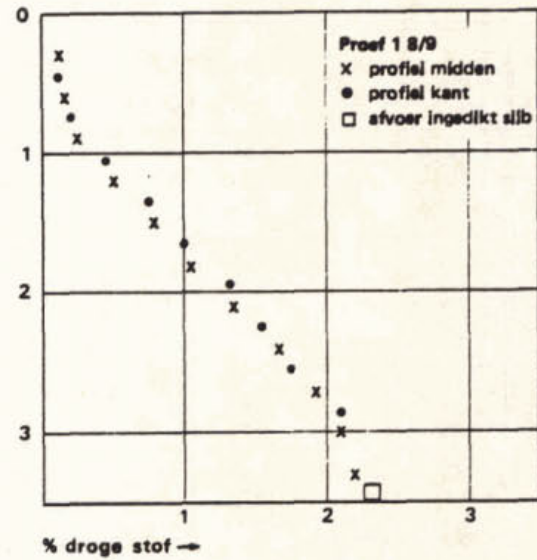
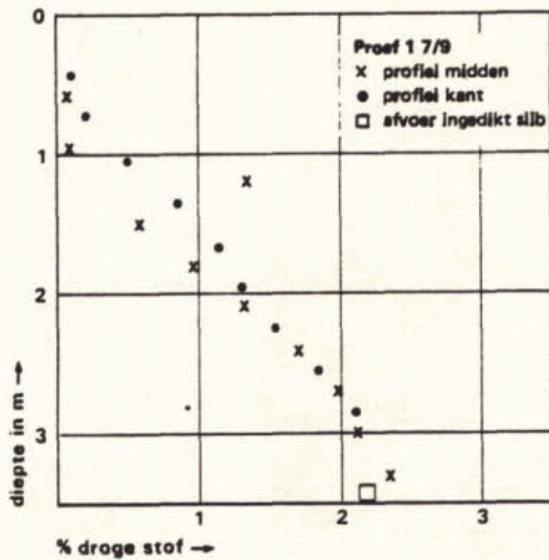
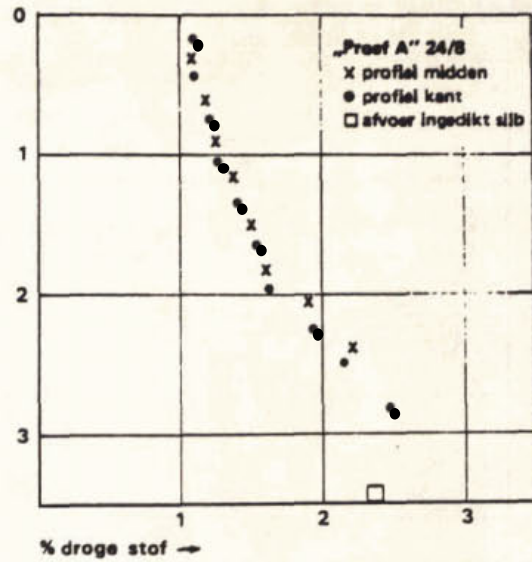
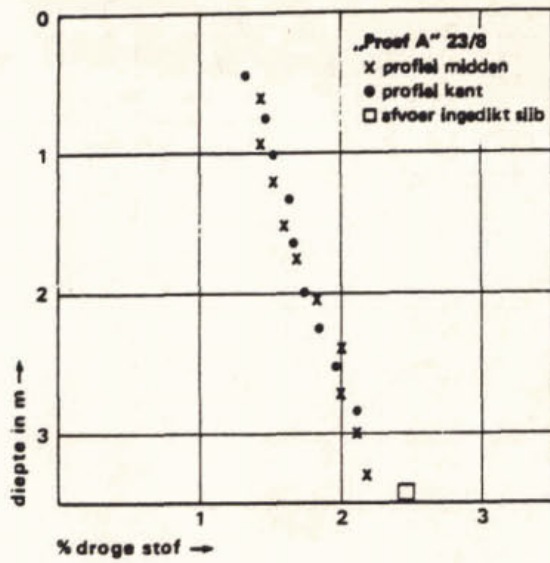


Fig. 44. Slibprofielen gravitatie-indikking te Hoogezand (vervolg)



N.B.: In Winterswijk zijn alle profielen om ± 14.00 h genomen.

