

Toepassingsmogelijkheden van centrifuges voor het ontwateren van aerob gemineraliseerd slib

1. Inleiding

Tot heden wordt in de afvalwaterzuiveringstechniek bij de behandeling van primair en/of secundair slib van traditionele installaties in overwegende mate gebruik gemaakt van anaerobe mineralisatie.

De problematiek welke verbonden is aan dit systeem spitst zich vooral toe op de ontwatering van het slib. Er is dan ook veel onderzoek verricht naar methoden om slib kunstmatig te ontwateren.

Een van de mogelijkheden is ontwatering door middel van centrifuges. De ervaringen die hiermede zijn opgedaan waren aanvankelijk niet erg gunstig, maar door de verbeterde technische uitvoering en door de toepassing van nieuwe flocculatiemiddelen is hier verandering in gekomen.

In de literatuur wordt dan ook melding gemaakt van interessante resultaten [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Deze resultaten hebben echter alle betrekking op het centrifugeren van of uitsluitend primair slib of een mengsel van primair en secundair of anaerob gemineraliseerd slib. Er zijn weinig gegevens bekend over het centrifugeren van uitsluitend actief slib en geen gegevens over het centrifugeren van aerob gemineraliseerd slib.

Zoals door Zeper en De Man elders in dit nummer wordt uiteengezet zijn er mogelijkheden om het systeem oxydatieslot ook voor grote gemeenschappen toe te passen.

Inhaerent aan deze grote oxydatiesloten blijft het probleem van de slibverwerking.

In het volgende wordt nagegaan welke resultaten verkregen worden door aerob gemineraliseerd slib te centrifugeren en welke consequenties zijn verbonden aan het toepassen van een centrifuge voor de slibverwerking van een oxydatieslot.

2. Centrifuges

2.1 Typen

Momenteel worden twee typen centrifuges gebruikt bij de ontwatering van afvalwaterslib nl.:

decanteercentrifuges en
 schotel- of lamellen centrifuges (afb. 1).

De eersten draaien horizontaal en hebben een continue afvoer van ingedikt materiaal, de laatsten draaien verticaal en stoten het ingedikte slib discontinu uit.

2.1.1 Decanteercentrifuges

De decanteercentrifuges bestaan uit twee essentiële onderdelen:

- een roterende mantel;
- een roterende transportschroef.

De mantel en de schroef draaien in dezelfde richting, maar met een gering verschil in snelheid, waarbij de schroef langzamer draait dan de mantel. Dit verschil in toerental, ook wel backdrive genoemd, kan gevarieerd worden. Het te ontwateren slib wordt centraal in de centrifuge gebracht, waarin het onderworpen wordt aan centrifugaalkrachten. De zwaardere delen in het slibwatermengsel, de vaste stoffen, worden tegen de mantel geslingerd en door de schroef, via het conische gedeelte van de mantel, naar de afvoeropeningen getransporteerd. Het centrifugaat wordt afgevoerd via andere openingen (afb. 1).

2.1.2 Schotelcentrifuge

De schotelcentrifuges bestaan uit een roterende mantel en roterende schotels of lamellen. De slibafvoer vindt niet continu plaats, doch discontinu door het periodiek openen van gaten in de mantel (afb. 1).

Het ingedikte materiaal wordt er dan als het ware uitgeschoten. De schotelcentrifuges dienen bij de slibontwatering meestal als tweede trap na de decanteercentrifuges; het centrifugaat van de decanteercentrifuge is dan de toevoer voor de schotelcentrifuge.

2.2 Beoordelingscriteria

Als beoordelingscriteria voor centrifuges zijn van belang:

- de indikkingsgraad, waaronder wordt verstaan het droge stofgehalte van het ingedikte slib;
- het rendement, waaronder wordt verstaan, de mate waarin het toegevoerde slib in de centrifuge wordt teruggehouden. In formule uitgedrukt:

$$\eta = \frac{(C_i - C_e) C_s}{C_i (C_s - C_e)} \times 100 \%$$

waarin

η = het rendement (%);

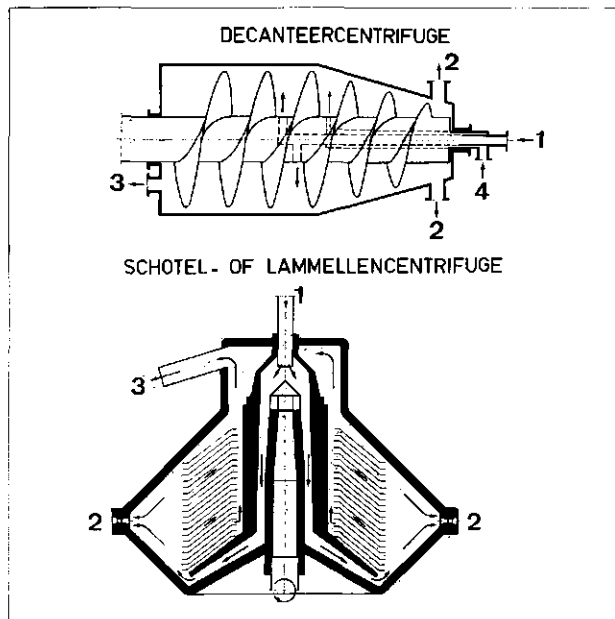
C_i = het droge-stofgehalte van het toegevoerde slib;

C_s = het droge-stofgehalte van het ingedikte slib;

C_e = het droge-stofgehalte van het centrifugaat.

