

Indikking van aëroob gemineraliseerd slib door een basketcentrifuge

1. Inleiding

De verwerking van aëroob of anaëroob gemineraliseerd slib in de landbouw, op plantsoenen en op sportvelden behoort voor grote delen van ons land nog steeds tot één van de meest toegepaste verwerkingsmethoden van slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties [1]. Veelal wordt het slib in eerste instantie ingedikt. Dit vindt in het algemeen plaats in een indikker, waarin het slib onder invloed van de zwaartekracht wordt ingedikt. De afzet in de landbouw geschiedt, hetzij door het inge-



IR. H. ONSTWEDDER
Technisch Adviesbureau van de
Unie van Waterschappen BV
Afdeling Milieuhygiëne

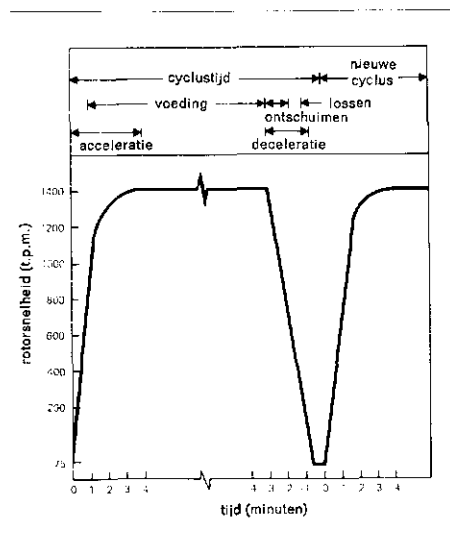


IR. A. W. VAN DER VLIES
Technisch Adviesbureau van de
Unie van Waterschappen BV
Afdeling Milieuhygiëne

dikte slib als zodanig af te voeren, hetzij na verdergaande ontwatering op droogbedden of met behulp van ontwateringsapparatuur. Afvoer van nat slib in de landbouw heeft als voordeel ten opzichte van de afvoer in de landbouw na verdergaande ontwatering dat dit vaker en gedurende langere perioden per jaar kan plaatsvinden. Als nadeel geldt het grote volume dat het slechts onder invloed van de zwaartekracht ingedikte slib inneemt. Dit is met name voor aëroob gemineraliseerd slib, afkomstig uit een oxydatiesloot, het geval.

In deze publikatie worden de resultaten van een serie proefnemingen beschreven welke met behulp van een basketcentrifuge, de ATM-centrifuge van Alfa-Laval, op aëroob gemineraliseerd slib zijn uitgevoerd. In eerdere publikaties welke proefnemingen met dekanteercentrifuges op zuiveringsslib beschrijven [2, 3, 4], is gebleken, dat ten einde een redelijk rendement te behalen, toevoeging van vlokmiddelen noodzakelijk is. De dekanteercentrifuges worden in het slibverwerkingsbedrijf uitsluitend gebruikt in de ontwateringsfase. De functie van de ATM-centrifuge daarentegen kan ruimer worden gezien; deze centrifuge kan zowel in de indik- als wel geheel of gedeeltelijk in de ontwateringsfase worden toegepast.

Bij de proefnemingen met de ATM-centrifuge is nagegaan welke mogelijkheden deze biedt bij de indikking van surplusslib waarbij de afzet in de landbouw mogelijk blijft, echter zodanig dat het



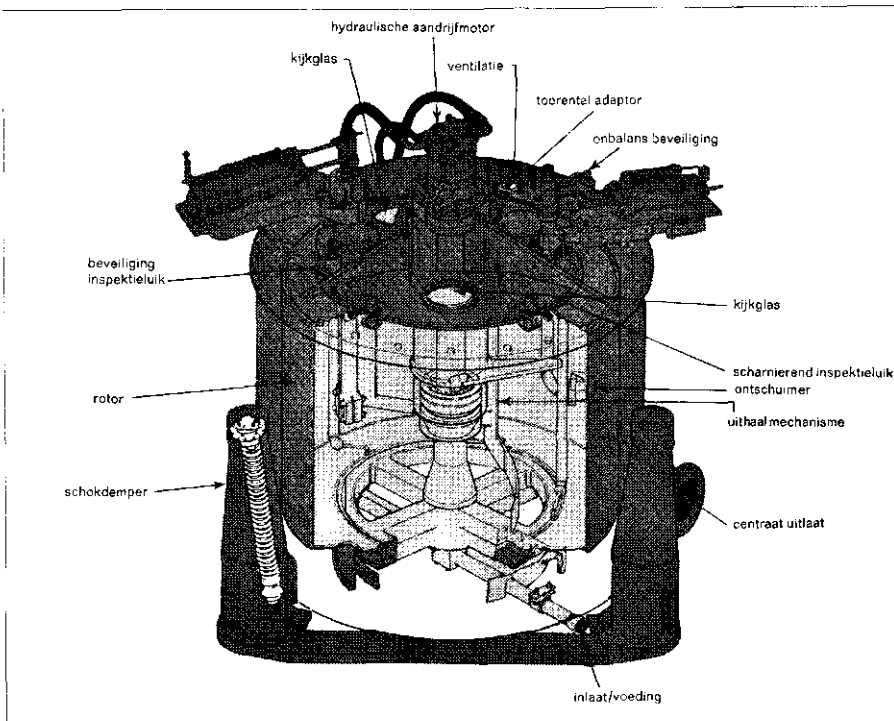
Afb. 1 - Het verloop van een automatische ontwateringscyclus.

volume van het af te voeren slib sterk wordt gereduceerd. Daarnaast is nagegaan tot welk drogestof gehalte het slib maximaal kan worden ontwaterd.

2. Werking van de centrifuge

De ATM-centrifuge is een diskontinu werkende centrifuge. In kontinu-bedrijf wordt de centrifuge volautomatisch bedreven. Bovendien bestaat de mogelijkheid deze centrifuge met de hand te bedienen. De centrifuge is uitgevoerd met een aantal veiligheidsvoorzieningen, waarvan het noodremmechanisme de voornaamste is.

Afb. 2 - Doorsnede van de ATM-centrifuge.



Een automatische ontwateringscyclus bestaat uit de volgende fasen (zie tevens afb. 1):

- acceleratieperiode;
- voedingsperiode;
- deceleratieperiode;
- losperiode.

2.1. Acceleratieperiode

De rotor van de centrifuge wordt aangedreven door een hydraulische motor, welke zich aan de bovenzijde van de centrifuge bevindt (afb. 2) en welke gevoed wordt door een elektrisch aangedreven hydro-pomp. Het accelereren van de rotor tot het maximale toerental van 1350 - 1400 omwentelingen per minuut duurt ongeveer vier minuten.

2.2. Voedingsperiode

Tijdens dit accelereren wordt bij 800 omwentelingen per minuut de voedingspomp ingeschakeld. Het toegevoerde slib wordt met behulp van een viertal spaken aan de onderzijde van de rotor over de gehele omtrek verdeeld. Wanneer de niet-geperforeerde rotor gevuld is, stroomt het centrifugaat aan de bovenzijde van de rotor weg. Het voeden van de centrifuge wordt voortgezet totdat het centrifugaat te troebel wordt. Dit kan in een volautomatische cyclus met een in de centrifugaatleiding ingebouwde troebelheidsmeter worden vastgesteld of, nadat ervaring met betrekking tot de

cyclustijd is opgedaan, met een tijd-mechanisme worden ingesteld.

2.3. *Deceleratieperiode*

Nadat de voedingspomp is uitgeschakeld, wordt de rotor afgeremd tot een toerental van ongeveer 75 omwentelingen per minuut. De mogelijkheid bestaat bij een hoog toerental een gedeelte van de ingedikte slibmassa te ontschuimen. Het ontschuimde materiaal wordt bij de volgende cyclus als voeding aan de centrifuge toegevoerd.

2.4. *Losperiode*

Bij het toerental van 75 omwentelingen per minuut wordt het schraapmechanisme ingeschakeld. Het ingedikte slib wordt hierdoor uit de rotor geschrapt en verlaat deze aan de onderzijde. Nadat de rotor geleegd is, wordt het schraapmechanisme naar binnen gedraaid en neemt de volgende cyclus een aanvang.