Fig. 47. Slibprofielen tijdens gravitatie-indikproeven te Winterswijk

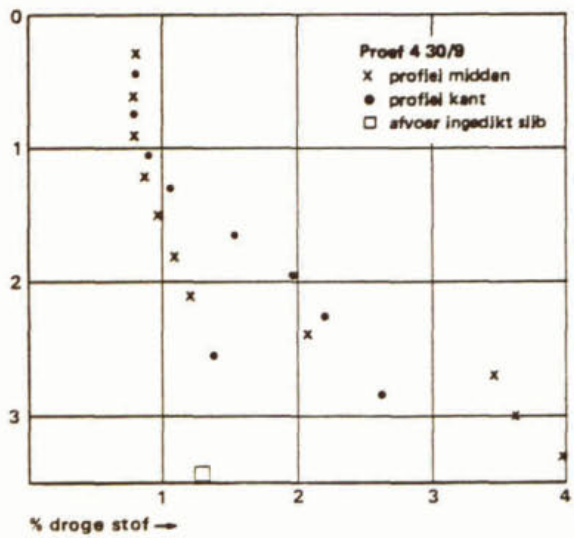
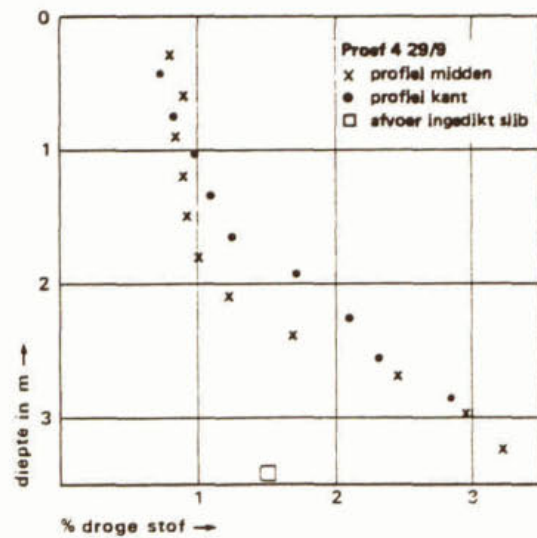
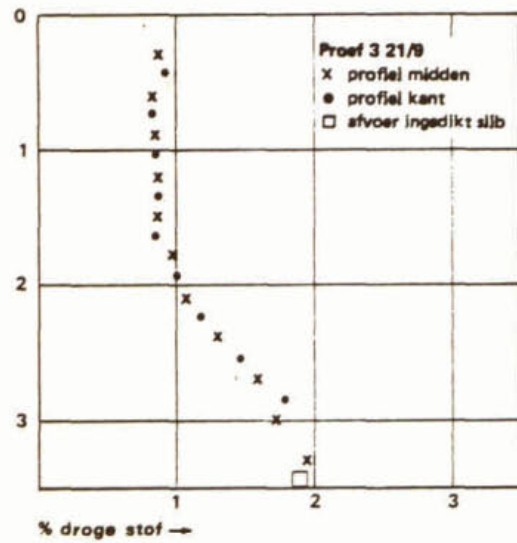
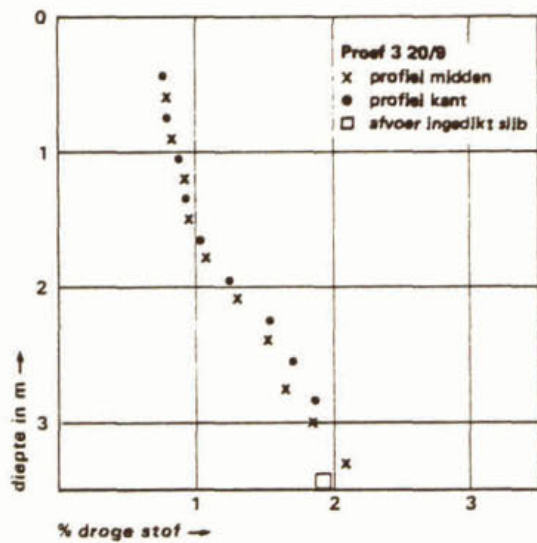
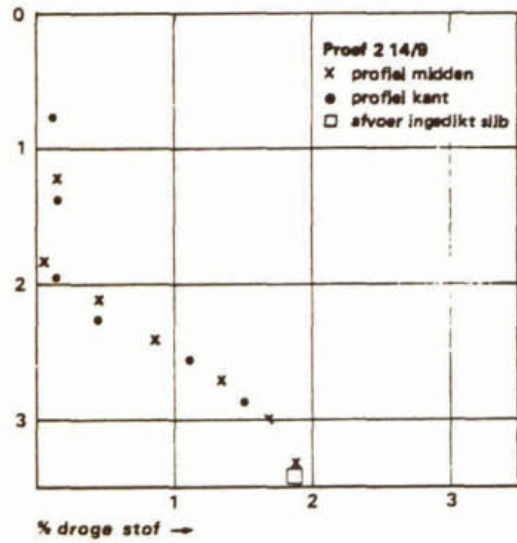
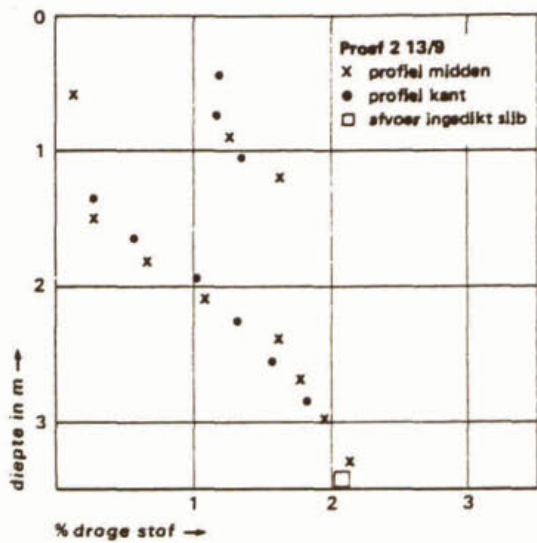


Fig. 48. Slijbprofielen gravitatie-indikking te Winterswijk (vervolg)

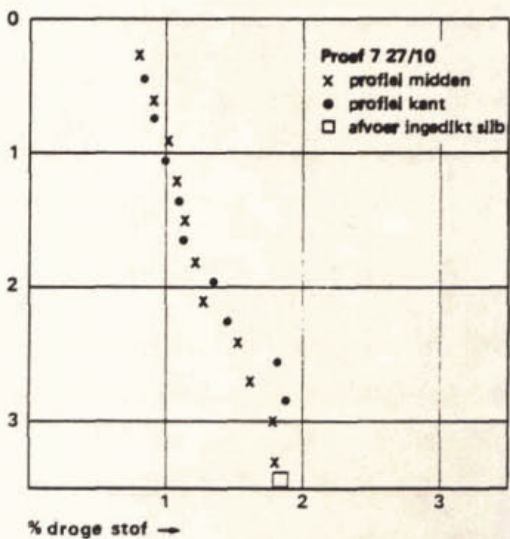
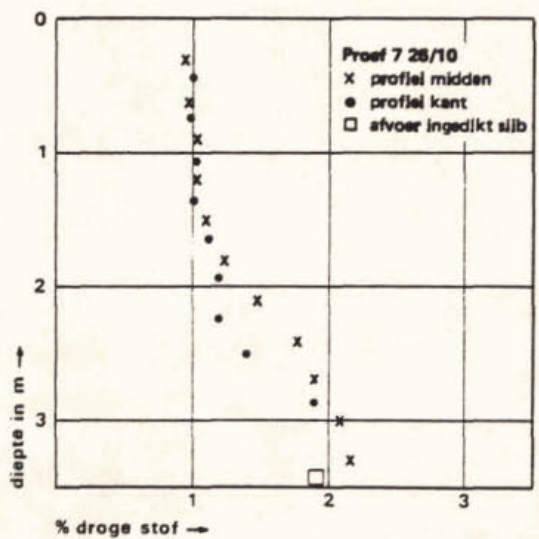
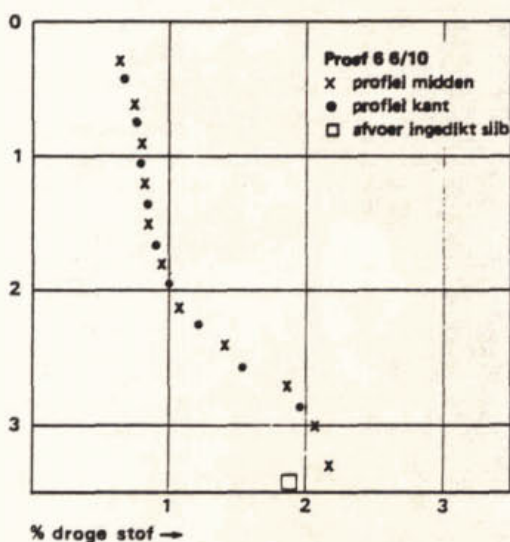
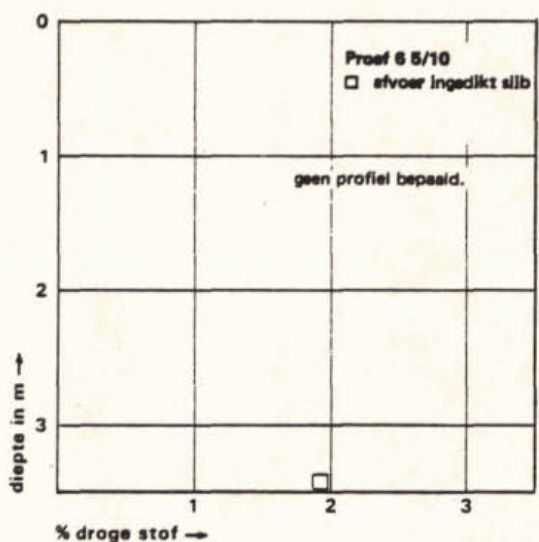
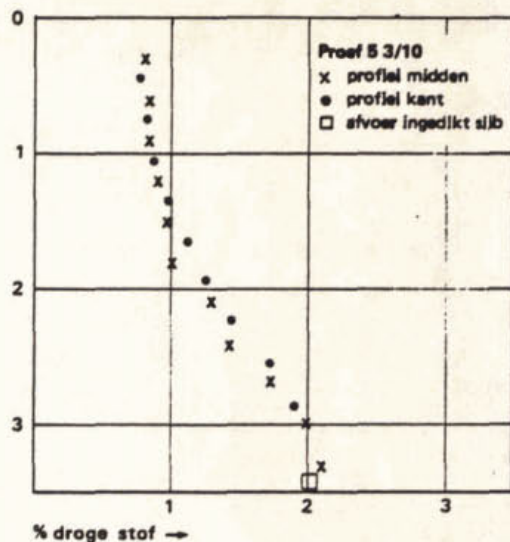
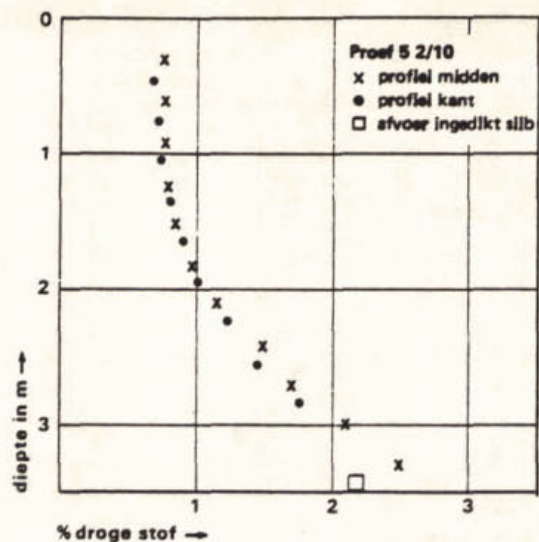


