

# Eigenschappen en verwerking van oxydatieslootslib met en zonder simultane defosfatering met kalk

## 1. Inleiding

Het onderzoek naar slibkarakterisering, conditionering en ontwatering is uitgevoerd met oxydatieslootslib en met slib afkomstig van de continue oxydatie-denitrificatie zuiveringsinrichting, waarin tijdens de hier besproken onderzoeksperiode simultane defosfatering met kalk plaatsvindt. Voor uitgebreide informatie over denitrificatie en defosfatering in zeer laag belaste actief-slibsystemen wordt verwezen naar lit. 1-2.

De doelstellingen van het slibonderzoek



IR. B. A. HEIDE  
Instituut voor Milieuhygiëne  
en Gezondheidstechniek TNO,  
Delft



ING. R. KAMPF  
Instituut voor Milieuhygiëne  
en Gezondheidstechniek TNO,  
Delft



ING. F. BLOOT  
Centraal Technisch Instituut  
TNO, Apeldoorn

worden aangegeven door:

- (i) Onderzoek naar de seizoensinvloed op de slibeigenschappen en verwerkingsmogelijkheden.
- (ii) Onderzoek naar de invloed van denitrificatie en defosfatering met kalk op de slibeigenschappen en slibverwerkingsmogelijkheden.
- (iii) Onderzoek naar de relaties tussen slibeigenschappen met name na conditionering en verwerkingsmogelijkheden met ontwateringsapparatuur te weten decanteercentrifuge en filterpers.

Hiertoe is een meetprogramma met een looptijd van ruim een jaar uitgevoerd, waarbij minimaal eenmaal per maand onderzoeken zijn verricht naar bovengenoemde punten. De meest relevante resultaten uit de beschikbare informatie [3] worden hier gepresenteerd.

Voor het karakteriseren van het slib worden chemische, biochemische en fysische analysemethoden gebruikt. Bij de conditionering van het slib wordt enerzijds gewerkt met anorganische chemicaliën ( $\text{FeCl}_3$  en  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en anderzijds met een organisch polymeer (Praestol 444K). Daarnaast

is ook de thermische conditionering bij  $180^\circ\text{C}$  bestudeerd. De mogelijkheden van het slibontwateren zijn op semi-technische schaal nagegaan met behulp van een filterpers en een decanteercentrifuge. Voor het niet geconditioneerde slib is het gedrag op een droogbed gevolgd. Samengevat zijn in dit verslag de resultaten van het toepassen van bestaande methoden en technieken van slibverwerking op het slib van de oxydatiesloot (OS) en van de continue oxydatie-denitrificatie zuiveringsinrichting met defosfatering met kalk (ODN) beschreven. Deze slibsoorten zijn sterk verschillend van opbouw hetgeen met name voor het onderzoek naar de relaties tussen slibeigenschappen en verwerkingsmogelijkheden met ontwateringsapparatuur van belang is.

Daarnaast heeft TNO ondermeer een meer fundamentele studie naar de waterbinding in het slib en de slibeigenschappen op haar programma staan. Hieruit kunnen impulsen komen die leiden tot het ontwikkelen van nieuwe slibconditionerings- of ontwateringsmethoden of die verbeteringen kunnen inhouden voor de bestaande methoden van slibverwerking.

## 2. Slibkarakterisering

De eigenschappen van slibben afkomstig van rioolwaterzuiveringsinrichtingen hangen samen met de samenstelling van het influent, de bedrijfsvoering en de procesomstandigheden. Afgezien van het grove onderscheid in slibsoorten, zoals uitgestit slib, primair slib etc. is het bekend dat de eigenschappen van één slibtype niet alleen afhankelijk kunnen zijn van een bepaalde rwzi ('plaatsafhankelijk') maar dat de eigenschappen ook variëren in de tijd ('tijdsafhankelijk').

De behoefte om slib te karakteriseren en de bepalingsmethoden te standaardiseren wordt ook onderkend door de Europese Commissie getuige het project 'Sewage sludge processing' [4]. Aan dit project wordt door 13 landen, waaronder Nederland, deelgenomen. Het zou wenselijk zijn dat de aanbevolen procedures en methoden zoveel mogelijk worden gevolgd. De door TNO gebruikte methoden zijn gebaseerd op diverse bronnen en eigen onderzoek. Zij wijken ten dele af van de door de genoemde commissie aangegeven procedures. Dit wordt mede veroorzaakt door het feit, dat de afsluiting van het Europese project pas eind 1975 plaatsvond; op dat tijdstip was het onderzoek reeds voor tweedeerde voltooid.

De hier gebruikte werkwijze om het slib te karakteriseren omvat de volgende kenmerken, die betrekking hebben op het niet geconditioneerde (onbehandelde) slib: — onderscheid naar herkomst;

— algemene kenmerken (kleur, geur, voorkomen van draadvormige microorganismen e.d.) op grond van visuele, olfactometrische en microscopische waarnemingen;

— chemische analyse (COD, N-Kj, P- $\text{PO}_4$ , Ca, pH, droge stof- en asgehalte);

— biochemische analyse (zuurstofverbruik van het slib);

— fysische analyses (droge stofgehalte); bepaling van ontwateringskenmerken als indicatie voor de ontwaterbaarheid (slibvolumeindex SVI, specifieke weerstand, afzuigtijd bij vacuümfiltratie, capillary suction time, CST, centrifugeerbaarheid, gedrag op droogbed).

Een aantal van de genoemde ontwateringskenmerken wordt gebruikt om het effect van de chemische of thermische conditionering vast te leggen met name in relatie tot de ontwateringsmogelijkheden met de filterpers en de decanteercentrifuge.

In lit. 3 zijn de werkwijzen waarmee het slib wordt gekarakteriseerd beschreven. Voor een aantal ontwateringskenmerken is het droge stofgehalte van belang. In het hoofdstuk over de slibeigenschappen is voor deze gevallen een standaard droge stofgehalte van  $1,5\% \approx 15\text{ g/l}$  aangehouden.

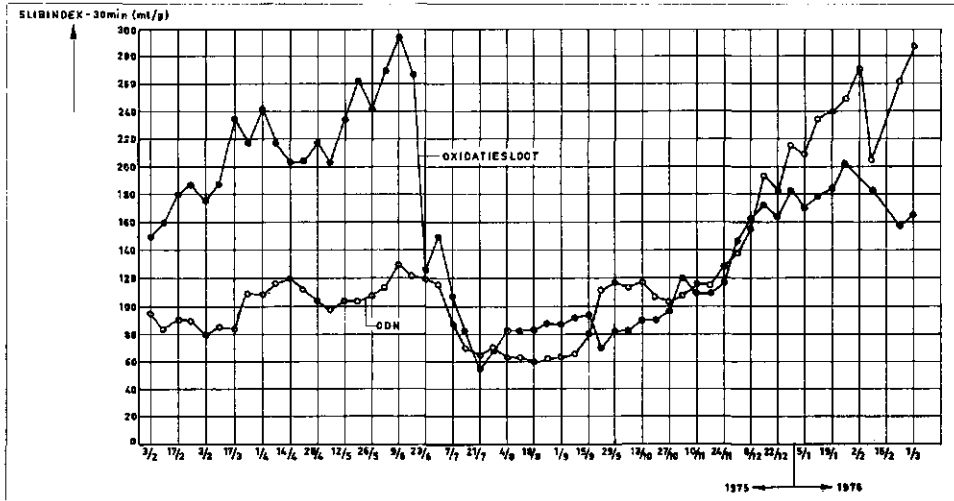
Dit droge stofgehalte wordt in de praktijk nagenoeg altijd in een slibindikker overschreden. Het droge stofgehalte kan dan door verdunning (bijv. met effluent) op  $15\text{ g/l}$  worden gebracht.

