

# Commentaar van de auteurs

In de zeer gewaardeerde opmerkingen van dr. ir. Eggink worden enkele aanvullingen op het artikel „Grote oxydatie-slots type Carrousel” gevraagd, terwijl voorts nog enkele niet, of slechts terloops genoemde ontwerpaspecten worden aangevoerd. Gaarne wordt van de gelegenheid gebruik gemaakt hierop nader in te gaan. A. de Man en ir. J. Zeper

Gevraagd wordt naar de stroomsnelheid in een circuit met een diepte van 4 m. Gemeten waarden kunnen hiervan nog niet worden gegeven. Het diepste circuit dat thans in gebruik is, is dat van de installatie te Ursem, bij de zuivelfabriek „De Prinses”. De doorsnede van het circuit bedraagt 5 x 2,50 m. Een installatie met een circuitdoorsnede van 6 x 3 m, zal over enige weken te Zuid-Laren in bedrijf komen.

Metingen in de installatie van De Prinses toonden een goede overeenstemming met de waarden, welke afgeleid zijn uit de modelproeven (schaal 1 : 8,3). Gezien deze overeenstemming zal een overdracht, volgens de modelregels van Froude, van de in de installatie De Prinses gemeten snelheden naar een circuit met een doorsnede van 8 x 4 m (schaal 1 : 1,6), voldoende betrouwbaar zijn.

In afb. 1 zijn deze berekende stroomsnelheden gegeven. Enkele opmerkingen hierbij kunnen mogelijk nog verhelderend werken:

Bij de metingen is gebleken, dat de verticale gradiënt van de snelheidsverdeling gering is. De in de figuur aangegeven onderste meetpunten, die door het schaafeffect wat hoog boven de bodem liggen, kunnen geacht worden ook voor lager gelegen punten te gelden.

De in het artikel beschreven spiraalbeweging, zoals deze zich voordoet in het beluchtingsdeel, zet zich voort in het afstromende been van het circuit. Deze spiraalbeweging is duidelijk herkenbaar in raai A en in de richting van de stroming over de bodem. Het effect zet zich ver door, maar wordt door de stroomgeleiding in de bocht grotendeels teniet gedaan. Enige invloed ervan is echter ook na de bocht nog te bespeuren. De aangegeven snelheden blijken in de praktijk ruim voldoende om slibafzetting te voorkomen. De vraag of er uit hydraulisch oogpunt beperkingen aan het slibgehalte moeten worden gesteld, kan dan ook ontkennend worden beantwoord.

Een volgend aspect, dat door dr. ir. Eggink aan de orde wordt gesteld, is het rendement van de zuurstofinbreng ten opzichte van een opstelling in een vierkante aeratietank, waarbij gesproken wordt over het effect van een „scheiding van de beluchtungs- en de voortstuwingsfunctie van het beluchtungsmechanisme”. Allereerst dient gesteld te worden, dat het niet geheel juist is van een scheiding tussen deze functies te spreken. Het inbrengen van zuurstof met een oppervlaktebeluchter geschiedt door het creëren van een lucht-watmengsel. De krachten, die hierbij gebezigd worden, zijn zeer groot, waardoor als *bijproduct* van de beluchting sterke waterbewegingen optreden. Deze waterbewegingen mogen niet zodanig gericht zijn dat de overdracht van de mechanische krachten beïnvloed wordt. Hiertoe dienen o.m. de hoeken in de vierkante tanks en de baffles in de ronde tanks. Van scheiding tussen beluchtungsfunctie en turbulentie-(voortstuwings-)functie kan pas gesproken worden als ten behoeve van de turbulentie een groter vermogen moet worden ingebacht dan voor de beluchting nodig is.

Bij het carrouselbeluchtungs-circuit is de beluchtungsruimte t.o.v. het voor de beluchting vereiste vermogen klein gedicteerd. Hierdoor ontstaat een overmaat aan turbulentie in de beluchtungsruimte. Een deel van deze overmaat wordt door de speciale vormgeving omgezet in stromingsenergie.

Hierbij zij opgemerkt dat de energie, benodigd voor de stroming in de kanalen uitermate gering is. Bij een juiste dimensionering van het carrouselcircuit is de, bij de be-

luchting als bijproduct ontstane, turbulentie altijd ruim voldoende. De stroming in het circuit wordt hiermede „gratis” verkregen.

