

## Onderzoekingen in slib over de bacteriële reductie, voornamelijk van Salmonella, in slibverwerkingsinstallaties te Apeldoorn, Maastricht en Mierlo\*)

### Inleiding

Met de sterk gestegen toevoer van rioolwater aan de rioolwaterzuiveringsinstallaties neemt ook de hoeveelheid slib steeds meer toe. In de klassieke installaties wordt dit slib, dat een zeer hoog watergehalte bezit (95-99 %), na uitgisting op slibbedden of -velden gebracht, om aldaar te drogen. Hierbij is men afhankelijk van weersinvloeden, zoals temperatuur en regenval. Maar zelfs onder zeer gunstige weersomstandigheden, zoals een warme zomer of een lange periode zonder veel regen, betekent dit, dat het droge stofgehalte van het slib van gemiddeld 3 % vóór indrogen na maanden op ten hoogste 30 % wordt gebracht. Dit proces vindt uitsluitend gedurende de zomermaanden plaats en vergt zowel tijd als ook veel ruimte. Een en ander heeft er toe geleid slibontwateringmethoden te ontwikkelen, zoals bijvoorbeeld filtratie van slib over vacuümfilters. Aldaar wordt na toevoeging van chemicaliën het slib over filtertrommels gevoerd, waar water wordt onttrokken. Het op deze wijze verkregen eindproduct heeft een droge stofgehalte van 25-30 %. Dit materiaal kan gemakkelijk worden afgevoerd en bijvoorbeeld voor dempen van kuilen of afgravingen worden gebruikt. Ook verbranding van dit ingedikte slib wordt reeds in de praktijk toegepast.

Uit voorgaande onderzoekingen en uit publikaties in binnen- en buitenland (Knoll, 1964; van der Schaaf, 1965) is gebleken, dat slib en het produkt waarin slib wordt verwerkt, te weten compost, in sterke mate met Salmonellakiemen is besmet. In het hierna te beschrijven onderzoek in 3 slibverwerkingsinstallaties is getracht na te gaan of naast de hierboven beschreven voordelen bij de slibverwerking dit procédé ook een reductie van het aerobe kiemgetal en in het bijzonder van Salmonella tot gevolg heeft.

### Materiaal en methode

#### Beschrijving der installaties

Afvalwaterzuiveringsinstallatie Noord-Oost Veluwe, Apeldoorn

Het slib van de rioolwaterzuiveringsinstallatie bestaande uit circa 75 % primaire bestanddelen en circa 25 % surplus actief slib wordt in een voorraad-bassin opgevangen en vandaar naar een droogketel geleid, onder toevoeging van circa 2 % ferrichloride en circa 10 % kalk, om een betere vlokvorming te verkrijgen. Het slib wordt vervolgens over een droogtrommel geleid, die bespannen is met een filterdoek (poly-propyleen POPR-929) waardoor het water door middel van een in de trommel opgewekt vacuüm uit het slib wordt gezogen. De zogenaamde slib-

cake wordt via een Jacobs ladder naar containers gevoerd, die op de Veluwe laag om laag met zand in een kuil worden gestort. Het uitgezogen water wordt naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie teruggevoerd, evenals het water (leidingwater) waarmee het filterdoek regelmatig wordt gewassen. Het droge stofgehalte van het aangevoerde slib bedraagt circa 8 %, terwijl het eindproduct circa 27-30 % droge stof bevat.

#### Slibverwerkingsbedrijf Mierlo

Het primaire slib wordt van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Eindhoven naar Mierlo gepompt en daar in een voorraad-bassin opgevangen. De dosering kalk en ferrosulfaat, gebruikt om het slib te conditioneren, wordt afhankelijk van de samenstelling van het slib vastgesteld.

