

Verdere ontwikkeling. Het oxydenitroproces

Voor het verkrijgen van een goede kwaliteit oppervlaktewater is behalve een goede biologische zuivering ook nodig een zoveel mogelijk terughouden van de bemestende anorganische stikstof- en fosforverbindingen.

We kunnen het er over eens zijn dat het belang van deze zgn. 3e zuiveringstrap met de jaren zal toenemen. Evenmin hoeft er — zolang we de financiën buiten beschouwing laten — verschil van inzicht te bestaan wanneer we stellen dat hoe vollediger we èn de stikstofverbindingen èn de fosfaten kunnen verwijderen, hoe beter dat voor het ontvangende water zal kunnen zijn.

Verschillen in zienswijze komen pas te voorschijn wanneer het er om gaat met de altijd slechts in beperkte mate aanwezige geldmiddelen een zo goed mogelijk resultaat te bereiken.

Het is daarom toch wel een verblijdende zaak nu over een verdere ontwikkeling van het oxydatieslootproces te kunnen spreken, waarbij 90 % van de in het (huishoudelijk) afvalwater aanwezige stikstofverbindingen worden verwijderd tegen zo geringe kosten (6 cents/inw./jr.) dat het geld geen beperkende invloed heeft. Wanneer de voorgestelde zuiveringsmethode geen andere beperkingen heeft, behoeft niets een algemene toepassing in de weg te staan.

In het oxydatieslootproces kan het verwijderen van de stikstofverbindingen worden bereikt door het toepassen van een volledig discontinu bedrijfsschema. Volledig discontinu betekent daarbij, dat niet alleen het beluchtingsproces wordt onderbroken, maar ook dat de toevoer van het afvalwater discontinu plaatsvindt en wel zodanig dat tijdens de beluchting en tijdens de bezinkperiode geen afvalwater in de oxydatiesloot wordt gebracht.

Bij het kiezen van de juiste omstandigheden wordt dan automatisch een 90-95 %-ige verwijdering van de stikstofverbindingen verkregen. Hoe deze verwijdering tot stand komt wordt met de volgende overwegingen duidelijk:

— bij voldoende zuurstoftoevoer zijn aan het einde van de beluchtingsperiode vrijwel alle in oplossing aanwezige stikstofverbindingen in nitraat omgezet;

— na het bezinken van het slib wordt een hoeveelheid van het bovenstaande heldere effluent afgevoerd, meestal ca. het 1/10 gedeelte van de circuit inhoud; een gelijke hoeveelheid te zuiveren afvalwater wordt toegevoerd;

— in de eerste ogenblikken van de daarna volgende beluchtingsperiode wordt het nieuw toegevoerde rioolwater in korte tijd gemengd met de circuitinhoud. De snelheid van het zuurstofverbruik door het slib is dan zo hoog, dat de rotor niet in de behoefte aan zuurstof kan voorzien. Daardoor wordt het mogelijk dat ook de aan het nitraat gebonden zuurstof wordt verbruikt, de nitraten worden volledig gereduceerd. Het bij deze reductie gevormde stikstofgas verdwijnt naar de atmosfeer.

— van de in het toegevoerde afvalwater aanwezige stikstofverbindingen wordt in het zuiveringsproces een gedeelte, (bv. ca 1/5) in het bacteriële lichaam vastgelegd, het overige wordt tot nitraat geoxydeerd;

— een eenvoudige berekening toont dan dat het afgevoerde effluent een gehalte aan nitraatstikstof heeft van

$9/10 \times 0 + 1/10 \times 4/5 C = 0,08 C$ waarin C de concentratie aan stikstofverbindingen (N) in het te zuiveren afvalwater.

In het gezuiverde effluent vinden we naast deze kleine hoeveelheid nitraatstikstof nog een geringe hoeveelheid ammoniakstikstof, meestal minder dan één mg/l, en voorts nog een of enkele milligrammen stikstof gebonden in moeilijk aantastbare verbindingen. De stikstofverwijdering bedraagt dan ca. 90 %.

In tabel I zijn de resultaten weergegeven van een onderzoek in de oxydatiesloot van de Psychiatrische inrichting Sancta Maria bij Noordwijkerhout, die volgens het zoëven besproken volledig discontinu schema wordt bedreven [1].

In dit onderzoek is de stikstof aanwezig in moeilijk aantastbare verbindingen niet bepaald. Het werkelijke percentage stikstofverwijdering is een paar procent minder dan de aangegeven 94 %.

De in de oxydatiesloot van de Psychiatrische inrichting Sancta Maria verkregen verwijdering van 90 % van

TABEL I - Sancta Maria oxydatiesloot

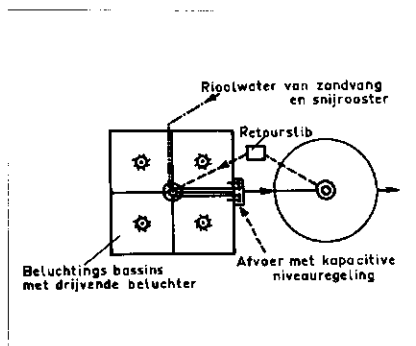
Gemiddelde samenstelling over de periode 24/6 - 29/7 1968 (gem. aanvoer 152 m³/d)

	influent	effluent
DOC mg/l	873	51
Cl	148	147
Stikstof + NH ₄ -N NO ₃ -N	64,5	3,5
Totaal fosfaat (P)	13,2	5,4
BOD ₅	485 ± 10 % (berekend uit DOC)	4*)