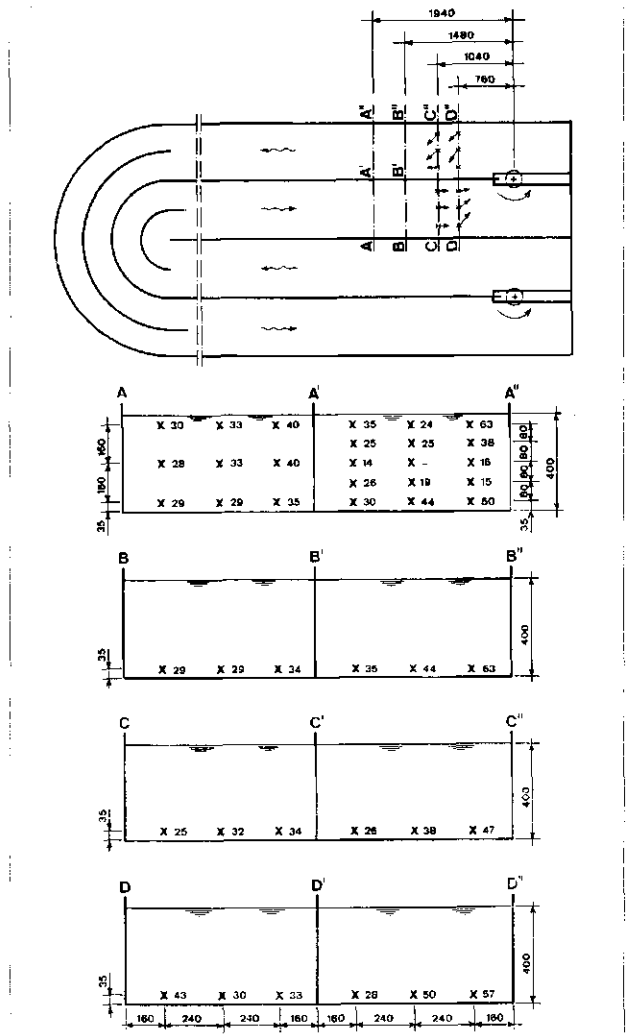
In het artikel „New Developments In The Design of Activated Sludge Tanks With Low B.O.D. Loadings (1)” wordt nader op een aantal hydraulische aspecten ingegaan.

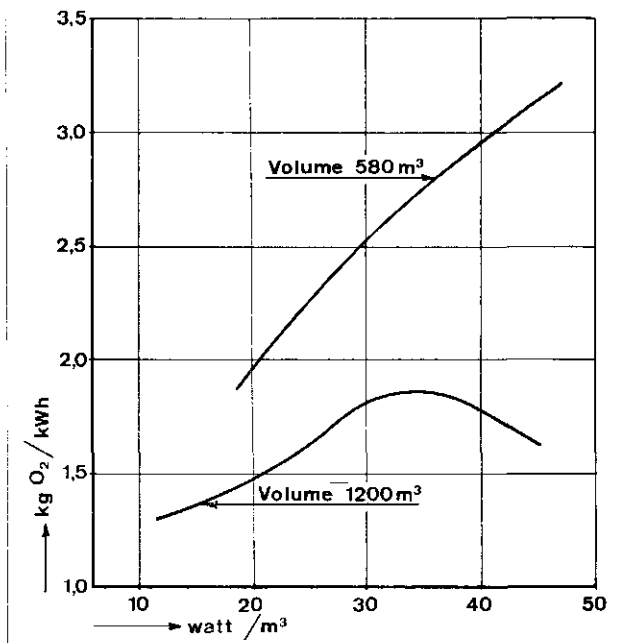
Uiteraard dient men zich wel af te vragen of de speciale vormgeving van het beluchtungsdeel het rendement van de zuurstofinbreng niet ongunstig beïnvloed.

Gezien de aard van deze materie is het niet eenvoudig hierop een eksakt antwoord te geven. In feite zou men dit pas kunnen vaststellen als er twee opstellingen werden gemaakt, met gelijke beluchters en gelijk volume, één in carrouselvorm en één in een vierkante tank.

Op basis van metingen van het Emschergerossenschaft is in afb. 2 de invloed van de inhoud van debeluchtungs tank op het rendement van de beluchter gegeven. Bij vergroting van het beluchtungs-volumen van 580 m<sup>3</sup> naar 1200 m<sup>3</sup> daalt het rendement aanzienlijk, niettegenstaande het vermogen aan de vergrote inhoud werd aangepast (gelijk vermogen per m<sup>3</sup>). Indien deze zelfde beluchter onder oxydatieslootcondities zou worden opgesteld, dan zou de inhoud van de aeratietank geen 1200 m<sup>3</sup>, maar ruim 6000 m<sup>3</sup> moeten bedragen. Het valt te betwijfelen of er bij toepassing van een vierkante aeratietank dan nog voldoende turbulentie zal optreden om het relatief zware slib van een oxydatiesloot nog in turbulentie te houden, en het is de vraag of er nog van redelijk rendement sprake kan zijn.

Afb. 1 - Berekende snelheden in cm/sec. in een 4 m diep circuit.





Afb. 2 - Invloed van de inhoud van de beluchtingstank op het rendement van de zuurstofinbreng. Naar proeven van het Emshergenossenschaft.

Omdat proeven voor het bepalen van de zuurstofinbreng niet op schaal kunnen worden uitgevoerd, is het rendement van de zuurstofinbreng in carrouselopstelling op twee manieren benaderd, nl. door:

- vergelijkende modelproeven;
- een controle van de dimensioneringsgrondslagen met de praktijkresultaten van Oosterwolde.

Bij de vergelijkende proeven werd met eenzelfde beluchter de zuurstofinbreng gemeten in een carrouselmodel en in een vierkante bak. Teneinde de eerder genoemde nadelige invloed van het grote volume op het beluchterrendement te reduceren, werd voor de vierkante bak 1/5 van de inhoud van het carrouselmodel genomen. Het resultaat van de proef was, dat, bij gelijk ingebracht totaal vermogen, de zuurstofinbreng in het carrouselmodel ca. 15 % hoger lag dan in de vierkante bak.