3. **Opzet van het proefprogramma**

Bij het testen van de centrifuge is de invloed van de volgende variabelen op het rendement en op de indikkingsgraad nagegaan:

- de normale of centrifugale versnelling van de centrifuge;
- de toevoeging van polyelektrolyten;
- de capaciteit van de centrifuge.

3.1. *De normale of centrifugale versnelling van de centrifuge*

De normale of centrifugale versnelling waaraan het slib wordt onderworpen, is afhankelijk van het toerental van de centrifuge. Dit is bij de ATM-centrifuge traploos regelbaar. In formule uitgedrukt:

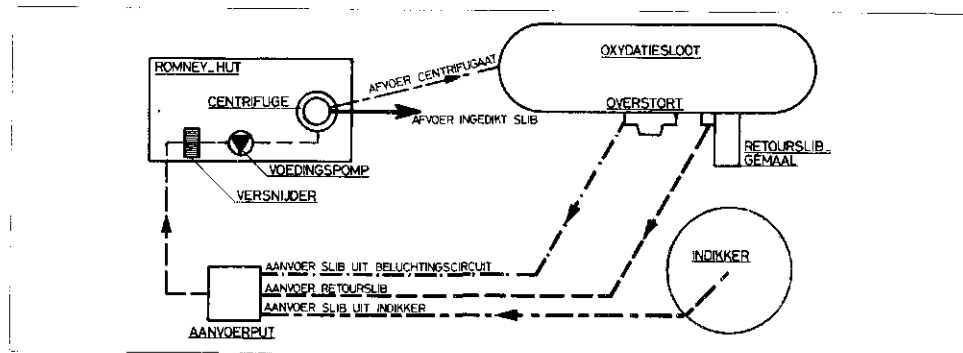
$$a_n = r\omega^2 = r \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2 \text{ m/s}^2$$

De genoemde grootheden zijn:

- a_n = de normale of centrifugale versnelling in m/s²;
- g = de versnelling van de vrije val (= 9,81) in m/s²;
- r = de straal van de rotor van de centrifuge (= 0,61) in m;
- ω = de hoeksnelheid in rad/s;
- n = het toerental van de centrifuge in omw/min.

De maximale centrifugale versnelling waaraan het slib kan worden onderworpen is 300 g, hetgeen overeenkomt met een toerental van 1380 omwentelingen per minuut.

Bij de proefnemingen was het toerental ingesteld op maximaal 1340 omwentelingen per minuut ($a_n = 1230$ g). Als minimale centrifugale versnelling is 550 g ($n = 900$



Afb. 3 - Schema van de proefopstelling te Zutphen.

omw/min.) aangehouden, dit ten einde te voorkomen dat de centrifuge in onbalans geraakte.

3.2. *De toevoeging van polyelektrolyten*

Alhoewel de verwachting bestond dat de ATM-centrifuge zonder toevoeging van polyelektrolyten reeds een goed resultaat zou geven, zowel wat indikkingsgraad als wat rendement betreft, was het interessant de invloed hiervan na te gaan.

3.3. *De capaciteit van de centrifuge*

De toevoer van het in te dikken slib kan gevarieerd worden middels een traploos regelbare slibvoedingspomp. Afhankelijk van het drogestof gehalte van de slibtoevoer kan de actuele capaciteit (kg DS/h) hiermee worden ingesteld.

4. **Proefopstelling**

De slibontwateringsproeven zijn in de periode januari tot en met mei 1975 uitge-

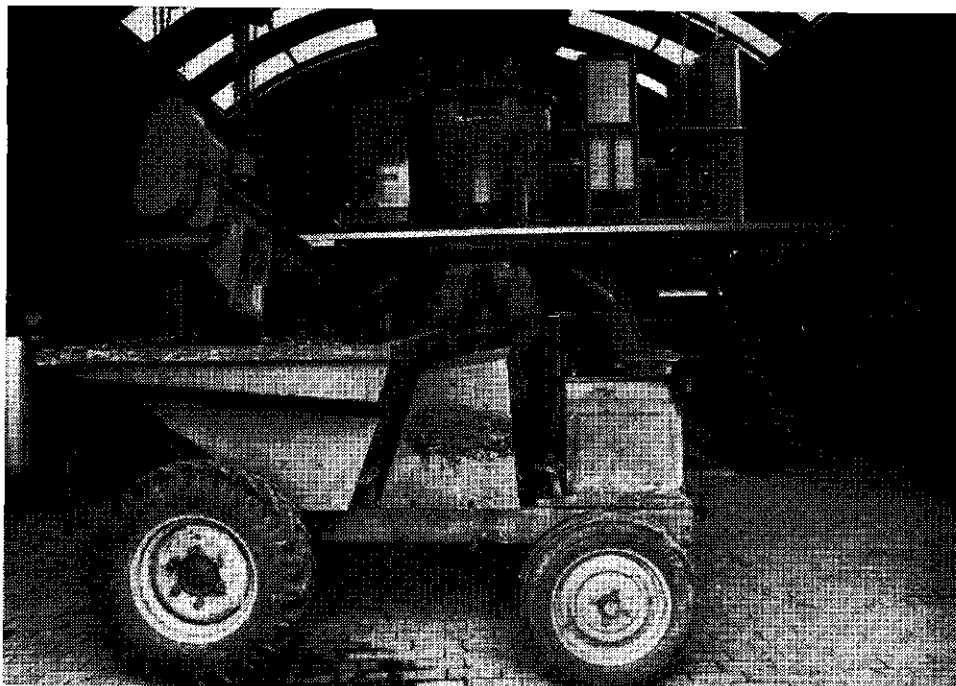
voerd met een Alfa Laval centrifuge op productieschaal, te weten type ATM 48 x 30, welke op de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Zutphen stond opgesteld.

Deze installatie, welke in het beheer is bij het Zuiveringschap Oostelijk Gelderland is een oxydatiesloot, type Carrousel, ontworpen voor de zuivering van het afvalwater van 100.000 i.e. De werkelijke belasting van de installatie ten tijde van de slibontwateringsproeven bedroeg ca. 75.000 i.e. De gemiddelde slibaanwas in 1974 bedroeg 35 - 40 gram per i.e. en per etmaal. De proefopstelling is schematisch weergegeven in afb. 3.

Het slib dat aan de centrifuge werd toegevoerd, werd op een drietal plaatsen aan het zuiveringsproces c.q. slibontwateringsproces onttrokken, namelijk:

- a. uit het beluchtingscircuit (ca. 0,5 % DS);
- b. vanuit het retourslibvijzelgemaal (ca. 1 % DS);
- c. uit één van de slibindikers (ca. 2,5 % DS).

Foto 1 - Overzicht van de proefopstelling te Zutphen.



Met behulp van een mohnopomp, welke traploos regelbaar was van 1 m³/h tot 21 m³/h en via een versnijder werd het slib vanuit de aanvoerput (afb. 3) naar de centrifuge getransporteerd. Door de beperkte maximale capaciteit van de mohnopomp werd de actuele capaciteit van de centrifuge in kg DS/h gelimiteerd. Alle noodzakelijke apparatuur stond in een nissenhut opgesteld (foto 1).

5. Beoordelingscriteria

Bij het indikken van slib met behulp van een centrifuge kunnen de volgende criteria in de beoordeling worden betrokken:

a. *de actuele capaciteit*, dit is de hoeveelheid slib in kg drogestof, welke per uur door de centrifuge wordt geproduceerd als ingedikt materiaal. De tijd benodigd voor het accelereren, het decelereren en het leegmaken van de rotor is hierin begrepen. In formule uitgedrukt:

$$M = Q \times C_i \times \eta \text{ kg/h.}$$

b. *het rendement*, dat wil zeggen de mate waarin het toegevoerde slib gemeten als droge stof in de centrifuge wordt teruggehouden. In formule uitgedrukt:

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

c. *de indikingsgraad*, uitgedrukt in de indamprest van het ingedikte slib, C_s .