## 3. Slibeigenschappen

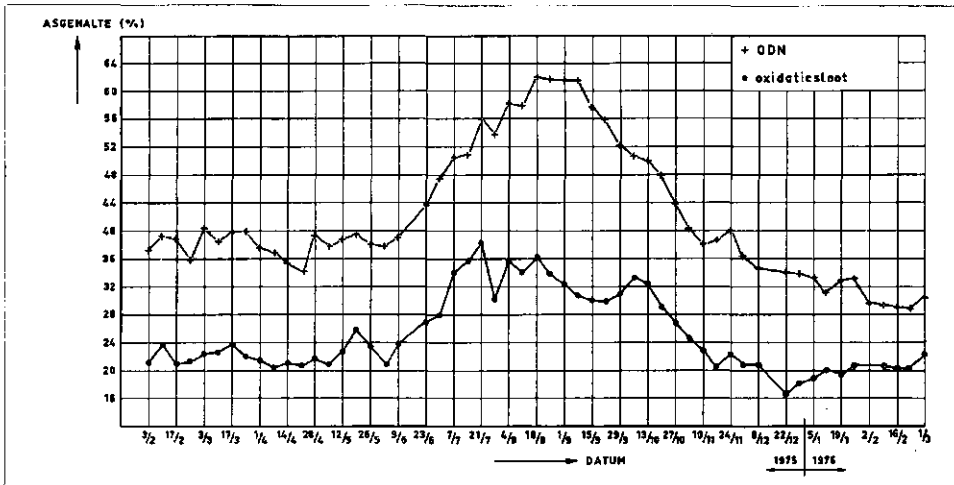
In dit hoofdstuk worden de resultaten van het slibkarakteriseringsonderzoek, uitgevoerd in de periode van februari 1975 tot april 1976, samengevat. De gegevens betreffen het niet geconditioneerde (onbehandelde) slib van de oxydatiesloot en van de continue oxydatie-denitrificatie zuiveringsinrichting met simultane defosfatering met kalk.

### 3.1 Algemene kenmerken, chemische en biochemische analyses

Het slib van de oxydatiesloot (OS) is als regel wat donkerder van kleur dan het slib van de continue oxydatie-denitrificatie-installatie (ODN). Ten aanzien van de geur en de vlokvorming zijn er geen duidelijke verschillen. Het is niet eenvoudig om een duidelijk verband vast te leggen tussen de kwalitatieve waardering van de mate waarin draadvormige microorganismen aanwezig zijn en de slibvolumeindex. Uit afb. 1 en 2 kan worden ontleend dat het asgehalte weliswaar invloed op de slibvolumeindex (SVI) kan hebben (asgehalte hoog, SVI laag), maar dat het verband beslist niet eenduidig is. Als illustratie



Afb. 1 - Slibindex - 30 min.



Afb. 2 - Asgehalte.

hiervoor geldt bijvoorbeeld, dat de SVI van de oxydatiesloot en de ODN na juli 1975 ongeveer gelijke waarden heeft; terwijl de asgehalten 15-40 % verschillen.

Aangenomen moet worden dat naast het asgehalte vele factoren een rol spelen zoals populatie opbouw van de micro-organismen, deeltjesgrootteverdeling, zuurgraad e.d. Het samenspel van deze factoren resulteert in een slib waarvoor een SVI kan worden aangegeven. Voorzichtigheid is derhalve geboden wanneer deze index in verband wordt gebracht met één van de genoemde factoren.

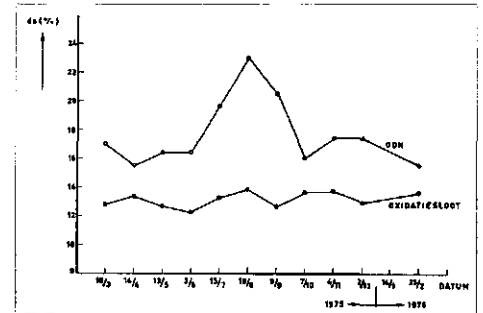
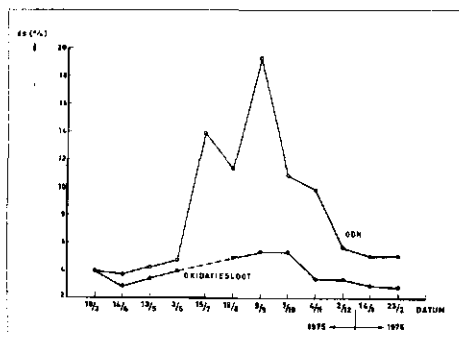
De draadvormige microorganismen worden gedetermineerd volgens de werkwijze van Eikelboom [5]. Over de aanwezigheid van deze typen microorganismen in relatie tot het type influent, de bedrijfsvoering en het type zuiveringsinrichting zal separaat worden gerapporteerd.

3.2 Ontwateringskenmerken

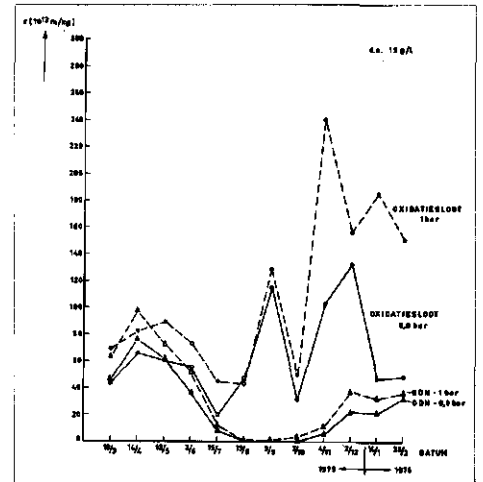
De ontwateringskenmerken van het oxydatiesloot- en het ODN-slib worden grafisch

weergegeven in de afbeeldingen 3-7. De ontwateringseigenschappen van het niet geconditioneerde slib zijn weinig constant, wanneer de onderzoeksperiode van ongeveer een jaar wordt beschouwd. Dit geldt voor de oxydatiesloot zowel als voor de ODN-installatie. De aanvullende defosfaterings-trap, waarbij het asgehalte door middel van geprecipiteerde calciumverbindingen aanzienlijk wordt verhoogd ten opzichte van het slib van de oxydatiesloot, resul-

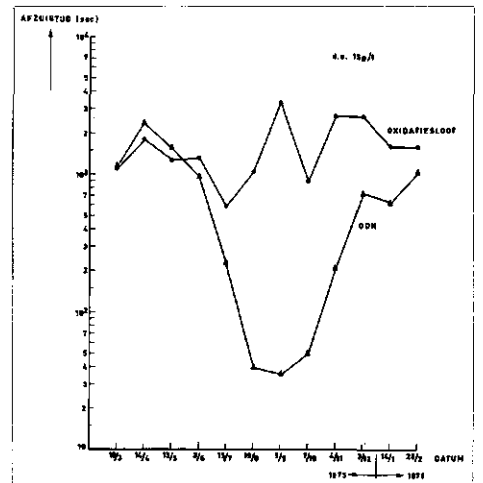
Afb. 3 - Droogbed - droge stofgehalte na 24 uur.



Afb. 4 - Droge stofgehalte bij centrifuge test.



Afb. 5 - Specifieke weerstand bij vacuumfiltratie (0,8 bar) en drukfiltratie (1 bar).



Afb. 6 - Afzuigtijd bij vacuumfiltratie.