Naast beide beoordelingsfactoren indikking en rendement zijn voor het gebruik van centrifuges als onderdeel van de rioolwaterzuivering, zowel een eenvoudige bediening als de

Afb. 1 - Typen centrifuges.
 1 = toevoer van het te ontwateren slib
 2 = afvoer van het ontwaterde slib
 3 = afvoer van het centrifugaat
 4 = toevoer van chemicaliën



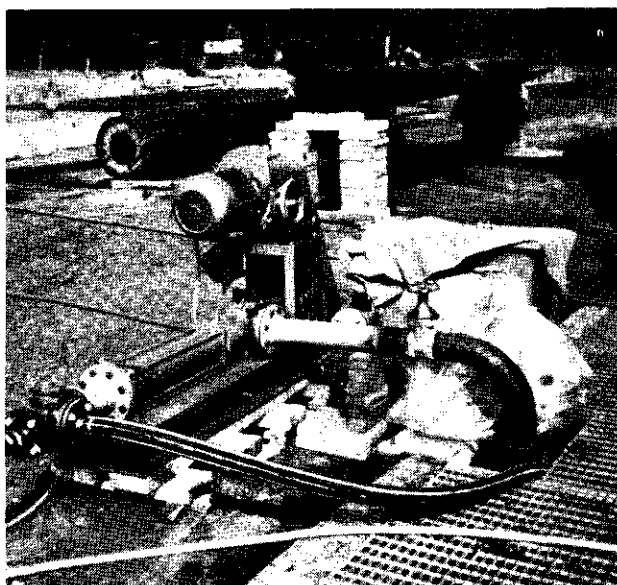


Foto 1 - Mohnopomp voor de toevoer van het te ontwateren slib. Rechts op de foto de slibput en de zuigleiding, links de persleiding. Op de achtergrond één van de beluchtingsrotoren.

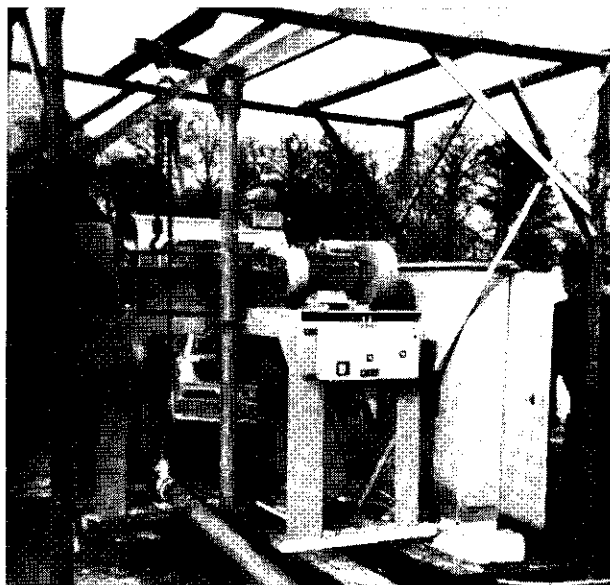


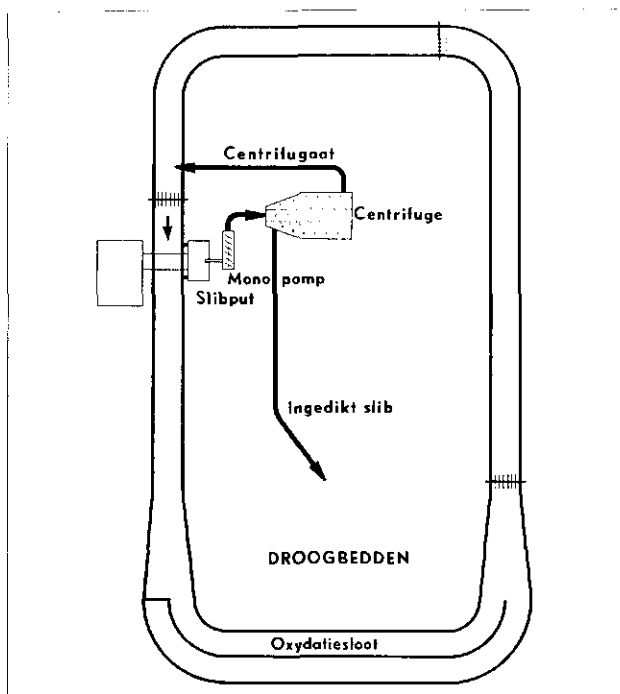
Foto 2 - De decanteercentrifuge op de zuiveringsinstallatie te Woudenberg. Rechts op de foto de schakelkast, in het midden de elektromotor voor de aandrijving van de mantel, links de elektromotor voor het aandrijven van de schroef. De pvc-buis zorgt voor de afvoer van het centrifugaat.

betrouwbaarheid en duurzaamheid van de centrifuge van groot belang.

3. Opzet van het onderzoek

De elders opgedane ervaring geeft een aantal uitgangspunten voor het opstellen van een programma voor onderzoek naar de doelmatigheid van centrifuges voor het ontwateren van aerob gemineraliseerd slib. Zo was al bekend dat het opstellen van een decanteercentrifuge en een schotelcentrifuge achter elkaar weliswaar een rendementsverbetering te zien gaf, maar dat de uiteindelijke indikkingsgraad negatief beïnvloed werd door de schotelcentrifuge.

Afb. 2 - Overzicht van de proefopstelling op de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Woudenberg.



In overleg met Alfa-Laval Amsterdam NV, fabrikant van zowel decanteer- als schotelcentrifuges, werd het onderzoekprogramma afgestemd op het verkrijgen van inzicht in de werking van decanteercentrifuges bij de behandeling van aerob gemineraliseerd slib van een oxydatiesloot.

Dit welbewust afzien van een schotelcentrifuge bij de proefopstelling is ondermeer gebaseerd op de gedachte dat een schotelcentrifuge, naast het ongunstige effect op de indikkingsgraad, in een eventueel definitieve opstelling toch ook

- de investeringskosten aanzienlijk verhoogt;
- de onderhouds- en bedieningskosten verhoogt;
- regelmatige reiniging vraagt in verband met vetaanslag op de lamellen;
- de installatie ingewikkeld en kwetsbaar maakt, mede door de noodzakelijke tussenschakeling van een zeefinrichting.