Fig. 49. Slibprofielen gravitatie-indikking te Winterswijk (vervolg)

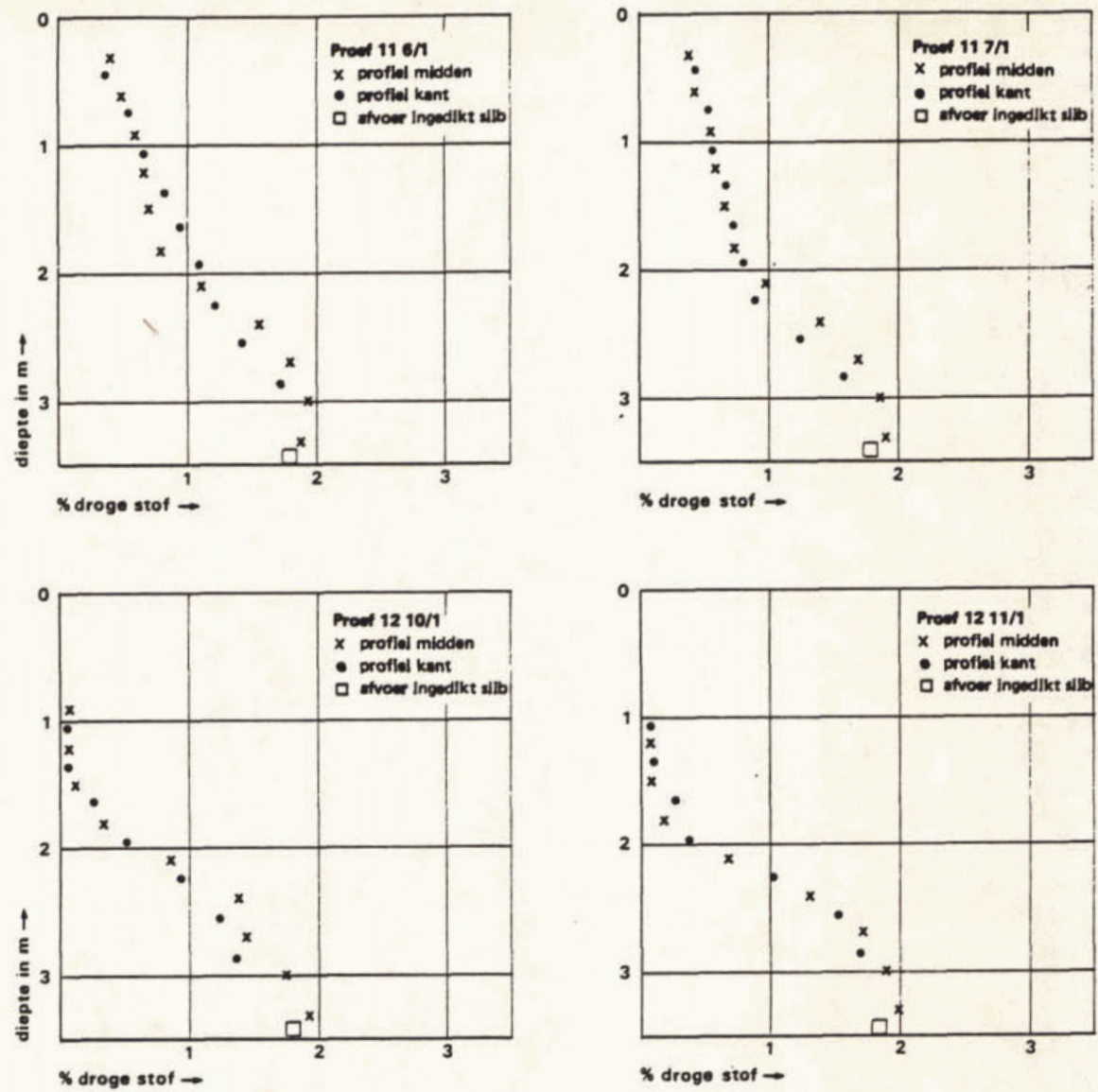
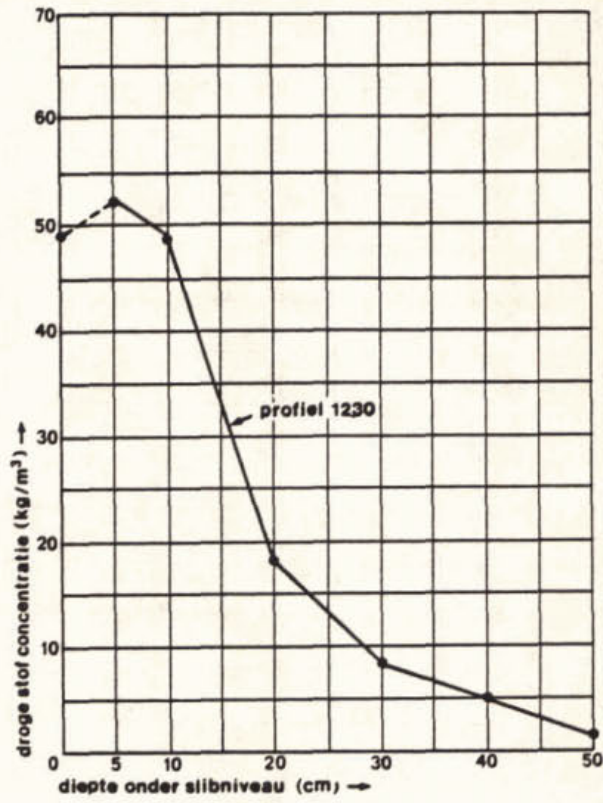