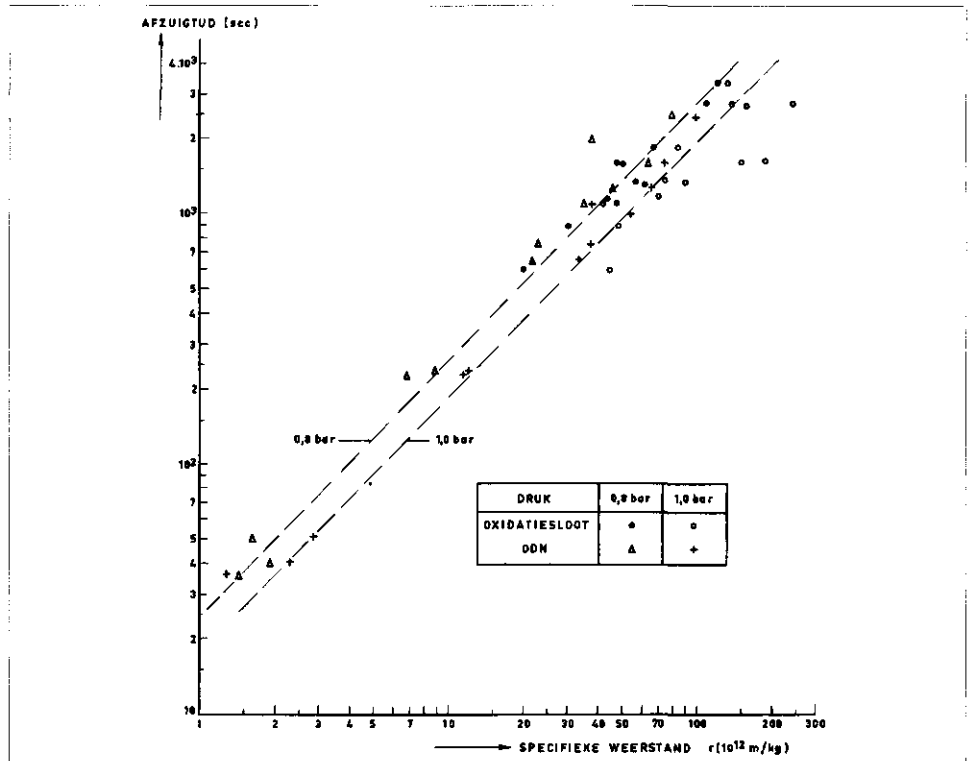
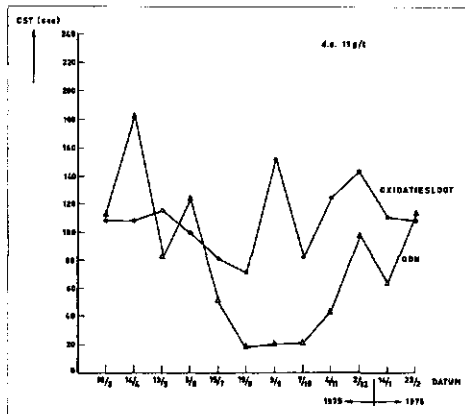
teert niet in meer constante slibeigenschappen. Wel zijn de ontwateringseigenschappen van het niet geconditioneerde ODN-slib beter dan die van het oxydatieslootslib. Dit manifesteert zich ondermeer in het gedrag op het droogbed. Het 'natuurlijk' ontwateren van slib op een droogbed wordt in Nederland nog op uitgebreide schaal toegepast. In 1973 waren slechts ca. 85 van de ruim 400 rwzi's in Nederland uitgerust met een of andere vorm van mechanische slibontwatering.

Voor deze werkwijze, het natuurlijk ontwateren, zijn de eigenschappen van het niet geconditioneerde slib van doorslaggevend belang. Voor zover bekend is slechts op beperkte schaal gebruik gemaakt van het toevoegen van flocculanten om de drainagesnelheid te verhogen en hierdoor de verblijftijd op het droogbed te verkorten. De andere ontwateringskenmerken, specifieke weerstand, afzuigtijd bij vacuümfiltratie, CST en centrifugeerbaarheid worden in relatie gebracht met de prestaties van mechanische ontwateringsapparatuur. Nagenoeg altijd gaat aan de verwerking van slib op mechanische wijze een conditioneringsstap vooraf. Hierbij wordt het slib in een dusdanige toestand gebracht, dat het ontwateren met mechanische apparatuur als zeefbandpersen, filterpersen en decanteercentrifuges uitvoerbaar is. De conditionering moet in verband met een optimale procesvoering gevolgd worden door middel van frequente metingen van de ontwateringseigenschappen van het geconditioneerde slib. Voor wat betreft de kosten is het van belang dat het doseren van de conditioneringschemicaliën optimaal gebeurt. De bepaling van de ontwateringskenmerken is in dit onderzoek zowel voor het niet geconditioneerde slib als voor het op verschillende wijze geconditioneerde slib uitgevoerd.

3.3 Relaties tussen ontwateringskenmerken

Indien er relaties gezocht worden tussen de ontwateringskenmerken moeten zij bij voorkeur een fysische betekenis hebben. In dat geval kunnen zij toepasbaar zijn voor slibben met zeer verschillende eigenschappen. Wanneer de afbeeldingen 3 t/m 7 worden beschouwd valt het op dat van mei tot oktober 1975 de eigenschappen van het ODN-slib, zoals weergegeven door de verschillende ontwateringskenmerken, aanzienlijk veranderen en wel in gunstige zin. De vraag is niet relevant of het asgehalte of de samenstelling van het slib hiervoor

Afb. 7 - Capillary suction time - CST.



Afb. 8 - Verband tussen afzuigtijd en specifieke weerstand bij vacuümfiltratie (0,8 bar) en drukfiltratie (1 bar).

verantwoordelijk is. Het gaat hier immers uitsluitend om de onderlinge verbanden, die bestaan tussen de ontwateringskenmerken.

Voor het volgen van de slibkwaliteit op een rwzi kan een keus gemaakt worden uit de beschikbare ontwateringskenmerken op basis van eenvoud of snelheid van meting. De bepaling van de afzuigtijd bij vacuümfiltratie is eenvoudig uit te voeren en blijkt bovendien erg gevoelig voor verschillen in slibkwaliteit. Bij ODN-slib zijn als laagste en hoogste waarden 37 respectievelijk 2400 sec. gemeten. De afzuigtijd wordt nu als basis genomen voor vergelijking met enkele andere ontwateringskenmerken.

Verband tussen afzuigtijd en specifieke weerstand

Uit de filtratietheorie kan worden afgeleid, dat er bij constant droge stofgehalte, verband bestaat tussen de afzuigtijd bij vacuümfiltratie en de specifieke weerstand  $r$ . In afb. 8 zijn de meetresultaten voor het niet geconditioneerde slib van de oxydatiesloot en van de ODN-installatie weergegeven. Ofschoon de slibeigenschappen van beide soorten onderling sterk verschillen en gedurende de onderzoeksperiode grote veranderingen ondergaan blijkt toch duidelijk, dat de afzuigtijd (gemeten bij 15 g d.s./l) bij benadering evenredig is met de specifieke weerstand.

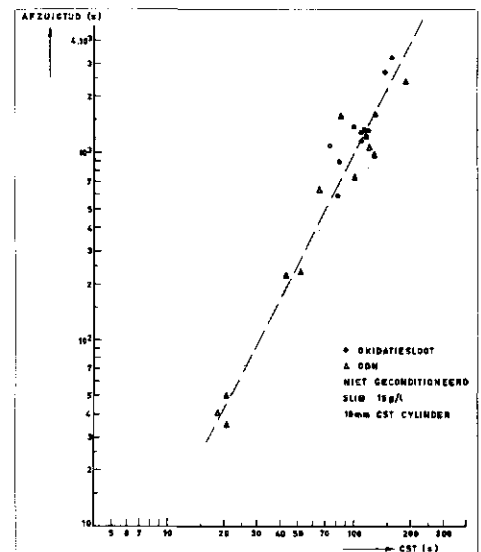
In hoofdstuk 4 zal worden vermeld, dat gelijke gevolgtrekkingen kunnen worden

ontleend uit metingen aan chemisch en thermisch geconditioneerd slib.

Verband tussen afzuigtijd en CST

Bij filtratie is het drukverschil de drijvende kracht voor het filteren. Bij de meting van de CST-waarde heeft de capillaire zuigkracht van het papier een overeenkomstige functie. De gemeten waarden voor de afzuigtijd en de CST zijn weergegeven in afb. 9. Ook hier blijkt een duidelijke relatie tussen de genoemde ontwateringskenmerken.

Afb. 9 - Verband tussen afzuigtijd en CST.



**Slibvolume-index SVI**

Er bestaan empirische relaties, waarin de SVI gebruikt wordt om bezinkings-tanks of indickers te ontwerpen. Het nut van de SVI in deze gevallen lijkt twijfel-achtig. Ook op basis van de gegevens die in dit onderzoek zijn verkregen kan niet worden geconcludeerd tot een verband tussen de SVI en ontwateringskenmerken zoals de afzuigtijd. Vooreerst wordt gesteld dat het verband afwezig is. Het is evenmin juist om de SVI te relateren aan de ontwatering op het droogbed of aan het asgehalte zoals reeds in 3.1 is besproken.

**Centrifugeerbaarheid**

Bij centrifugeren staat het slib aan grote centrifugale krachten bloot. Wanneer nu het soortelijk gewicht van de droge stof in de slib suspensie toeneemt is te verwachten dat het slib meer zal worden samengedrukt (compactar zal worden) tijdens het centri-fugeren.