Onder de in a. tot en met c. genoemde grootheden wordt verstaan:

Q = de actuele voedingscapaciteit in m³/h;

M = de actuele capaciteit in kg DS/h;

η = rendement in %;

C_i = de droogrest van de onopgeloste bestanddelen van het toegevoerde slib in %;

C_e = de droogrest van de onopgeloste bestanddelen van het centrifugaat in %;

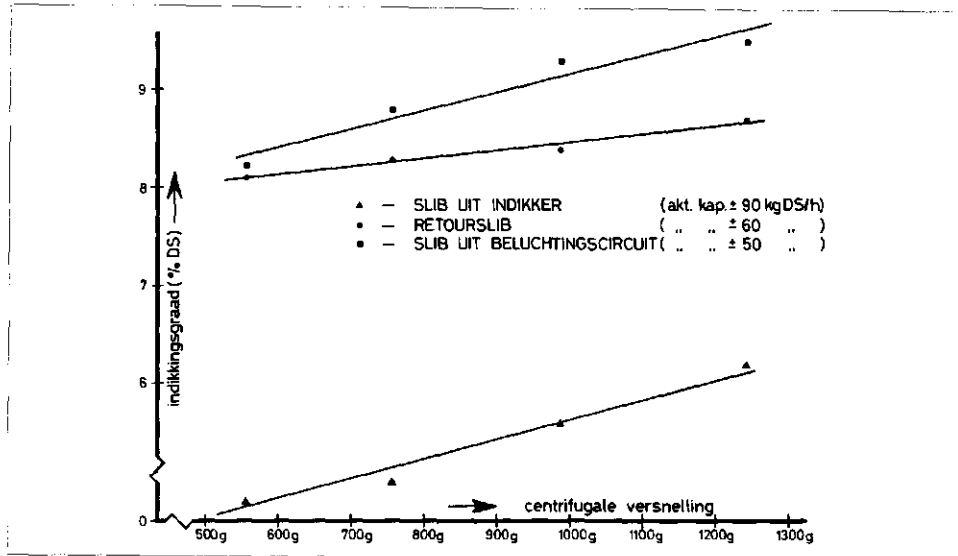
C_s = de indamprest van het ingedikte slib in %.

De C_i en de C_e werden bepaald in verzamelmonsters van meerdere steekmonsters. De C_s werd vastgesteld in een monster van het ingedikte slib nadat de gehele inhoud van de rotor in een mengmachine was gehomogeniseerd. Alhoewel bovengenoemde beoordelingscriteria van groot belang zijn, dienen andere aspecten zoals energieverbruik, geluidhinder, invloed van het centrifugaat op het zuiveringsproces, bediening, betrouwbaarheid en duurzaamheid van de centrifuge in de beoordeling te worden betrokken.

6. Resultaten

6.1. Bedrijfsresultaten centrifuge

Voorafgaande aan de bespreking van de



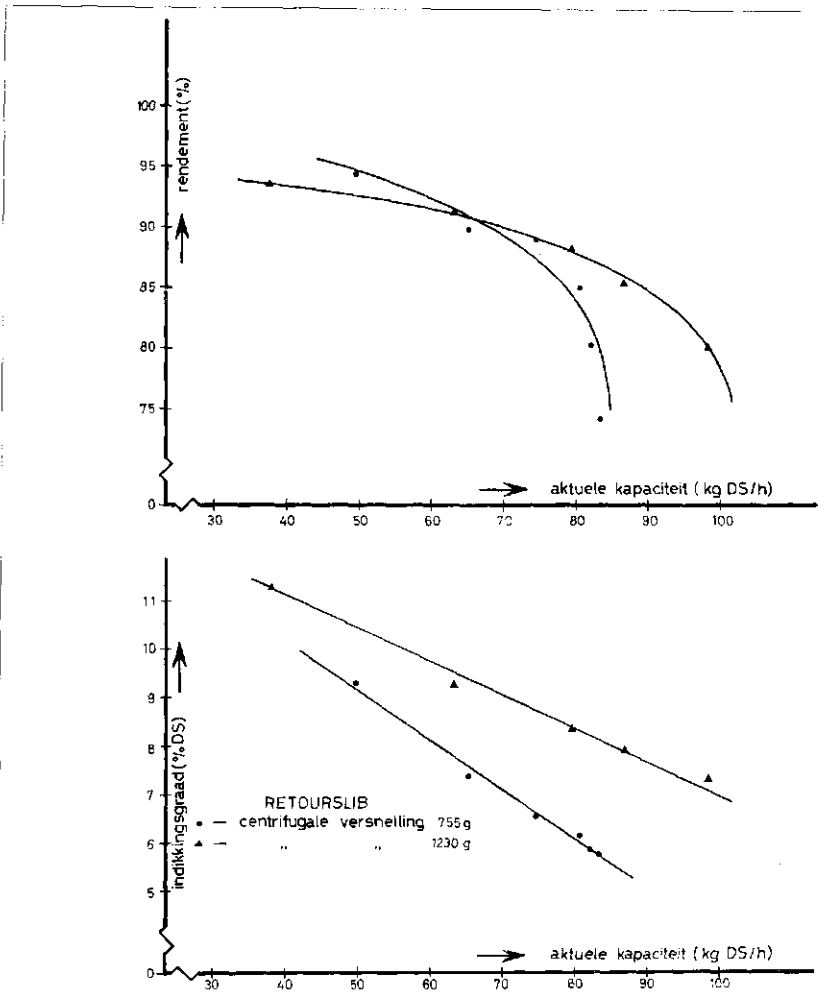
Afb. 4 - De invloed van de centrifugale versnelling van de centrifuge. — Centrifugale versnelling variabel, actuele capaciteit konstant.

onderzochte variabelen aan de hand van de verkregen resultaten dient het navolgende te worden opgemerkt:

a. Aangezien de proefnemingen over een langere periode zijn uitgevoerd, konden

variaties in de kwaliteit en de kwantiteit van het slib niet worden voorkomen. Hierbij wordt o.a. gedacht aan de hydraulische belasting van de installatie (direct van invloed op de drogestof-concentratie

Afb. 5 - De invloed van de centrifugale versnelling van de centrifuge. — Centrifugale versnelling konstant, actuele capaciteit variabel.



van het retourslib), de temperatuur in het beluchtingscircuit, de sibleeftijd en de slibindex. Zowel de slibindex als de sibleeftijd waren gedurende de proefnemingen hoog. De slibindex varieerde van 125 ml/g tot 190 ml/g. Aangezien de afzet in de landbouw door de slechte weersomstandigheden werd beperkt, was het slibgehalte in het beluchtingscircuit hoger dan normaal. Hierdoor was de sibleeftijd globaal enkele tientallen dagen hoger dan die bij de dimensionering van de installatie voor ogen stond. Bij beproevingen van deze centrifuge in Zweden is gebleken dat met name de indikkingsgraad door zowel een hoge slibindex als door een hoge sibleeftijd negatief wordt beïnvloed.

b. Tenzij anders vermeld, zijn de proeven bij een toerental van 1340 omwentelingen per minuut uitgevoerd.

6.1.1. De invloed van de centrifugale versnelling

De centrifugale versnelling beïnvloedt de indikkingsgraad van de verschillende 'slibsoorten' in niet geringe mate.

Uit afb. 4 is af te leiden dat het verband tussen de centrifugale versnelling en de indikkingsgraad lineair is.

Het effect van een verlaging van de centrifugale versnelling op de indikkingsgraad komt eveneens in afb. 5 tot uitdrukking. Tevens blijkt uit deze afbeelding dat bij verhoging van de actuele capaciteit het rendement vermindert (zie tevens 6.1.3.). Bij een lage centrifugale versnelling treedt dit effect reeds bij lagere capaciteiten op dan bij een hogere centrifugale versnelling.