Fig. 51. Slijbprofielen gravitatie-indikking te Winterswijk (vervolg)

proef nr.1 dat. 2 nov.



proef nr.2 dat. 3 nov.

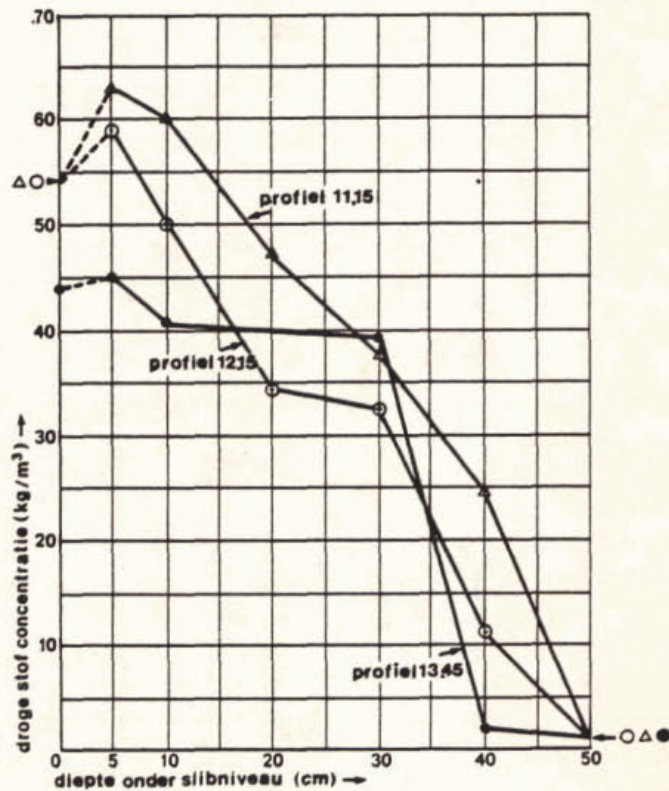
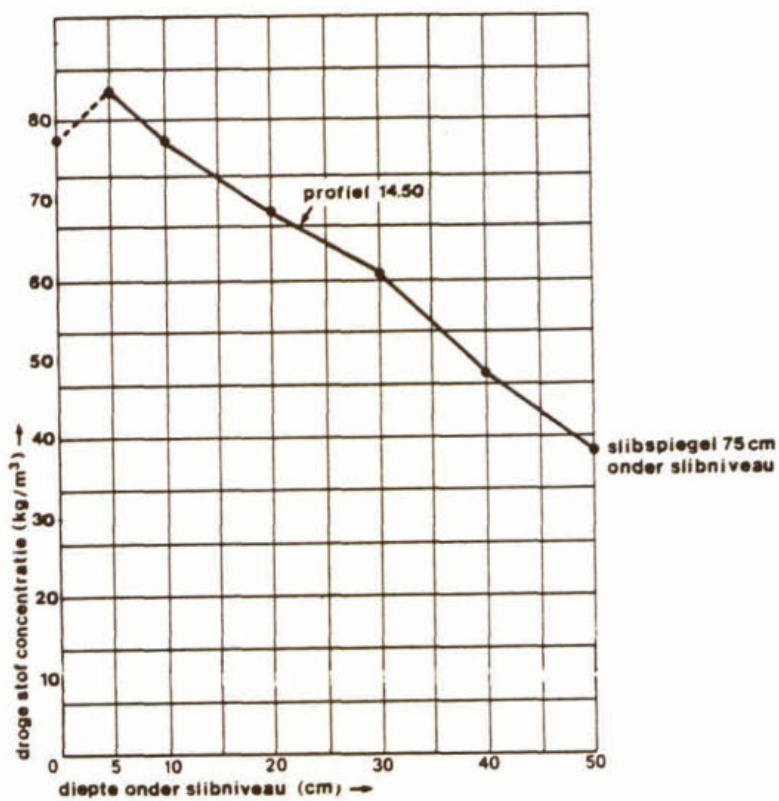


Fig. 52. Slibprofielen tijdens flotatie-indikproeven te Hoogezand

proef nr.3 dat. 7 nov.



proef nr. 4 dat. 9 nov.