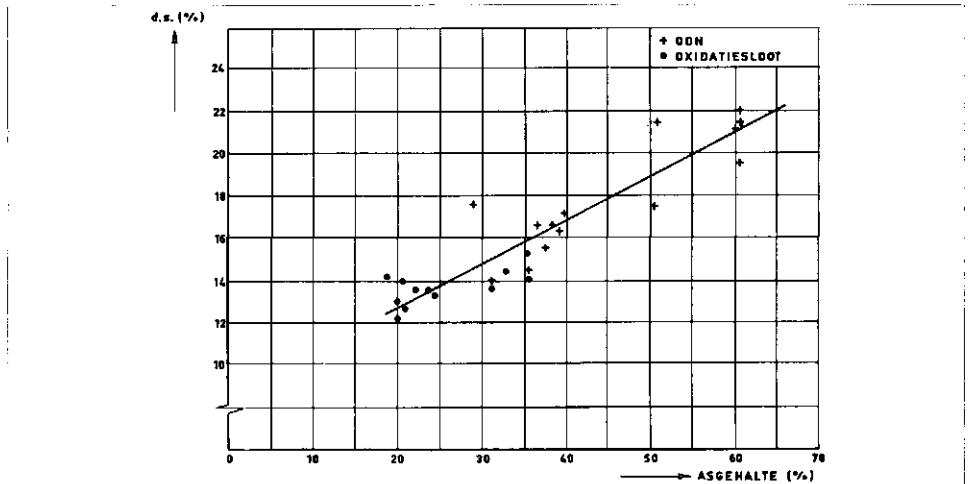
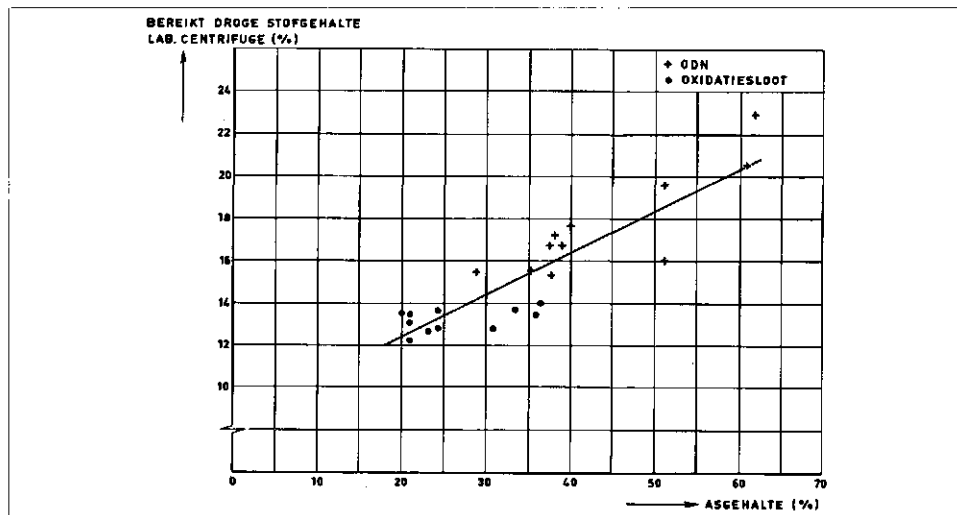
In afb. 10 is het eind droge stofgehalte, dat bereikt wordt met de laboratorium-centrifuge test weergegeven als functie van het asgehalte van het niet geconditio-neerde slib. In de zomerperiode is het asgehalte van beide slibsoorten hoger (zie afb. 2). Door het hogere asgehalte van het slib stijgt het soortelijk gewicht van de droge stof. Hierdoor neemt het bereikbare droge stofgehalte na centrifugeren toe. Dit is in de afbeeldingen 10 en 11 aangege-ven.

**4. Conditionering en ontwatering**

**4.1 Inleiding**

Om het slib met behulp van mechanische apparatuur te kunnen ontwateren moet het slib vrijwel altijd een voorbehandeling (conditionering) ondergaan.

Afb. 10 - Verband tussen droge stofgehalte bij lab. centrifuge test en asgehalte.



Afb. 11 - Verband tussen droge stofgehalte bij ontwateren met decanteercentrifuge en asgehalte.

**— chemische conditionering**

Een verscheidenheid aan chemicaliën wordt toegepast om slib chemisch te conditioneren. Een belangrijk aspect waar-aan vaak te weinig aandacht wordt besteed is de mechanische afbraak van chemisch geconditioneerde slibvlokken. De slibvlokken moeten redelijk bestand zijn tegen de afschuifkrachten die bij de mechanische slibontwateringsstappen — pompen, transporteren, filtreren etc. — optreden.

Van de organische flocculanten worden niet ionogene, kation- of anionactieve polymere verbindingen toegepast. Hun werking berust op beïnvloeding van de elektrische lading van de colloïdale slib-structuur, waardoor destabilisatie en coagulatie optreedt en grotere vlok-agglomeraten worden gevormd. Bij deze conditioneringswijze wordt de hoeveelheid slib (droge stof) niet of nauwelijks beïnvloed (dosering 3-6 g polyelektrolyet/kg droge stof). De toepassing vindt voorname-lijk plaats met apparatuur die voor de

meeste slibsoorten een vrij laag eind droge stofgehalte oplevert, zoals vacuüm-filters, zeefbandpersen en centrifuges. De gewenste adsorptie- en coagulatie-processen van het colloïdale materiaal of de gesuspenderde slibvlokken kunnen eveneens met anorganische chemicaliën zoals gehydrolyseerde ijzer- en aluminium-zouten te weeg worden gebracht. FeCl<sub>3</sub> wordt veelal toegepast (5-15 % gew. % FeCl<sub>3</sub> op droge stof). Om na de conditionering efficiënt te kunnen filtreren is nagenoeg altijd de toevoeging van kalk vereist. De pH loopt daarbij op tot 11 à 12, waarbij na ontwatering met behulp van (meestal) een filterpers een chemisch stabiele goed ontwaterde filterkoek van in het algemeen niet meer dan 40 % droge stof ontstaat. Bij chemische conditionering met anorganische chemicaliën zoals FeCl<sub>3</sub> en Ca(OH)<sub>2</sub> ontstaat weliswaar een hoog droge stofgehalte, maar een aanzienlijk deel (soms 1/3 tot 1/4) hiervan betreft de toegevoegde chemicaliën.

**— thermische conditionering**

De thermische behandeling van slib kan geschieden in een zeer groot temperatuurs-gebied van < 0 °C tot > 200 °C, waarbij eventueel lucht, c.q. zuurstof of chemicaliën worden toegevoegd. De meeste toepas-singen worden gevonden in het tempera-tuursgebied van 180-200 °C. Het inzicht in de chemische en fysische reacties, die bij de thermische behandeling van het slib optreden is betrekkelijk gering. Dit neemt evenwel niet weg, dat bedrijfszekere toepassing op technische schaal met deze conditioneringsmethode mogelijk is. Door coagulatie van de eiwitachtige colloïden wordt de gelstructuur van het slib verstoord. Als gevolg van de hoge temperatuur en druk vindt ontleding van de celinhoud plaats. De macromoleculaire celinhoud, eiwitten e.d. gaat voor een groot deel over

in oplosbare monomeren. Met deze omzetting gaat een verandering van de fysische structuur gepaard. Een deel van het water dat in de cel aanwezig is, of colloïdaal gebonden is, komt bij de warmtebehandeling vrij. Het asgehalte van de overblijvende droge stof neemt toe en de verwerkbaarheid van het slib verbetert sterk.

Thermische conditionering is goed toepasbaar voor uiteenlopende slibsoorten. Bij het proces ontstaat evenwel een filtraat of supernatant, met een zeer hoge BOD of COD waarde (enige duizenden mg/l). De verwerking van het filtraat kan op een aantal wijzen geschieden. Bij terugvoer naar de beluchtingsruimte, waarin de zuivering van het afvalwater plaatsvindt, moet rekening worden gehouden met een aanzienlijke toename in de vereiste zuurstoftoevoer (10-20 %).

#### — fysische conditionering

In tegenstelling tot de thermische conditionering, waarbij het slib zelf een duidelijke structuurverandering ondergaat, wordt bij fysische conditionering een inert materiaal toegevoegd om de ontwaterbaarheid van het slib te verbeteren. Het toegevoegde materiaal kan afkomstig zijn van een volgende slibverwerkingsstap, bijvoorbeeld gedroogd-, verkoold- of verast slib of kan van andere oorsprong zijn. Als gevolg hiervan kan het droge stofgehalte van de filterkoek (bij toepassing van filterpersen) toenemen tot  $\geq 40$  % droge stof. De verhoging van het droge stofgehalte is veelal niet slechts een gevolg van beïnvloeding van de ontwateringseigenschappen van het slib, doch veel meer van de vermenging van nat slib met het toegevoegde droge hulpmateriaal. Betrokken op het uitgangsslib wordt de ontwatering derhalve meestal niet verbeterd. Het mengsel van slib en inert materiaal is echter wel goed hanteerbaar en transporteerbaar.