Het onderzoek naar de ontwatering van aerob gemineraliseerd slib met een decanteercentrifuge valt uiteen in twee delen nl.:

1. een onderzoek naar de bedrijfsresultaten van de centrifuge, waarbij, bij gelijkblijvend toerental, de indikkingsgraad en het rendement afhankelijk zijn van:

- a. de belasting van de centrifuge
- b. het verschil in toerental tussen mantel en schroef
- c. de dikte van de vloeistoffilm in de centrifuge
- d. de dosering van vlokmiddelen.

2. een onderzoek naar de neveneffecten welke zouden kunnen optreden door het inschakelen van een centrifuge bij de slibverwerking.

Het is duidelijk dat deze neveneffecten niet beoordeeld kunnen worden aan de hand van een enkele proef, maar dat in ieder geval de proefnemingen over een langer tijdsduur moeten worden genomen, teneinde te kunnen nagaan welke de invloeden zijn van:

- a. het centrifugaat, eventueel met chemicaliën, op het biologisch proces;
- b. het centrifugaat op de samenstelling van het effluent van de oxydatiesloot en de gevolgen voor de visstand in het ontvangende water;
- c. de vlokmiddelen op de toepasbaarheid van ingedikt slib als meststof.

Gedurende de maanden maart t/m augustus 1969 werd in samenwerking met Alfa-Laval Amsterdam NV en de Dienst Gemeentewerken van Woudenberg een decanteercentrifuge onder bedrijfsomstandigheden beproefd op de oxydatiesloot te Woudenberg. Gedurende deze tijd werd de gehele slib-aangroei door de centrifuge verwerkt.

4. De proefopstelling

De rioolwaterzuiveringsinstallatie in Woudenberg is een oxydatiesloot van het Berkel-type met een capaciteit van 4000 i.e., hoofdzakelijk belast met huishoudelijk afvalwater van 4500 inwoners. Het surplusslib wordt in een eenvoudige slibput ingedikt tot gemiddeld 2,5 % droge stof. Door een mohnopomp, welke trappenloos regelbaar was van 1,6 tot 7,6 m³/u werd het surplusslib uit de slibput (inhoud 20 m³) naar de centrifuge gebracht (foto 1). Teneinde een zo homogeen mogelijke suspensie te krijgen werd tijdens de verwerking het slib in de slibput door luchttoevoer in beweging gehouden.

Opgesteld was een decanteercentrifuge van het merk Alfa-Laval, type NX 214, met een capaciteit van 5 m³/u. De aandrijving van de centrifuge bestond uit een 20 pk en een 5,5 pk elektromotor, resp. voor de mantel en voor de schroef (foto 2).

Tijdens de proeven werd een toerental van 3250 omwentelingen per minuut aangehouden. Het ingedikte slib werd naar de droogbedden gebracht en het centrifugaat werd naar het beluchtingscircuit teruggevoerd (afb. 2).

Ondanks het feit dat de centrifuge van maart t/m augustus 1969 in bedrijf is geweest, bedroeg het aantal draaiuren toch niet meer dan 150-200 ofwel gemiddeld ca. 2 uur per werkdag. Dit is ook wel te begrijpen, immers bij een surplusslib productie van 30 g drogestof per i.e. moet per werkdag aan drogestof worden afgevoerd $7/5 \times 30 \times 4500 = 189$ kg drogestof.

Bij een capaciteit van de centrifuge van 5 m³/uur (125 kg drogestof) en een rendement van 90 % (alleen te bereiken indien voldoende vlokmiddel wordt gedoseerd) leidde dit tot $10 \times \frac{189}{9} = 1,7$ draaiuren per werkdag.

Bij een lager rendement zal het aantal noodzakelijke draaiuren per werkdag hoger zijn.

5. Resultaten

5.1 Bedrijfsresultaten centrifuge

5.1.1 Invloed van de belasting

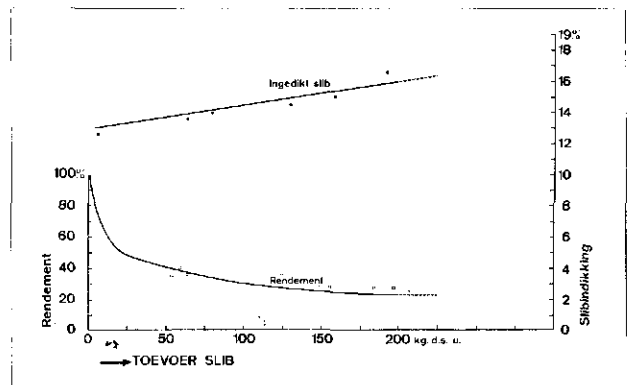
De belasting van de centrifuge kan worden uitgedrukt als slibtoevoer in kg drogestof per uur.

Gebleken is dat naarmate de belasting wordt verhoogd, het rendement slechter wordt en de indikking beter.

Uit tabel I en afb. 3 wordt duidelijk dat bij een toevoer van 1,6 m³/uur, overeenkomend met 6 kg drogestof per uur, een rendement optreedt van 72 % en een drogestof gehalte van het ingedikte slib van 12,4 %.

TABEL I - Invloed van de belasting (kg d.s./uur) op de indikking en het rendement van de centrifuge

Toevoer		Droge stofgehalte van het ingedikte slib	Droge stofgehalte van het centrifugaat	Rendement
m ³ /uur	kg d.s./uur	in %	in %	in %
1,6	6	12,4	0,15	72,5
1,6	24	14,5	0,80	50,5
3,8	57	18,3	0,85	43,5
3,8	64	13,7	0,87	51
5,0	79	14,0	1,00	39
5,0	130	14,6	1,87	35
5,0	163	14,8	2,35	32,5
5,0	192	16,5	2,95	29



Afb. 3 - Invloed van de belasting op de indikkingsgraad en het rendement van de centrifuge.