In het algemeen is de verhouding ferrosulfaat : kalk 1 : 6, maar bij gunstig filtreerbaar slib wordt minder ferrosulfaat toegevoegd. De toegevoegde hoeveelheid wordt achteraf per 1000 kg slibcake berekend en schommelt tussen 30-40 kg kalk en 5-25 kg ferrosulfaat. Na toevoeging der chemicaliën wordt het slib over een zogenaamde Komlinefilter gevoerd. Dit is een vacuümtrommel, waarbij het oppervlak uit draadsnaren bestaat. Vóór droging bevat het slib circa 4 % droge stof, na droging circa 25 %. In de installatie te Mierlo bevinden zich twee trommels, die per dag gemiddeld 75 ton gedroogd slib produceren. Maximaal kan de productie tot 100 ton per dag worden opgevoerd.

#### Slibverwerkingsbedrijf Maastricht

Het in de nabezinktanks bezonken slib van de rioolwaterzuiveringsinstallatie wordt, voorzover nodig, teruggevoerd naar de beluchtingsbakken, teneinde aldaar een bepaalde slibconcentratie te kunnen handhaven. Het niet uitgeste slib uit de voorbezinktanks, de beluchtingsbakken en de nabezinktanks wordt vervolgens opgevangen in de slibindikker, waar het slib wordt ingedikt en door middel van roterende schrapers naar het midden van de tanks wordt gevoerd, terwijl het overtollige water wordt teruggevoerd naar de voorbezinktanks. Vervolgens wordt het slib naar de chemicaliën-menger gevoerd. De dagelijkse dosering kalk en ferrosulfaat wordt met behulp van titraties in het laboratorium bepaald. Vooral bij de verwerking van secundair slib zijn de te gebruiken hoeveelheden chemicaliën sterk wisselend. De berekening der hoeveelheden toegevoegde stoffen vindt plaats per m<sup>3</sup> gedroogd slib en komt in grote lijnen overeen met de voor Mierlo genoemde getallen. Ook hier wordt het slib over een zogenaamde Komline-filter gevoerd. Het droge stofgehalte van het „ingedikte” slib is circa 9,3 %, terwijl het gedroogde slib circa 26 % droge stof bevat. Per maand wordt circa 300-400 m<sup>3</sup> droog slib geproduceerd.

\*) Deze onderzoekingen werden uitgevoerd in opdracht van de Hoofdingspectie voor de Hygiëne van het Milieu te Leidschendam.

## Bacteriologisch onderzoek

### Bepaling kiemgetallen

Het aantal kiemen werd bepaald in 1 g nat slib, resp. droog slib. Deze hoeveelheden werden in 10 ml fysiologisch NaCl opgelost, waarna verschillende verdunningen werden bereid. Van iedere verdunning werd in duplo 0,1 ml uitgespateld op resp. een bloedplaat ter bepaling van het aantal aerobe kiemen, op een nalidixinezuuragarplaat (Negramplaat) ter bepaling van het aantal Gram-positieve bacillen en coccen en op een endoagarplaat ter bepaling van het aantal Enterobacteriaceae. De telling vond plaats nadat de platen 24 uur bij 37° C onder aerobe omstandigheden waren bebroed.

TABEL I - Gemiddelde en spreidingsbreedte van enkele kiemgetallen in nat en droog slib uit de installatie te Apeldoorn

	nat slib <sup>1)</sup>	droog slib <sup>2)</sup>
bloedplaat <sup>3)</sup>	3.10 <sup>6</sup> 3.10 <sup>5</sup> - 3.10 <sup>7</sup>	2.10 <sup>4</sup> 7.10 <sup>3</sup> - 7.10 <sup>4</sup>
negramplaat <sup>3)</sup>	2.10 <sup>5</sup> 3.10 <sup>4</sup> - 1.10 <sup>6</sup>	7.10 <sup>2</sup> 5.10 <sup>1</sup> - 9.10 <sup>3</sup>
endostraat <sup>3)</sup>	2.10 <sup>6</sup> 2.10 <sup>5</sup> - 3.10 <sup>7</sup>	1.10 <sup>3</sup> 1.10 <sup>2</sup> - 8.10 <sup>3</sup>