De waarde van dit getal mag slechts als betrekkelijk worden beschouwd. Wel kan er een tendens uit worden gekonkludeerd, nl. dat de zuurstofinbreng in carrouselopstelling niet lager zal zijn dan bij opstelling in een vierkante aerietank. Voor de tweede benadering werd in de installatie in Oosterwolde geruime tijd de B.O.D.-belasting en het netto krachtverbruik gemeten. In deze periode waren zowel de zuiveringsprestatie van de installatie als de conditie van het slib zeer goed. Uitgaande van de garantiëgrafiek van de beluchter, werd over deze periode een OC-load verhouding van 1,8 gevonden.

Hoewel aan dit getal geen absolute waarde mag worden toegekend is hieruit wel de conclusie getrokken dat het zuurstofinbrengend vermogen van de beluchter door de carrouselopstelling niet nadelig is beïnvloed. Bij de dimensionering van deze beluchter volgens de garantiëgrafiek zal, indien een OC-load verhouding van 2,5 wordt aangehouden, ruim voldoende beluchtingscapaciteit aanwezig zijn.

Niet geheel tevreden met deze benadering, zijn er nog een aantal metingen onder bedrijfsomstandigheden volgens de methode Kayser (2) verricht. De indruk bestaat dat in deze methode een sleutel ligt tot het verkrijgen van een beter inzicht in de prestaties van beluchters onder praktijkomstandigheden. Evaluatie van de gevonden waarden zal echter pas mogelijk zijn, als door een groot aantal metingen

de factoren, die de zuurstofinbrengst onder bedrijfsomstandigheden beïnvloeden, kunnen worden gedefinieerd. Een uitgebreid onderzoek op dit gebied lijkt voor de afvalwaterzuivering uiterst nuttig.

Vervolgens wordt door dr. ir. Eggink ingegaan op de mogelijkheid af te wijken van de grondslagen van de oxydatiesloot, in het spraakgebruik de „Pasveer-grondslagen” genoemd. Deze grondslagen zijn een B.O.D.-belasting van 180 à 200 g/m<sup>3</sup>.etm. en een slibbelasting van 50 g B.O.D./kg dr. st.

Ter voorkoming van misverstand zij hierbij gesteld, dat deze twee grondslagen *tesamen* de grondslagen van de oxydatiesloot vormen. Verhoging van één of beide grondslagen geeft in meer of mindere mate een overgang naar de extended aeration. (Hochlast- of Belebungsgraben, deelmineralisatie). De door dr. ir. Eggink aangesneden problematiek vormt een bijzonder boeiend en uitgebreid terrein. In het kader van dit commentaar kunnen helaas slechts enkele facetten worden belicht.

Verhoging van de Pasveer-grondslagen heeft invloed op:

- het systeem als totaliteit (bedrijfsvoering);
- de zuiveringsresultaten;
- de slibaangroei;
- de slibconditie (w.o. slibindex);
- de slibverwerkingseigenschappen (w.o. indikkingsbereik).

Worden de publikaties op dit gebied nagegaan dan blijkt dat vrijwel altijd een verhoging van de Pasveer-grondslagen een ongunstige invloed op de bovengenoemde factoren heeft. De bedrijfsresultaten van de oxydatiesloot te Oosterwolde bevestigen dit. Deze installatie is ontworpen voor 14.000 i.e. (à 54 g B.O.D.). Door het grote regelbereik van de beluchters is de beluchtingscapaciteit voldoende voor 25.000 i.e. De belasting van de installatie is gestegen van 9000 i.e. in nov. 1968 tot 20.000 i.e. in sept. 1970.

Ongetwijfeld is de bedrijfsvoering van de installatie minder flexibel geworden. De ongevoeligheid voor stootbelastingen is verminderd, het effect van de nabezinking, bij gelijk gebleven hydraulische belasting, is gedaald. De zuiveringsgraad is echter vrijwel gelijk gebleven.

De slibaangroei bij de huidige belasting is nog niet gemeten, waardoor een vergelijking met de aangroei bij de ontwerpbelasting nog niet kan worden gegeven. De veranderingen die het meest frappant zijn, zijn opgetreden in de slibkwaliteit. Varieerde de slibindex bij de ontwerpbelasting tussen de 40 en 100 ml/g, bij de huidige belasting is deze vrijwel continu 180 ml/g. Bij de ontwerpbelasting van 14.000 i.e. kon na een dag indikken in de nabezinktank een indikking tot 6 % dr. st. worden bereikt. Thans, bij de belasting van 20.000 i.e., wordt 2 % dr. st. niet meer gehaald.

In Duitsland is men reeds kort na de presentatie van de oxydatiesloot overgegaan tot verhoogde belastingen. Ook vele installaties met extended aeration zijn daar tot stand gekomen. Het is opmerkelijk, dat in recente publikaties (Hanisch (3), Kalbskopf en Londong (4)) de tendens wordt gesignaleerd om terug te keren tot de Pasveer-grondslagen, zelfs met verhoging van de in Nederland gebruikelijke inhoudsnormen per i.e., in verband met een gestelde hogere B.O.D. productie per inwoner.

