

# De invloed van de substraatgradiënt op de vorming van licht slib

In recente publikaties [1, 2, 3, 4, 5, 6] is gesteld dat de afwezigheid van een substraatgradiënt in een volledig gemengde aëratietank bepalend kan zijn voor het ontstaan van licht slib. In een langwerpige aëratietank, waarin het afvalwater met het retour-slib aan het kopeinde van de installatie wordt ingevoerd, zal bijv. bij een slibbelasting van 300 g BZV<sub>5</sub>/kg slib een substraatgradiënt ontstaan. Uitgaande van verdund afvalwater is het mogelijk bij eenzelfde slibbelasting een situatie te scheppen, waarbij er in de langwerpige aëratietank

TABEL I

Proef	Volledig gemengd			Propstroming			
	Debiet ml/uur	Influent BZV <sub>5</sub> mg/l	Aëratietank (3 l) Verblijftijd uren	Proef	Influent BZV <sub>5</sub> mg/l	Aëratietank (6 l) Verblijftijd uren	
a	100	750	30	h	150	1000	40
b	100	750	30	i	150	1000	40
c	125	600	24	j	180	833	33,3
d	175	429	17,1	k	250	600	24
e	250	300	12	l	350	429	17,1
f	500	150	6	m	500	300	12
g	2000	37,5	1,5	n	1000	150	6
				o	2000	75	3
				p	8000	18,8	0,75

Het is goedkoop, vrij gemakkelijk te bereiden en van alle nutriënten voorzien. Voorts is de BZV/N-verhouding niet hoog. Het aardappelvruchtwater had de volgende samenstelling:

CZV:  $\pm 50.000$  mg/l  
 BZV<sub>5</sub>:  $30.000 \pm 4.000$  mg/l  
 CZV/BZV<sub>5</sub>: 1,66  
 N<sub>Kjeldahl</sub>: 4.000 - 4.500 mg/l  
 P<sub>totaal</sub>:  $\pm 1250$  mg/l  
 pH: 7,8  
 BZV<sub>5</sub>/N: 7,2  
 BZV<sub>5</sub>/P: 24  
 BZV<sub>5</sub>/N/P: 100 : 14; 4,1

In het onderzoek werd verdund aardappelvruchtwater gebruikt met BZV<sub>5</sub>-concentraties van 1000 tot 18,8 mg/l.

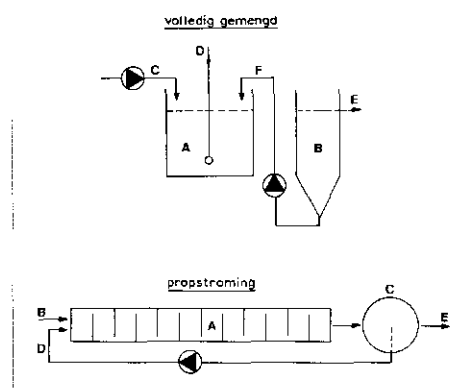
## Procesparameters

### Zuurstofgehalte

Zowel in het volledig gemengde systeem als in het propstromingssysteem werd een zuurstofgehalte gehandhaafd van meer dan 5 mg/l. Gesteld werd dat in dit onderzoek

Afb. 1 - De gebruikte laboratoriuminstallaties.

<i>Volledig gemengd</i>	<i>Propstroming</i>
A. aëratietank	A. aëratietank
B. nabezinktank	B. voeding
C. voeding	C. nabezinktank
D. luchtvoorziening	D. retour-slib
E. effluent	E. effluent
F. retour-slib	



het zuurstofgehalte nimmer de limiterende faktor mocht zijn.

### Temperatuur

De temperatuur schommelde tijdens het onderzoek tussen 18 en 22 °C. Gedurende de energiecrisis daalde de temperatuur enkele dagen tot 8 °C!

### Aktief-slib

Het entslib werd betrokken van een batch-reaktor, die werd gevoed met aardappelvruchtwater. De slibbelasting hiervan bedroeg 300 g BZV<sub>5</sub>/kg slib per dag. Bij proef b (zie tabel I) werd het slib van proef a gebruikt als aanvangsslib. In de laboratoriuminstallaties werd een slibgehalte aan gehouden van 2 g/l. Het overtollige slib werd dagelijks gespuid. De hoeveelheid retour-slib bedroeg 100 % van de aangevoerde hoeveelheid afvalwater.