6.1.2. De invloed van de toevoeging van polyelektrolyten

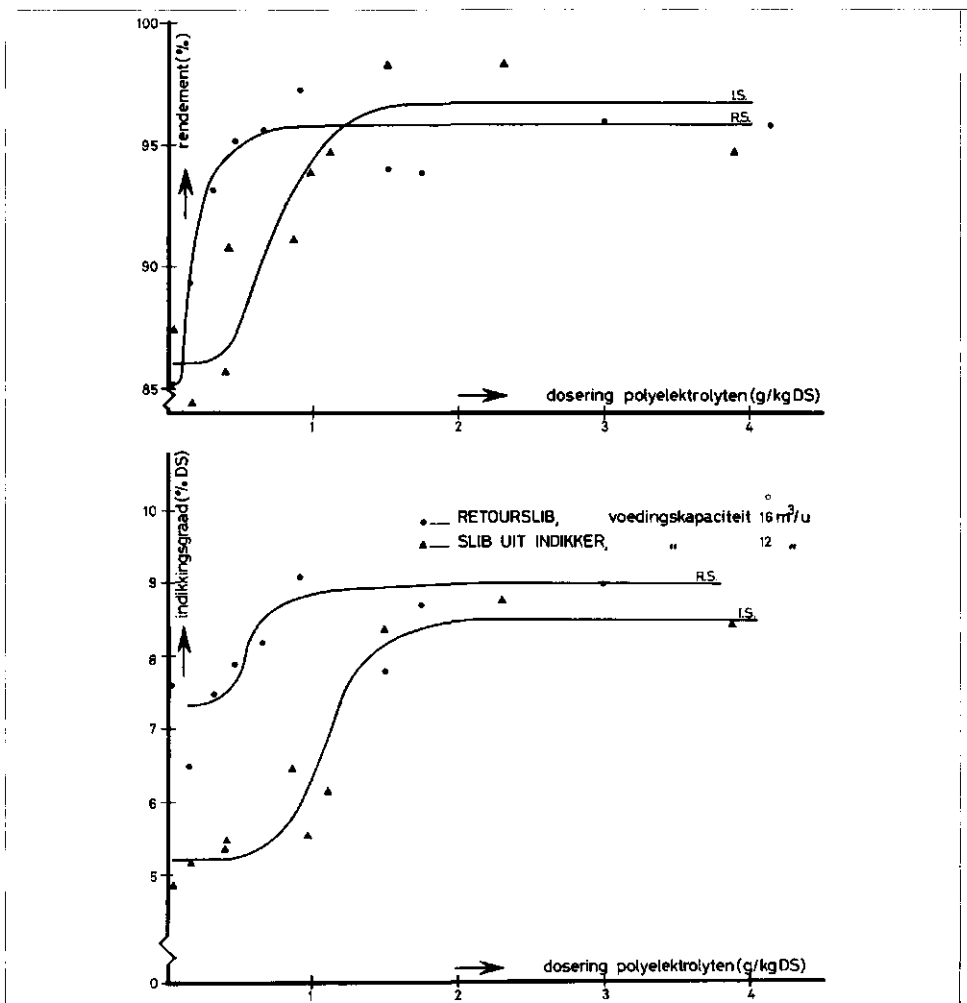
De dosering van het polyelektrolyt vond plaats, direkt nadat het slib aan de onderzijde van de rotor was ingebracht. Het polyelektrolyt dat in het kader van dit onderzoek is gebruikt, was het zwak-kationische Sedipur CE 5006.

Uit afb. 6 blijkt, dat reeds een geringe toevoeging van polyelektrolyten, namelijk ca. 0,5 g per kg drogestof-voeding op retourslib en ca. 1,0 g per kg drogestof-voeding op slib uit de indikker, een duidelijk gunstig effect heeft op het rendement en de indikkingsgraad.

Het rendement werd globaal met 10 % verbeterd van 85 % tot 95 %. De indikkingsgraad van het retourslib werd met 1 à 1,5 % verbeterd en die van het slib uit de indikker met 2 à 3 %.

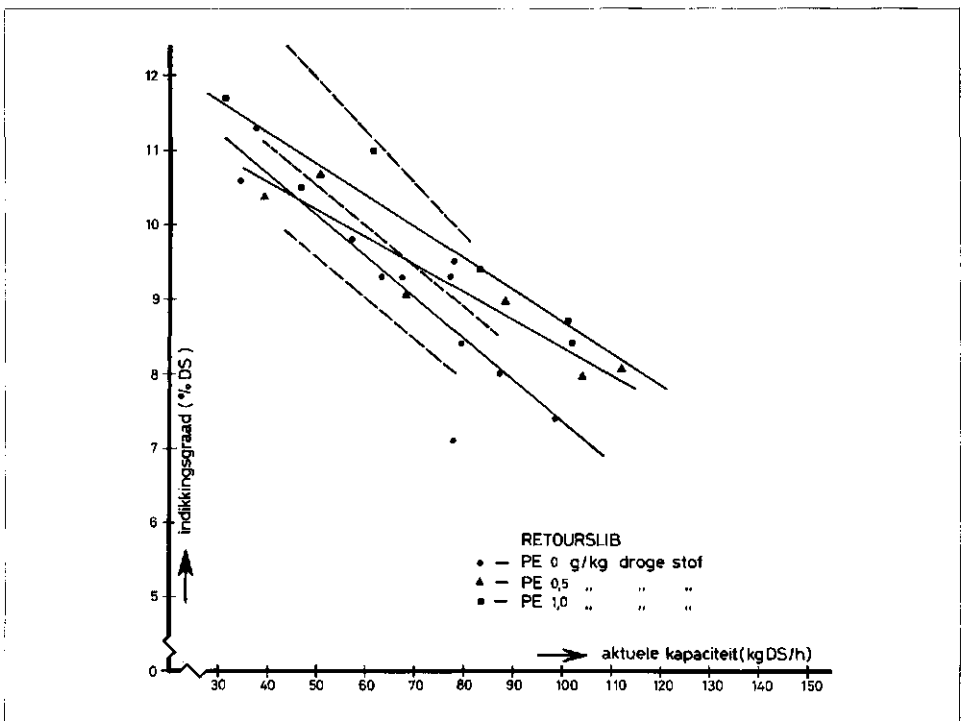
6.1.3. De invloed van de capaciteit van de centrifuge

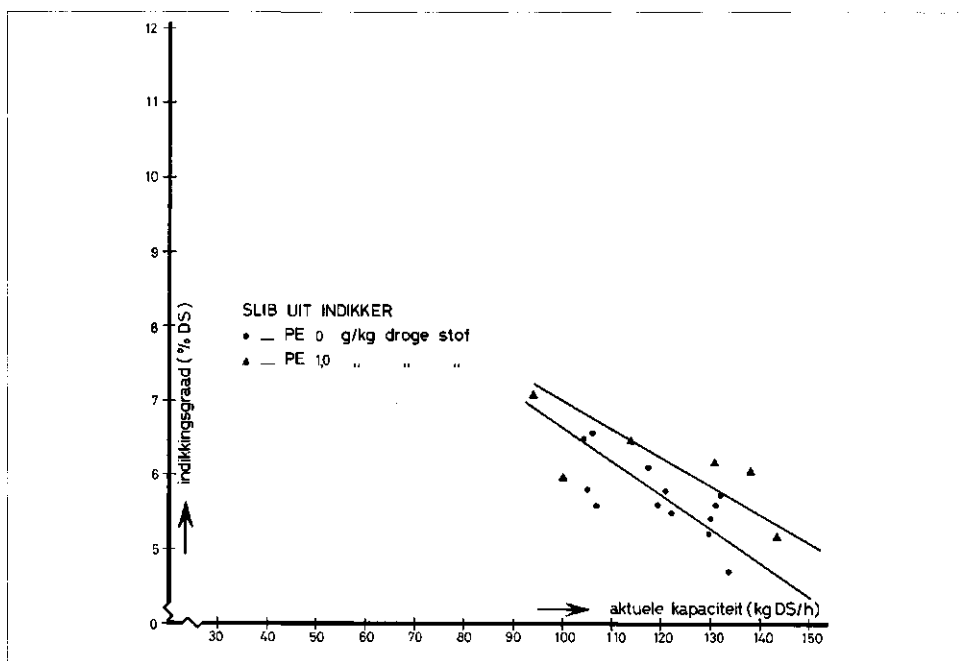
De capaciteit, met name de actuele capaciteit is van groot belang, omdat mede hierdoor het aantal bedrijfsuren van de centri-



Afb. 6 - De invloed van het toevoegen van polyelektrolyten.