Kalbskopf en Londong (4) geven hiervoor de volgende motivering:

„Das grössere Belebungs-volumen bringt nicht nur Vorteile hinsichtlich des Ausgleich- und Puffervermögens; es ermöglicht daneben, die Anlage mit geringerem Schlammgehalt zu fahren, der betrieblich einfacher zu steuern ist und in der Nachklärung auch dann nicht zu Schwierigkeiten führt, wenn der Schlammindex stark ansteigt. Die bisherigen Betriebserfahrungen haben gezeigt, dass der Index bei Belebungsanlagen mit Schlammstabilisation durchaus weit über 100 ml/g liegen kann und im übrigen stark schwankt.

Wenn auch die Schlammbelastung niedrig gehalten wird, ergeben sich deutliche betriebliche Vorteile vor allem für den Ueberschuss-schlamm, dessen Menge merklich zurück-

TABEL I - Dimensioneringsgrondslagen en vergelijkingstabel voor verschillende belastingen voor het beluchtingscircuit

	oxydatiesloot vlg. Pasveer- norm	variant A	variant B	deelminerali- satie
1. Inwonerequivalenten à 54 g BOD/m <sup>3</sup>	4	5	5	8
2. BOD-belasting kg/m <sup>3</sup> . d	0,216	0,270	0,270	0,432
3. Slibbelasting kg/kg . d	0,054	0,054	0,068	0,108
4. Beluchtingstijd bij d.w.a. uren	60	48	48	30
5. Slibgehalte kg/m <sup>3</sup>	4	5	4	4
6. BOD-verwijdering kg BOD/m <sup>3</sup> . d	0,205	0,257	0,257	0,410
7. O <sub>2</sub> verbruik BOD kg/m <sup>3</sup> . d	0,103	0,129	0,129	0,205
8. Endogene ademhaling kg O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> . d	0,248 <sup>^</sup>	0,31 <sup>^</sup>	0,28 <sup>^^</sup>	0,32 <sup>^^^</sup>
9. O <sub>2</sub> verbruik voor nitrificatie	—	—	—	0,062
10. Totaal O <sub>2</sub> verbruik kg/m <sup>3</sup> . d	0,351	0,439	0,409	0,587
11. O <sub>2</sub> gehalte in circuit Cx mg/l	0,5	0,5	0,5	1,0
12. O <sub>2</sub> verzadigingswaarde Cs mg/l	9	9	9	9
13. Cs : (Cs — Cx)	1,06	1,06	1,06	1,12
14. Benodigde O <sub>2</sub> toevoer kg/m <sup>3</sup> . d	0,372	0,465	0,434	0,657
15. Benodigde OC/load	1,72	1,72	1,61	1,52
16. Verh. benodigde O <sub>2</sub> %	100	100	93,5	88,5
17. OC/load ontwerp	2,5	2,5	2,5	2,5

<sup>^</sup> 0,62 (geh. org. st.) x 0,1 (kg O<sub>2</sub>/kg org. st. d.) = 0,062 kg O<sub>2</sub>/kg slib  
<sup>^^</sup> 0,70 (geh. org. st.) x 0,1 (kg O<sub>2</sub>/kg org. st. d.) = 0,07 kg O<sub>2</sub>/kg slib  
<sup>^^^</sup> 0,80 (geh. org. st.) x 0,1 (kg O<sub>2</sub>/kg org. st. d.) = 0,08 kg O<sub>2</sub>/kg slib

geht und dessen Entwässerungsverhalten besser wird. Das ist besonders wichtig, da sich bei vielen relativ hoch belasteten Stabilisierungsanlagen gezeigt hat, dass die Unterbringung des Ueberschussschlammes zu einem ernsthaften Betriebsproblem werden kann.

Auf Grund neuer Erkenntnisse über die Kinetik des Abbaues verschiedener Substrate in einem Abwasser gewinnt zudem neben der Schlammbelastung der Zeitfaktor in der Abwasserreinigung wieder an Bedeutung.

Nach Huber (5) wurde für heterogene Bakterienpopulationen nachgewiesen, dass die Vielzahl der Abwasserinhaltsstoffe nur durch sukzessive Substrataufnahme eliminiert werden kann. Die Entfernung von Restsubstraten erfordert daher zwangsläufig lange Belüftungszeiten.

Die geschilderten umfangreichen Vorteile für den Betrieb der Kläranlagen und für die Sicherung der Wassergüte rechtfertigen sicherlich einen etwas höheren Baukosten-aufwand für dat grössere Beckenvolumen".

Een aantal van de in dit citaat genoemde facetten komen o.m. ook naar voren in de publikaties van Böhnke (6), Pflanz (7) en Stalman (8).

De genoemde moeilijkheden met de nabezinking bij een hoger slibgehalte en/of hoger slibindex worden begrijpelijk als men bij de dimensionering van de nabezinktank het slibgehalte en de slibindex in rekening gaat brengen. Deze invloed is door Pflanz (7) onderzocht.