### Slibbelasting

De experimenten werden steeds uitgevoerd bij een slibbelasting van 300 g BZV<sub>5</sub>/kg slib . dag. Deze waarde werd gekozen omdat uit eerdere waarnemingen [7, 8] is gebleken dat het propstromingsmodel een lage en stabiele index gaf, terwijl het volledig gemengde systeem bij deze belasting steeds licht slib induceerde.

### Hydraulische belasting

De in het onderzoek gebruikte hoeveelheden afvalwater en BZV<sub>5</sub>-concentraties, alsmede de hierbij behorende gemiddelde verblijftijden zijn in tabel I voor beide typen installaties weergegeven.

### Uitgevoerde analyses

De analyses, die t.b.v. het onderzoek werden uitgevoerd, hadden voornamelijk betrekking op het bezinkvolume van het slib en het droge stofgehalte van het slib, teneinde de slibindex te kunnen berekenen. Daarnaast werden regelmatig analyses gedaan van de CZV en BZV<sub>5</sub> van het afvalwater en het gefiltreerde effluent, alsmede het gehalte aan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N en de pH van het effluent. Ook werd het slib regelmatig onder de microscoop bekeken.



IR. J. H. RENSINK  
 Vakgroep Waterzuivering,  
 Landbouwhogeschool



IR. K. JELLEMA  
 Vakgroep Waterzuivering,  
 Landbouwhogeschool



T. YWEMA  
 Vakgroep Waterzuivering,  
 Landbouwhogeschool

geen substraatgradiënt meer is. In dit onderzoek is nagegaan, welke invloed verschillende BZV<sub>5</sub>-concentraties — en daarmee gepaard gaande verschillende hydraulische belastingen — bij een gelijkblijvende slibbelasting hebben op de bezinkbaarheid van het slib. Onderstaand zijn de aanpak en resultaten van het onderzoek weergegeven.

## Laboratoriuminstallaties

Voor het experiment werd een volledig gemengde en een propstromingsreaktor gebruikt, zoals in afb. 1 is weergegeven. Bij een aanvoer van 1 l afvalwater per uur en 1 l retour-slib werd vastgesteld, dat het propstromingsmodel overeenkomt met 10 in serie geschakelde ideale mixers. De grootte van de nabezinkruimte van beide installaties werd aangepast aan de verschillende hydraulische belastingen. De verblijftijd van het afvalwater in de nabezinkruimte bedroeg ca. 1 - 1½ uur.

## Aard en samenstelling gebruikt afvalwater

Voor dit onderzoek werd verdund aardappelvruchtwater als afvalwater gebruikt.