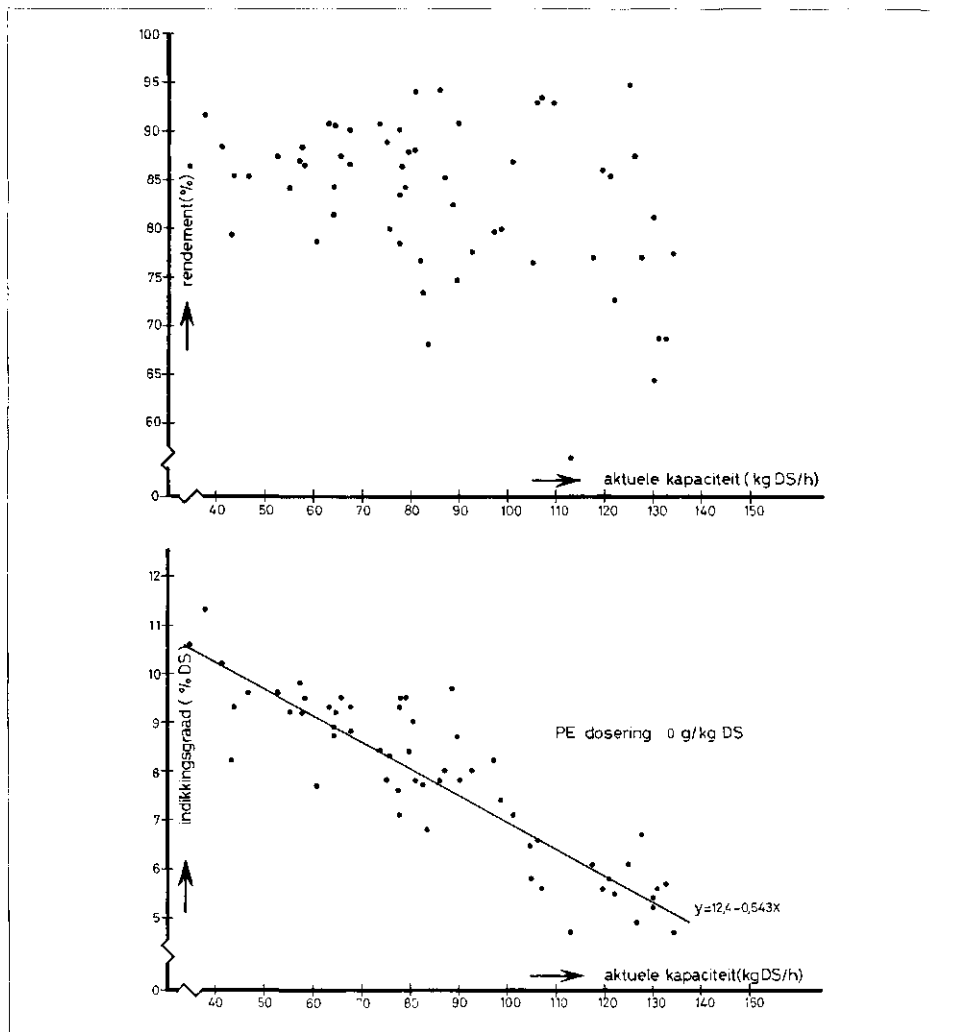
Afb. 7 - De invloed van de actuele capaciteit bij verschillende polyelektrolytdoseringen. — Retourslib (slib uit beluchtingscircuit: gestippeld).





Afb. 8 - De invloed van de aktuele capaciteit bij verschillende polyelektrolytdoseringen. — Slib uit indikker.

Afb. 9 - De invloed van de aktuele capaciteit bij konstante polyelektrolytdosering. — PE-dosering 0 g/kg DS.



fuge i.c. het aantal centrifuges wordt bepaald.

Het effect van toenemende aktuele capaciteiten op de indikkingsgraad is bij polyelektrolytdoseringen van 0; 0,5 en 1 g/kg drogestof-voeding voor retourslib en slib uit de indikker weergegeven in resp. afb. 7 en afb. 8.

Aangezien het drogestof-gehalte van het retourslib en het slib uit het beluchtingscircuit nagenoeg hetzelfde was, is het verband tussen de aktuele capaciteit en de indikkingsgraad voor de proeven met slib uit het beluchtingscircuit als stippellijn in afb. 7 aangegeven. Voor de geteste 'slibsoorten' blijkt in alle gevallen dat bij toenemende capaciteit de indikkingsgraad afneemt, ongeacht de dosering van polyelektrolyten.

Wanneer de resultaten van bovenbeschreven proeven nader worden bezien aan de hand van de afb. 7 en 8 wordt de indruk verkregen dat de indikkingsgraad mede afhankelijk is van de aktuele capaciteit doch onafhankelijk is van de 'slibsoorten' waarmee de centrifuge wordt gevoed. Naar aanleiding hiervan zijn de resultaten, welke gedurende de proefperiode werden behaald met de drie slibsoorten en bij maximale centrifugale versnelling in één afbeelding samengebracht. Dit is zowel voor de proeven zonder als met polyelektrolytdosering gedaan (zie afb. 9 t/m 11).

De ligging van de punten onderling doet een rechtlijnig verband vermoeden. Aangenomen dat dit een juiste veronderstelling is, is met behulp van de 'methode der kleinste kwadraten' berekend welk verband er bestaat.

Het resultaat is weergegeven in de vorm van een rechte

$$y = a + b x,$$

waarin:

$$y = \text{indikkingsgraad};$$

$$a = \text{intercept op } y - \text{as};$$

$$b = \text{tg } \alpha;$$

$$\alpha = \text{hellingshoek};$$

$$x = \text{aktuele capaciteit}.$$

Op grond van deze resultaten is het mogelijk de aktuele capaciteit bij een gewenste indikkingsgraad te bepalen. De plaats waar het slib aan het zuiveringsproces wordt onttrokken is hierbij niet van belang. Het rendement van de proeven, uitgevoerd met retourslib en met slib uit het beluchtingscircuit zonder toevoeging van polyelektrolyten lag tussen de 80 en 90 %. Wanneer gevoed werd met slib uit de indikker is een grotere spreiding (65 - 95 %) en bij hogere capaciteiten een verlaging van het rendement te constateren. Door de beperkte capaciteit van de mohnopompe ko het effect bij capaciteiten hoger dan

ca. 110 kg DS/h voor beide andere 'slibsoorten' niet worden nagegaan. Opgemerkt moet worden dat in afb. 9 het merendeel van de rendementen kleiner dan 80 % gevonden zijn bij proeven met slib uit de indikker.

6.1.4. Energieverbruik van de centrifuge
Gedurende een aantal proeven zijn vermogensmetingen verricht. De gevonden waarden kunnen als richtwaarden worden beschouwd. De in tabel I genoemde waarden zijn inclusief het energieverbruik van de voedingspomp en de slibversnijder, doch exclusief dat van de slibmenger en van het slibafvoersysteem.

Het blijkt dat er geen grote verschillen in het energieverbruik optreden, wanneer de centrifugale versnelling verlaagd wordt van 1230 g tot 775 g. Dit geldt met name voor de indikking van slib uit de indikker. Dit geringere verschil van het energieverbruik ten opzichte van het energieverbruik bij retourslib kan verklaard worden door de zeer korte cyclustijden, wanneer gewerkt wordt met slib uit de indikker. De rotor draait dientengevolge gedurende kortere tijd op het ingestelde toerental, waardoor de acceleratieperiode een groter deel uitmaakt van de totale cyclustijd.