De verhouding tussen de oppervlaktebelasting, het dr.st. gehalte en slibindex in de aeratietank, zijn vast te leggen in een formule, waarbij het begrip slibvolumebelasting wordt ingevoerd. De formule luidt:

$$\text{oppervlaktebelasting (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h)} = \frac{\text{slibvolumebelasting (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h)}}{\text{dr. st. gehalte a.t. (kg/m}^3\text{) x slibindex (m}^3/\text{kg)}}$$

De slibvolumebelasting is afhankelijk van de eis aan het bezinksel in het effluent. Bij een eis van 20 à 30 mg/l wordt de slibvolumebelasting door Hanisch op max. 0,3 gesteld. Deze waarde komt goed overeen met de meetresultaten van Pflanz. Toepassing van deze formule geeft als resultaat:

dr. st. gehalte 4 kg/m<sup>3</sup>, slibindex 80 ml/g (0,08 m<sup>3</sup>/kg);  
toelaatbare oppervlaktebelasting: 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h.

dr. st. gehalte 4 kg/m<sup>3</sup>, slibindex 180 ml/g;  
toelaatbare oppervlaktebelasting: 0,42 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h.

dr. st. gehalte 6 kg/m<sup>3</sup>, slibindex 100 ml/g;  
toelaatbare oppervlaktebelasting: 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h.

Bij toepassing van deze nog nieuwe dimensioneringsgrond-

slagen zal zeker ook de door dr. ir. Eggink gesignaleerde samenhang tussen ontwerpnormen en reëel gepompte d.w.a. en r.w.a. moeten worden bezien.

De stelling van dr. ir. Eggink, dat bij een belastingverhoging in het beluchtingscircuit met 25 % de investeringskosten van de zuiveringsinstallatie met 20 % zouden dalen, moet op een misverstand berusten.

De kostenaspecten van een dergelijke installatie t.o.v. de oxydatiesloot liggen in:

1. de lagere kosten door de verkleining van het circuit en van het grondoppervlak,
2. de hogere kosten door de vergroting van de nabezinktank,
3. het lagere energieverbruik,
4. de hogere kosten voor het slibbedrijf, door hogere slibproductie en/of slechtere voorindikking.

Teneinde de discussie zo concreet mogelijk te maken, zijn in tabel I de dimensioneringsgrondslagen voor de oxydatiesloot volgens de Pasveer-normen en voor twee varianten van de door dr. ir. Eggink voorgestelde aanpassing opgenomen. Bij variant A is aangenomen, dat het slibgehalte 5 kg/m<sup>3</sup> zal bedragen, waardoor de slibbelasting gelijk is aan de oxydatiesloot. Bij variant B is het slibgehalte op 4 kg/m<sup>3</sup> gesteld, waardoor de slibbelasting 25 % hoger ligt.

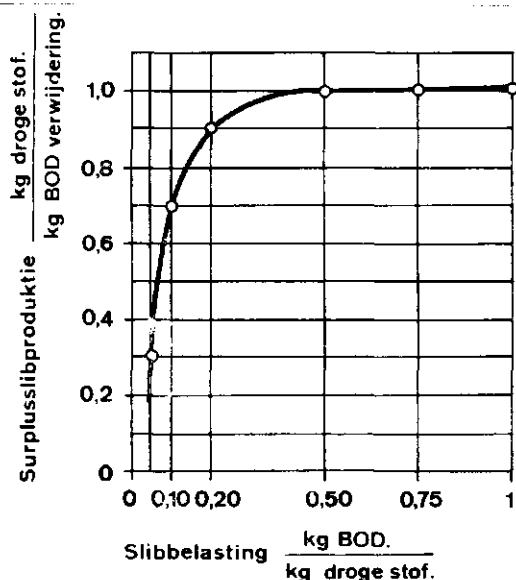
Wij hopen, dat dr. ir. Eggink het ons niet euvel zal duiden, als wij om deze vergelijkingen wat meer relief te geven hierbij ook de soms nagestreefde deelmineralisatie betrekken, zonder uiteraard af te willen doen op de daaraan verbonden bezwaren op het gebied van de bedrijfsvoering en de technologie, welke in het voorgaande zijn opgeworpen. Tabel I is opgesteld naar gegevens, formules en berekeningen naar v. d. Emde e.a. (9).

ad 1. beluchtingscircuit:

De verkleining van het circuit bedraagt voor de varianten A en B 50 l/i.e. De vermindering van het benodigde grondoppervlak bedraagt bij een 4 m diep circuit 0,0125 m<sup>2</sup>/i.e. Daar dit ook enigszins doortelt in de ruimtelijke opstelling is een faktor 2 ingevoerd, waardoor het oppervlak met 0,025 m<sup>2</sup>/i.e. vermindert.

lagere kosten circuit	: 0,05 m <sup>2</sup> à f 30,—	f 1,50
lagere kosten grond	: 0,025 m <sup>2</sup> à f 6,—	f 0,15
		<hr/>
		totaal f 1,65 i.e.