*) bepaald in onverdund effluent

de stikstofverbindingen, zonder extra investerings-, bedrijfs- of onderhoudskosten, zelfs met een besparing van ca. 5 kWh aan energieverbruik per inwoner per jaar door het terugwinnen van de in het nitraat vastgelegde zuurstof, is een bijzonder aantrekkelijk resultaat. Echter de betekenis ervan voor de praktijk van de afvalwaterzuivering dient in eerste aanleg niet te worden overschat. De oxydatiesloot van de Psychiatrische inrichting Sancta Maria is een kleine zuiveringsinrichting voor 1500 i.e. met aanvoer uit een gescheiden rioleringsstelsel. De aanvoer van regenwater is gering. Dit houdt in dat ook bij regenweer gedurende de uren dat geen afvalwater aan de oxydatiesloot wordt toegevoerd, het aankomende rioolwater in het grote aanvoerriool kan worden geborgen. Dit is een situatie die in de praktijk niet zo vaak voorkomt. Als regel zal het besproken discontinue bedrijfsschema niet kunnen worden toegepast, zeker niet voor de zuivering van grote hoeveelheden afvalwater.

De opgave werd dus een uitvoeringsvorm te vinden, waarbij een continue toevoer van het afvalwater aan de zuiveringsinrichting mogelijk is en tegelijkertijd toch ook de voordelen van het discontinue systeem worden verkregen. Een voorbeeld van een oplossing hiervoor is aangegeven in de schematische voorstelling van afb. 1. Volgens dit ontwerp kan het afvalwater continu aan de zuiveringsinrichting worden toegevoerd en wel achtereenvolgens telkens bijvoorbeeld gedurende een uur aan de beluchtingsbassins 1 t/m 4, via een centraal opgestelde verdeelinrichting. In ieder van de 4 bekkens is een drijvende be-



Afb. 1 - Schematische voorstelling van een inrichting voor het „oxydenitro-proces”

luchter van het type met verticale as opgesteld. Voor ieder bassin geldt dan een bedrijfscyclus van 4 uren. Het begin van de 4 uren cyclus ligt voor iedere volgende tank een uur later. Gedurende het eerste halve uur van de cyclus wordt het toerental van de beluchtingsrotor zodanig teruggebracht, dat het inkomende afvalwater wel goed met de bekkeninhoud wordt gemengd, maar dat geen zuurstoftoevoer van betekenis plaats vindt.

Daarmede wordt een goed verloop van het denitrificatieproces bevorderd. Na de denitrificatieperiode volgt in dit voorbeeld een beluchtingsperiode van $3\frac{1}{2}$ uur, waarin het toegevoerde afvalwater wordt gezuiverd, de stikstofverbindingen worden genitrificeerd en het slib gestabiliseerd. Tijdens het laatste uur van de vier uren cyclus wordt vanuit het beluchtingsbassin actief slib + gezuiverd water naar de nabezinkinrichting afgelaten. Een gelijkmatige afvoer — gedurende het gehele uur bij RWA, gedurende een gedeelte ervan bij DWA — kan worden verkregen door gebruik te maken van de zgn. capacatieve niveauregeling.

De terugvoer van het retourstrib vanuit de nabezinkinrichting naar de beluchtingsbassins verloopt continu. Via de centrale verdeelinrichting wordt bereikt dat de terugvoer plaats vindt naar het bekken van waaruit naar de nabezinkinrichting wordt afgevoerd. Een ontwerp voor de centrale verdeelinrichting is weergegeven in afb. 2 en 3. Wanneer aan bekken no. 1 afvalwater wordt toegevoerd, vindt vanuit tank nr. 2 afvoer naar de nabezinkinrichting plaats, het retourstrib gaat dan ook terug naar tank 2. Eén keer per uur draait de centrale verdeelinrichting over een hoek van 90° .

Verdere bijzonderheden

Indien van een belasting van $3\frac{1}{3}$ in-

woner per m^3 wordt uitgegaan, dan is het volume van de 4 bekken tezamen 300 l per inwoner, d.i. 75 l per bassin. Ieder bassin dient één uur regenaanvoer te kunnen bergen. Voor bij voorbeeld een RWA = 3 DWA, is dit volgens de gangbare berekening 30 l/inw. Ieder bekken heeft dan een netto volume van $75 + 30 = 105$ l per aan de zuiveringsinrichting aan te sluiten inwoner.

Bij droogweeraanvoer kan teneinde een optimale denitrificatie te bereiken, de dagelijkse aanvoer over 20 halve uren worden verdeeld. Bij een droogweeraanvoer van 100 l per inwoner per etmaal, wordt dan per cyclus aan ieder bekken 5 l per inwoner toegevoerd. Op de reeds eerder aangegeven wijze kan worden berekend, dat in het effluent dan nog slechts 5 % van de in het ongezuiverde afvalwater aanwezige stikstof in de vorm van nitraten aanwezig kan zijn.

Zonder er in het verband van deze voordracht op in te gaan, zij er op gewezen, dat naast de verwijdering van de stikstofverbindingen, ook een 90 %-ige verwijdering van de fosforverbindingen kan worden verkregen. Dit is mogelijk door het toepassen van het zgn. simultaan proces, waarbij aan het rioolwater of aan het beluchtingsbassin ijzerzouten worden toegevoerd. In een proef van 3 maanden in de oxydatiesloot van de Psychiatrische inrichting Sancta Maria werd op deze wijze een 90 %-ige verwijdering van de in het afvalwater aanwezige fosfaten bereikt.