Wordt de belasting verhoogd tot de capaciteit van de centrifuge van 5,0 m³/uur, overeenkomend met 192 kg drogestof per uur, dan daalt het rendement tot 29 % en stijgt het droge stofgehalte in het ingedikte slib tot 16,5 %.

Bij een hogere belasting worden relatief meer grovere delen tegen de mantel afgezet, terwijl meer fijnere delen met het centrifugaat worden afgevoerd, zodat het rendement verlaagd wordt en de indikking stijgt.

5.1.2 Invloed van het verschil in toerental tussen mantel en schroef

Het toerentalverschil oefent een grotere invloed uit op de indikkingsgraad. Bij een verschil van 7,5 omw./min. varieerde de indikking, afhankelijk van de belasting, van 22 tot 27 % d.s. Bij een toerentalverschil van 10 omw./min. varieerde de indikking van 13 tot ca. 17 % d.s. (tabel I en II en afb. 4).

Bij een klein verschil in toerental tussen mantel en schroef is het transport van de vaste stoffen uit de centrifuge minder snel dan bij een groot verschil in toerental.

TABEL II - Invloed van het verschil in toerental op de indikking

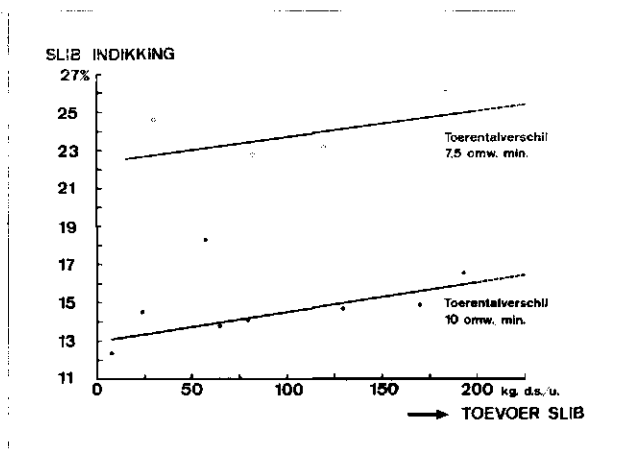
m ³ /uur	kg d.s./uur	Indikking (% d.s.) bij een verschil in toerental van	
		10 omw./min.	7,5 omw./min.
1,6	24	14,5	—
1,6	52	—	24,6
1,6	54	13,0	—
5,0	79	14,0	—
1,6	83	—	22,1
3,3	120	—	23,2
5,0	130	15,1	—
3,3	148	—	26,9
3,3	162	—	25,8
5,0	163	14,8	—
5,0	178	—	26,0
5,0	192	17,1	—

Bij een toenemende verblijftijd wordt enerzijds het slib langer onderworpen aan de centrifugaalkrachten, waardoor de dichtheid van de sliblaag groter wordt en anderzijds neemt de ontwateringstijd op het conische deel van de centrifuge toe.

Door deze beide factoren wordt bij een verschil in toerental van 7,5 omw./min. een aanzienlijk hogere indikkingsgraad gevonden dan bij een verschil van 10 omw./min.

5.1.3 Invloed van de dikte van de vloeistoffilm

De dikte van de vloeistoffilm had een grote invloed op zowel het rendement als de indikking. Uit tabel III blijkt dat het rendement bij een dikke film (74 mm) afhankelijk van de



Afb. 4 - Invloed van het toerentalverschil tussen mantel en schroef op de indikingsgraad.

belasting varieerde van 27-35 %. Bij een dunne film (57 mm) varieerde het rendement van 25-28 %. De indikingsgraad bij een dikke film varieerde in afhankelijkheid van de belasting, van 14-16 %, bij een dunne film van 20-26 %. Bij een dunne vloeistoffilm heeft het slibwatermengsel in de centrifuge een relatief kleine verblijftijd, waardoor in ver-

TABEL III - Invloed van de dikte van de vloeistoffilm op het rendement en de indikking

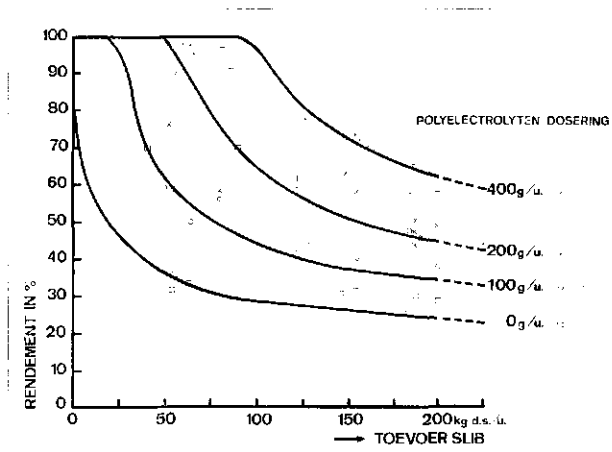
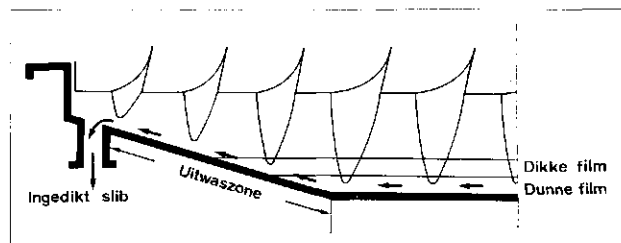
Toevoer m ³ /uur	kg d.s./uur	Filmdikte in mm	Indikking in % d.s.	Rendement in %
5,0	125	57	25,5	28
5,0	127	57	20,5	25
5,0	130	57	21,0	26
5,0	130	74	14,6	35
5,0	163	74	14,8	32,5
5,0	170	74	14,4	27
5,0	187	74	15,8	34

gelijking tot een dikke vloeistoffilm alleen de grofste delen uit het slib tegen de mantel worden afgezet, het rendement wordt verlaagd en de indikking verhoogd (tabel III). Bij een dunne vloeistoffilm wordt tevens de uitwaszone groter. Hierdoor wordt het slib langer uitgewassen, wat tot een grotere indikking leidt (afb. 5).