#### 4.2 Organische chemicaliën - decanteercentrifuge

Met behulp van zogenaamde jartests wordt vaak op laboratoriumschaal onderzocht hoe de ontwaterbaarheid van het slib wordt beïnvloed door type en hoeveelheid organische flocculant. De slibvlokken die op deze wijze worden geconditioneerd zijn erg gevoelig voor mechanische afbraak. Problemen met verschillen in polymeerverdeling over het sliboppervlak, verschillen in afschuifkrachten en andere factoren maken een direct onderzoek in een decanteercentrifuge zinvol. Het flocculant wordt in de centrifuge aan het slib toegevoegd. Gedurende de onderzoeksperiode zijn eenmaal per maand experimenten

uitgevoerd met beide slibsoorten bij flocculantdoseringen (0,1 gew. %-ige oplossing) tussen 0-6,5 g Praestol 444K/kg droge stof. De experimenten zijn uitgevoerd met de Flottweg decanter, type Z1L. Na een inleidend onderzoek [3] zijn de volgende instellingen van de centrifuge aangehouden: toerental 3000 rpm, verschil in toerental tussen trommel en transport-schroef 5 rpm, diameter van de niveauschijf 140 mm. Toevoeging van polyelektroliet is noodzakelijk ten behoeve van het scheidingsrendement; de bijdrage tot de verhoging van het bereikbare eind droge stofgehalte blijkt meestal vrij gering.

#### 4.2.1. Resultaten

##### Droge stofgehalte en asgehalte

In afbeelding 11 is het bereikte droge stofgehalte na centrifugeren uitgezet tegen het asgehalte. Het droge stofgehalte van het ontwaterde slib is de waarde, die verkregen wordt bij een polyelektrolietdosering van 4 g/kg droge stof. Bij deze flocculantdosering wordt een scheidingsrendement van 70-100 % gehaald (zie afb. 13). Het blijkt, dat bij het OS-slib de droge stofgehalten variëren van 12-15 %.

Blijft het asgehalte beneden 24 % dan ligt het droge stofgehalte tussen 12-14 %. Bij een hoger asgehalte, dat in de zomerperiode wordt bereikt (zie afb. 2) stijgt het gemiddelde droge stofgehalte tot 14 à 15 %.

Bij het ODN-slib variëert het asgehalte van 30 tot 60 %. Hiermede gaat een sterke toename van het droge stofgehalte van het ontwaterde slib gepaard. Als laagste en

hoogste waarden zijn respectievelijk 14 en 22 % d.s. gemeten.

##### Droge stofgehalte bij de lab. test - droge stofgehalte bij de decanteercentrifuge

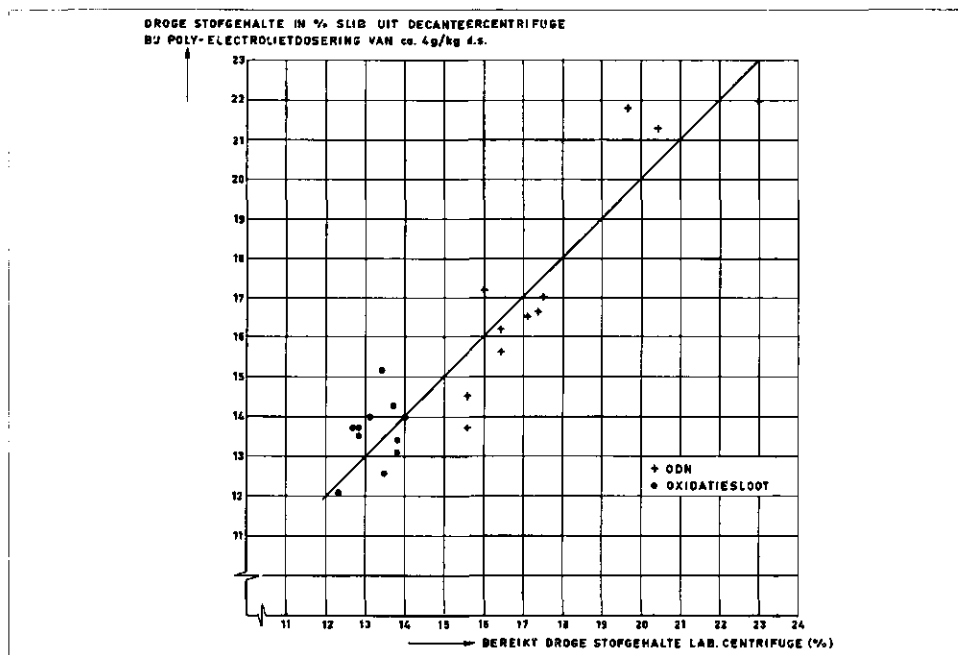
Wanneer afb. 10 en 11 worden vergeleken ligt het voor de hand om na te gaan of de laboratoriumcentrifugetest bij 6000 g, 60 min (arbitrair gekozen) en zonder toevoeging van flocculant een indicatie kan zijn voor het te bereiken droge stofgehalte bij de decanteercentrifuge met toevoeging van 4 g Praestol 444 K/kg d.s. In afb. 12 is dit verband weergegeven.

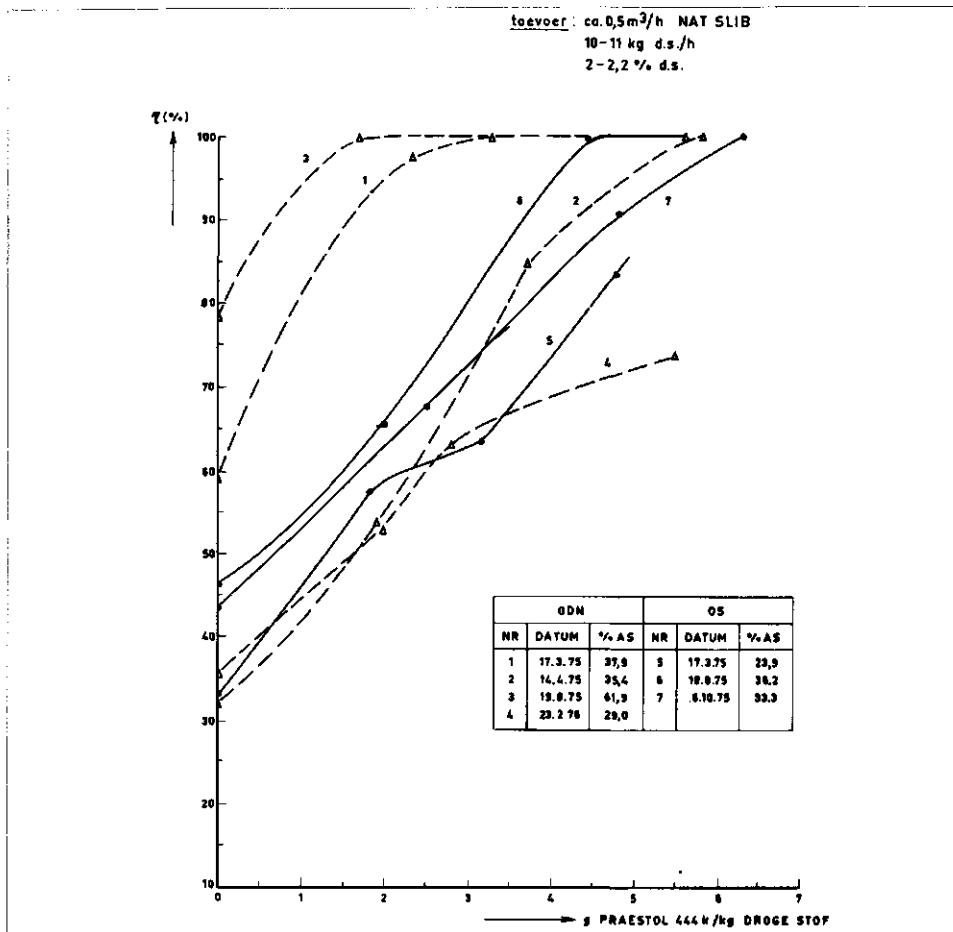
Er blijkt voor de gebruikte slibben, die zoals eerder werd aangegeven sterk verschillen in eigenschappen, een goede correlatie te bestaan tussen genoemde droge stofgehalten. De bereikte droge stofgehalten zijn ongeveer gelijk. In hoeverre deze relatie algemeen toepasbaar is voor andere slibsoorten zal in een later onderzoek worden nagegaan.

