

PRAKTIJKONDERZOEK NAAR OORZAKEN SCHUIMVORMING IN SLIBGISTINGSTANKS



RAPPORT

2010
43

PRAKTIJKONDERZOEK NAAR OORZAKEN SCHUIMVORMING
IN SLIBGISTINGSTANKS

STOWA

2010

43

ISBN 978.90.5773.504.2



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

Amersfoort, december 2010

UITGAVE STOWA, Amersfoort

PROJECTUITVOERING

Ellen van Voorthuizen, Royal Haskoning
Wim Wiegant, Royal Haskoning
André Visser, Royal Haskoning

PROJECTONDERSTEUNING

Andries Jonkman, Waterschap Hunze en Aa's
Alex Heuving, Waterschap Hunze en Aa's
Anouk Koelen, Waterschap Regge en Dinkel
René van Adrichem, Waterschap Regge en Dinkel
Johan Voskamp, Waterschap Regge en Dinkel
Hans Schilders, Waterschap Brabantse Delta
Hans Mollen, Waterschap Brabantse Delta
Jacob Hoeve, Waterschap Reest en Wieden

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Frank Brandse, Waterschap Reest en Wieden
André Hammenga, Waterschap Hunze en Aa's
Henry van Veldhuizen, Waterschap Vallei en Eem
Jack Jonk, Waterschap Brabantse Delta
Mathijs Oosterhuis, Waterschap Regge en Dinkel
Cora Uijterlinde, STOWA

FOTO'S OMSLAG

Bron: Ellen van Voorthuizen

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA rapportnummer 2010-43
ISBN 978.90.5773.504.2

SAMENVATTING

ACHTERGROND

Slibgisting speelt een belangrijke rol in de slibstabilisatie, de reductie van de slibproductie, en de energie- en warmtevoorziening voor zuiveringsinstallaties. Met het in werking treden van het door de waterschappen ondertekende klimaatakkoord en de daarin afgesproken energie-efficiency doelstellingen, is er hernieuwde aandacht voor slibgisting en productie van duurzame energie.

Het is dus van belang dat een slibgisting goed functioneert. Een belangrijk fenomeen dat in de praktijk tot problemen in de slibgisting kan leiden is schuimvorming in een gistingstank. Schuimvorming kan onder andere leiden tot verstoppingen in gasleidingen en tot gevolgschade aan bijvoorbeeld gascompressoren. Andere nadelige gevolgen van schuimvorming hebben betrekking op de veiligheid, extra onderhoud en bediening, en processtabiliteit. Om inzicht te krijgen in de omvang van het schuimprobleem en mogelijke oorzaken van schuimvorming is in 2006-2007 door Amecon onderzoek verricht waarvan de resultaten zijn vastgelegd in de Stowa rapportage "Inventarisatie van omvang en kenmerken van schuimvorming in de slibgisting" Stowa 2007-W07.

In navolging van deze inventarisatie zal in deze studie de nadruk liggen op het praktisch onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming.

DOEL VAN HET ONDERZOEK

De doelstelling van deze studie is om vanuit een praktisch ingesteld onderzoek een protocol op te stellen voor het voorkomen en bestrijden van schuimvorming in slibgistingstanks. Door uit te gaan van oorzaken van schuimvorming kan worden aangegeven wat de beste methode is voor de bestrijding ervan. Deze methodiek kan liggen in wezenlijke eliminatie van de oorzaken van de schuimvorming, een structurele oplossing, of een vorm van 'gestructureerde' symptoombestrijding, zoals verbeterde afvoer van schuim of dosering van antischuimmiddelen. Het effect van maatregelen ter voorkoming van schuimproblemen is echter niet getoetst in de praktijk.

HYPOTHESES SCHUIMVORMING IN SLIBGISTINGSTANKS

Uit literatuur blijkt dat oppervlakreactieve stoffen noodzakelijk zijn voor schuimvorming en stabilisatie van schuim. Oppervlakreactieve stoffen die worden genoemd zijn vetten, oliën, eiwitten en hogere vetzuren. Daarnaast blijken draadvormers een belangrijke rol te spelen in het stabiliseren van schuim en zijn zij bovendien in staat om oppervlakreactieve stoffen te produceren. Verder is gebleken dat een goede afvoer van schuim belangrijk is voor de beheersing van schuimproblemen. Het doseren van anti-schuim op het sliboppervlak en in de slibrecirculatie draagt tevens bij aan het beheersen van schuimproblemen.

Op basis van literatuur en ervaringen zijn de volgende hypothesen opgesteld voor schuimvorming, schuimstabiliteit en schuimbeheersing:

- *Schuimvorming*
 - 1 Elke slibgistingstank heeft de potentie tot schuimvorming.
 - 2 Een lagere oppervlaktespanning van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie.
 - 3 De oppervlakreactieve stoffen die in een slibgistingstank aanwezig zijn leiden tot een verlaging van de oppervlaktespanning. Dit zijn vetten, eiwitten en hogere vetzuren.
 - 4 Een lagere hardheid van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie.
 - 5 Een hogere viscositeit van het slib leidt tot een hogere schuimpotentie.
 - 6 Een slibgisting die niet goed presteert (reductie van organische stof, biogasproductie) heeft een hogere schuimpotentie door de aanwezigheid van oppervlakreactieve stoffen, als gevolg van de verslechtering van de afbraak van onder andere hogere vetzuren.
- *Schuimstabiliteit*
 - 7 Een slibgistingstank met een hoge schuimpotentie produceert een meer stabiele schuimlaag.
 - 8 Oppervlakreactieve stoffen dragen bij aan de stabiliteit van het schuim.
 - 9 Draadvormers dragen bij aan de stabiliteit van het schuim.
- *Schuimbeheersing*
 - 10 De afvoer van schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek.
 - 11 De dosering van anti-schuim leidt tot een goede beheersing van de schuimproblematiek.

ONDERZOEKSOPZET

Het onderzoek had tot doel om de opgestelde hypothese te toetsen. Hiertoe zijn aan een aantal geselecteerde slibgistingen metingen uitgevoerd die:

- geen last van schuimvorming hebben (referentie);
- wel schuimvorming hebben, maar geen operationele problemen opleveren;
- wel schuimvorming hebben, en leiden tot operationele problemen.

Op basis van bovenstaande drie categorieën zijn zes slibgistingstanks geselecteerd. De gistingstanks zijn gedurende het onderzoek twee keer bezocht.

Bij de geselecteerde slibgistingen zijn een aantal metingen uitgevoerd om de opgestelde hypothese te toetsen en zijn ontwerp en operationele data verzameld.

RESULTATEN

De resultaten van de toetsing van de opgestelde hypothesen zijn weergegeven in tabel i.

TABEL I CONCLUSIES VALIDITEIT HYPOTHESES SCHUIMVORMING-, STABILITEIT EN BEHEERSING

| Hypothese | Beschrijving | Conclusie |
|--------------------------|---|--|
| Schuimvorming | | |
| 1 | Elke slibgistingstank heeft de potentie tot schuimvorming. | waar |
| 2 | Een lagere oppervlaktespanning van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie. | waar |
| 3 | De oppervlakreactieve stoffen die in een slibgistingstank leiden tot een verlaging van de oppervlaktespanning zijn vetten, eiwitten en hogere vetzuren. | niet aangetoond |
| 4 | Een lagere hardheid van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie. | geen toetsing mogelijk ¹⁾ |
| 5 | Een hogere viscositeit van het slib leidt tot een hogere schuimpotentie. | mogelijk waar |
| 6 | Een slibgisting die niet goed presteert (reductie van organische stof, biogasproductie) heeft een hogere schuimpotentie door de aanwezigheid van oppervlakreactieve stoffen, als gevolg van de verslechtering van de afbraak van onder andere hogere vetzuren | niet aangetoond |
| Schuimstabiliteit | | |
| 7 | Een slibgistingstank met een hoge schuimpotentie produceert een meer stabiele schuimlaag. | niet aangetoond |
| 8 | Oppervlakreactieve stoffen dragen bij aan de stabiliteit van het schuim. | niet aangetoond |
| 9 | Draadvormers dragen bij aan de stabiliteit van het schuim | goede toetsing niet mogelijk ²⁾ . |
| Schuimbeheersing | | |
| 10 | De afvoer van schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek. | Waar |
| 11 | De dosering van anti-schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek. | Goede toetsing niet mogelijk ³⁾ |

1) Geen goede metingen van de hardheid beschikbaar (zie paragraaf 4.2.4).

2) Onvoldoende gegevens beschikbaar om hypothese te toetsen, monsternamen van gevormd schuim bleek niet mogelijk

3) Bij onderzochte gistingen vond geen dosering plaats, waardoor ervaringen ontbraken om hypothese te toetsen.

Naast bovengenoemde conclusies blijkt verder uit het onderzoek dat:

- Een stabiele bedrijfsvoering (voedingsregime, temperatuur, pH) van de slibgistingstank is belangrijk. Dit voorkomt waarschijnlijk de ophoping van oppervlakreactieve stoffen.
- De aanwezigheid van primair slib draagt niet bij aan het schuimprobleem. Schuimproblemen worden veroorzaakt door secundair slib.
- Draadvormers spelen mogelijk een belangrijke rol bij de vorming van schuim in het voorjaar en veroorzaken daardoor mogelijk schuimproblemen.
- Een goede afvoer van schuim en voldoende ruimte (voor gas) in de slibgistingstank is belangrijk om schuimproblemen te beheersen.
- De dosering van polyaluminiumchloride in bijvoorbeeld de afloop van de beluchtingstanks kan wellicht als maatregel worden gezien om schuimvorming in slibgistingstanks te voorkomen, als dit wordt veroorzaakt door draadvormers.

PROTOCOL BESTRIJDING SCHUIMVORMING IN SLIBGISTINGSTANKS

Het protocol voor de bestrijding van schuim is onderverdeeld in de categorieën preventie en bestrijding. In figuur i is het protocol weergegeven.

FIGUUR I

PROTOCOL PREVENTIE EN BESTRIJDING SCHUIM IN SLIBGISTINGSTANKS

| | Maatregel | Richtlijn |
|--------------------|--|---|
| Preventie | 1) Handhaaf bedrijfsvoering slibgistingstanks conform ontwerp (verblijftijd, temperatuur en belasting) | HRT > 20d (STOWA 2007-W-07) |
| | 2) Voorkom de vorming van licht slib in waterlijn | STOWA 2001 – 02 |
| | 3) Creeër voldoende ruimte tussen slibbed en gasafvoer | zie voorbeeld Scheemda |
| | 4) Zorg voor een goede afvoer van slib / schuim | zie voorbeeld Hengelo |
| Bestrijding | 1) Dosering anti-schuim | Op sliboppervlak en in recirculatie (Mulder, 2005) |
| | 2) Controle aanwezigheid draadvormers in waterlijn | Verloop SVI in combinatie met microbiologisch onderzoek (STOWA, 1999 – 01) |
| | 3) Dosering aluminiumzout in waterlijn voor bestrijding <i>Microthrix</i> | 3 g Al ³⁺ × kg ds ⁻¹ ×dag ⁻¹ (STOWA, 1999 – 01) |

- *Preventie*

Met het voorkomen van licht slib in de waterlijn wordt tevens voorkomen dat draadvormers in de slibgistingstank terecht komt, waar deze mogelijk bijdragen aan schuimvorming. Maatregelen ter voorkoming van licht slib in het ontwerp en bedrijfsvoering van de zuivering zijn uitgebreid beschreven in eerder verschenen STOWA rapporten. Uit het onderzoek is echter gebleken dat schuimvorming niet altijd is te voorkomen. Om te voorkomen dat gevormd schuim snel tot problemen leidt is het belangrijk in het ontwerp van de slibgistingstanks voldoende ruimte beschikbaar te houden voor schuim. Ten tweede kunnen problemen met schuim worden voorkomen door bij het ontwerp van de slibgistingstanks te voorzien in een goede afvoer van slib en schuim. Een goede bedrijfsvoering en een goed ontwerp van de slibgistingstank dragen tot slot bij aan een goede afbraak van het organische materiaal en daarbij wordt de ophoping van oppervlakteactieve stoffen zoals eiwitten en hogere vetzuren voorkomen. Om dit laatste te voorkomen is een verblijftijd van minimaal 20 dagen noodzakelijk.