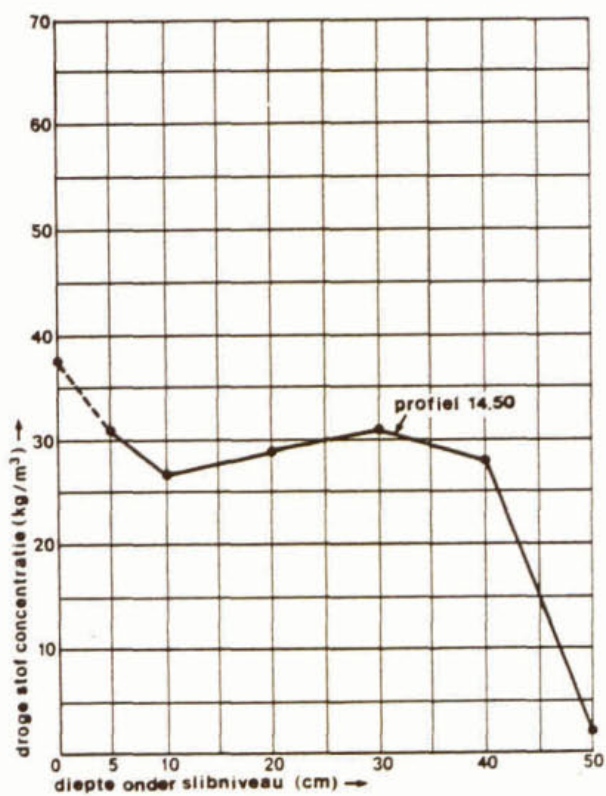
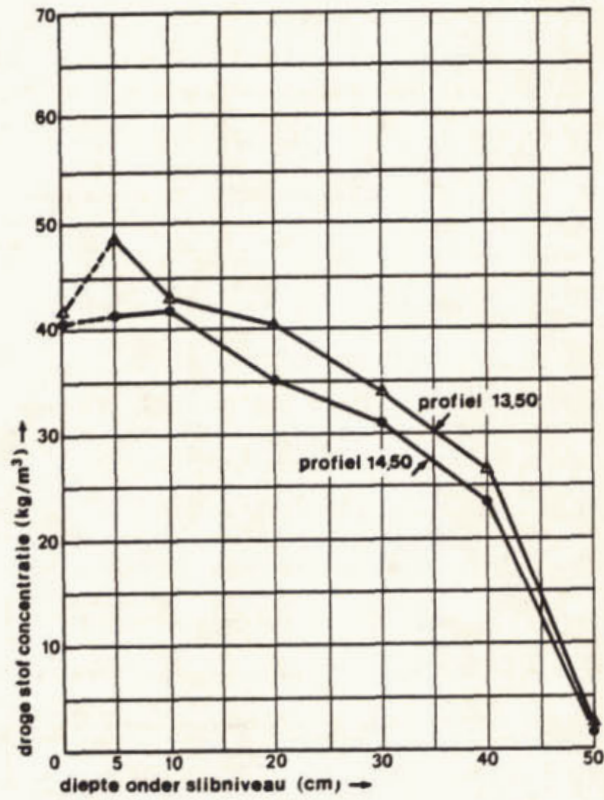


Fig. 53. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

proef nr.5 dat. 10 nov.



proef nr.6 dat. 18 nov.

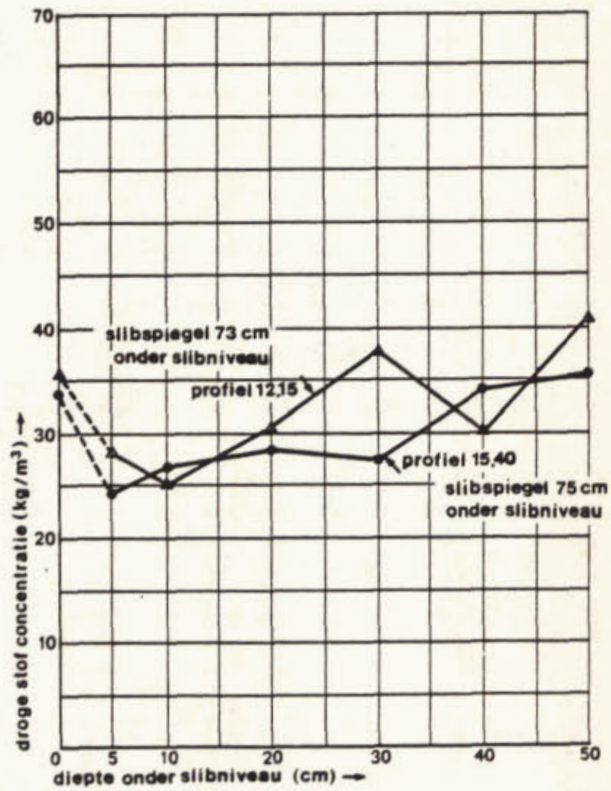
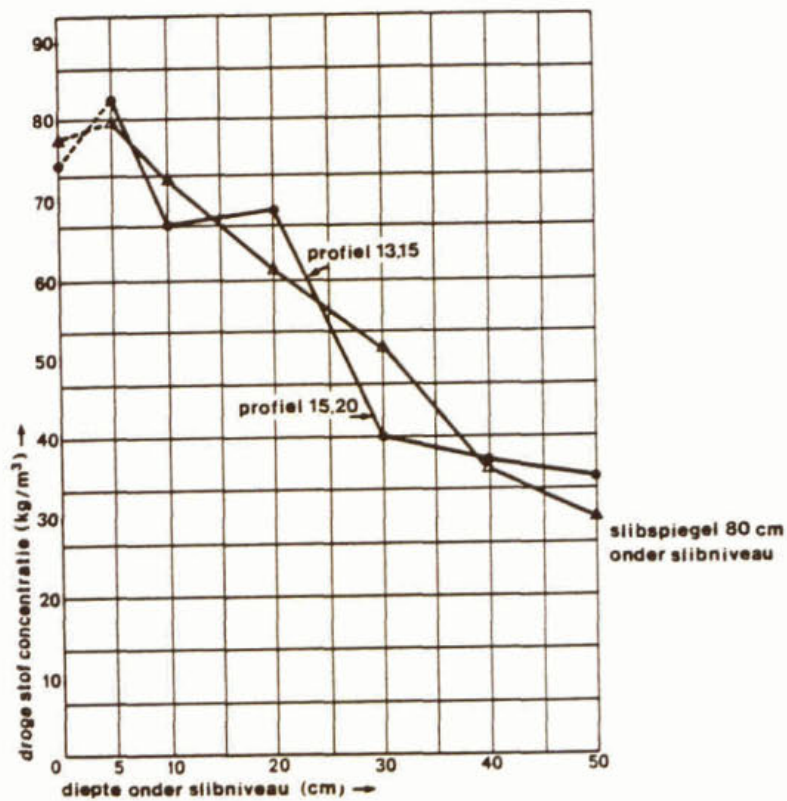


Fig. 54. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

proef nr.7 dat. 21 nov.



proef nr.8 dat. 22 nov.