5.1.4 Invloed chemicaliëndosering

Zoals uit afb. 3 blijkt was het rendement van de centrifuge onder de bedrijfsomstandigheden in Woudenberg (belasting met 125-200 kg d.s. per uur) laag. Ter verhoging van het rendement zijn, analoog aan de ervaringen elders, polyelektrolyten als vlokmiddel aan het slib toegevoegd. In overleg met de firma Stockhausen, fabrikant van o.a. vlokkingsmiddelen, is uit een aantal mogelijkheden gekozen voor het

Afb. 5 - Schematische voorstelling van het verschil in ontwatering bij een dikke en dunne vloeistoffilm in de centrifuge.



Afb. 6 - Invloed van de polyelektrolytendosering op het rendement van de centrifuge.

kationactieve polyelektrolyt op quartenaire ammoniumbasis, Praestol K 444. De polyelektrolyten zijn als 0,1 % oplossing gedoseerd.

Uit het onderzoek is gebleken dat er een relatie bestaat tussen het rendement van de centrifuge en de hoeveelheid

TABEL IV - Invloed van de dosering van polyelektrolyten op het rendement en de indikking

Toevoer m ³ /uur	kg d.s./uur	Doserings Praestol K 444 g/uur	Droge stofgehalte ingedikt slib in %		Rendement in %	
			10 omw./ min.	7,5 omw./ min.	Toerental verschil 10 omw./ min.	Toerental verschil 7,5 omw./ min.
1,6	52	100	13,1		57	
		100		22,3		41
		100	14,6		50	
3,3	120	100		22,5		55
		100	15,6		47,5	
		100		22,8		38
5,0	183	100	15,7		49	
		100			97,5	
		100		22,3		51
1,6	54	200	13,7			72,5
		200		20,0		8,8
		200	12,8			
3,3	120	200		22,8		55
		200		22,7		44
		200	15,4		69	
5,0	187	200	14,8		66	
		200		23,5		55
		200			97,5	
1,6	62	400	12,8			95
		400		20,0		
		400			97,5	
3,3	120	400		22,8		90
		400		22,6		62
		400	15,4		77	
5,0	183	400		23,0		64
		400			72	
		400	15,6			

vlokmiddel welke per kg slib droge stof nodig is. Voor een rendement van 70 % dient per kg slib droge stof ca. 2,5 gram vlokmiddel gedoseerd te worden. Voor 80 % rendement ca. 3 gram en voor 90 % rendement ca. 4,0 gram per kg toegevoerde slib drogestof (tabel IV en afb. 6).

Bij vergelijking van tabel I, tabel II en tabel IV valt op dat door de toediening van Praestol K 444 het drogestofgehalte

TABEL V - Effluent oxydatiesloot Woudenberg tijdens centrifugeproeven (11/3 t/m 5/8 1969)

Datum	BOD ₅ ⁻¹ in mg/l	BOD ₅ ⁻² in mg/l	Methyleen- blauw in uren	Ammonium-N in mg/l	Nitriet NO ⁻² in mg/l	Nitraat NO ⁻³ in mg/l	Chloride CL ⁻ in mg/l	pH
11-3	17		96	16,0	0,4	16	96	7,8
13-3	13			5,4	0,3	17	114	7,5
18-3	17			9,1	0,4	13	145	7,7
21-3	16			12,1	0,4	14	135	7,8
25-3	15			14,8	0,5	12	113	7,9
28-3	25			22,4	sp	sp	92	7,9
1-4	22			15,9	1,0	sp	106	7,1
8-4	18			26,4	0,7	8,0	98	7,6
11-4	14	2		27,2	1,2	2,0	98	7,4
25-4	25	6		12,0	0,5	7,0	99	7,6
25-4	16			7,5	0,5	13	84	7,4
29-4	17			2,4	0,8	3,6	113	7,4
2-5	22	4		1,6	0,1	32	113	7,5
6-5	25	4		1,0				7,6
9-5	11			1,4	2,2	45	78	7,3
13-5	5			0,3	1,8	32	82	7,6
23-5	4			0,4	0,2	5,0	105	7,6
30-5	9			0,1	2,2	34	78	7,6
6-6	14			0,6	0,1	15	78	7,5
10-6	3				0,2	7,2	85	7,4
17-6	7						57	7,6
10-7	14				1,5	19	113	7,3
22-7	4			0,7	3,7	40	78	7,3
25-7	5			0,6	1,4	22	42	7,3
5-8	3		96	0,6	0,1		71	7,5

⁻¹ Zonder nitrificatie remming

⁻² Met nitrificatie remming

van het ingedikte slib nauwelijks beïnvloed wordt. Een geringe verlaging met ca. 1 % is aanwijsbaar.

Het effect van het verschil in toerental tussen mantel en schroef is overeenkomstig het onder 5.1.2 gestelde.

De variatie in het rendement blijft zowel bij 10 omw./min. als bij 7,5 omw./min. geheel binnen de puntenzwerm van afb. 6.

De plaats van dosering van polyelektrolyten is van belang gebleken. Dosering in de slibtoevoerleiding vóór de centrifuge heeft tot gevolg dat het polyelektrolyt zich hecht aan alle slibdeeltjes, terwijl dosering in de centrifuge, dus gescheiden van de slibtoevoer, tot gevolg heeft dat het vlok-middel zich in de afscheidingszone van de centrifuge hecht aan de nog niet tegen de wand afgezette slibdeeltjes. Dit heeft enerzijds tot gevolg dat hierdoor de moeilijk tot afzetting tegen de mantel te brengen delen een grotere dosis krijgen en anderzijds dat de vlokvorming tot stand komt na de versnelling door de centrifugaalkrachten.