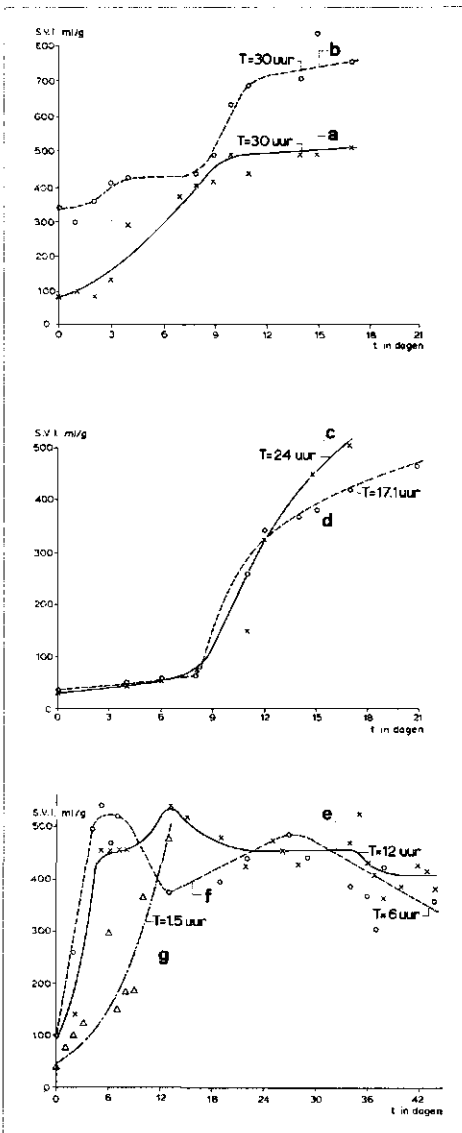
**Resultaten onderzoek**

*Gemengd systeem*

Bij verschillende hydraulische verblijftijden trad in alle gevallen licht slib op. Een en ander is weergegeven in afb. 2, waar het verloop van de slibindex als functie van de tijd is afgebeeld. Uit de grafieken kunnen we aflezen, dat naarmate de hydraulische belasting toeneemt — en de BZV<sub>5</sub>-concentratie van het afvalwater afneemt —, het slib sneller licht wordt. Uit het mikroskopisch onderzoek van het slib der verschillende experimenten bleek, dat het aanvangs-slib — bestaande uit grote en kleine compacte slibvlokken — na verloop van tijd veranderde in een vlok van waaruit een intensieve groei van Sphaerotilus-draden plaats had. Vaak beheersten deze draden het gehele mikroskopische beeld.

Wat de zuivering van het aardappelafval-

*Afb. 2 - Het verloop van de slibindex als functie van de tijd bij verschillende hydraulische verblijftijden (T) in het volledig gemengd systeem.*

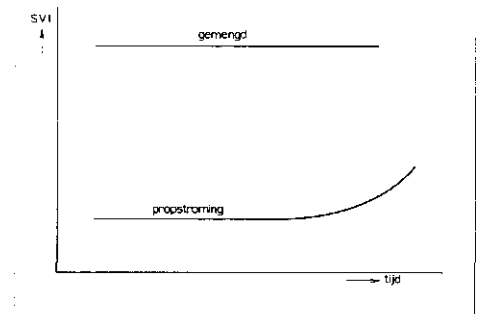
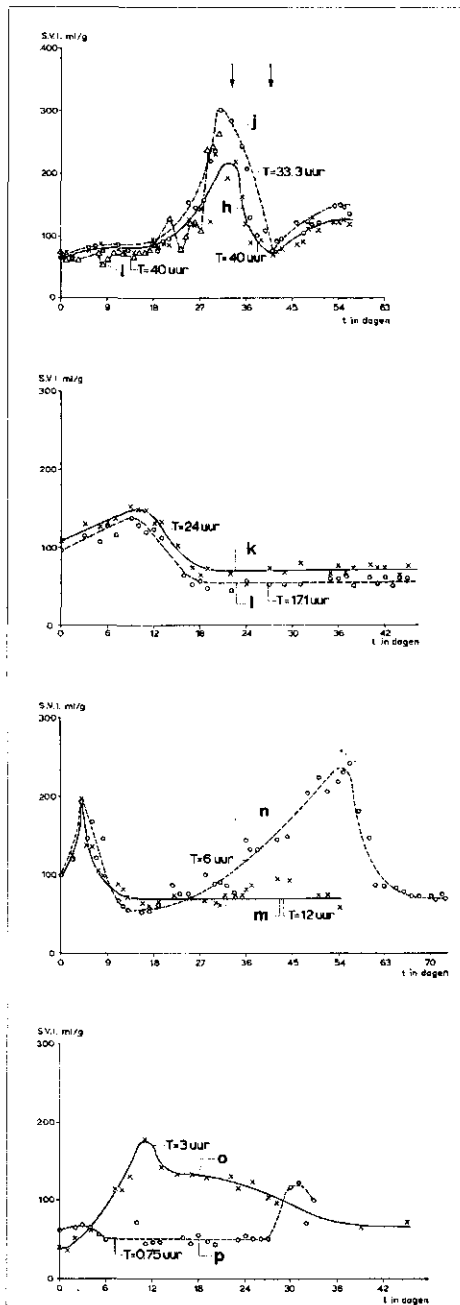


water betref, kan worden opgemerkt dat in alle gevallen een lage CZV en BZV<sub>5</sub> werd bereikt en voorts een vergaande nitrifikatie plaatsvond. De gevonden waarden voor deze parameters van het effluent waren lager naarmate de hydraulische verblijftijden korter waren. Men dient hierbij te bedenken dat bij een grotere hoeveelheid afvalwater bij eenzelfde slibbelasting een lagere concentratie aan organische stoffen in het aangevoerde afvalwater aanwezig is en dus ook in het effluent.