- *Bestrijding*

In het geval dat schuimvorming optreedt en dit leidt tot problemen in de bedrijfsvoering van de slibgistingstank dient direct een anti-schuim middel te worden gedoseerd. Uit onderzoek in Raalte en Deventer is gebleken dat dosering op het sliboppervlak en in de recirculatie effectief is voor de bestrijding van schuim. De gewenste dosering zal per situatie afhankelijk zijn van het type middel wat wordt gedoseerd en de mate van het schuimprobleem. Dit zal in de praktijk proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. Op het moment dat schuimvorming optreedt, kan worden gecontroleerd of er veel draadvormers in het secundaire slib aanwezig zijn. Een indicatie hiervoor kan zijn een hoge SVI in de waterlijn, maar kan beter worden vastgesteld door middel van een microbiologisch onderzoek. Mocht uit dit onderzoek blijken dat veel draadvormers aanwezig zijn en dat *Microthrix parvicella* de dominante soort is kan de dosering van een aluminium zout (toxisch voor *Microthrix parvicella*) aan het eind van de beluchtingstank worden overwogen. Een andere mogelijkheid die op korte termijn kan worden genomen is het tijdelijk niet vergisten van secundair slib.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

SUMMARY

BACKGROUND

Sludge digestion plays an important role for sludge stabilisation, sludge reduction and production of electricity and heat for wastewater treatment plants (WWTP). Recently, the Dutch Waterboards signed a climate agreement with the Dutch government in which agreements are made about increasing energy efficiency and energy production. This development generated a renewed interest in sludge digestion.

The digestion of sludge is a complex process which has to function well for optimal sludge reduction and biogas production. An important process that can upset the operation of the sludge digestion is the formation of foam. It can lead to clogged gas pipes and further damage to for example gas compressors. Other disadvantageous consequences are related to safety, additional maintenance and operation and process stability. To investigate the extent of the foam problem at sludge digesters in the Netherlands and possible causes of foam formation, a desk study was performed in 2006 – 2007 by Amecon. The results of this research are presented in a STOWA report (STOWA, 2007-W-07).

The study presented here focused on the causes of foam formation in full-scale digesters.

OBJECTIVE

The objective of this research was to formulate a protocol to prevent and control foam formation in sludge digesters based on field data. By looking at the causes of foam formation the best possible methodology to control foam formation can be defined. This can be achieved by structural solutions removing the real causes of foam formation or it can be achieved by measures that control foam formation like an improved overflow of foam or the dosage of anti-foam agents. The effect of measures to prevent foam formation in sludge digesters has not been verified in practice.

HYPOTHESIS ON FOAM FORMATION IN SLUDGE DIGESTERS

Surface active agents are required for foam formation and stabilisation. Surface active agents that are mentioned in literature in relation to foam formation in sludge digesters are fats, oily substances, proteins, and fatty acids (>C-3). In addition, filamentous organisms can play an important role as surface active agent or as the producers of these compounds. Practical experiences demonstrated that a good sludge overflow is important to control foam problems. The dosage of anti-foam agents in the recirculation stream was reported as an efficient measure to control foam. Based on literature and the experiences from practice the following hypotheses were defined for foam formation, foam stability and foam control:

- *Foam formation*
- 1 Each sludge digester has the potential to produce foam.
 - 2 A lower surface tension of the liquid in the sludge digester leads to a higher potential of foam formation.
 - 3 The presence of surface active agents leads to a reduction of the surface tension. These surface active agents are fats, proteins and fatty acids (>C-3).
 - 4 A lower hardness of the liquid in the sludge digester leads to a higher potential of foam formation.
 - 5 A higher viscosity of the sludge leads to a higher potential of foam formation.

- 6 A sludge digester that does not perform well (reduction of organic dry matter and biogas production) will have a higher potential of foam formation due to the presence of surface active agents which are the result of a deterioration of the organic dry matter reduction.
 - *Foam stability*
- 7 A sludge digester with a high potential to produce foam will also form a more stable foam.
- 8 Surface active agents contribute to the stability of produced foam.
- 9 Filamentous organisms contribute to the stability of produced foam.
 - *Foam control*
- 10 The overflow of foam contributes to a good control of foam problems.
- 11 The dosage of anti-foam agents contributes to a good control of foam problems.

EXPERIMENTAL SET-UP

The field study was performed to verify the hypotheses. To do so, measurements were performed at a number of sludge digesters having either:

- no foam formation (reference);
- foam formation without operational problems;
- foam formation with operational problems.

Based on these three categories six sludge digesters were selected (see table i), which were visited twice during the field study.

At the selected sludge digester different measurements were performed to verify the hypotheses, and operational data were collected.

RESULTS

The results of the validation of the hypotheses are summarised in table i.

TABEL I RESULTS VALIDATION HYPOTHESES FOAM FORMATION, STABILITY AND CONTROL

| Hypothesis | Description | Validation |
|-----------------------|---|--|
| Foam formation | | |
| 1 | Each sludge digester has the potential to produce foam. | True |
| 2 | A lower surface tension of the liquid in the sludge digester leads to a higher potential of foam formation. | True |
| 3 | The presence of surface active agents leads to a reduction of the surface tension. These surface active agents are fats, proteins and fatty acids (>C-3). | Not verified |
| 4 | A lower hardness of the liquid in the sludge digester leads to a higher potential of foam formation. | No validation possible ¹⁾ |
| 5 | A higher viscosity of the sludge leads to a higher potential of foam formation. | Probably true |
| 6 | A sludge digester that does not perform well (reduction of organic dry matter and biogas production) will have a higher potential of foam formation due to the presence of surface active agents which are the result of a deterioration of the organic dry matter reduction. | Not verified |
| Foam stability | | |
| 7 | A sludge digester with a high potential to produce foam will also form a more stable foam. | Not verified |
| 8 | Surface active agents contribute to the stability of produced foam. | Not verified |
| 9 | Filamentous organisms contribute to the stability of produced foam. | No validation possible ²⁾ . |
| Foam control | | |
| 10 | The overflow of foam contributes to a good control of foam problems. | True |
| 11 | The dosage of anti-foam agents contributes to a good control of foam problems. | No validation possible ³⁾ |

1) No data available (see section 4.2.4).

2) Insufficient data available to validate hypothesis. Sampling of foam was not possible.

3) At the selected sludge digester no dosage did take place, so that there were no experiences available to validate hypothesis.

Apart from the results and conclusions presented above, the following conclusions were drawn:

- A stable operation of the sludge digester (feed flow, temperature, pH) is important. This probably prevents the accumulation of surface active agents.
- The presence of primary sludge does not contribute to the problems with foam formation. Problems with foam formation are caused by secondary sludge.
- Filamentous organisms can play an important role during foam formation in spring, when they probably cause operational problems with foam.
- A good overflow of foam and sufficient space above the sludge bed are important to control foam.
- If foam formation is caused by filamentous organisms (type *Microthrix parvicella*), the dosage of poly-aluminium chloride at the overflow of the aeration tank can be an efficient measure to avoid foam formation in sludge digesters.

PROTOCOL FOAM CONTROL IN SLUDGE DIGESTERS

The protocol to control foam formation in sludge digesters is divided in the categories prevention and control. The protocol is presented in figure i.

FIGURE I

PROTOCOL FOAM FORMATION AND CONTROL IN SLUDGE DIGESTERS

| | Measure | Directive |
|-------------------|---|---|
| Prevention | 1) Maintain operation sludge digester in accordance with design (HRT, temperature and load) | HRT > 20d (STOWA 2007-W-07) |
| | 2) Prevent bulking sludge in the activated sludge reactors | STOWA 2001 – 02 |
| | 3) Create sufficient space between sludge bed and gas offtake | See example Scheemda |
| | 4) Create a good overflow for sludge / foam | See example Hengelo |
| Control | 1) Dosage anti-foam agents | At sludge surface and in recirculation (Mulder, 2005) |
| | 2) Check presence filamentous organisms in activated sludge reactors | SVI in time in combination with microbial research (STOWA, 1999 – 01) |
| | 3) Dose an aluminium salt to control <i>Microthrix parvicella</i> | $3 \text{ g Al}^{3+} \times \text{kg dw}^{-1} \times \text{day}^{-1}$ (STOWA, 1999 – 01) |

- *Prevention*

The presence of filamentous organisms in the sludge digester can be avoided when the occurrence of bulking sludge in the activated sludge reactors is prevented. Measures to prevent bulking sludge in the design and operation of a WWTP have been extensively described in earlier STOWA reports. However, from the research described here it was proven that foam formation can not always be avoided. For this reason it is important to create sufficient free space above the sludge bed. Secondly operational problems with foam can be avoided if in the design a sufficient wide overflow is taken into account. Finally, a good operation and a good design of the sludge digester contributes to a good reduction of organic dry matter. Then the accumulation of surface active agents such as proteins and fatty acids can be prevented. To avoid the latter, a retention time of at least 20 days is required.

- *Control*

In case foam formation lead to operational problems in the sludge digester, anti-foam agents should be added directly. Based on the research in Raalte and Deventer it was evident that the addition of anti-foam agents at the sludge surface and in the recirculation line was effective to control foam formation. The required level of dosage will depend on location and type of anti-foam agent used. This can be determined by on experiments in practice. At the time foam formation occurs, the presence of filamentous organisms in the secondary sludge can be checked. An indication of the presence of these organisms is the sludge volume index of the activated sludge.

However, it is recommended to check the presence of filamentous organisms by microbial research of the sludge. If the bulking sludge is caused by the presence of *Microthrix parvicella* it may be considered to dose an aluminum salt at the end of the aerated zone as aluminum is toxic to *Microthrix parvicella*. Another short-term measure that can be considered is to temporarily exclude secondary sludge from digestion.

DE STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)33 - 460 32 00.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 2180, 3800 CD Amersfoort.