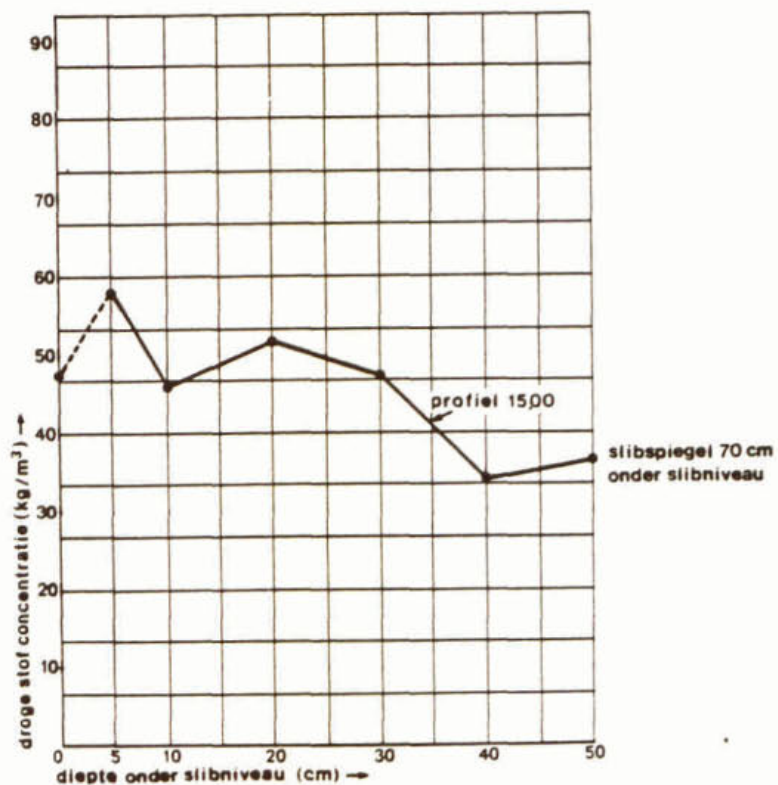
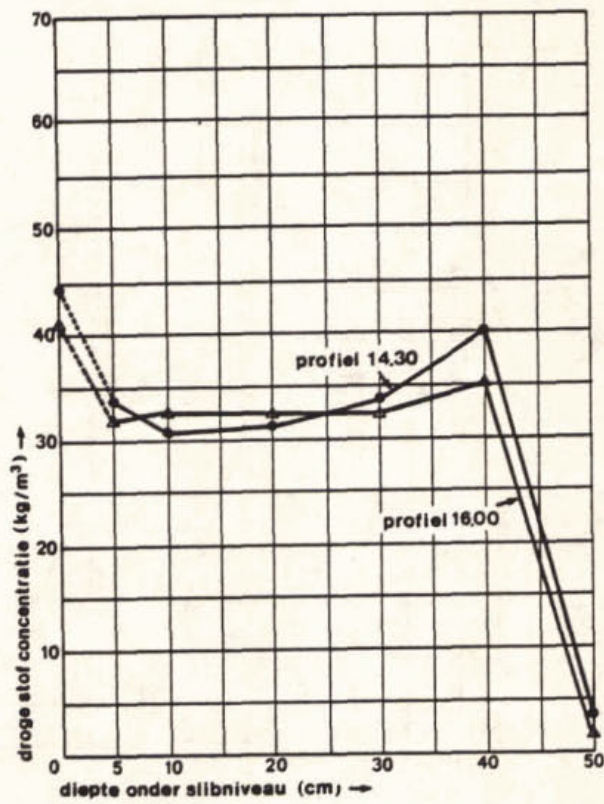


Fig. 55. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

proef nr.9 dat. 25 nov.



proef nr.10 dat.12 dec.

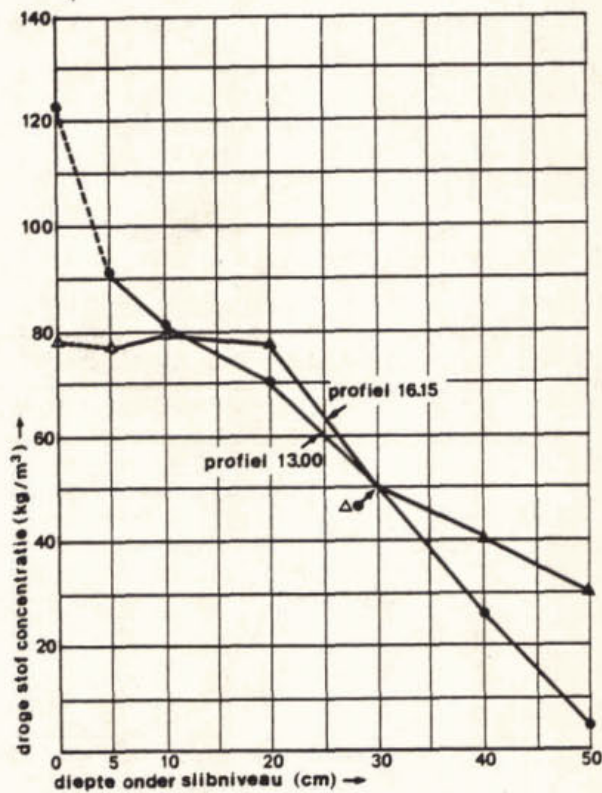
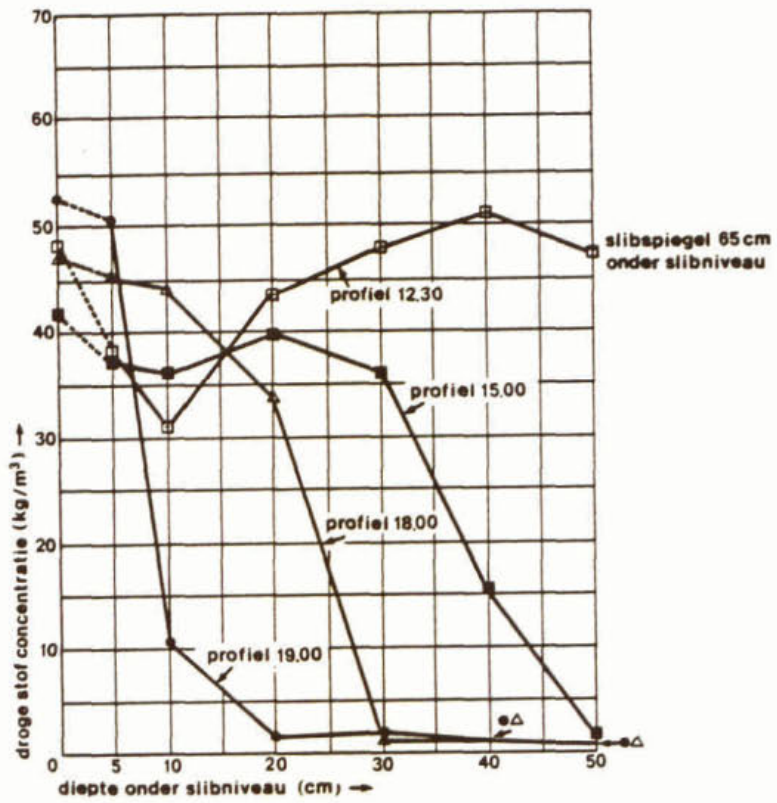


Fig. 56. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

proef nr.11 dat. 13 dec.



proef nr.12 dat.14 dec.