Dosering van het vlokmiddel in de centrifuge heeft de beste resultaten gegeven.

De hier gegeven cijfers zijn verkregen bij dosering van het vlokmiddel in de centrifuge.

5.1.5 Bediening en onderhoud van de decanteercentrifuge

Bij de beoordeling van de toepassing van deze centrifuge voor de slibontwatering vormen de bediening, het onderhoud en de levensduur belangrijke aspecten.

De beoordeling van een centrifuge aan de hand van een proefinstallatie blijft op deze punten onvolledig, maar toch zijn er wel een aantal punten duidelijk geworden.

De bediening van de centrifuge is eenvoudig. Door een enkele druk op de knop kan de installatie gestart worden en afgezet, terwijl toezicht en controle bij een eenmaal draaiende centrifuge minimaal is. Extra personeel zal dan ook als regel niet moeten worden aangesteld. Het onderhoud dient plaats te vinden volgens de voorschriften van de fabrikant. Indien aan de afvoer en het transport van het ingedikte slib de nodige zorg wordt besteed, is het centrifugeren een schoon bedrijf. Het dagelijks onderhoud is gering.

De duurzaamheid van de centrifuge heeft vooral betrekking op de schroef. Door toepassing van speciale metaallegeringen is een verhoging van de duurzaamheid verkregen. Bij

slijtage o.a. door zand, behoeft niet de gehele schroef te worden vervangen, maar kan volstaan worden met de schroef op te lassen. Het lijkt wenselijk een reserveschroef te hebben. Alfa-Laval Amsterdam NV garandeert thans 4000 draaiuren voor revisie nodig is.

5.2 Neveneffecten

5.2.1 Invloed van het centrifugaat op het biologisch proces

In publikaties van o.a. Wylemann en Graf [3] en Kehr [1] is de vrees uitgesproken dat het centrifugaat, dat altijd nog vrij veel niet-bezinkbare delen kan bevatten, ongunstig zou zijn voor het biologisch proces in een actief-slibinstallatie. Voor een oxydatiesloot was ons inziens deze vrees voor verstoring van het biologisch proces niet relevant. De lage ruimte- en slibbelasting en de hoge OC/load maken immers van een oxydatiesloot een flexibel zuiveringstelsel. De beoordeling van de oxydatiesloot gedurende de centrifugeproeven heeft aangetoond dat deze verwachting gerechtvaardigd was.

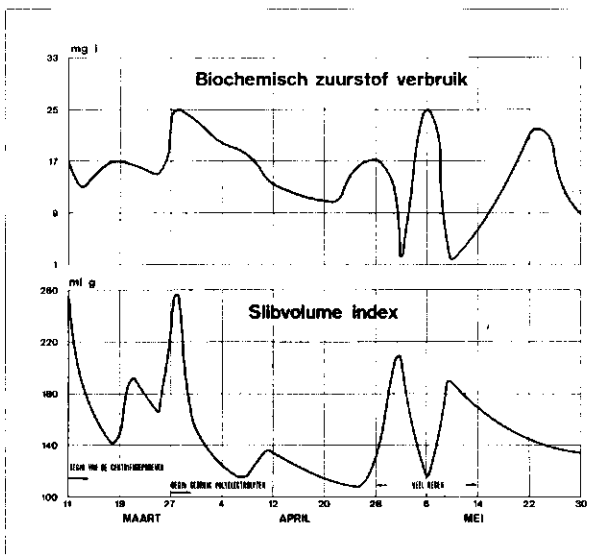
5.2.1.1 Effluent

Gedurende de proefperiode is een tijdelijke fluctuatie geconstateerd in de samenstelling van het effluent wat betreft het ammonium-N-, het nitriet- en het nitraatgehalte (tabel V). Enige tijd voor de aanvang van de proeven werd een rotor voor revisie buiten bedrijf gesteld, met als gevolg een tijdelijke te geringe zuurstoftoevoer. Juist in de proefperiode werd deze rotor weer in gebruik genomen. Door herstel van de adequate zuurstoftoevoer verminderde het ammonium-N-gehalte en werd het nitriet- en nitraatgehalte hoger.

5.2.1.2 Vlokvorming

Binnen enkele weken na het terugvoeren van het centrifugaat met vlokmiddelen in het circuit daalde de slibindex van 250 tot 110 (afb. 7). Of dit rechtstreeks het gevolg was van de toepassing van het polyelektrolyt is niet bekend.

Op semi-technische schaal is onderzocht of het centrifugaat weer tot vlokvorming komt. Beluchting van alleen centrifugaat bleek na 2 dagen vlokvorming tengevolge te hebben. De COD van de bovenstaande vloeistof daalde in deze twee dagen van 670 tot 110 mg/liter.



Afb. 7 - Verloop van de slibindex in het beluchtingscircuit en het biochemische zuurstofverbruik van het effluent van de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Woudenberg tijdens de proefperiode.

5.2.1.3 Zuurstofopname

Het centrifugaat dat naar de oxydatiesloot wordt teruggevoerd bevat, indien polyelektrolyten worden gedoseerd, naast de niet-bezinkbare delen, ook nog een deel van het gedoseerde polyelektrolyt. Theoretisch zou de mogelijkheid kunnen bestaan dat het rest-polyelektrolyt de actiefslibvlokken afschermt, waardoor de zuurstofopname van deze actiefslibvlokken afgeremd zou kunnen worden.

Teneinde dit te onderzoeken is op semi-technische schaal het zuurstofverloop bepaald van een actiefslib-mengsel uit het beluchtingscircuit van Woudenberg.