De invloed van de temperatuur op het denitrificatieproces

Bij afwezigheid van vrije zuurstof wordt de snelheid waarmee het denitrificatieproces verloopt bepaald door de zuurstofbehoefte van het aanwezige slib. Deze zuurstofbehoefte is vooral afhankelijk van 2 factoren, nl. van de aanwezigheid van organische stof, die al of niet in de bacterieel kan zijn vastgelegd en van de temperatuur. De invloed van deze 2 factoren treedt duidelijk aan het licht bij het beschouwen van de beide in de literatuur bekende methoden voor stikstofverwijdering bij het actief slib proces [2]. Deze berusten eveneens op het beginsel eerst nitrificeren en vervolgens de gevormde nitraten denitrificeren.

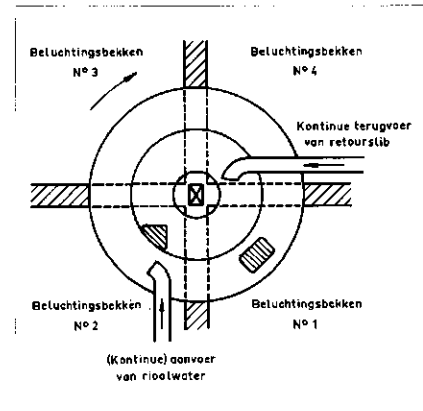
Bij de methode van Wuhrmann wordt na een volledige nitrificatie van de stikstofverbindingen het actief slib mengsel in bassins gebracht waar het

slib in zwevende toestand wordt gehouden maar niet wordt belucht. Er vindt dan denitrificatie plaats.

Het bezwaar bij deze methode is dat aan het einde van het zuiveringsproces vooral na een volledige nitrificatie de snelheid van het zuurstofverbruik door de bacteriën niet meer zo hoog is; er is dan ook een verblijftijd van enkele uren nodig om een goed resultaat te bereiken. Bij lage temperaturen is de bereikte denitrificatie gering. Bringman heeft aan dit bezwaar van geringe snelheid van zuurstofverbruik tegemoet willen komen door aan het gezuiverde nitraathoudende effluent voorbezonden rioolwater toe te voegen. Door de afwezigheid van een grote bacteriemassa blijft de snelheid van denitrificatie beperkt. De kwaliteit van het effluent wordt nadelig beïnvloed, een nabeluchting is noodzakelijk.

Bij het oxydenitroproces is dit alles veel gunstiger. De periode van denitrificeren ligt in het begin van de zuiveringscyclus op het ogenblik, dat na het toevoegen van de gehele hoeveelheid te zuiveren afvalwater de snelheid van het zuurstofverbruik het hoogst is. Het denitrificatieproces is daardoor minder temperatuurgevoelig. Toch tonen de resultaten van de oxydatiesloot op het proefterrein van het Instituut dat zelfs onder deze voor denitrificatie gunstige omstandigheden bij temperaturen beneden de $8^\circ C$ de denitrificatie duidelijk langzamer verloopt. Hieraan kan tot op zekere hoogte tegemoet worden gekomen door de duur van de denitrificatieperiode te verlengen. Bij de gewone oxydatiesloot zijn de omstandigheden minder gunstig dan bij het oxydenitroproces, omdat in de oxydatiesloot het mengen van het rioolwater geschiedt door middel van de beluch-

Afb. 2 - Schematische voorstelling verdeelinrichting (bovenaanzicht).



tingsrotor, waarmede zuurstof toegevoerd wordt.

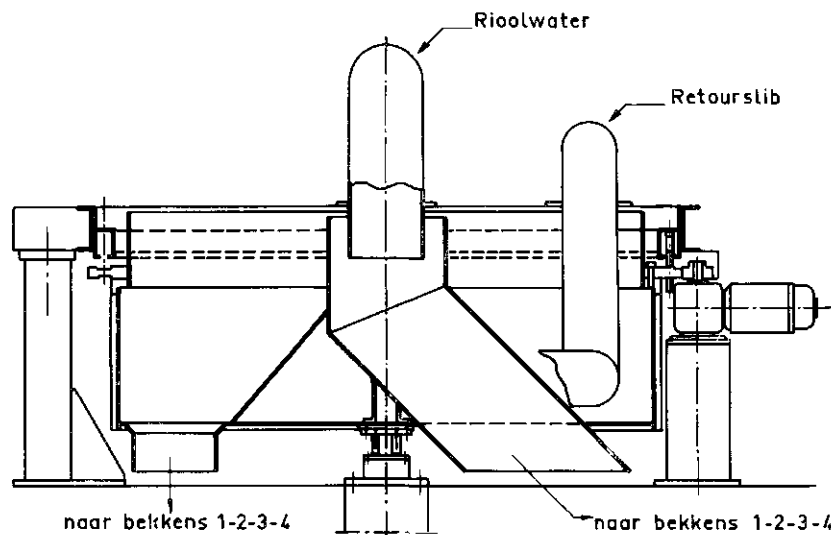
Voordelen van het oxydenitroproces

In het oxydenitroproces, dat door zijn continu verloopende aanvoer van het te zuiveren rioolwater ook voor grote en zeer grote hoeveelheden afvalwater kan worden toegepast, zijn naast de beoogde verwijdering van 90 % van de stikstofverbindingen de voordelen van het oxydatieslootproces in zijn discontinue uitvoering behouden. De discontinue uitvoering brengt met zich dat gedurende de beluchtingsperiode geen afvalwater aan het beluchtingsbekken wordt toegevoerd. Het resultaat van de zuivering wordt niet door een kortsluiting, hoe gering ook, beïnvloed. Vooral t.a.v. de hygiënische hoedanigheid van het effluent kan dit niet zonder belang zijn. Voorts is het gevaar van groei van bacteriën als *E.coli* in draadvorm in belangrijke mate weggenomen en is ook optreden van drijfslib in de nabezinkinrichting door denitrificatie bij hoge temperaturen des zomers uitgesloten.