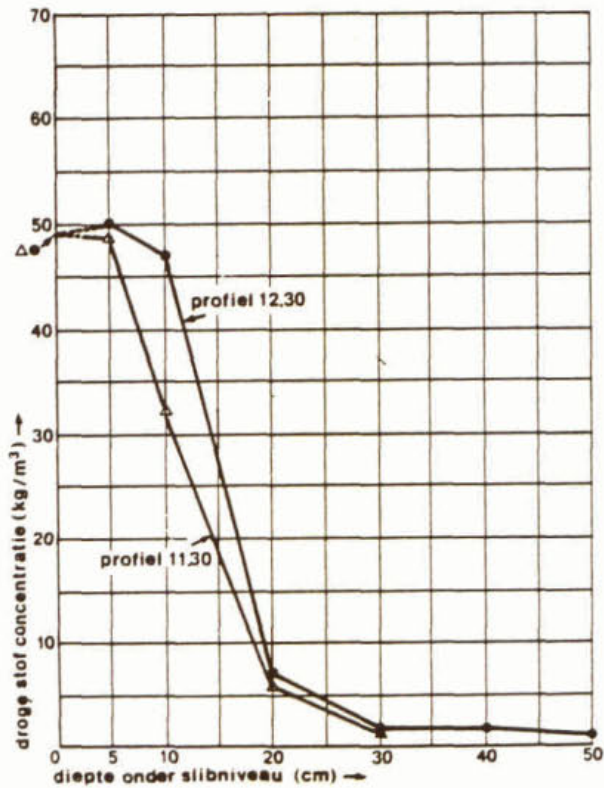
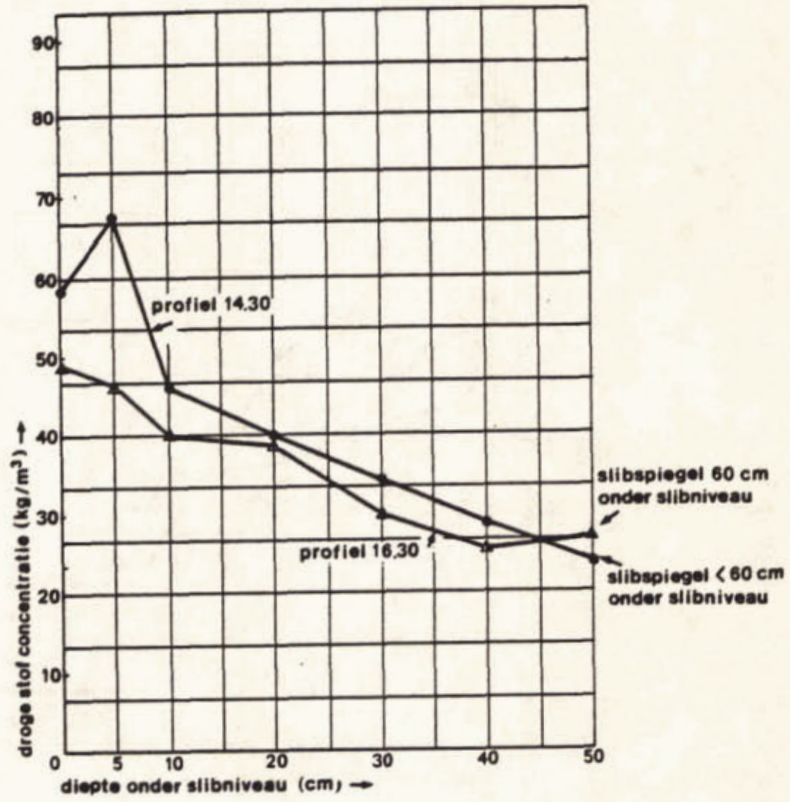


Fig. 57. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

proef nr.13 dat. 15 dec.



proef nr.14 dat. 16 dec.

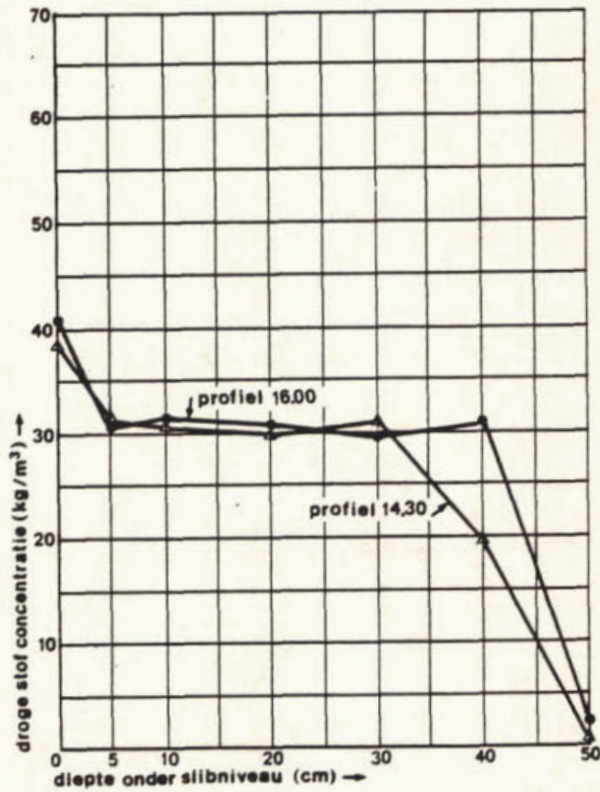
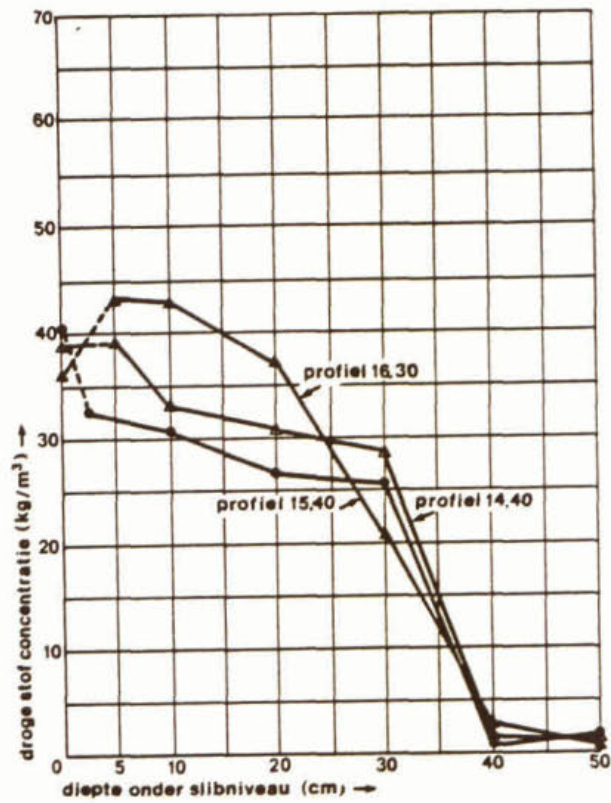


Fig. 58. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

proef nr.15 dat.19 dec.



proef nr.16 dat.21 dec.