Deze minderkosten bedragen 2 à 2,5 % van de totale in-



Afb. 3 - Verband tussen slibbelasting en slibaangroei.

vesteringskosten. Dat deze kosten zo laag zijn is begrijpelijk, als men bedenkt dat bij het carouselcircuit een gedeelte van de rechte kanalen, in feite een repetitie element bij de bouw, vervalt, terwijl de rest van de installatie geheel ongewijzigd blijft. De jaarlijkse minderkosten, rente, afschrijving en onderhoud zullen ca. f 0,18/i.e. bedragen.

De gebezigde eenheidsprijzen zijn opgesteld aan de hand van in uitvoering zijnde installaties, doch aan de hoge kant gehouden. Bij de deelmineralisatie is de vermindering van de circuitinhoud en het grondoppervlak 2,5 maal zo groot, nl. 125 l/i.e. i.p.v. 50 l/i.e. en 0,0625 m<sup>2</sup>/i.e. i.p.v. 0,025 m<sup>2</sup>/i.e. De faktor 2,5 kan hierbij zonder meer op de berekende bedragen worden toegepast, waardoor de vermindering van de investeringsbedragen bij de deelmineralisatie worden 2,5 x f 1,65 = f 4,13/i.e. De vermindering van de jaarkosten wordt 2,5 x f 0,18 = f 0,45/i.e.

#### ad 2. nabezinkank

Wordt, mede in verband met de gesignaleerde samenhang van grondslagen met d.w.a. en r.w.a., de door Kalbskopf en Londong bij r.w.a. maximaal toelaatbaar geachte slibvolumebelasting van 0,4 aangehouden, dan is voor de oxydatiesloot de gebruikelijke oppervlaktebelasting van 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h — verblijftijd 1,5 h — nog juist toelaatbaar, hetgeen in de praktijk bevestigd wordt.

De oppervlaktebelasting zal bij de varianten A en B 0,8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h — verblijftijd 1,9 h —, en bij de deelmineralisatie 0,65 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h — verblijftijd 2,3 h — moeten bedragen.

Bij een 3 d.w.a.-installatie betekent dit voor de varianten A en B een extra inhoud van 0,4 x 30 l/i.e.h = 12 l/i.e., en bij de deelmineralisatie een extra inhoud van 0,8 h x 30 l/i.e.. h = 24 l/i.e.

Wordt de eenheidsprijs voor de vergroting van de nabezinkruimte op f 50,—/m<sup>3</sup> gesteld, dan bedragen de meerkosten voor de varianten A en B: 0,012 m<sup>3</sup>/i.e. x f 50,—/m<sup>3</sup> = f 0,60/i.e. en voor de deelmineralisatie: 0,024 m<sup>3</sup>/i.e. x f 50,—/m<sup>3</sup> = f 1,20/i.e. De meerdere jaarlijkse lasten bedragen dan resp. f 0,07/i.e. en f 0,13/i.e.

#### ad 3. energiekosten:

Uitgaande van een automatisch aangepaste zuurstofinbreng waarbij de concentratiefaktor kan worden uitgeschakeld, kunnen de energiekosten als volgt worden bepaald.

Stroomverbruik voor de beluchting van een oxydatiesloot met automatische O<sub>2</sub> regeling: 18 kWh/i.e. jaar. Jaarkosten: f 0,055 x 18 = f 0,99/i.e. Minderkosten variant A: nihil. Minderkosten variant B: 6,5 % van f 0,99 = f 0,06/i.e. jaar.

Minderkosten deelmineralisatie: 11,5 % van f 0,99 = f 0,11/i.e. jaar.

Als tussen-samenvatting van de onder ad 1, 2 en 3 genoemde kosten per i.e. per jaar:

#### Variant A:

lagere kosten circuit en grond	f 0,18
hogere kosten nabezinktank	f 0,07 —
lagere kosten energie	f nihil

totaal minder f 0,11/i.e./jaar

#### Variant B:

lagere kosten circuit en grond	f 0,18
hogere kosten nabezinktank	f 0,13 —
lagere kosten energie	f 0,06

totaal minder f 0,17/i.e./jaar

#### Deelmineralisatie:

lagere kosten circuit en grond	f 0,45
hogere kosten nabezinktank	f 0,13 —
lagere kosten energie	f 0,11

totaal minder f 0,43/i.e./jaar

#### ad 4. slibverwerking:

Tegenover de bovengenoemde bedragen dienen de hogere kosten van de slibverwerking te worden gesteld.

Bij de slibproductie van de oxydatiesloot spelen de volgende factoren een rol:

- de slibproductie t.g.v. de B.O.D. afbraak,
- de slibproductie t.g.v. het primaire slib (niet biochemisch afbreekbare deel),
- een verliesfaktor, veroorzaakt door het afvoeren van materiaal met het effluent.

Een aantal onderzoekers, o.a. Scherb en Hamm (10) vermelden resultaten die doen konkluderen dat de slibaangroei tengevolge van de B.O.D. volgens Hopwood en Downing (11), aangegeven in afb. 3, ook in de oxydatiesloot opgaat. Bij een toevoer van 54 g B.O.D./i.e. bedraagt de slibaangroei dan ca. 15 g/i.e.d. Scherb en Hamm stellen dat de surplusslibproductie voor ongeveer 50 % voor rekening komt van het primaire slib (niet biochemisch afbreekbare deel). De verliesfaktor wordt door hen op 10-20 % gesteld. Een surplusslibproductie van 30 g/i.e./d wordt aannemelijk geacht, mits geen overbelasting optreedt.