E-mail: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

PRAKTIJKONDERZOEK NAAR OORZAKEN SCHUIMVORMING IN SLIBGISTINGSTANKS

INHOUD

| | | |
|----------|--|----------|
| | SAMENVATTING | |
| | STOWA IN HET KORT | |
| | SUMMARY | |
| | STOWA IN BRIEF | |
| 1 | INLEIDING | 1 |
| | 1.1 Kader en aanleiding rapport | 1 |
| | 1.2 Doelstelling rapport | 1 |
| | 1.3 Afbakening | 1 |
| | 1.4 Leeswijzer | 2 |
| 2 | THEORIE EN PRAKTIJK VAN SCHUIMVORMING | 3 |
| | 2.1 Theorie schuimvorming | 3 |
| | 2.1.1 Proces van schuimvorming | 3 |
| | 2.1.2 Rol van draadvormers | 5 |
| | 2.1.3 Rol van oppervlakreactieve stoffen | 6 |
| | 2.1.4 Rol van polyelektrolyet | 7 |
| | 2.1.5 Rol van type menging | 7 |
| | 2.2 Ervaringen binnenland | 7 |
| | 2.3 Ervaringen buitenland | 9 |
| | 2.4 Samenvatting ervaringen | 10 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.5 | Beschikbare analyses | 11 |
| 2.5.1 | Analyses van schuim | 11 |
| 2.5.2 | Schuimpotentiaal en schuimstabiliteit | 11 |
| 2.5.3 | Oppervlakreactieve stoffen | 11 |
| 2.5.4 | Draadvormers | 11 |
| 2.6 | Symptoombestrijding | 12 |
| 2.6.1 | Mechanische methoden | 12 |
| 2.6.2 | Fysische methoden | 12 |
| 2.6.3 | Chemische methoden | 13 |
| 2.7 | Hypotheses | 13 |
| 3 | ONDERZOEKSOPZET | 15 |
| 3.1 | Locatie metingen | 15 |
| 3.2 | Karakteristieken gistingen | 16 |
| 3.2.1 | rwzi Veendam | 16 |
| 3.2.2 | rwzi Waalwijk | 16 |
| 3.2.3 | rwzi Meppel | 17 |
| 3.2.4 | rwzi Hengelo | 18 |
| 3.2.5 | rwzi Scheemda | 19 |
| 3.2.6 | rwzi Enschede | 20 |
| 3.3 | Toetsing hypothesen | 21 |
| 3.3.1 | Fasering onderzoek | 21 |
| 3.3.2 | Uitgevoerde analyses en testen | 22 |
| 3.3.3 | Schuimpotentietest | 24 |
| 3.3.4 | Analyses | 25 |
| 3.4 | Berekeningen | 26 |
| 3.4.1 | Schuimpotentie en -stabiliteit | 26 |
| 3.4.2 | Prestatie slibgistingstanks | 26 |
| 4 | RESULTATEN | 27 |
| 4.1 | Kenmerken rwzi's | 27 |
| 4.2 | Oorzaken schuimvorming | 28 |
| 4.2.1 | Hypothese 1: Schuimpotentie slibgistingstanks | 28 |
| 4.2.2 | Hypothese 2: Relatie schuimpotentie en oppervlaktespanning | 31 |
| 4.2.3 | Hypothese 3: Componenten verantwoordelijk voor oppervlaktespanning | 32 |
| 4.2.4 | Hypothese 4: Relatie schuimpotentie en hardheid | 34 |
| 4.2.5 | Hypothese 5: Relatie schuimpotentie en viscositeit | 34 |
| 4.2.6 | Hypothese 6: Relatie schuimpotentie en presteren slibgistingstanks | 35 |
| 4.3 | Schuimstabiliteit | 37 |
| 4.3.1 | Hypothese 7: Relatie schuimpotentie en schuimstabiliteit | 37 |
| 4.3.2 | Hypothese 8: Relatie schuimstabiliteit en aanwezigheid oppervlakreactieve stoffen | 38 |
| 4.3.3 | Hypothese 9: Relatie schuimstabiliteit en aanwezigheid draadvormers | 39 |
| 4.4 | Schuimbeheersing | 42 |
| 4.4.1 | Gasbelasting | 42 |
| 4.4.2 | Afvoer van schuim | 42 |
| 4.4.3 | Schuimbestrijding | 44 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5 | DISCUSSIE | 45 |
| 5.1 | Evaluatie test schuimpotentie en schuimstabiliteit | 45 |
| 5.2 | Schuimpotentie | 45 |
| 5.3 | Oorzaken schuimvorming | 46 |
| 5.4 | Oorzaken schuimstabiliteit | 48 |
| 5.5 | Bestrijding schuim | 50 |
| 6 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 52 |
| 6.1 | Conclusies | 52 |
| 6.2 | Aanbevelingen | 53 |
| | 6.2.1 Bedrijfsvoering | 53 |
| | 6.2.2 Vervolgonderzoek | 54 |
| 7 | REFERENTIES | 55 |
| | BIJLAGEN | |
| 1 | BIMA SYSTEEM RWZI VEENDAM | 57 |
| 2 | HEATAMIX SYSTEEM RWZI MEPEL | 59 |
| 3 | RESULTATEN TESTEN EN ANALYSES | 61 |

1

INLEIDING

1.1 KADER EN AANLEIDING RAPPORT

Slibgistingstanks spelen een belangrijke rol in de slibstabilisatie en reductie van de slibproductie, en de energie- en warmtevoorziening voor zuiveringsinstallaties. Het is dus van belang dat de gisting goed functioneert. Schuimvorming in de gistingstank kan tot een achteruitgang leiden in het functioneren van de slibgistingstanks. Schuimvorming kan leiden tot verstoppingen in gasleidingen en tot gevolgschade aan bijvoorbeeld gascompressoren. Andere nadelige gevolgen van schuimvorming in de gistingstanks hebben betrekking op de veiligheid, extra onderhoud en bediening en processtabiliteit. Gezien het feit dat slibgistingen een belangrijke rol spelen in de energievoorziening van een zuivering is het van belang dat schuimvorming in de hand wordt gehouden. Om inzicht te krijgen in de omvang van het schuimprobleem in Nederland en inzicht te krijgen in de mogelijke oorzaken is in 2006 en 2007 door Amécon een onderzoek uitgevoerd. De resultaten van deze studie zijn in 2007 gerapporteerd (STOWA, 2007). In navolging van deze inventarisatie zal in deze studie de nadruk liggen op een praktisch onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming. Dit moet leiden tot een protocol voor het voorkomen en bestrijden van schuimvorming in slibgistingstanks.

1.2 DOELSTELLING RAPPORT

De doelstelling van deze vervolgstudie is om, nadat het eerdere onderzoek meer analytisch van aard was, een praktisch onderzoek uit te voeren dat uitmondt in een protocol voor het voorkomen en bestrijden van schuimvorming in slibgistingstanks. Door oorzaken van schuimvorming te bestuderen dient te worden aangegeven wat de beste methodiek is voor de bestrijding ervan. Deze methodiek kan liggen in wezenlijke eliminatie van de oorzaken van de schuimvorming, een structurele oplossing, of een vorm van 'gestructureerde' symptoombestrijding, zoals verbeterde afvoer van schuim of dosering van antischuim-middelen.

1.3 AFBAKENING

Het in dit rapport beschreven onderzoek volgt op een eerste inventarisatie van schuimproblemen in slibgistingstanks. In dit onderzoek is met name gekeken naar de oorzaken van de schuimproblematiek in slibgistingstanks. In het onderzoek is gekeken naar mogelijke oplossingen, maar is het effect van maatregelen ter voorkoming van schuimproblemen niet getoetst.

1.4 LEESWIJZER

Na deze inleiding volgt in hoofdstuk 2 de theorie en praktijk van schuimvorming in slibgistingstanks. Op basis van de theorie en de al gerapporteerde ervaringen uit de praktijk zijn hypotheses opgesteld voor het onderzoek, deze hypotheses sluiten hoofdstuk 2 af. In het derde hoofdstuk wordt de opzet van het onderzoek gepresenteerd. De resultaten van het praktijkonderzoek worden gepresenteerd in hoofdstuk 4 en bediscussieerd in hoofdstuk 5. Het rapport sluit af met hoofdstuk 6 waarin de conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek worden weergegeven.

2

THEORIE EN PRAKTIJK VAN SCHUIMVORMING

2.1 THEORIE SCHUIMVORMING

De termen schuim en drijfslaag kunnen nog wel eens door elkaar worden gebruikt. In deze studie zullen de volgende definities worden gebruikt:

- *Schuim* is een min of meer stabiel mengsel van gasbellen in een vloeistof aan het wateroppervlak.
- Een *schuimlaag* is een laag schuim die zich gedurende langere tijd op het vloeistofoppervlak bevindt.
- Een *drijfslaag* is een ophoping van materiaal dat lichter is dan water aan het wateroppervlak.
- Een *drijfslaag* op het wateroppervlak ontstaat door het opdrijven van materiaal dat lichter is dan water *in de afwezigheid* van gas.
- *Flotatie* is het opdrijven van vaste deeltjes aan gasbelletjes naar een oppervlak

In een slibgistingstank is dus sprake van een schuimlaag omdat deze gevormd wordt in de aanwezigheid van gas. Daarnaast vindt in een slibgistingstank ook flotatie plaats waardoor zich in de schuimlaag vaste deeltjes kunnen bevinden.

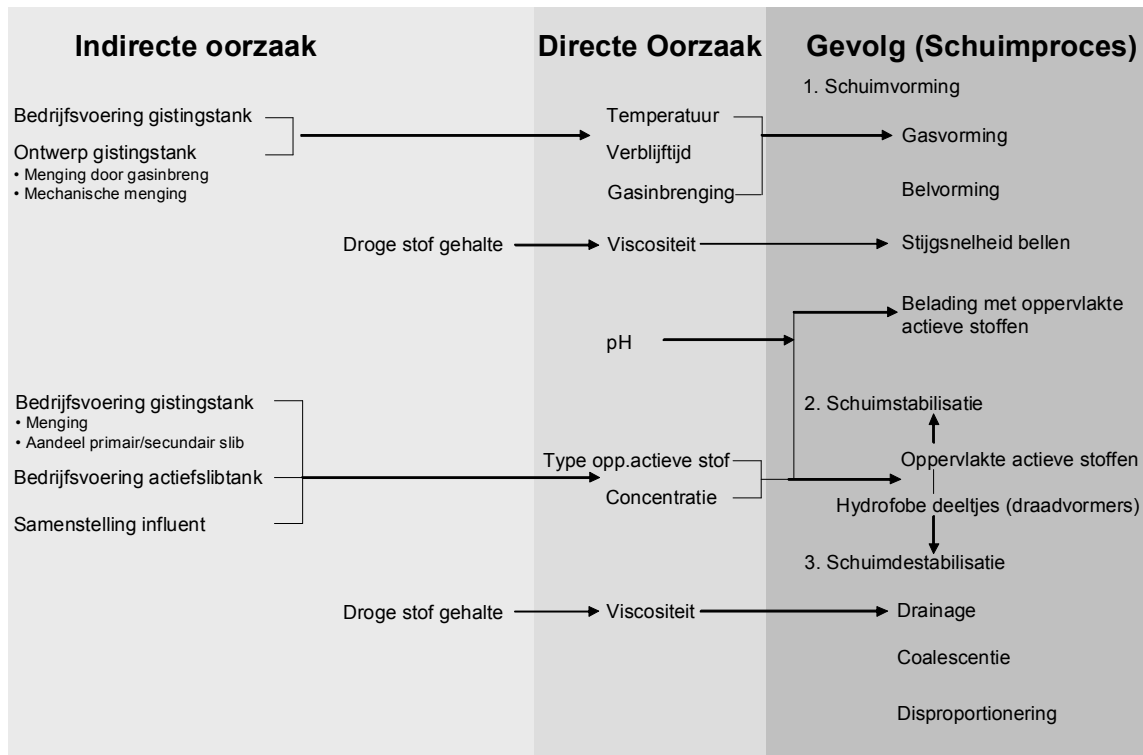
2.1.1 PROCES VAN SCHUIMVORMING

Het proces van schuimvorming en de parameters die daarop van invloed zijn, zijn weergegeven in figuur 1.