Het aantrekkelijke van het oxydenitroproces is voorts dat aan het proces bij een eerste toepassing in de praktijk weinig of geen risico is verbonden. Zowel het goede verloop van het bacteriologische proces als dat van de scheiding van slib en gezuiverd water staat buiten twijfel. Enige voorzichtigheid is geboden t.a.v. het verkrijgen van een voldoende stroomsnelheid in de grote ronde of vierkante beluchtingsbassins, met een in het midden opgestelde drijvende beluchter. Hiervoor kan zeker een oplossing worden gevonden.

De kosten voor het oxydenitroproces

De eerder genoemde voordelen worden tegen lage kosten verkregen. Deze blijven beperkt tot die voor de investering voor het extra volume, dat voor ieder van de vier bassins nodig is voor de berging van één uur regen-aanvoer. Indien gerekend wordt met een $RWA = 3 DWA$, dan is dit $4 \times 30 l = 0,12 m^3$ per inwoner. Wanneer in dit geval mag worden gerekend met een bedrag aan bouwkosten van $f 30,-$ per m^3 beluchtingsbassin en 9,5 % voor rente en afschrijving, dan zouden de extra kosten voor het bereiken van een 90 %-ige verwijdering van de stikstofverbindingen (naast de andere reeds eerder vermelde voordelen) $f 0,34$ per inwoner per jaar bedragen, dit ongeacht een besparing op



Afb. 3 - Centrale verdeelinrichting voor afvalwater en retourslib.

energiekosten van maximaal ca. 5 kWh à 5,6 cent = $f 0,28$.

Het oxydenitroproces zal dus voor de beheerder van de zuiveringsinrichting direct financieel voordeel kunnen brengen daar, waar bij de aanslag naar de afgevoerde hoeveelheid verontreiniging ook rekening wordt gehouden met de hoeveelheid stikstofverbindingen die naar het oppervlaktewater worden afgevoerd.

De productie van surplus slib

Een punt van bijzonder belang bij de toepassing van het oxydatieslootproces voor grote inwoneraantallen is de productie van surplus slib. Dit is ook zo voor het oxydenitroproces.

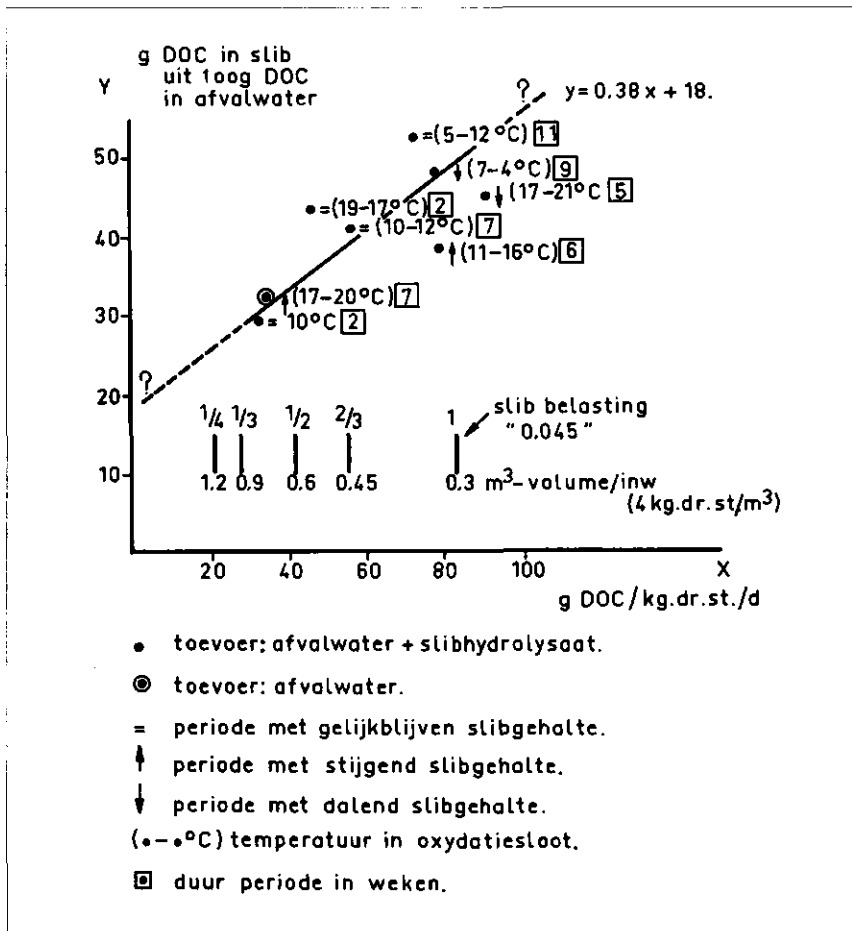
Indien bij het oxydenitroproces dezelfde grondslagen voor volume van het circuit, de zuurstoftoevoer en de slibbelasting worden aangehouden als bij de oxydatiesloot, dan kunnen we verwachten, dat de hoeveelheid surplus slib die in het zuiveringsproces wordt gevormd niet verschillend is van die bij de oxydatiesloot. Over de grootte van deze productie zijn weinig exacte gegevens bekend. Het vaststellen ervan onder goed gecontroleerde omstandigheden in de praktijk is een uiterst moeilijke opgave.