1) 26 monsters à 1 g

2) 26 monsters à 1 g

3) platen werden gedurende 24 uur bij 37° C aerob bebroed

### Salmonella onderzoek

Van de monsters natte slib die steekproefsgewijs waren genomen, werd 10 g in ml tetrathionaat-bouillon volgens Muller-Kaufmann (MK) gebracht. Van de monsters droog slib, die eveneens steekproefsgewijs waren genomen, werd 2,5 g in 100 ml MK gebracht. Vervolgens werden de potten 15 minuten in een waterbad met 45° C gezet, teneinde de vloeistoffen zo snel mogelijk op de gewenste temperatuur van 43° C te krijgen. Daarna volgde bebroeding in een stoof van 43° C. Na 20 en 48 uur werd van de ophopingsvloeistoffen uitgestreken op briljantgroenfenolroodagarplaten (BGA) met een doorsnede van 14 cm. Verdachte kolonies werden verder biochemisch en serologisch onderzocht (Guinée et al., 1964). Typebepaling geschiedde in het Nationaal Salmonella Centrum (Dr. P. A. M. Guinée).

TABEL II - Salmonella isolaties uit nat en droog slib uit de installatie te Apeldoorn

	nat slib <sup>1)</sup>	droog slib <sup>2)</sup>
Totaal aantal monsters	72	144
Salmonella negatief	25	137
Salmonella positief	47 (65,3 %)	7 (4,9 %)
type verdeling:		
S.anatum	1	
S.derby	2	
S.eimsbuettel	2	
S.enteritidis	3	
S.litchfield	9	2
S.newport	4	1
S.reading	3	
S.san diego	4	
S.stanley	3	
S.tennessee	2	
S.typhi murium	14	4

1) 10 gram per monster

2) 2,5 gram per monster

## Resultaten

### Installatie Apeldoorn

De installatie werd 12 maal gedurende de maanden juni en juli 1969 bemonsterd. In tabel I worden de resultaten van de bepalingen der kiemgetallen samengevat. Hieruit blijkt, dat bij de verwerking tot droog slib een reductie van het aantal aerobe kiemen van 2 decimalen wordt bereikt. Dit is eveneens het geval met de Gram-positieve flora terwijl de reductie van de Gramnegatieve flora zelfs 3 decimalen bedraagt. In tabel II worden de resultaten van het onderzoek op Salmonella samengevat. Terwijl in het natte slib 65,3 % der monsters besmet bleek te zijn, is dit in het droge slib slechts 4,9 % der monsters het geval.

TABEL III - Gemiddelde en spreidingsbreedte van enkele kiemgetallen in nat en droog slib uit de installatie te Mierlo

	nat slib <sup>1)</sup>	droog slib	
		filter I <sup>2)</sup>	filter II <sup>3)</sup>
bloedplaat <sup>4)</sup>	4.10 <sup>6</sup> 6.10 <sup>5</sup> - 3.10 <sup>7</sup>	2.10 <sup>4</sup> 3.10 <sup>3</sup> - 1.10 <sup>5</sup>	3.10 <sup>4</sup> 4.10 <sup>3</sup> - 3.10 <sup>6</sup>
negramplaat <sup>4)</sup>	8.10 <sup>4</sup> 7.10 <sup>3</sup> - 1.10 <sup>6</sup>	7.10 <sup>2</sup> 5.10 <sup>1</sup> - 8.10 <sup>3</sup>	3.10 <sup>2</sup> 6.10 <sup>1</sup> - 2.10 <sup>3</sup>
endostraat <sup>4)</sup>	8.10 <sup>5</sup> 5.10 <sup>4</sup> - 1.10 <sup>7</sup>	2.10 <sup>3</sup> 2.10 <sup>2</sup> - 1.10 <sup>4</sup>	2.10 <sup>3</sup> 2.10 <sup>2</sup> - 2.10 <sup>4</sup>