Het ontstaan van schuim vereist de aanwezigheid van gasbellen en die van oppervlakreactieve stoffen. Zonder oppervlakreactieve stoffen spatten de gasbellen aan het vloeistofoppervlak uit een en is er geen sprake van schuim. Schuimvorming tijdens de slibgisting begint met de aanvoer van gas naar het vloeistofoppervlak. Het gas kan zijn toegevoerd voor de menging van de gistingstank, of zijn gevormd door de omzetting van primair en of secundair slib. De mate waarin gas wordt gevormd wordt beïnvloed door onder andere de temperatuur en de verblijftijd in de slibgistingstank. De temperatuur en verblijftijd zijn resultanten van het ontwerp en de bedrijfsvoering van de gistingstank. Het gevormde gas lost tot zijn evenwichtsconcentratie op in de vloeistof. Op het moment dat de vloeistof meer dan verzadigd is met gas treedt belvorming op. De gevormde bellen stijgen op naar het oppervlak van het slibbed. De snelheid waarmee de bellen opstijgen wordt met name beïnvloed door de grootte van de bellen en de viscositeit van het slib, maar ook door de wijze van menging –en die maakt deel uit van het ontwerp van de gistingstank. De stijgsnelheid van de gasbellen is van belang voor de belading met oppervlakreactieve stoffen. Oppervlakreactieve stoffen verlagen de oppervlaktespanning en maken daarmee schuimvorming mogelijk. De mate waarin de opstijgende bellen beladen worden met oppervlakreactieve stoffen hangt naast de stijgsnelheid af van de concentratie en type oppervlakreactieve stoffen en de pH van de vloeistof.

Voorbeelden van oppervlakactieve stoffen zijn vetten, detergenten, oliën, eiwitten en hogere vetzuren. Deze componenten kunnen worden aangevoerd met het influent of kunnen worden gevormd in de actiefslib installatie of in de gistingstank. De beladen gasbellen die het oppervlak bereiken vormen een schuimlaag. In de schuimlaag bevinden zich tussen de schuimbellen dunne laagjes vloeistof, lamellen genaamd. De stabiliteit van de schuimlaag wordt bepaald door de mate waarin deze lamellen leeglopen. Met het leeglopen van de lamellen knappen de gasbellen en verdwijnt het schuim.

FIGUUR 1 PROCES VAN SCHUIMVORMING EN HOE DEZE DOOR PARAMETERS EN PROCESVOERING WORDEN BEÏNVLOED.



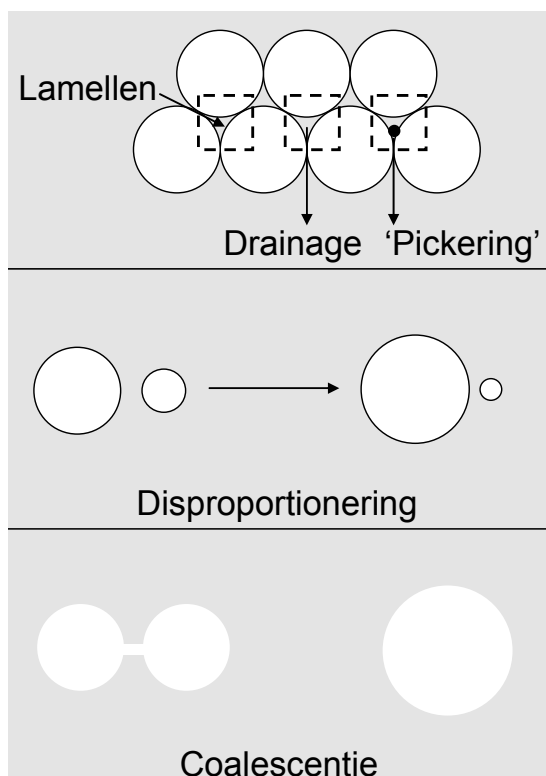
De drijvende kracht hiervoor is de zwaartekracht, maar de snelheid waarmee dit gebeurt, hangt af van de viscositeit van de vloeistof en de aanwezigheid van oppervlakactieve,- of hydrofobe deeltjes die het leegstromen van de lamellen kunnen belemmeren. Dit proces wordt ook wel 'pickering' genoemd. Een voorbeeld van hydrofobe deeltjes zijn draadvormende bacteriën (meer details in paragraaf 2.1.2).

Oppervlakactieve stoffen en hydrofobe deeltjes spelen dus een rol in zowel de stabilisatie als de destabilisatie van het schuim. Processen die verantwoordelijk zijn voor de destabilisatie zijn drainage, coalescentie, en disproportionering. Deze processen zijn schematisch weergegeven in figuur 2. Drainage is het leeglopen van de lamellen. Bij disproportionering diffundeert er gas vanuit een kleine gasbel naar een grotere gasbel, waardoor de gasbel nog groter wordt. Coalescentie is het samengaan van twee gasbellen.

Dit wordt veroorzaakt door het proces van het leeglopen van de lamellen tussen twee bellen. De gevormde grotere bellen in het schuim maken het schuim minder stabiel. Het uiteindelijk uit elkaar uit elkaar spatten van een grotere gasbel wordt ook coalescentie genoemd.

FIGUUR 2

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE PROCESSEN DIE BETROKKEN ZIJN BIJ DE STABILISATIE (PICKERING) EN DESTABILISATIE VAN SCHUIM (GROLLEN, 2008)



De vorming van schuim hangt dus samen met de vorming van gas en de aanwezigheid van oppervlakactieve stoffen en hydrofobe deeltjes. In een slibgistingstank zullen deze componenten aanwezig zijn. De mate waarin oppervlakactieve stoffen en hydrofobe deeltjes aanwezig zijn in de gistingstank hangt van vele factoren af. Dit hoeft echter niet te leiden tot een schuimprobleem. Dit is pas het geval indien het proces van destabilisatie langzamer verloopt dan het proces van schuimvorming en schuimstabilisatie. Daarnaast vormt schuim geen probleem als daar afdoende maatregelen voor zijn getroffen zoals de dosering van antischuim of een goede afvoervoorziening van schuim.

2.1.2 ROL VAN DRAADVORMERS

De rol van draadvormers is met name onderzocht in relatie met schuimvorming in beluchtingstanks. Uit deze onderzoeken komt naar voren dat voornamelijk twee soorten draadvormers een rol spelen bij schuimvorming in beluchtingstanks. Dit zijn *Microthrix parvicella* en *Gordonia amarae* (Heard *et al.*, 2008).

Deze bacteriën kunnen twee rollen spelen bij schuimvorming. Ten eerste is dat de productie van oppervlakactieve stoffen en ten tweede is dat het stabiliseren van schuim. Draadvormende bacteriën kunnen in de aanwezigheid van hydrofoob substraat oppervlakactieve stoffen afscheiden om het hydrofobe substraat te emulsificeren en op te nemen (Pagilla *et al.*, 2002). De uitgescheiden oppervlakactieve stoffen kunnen schuimvorming bevorderen. Naast de vorming van oppervlakactieve stoffen kunnen draadvormers schuim stabiliseren vanwege hun hydrofobe oppervlak. Dit is in de praktijk aangetoond in Zweden (Westlund, *et al.*, 1998) waarbij een netwerk van draadvormers werd gevonden rondom de schuimbellen. Daarnaast werd aangetoond dat draadvormende bacteriën aanwezig waren in schuim uit 58 waterzuiveringsinstallaties in Frankrijk (Pujol *et al.*, 1991).

De draadvormers in actief slib kunnen in een slibgistingstank gevormd schuim stabiliseren. De aanwezigheid van draadvormers in het schuim van slibgistingstanks is eerder aangetoond in Zweden (Westlund *et al.*, 1998) en Amerika (Pagilla *et al.*, 1997). Deze draadvormers waren in het laatste geval afkomstig uit het slib van de actiefslib installatie. Dat draadvormers als strikt aërobe organismen kunnen overleven onder anaërobe omstandigheden is aangetoond in twee onderzoeken (Ganidi, 2006). Het ging hierbij om de soorten *Gordonia spp.* en *Microthrix*. Hierbij kan nog worden aangetekend dat het wellicht niet uitmaakt of deze draadvormers actief of inactief zijn om bij te dragen aan schuimvorming en schuimstabiliteit. In geval van inactiviteit kunnen de draadvormers het schuim stabiliseren door hun hydrofobe oppervlak.

Draadvormers afkomstig uit actiefslib kunnen dus voor schuimproblemen zorgen in slibgistingstanks. Dit sluit aan bij de bevindingen uit het eerder gepubliceerde rapport over schuimvorming in gistingstanks (STOWA, 2007). De vorming van draadvormers in actiefslib installaties is ook onderzocht in relatie met de beheersing van licht slib (STOWA 2001-02). De in het rapport beschreven aanbevelingen om licht slib te beheersen kunnen dus ook een positieve invloed hebben op het beheersen van schuimvorming in een gistingstank.

2.1.3 ROL VAN OPPERVLAKTEACTIEVE STOFFEN

Oppervlakreactieve stoffen zijn moleculen die bij voorkeur adsorberen aan een vloeistof – gas oppervlak waardoor de oppervlaktespanning van de vloeistof daalt en schuimvorming mogelijk wordt (Heard *et al.*, 2008). Deze moleculen bevatten een hydrofiele en een hydrofobe groep. Voorbeelden van oppervlakreactieve stoffen die in de waterzuivering kunnen voorkomen zijn vetten, oliën, eiwitten en hogere vetzuren (met ketens langer dan vier C-atomen). Verder kunnen bacteriën waaronder draadvormers oppervlakreactieve stoffen uitscheiden tijdens groei en afsterving (zie paragraaf 2.1.2).

Vetten en oliën kunnen worden aangevoerd via het influent. Indien een voorbezinktank en/of vetvanger aanwezig is kunnen deze in de slibgisting terecht komen en schuimvorming bevorderen. Eiwitten en hogere vetzuren kunnen in de slibgistingstank vrijkomen door lysis van celmateriaal (eiwitten) en tijdens de omzetting van organisch materiaal (hogere vetzuren).

In een goed functionerende slibgistingstank worden eiwitten en hogere vetzuren in voldoende mate omgezet om de vorming van stabiel schuim te beperken.

Echter onder bepaalde omstandigheden kunnen deze ophopen, waardoor schuimvorming toe kan nemen. Deze omstandigheden kunnen een te hoge of variabele belasting zijn (Massart, *et al.*, 2006), een te lage temperatuur of een te korte verblijftijd (Halalsheh, 2002; Van Veldhuizen, 2006). In een zeer uitgebreide studie naar de oorzaken van schuimvorming kon alleen op laboratoriumschaal schuimvorming worden gerelateerd aan de aanwezigheid van BSA (eiwit) en valeriaanzuur (een hoger vluchtig vetzuur, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$) (Ganidi, 2006).

De oorsprong van oppervlakreactieve stoffen die in de slibgistingstanks schuimvorming mogelijk maken kunnen dus zijn:

- influent (vetten en oliën);
- actief slib (productie door draadvormers en andere bacteriën);
- slibgistingstank (eiwitten en hogere vetzuren, door te korte SRT of te lage temperatuur of door variatie in aanvoer of te hoge aanvoer).

2.1.4 ROL VAN POLYELEKTROLIET

Polymeren die worden gebruikt bij de indikking komen natuurlijk ook voor een gering deel in de slibgisting terecht. De polymeren, vaak co-polymeren van acrylaat en demethylaminoacrylaat (Bolto & Gregory, 2007), (Saveyn, *et al.*, 2009) zullen invloed hebben op de viscositeit van de vloeistof. De aanwezigheid van polyelektroliet zou enige negatieve invloed op de methaangisting hebben, door het negatieve effect op het massatransport. Over de invloed op schuimvorming wordt echter niet gerapporteerd (Chu, *et al.*, 2003). In een overzicht van enige slibvergisters met hoge ingangconcentraties (6-7%) en relatief korte verblijftijden (14-21 dagen) werd geen relatie tussen het gebruik van polyelektroliet en schuimvorming gevonden (Brown & Sale, 2002).