##### Scheidingsrendement en flocculantdosering

In afbeelding 13 zijn een aantal gegevens samengebracht over het scheidingsrendement bij flocculantdoseringen tussen 0-6,5 g. Praestol 444 K/kg droge stof. De voorbeelden betreffen enkele experimenten met ODN- en OS-slib bij een hydraulische belasting van 0,5 m<sup>3</sup>/h en een droge stofgehalte van 2,0-2,2 %. De scheidingsrendementen worden derhalve vergeleken bij een droge stof doorzet van 10-11 kg/h. Verhoging van het asgehalte werkt in positieve zin op het scheidingsrendement en indirect op het polymeerverbruik bij een

Afb. 12 - Verband tussen droge stofgehalten bij lab. en decanteercentrifuge proeven.





Afb. 13 - Scheidingsrendement en flocculant dosering.

bepaald scheidingsrendement. Bij het OS-slib is voor een scheidingsrendement van 90 % 3,5-6 g Praestol per kg d.s. vereist, wanneer het asgehalte varieert van 36-24 %. Bij het ODN-slib leidt toename van het asgehalte tot dezelfde bevindingen als bij het OS-slib.

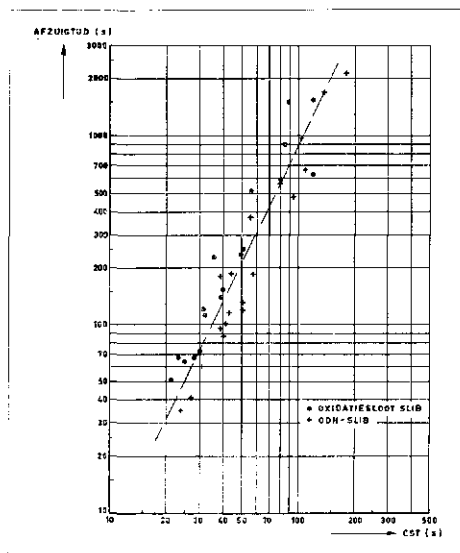
**Discussie**

Bij het ontwateren van slib met behulp van de decanteercentrifuge blijkt het asgehalte een belangrijke parameter. Het droge stofgehalte, dat bereikt kan worden met de centrifugetest en de decanteercentrifuge is afhankelijk van het asgehalte. Ten aanzien van het scheidingsrendement en/of het flocculantverbruik geldt, dat de zomerperiode met een hoger asgehalte van het slib gunstiger is voor de werking van de centrifuge. Dit geldt voor beide slibsoorten. In het maandelijkse slibonderzoek is steeds met een gelijke instelling van de machine (n = 3000 rpm, Δn = 5 rpm, D = 140 mm) gewerkt. Tevens is alleen gebruik gemaakt van één type flocculant. Verdere optimalisatie ten aanzien van het scheidingsrendement en het eind droge stofgehalte door maandelijkse onderzoeken naar optimale machine-instellingen en meest gunstige type flocculant

zouden wellicht genuanceerde verschillen tussen het ODN-slib en het OS-slib hebben laten zien.

Voorlopig wordt de conclusie getrokken, dat het kalkhoudende slib zich wat beter laat verwerken in de decanteercentrifuge als gevolg van het hogere asgehalte ten

Afb. 14 - Afzuigtijd en CST bij conditionering met ijzerchloride en kalk.



opzichte van het OS-slib. Hier staat evenwel tegenover dat de slibproductie van de ODN-installatie ongeveer 50 gew. % meer bedraagt [1, 2].

**4.3 Anorganische chemicaliën - filterpers**  
Gedurende de onderzoeksperiode zijn beide slibsoorten eenmaal per maand uitvoerig bestudeerd voor wat betreft de invloed van de verschillende chemicaliëndoseringen op de ontwaterbaarheid. Hiertoe zijn proeven op laboratoriumschaal in 1-1-bekerglazen ('jartest') uitgevoerd. De chemicaliëndosering is gevarieerd tussen 0-16 gew. % FeCl<sub>3</sub> en 0-40 gew. % Ca(OH)<sub>2</sub>. Van het geconditioneerde slib wordt de pH, de afzuigtijd en de CST bepaald. Voor een beschrijving van de laboratoriumtesten wordt verwezen naar [3]. Bij één of meer chemicaliëndoseringen worden aanvullend filtratieëxperimenten bij 7-15 bar op semi-technische schaal uitgevoerd. Hiertoe is een Schule filterpers type KUM 250/VI Hyl. gebruikt. De pers wordt gevoed met een zuigermembraanpomp: Abel type UKE 300. De filterpers is voorzien van polypropyleendoek, PP 2436.

**4.3.1. Resultaten**

*Verband tussen afzuigtijd en CST*

In afbeelding 14 zijn de meetgegevens van de afzuigtijd en de CST-waarden weergegeven. Het betreffen resultaten, die verkregen zijn bij de laboratoriumtesten en bij verschillende stadia, dat wil zeggen op verschillende plaatsen (voor en na de pomp) en tijdstippen, van de ontwatering met de filterpers. Zowel de CST-waarde als de afzuigtijd zijn afhankelijk van het droge stofgehalte van het geconditioneerde slib. Indien bij benadering wordt aangenomen, dat de invloed van het droge stofgehalte op de beide ontwateringskenmerken niet sterk verschilt kunnen CST-waarde en afzuigtijd zonder correctie voor het droge stofgehalte tegen elkaar worden uitgezet. Het blijkt dat er een goede overeenkomst bestaat tussen CST-waarde en afzuigtijd van slibben na conditionering met ijzerchloride (0-16 gew. %) en kalk (0-40 gew. %). Dit geldt ook ten aanzien van afzuigtijd en specifieke weerstand [3].

**4.3.2 Ontwateringseigenschappen en capaciteit filterpers**

Op basis van de formule, die veelal gebruikt wordt om het filtratieproces te beschrijven, kunnen een aantal verbanden worden nagegaan tussen de ontwateringskenmerken van het slib en de prestaties van de filterpers. Onderkend wordt, dat filtratieformules uitgaan van geïdealiseerde situaties bijvoor-

beeld ten aanzien van de koekopbouw en de afwezigheid van doekvervuiling. De bruikbaarheid van de formules ligt dan ook vooral in het aangeven van mogelijke (semi-empirische) relaties tussen de diverse factoren, die bij het filtratieproces een rol (kunnen) spelen. Experimentele verificatie van de verwachte relatie zal altijd moeten plaatsvinden. Enkele voorbeelden die ontleend zijn aan [3] worden hier gegeven. In afb. 15 is het verband tussen de totale hoeveelheid droge stof in de filterkoek na 1 uur en het quotiënt van de specifieke weerstand (gemeten na de pomp) en het droge stofgehalte van het geconditioneerde slib weergegeven. Voor de slibben die sterk verschillen in ontwateringseigenschappen als gevolg van verschillen in oorsprong (ODN- resp. oxydatieslootslib), seizoen (periode van 12 maanden) en conditioneringswijze (3-16 % gew. %  $\text{FeCl}_3$ , 12-40 % kalk) blijkt een goede overeenkomst te bestaan tussen de droge stofbelasting na 1 uur ( $\text{kg d.s./m}^2$ ) en het quotiënt van de specifieke weerstand bij 7 bar en het

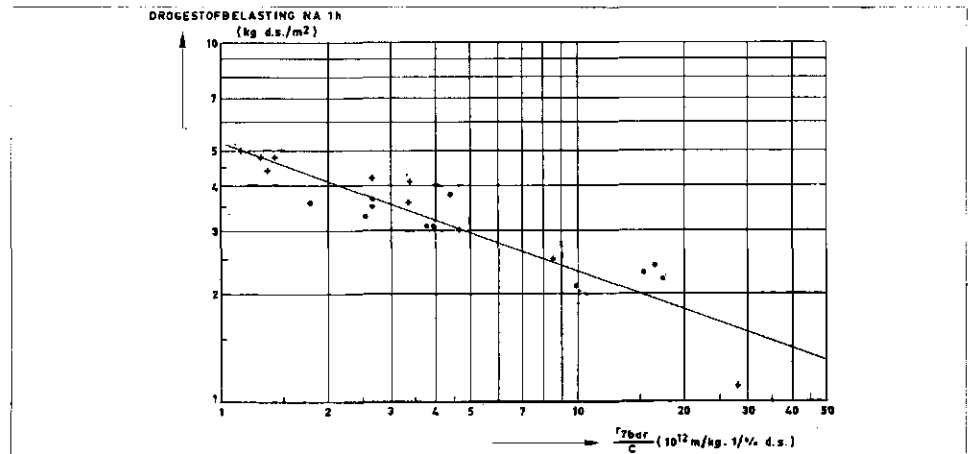
droge stofgehalte  $\frac{r_{7\text{bar}}}{c}$ . In afb. 16 wordt

de hoeveelheid verwerkt filtraat na 1 uur filtreren in verband gebracht met het produkt  $r_{7\text{bar}} \cdot c$ .