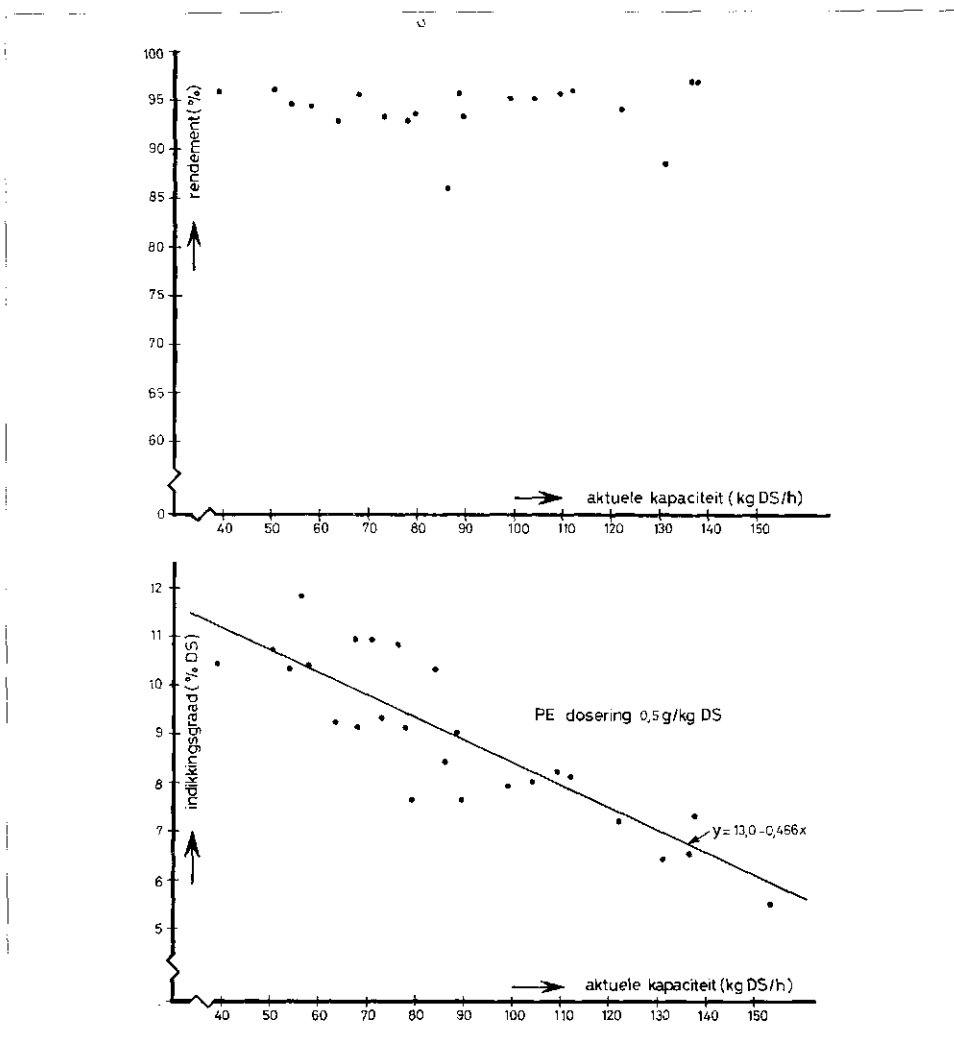
6.1.5. Geluidmetingen

In de nissenhut werden op een aantal plaatsen bij een toerental van 1340 omwentelingen per minuut geluidmetingen verricht. Het geluidsniveau L_A bedroeg, afhankelijk van de plaats, 92 tot 94 dB (A). Op het bordes, op 1 m afstand van de centrifuge was het niveau 97 dB (A), terwijl buiten de nissenhut, op 5 m afstand met gesloten deuren, het geluidniveau 72 dB (A) was. Van de meting op het bordes is een frequentie-analyse gemaakt, waarvan het resultaat is weergegeven in afb. 12.

Het centrifugegeluid behoeft, indien de centrifuge in een daarvoor akoestisch aangepast gebouw is geplaatst, geen overlast te veroorzaken voor de omgeving. Anders is het net de normen ten aanzien van de werkomgeving. Uit de praktijk is bekend, dat bij blootstelling aan sterke geluidbronnen blijvende gehoorbeschadiging kan optreden. Sinds 1971 heeft de ISO daartoe lawaaimetingen vastgesteld, die als internationale maatstaven worden gehanteerd (tabel II).

TABEL II - Het maximale geluidniveau gerelateerd aan de tijdsduur van blootstelling eraan.

ijdsduur van blootstelling h/dag	maximale grens dB(A)
8	85
4	88
2	91
1	93
0,5	94



Afb. 10 - De invloed van de actuele capaciteit bij konstante polyelektrolytdosering. — PE-dosering 0,5 g/kg DS.

TABEL I - Het energieverbruik van de ATM-centrifuge bij het indikken van retourslib en slib uit de indikker.

	centrifugale versnelling	vermogen kW	actuele capaciteit m ³ /h	energieverbruik kW · h/m ³	indikingsgraad % DS	rendement %
retourslib	755 g	22,1	15,8	1,4	7,7	75,2
	1230 g	25,8	14,7	1,8	8,2	77,0
slib uit indikker	755 g	18,0	3,9	4,6	5,5	81,6
	1230 g	21,9	4,6	4,8	6,5	79,9

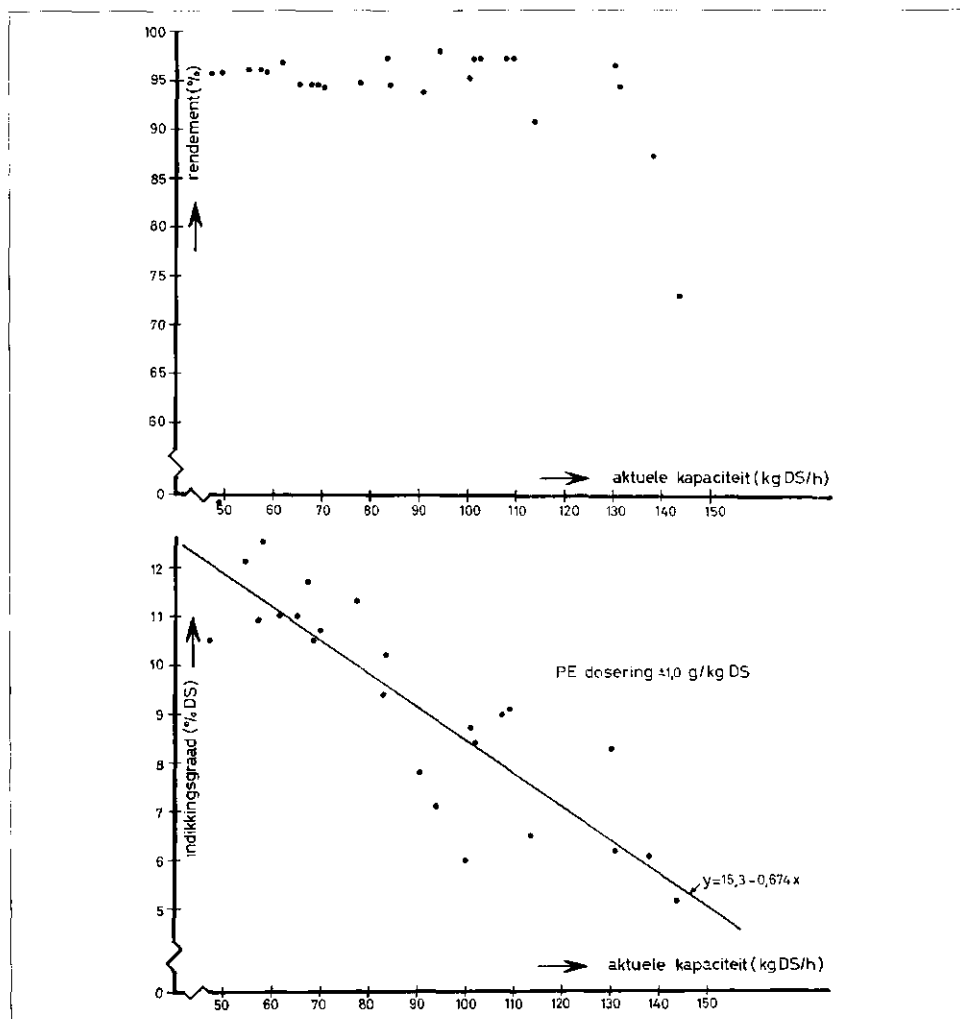
(ISO-aanbevelingen R 1996, R 1999 en Normblad 2151). Uit deze tabel moge blijken, dat het niveau van 97 dB(A), dusdanig hoog ligt, dat bij kortstondig verblijf dichtbij de centrifuge ter voorkoming van blijvende gehoorbeschadiging gehoorbeschermingsmiddelen gedragen zullen moeten worden. Hierbij dient evenwel opgemerkt te worden, dat de opstelling van de centrifuge in Zutphen provisorisch was. Bij een definitieve plaatsing zal het bedieningspaneel gescheiden moeten worden van de plaats van de centrifuge door een geluidwerende wand. Volgens opgave van de leverancier van de centrifuge wordt

gezocht naar middelen om het geluidniveau te verminderen. Gezien het feit dat de frequentie-analyse uitwijst dat het geluid bij middelhoge frequenties overheerst, moet dit zonder meer te verwezenlijken zijn. De geluidsmetingen werden verricht met een geluidniveaumeter, type 2209, en een oktafilter, type 1613, beide fabrikaat Brüel en Kjaer.