2.1.5 ROL VAN TYPE MENGING

Het belangrijkste doel van menging in een slibgistingstank is het in contact brengen van het te vergisten slib (primaire of secundaire) en het anaërobe slib in de gistingstank. Een goed contact is noodzakelijk voor een goede omzetting van het in het slib aanwezige organisch materiaal. Een beperkte omzetting van organisch materiaal kan leiden tot ophoping van oppervlakteactieve stoffen zoals eiwitten en hogere vetzuren. Op deze manier kan onvoldoende menging bijdragen aan de ophoping van oppervlakteactieve stoffen en daarmee het risico op schuimvorming vergroten. Een eventueel ander gevolg van onvoldoende menging is het onvoldoende loskomen van het gas van het slib, met mogelijk flotatie als gevolg.

Daarnaast speelt menging een rol bij de belading van gasbellen met oppervlakteactieve stoffen. Voor deze belading is voldoende contact nodig tussen de gasbellen en de vloeistoffase (slibmengsel). Dit contact wordt bepaald door de stijgsnelheid van de gasbellen. De mate van menging en het type menging zullen hier invloed op hebben. De invloed van de type menging is onderzocht aan twee gistinginstallaties in Amerika (Pagilla *et al.*, 1997). In dit onderzoek werd de gevoeligheid voor schuimvorming onderzocht in een gisting met mechanische menging en een met gasmenging. De bedrijfsvoering van beide gistingstanks was gelijk. De resultaten van dit onderzoek gaven de indicatie dat de tank met gasmenging gevoeliger was voor schuimvorming dan de tank met mechanische menging.

Echter in een onderzoek aan 15 slibgistingstanks in Engeland werd aangetoond dat schuimvorming in tanks optrad met zowel gasmenging (met en zonder recirculatie) als in tanks met mechanische menging (Ganidi, 2006). Hieruit volgt dat gasmenging vooralsnog niet als enige oorzaak van schuimvorming kan worden vastgesteld.

2.2 ERVARINGEN BINNENLAND

In 2007 is een STOWA rapport (STOWA, 2007) verschenen waarin het voorkomen van schuimvorming in slibgistingen in Nederland wordt besproken en geëvalueerd. In dit rapport is geïnventariseerd bij hoeveel rwzi's in Nederland het probleem van schuimvorming in slibgistingstanks een structurele rol speelt. Daarnaast is nagegaan in hoeverre de omvang van de problematiek van schuimvorming zich de laatste jaren heeft ontwikkeld. Verder is gekeken welke gemeenschappelijke factoren mogelijk verantwoordelijk zijn voor het veroorzaken van schuimvorming zoals deze in slibgistingstanks in Nederland voorkomen.

Uit het rapport is duidelijk geworden dat bij 25% van de aanwezige gistingstanks in Nederland schuimvorming een probleem vormt. Daarnaast bleek dat het aantal slibgistingstanks dat last heeft van schuimvorming is toegenomen. Deze toename bedroeg, gerekend vanaf 2001, circa 1 tot 2 gistingstanks per jaar.

De oorzaak van deze toename kan samenhangen met een aantal ontwikkelingen zoals:

- de tendens tot het toepassen van kortere verblijftijden;
- toename van het aandeel (extern) spuislib dat wordt meevergist;
- het toepassen van covergisting;
- hogere slibgehalten in de slibgisting door vergaande indikking van het spuislib;
- toename biologische fosfaatverwijdering op rwzi's met als resultaat andere slibeigenschappen van het te vergisten slib;
- toename van het aantal lager belaste actiefslib systemen in verband met verdergaande stikstofverwijdering waardoor spuislib al vergaand gemineraliseerd is.

In het genoemde STOWA rapport is een groot aantal factoren bekeken, dat als mogelijke oorzaak van schuimvorming kan worden aangeduid. Deze factoren zijn in te delen in drie categorieën:

- De kwaliteit van het slib:
 - de aanwezigheid van Bio-P slib;
 - de SVI waarde van het verwerkte spuislib;
 - de aanwezigheid van drijfslagen in de actiefslib installatie;
 - de hardheid van het leidingwater;
 - een afwijkende kwaliteit van het influent, bijvoorbeeld door industriële lozingen.
- De karakteristieke operationele factoren van de slibgistinginstallatie:
 - de hydraulische verblijftijd in slibgistingstank;
 - het drogestofgehalte in de slibgisting;
 - het aandeel van spuislib en extern slib in de totaal verwerkte hoeveelheid slib;
 - de specifieke gasbelasting van het scheidingsvlak slib-biogas;
 - de temperatuur van de slibgisting;
 - de mate van menging;
 - de aanwezigheid van zandlagen in de gistingstank die de verblijftijd verkorten.
- Ontwerp en constructie van de slibgistingstank.
 - de constructie van de sliboverloop en de mogelijkheid voor afvoer drijfslagen;
 - de methode van menging;
 - het oppervlak van het grensvlak slib-biogas.

Uit de uitgevoerde inventarisatie is duidelijk geworden dat van bovengenoemde factoren de aanwezigheid van drijfslagen in de aëratietank een belangrijke oorzaak kan zijn voor schuimvorming in slibgistingstanks. Drijfslagvorming in aëratietanks hangt vaak samen met het voorkomen van draadvormers in actief slib (onder andere *Nocardia* bacteriën). Deze draadvormers kunnen mogelijk (mede-)verantwoordelijk zijn voor schuimvorming in de slibgistingstank. Verder viel op dat alle slibgistingen met een verblijftijd < 20 dagen last hadden van structurele schuimvorming. Hetzelfde gold voor gistinginstallaties met een specifieke gasbelasting¹ hoger dan $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$

Naast bovengenoemd onderzoek is ook onderzoek gedaan naar de oorzaken van schuimvorming in de gistingstanks in Raalte en Deventer van het waterschap Groot Salland (Amecon, 2005). Uit dit onderzoek kwam naar voren dat het ontstaan van schuim in Deventer in ver-

1 Deze belasting is exclusief het gas wat voor menging wordt gebruikt. In hoeverre het inblazen van biogas een rol speelt bij schuimvorming is nog niet geheel uitgekristalliseerd.

band konden worden gebracht met de aanwezigheid van draadvormers in het spuislib en een verstoring in de warmtehuishouding. Na het plaatsen van een anti-schuim dosering en het oplossen van de verstoring in de warmtehuishouding was het schuimprobleem goed te beheersen (van Veldhuizen, 2006). De schuimproblemen in Raalte konden in verband worden gebracht met een verhoogd gehalte aan vetten in primair slib, de wisselende samenstelling van primair slib, een kortere verblijftijd in de slibgisting (~15 dagen) en relatief zacht water. Om het schuimprobleem in Raalte te beheersen is er een antischuim gedoseerd. Daarnaast is de doseerinstallatie van drinkwaterslib aangepast zodat de samenstelling van het primair slib weer stabiel werd en de verblijftijd in de tank tot 23 dagen kon worden verlengd. Voor het verhogen van de hardheid van het water is tevens de dosering van drinkwaterslib verhoogd. Verder is de menging in de tank geïntensiveerd en is de temperatuur verhoogd (van Veldhuizen, 2006).

Naast het onderzoek in Raalte en Deventer is er ook onderzoek gedaan naar de oorzaken van schuimvorming in de gistingstanks op de rwzi Meppel (Amecon 2006). Op de rwzi Meppel zijn twee gistingstanks aanwezig waarin primair en secundair slib kan worden vergist. Echter, bij het vergisten van primair en secundair slib treedt direct schuimvorming op, bij het vergisten van alleen primair slib wordt alleen incidenteel schuimvorming waargenomen. Uit het onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming in Meppel is gebleken dat:

- de schuimvorming bij de vergisting van zowel primair als secundair slib moet worden toegeschreven aan de specifieke eigenschappen van het secundair slib, en dan met name de aanwezigheid van draadvormers;
- Hydrodynamische desintegratie² van het secundaire slib waarbij een lage energie inbreng werd toegepast, leidde niet tot een verlaging van de schuimvorming, maar leidde tot een verhoging van de schuimpotentie –dat is het vermogen van het slib-watremengsel om schuim te vormen;
- de aanwezigheid van een substraatgradiënt in de gisting en een hoge gasbelasting schuimvorming mogelijk bevorderen.

Sinds het uitgevoerde onderzoek in 2006 wordt op de rwzi Meppel alleen primair slib vergist en is er extra beluchting geplaatst waardoor de SVI van het slib sterk is verbeterd. Uit de praktijk blijkt echter dat bij een geringe toevoer van secundair slib nog steeds schuimproblemen optreden (persoonlijke mededeling F. Brandse).

Uit de praktijk op de rwzi Hengelo is gebleken dat het meevergisten van de drijfslag van de voorbezinktanks leidde tot schuimproblemen in de slibgistingstanks (persoonlijke mededeling M. Oosterhuis). Mogelijk waren de in de drijfslag aanwezige vetten verantwoordelijk voor de schuimproblemen.

2.3 ERVARINGEN BUITENLAND

In Zweden is onderzoek gedaan naar de oorzaken van schuimvorming in slibgistingstanks (Westlund *et al.*, 1998). Het onderzoek richtte zich voornamelijk op de aanwezigheid van draadvormers in schuim uit slibgistingstanks. Deze slibgistingstank stonden in de regio van Stockholm en behandelde het slib uit systemen met biologische stikstofverwijdering en chemische fosfaatverwijdering in propstroomreactoren. In het schuim van de slibgistingstanks

2 De desintegratie van het slib wordt bereikt door cavitatie die wordt opgewekt bij een druk van 12 bar in een CROWN[®] desintegrator van Biogest[®]

werden voornamelijk draadvormers van het type *Microthrix parvicella* aangetroffen die een netwerk rondom de gasbellen vormden. Om schuimvorming te beheersen zijn diverse maatregelen getroffen. Ten eerste is de slibleeftijd in de aëratietanks verlaagd (slibbelasting omhoog) om de groei van *Microthrix parvicella* te beperken. Deze maatregel leidde tot een vermindering van de schuimproblemen, maar had als nadeel dat verwijdering van stikstof afnam. Verder zijn er poly-aluminium zouten gedoseerd als anti-schuim en zijn er topmengers geïnstalleerd om het schuim kapot te slaan. De oorzaken en effecten van schuimvorming werden in twee slibgistingstanks in Amerika onderzocht (Pagilla *et al.*, 1997). Het betrof hier een slibgisting waarin menging plaatsvond door gas en één door mechanische menging. In dit onderzoek werden gedurende tien maanden elke week slibmonsters genomen op diverse hoogtes in de slibgistingstank. Van de slibmonsters werd het slibgehalte en de 'specific gravity' (zie voor uitleg paragraaf 2.5.1) bepaald. Door middel van deze metingen kon de mate van schuimvorming worden bepaald en de diepte van de schuimlaag. Naast deze metingen zijn de prestaties van de gistingen gevolgd, en zijn metingen verricht aan het actief slib uit de aanleverende zuiveringsinstallatie om de hoeveelheid draadvormers te bepalen. Uit de resultaten bleek dat de gistingstank met gasmenging gevoeliger was voor schuimvorming dan de gistingstank met mechanische menging.

In een ander onderzoek uitgevoerd in Amerika wordt de nadruk gelegd op de bedrijfsvoering van de slibgistingstank in relatie met schuimvorming (Massart *et al.*, 2006). In dit artikel wordt gesteld dat een stabiele aanvoer van slib naar de gisting bijdraagt aan minder schuimvorming. Belangrijk hierbij is dat de aanvoer van de hoeveelheid slib naar de gisting door monitoren goed wordt gecontroleerd. Hierbij werd gekeken naar:

- het registreren van het aanvoerdebiet van primair en surplusslib;
- het handhaven van drogestofgehalten tussen de 4,5 en 5%;
- het dagelijks monitoren van de karakteristieken van het primair en secundair slib om variaties in organische belasting te registreren;
- de variatie in organische belasting beperken tussen de 5 en 10%;
- het handhaven van een lager slibniveau in de voorbezinktanks om vorming van vetzuren te voorkomen die de bedrijfsvoering van de gisting kunnen verstoren.