Na dosering van een vastgestelde hoeveelheid voeding, bij verschillende polyelektrolyt concentraties, werd het zuurstofgehalte continu bepaald. Hierdoor werd de tijd vastgelegd waarop het zuurstofgehalte het dieptepunt had bereikt. Tevens werd dan het verschil tussen de verzadigingswaarde onder de proefomstandigheden en het actuele zuurstofgehalte van het dieptepunt, het deficit, bekend. Bij remming in de zuurstofopname wordt het deficit kleiner, en neemt de tijdsduur voor het bereiken van het dieptepunt toe. In tabel VI en afb. 8 is een overzicht gegeven van de resultaten van de bepalingen.

Uit tabel VI en afb. 8 blijkt dat de verkregen resultaten ver uit elkaar liggen. Opvallend is echter dat bij hogere con-

TABEL VI - Deficit en tijd van het dieptepunt bij variërende concentraties polyelektrolyt in de proefinstallatie

Concentratie aan poly-elektrolyten	Maximaal deficit	Dieptepunt bereikt na ...	Temperatuur	pH
in mg/l	in mg/O ₂ /l	in min.	in ° C	
0	2,4	27	17	6,4
0	2,25	31	17	6,1
0	2,35	30	16,5	5,9
0,11	2,35	29	20,5	5,9
0,33	2,5	29	21	6,0
0,66	2,2	33	21	6,4
1,30	2,15	33	22	5,8
2,6	2,35	29	21	5,9
2,6	4,3	27	21,5	6,8
2,6	3,85	47	23	6,8
2,6	4,5	33	22	6,7
5,38	4,8	47	23,5	6,4
10,6	4,8	41	23	6,3
10,6	3,5	27	21	6,3

centraties Praestol K 444 het maximale deficit en de tijd waarna het dieptepunt wordt bereikt hoger zijn dan bij lagere concentraties Praestol K 444. In tegenstelling tot de gedachte dat de zuurstofopname wordt geremd door de toevoeging van polyelektrolyt zou dit juist wijzen op activering van de zuurstofopname.

5.2.1.4 Extra belasting van de oxydatiesloot

Door het centrifugeren worden de actiefslibvlokken stukgeslagen, zodat bij terugvoer van het centrifugaat naar het beluchtingscircuit rekening gehouden moest worden met een extra BOD-last.

Bij een rendement van 70 % van de centrifuge is de BOD₅ van het centrifugaat bepaald op 70 mg/l. Bij een rendement

van 70 % dient per dag $\frac{100}{70}$ maal de dagelijkse hoeveelheid

surplusslib te worden geconcentreerd. Wordt de slibaangroei gesteld op 0,03 kg per dag per i.e. en is het drogestofgehalte van het aangevoerde slib 5 %, dan wordt de extra belasting

$\frac{100}{70} \times 0,03 \times \frac{1000}{50} \times 700 = 600$ mg BOD₅, ofwel een

extra belasting van ca. 1 %.

5.2.2 Invloed van het centrifugaat op de visstand in het ontvangende water

Bij terugvoer van het centrifugaat met de nog niet gebonden polyelektrolyten zullen deze vlokmiddelen zich aan de slibvlokken in het beluchtingscircuit hechten.

Er moet echter rekening mee worden gehouden dat op enige wijze vlokmiddelen in het effluent en daardoor in het ontvangende water kunnen komen. Om na te gaan of hierdoor schadelijke invloeden voor de visstand ontstaan zijn onder laboratoriumomstandigheden visproeven uitgevoerd. In een aquarium met voorn was bij een oplossing van 1 mg polyelektrolyten per liter na 14 dagen nog geen invloed merkbaar. Daar in de praktijk een concentratie van 1 mg polyelektrolyten per liter effluent reeds zeer hoog is en het effluent nog verdund wordt in het ontvangende water, behoeft niet gevreesd te worden voor enige nadelige invloed.

5.2.3 Invloed van vlokmiddelen op de toepasbaarheid van ingedikte slib als meststof

Het ingedikte slib uit de centrifuge dat, al dan niet na een verdere behandeling wordt afgezet als meststof in land- en tuinbouw, bevat vlokmiddelen als deze bij het centrifugeren zijn gedoseerd.

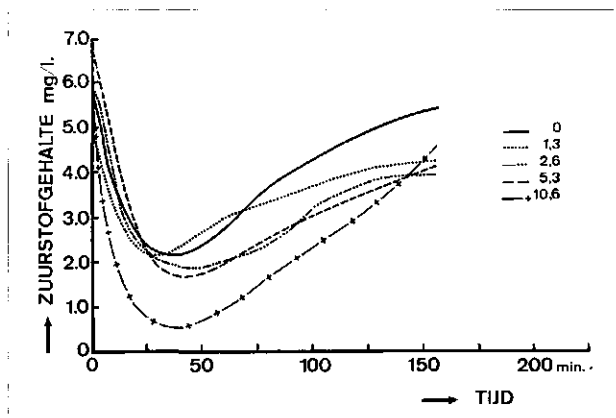
Om na te gaan welke invloed de gebruikte vlokmiddelen hebben op de groei van gewassen, is op het laboratorium met potproeven de groei van gerst (een snelgroeiend gewas) gevolgd bij verschillende concentraties vlokmiddel in het slib. Als basis is een jaarlijkse meststofgift van 50 ton gedroogd slib per ha aangenomen. Om met de centrifuge met een rendement van 90 % te gaan werken, dient per kg toegevoerd slib 4,0 gram polyelektrolyten te worden gedoseerd.

Het ingedikte slib bevat dus maximaal $\frac{10}{9} \times 40$ gram, ofwel

4,5 g polyelektrolyten per kg slib. Uit de potproeven met gerst is geen groeiremming geconstateerd door het vlokmiddel, zelfs niet bij een 100-voudige hoeveelheid van de maximale hoeveelheid vlokmiddel welke in het slib volgens de berekening kan voorkomen.

6. Kosten

Uit de bedrijfsresultaten van de proefopstelling kunnen de kosten berekend worden welke verbonden zijn aan de dosering van vlokmiddelen bij het centrifugeproces. Volgens fabrieksopgave is de prijs van polyelektrolyten te stellen op f 15,— per kg. In tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de kosten aan vlokmiddelen per m³ toegevoerd slib, per 1000 kg ingedikte slib en per draaiuur bij rendementen van resp.