*Propstromingssysteem*

In afb. 3 is een illustratie gegeven van het

*Afb. 3 - Het verloop van de slibindex bij verschillende hydraulische verblijftijden (T) in het propstromingssysteem.*



*Afb. 4 - Relatie tussen slibindex en verblijftijd van beide systemen.*

verloop van de slibindex als functie van de tijd bij de verschillende hydraulische verblijftijden van het afvalwater in het propstromingsmodel. Uit de grafieken valt af te lezen, dat bij een hydraulische verblijftijd van 40 en 33,3 uur een duidelijke tendens aanwezig is tot vorming van licht slib. De draadvormers bestonden in dit geval uit Streptothrix-draden. Een hydraulische verblijftijd van 24 en 17,1 uur gaf na 18 dagen een lage, stabiele index. De slibvlok was de gehele periode compact van samenstelling. Bij een hydraulische verblijftijd van 12 en 6 uur werd het slib na enkele dagen in beide gevallen enigszins licht tengevolge van Sphaerotilus- en Streptothrixgroei. Hierna verdwenen de draden en het slib van de reaktor met een hydraulische verblijftijd van 12 uur verkreeg een lage en stabiele index. In het andere experiment werd het slib opnieuw licht, maar nu als gevolg van een zoogloeachtige bacterie-groei. Na 55 dagen verdween deze zoogloeachtige groei en de slibindex daalde tot een lage waarde. Bij een verblijftijd van 3 uur nam ook de slibindex na enkele dagen toe en daalde daarna geleidelijk tot een lage waarde. In het experiment met een verblijftijd van 0,75 uur bleef de slibindex lange tijd laag, liep tijdelijk even op en ging vervolgens weer dalen. Tijdens dit experiment, waarbij een zeer hoge hydraulische belasting werd aangehouden, liep het slibgehalte in de aëratieruimte tijdens de proef terug. Vooral kleine slibdeeltjes werden uitgespoeld en de achtergebleven slibmassa bestond uit grote vlokken van een zeer compacte samenstelling. Ook hier werd geconstateerd dat er sprake was van een vergaande zuivering bij verschillende hydraulische verblijftijden. In afb. 4 zijn tenslotte de gevonden relaties tussen slibindex en verblijftijd van beide systemen globaal weergegeven.

**Konklusies**

1. De volledig gemengde reaktor induceerde bij de verschillende hydraulische verblijftijden en een konstante slibbelasting van 300

g BZV<sub>5</sub>/kg slib/dag steeds licht slib.

2. In het gemengde systeem trad eerder licht slib op naarmate de hydraulische belasting toenam.

5. De propstromingsreaktor had bij hydraulische verblijftijden van het afvalwater in de aëratieruimte van 24, 17,1, 12, 6, 3 en 0,75 uur geen licht slib, terwijl bij verblijftijden van 40 en 33,3 uur het slib licht werd.

### Slotbeschouwing

Uit dit vrij langdurig onderzoek hebben we gevonden, dat het propstromingsmodel veel minder aanleiding geeft tot de vorming van licht slib dan het gemengde systeem.