2.4 SAMENVATTING ERVARINGEN

Op basis van de ervaringen op praktijkschaal in binnen- en buitenland komt naar voren dat de volgende parameters mogelijk bijdragen aan schuimproblemen in slibgistingstanks:

- aanwezigheid van draadvormers in secundair slib dat wordt vergist (relatie met drijfslagen in de beluchtingsruimte);
- te lage temperatuur;
- aanwezigheid van vetten in primair slib;
- wisselende samenstelling van primair slib;
- niet stabiele aanvoer;
- te korte verblijftijd;
- hardheid water (zachter water leidt tot een lagere oppervlaktespanning);
- hoge gasbelasting (ruimte om enige mate van schuimvorming te hebben en/of gevormd schuim af te voeren).

2.5 BESCHIKBARE ANALYSES

Er zijn in het onderzoek naar schuimvorming in slibgistingstanks en actiefslib installaties diverse analyses uitgevoerd die hieronder kort zullen worden besproken.

2.5.1 ANALYSES VAN SCHUIM

De aanwezigheid van schuim kan worden aangetoond door het bepalen van de “*specific gravity*” van een monster uit de slibgistingstank. Van het monster wordt voor een bepaald volume de massa bepaald. Van een gelijk volume gedemineraliseerd water wordt tevens de massa bepaald. Hieruit kan de ratio worden berekend tussen de massa van het slibmonster en de massa van het water. Wanneer deze ratio kleiner dan 1 is, kan dit duiden op de aanwezigheid van gasbellen in het slib. Deze analyse is gebruikt door Pagilla (Pagilla *et al.*, 1997). In dit onderzoek werden op diverse dieptes van de slibgisting de ‘*specific gravity*’ van het slib bepaald. Op deze manier kon ook inzicht worden verkregen in de hoogte van de schuimlaag.

Daarnaast kan de concentratie gesuspendeerd materiaal worden bepaald van slibmonsters en schuimmonsters uit de slibgistingstanks. De bepaling kan worden gedaan met de standaardmethodes voor TS (total solids) en TSS (total suspended solids).

Wanneer in de schuimlaag een hogere concentratie TS wordt gevonden dan in het slib uit de slibgisting duidt dit op het floteren van slibmateriaal (Pagilla *et al.*, 1997).

2.5.2 SCHUIMPOTENTIAAL EN SCHUIMSTABILITEIT

De schuimpotentiaal van slib kan worden gemeten door een bepaald volume slib in een bepaalde tijd te beluchten waarna de hoogte van de schuimlaag wordt bepaald. Daarna wordt de tijd waarin de schuimlaag weer verdwijnt bepaald. Het eerste zegt iets over de potentieel van slib om te schuimen, het tweede zegt iets over de stabiliteit van het gevormde schuim.

Deze methode is toegepast door Blackall (1989) en Hug (2006) voor onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming in actiefslib systemen.

2.5.3 OPPERVLAKTEACTIEVE STOFFEN

Een directe methode om oppervlakteactieve stoffen te meten is door middel van chemische analyses. Stoffen die kunnen worden geanalyseerd zijn: eiwitten, hogere vetzuren en vetten.

Oppervlakteactieve stoffen verlagen de oppervlaktespanning van het water. Een indirecte methode om de aanwezigheid van oppervlakteactieve stoffen te bepalen is het meten van de oppervlaktespanning van het filtraat van een slibmonster of schuimmonster. Hiervoor zijn diverse methodes beschikbaar. Voorbeelden zijn de Du Noüy Ring methode en de Wilhelmy plaat methode (Wikipedia).

2.5.4 DRAADVORMERS

Voor het identificeren van draadvormers zijn diverse technieken beschikbaar.

- Draadvormende bacteriën kunnen geïdentificeerd worden op basis van verschillen in morfologie (Fasecontrast microscoop; methode beschreven door Eikelboom en van Buijsen, 1983).
- Het kleuren (Staining) van monsters om onderscheid te maken tussen grampositieve en gramnegatieve bacteriën. Gebruikte techniek is van Gram en Neisser (methode beschreven door Eikelboom en van Buijsen, 1983).
- *Nocardia filaments counts* (Pagilla, *et al.*, 1997).

2.6 SYMPTOOMBESTRIJDING

Het bestrijden van schuim kan worden ingedeeld in de volgende 3 categorieën:

- Mechanische methoden
- Fysische methoden
- Chemische methoden

Deze methodes zullen in de volgende paragrafen worden beschreven. Het grootste deel van de informatie in deze paragrafen is afkomstig uit het proefschrift van Ganidi (Ganidi, 2006).

2.6.1 MECHANISCHE METHODEN

Er zijn diverse apparaten beschikbaar die kunnen worden ingezet voor de bestrijding van schuim. De eerste groep apparaten betreft injectoren, ejectoren, 'orifices'³ en vacuümsystemen. Het principe van deze apparaten is dat zij plotseling de druk in de schuimlaag verlagen waardoor de schuimbellen barsten. Een tweede groep apparaten zijn ronddraaiende platen, roerders en mixers die geplaatst worden boven in de gistingstanks zodanig dat zij voor een deel in de schuimlaag hangen. Door de beweging van deze apparaten in de schuimlaag verandert de druk waardoor het schuim uiteenvalt. Daarnaast worden ook centrifuges en cyclonen ingezet.

Het schuim wordt door deze apparaten geleid, waarbij door de centrifugale krachten het gas uit het schuim wordt geslagen. Het gas wordt afgevoerd en de achtergebleven vloeistof wordt terug naar de reactor gebracht.

Een andere mechanische methode om schuim te breken is het toepassen van trillingen. Het effect van deze techniek is echter nog niet onderzocht in anaërobe vergisters; daarnaast zal er nog gekeken moeten worden naar de benodigde ruimte en mogelijke complicaties bij de bedrijfsvoering.

Een laatste effectieve mechanische bestrijding van schuim is het sproeien met water of met het gegiste slib. Nadeel van de toepassing met water is dat er extra vloeistof aan de tank wordt toegevoegd, waardoor dit een negatieve invloed heeft op de hydraulische verblijftijd van het slib in de tank. Het verspreiden van slib door nozzles over de schuimlaag heeft als nadeel het blokkeren van de nozzles.

2.6.2 FYSISCHEN METHODEN

Er zijn drie fysische methoden bekend waarmee schuimvorming wordt bestreden. Deze zijn: geluidstrillingen (ultrasound), thermische desintegratie van het schuim en toepassing van een elektrische behandeling. Door het toepassen van geluidstrillingen wordt het leeglopen (drainage) van de lamellen bevorderd, waardoor het schuim sneller destabiliseert. Belangrijk voor de mate van destabilisatie is de toegepaste frequentie en amplitude van de geluidstrilling. Er hebben echter nog geen onderzoeken plaatsgevonden naar de toepasbaarheid van deze techniek in slibgistingstanks. Het toepassen van thermische desintegratie kan leiden tot een expansie van de gasbellen en het verdampen van water uit de lamellen tussen de gasbellen. In beide gevallen zal het schuim sneller destabiliseren en uit elkaar kunnen vallen. Om de warmte over te brengen kunnen warme draden of een warmtewisselaar geplaatst worden boven het sliboppervlak. Ook voor deze techniek geldt dat er nog geen ervaringen zijn met slibgistingstanks. De laatste mogelijkheid die wordt genoemd is het toepassen van een elektrische stroom. Over de effectiviteit van deze maatregel is weinig bekend.

3 Een orifice is een plaat met een smalle opening die in een buis is geplaatst. En wordt ook wel gebruikt om de stroomsnelheid in een buis te meten (Wikipedia.org)

2.6.3 CHEMISCHE METHODEN

Bestrijding van schuim door middel van chemische methoden gebeurt door de toepassing van antischuimmiddelen. Dit zijn oppervlakreactieve stoffen die de viscositeit van de vloeistof verlagen waardoor het schuim sneller destabiliseert.

In de praktijk blijkt dat de effectiviteit van een antischuimmiddel afhangt van het type middel, het type schuim, de stoffen die het schuim veroorzaken en de plaats waar het middel wordt toegediend. Dit wordt bevestigd door onderzoek dat in Zweden is uitgevoerd. In dit onderzoek werd aan drie slibgistingstanks hetzelfde middel (polyaluminium zout voor de bestrijding van draadvormers) toegediend, waarbij het middel maar bij één slibgistingstank effectief was.

Het feit dat het niet effectief was bij de andere gistingstank werd toegeschreven aan de slechte menging tussen het middel en de slibstroom (Westlund *et al.*, 1998). Op basis van bovenstaande is het van belang om een antischuimmiddel te selecteren op basis van een test, waarbij verschillende middelen worden getest. Belangrijk is om te kijken naar de effectiviteit van het middel, de afbraaksnelheid, de hoeveelheid die benodigd is en de locatie van de dosering. Het belang van de locatie van de dosering van anti-schuim werd vastgesteld in het onderzoek naar de oorzaken en bestrijding van schuimvorming in Raalte en Deventer. De handmatige toevoer van antischuim in de toevoerleiding leidde niet tot een beheersing van de schuimproblematiek. Op het moment dat de dosering continu plaats vond en de dosering plaats vond op het sliboppervlak en de slibrecirculatie kon het schuimprobleem worden beheerst (Amecon, 2006).

2.7 HYPOTHESES

Uit de verzamelde informatie blijkt dat oppervlakreactieve stoffen noodzakelijk zijn voor schuimvorming en stabilisatie van het schuim. Oppervlakreactieve stoffen die worden genoemd zijn vetten, oliën, eiwitten en hogere vetzuren. Daarnaast blijken draadvormers een belangrijke rol te spelen in het stabiliseren van schuim en bovendien zijn zij in staat om oppervlakreactieve stoffen te produceren. Verder is gebleken dat een goede afvoer van slib (lage gasbelasting) belangrijk is voor de beheersing van schuimproblemen. Het doseren van anti-schuim op het sliboppervlak en in de slibrecirculatie draagt tevens bij aan het beheersen van schuimproblemen. Op basis van bovenstaande kunnen de volgende hypothesen worden opgesteld:

SCHUIMVORMING

- 1 Elke slibgistingstank heeft de potentie tot schuimvorming.
- 2 Een lagere oppervlaktespanning van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie.
- 3 De oppervlakreactieve stoffen die in een slibgistingstank aanwezig zijn leiden tot een verlaging van de oppervlaktespanning. Dit zijn vetten, eiwitten en hogere vetzuren.
- 4 Een lagere hardheid van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie.
- 5 Een hogere viscositeit van het slib leidt tot een hogere schuimpotentie.
- 6 Een slibgisting die niet goed presteert (reductie van organische stof, biogasproductie) heeft een hogere schuimpotentie door de aanwezigheid van oppervlakreactieve stoffen, als gevolg van de verslechtering van de afbraak van onder andere hogere vetzuren.

SCHUIMSTABILITEIT

- 7 Een slibgistingstank met een hoge schuimpotentie produceert een meer stabiele schuimlaag.
- 8 Oppervlakreactieve stoffen dragen bij aan de stabiliteit van het schuim.
- 9 Draadvormers dragen bij aan de stabiliteit van het schuim.

SCHUIMBEHEERSING

- 10 De afvoer van schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek.
- 11 De dosering van anti-schuim leidt tot een goede beheersing van de schuimproblematiek.

In het volgende hoofdstuk zal worden beschreven hoe bovenstaande hypothesen zijn getoetst.