Volgens Mudrack (12) is deze uitwassing door de afvoer van zeer kleine, sterk waterbindende delen gunstig voor de indikking van het slib. Hieruit zou ook te verklaren zijn, dat gescheiden aerob gestabiliseerd slib, ook bij gelijke mineralisatiegraad, slechter indikt.

Uit afb. 3 blijkt dat slechts geringe verschuivingen in de slibbelasting procentueel gezien grote afwijkingen geven. De oxydatiesloot bevindt zich, en de praktijk bevestigd dit, voor wat de slibproductie betreft in een meer of minder „labiele” situatie. Dit zal men zich moeten realiseren, als verkleining van inhoud of verhoogde belastingen worden overwogen. De zeer geringe slibproductie van de oxydatiesloot is één van de voordelen van het systeem. Wordt dit voordeel bij de varianten A en B gereduceerd? De volumeverkleining van het circuit is, procentueel gezien, reeds zeer groot, nl. 20 %. De besparingen in de jaarkosten zijn gering f 0,10 à f 0,18 per i.e. Wordt voor de kunstmatige slibverwerking de in ons artikel aangegeven jaarkosten van f 2,— tot f 2,35 per i.e. aangehouden, dan liggen de besparingen in de orde van grootte van 5 tot 9 % van de slibverwerkingskosten.

Het is vrijwel ondoenlijk een verantwoorde prognose op te stellen over de slibproductie bij de varianten A en B. Uitgaande van de geschetste situatie is echter een toename van

de slibproductie met b.v. 10 % zeker niet onmogelijk. Het is twijfelachtig of een verkleining van het beluchtingscircuit met 20 % enig financieel voordeel zal opleveren, terwijl hier tegenover een vrij belangrijke beperking in de bedrijfsmogelijkheden staat.

Veel overzichtelijker is de situatie bij de aangegeven deelmineralisatie. Hier wordt duidelijk afgeweken van de Pasveergrondslagen, waardoor er ten opzichte van de oxydatiesloot evidente verschillen optreden in de slib(drogestof)-productie, in de slibindex en de mogelijkheden om het slib in te dikken. Bij de aangegeven slibbelasting bedraagt de slibaangroei uit de B.O.D.  $0,7 \times 54 \text{ g/i.e.} \times 95 \% = 35 \text{ g/i.e.}$  (afb. 3). Wordt de aangroei als gevolg van het niet biochemisch afbreekbare deel van het primaire slib gelijk gesteld aan die van de oxydatiesloot, dan zal de totale slibaangroei  $50 \text{ g/i.e.d.}$  bedragen. De slibleeftijd is dan 10 dagen. Naast de droge-stofproductie, is de droge-stofconcentratie welke bij de indikking vóór de kunstmatige slibverwerking is te behalen, van groot belang. De geringe indikking, welke in de installatie te Oosterwolde wordt behaald, bij een belasting van  $6 \text{ i.e./m}^3$ , is reeds vermeld. Uit de onderzoeken van Zack en van Stalman (8) blijkt dat bij actiefslib het organisch aandeel van grote invloed is op de te bereiken indikkingsgraad. De betrekking tussen indikking en het organisch aandeel is in afb. 4 gegeven.

Bij niet overbelaste oxydatiesloten ligt het organisch aandeel tussen de 60 en 65 %. Bij de deelmineralisatie dient op 80 % te worden gerekend. Een aanzienlijk minder goede indikking zal, zoals uit afb. 4 blijkt, hiervan het gevolg zijn.

Bij de dimensionering van een kunstmatige slibverwerkingsinstallatie voor een zuiveringsinstallatie volgens het systeem van de deelmineralisatie zal gerekend moeten worden met een slibproductie van  $50 \text{ g slib dr. st./i.e.d.}$ . Deze productie ligt 65 % hoger dan bij de oxydatiesloot.

Wordt gesteld dat daarbij de te bereiken indikkingsgraad 1 % lager ligt dan bij de oxydatiesloot, hetgeen gezien afb. 4 zeker niet onwaarschijnlijk is, dan is de meerdere slibproductie in volume bij de deelmineralisatie ruim 100 % hoger dan bij de oxydatiesloot.

Bij de eerder gehanteerde kosten voor de kunstmatige slibverwerking bij de oxydatiesloot, betekent dit t.o.v. de oxydatiesloot een kostenstijging van ca.  $f 1,50/\text{i.e.j.}$ , ofwel ca. 3 maal de besparing welke uit de vermindering van de investerings- en energiekosten voortvloeit.