1) 26 monsters à 1 g

2) 16 monsters à 1 g

3) 26 monsters à 1 g

4) platen werden gedurende 24 uur bij 37° C aerob bebroed

TABEL IV - Salmonella isolaties uit nat en droog slib uit de installatie te Mierlo

	nat slib <sup>1)</sup>	droog slib <sup>2)</sup>	
		filter I	filter II
Totaal aantal monsters	66	41	72
Salmonella negatief	27	39	72
Salmonella positief	39 (59 %)	2 (5 %)	—
type verdeling:			
S.anatum	5		
S.brandenburg	2		
S.bredney	1	1	
S.derby	4		
S.eimsbuettel	3		
S.heidelberg	2		
S.infantis	2	1	
S.litchfield	1		
S.muenchen	1		
S.newport	3		
S.poona	2		
S.pretoria	1		
S.tennessee	3		
S.thompson	1		
S.typhi murium	6		
S.worthington	1		
Salmonella bioch. positief	1		

1) 10 gram per monster

2) 2,5 gram per monster

### Installatie Mierlo

De installatie werd 12 maal gedurende de maanden juni en juli 1969 bemonsterd. In tabel III worden de resultaten van de bepalingen der kiemgetallen samengevat.

Ook hier blijkt een 2 decimalige reductie der aerobe en van de Gram-positieve flora op te treden. De reductie der Gram-negatieve kiemen bedraagt ook circa 2 decimalen. De reductie van het aantal Salmonella-positieve monsters ligt in dezelfde orde als in de installatie te Apeldoorn, te weten 59 % positieve monsters nat slib en 5 % positieve monsters droog slib.

In tabel IV worden de resultaten van het onderzoek op Salmonella samengevat.

#### Installatie Maastricht

De installatie werd 12 maal gedurende de maanden juni en juli 1969 bemonsterd. In tabel V worden de resultaten van de bepalingen der kiemgetallen samengevat. Hierbij valt voornamelijk de sterke reductie (3 decimalen) der totale aerobe en de nog sterkere (4 decimalen) der Gram-negatieve flora op. De monsters nat slib bleken alle met Salmonella besmet te zijn, terwijl bij de monsters droog slib nog 13,5 % positieve monsters werden gevonden.

In tabel VI worden de resultaten van het onderzoek op Salmonella samengevat.

TABEL V - Gemiddelde en spreidingsbreedte van enkele kiemgetallen in nat en droog slib uit de installatie te Maastricht

	nat slib <sup>1)</sup>	droog slib <sup>2)</sup>
bloedplaat <sup>3)</sup>	3.10 <sup>8</sup> 8.10 <sup>7</sup> - 8.10 <sup>8</sup>	1.10 <sup>5</sup> 1.10 <sup>4</sup> - 8.10 <sup>5</sup>
negrampfaat <sup>3)</sup>	3.10 <sup>6</sup> 8.10 <sup>5</sup> - 8.10 <sup>6</sup>	5.10 <sup>3</sup> 2.10 <sup>2</sup> - 1.10 <sup>5</sup>
endoplaat <sup>3)</sup>	2.10 <sup>8</sup> 6.10 <sup>7</sup> - 4.10 <sup>8</sup>	2.10 <sup>4</sup> 3.10 <sup>3</sup> - 1.10 <sup>5</sup>

1) 16 monsters à 1 g

2) 16 monsters à 1 g

3) platen werden gedurende 24 uur bij 37° C aeroob bebroed

TABEL VI - Salmonella isolaties uit nat en droog slib uit de installaties te Maastricht

	nat slib <sup>1)</sup>	droog slib <sup>2)</sup>
Totaal aantal monsters	48	96
Salmonella negatief	—	83
Salmonella positief	48 (100 %)	13 (13,5 %)
type verdeling:		
S.eimsbuettel	1	
S.infantis	12	1
S.meleagridis	4	
S.muenchen	1	
S.panama	13	4
S.saint paul	1	
S.thompson	1	
S.typhi murium	9	8
S.worthington	6	

1) 10 gram per monster

2) 2,5 gram per monster

#### Bespreking der resultaten

Het procédé van het drogen van slib in installaties zoals in de inleiding beschreven resulteert, wat de bacteriologische gesteldheid van het eindprodukt betreft, in een zeer aanzienlijke reductie van kiemen. Het aantal aerobe kiemen ondergaat hierbij een reductie van 2-3 decimalen.