Bij mijn onderzoek destijds in Voorschoten [3] heb ik voor het verkrijgen van enig inzicht mijn toevlucht genomen tot onderzoek hierover in laboratoriumtoestellen. Daarbij werd gevonden dat bij 20 °C de hoeveelheid surplus slib 31-37 % bedroeg van de som

van het aantal grammen droge stof in het verse slijk en het aantal grammen BOD_5 in het voorbezonden water. Deze som (vers slijk + BOD van het voorbezonden water) werd als basis genomen in de veronderstelling, dat het verse slijk meer tot de surplus slib productie zal bijdragen dan door de BOD ervan wordt aangegeven.

Op grond van de in de laboratoriumtoestellen bij 20 °C verkregen resultaten werd gesteld dat bijvoorbeeld bij een verhouding van grammen vers slijk tot grammen BOD van het voorbezonden water gelijk 54 : 35 het goed zou zijn rekening te houden met een slibproductie van 36 grammen droge stof per inwoner per dag; in later publikaties is dit 30 g per inwoner per dag geworden. Hoewel in het onderzoek wel werd opgemerkt, dat bij lage temperaturen de oxydatie van de organische stof minder ver gaat, werd niet stilgestaan bij de invloed hiervan op de slibproductie. Evenmin werd aandacht geschonken aan de invloed van de slibbelasting.

Sinds het onderzoek in Voorschoten is er maar weinig meer over de grootte van de slibproductie en over de invloed van factoren als slibbelasting, temperatuur, aard van het afvalwater bekend geworden. Behalve aan de reeds vermelde grote moeilijkheden bij het onderzoek kan dit mede worden toegeschreven aan het feit, dat de grootte van de slibproductie er niet zo heel veel toe deed zolang het om inwonertallen ging van enkele



Afb. 4

honderden tot enkele duizenden. Een oplossing voor de afvoer van het surplus slib kon steeds wel worden gevonden. Nu echter de oxydatiesloot wordt toegepast voor zeer grote inwonertallen is het slibvraagstuk een probleem van eerste grootte. Het is van groot belang meer te weten over de grootte van de slibproductie en de invloed hierop van slibbelasting en temperatuur. In de literatuur zijn hiervoor voor het gebied van de slibbelasting waar het bij de oxydatiesloot om gaat nl. voor een slibbelasting kleiner dan 100 g BOD₅/kg droge stof/dag geen gegevens aanwezig.

In het onderzoek over het oxylyseproces zijn t.a.v. de surplus slib productie een aantal gegevens verkregen. Het onderzoek is verricht in het eerste jaar dat het oxylyseproces in de proefinrichting werd bedreven. Daarbij hebben zich allerlei omstandigheden voorgedaan, die in strijd waren met de voorwaarden waaraan moet zijn voldaan bij een betrouwbare bepaling van de slibproductie. Met de gedachte, dat minder betrouwbare en onvolledige gegevens toch iets meer kunnen

betekenen dan helemaal geen gegevens zijn de uitkomsten in afb. 4 samengesteld.

Op de Y-as is aangegeven hoeveel van 100 gram in het te zuiveren afvalwater aangevoerde chemische zuurstofbehoefte = DOC = dichromate oxygen consumption in het geproduceerde slib is vastgelegd.

Op de X-as is de slibbelasting aangegeven, uitgedrukt in g DOC per kg droge stof slib per dag. In de praktijk wordt hiervoor meestal nog de BOD₅ gebruikt. Hierbij is het goed ons te realiseren dat wanneer we in de praktijk spreken van bv. een volumebelasting van 180 g BOD₅/m³/d, dit alleen maar een andere schrijfwijze is voor 3 1/3 inwoner per m³/d., waarbij 1 inwoner is gelijkgesteld aan 54 g BOD₅. Met een in het laboratorium vastgestelde hoeveelheid BOD₅ heeft het als regel niets van doen.

Zo ook wanneer we spreken van een slibbelasting van „0,045”, is dit als regel niets anders dan een omrekening van 3 1/3 inwoner per m³/d bij een droge zwevende stofgehalte van 4 kg/m³.