In eerdere publikaties [5, 6, 7] schreven wij dat beide systemen in eerste instantie verschillen in de aanwezigheid van een substraatgradiënt. Voorts verschillen beide systemen in de aanwezigheid van begin-, tussen- en eindprodukten tengevolge van de optredende processen van adsorptie, substraatademhaling en endogene ademhaling. Zo verlopen deze processen parallel in het gemengde systeem, terwijl in het propstromingssysteem de genoemde processen elkaar opvolgen. Uit dit onderzoek zouden we mogen konkluderen, dat de substraatgradiënt niet zonder meer bepalend is voor het voorkómen van licht slib, omdat juist bij de hoge hydraulische belastingen — hetgeen impliceert een zeer lage BZV van het afvalwater — er nauwelijks sprake is van een subgradiënt in het propstromingsmodel; derhalve zou er in het propstromingsmodel licht slib moeten ontstaan, hetgeen niet het geval was. Het parallel en in serie verlopen van de eerder genoemde processen zou daarom een essentiële rol kunnen spelen bij het al of niet ontstaan van licht slib dan de substraatgradiënt.

Dat er in het propstromingsmodel bij een lange verblijftijd van het afvalwater — gemiddeld 3,3 uur per compartiment — licht slib ontstond, wordt verklaard door het feit dat het afvalwater in het eerste compartiment wordt gezuiverd. Hierdoor ontstaat een situatie die identiek is aan het volledig gemengde systeem, namelijk het parallel verlopen van de genoemde processen en het naast elkaar voorkomen van begin-, tussen- en eindprodukten. Teneinde deze licht slibvorming te voorkomen, zou men de compartimenten in kleinere eenheden moeten omzetten, zodat de processen gescheiden kunnen worden. Ook zou men de hoeveelheid retourslib kunnen opvoeren, waardoor de verblijftijd van het afvalwater in het eerste compartiment wordt verkort en de processen meer in serie verlopen.

Bij een zeer korte verblijftijd van het afvalwater in de propstromingsreaktor werd een zeer lage subgradiënt gemeten en een parallel verlopen van de processen. Er trad echter geen licht slib op. Het bleek, dat tijdens het experiment het slibgehalte terugliep tengevolge van uitspoeling van kleine slibdeeltjes. Het achterblijvende slib bestond uit grote compacte vlokken met goede bezinkeigenschappen. Vermoedelijk kunnen de draadvormige bacteriën onder deze omstandigheden niet tot ontwikkeling komen of worden zij uitgespoeld. Onder de microscoop was geen groei te bespeuren.

Dit onderzoek heeft aangetoond, dat de substraatgradiënt zonder meer niet bepalend is voor het ontstaan van licht slib. Veeleer zouden deze oorzaken gezocht moeten worden in de afbraakprocessen van de organische stoffen. Wel is wederom komen vast te staan, dat de volledig gemengde reaktor veel meer aanleiding geeft tot licht slibvorming dan de langwerpige aëratietank met propstroming.

### Literatuur

1. Chudoba, J., Ottová, V., and Maděra, V.: *Control of activated sludge filamentous bulking I. Effect of the hydraulic regime on degree of mixing in an aeration tank*. Water Research 7 (1973), S. 1163-1182.
2. Chudoba, J., Grau, P., and Ottová, V.: *Control of activated sludge filamentous bulking II. Selection of microorganisms by means of a selector*. Water Research 7 (1973), S. 1389-1406.
3. Chudoba, J., Bláha, J., and Maděra, V.: *Control of activated sludge filamentous bulking III. Effect of sludge on sludge loading*. Water Research 8 (1974), S. 231-237.
4. Rensink, J. H.: *New approach to preventing bulking sludge*. JWPCF 46 (1974), S. 1888-1894.
5. Rensink, J. H.: *De invloed van het voedselpatroon op het ontstaan van licht slib bij verschillende slibbelastingen*. H<sub>2</sub>O 7 (1974), S. 480-484.
6. Rensink, J. H., Voetberg, J. W. and Ywema, T. S. J.: *GWF, Vol. 118 (1977) H. 2, Die Verhinderung der Entwicklung von Blähschlamm bei der vollbiologischen Reinigung von Abwasser der Pommefritesindustrie*, S. 75-79.
7. Meijer, A. E. J.: *Onderzoek naar het ontstaan van lichtslib*. Doctoraal onderzoek, Landbouwhogeschool, Afd. Waterzuivering, 1974, Wageningen, Nederland.
8. Jellema, K.: *Ontstaan en bestrijden van licht slib*. Doctoraal onderzoek, Landbouwhogeschool, Afd. Waterzuivering, 1974, Wageningen, Nederland.