Afb. 8 - Invloed van de polyelektrolytenconcentratie in mg/l in actiefslib op de zuurstofopname van het actiefslib.

70, 80 en 90 %, uitgaande van een drogestofgehalte in de toevoer van 4 % en een capaciteit van 5 m³/uur.

Worden, naast de in tabel VII gegeven kosten voor de vlokmiddelen, ook de afschrijvings-, onderhouds- en stroomkosten in rekening gebracht, dan kan globaal gesteld worden dat de totale kosten per 1000 kg geproduceerd slib, bij 8 werkuren per dag (5-daags bedrijf) ca. f 130,— bedragen. Wordt 24 uur per dag gewerkt dan daalt dit tot ca. f 100,— per 1000 kg.

Hoewel het chemicaliënverbruik een aanzienlijk deel van dit bedrag uitmaakt is het rendement van minder belang, daar de toenemende kosten aan chemicaliën worden gecompenseerd door de afname van kosten door minder draaiuren. Worden de kosten van de chemicaliën gesteld tegenover het plaatsen van een 2e traps- schotelcentrifuge dan blijkt, dat met een licht voordeel voor de chemicaliën, beiden in dezelfde orde van grootte liggen.

Op grond van de genoemde technische nadelen van de schotelcentrifuge kan gesteld worden dat een enkele decanteercentrifuge met dosering van polyelektrolyten de voorkeur verdient.

Hoewel dit als enigszins speculatief beschouwd kan worden dient hierbij ook in aanmerking genomen te worden dat de ontwikkeling en de toepassing van polyelektrolyten bij de slibverwerking nog in de beginfase verkeert en dat te verwachten is dat het effect nog zal toenemen en de prijs zal dalen.

7. Samenvatting

Op de oxydatiesloot te Woudenberg is gedurende de periode maart 1969 t/m augustus 1969 een decanteercentrifuge, Alfa-Laval NX 214, ingeschakeld bij het slibverwerkingsproces teneinde na te gaan welke bedrijfsresultaten deze centrifuge te zien geeft bij de verwerking van aerob gemineraliseerd slib en welke invloed het centrifugaat heeft op het biologische proces, de visstand in het ontvangende water en op de toepasbaarheid van ingedikd slib als meststof. Uit deze proeven is gebleken dat een decanteercentrifuge bruikbaar is voor de ontwatering van aerob gemineraliseerd slib, mits vlokmiddelen worden gedoseerd.

TABEL VII - Kosten aan vlokmiddelen

Kosten polyelektrolyt	Rendement		
	70 %	80 %	90 %
per m ³ toevoer	f 1,50	f 1,95	f 2,40
per m ³ netto te behandelen slib	f 2,15	f 2,40	f 2,65
per 1000 kg slib droge stof	f 54,—	f 60,—	f 67,—
per draaiuur	f 7,50	f 9,75	f 12,—

Bij benutting van de maximale capaciteit van de centrifuge dient per kg toegevoerde drogestof, om een rendement te verkrijgen van 70, 80 of 90 % als vlokmiddel (Praestol K 444) resp. 2,5, 3 en 4 gram te worden gedoseerd. De onder deze laatste omstandigheden te bereiken indikkingsgraad bleek 22 à 23 % drogestof te bedragen. Zonder dosering van het vlokmiddel bleek het rendement niet meer te bedragen dan ca. 30 % bij een indikkingsgraad van max. 25 % drogestof. De bediening van de centrifuge is eenvoudig.

Omtrent de levensduur van de schroef kan alleen medege-deeld worden dat de fabrikant deze garandeert tot 4000 draaiuren. Revisie van de schroef is mogelijk.

Het centrifugaat had geen nadelige invloed op het biologisch proces en op de zuurstofopname door het actieve slib. De extra belasting van het centrifugaat op het beluchtingscircuit bedraagt bij een rendement van 70 % ongeveer 1 %. In een aquarium met een oplossing van 1 mg/l van het polyelektrolyt was na 14 dagen nog geen invloed merkbaar op de aanwezige voorns.

Uit potproeven met gerst is geen groeiremming geconstateerd door het vlokmiddel, zelfs niet bij een 100-voudige hoeveelheid vlokmiddel van de maximale hoeveelheid welke in gecentrifugeerd slib kan voorkomen. De kosten aan vlok-middel per 1000 kg slib geproduceerde slibdrogestof bedragen bij een rendement van de centrifuge van 90 % ca. f 67,—. De invloed van de kosten aan vlokmiddelen op de totale kosten is zeer groot.

Literatuur

1. Kehr, D., *Schlamm-schleuder und Schlamm-trocken-beeind Kombination*. Städtehygiene 11-1960. 5.86.
2. Wylemann, E. H. en Graf, M., *Versuche der Schlamm-entwässerung mit Zentrifugen in zwei Stufen*. Kommunalwirtschaft 1967.9 (sonderdruck).
3. Bischofsberger, W. en Stahlmann, V., *Versuche zur Entwässerung von biologischem Schlamm mit einer neuen Zentrifugenbauart*. Gesundheitsingenieur, 84.1963.1.19.
4. Niemitz, W., *Ueber Schlammkennwert*. Gas- und Wasserfach 109-1968.12.299.
5. Albertson, O. E. en Guildi, E. A., *Centrifugation of waste sludges*. Journal Water Pollution Control Federation. 41.1969.4. 607.
6. Karper, R., Van Melick, L. en Van Zanten, G. D., *Slibont-watering door centrifugeren*. H₂O 22 januari 1970, derde jaargang, nr. 2.
7. Bovyh, L., *La centrifugation des boues*. Techniques et sciences municipales 64e année, no. 12, dec. 1969.