Uit dit onderzoek blijkt voorts, dat bij de gebruikte slibben meer dan 30 % droge stof kan worden bereikt bij filtratie, wanneer de pH na conditionering niet onder 12 ligt. Bij ODN-slib worden bij een gemiddelde chemicaliëndosering van ca. 8/20 gew. %  $\text{FeCl}_3$  respectievelijk kalk (betrokken op de droge stof van het uitgangsslib) pH waarden van gemiddeld 12,4 gevonden. Het gemiddelde droge stofgehalte van de filterkoek bedraagt 38 %. Bij het oxydatieslootslib worden bij een gemiddelde chemicaliëndosering van 16/40 gew. %  $\text{FeCl}_3$ /kalk pH waarden gevonden van ca. 12,2 en bedragen de droge stofgehalten 32 à 33 %.

#### 4.3.3 Slibeigenschappen en chemicaliëndosering

In hoofdstuk 2 is aangegeven hoe de eigenschappen van het slib van de oxydatiesloot en de ODN-installatie in de onderzoeksperiode van 12 maanden aan veranderingen onderhevig zijn. De ontwateringseigenschappen van het niet geconditioneerde ODN-slib zijn beter dan die van het oxydatieslootslib. Dit manifesteert zich vooral duidelijk in de zomerperiode zoals de afbeeldingen 3-7 aangeven. In deze paragraaf zal worden nagegaan of variaties in de eigenschappen van het niet geconditioneerde slib ook resulteren in verschillende eisen ten aan-



Afb. 15 - Verband tussen drogestofbelasting na 1 uur en het quotiënt van de specifieke weerstand bij 7 bar en het drogestofgehalte (conditionering met  $\text{FeCl}_3$  en kalk).

Tabel I - Slibeigenschappen en chemicaliëndosering.

datum 1975/76	slibsoorten	ontwateringskenmerken bij 1,5 % d.s.			chemicaliën gew. % op d.s.		droge stof % in koek
		afzuigtijd (sec)*	r 1 bar ( $10^{12}$ m/kg)	CST (sec)**	$\text{FeCl}_3$	kalk	
20/8	ODN	41	2,5	19	3	20	42
10/9	ODN	37	1,4	21	3	12	39
8/10	ODN	52	3,1	21	3	20	34
6/11	ODN	225	12	43	8	20	36
3/12	ODN	730	38	98	8	20	30
25/2	ODN	1070	38	114	16	40	34
11/9	OS	3330	130	151	16	40	32
7/10	OS	890	48	81	16	40	33
5/11	OS	2700	240	125	16	40	31
4/12	OS	2670	155	143	16	40	34
24/2	OS	1570	150	107	16	40	32

\* De tijd waarin 75 ml filtraat wordt verkregen uitgaande van 125 ml slibsuspensie. (Buchnertrechter 7 cm diameter; 0,8 bar onderdruk).

\*\* gemeten met de metalen cilinder van 10 mm diameter. (CST apparaat type 130 van Triton Electronics Ltd).

zien van de te gebruiken hoeveelheden chemicaliën om een goede persfiltratie te bewerkstelligen.

In tabel I is een overzicht gegeven van de eigenschappen van het uitgangsmateriaal (niet geconditioneerd slib), de hoeveelheid chemicaliën en het percentage droge stof in de filterkoek ( $\geq 30$  % d.s.). De tabel laat zien hoe bij verslechtering van de eigenschappen van het ODN-slib de vereiste hoeveelheid chemicaliën toeneemt van 3/12 tot 16/40 gew. %  $\text{FeCl}_3$ /kalk betrokken op d.s. Bij het OS-slib liggen de eigenschappen van het uitgangsslib op een veel ongunstiger niveau en is steeds met 16/40 gew. %  $\text{FeCl}_3$ /kalk gewerkt om  $\geq 30$  % d.s. in filterkoek te bereiken.

De ontwateringseigenschappen van het niet geconditioneerde ODN-slib zijn zoals gezegd beter dan die van het OS-slib. Met name ten aanzien van de ontwatering op het droogbed is dit gunstig, zoals in hoofdstuk 2 is vermeld. Tevens blijkt uit de hier gepresenteerde bevindingen, dat ook een aanzienlijke besparing op de hoeveelheid te

gebruiken chemicaliën in relatie tot het OS-slib wordt bereikt.

#### 4.4 Thermische conditionering

##### 4.4.1. Inleiding

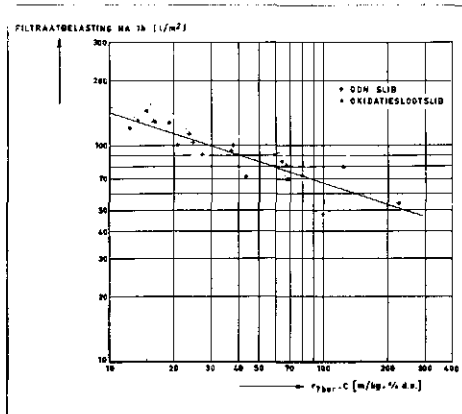
De laatste methode van conditionering die in dit onderzoek is bestudeerd is de thermische behandeling van slib bij hoge temperatuur en druk. De thermische conditionering kan uitgevoerd worden in aanwezigheid of afwezigheid van lucht. De reactietemperatuur is veelal 180-200 °C, waarbij een druk van 18-20 bar wordt toegepast. Na een reactietijd van 20-30 minuten verbetert de ontwaterbaarheid van het slib sterk. Voor uitgebreide informatie over de toepassing van deze methode van slibbehandeling, ontleend aan literatuurbronnen, leveranciers en gebruikers van slibverwerkingsapparatuur in Nederland, wordt verwezen naar lit. 6 — slib-ontwatering tot meer dan 40 % droge stof. Er bestaat nog niet veel ervaring met de thermische conditionering van aeroob gestabiliseerde slibben zoals oxydatie-

slootslib. Het ODN-slib, dat calciumhoudende precipitaten bevat, is wellicht minder geschikt voor thermische conditionering als gevolg van de verhoogde kans op scaling (aankorsting) van de warmtewisselaars c.q. van de reactor. De proefnemingen met de thermische conditionering met en zonder lucht op laboratoriumschaal, in een 1-1-autoclaaf, moeten in de eerste plaats gezien worden als verkennende experimenten. Zij zijn aangevuld met laboratoriumexperimenten om de ontwateringseigenschappen van het geconditioneerde slib vast te stellen. Ontwateringsproeven op semi-technische schaal zijn met het thermisch geconditioneerde slib niet in dit programma opgenomen.

#### 4.4.2. Resultaten

De hoeveelheid COD, die tengevolge van de thermische conditionering bij 180 °C en 30 minuten reactietijd in oplossing ging, bedroeg ten opzichte van de COD van het uitgangsmateriaal voor het ODN- en het oxydatieslootslib gemiddeld respectievelijk 41 % en 46 %. Dit komt overeen met de in lit. 7 voor actief-slib gegeven waarden. Het asgehalte van het oxydatieslootslib voor de conditionering varieerde van ca. 20 % tot ca. 35 %. Na de conditionering varieerde de asgehalten van ca. 32 % tot 50 %. Voor het ODN-slib waren de asgehalten van het uitgangsslib als gevolg van de fosfaatverwijdering met kalk hoger. ODN-slibben met asgehalten van respectievelijk ca. 35 % en ca. 60 % hadden na conditioneren asgehalten van respectievelijk ca. 60 % en 72 %. Gesteld kan worden dat afhankelijk van het asgehalte ca. 40 à 50 % van de droge stof van het oxydatieslootslib en ca. 20 à 40 % van het ODN-slib in oplossing gaat. Van de organische stof ging gemiddeld ca. 50 % in oplossing. Dit sluit goed aan bij de reeds genoemde percentages voor COD die in oplossing gaat.