3

ONDERZOEKSOPZET

3.1 LOCATIE METINGEN

Voor een goede toetsing van de hypothesen is het van belang dat metingen worden uitgevoerd aan slibgistingstanks die last hebben van schuimvorming en aan slibgistingstanks die daar geen last van hebben. Deze laatste categorie slibgistingstanks kunnen worden gezien als referentie. De eerste categorie slibgistingstanks is verder opgesplitst in slibgistingstanks die wel last hebben van schuimvorming, maar geen probleem opleveren en slibgistingstanks waarbij het gevormde schuim wel leidt tot problemen. Samenvattend zijn voor het onderzoek slibgistingstanks geselecteerd in de volgende drie categorieën:

- Categorie 1 : Geen schuimvorming hebben (referentie).
- Categorie 2 : Schuimvorming, en geen schuimprobleem.
- Categorie 3 : Schuimvorming, en wel schuimprobleem.

Op basis van bovenstaande drie categorieën zijn zes slibgistingstanks geselecteerd. Deze gistingen en de desbetreffende categorie zijn samengevat in tabel 1.

TABEL 1 OVERZICHT LOCATIE SLIBGISTINGSTANKS EN BIJBEHORENDE CATEGORIE

| Locatie slibgistingstanks | Categorie |
|---------------------------|-----------|
| rwzi Veendam | 1 |
| rwzi Waalwijk | 1 |
| rwzi Meppel | 1 |
| rwzi Hengelo | 2 |
| rwzi Scheemda | 3 (was 2) |
| rwzi Enschede | 3 |

De slibgistingstanks in Meppel zijn ingedeeld in categorie 1, omdat op moment van de metingen daar alleen primair slib werd vergist en geen schuimvorming optrad. Dit treedt wel op indien aan de tanks secundair slib wordt toegevoegd, in dit geval zouden de slibgistingstanks in categorie 3 vallen.

De karakteristieken van de op deze locaties aanwezige slibgistingstanks worden in de volgende paragraaf besproken.

3.2 KARAKTERISTIEKEN GISTINGEN

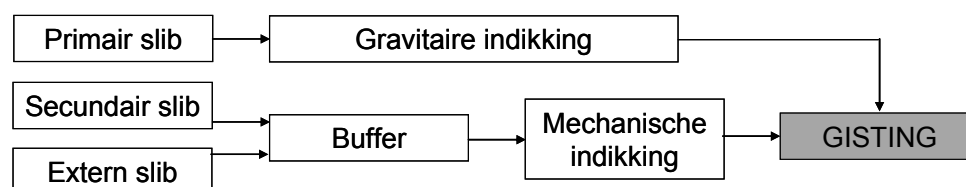
3.2.1 RWZI VEENDAM

Op de rwzi Veendam wordt het afvalwater eerst voorbezonden. Op de voorbezinktank is voorzien in de afvoer van vet. Het afgevoerde vet wordt niet vergist in Veendam, maar wordt in de meeste gevallen getransporteerd naar de gisting in Assen. Na de voorbezinktank wordt het afvalwater behandeld in een carrousel, met voordennitrificatie. Verwijdering van fosfaat vindt chemisch plaats door de dosering van polyaluminiumchloride (PolyAlCl). Door de dosering van PolyAlCl ligt de SVI ruim onder de 100 ml/g en worden geen drijfslagen waargenomen in de carrousel. Beluchting van het slib-watermengsel vindt plaats door middel van puntbeluchters.

Het primaire en secundaire slib worden naast extern slib (Ter Apel, Stadskanaal, Gieten en Tweede Exloërmond) vergist in één slibgistingstank. De aanvoer van slib naar de gisting en de karakteristieken van de gisting zijn weergegeven in tabel 2.

TABEL 2

AANVOER EN KARAKTERISTIEKEN GISTING RWZI VEENDAM



| Parameter | Eenheid | Waarde |
|--------------------|----------------|---|
| Aantal tanks | - | 1 |
| Volume (totaal) | m ³ | 1.600 |
| Hoogte tank | m | 15,2 |
| Hoogte slibbed | m | 14,7 |
| Plaats slibaanvoer | m | 4,5 bij recirculatie |
| Plaats slibafvoer | m | 13,3m |
| Aanvoerpatroon | - | Primair: op slibspiegel gravitaire indikker Secundair: continu |
| Type menging | - | Bima ¹ |
| Schuimafvoer | - | via sliboverstort (op 14,7m) |

Voordat het primair slib gravitair wordt ingedikt wordt hieruit eerst het zand verwijderd. Bij het indikken van het secundaire slib wordt PE gedoseerd. De bedrijfsvoering van de slibgistingstank wordt in paragraaf 4.2.6 besproken (geldt voor alle gistingstanks). De werking van het Bima systeem staat beschreven in bijlage 1.

3.2.2 RWZI WAALWIJK

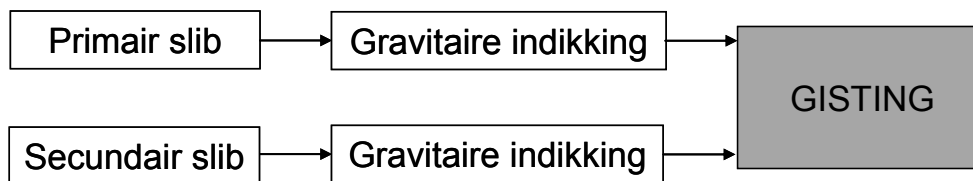
Op de rwzi Waalwijk wordt het afvalwater eerst voorbezonden. Op de voorbezinktank is voorzien in de afvoer van vet. Het afgevoerde vet wordt extern verwerkt. Na de voorbezinktank wordt het afvalwater behandeld in twee reactoren bestaande uit een anoxische en aërobe ring (bellenbeluchting). Er vindt op de rwzi Waalwijk geen fosfaatverwijdering plaats, wel wordt er in de periode oktober – april PolyAlCl gedoseerd in de influentleiding, in eerste instantie bedoelt voor licht slib bestrijding. De SVI van het slib bedraagt in de zomer gemiddeld 100 ml/g, in de winter stijgt deze naar 150 ml/g. Drijfslagen worden waargenomen in de aëratietank en de nabezinktank. In de nabezinktank worden de drijfslagen verwijderd door continu besproeiing van het oppervlak.

¹ Biogas induced mixing arrangement.

In de slibgistingstank van de rwzi Waalwijk wordt alleen het eigen primair en secundaire slib vergist. De aanvoer van slib naar de gisting en de karakteristieken van de gisting zijn weergegeven in tabel 3.

TABEL 3

AANVOER EN KARAKTERISTIEKEN GISTING RWZI WAALWIJK



| Parameter | Eenheid | Waarde |
|--------------------|----------------|---|
| Aantal tanks | - | 1 |
| Volume (totaal) | m ³ | 3.200 |
| Hoogte tank | m | 15 |
| Hoogte slibbed | m | 14,8 |
| Plaats slibaanvoer | m | 0,6 |
| Plaats slibafvoer | m | 14,8m |
| Aanvoerpatroon | - | Primair: loop-wachttijd Secundair: loop-wachttijd |
| Type menging | - | gas |
| Schuimafvoer | - | via drijfslagafvoerbak (op 14,8m) afmeting 3 x 0,75m |

Dosering van slib vindt in Waalwijk 24 keer per dag plaats, waarbij per dosering de toevoer van primair en secundair slib achter elkaar plaats vindt.

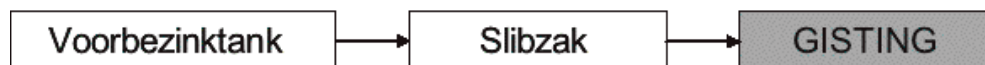
3.2.3 RWZI MEPPEL

Op de rwzi Meppel wordt het afvalwater eerst voorbezinken. Op de voorbezinktank is voorzien in de afvoer van vet. Het afgevoerde vet wordt afgevoerd naar de gisting in Beilen. Behandeling van het afvalwater vindt vervolgens plaats via het Phoredox proces, waarin de verwijdering van fosfaat biologisch plaatsvindt. De beluchting van het slib- watermengsel vindt plaats via punt- en bellenbeluchting. Door het plaatsen van de bellenbeluchting is de bezinkbaarheid van het slib toegenomen. Voorheen werd een SVI van 135 ml/g waargenomen, met de nieuwe beluchting ligt deze nu rond de 100 ml/g. Door de aanpassing in de beluchting zijn ook geen drijfslagen meer waargenomen op de aëratietanks.

In de slibgistingstank van de rwzi Meppel wordt alleen het eigen primaire slib vergist. Vergisting van het secundaire slib is ook na de aanpassing in de beluchting niet mogelijk gebleken, vanwege problemen met schuim. De aanvoer van slib naar de gisting en de karakteristieken van de gisting zijn weergegeven in Tabel 4.

TABEL 4

AANVOER EN KARAKTERISTIEKEN GISTING RWZI MEPEL



| Parameter | Eenheid | Waarde |
|--------------------|----------------|----------------------------|
| Aantal tanks | - | 2 |
| Volume (totaal) | m ³ | 2.000 |
| Hoogte tank | m | 15,5 |
| Hoogte slibbed | m | 15,0 |
| Plaats slibaanvoer | m | 3,5 |
| Plaats slibafvoer | m | 15,0m |
| Aanvoerpatroon | - | Primair: loop-wachttijd |
| Type menging | - | Heatamix |
| Schuimafvoer | - | via slibafvoer (op 15,0 m) |

De aanvoer van primair slib vindt plaats via een loop-wachttijd regeling, waarbij de tanks om en om gedurende een uur worden gevoed. Voeding naar de tanks wordt stilgezet indien het DS gehalte in de slibzak kleiner dan 4% is. Menging van de beide gistingstanks vindt plaats via het Heatamix systeem, een systeem waarin gasmenging door biogasrecirculatie is gecombineerd met een inwendige warmtewisselaar. Meer details over de wijze van menging zijn weergegeven in bijlage 2.

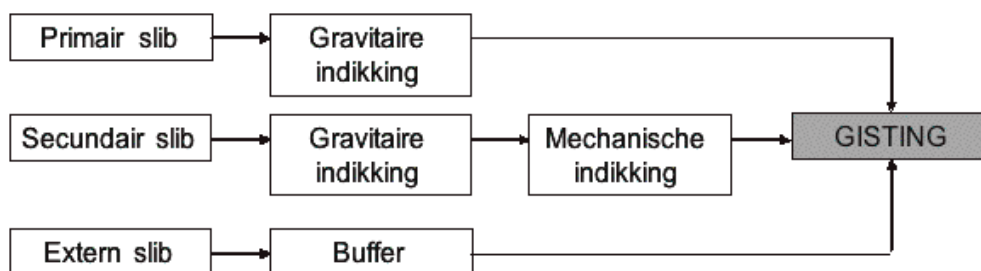
3.2.4 RWZI HENGELO

Het afvalwater wordt in Hengelo voorbezonden in zes voorbezinktanks. Op de voorbezinktanks is voorzien in de afvoer van vet. Het afgevoerde vet wordt twee keer per jaar afgevoerd naar een externe verwerker. Het afvalwater wordt achtereenvolgens behandeld in een anaërobe selector, en een beluchtingsreactor bestaande uit een anoxische, facultatieve en aërobe ring. Fosfaat wordt biologisch verwijderd, en indien noodzakelijk aanvullend chemisch. Het slib-watmengsel wordt belucht door middel van bellenbeluchting. Op de rwzi Hengelo wordt een SVI van gemiddeld 110 ml/g waargenomen. Drijfslagen worden waargenomen wanneer er een temperatuursomslag in circuit wordt waargenomen (najaar / voorjaar). Drijfslagen worden verzameld in putten en via terreinriolering weer in de waterlijn gebracht.