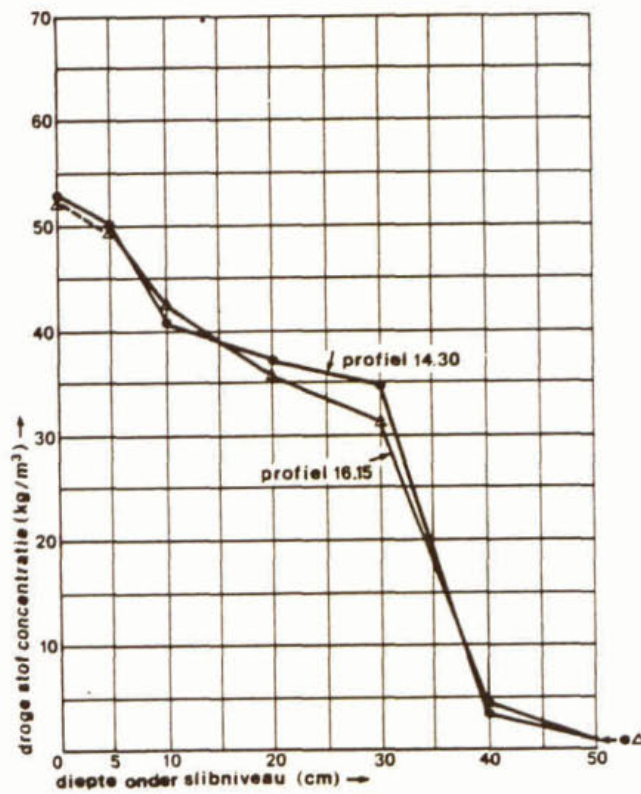


Fig. 59. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

proef nr.17 dat. 27 dec.

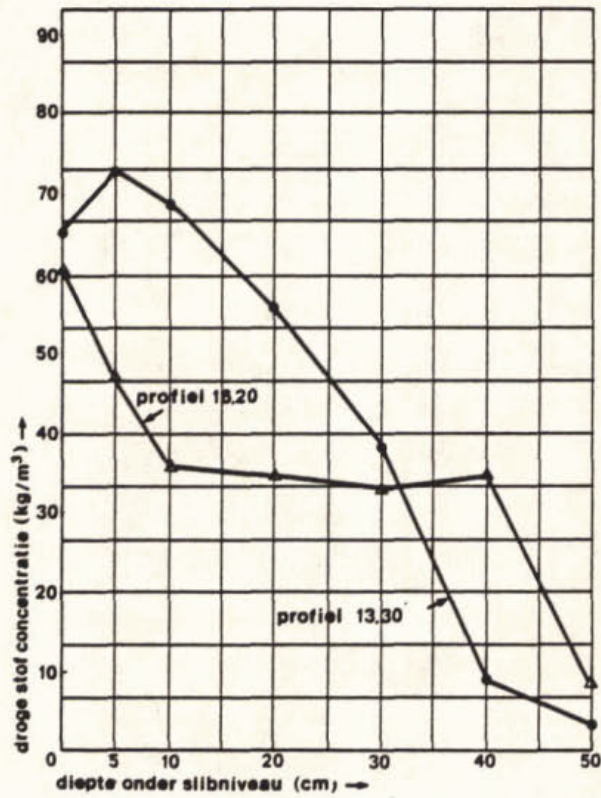


Fig. 60. Slibprofielen flotatie-indikking te Hoogezand (vervolg)

BIJLAGE 10 - BEREKENINGEN VAN DE CORRELATIECOËFFICIËNT

De puntenwolken van de figuren 26, p. 109, 27, p. 110, 28, p. 111, 29, p. 112 en 30, p. 113 zijn gerangschikt door een derde parameter in het beeld te betrekken.

De berekeningen die daarvoor nodig zijn, zijn door een computer uitgevoerd. De methode van de kleinste kwadraten is toegepast.

Het programma levert slechts lineaire functies in de volgende vorm:

$$X = A + BY + CZ$$

Als betrouwbaarheidsindicatie berekent de computer de index of determination (R-SQ):

$$(R-SQ) = 1 - \left(\frac{S_R}{S_A}\right)^2$$

waarin:

S_R = standaardafwijking van de residuen;

S_A = standaardafwijking van de constante A.

De correlatiecoëfficiënt (r) die in dit rapport wordt gehanteerd is als volgt gedefinieerd:

$$r = \sqrt{(R-SQ)}$$

De berekende formules zijn weergegeven in onderstaande tabel 1.

gegevens uit tabel	formule	correlatiecoëfficiënt
27	$G_u = 73,6 - 1,41 Q - 5,89 Q_R$	0,68
27	$G_u = 73,6 - 1,41 Q - 5,89 Q_R$	0,68
29	$G_u = 70,7 + 0,20 G_a - 7,28 Q_R$	0,74
29	$G_u = 76,8 - 0,29 (Q * G_a) - 7,21 Q_R$	0,75
27	$G_u = 67,0 - 115,6L - 3,96 Q$	0,35

Tabel 47. Berekeningen van de correlatiecoëfficiënt

In de formules van tabel 47 zijn verschillende waarden voor de 3e parameter ingevuld. Deze zijn vermeld in tabel 48. De in de figuren 26 t/m 30 getekende lijnen corresponderen hiermee.

figuur	3e parameter	formule
26	Q = 2,5 m ³ /h Q = 4,5 m ³ /h	G _u = 7,00-5,9 Q _R G _u = 6,73-5,9 Q _R
27	Q _R = 1 m ³ /h Q _R = 3 m ³ /h Q _R = 5 m ³ /h	G _u = 67,7-1,4 Q G _u = 55,9-1,4 Q G _u = 44,2-1,4 Q
28	Q _R = 1 m ³ /h Q _R = 3 m ³ /h Q _R = 5 m ³ /h	G _u = 63,4+0,2 G _a G _u = 48,8+0,2 G _a G _u = 34,3+0,2 G _a
29	Q _R = 1 m ³ /h Q _R = 3 m ³ /h Q _R = 5 m ³ /h	G _u = 69,6-0,3 (Q*G _a) G _u = 55,2-0,3 (Q*G _a) G _u = 40,8-0,3 (Q*G _a)
30	Q = 2,5 m ³ /h Q = 4,5 m ³ /h	G _u = 57,1-116L G _u = 49,2-116L

Tabel 48. De formules van de in de figuren 26 tot 30 getekende lijnen