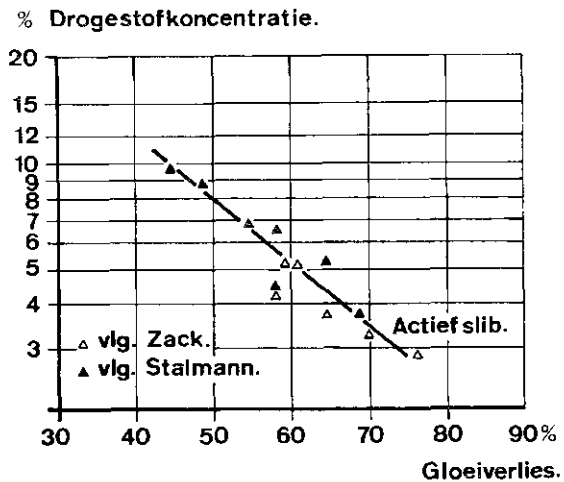
Uit de beschouwingen over de gevolgen van verkleining van het beluchtingscircuit van de oxydatiesloot kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Zowel uit bedrijfstechnisch als uit technologisch standpunt bezien, is verkleining van het beluchtingscircuit niet aan te bevelen. Er zijn vele praktijkervaringen, die dit bevestigen.
2. Het is, wanneer een kunstmatige slibontwatering is voorzien, twijfelachtig of een verkleining van het beluchtingscircuit met b.v. 20 % de jaarkosten gunstig zal beïnvloeden.
3. Overgang naar deelmineralisatie levert een niet onaanzienlijk financieel nadeel op, indien de slibverwerking op kunstmatige wijze plaats vindt.

Bij het ontwerpen van zuiveringsinstallaties moet als axioma gelden dat de installatie robuust, betrouwbaar en gemakkelijk te bedienen is. Dit uitgangspunt wordt nog evidenter indien tot kunstmatige slibverwerking wordt overgegaan.

Vergelijking van verschillende zuiveringsinstallaties naar bedrijfsresultaten is door de veelheid en de variatie van de factoren, welke op de processen van grote invloed zijn een moeilijke zaak. Bij de vergelijkingen in dit commentaar hebben wij getracht, door zoveel mogelijk van erkend wetenschappelijke, doch wel in de praktijk getoetste onderzoeken en gegevens uit te gaan, op een objectief vergelijkingsniveau te komen.

Hopelijk zal in de vakantiecursus over oxydatiesloten, welke op 15 en 16 april 1971 aan de Technische Hogeschool te



Afb. 4 - Verband tussen gloeiverlies en de bij indikking te bereiken droge stof concentratie.

Delft zal worden gehouden, dieper op de aangerode problematiek worden ingegaan.

De opmerkingen van dr. ir. Eggink hebben ons aanleiding gegeven een aantal facetten, verbonden aan het ontwerpen van zuiveringsinstallaties nogmaals in onderling verband te beschouwen. De door dr. ir. Eggink hiertoe gegeven stimulans werd — met dank! — gaarne aanvaard.

#### Literatuur

1. Zeper, J. and Man, A. de; *New developments in the design of activated sludge tanks with low BOD loadings*; presented at the 5th International Water Pollution Research Conference, juli-aug. 1970. Proceedings to be published by Pergamon Press Ltd., Spring 1971.
2. Kayser, R. *Ermittlung der Sauerstoffzufuhr von Abwasserbelüftern unter Betriebsbedingungen*. (Dissertation 1967). Veröffentlichungen des Institutes für Stadtbauwesen, Techn. Hochschule Braunschweig, H. 1.
3. Hanisch, B. *Kläranlagen für kleine Gemeinden und Siedlungen*. Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik (1969) B II - 10.4.5.
4. Kalbskopf, K. H. und Londong, D. *Entwicklungstendenzen bei Kläranlagen nach dem Belebungsverfahren für kleine Gemeinden*. gwf-Wasser/Abwasser 111 (1970) H.8.
5. Huber, L. *Stoffwechselphysiologie der Bakterien und biologische Abwasserreinigung*. Wasser und Abwasserforschung Nr. 6 (1968).
6. Böhneke, B. *Der Hochlastgraben*. Industrie-abwasser, Mai 1963.
7. Pflanz, P. *Ueber das Absetzen des belebten Schlammes in horizontal durchströmten Nachklärbecken*. Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Techn. Hochschule Hannover (1966). H.25.
8. Stalman, V. *Untersuchungen zur Technik der Eindickung am Beispiel von Emscher-Belebtschlamm und zu den technisch-wirtschaftlichen Auswirkung der Eindickung auf Folgeprozesse der Abwasserschlam-Behandlung*. Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Techn. Hochschule Hannover (1965) H.19.
9. Emde, W. von der, u.a. *Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik*, B. II 7. 8. 4. 6. (1969).
10. Scherb, K. und Hamm, A. *Untersuchungen zur Schlammmineralisation und Phosphat-Elimination am Oxydationsgraben des Münchner Abwasserversuchsfeldes*. Münchner Beiträge zur Abwasser-Fischerei- und Flussbiologie, Heft 12, 1965. S 179.
11. Hopwood, A. P. and Downing, A. L. *Factors affecting the rate of production and properties of activated sludge in plants treating domestic sewage*. J. A. Proc. Inst. Sew. Purif. (1965).
12. Mudrack, K. *Zum Stande der aeroben Schlamm-stabilisierung*. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft. H. 43 u. 44 (1967).