Wat de DOC betreft het volgende: In de mededeling nr. 5 van het RIZA vermeldt Dirkwager de voor 4 woonkernen gevonden waarden voor de chemische zuurstofbehoefte van de per inwoner per dag bij de zuiveringsinrichting aankomende verontreiniging, nl. 110, 78, 73 en 99 gr., gemiddeld 90 gr. Daarbij zij ongemerkt, Dirkwager doet dit duidelijk uitkomen, dat de bij de zuiveringsinrichting aankomende hoeveelheid verontreiniging niet gelijk kan zijn aan de hoeveelheid per inwoner geproduceerde verontreiniging. Voor de hoeveelheid per inwoner per dag aangevoerde stikstof werd gemiddeld 9,2 gram vastgesteld, d.i. nagenoeg gelijk aan de hoeveelheid door mij destijds in Voorshoten gevonden. In de literatuur worden voor de per inwoner per dag aangevoerde hoeveelheden stikstof waarden van 10-14 grammen opgegeven. Voor berekeningen gebruik ik meestal de waarde van 12 gr. stikstof per inwoner per dag. Dit lijkt een niet zo onwaarschijnlijke waarde wanneer we bedenken, dat het aantal grammen eiwit dat per dag per inwoner wordt opgenomen toch wel algemeen op 65 à 70 gram wordt gesteld. Hierin zijn 10,3-11,2 grammen stikstof gebonden. Dit wijst erop, dat de 9 gr. N per inwoner per dag aangevoerd, niet de volledige geproduceerde hoeveelheid zal zijn; hetzelfde geldt dan voor de waarde van 90 gr. DOC/inw./dag. Het lijkt me dan ook dat met een waarde van 100 gr. DOC voor de chemische zuurstofbehoefte die per gemiddelde volledige inwoner per dag vanuit huis wordt afgevoerd we niet heel ver van de waarheid verwijderd kunnen zijn. Bovendien 100 gr. DOC is een gemakkelijk getal, een ieder die meent dat voor een bepaald geval of in het algemeen de waarde hoger of lager ligt kan een eenvoudige omrekening toepassen. In het volgende is gebruik gemaakt van de betrekking: een inwonerequivalent = 100 gr. DOC = 54 gr. „Imhoff BOD₅”. In afb. 4 is de onderlinge verhouding in de uitkomsten in vrijwel alle gevallen redelijk in overeenstemming met hetgeen we kunnen verwachten. Bij een belasting ongeveer gelijk aan die van de oorspronkelijke grondslagen („0,045” = 83 g DOC/kg dr.st./d.) is bij hogere temperaturen de geproduceerde hoeveelheid slib kleiner dan bij lage temperaturen. Bij de laagste belastingen zal de slibproductie bij verschillende temperaturen minder uiteenlopen. Het punt ⊙ ↑ (17-20 °C) [7] betreft een vakantie- en ombouw-

periode van 7 weken waarin het slibgehalte opliep van 3,5 tot 9,5 g/l, de slibbelasting veranderde daardoor gedurende de periode sterk. Bovendien werd gedurende deze periode tijdelijk te weinig zuurstof toegevoerd. Het is niet uitgesloten dat bij het hoge slibgehalte aan het eind van de periode een klein gedeelte van het slib zich op de bodem van het circuit had afgezet. Mede daardoor zijn de resultaten van de daaropvolgende korte periode $\bullet = (19-17^\circ\text{C}) \underline{2}$, de enige periode met een sterk afwijkende uitkomst niet betrouwbaar.

In afb. 4 is de slibproductie weergegeven in g DOC. Men maakt geen grote fout wanneer g DOC worden gelijkgesteld aan g droge stof slib. Het is nl. zo dat 1 g DOC wijst op 0,7 g organische stof, d.i. juist de hoeveelheid organische stof, die bij een asgehalte van 30 % in 1 gram droge stof van het slib voorkomt.

De uitkomsten geven aan, dat bij een belasting volgens de oorspronkelijke grondslagen (5/6 inwoner = 83 g DOC/kg dr. st./d.) des zomers per aangevoerde 100 g DOC een slibproductie per dag kan worden verwacht van ca. 40 g; des winters kan dit oplopen tot 50 à 55 g.

Indien op grond van de door Dirkzwager gevonden waarden wordt aangenomen, dat per inwoner per dag aan de zuiveringsinrichting niet 100 g DOC, maar gemiddeld 90 g DOC in het afvalwater worden aangevoerd, dan dient bij een grondslagenbelasting van 5/6 inwoner per kg droge stof slib per dag gerekend te worden met

een slibbelasting van $5/6 \times 90 = 75$ g DOC/kg droge stof/dag.

Indien het in afb. 4 weergegeven verband $y = 0,38x + 18$ in de praktijk van de oxydatiesloot zou gelden voor het temperatuurgebied van 7-10 °C, dan zou in dat temperatuurgebied uit de 90 g DOC per inwoner per dag aan de oxydatiesloot toegevoerd $0,90 \times (0,38 \times 75 + 18) = 42$ g DOC in slib worden vastgelegd.

Bij lagere temperaturen zou de hoeveelheid gevormd slib groter zijn; bij de hogere zomertemperaturen zou de slibproductie lager zijn en per inwoner wellicht ongeveer 35 grammen droge stof bedragen.

Met het verminderen van de slibbelasting wordt niet alleen de hoeveelheid geproduceerd slib kleiner, maar ook kan wellicht worden verwacht dat de verwerkbaarheid van het resterende verder gemineraliseerde deel t.a.v. indikken, centrifugeren, filteren en drogen er in belangrijke mate mede wordt verbeterd. Het is dus van belang na te gaan wat met het verminderen van de slibbelasting kan worden bereikt en welke financiële gevolgen dit met zich brengt.

Bij de bestudering van een en ander lijkt het juist uit te gaan van de situatie in het winterhalfjaar, d.i. de periode met de hoogste slibproductie. Daar echter de tot dusverre beschikbare gegevens over de slibproductie niet als betrouwbaar mogen worden aangemerkt, heb ik willen vermijden van een extreme situatie uit te gaan en heb daarom het verband tussen slibbelasting en g DOC in het gepro-

duceerde slib zoals weergegeven in afb. 4 door de betrekking ($y = 0,38x + 18$) als grondslag genomen.