Een duidelijk verschil tussen het afsterven van de hier-

boven onderzochte bacteriesoorten kan niet worden waargenomen. De resultaten in de 3 installaties met betrekking tot de reductie der aerobe flora zijn nagenoeg gelijk. Wat Salmonella betreft, hier is een duidelijke reductie te constateren, hetgeen in de percentages positieve monsters in nat en droog slib tot uiting komt. Terwijl het percentage positieve monsters van het eindprodukt in Apeldoorn en Mierlo nagenoeg gelijk is, worden in Maastricht meer positieve monsters droog slib gevonden. Hierbij dient te worden opgemerkt dat aldaar 100% der natte slibmonsters met Salmonella zijn besmet.

De kiemreductie komt, naar kan worden aangenomen, tot stand door de toevoeging van chemicaliën, waardoor een sterk alkalisch milieu ontstaat, hetgeen bactericide werkt (Doyle, 1967). De invloed van de factor indroging als bacteriedodend effect kan worden verwaarloosd, aangezien de  $a_w$  van gedroogd slib nog altijd circa 0,98 was, zoals door enkele metingen werd aangetoond\*).

Samenvattend kan worden gezegd, dat het procédé van de slibverwerking met vacuümtrommels behalve de in de inleiding genoemde voordelen, ook een aanzienlijke reductie van aerobe kiemen en zeer in het bijzonder van Enterobacteriaceae, waaronder Salmonella, tot gevolg heeft. Vooral dit laatste is met het oog op de verdere verwerking van droog slib uit een oogpunt van volksgezondheidsbescherming van belang.

#### Samenvatting

Filtratie van slib, geconditioneerd met ferrichloride of ferrosulfaat en kalk, met behulp van vacuümfilters levert een eindprodukt waarin een aanzienlijke reductie van kiemen heeft plaatsgevonden. In de slibverwerkingsinstallaties te Apeldoorn en te Mierlo werd een reductie gevonden van 2 decimalen van een het aantal aerobe kiemen en van 2-3 decimalen van het aantal Enterobacteriaceae. In de installatie te Maastricht bedroeg de reductie van het aantal aerobe kiemen 3 decimalen en die van Enterobacteriaceae 4 decimalen.

De Salmonella-besmetting van het droge slib was bij de 3 installaties beduidend lager dan van het natte slib.

#### Literatuur

Doyle, Charles B., 1967. Effectiveness of high pH for destruction of pathogens in raw sludge filter cake. J. Water Pollut. Contr. Fed. 39 (8), 1403-1409.

Guinée, P. A. M., Kampelmacher, E. H., Hofstra, K. en Keulen, A. van, 1964. Salmonella bij gezonde runderen en kalveren in Nederland. Tijdschr. Diergeneesk., 89, 1158-1169.

Knoll, K. H., 1964. Hygienische Aspekte bei der Behandlung und Beseitigung von Klärschlamm und anderen festen Abfallstoffen. Schweizer. Z. für Hydrologie, Vol. XXVI Fasc. 2, 693-709.

Schaaf, A. van der, 1965. Voorkomen van salmonellae in het effluent van moderne inrichtingen voor rioolwaterzuivering. Geneesk. Gids 43, 3, 57-78.

\*) Wij danken prof. dr. D. A. A. Mossel, Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO - Zeist, voor de verrichte bepalingen.