6.1.6. Bediening, toezicht en onderhoud

6.1.6.1. Bediening

Het instellen en het inschakelen van de diverse eenheden van de centrifuge, zowel



Afb. 11 - De invloed van de actuele capaciteit bij konstante polyelektrolytdosering. — PE-dosering 1 g/kg DS.

voor handbediening als voor automatisch bedrijf geschiedt met behulp van de in de schakelkast ondergebrachte apparatuur en kan op eenvoudige manier, middels de op het schakelpaneel aanwezige controle-meters en schakelaars, plaatsvinden. De beveiligingsapparatuur is eveneens in de schakelkast ondergebracht.

6.1.6.2. Toezicht en onderhoud

Gedurende de gehele proefperiode heeft zich geen enkele storing aan de installatie voorgedaan. Het toezicht bij automatisch bedrijf beperkt zich tot het dagelijks controleren van één volledige cyclus, het oliepeil en de olietemperatuur en het uitvoeren van een visuele inspectie naar eventuele oliekkages. Het onderhoud bestaat uit het periodiek verversen van olie in het lagerhuis en het vervangen van oliefilters. Halfjaarlijks moet de olie van het hydraulische systeem vervangen worden, terwijl éénmaal per jaar een grote inspectie- en onderhoudsbeurt van de centrifuge plaats moet vinden.

6.1.6.3. Proef over langere periode

Gedurende de proefperiode is een 'duurproef' uitgevoerd. Het testprogramma werd overdag voortgezet, terwijl de centrifuge gedurende de avond en de nacht bij een vaste instelling werkte. De proef werd over een periode van ca. 105 uren genomen. De voedingspomp had gedurende deze periode ca. 60 uren retourslib gedoseerd. Er deed zich geen enkele storing voor tijdens deze periode. De resultaten van de bemonsteringen zijn in tabel III samen-gebracht. Het blijkt dat er zich in de resultaten over langere periode variaties voordoen. Deze zijn grotendeels toe te schrijven aan schommelingen in het zwevende stofgehalte van de slibvoeding. Wanneer echter het gemiddelde van de waarnemingsresultaten wordt gezien, hetgeen voor de praktijk van belang is, kan worden gesteld dat de resultaten zeer redelijk zijn.

6.2. Invloed van het centrifugaat op het zuiveringsproces

Bij de ontwatering c.q. indikking met

TABEL III - De variaties in resultaten over een langere periode (16 h) bij vaste instelling van de centrifuge.

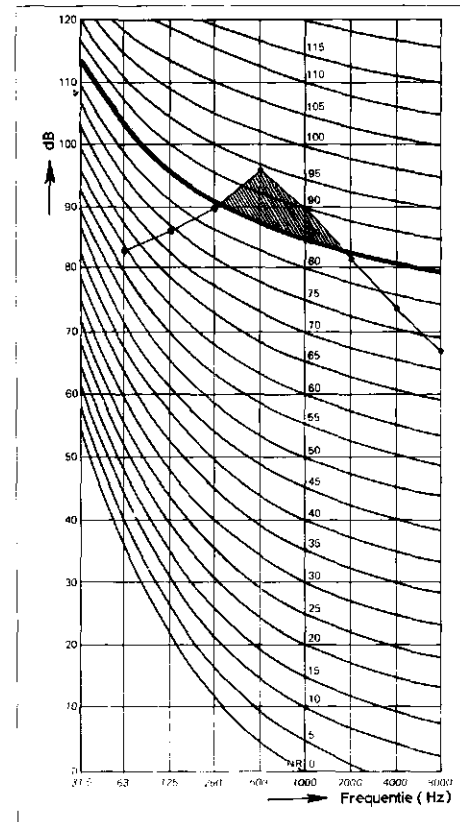
	voedings- kapa- citeit m ³ /h	aktuele kapa- citeit kg DS/h	rende- ment %	indik- kings- graad % DS
Nacht 1	10	64,7	90,7	9,2
	10	67,3	90,3	8,8
	10	73,7	91,0	8,4
	10	43,3	85,5	9,3
Nacht 2	12	89,8	90,9	7,8
	12	76,0	89,0	7,8
	12	43,9	79,6	8,2
	12	80,6	88,4	9,0
Nacht 3	16	60,4	78,8	7,7
	16	88,7	82,6	9,7
	16	100,8	87,0	7,1
	16	77,4	90,2	7,1

behulp van een centrifuge zullen ten gevolge van de hoge centrifugale versnelingen, waaraan het slib wordt blootgesteld slibvlokken worden verkleind. Hierdoor zal het centrifugaat een hoeveelheid fijnere zwevende deeltjes in het zuiveringsproces terugvoeren, welke op langere termijn even tueel de kwaliteit van het slib in de oxydatie sloot en ook de kwaliteit van het effluent zouden kunnen beïnvloeden.

6.2.1. Belasting van de oxydatiesloot

Wanneer de terugvoer van het centrifugaat

Afb. 12 - Frekwentie-analyse van het geluid bij maximaal toerental in de directe omgeving van de centrifuge.



incl. zwevende bestanddelen als extra belasting van de oxydatiesloot wordt gezien, kan deze met behulp van de BZV₅ worden vastgesteld. Deze belasting bedroeg bij proeven zonder toevoeging van polyelektrolyten met retourslib 2,5 - 9 % en met slib uit de indikker 2,5 - 5 %. Werden daarentegen wel polyelektrolyten toegevoegd dan waren de extra belastingen resp. 0,5 - 1,5 % en 1 - 2 %. In het algemeen geldt dat de extra belasting bij een grotere actuele capaciteit en zonder toevoeging van polyelektrolyten hoger is.

6.2.2. Kwaliteit van het effluent

Wanneer de fijne deeltjes niet door de in het beluchtingscircuit aanwezige slibmassa worden geadsorbeerd en hiermee in de nabezinktank worden afgescheiden, maar als zodanig kumulieren, zullen deze na verloop van tijd de kwaliteit van het effluent nadelig kunnen beïnvloeden. Er is getracht met behulp van proeven op laboratoriumschaal enig inzicht hieromtrent te verkrijgen. Het bleek dat het grootste gedeelte van het zwevende materiaal in het centrifugaat spontaan tot bezinking kwam. Niettemin bleef de bovenstaande vloeistof troebel. Nadat het centrifugaat als zodanig enkele dagen was belucht, kon worden vastgesteld dat de bovenstaande vloeistof helder was. Van het centrifugaat vóór en na de beluchting is een mikroskopische opname gemaakt, waarvan het resultaat op foto's 2 en 3 (fase-contrast 325 x) te zien is.

Het centrifugaat vóór beluchting (foto 2) vertoont duidelijk naast min of meer disperse slibvlokken veel losse bacteriën rondom de vlokken. De niet in slibvlokken gevangen bacteriën zijn nadat het centrifugaat enige tijd belucht is, niet meer als zodanig terug te vinden (foto 3). Aangenomen mag worden dat de losse bacteriën, welke de troebeling veroorzaken, in de slibvlok zijn opgenomen of zich aan de slibvlok hebben gehecht. Op grond hiervan kan worden verwacht dat de terugvoer van het centrifugaat in het beluchtingscircuit geen nadelige invloed heeft op de kwaliteit van het effluent.