Het resultaat is weergegeven in tabel II. Het blijkt dat door het vergroten van de inhoud van het beluchtingscircuit van 0,3 m³ tot 1,25 m³ bij een gelijk gehalte aan droge zwevende stof van 4 kg/m³ 49 % minder organische stof in het surplus slib aanwezig is. Door het hogere asgehalte van het surplus slib zal de vermindering in droge stof slib ongeveer 40 % zijn. De kosten hiervan worden berekend op f 4,03 per inwoner per jaar.

Indien we zouden aannemen, dat door de goede eigenschappen van het overblijvende slib in het beluchtingscircuit een hoog gehalte aan zwevende stof zou kunnen worden aangehouden, bv. 9 gr/l, dan zouden bij 0,62⁵ m³ beluchtingscircuit per inwoner een gehalte van 8 gr droge zwevende stof per liter de totale kosten in vergelijking met die bij de oorspronkelijke grondslagen (0,3 m³ en 4 g/l) beperkt blijven tot f 1,65 per inwoner per jaar. Daar tegenover staat dan een besparing op droogvelden en afvoer van f 1,10. In dit laatste geval zouden de kosten voor vernietiging van 50 % van de organische stof slechts f 0,55 bedragen.

Het lijkt in beginsel mogelijk de slibproductie drastisch te verminderen door het toepassen van een lage slibbelasting. De kosten blijven daarbij laag, wanneer de lage slibbelasting kan worden verkregen niet alleen door een vergroten van het beluchtingscircuit maar ook door tevens een hoog

TABEL II - Invloed van de slibbelasting op de slibproductie

slibbelasting in g DOC/kg drogestof/dag	100	83	60	40	20	20
belasting per m ³ beluchtingsbekken: inwoners g DOC	4	3 ^{1/3}	2,4	1,6	0,8	1,6
volumebeluchtingsbekken per inwoner — m ³	400	333	240	160	80	160
droge zwevende stof kg/m ³	0,25	0,3	0,42	0,62 ⁵	1,25	0,62 ⁵
investering van beluchtingsbekken per inw. à f 40,—/m ³	4	4	4	4	4	8
rente en afschrijving hiervoor (9,5 %)	10,—	12,—	16,80	25,—	50,—	25,—
productie surpluslib g DOC/inw./d.	0,95	1,14	1,60	2,37	4,75	2,37
(y = 0,38x + 18) kg DOC/inw./jr.	56	49,6	40,8	33,2	25,6	25,6
kg organische stof	20,4	18,1	14,9	12,1	9,3	9,3
productie van organische stof in vergelijking met die bij 83 g DOC/kg drogestof/d.	14,3	12,7	10,4	8,5	6,5	6,5
zuurstof nodig in vergelijking met die bij 83 g DOC/kg dr.st./d. g O ₂ /inw./jr.	+ 13 %	—	— 18 %	— 33 %	— 49 %	— 49 %
energiekosten hiervoor in gld.	— 6,4	—	+ 8,8	+ 16,4	+ 24	+ 24
(1500 g O ₂ voor 1 kWh à 5,5 ct.)	— 2300	—	+ 3200	+ 6000	8800	8800
investeringkosten à f 2,40 per 20 kWh/jr.	— 0,08	—	+ 0,12	+ 0,22	+ 0,32	+ 0,32 (+ 0,32)
rente en afschrijving hiervoor (13,7 %)	— 0,18	—	+ 0,26	0,48	0,70	0,70
verschil in kosten in vergelijking met de gebruikelijke belasting (83 g DOC/kg dr.st./d. gld.)	— 0,02	—	+ 0,04	0,07	0,10	0,10 (+ 0,10)
kosten voor slibdroogvelden	— 0,29	—	+ 0,62	+ 1,52	+ 4,03	+ 1,65
kosten voor afvoer		f 2,—				f 1,—
		0,30				0,20

gehalte aan zwevende stof in het beluchtingscircuit te handhaven. Voor dit laatste is nodig dat het slib betrouwbaar en bij voortduring een lage slibindex heeft.

Met het stellen van deze eis zijn we aan het punt gekomen, waaraan de laatste jaren te weinig aandacht is besteed, namelijk: de kwaliteit van het oxydatieslootslib.

In de beginperiode werd voor het oxydatieslootslib een slibvolume index van 40-60 ml/g bij een bezinktijd van één uur normaal geacht. We zijn nu al blij als het slib redelijk goed bezinkt, geen neiging tot lichtslib vorming heeft en een index van 100 ml/g/h heeft. Bij het berekenen van de nabezinkinrichting wordt met deze niet al te beste eigenschappen rekening gehouden.

Het is ten behoeve van een verdere ontwikkeling van het oxydatieslootproces in de goede richting, nl. in de richting van een minimum aan slibproductie tot een dwingende noodzaak geworden te proberen de oorzaak van de slechte slib-eigenschappen duidelijk aan te geven.

Teneinde hiermede een begin te maken zou ik als werkhypothese willen stellen dat de oorzaak voor de over het algemeen nauwelijks redelijk goed te noemen eigenschappen van het tegenwoordige oxydatieslootslib ligt in de *continue toevoer van het rioolwater* aan de oxydatiesloot.