De ontwateringseigenschappen van het slib verbeterden sterk. De specifieke weerstand van het geconditioneerde slib bedroeg gemiddeld ca.  $1.10^{12}$  m/kg (vacuümfiltratie bij 0,8 bar). Invloed van het droge stofgehalte van het uitgangsslib op de thermische conditionering was niet aantoonbaar. Dit betreft zowel de onderzochte parameters van het conditioneringsproces (droge stofgehalte, organische stofgehalte, COD) als de specifieke weerstand van het geconditioneerde slib. Het was opvallend dat zelfs 'dik' slib met een droge stofgehalte van ca. 15 % (slib van een droogbed) goed kon worden geconditioneerd. Na conditionering had dit slib een droge stofgehalte van ca. 100 g/l (10 %). Van de organische stof ging ca. 45 % in oplossing. In de laboratoriumcentrifuge kon met dit



Afb. 16 - Verband tussen de filtraatbelasting en  $r_{7bar} \cdot c$ .

thermisch geconditioneerde slib een droge stofgehalte van ca. 39 % bereikt worden. Dit betekent waarschijnlijk ook dat bij de ontwatering met centrifuges in de praktijk hoge eind droge stofgehalten mogelijk zijn. Opslag van geconditioneerd slib bij kamertemperatuur had een negatieve invloed op de ontwateringseigenschappen. De specifieke weerstand van een thermisch geconditioneerd ODN-slib liep op van  $0,7.10^{12}$  tot  $3,1.10^{12}$  m/kg bij een opslagtijd van 24 uur.

Wanneer de experimenten 'met en zonder lucht' worden vergeleken voor wat betreft het percentage COD of organische stof, dat in oplossing gaat en de ontwateringseigenschappen blijkt de aanwezigheid van zuurstof bij de toegepaste test soms in geringe mate gunstiger te werken op de genoemde factoren. De verschillen zijn voor beide slibben niet groot. Evenals bij het niet geconditioneerde slib en het chemisch geconditioneerde slib kunnen de ontwateringskenmerken, afzuigtijd, CST en specifieke weerstand van het thermische geconditioneerde slib met elkaar in verband worden gebracht [3].

#### 5. Conclusies

- De ontwateringseigenschappen van het niet geconditioneerde slib blijken weinig constant wanneer de onderzoeksperiode van een jaar wordt beschouwd. Dit geldt zowel voor het slib van de oxydatiesloot als voor het slib van de ODN-installatie. De ontwateringseigenschappen van het niet geconditioneerde kalkhoudende ODN-slib zijn beter dan die van het oxydatieslootslib.
- De samenstelling en de eigenschappen van het slib zijn het gevolg van het samenspel van vele factoren. Het is onjuist de SVI uitsluitend in relatie te brengen met alleen het asgehalte of alleen de aanwezigheid van draadvormige microorganismen. Het onderzoek over lange

termijn met twee verschillende slibsoorten duidt aan, dat voorzichtigheid betracht moet worden wanneer de slibindex in verband gebracht wordt met één van de vele factoren die de slibindex beïnvloeden. De bruikbaarheid van de slibindex als een algemeen kenmerk van de ontwaterbaarheid van het slib is gering.

- Er blijkt een vrij goede onderlinge relatie te bestaan tussen afzuigtijd bij vacuümfiltratie, specifieke weerstand en CST-waarde. Dit geldt zowel voor het niet geconditioneerde slib, als voor het chemisch en thermisch geconditioneerde slib, van beide zuiveringsinstallaties.
- Bij de ontwatering van slib met een decanteercentrifuge blijkt het asgehalte een belangrijke parameter. Het droge stofgehalte, dat bereikt wordt met een laboratoriumcentrifuge komt overeen met het in een decanteercentrifuge bereikte droge stofgehalte en staat in direct verband met het asgehalte. Een hoger asgehalte is gunstig voor het scheidingsrendement en/of het flocculantverbruik. Bij het OS-slib varieert het droge stofgehalte van 12-15 % bij asgehalten tussen 20 en 35 %. Bij het ODN-slib ligt het asgehalte tussen 30-60 %. Hiermede gaat een toename van het droge stofgehalte van het ontwaterde slib van 14 naar 22 % gepaard.
- Bij de ontwatering van slib met een filterpers na chemische conditionering met ijzerchloride en kalk zijn de ontwateringseigenschappen van het uitgangsslib van invloed op de vereiste hoeveelheid conditioneringschemicaliën. Bij ODN-slib wordt bij een gemiddelde chemicaliëndosering van 8/20 gew. %  $FeCl_3$ /kalk (betrokken op het droge stofgehalte van het uitgangsslib) en pH-waarden van ca. 12,4 een gemiddelde droge stofgehalte in de filterkoek van 38 % gevonden. Bij het OS-slib worden bij een aanzienlijke hogere chemicaliëndosering droge stofgehalten van 32-33 % gemeten. De ontwateringseigenschappen van het geconditioneerde slib (vastgelegd in een waarde van een ontwateringskenmerk) zijn in verband te brengen met de prestaties van de filterpers (droge stofbelasting, filtraatbelasting, perstijd). Bij toenemende waarde van het quotient van specifieke weerstand en droge stofgehalte, dat veroorzaakt kan worden door slechtere slibeigenschappen na conditionering en/of een lager droge stofgehalte, neemt de perstijd toe en worden lagere droge stofgehalten in de filterkoek gevonden.
- Bij de thermische conditionering bij 180 °C en 30 min reactietijd gaat van OS-slib ongeveer 50 % van de organische stof in oplossing. Hierdoor stijgt het



asgehalte bij het OS-slib tot 30 à 50 % en bij het ODN-slib tot 60 à 70 %. De invloed van het droge stofgehalte van het uitgangsslib op de thermische conditionering is niet aantoonbaar. Dit betreft zowel het percentage organische stof dat in oplossing gaat als de specifieke weerstand van het slib na conditionering. De specifieke weerstand van beide slibben neemt door de warmtebehandeling sterk af en bedraagt na conditionering ca.  $1 \cdot 10^{12}$  [m/kg] bij 0,8 bar. De aanwezigheid van lucht tijdens de thermische behandeling heeft geringe invloed op de ontwateringseigenschappen van het slib of op het percentage droge stof dat in oplossing gaat.

• Het is gewenst onderzoek uit te voeren naar de eigenschappen en verwerkbaarheid van de andere slibtypen, die in de praktijk worden geproduceerd. Dit geldt in hoge mate ten aanzien van de relaties tussen slibeigenschappen en prestaties van de slibontwaterings- of verwerkingsapparatuur.

#### Literatuur

1. Heide, B. A. 1977. *Biologische denitrificatie in zeer laag belaste actief-slibsystemen*. H<sub>2</sub>O (10), 3, 62-69.
2. Heide, B. A. en Kampf, R., 1977. *Fosfaatverwijdering door middel van simultane precipitatie met kalk*. H<sub>2</sub>O (10), 1, 16-23.
3. Heide, B. A., Kampf, R. en Bloot, F., 1977. *Slibverwerking bij de aerobe en verdergaande zuivering van afvalwater in zeer laag belaste actief-slibsystemen (verkrijgbaar bij het IG-TNO, Delft)*. TNO rapport.
4. European cooperation and coordination in the field of scientific and technical research. Cost project 68 - EUCO/SP/48/75. *Sewage sludge processing (final report november 1975)*.
5. Eikelboom, D. H., 1975. *Filamentous organisms observed in activated sludge*. Water Research (9), 365-388.
6. Heide, B. A. en Bloot, F., 1976. *Slibontwatering tot meer dan 40 % droge stof (iétgevoerd door TNO, te zijner tijd verkrijgbaar bij de STORA, Rijswijk)*. STORA project 31.
7. Hennerkes, J., 1972. *Ueber die thermische Konditionierung vom Emscher-Belebtschlamm*. Gewässerschutz-Wasser-Abwasser Bd. 9.