7. Kosten

Bij de keuze tot het toepassen van een ATM-centrifuge voor de ontwatering van surplusslib, zullen zowel de technologische als de financiële aspecten moeten worden overwogen. De technologische aspecten zijn in het voorgaande reeds uitvoerig besproken. In het navolgende zal aan de hand van een tweetal alternatieven een indruk van de investeringskosten en de exploitatiekosten worden gegeven. De alternatieven zijn:

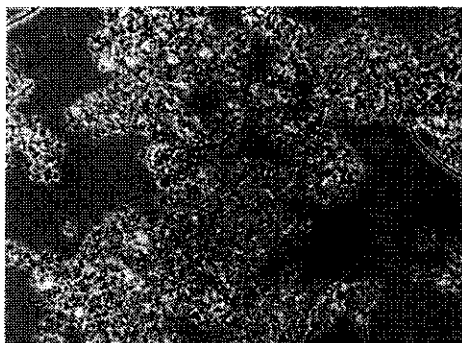


Foto 2.
Het centrifugaat als zodanig met veel losse bacteriën rondom de slibvlokken.

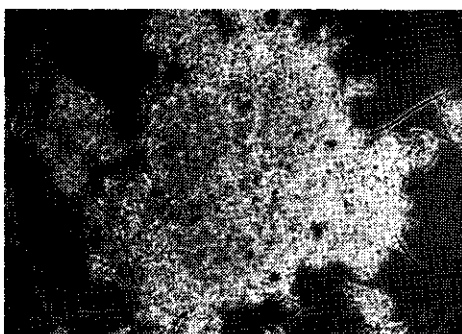


Foto 3:
Het centrifugaat nadat dit enige tijd is belucht.

I: surplusslib → indikker → slibbuffer → afzet landbouw.

II: surplusslib → ATM-centrifuges → slibbuffer → afzet landbouw.

In beide gevallen is uitgegaan van een rioolwaterzuiveringsinstallatie van 100.000 i.e. met een surplusslibproductie van 35 g per i.e. en per dag. Aangenomen is dat het slib hetzij met behulp van een indikker tot 3 % drogestof hetzij met behulp van een tweetal ATM-centrifuges gedurende 5 dagen per week tot 7,5 % drogestof wordt ingediktd. De slibbuffer is in beide gevallen berekend op een maximale verblijftijd van het ingedikte slib van 30 dagen. De transportkosten voor de afvoer van het ingedikte slib in de landbouw met behulp van een vacuüm-tankwagen variëren voor de

verschillende gebieden sterk. Daartoe is in tabel IV een overzicht gegeven van deze kosten op jaarbasis bij diverse bedragen, te weten, f 2,—, f 4,— en f 6,— per m³ slib. Wanneer tevens de kosten voor afschrijving (bouwkundig 40 jaar, mechanisch/elektrisch 15 jaar) op basis van annuïteit en een rentevoet van 9,5%, de onderhoudskosten (bouwkundig 0,5 % en mechanisch/elektrisch 2 %), de energiekosten (1 kW · h = f 0,10) en de personeelskosten in de beschouwing worden betrokken, dan zijn de kosten per ton drogestof vast te stellen. De genoemde prijzen zijn exclusief b.t.w. en grondkosten. De investeringen van een slibverwerkingsgebouw voor alternatief II zijn in de beschouwingen betrokken. Uit tabel IV blijkt, dat de jaarlijkse lasten in het voordeel van de indikking met behulp van de ATM-centrifuges uitkomen wanneer de prijs per m³ af te voeren nat slib hoger is dan f 4,—. De jaarlijkse lasten per ton drogestof voor indikking met behulp van een indikker en de ATM-centrifuges bedragen dan resp. f 160,— en f 170,—.

8. Samenvatting en conclusie

De belangrijkste resultaten van de proefnemingen met de ATM-centrifuge kunnen als volgt worden samengevat:

— Het verband tussen de actuele capaciteit in kg drogestof per uur en de indikkingsgraad blijkt rechtlijnig te zijn. Hierdoor kan binnen de mogelijkheden van de centrifuge en onafhankelijk van het drogestof-gehalte van de voeding elke gewenste indikkingsgraad worden bereikt.

Bij deze proefnemingen lag, ondanks het feit dat de slibindex en de slibleeftijd hoog waren, de bereikte graad van indikking c.q. ontwatering tussen de 4 en 12 % DS. De rendementen varieerden van 70 tot 97 %, maar lagen bij het merendeel van de proeven, ook wanneer geen polyelektrolyten werden toegevoegd, hoger dan 80 %.

• slot op pagina 449

TABEL IV - Vergelijking van de jaarlijkse lasten wanneer het slib wordt ingediktd met behulp van één indikker en met behulp van een tweetal ATM-centrifuges.

indikking met behulp van	afvoer m.b.v. een vacuüm-tankwagen in de landbouw		jaarlijkse kosten in verband met afschrijving, onderhoud, energie en bediening		
	transportprijs per m ³ slib à 3 c.q. 7,5% DS guldens/m ³	totale transportkosten per jaar f 1000,—/jr	f 1000,—/jr	f 1000,—/jr	totale jaarlijkse kosten guldens/ton DS
indikker	2,—	85,2	34,5	119,7	94,—
	4,—	170,3	34,5	204,8	160,—
	6,—	255,5	34,5	290,0	227,—
ATM-centrifuge	2,—	34,1	148,8	182,9	143,—
	4,—	68,1	148,8	216,9	170,—
	6,—	102,2	148,8	251,0	196,—

- slot van pagina 445

Indikking van aëroob gemineraliseerd slib door een basketcentrifuge

— Een geringe toevoeging van polyelektrolyten, 0,5 tot 1,0 g per kg drogestof, heeft een duidelijk gunstig effect op het rendement (toename van ca. 85 tot ca. 95 %).

De indikkingsgraad wordt eveneens met enkele procenten verbeterd.

— Het energieverbruik van de centrifuge per m³ blijkt voor retourslib 1,8 kW . h en voor slib uit de indikker 4,8 kW . h te zijn.

— In de proefopstelling te Zutphen was het geluidniveau, met name in de directe omgeving van de centrifuge vrij hoog.

Door het aanbrengen van voorzieningen is dit echter tot een akseptabel niveau terug te brengen.

Uit bovenstaande blijkt dat de ATM-centrifuge de functie van een indikker in het slibverwerkingsbedrijf zeer goed kan innemen. In hoeverre de jaarlijkse lasten een besparing geven, zal van geval tot geval moeten worden nagegaan. Uit het in deze publikatie uitgewerkte voorbeeld blijkt dat de indikking met behulp van de ATM-centrifuge besparingen gaat opleveren ten opzichte van indikking door de zwaartekracht wanneer de afvoerkosten van nat slib in de landbouw hoger liggen dan f 4,— per m³.

Deze publikatie kon alleen tot stand komen door de medewerking van het Zuiveringschap Oostelijk Gelderland, met name van de heren ir. A. A. van der Koppel en Th. J. Witjes, waarvoor de auteurs hen dankzeggen.

Hun dank gaat eveneens uit naar de heer W. L. van Veen van het Laboratorium voor Microbiologie der Landbouwhogeschool, die de mikroskopische opnamen van de aktiefslibmonsters maakte en interpreteerde.

Literatuur

1. Haan, S. de, Karper, R., Scheltinga, H. M. J., Selm, J. van, Teeuwen, T. en Verhaagen, J., *Methoden van slibverwerking*, H₂O 6 (1973) 356.
2. Onstwedder, H., Pepping, R., Man, A. de, *Toepassingsmogelijkheden van centrifuges voor het ontwateren van aëroob gemineraliseerd slib*, H₂O 3 (1970) 460.
3. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van, *Slibontwatering door centrifugeren*, H₂O 3 (1970) 22.
4. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van, *Slibontwatering door centrifugeren bij verlaagd toerental*, H₂O 3 (1970) 612.