Wat is namelijk het geval:

De eerste oxydatiesloten van het Voorschoten-type vertoonden wel een heel fraai zuiveringsresultaat en een prachtig echt oxydatieslootslib, maar daarnaast kan niet worden ontkend, dat aan het toepassen van dit type sloot in de praktijk in het bijzonder voor wat grotere inwonertallen een moeilijkheid is verbonden, nl. die dat gedurende de uren van de beluchtingsperiode geen rioolwater op de sloot kan worden gebracht. Voor kleine inwonertallen kon dit hier en daar nog wel worden aanvaard, maar er werd toch al spoedig algemeen toe overgegaan het afvalwater over de gehele dag verdeeld aan de oxydatiesloot toe te voeren, waarbij of het niveau in het beluchtingscircuit wisselde of een nabezinkinrichting werd toegepast zoals bij het gewone actief slib proces. Het verschil t.o.v. het gewone actief slib proces ligt daarin dat bij de oxydatiesloot het voedingsniveau zo'n 20 of meer keren lager ligt. Het zou kunnen zijn dat bij het lage

voedingsniveau in de continu gevoede oxydatiesloot een minder compacte vlok wordt gevormd.

Het is wellicht goed op te merken, dat bij het beeld dat we ons over de invloed van de wijze van toevoer van het rioolwater aan de oxydatiesloot trachten te vormen, naast de slibbelasting er nog een aantal andere factoren zijn die invloed op de hoedanigheid van het slib uitoefenen, zoals de concentratie en aard van het afvalwater, kleinere of grotere verschillen in het bedrijfsschema (bv. het pompregime) en ook soms de voorgeschiedenis van de slibopbouw. Door de invloed van deze factoren zal de scherpte van het beeld, dat we ons trachten te vormen nadelig worden beïnvloed.

Het eerste geval van een sterk afwijkend oxydatieslootslib was dat van Sancta Maria, een oxydatiesloot die in begin 1961 in bedrijf kwam en vanaf het begin tot een zestal jaren later met lichtslib te kampen heeft gehad, nl. tot het ogenblik dat van een continue voeding naar een discontinue voeding werd overgegaan. Het slib werd gezond. Sindsdien is het zo gegaan met de sloten Aardam I, Aardam II, de Kwakel en Zelhem waar de pogingen om van een continue voeding voorzover de omstandigheden dit toelieten tot een discontinue toevoer te komen met een redelijk succes zijn bekrond.

En wanneer we nu naar de vele oxydatiesloten met continue voeding kijken, welke reden anders dan het lage voedingsniveau is aan te geven, voor het losse slib met een slibindex van 100, veelal met meer of minder groot aantal van verschillende soorten van draadvormige of in draadvorm groeiende bacteriën?

Het grote verschil tussen de oxydatiesloot van nu en de oude Voorschoten-sloot is, dat nu de voeding over de gehele dag verdeeld aan de sloot wordt toegevoerd, met een laag voedingsniveau, onvoldoende voor de vorming van een krachtige vlok, terwijl in Voorschoten, bij droog weer, de voeding beperkt bleef tot 2 à 2½ keer

per etmaal. Deze voedingsstoten waren voldoende hoog voor de vorming van een krachtige vlok en werden gevolgd door een voldoende lange beluchtingsperiode, waarin de pas gevormde vlok werd gestabiliseerd.

Zolang niet het tegendeel wordt bewezen is er m.i. reden vast te houden aan de werkhypothese dat voor de opbouw en voor het bij voortduring handhaven van een oxydatieslootslib met goede bezinkeigenschappen en een lage slibindex een discontinue toevoer van het afvalwater een noodzaak is.

Het verkrijgen van een goed gefundeerd inzicht hierin is voor een verdere ontwikkeling van het oxydatieslootproces in de goede richting van grote betekenis. Immers alleen met een slib dat bij voortduring en betrouwbaar goede eigenschappen heeft, kan op efficiënte wijze, d.w.z. in een beluchtingsvolume van niet al te grote omvang met een zodanig lage slibbelasting worden gewerkt, dat de surplus slib productie drastisch wordt beperkt. Het in deze voordracht besproken oxydenitroproces biedt de mogelijkheid de per keer toegevoerde belasting zo te kiezen, dat optimale omstandigheden worden verkregen voor een goede vlokvorming. Het zuiveringschema kan dan bijvoorbeeld precies zo zijn als in de oude Voorschoten-sloot.

Het spreekt vanzelf dat na deze uiteenzettingen er een grote hoeveelheid werk wacht. Het is van groot belang dat de voordelen van het oxydenitroproces in een proefinrichting duidelijk kunnen worden aangetoond en gedemonstreerd. Onderzoek naar de optimale inrichting van dit proces is nodig.

Voorts is veel tijd en werk nodig voor het zo exact mogelijk vaststellen van het verband tussen slibbelasting en slibproductie bij verschillende temperaturen. Een goed inzicht hierin geeft een solide basis voor het efficiënt inrichten van het proces, waarbij tegen zo laag mogelijke kosten een zo laag mogelijke surplus slib productie wordt verkregen.

Literatuur

1. Pasveer, A. *Een onderzoek over oorzaak en bestrijding van een licht actief slib*, H₂O 2 (1969 (p. 28-34).
2. Hünerberg, K. und Sarfert, F. *Versuche zur Stickstoffelimination aus dem Berliner Abwasser*. GWT 108 (1967), 966-969, 1197-1205.
3. Pasveer, A. *Eenvoudige afvalwaterzuivering*. Rapport no. 26. November 1958. Instituut voor Gezondheidstechniek TNO (p. 36 en 37).