In de slibgistingstank van de rwzi Hengelo wordt naast het eigen primaire en secundaire slib ook het slib van andere rwzi's (Almelo, Vriezenveen, Oldenzaal en Nijverdal) verwerkt. De aanvoer van slib naar de gisting en de karakteristieken van de gisting zijn weergegeven in tabel 5.

TABEL 5

AANVOER EN KARAKTERISTIEKEN GISTING RWZI HENGELO



| Parameter | Eenheid | Waarde |
|--------------------|----------------|---|
| Aantal tanks | - | 3 |
| Volume (totaal) | m ³ | 12.000 |
| Hoogte tank | m | 27-28 |
| Hoogte slibbed | m | 26-27 (1m onder dak) |
| Plaats slibaanvoer | m | onderin |
| Plaats slibafvoer | m | 15,0m |
| Aanvoerpatroon | - | Primair: loop-wachttijd |
| | - | Secundair: loop-wachttijd |
| | - | Extern: loop-wachttijd |
| Type menging | - | Gas |
| Schuimafvoer | - | op hoogte slibbed (lengte van 0,5m, extra overstort van 2m) |

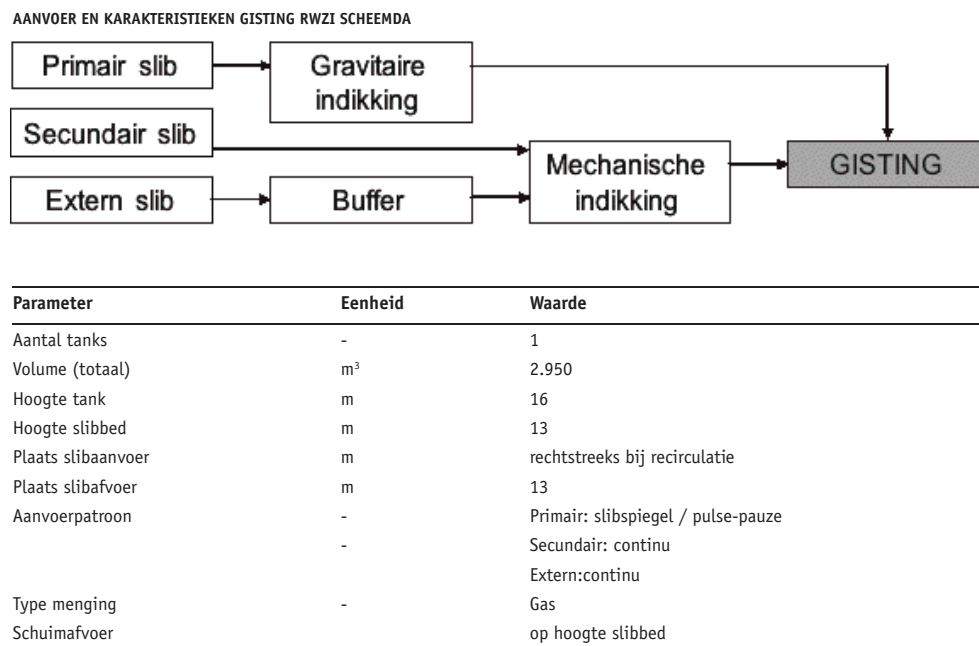
De drie slibgistingstanks in Hengelo worden in cycli van 2 uur achter elkaar gevuld, waarbij de tanks achtereenvolgens met primair, secundair en extern slib worden gevoed.

3.2.5 RWZI SCHEEMDA

In de waterlijn op de rwzi Scheemda bevindt zich een zand- en vetvanger, het afgevangen vet wordt afgevoerd en niet verwerkt in de gisting. Het voorbezonden afvalwater wordt behandeld volgens het m-UCT proces, fosfaat wordt dus biologisch verwijderd (aanvullend chemisch indien noodzakelijk). Het slib-watermengsel wordt belucht door middel van bel-lenbeluchting. De bezinkbaarheid van het slib is goed te noemen met een gemiddelde van 110 ml/g (2009), wel worden op de nabezinktank soms drijfslagen waargenomen. Deze worden hier verwijderd en niet verwerkt op de rwzi, maar afgevoerd naar externe partij.

In de slibgistingstank van de rwzi Scheemda wordt naast het eigen primaire en secundaire slib ook het slib van andere rwzi's (Oude Pekela, Vriescheloo, Bellingwolde, Scheve Klap) verwerkt. De aanvoer van slib naar de gisting en de karakteristieken van de gisting zijn weer-gegeven in tabel 6.

TABEL 6



In de periode tot de zomer van 2009 werd de toevoer van het primair slib naar de slibgistingstanks geregeld op basis van de slibspiegelmeting in de indikker. Na deze periode is overgestapt op een puls-pauze regeling, zodat een meer gelijkmatige voeding van primair slib wordt verkregen. Bij piekaanvoer kan het primair slib worden gebufferd. Het secundaire slib van de eigen rwzi en het externe slib wordt tezamen ingedikt, wat resulteert in een hoog PE verbruik (10,5 g PE/kg DS). Om deze reden heeft het waterschap besloten een tweede band-indikker te installeren zodat de beide stromen gescheiden ingedikt kunnen worden.

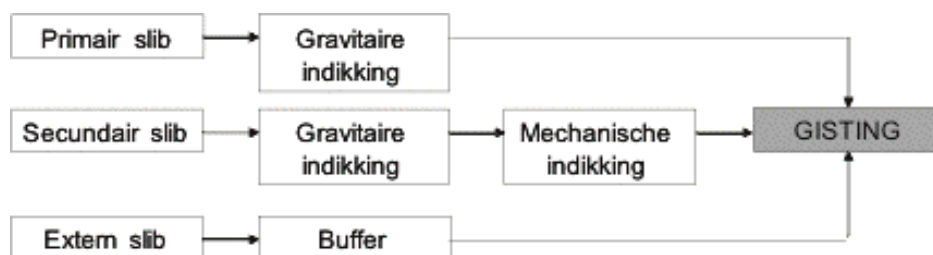
3.2.6 RWZI ENSCHEDE

Het afvalwater wordt in Enschede voorbezonden in vier ronde afgedekte voorbezinktanks. Op de voorbezinktanks is voorzien in de afvoer van vet. Het afgevoerde vet wordt niet verwerkt op de rwzi maar naar een externe partij afgevoerd. Na de voorbezinkers wordt het afvalwater achtereenvolgens behandeld in een anaërobe selector (bio-P) en drie beluchtingstanks, welke zijn voorzien van bellenbeluchting. Op de rwzi Enschede wordt voor het slib een gemiddelde SVI van 115 ml/g waargenomen. Drijfslagen op de nabezinktanks worden afgevoerd en extern verwerkt.

In de slibgistingstank van de rwzi Enschede wordt naast het eigen primaire en secundaire slib ook het secundaire slib van andere rwzi's uit het beheersgebied van Waterschap Regge & Dinkel verwerkt. De aanvoer van slib naar de gisting en de karakteristieken van de gisting zijn weergegeven in tabel 7

TABEL 7

AANVOER EN KARAKTERISTIEKEN GISTING RWZI ENSCHEDE



| Parameter | Eenheid | Waarde |
|--------------------|----------------|----------------------------|
| Aantal tanks | - | 3 |
| Volume (totaal) | m ³ | 11.010 |
| Hoogte tank | m | 14; 14 en 10,5 |
| Hoogte slibbed | m | 13; 13 en 9,5 |
| Plaats slibaanvoer | m | Onderin (+/- 6m van bodem) |
| Plaats slibafvoer | m | 13 |
| Aanvoerpatroon | - | Primair: timer |
| | - | Secundair: timer |
| | - | Extern: timer |
| Type menging | - | Gas |
| Schuimafvoer | - | op hoogte slibbed |

De drie slibgistingstanks worden afwisselend gevoed met een mengsel van de drie slibstromen.

3.3 TOETSING HYPOTHESES

3.2.6 FASERING ONDERZOEK

Het onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming aan de hand van de gestelde hypothesen is uitgevoerd in twee fasen. In de eerste fase zijn alle 6 slibgistingstanks eenmaal bezocht. Uit de resultaten van de eerste fase konden de opgestelde hypothesen nog niet voldoende worden getoetst, dit geldt met name voor hypothese 9 over de rol van draadvormers. Hierop zijn de metingen aan de zes slibgistingstanks herhaald en is de slibgisting in Enschede in de tijd gevolgd om met name de rol van draadvormers te onderzoeken. Een overzicht van de bezoeken die hebben plaatsgevonden in fase 1 en 2 zijn samengevat in tabel 9.

TABEL 8

DATA BEZOEKEN SLIBGISTINGSTANKS IN FASE 1 EN 2

| Locatie gisting | Fase 1 | Fase 2 |
|-----------------|-------------|------------------|
| rwzi Veendam | 7 mei 2009 | 18 maart 2010 |
| rwzi Waalwijk | 3 juli 2009 | 16 maart 2010 |
| rwzi Meppel | 1 juli 2009 | 16 februari 2010 |
| rwzi Hengelo | 9 juni 2009 | 4 februari 2010 |
| rwzi Scheemda | 7 mei 2009 | 18 maart 2010 |
| rwzi Enschede | 9 juni 2009 | 4 februari 2010 |
| | | 18 maart 2010 |
| | | 19 april 2010 |
| | | 18 mei 2010 |

In hoofdstuk 4 zullen de resultaten uit de twee fases worden gerapporteerd, bij deze rapportage zal de meting uit fase 1 aangeduid worden als Veendam 1 en de meting uit de 2e fase als Veendam 2 etc.

3.3.2 UITGEVOERDE ANALYSES EN TESTEN

Om de hypothesen te toetsen zijn analyses uitgevoerd en zijn bedrijfsgegevens opgevraagd. Een overzicht van de uit te voeren analyses zijn weergegeven in tabel 9. De in deze tabel weergegeven analyses en schuimpotentietest worden in de volgende paragrafen besproken.

TABEL 9 OVERZICHT UIT TE VOEREN ANALYSES VOOR TOETSING GESTELDE HYPOTHESES

| Hypothese | Analyse | Methode | Monster |
|-----------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1 | Schuimpotentie | Hug ² | Slib uit slibgisting |
| 2 | Oppervlaktespanning | Hug | Vloeistoffase van monster |
| | Schuimpotentie | | Slib uit slibgisting |
| 3 | Vetten | | Vloeistoffase van monster |
| | Eiwitten | | Vloeistoffase van monster |
| | Hogere vetzuren | | Vloeistoffase van monster |
| 4 | Hardheid | (resultaat in °D) | Vloeistoffase van monster |
| | Schuimpotentie | Hug | Slib uit slibgisting |
| 5 | Viscositeit | | Slib uit slibgisting |
| | TSS | | Slib uit slibgisting |
| | Schuimpotentie | Hug | Slib uit slibgisting |
| 6 | Biogasproductie | - | - |
| | Lagere vetzuren (VFA) | | Vloeistoffase van monster |
| | VSS (reductie organische stof) | | Ingaande en uitgaande slib |
| | Alkaliniteit | | Vloeistoffase van monster |
| | pH | | Vloeistoffase van monster |
| | NH ₄ -N | | Vloeistoffase van monster |
| | PO ₄ -P | | Vloeistoffase van monster |
| | Schuimpotentie | Hug | Slib uit slibgisting |
| 7 | Schuimpotentie-stabiliteit | Hug | Slib uit slibgisting |
| 8 | Vetten | | Vloeistoffase van monster |
| | Eiwitten | | Vloeistoffase van monster |
| | Hogere vetzuren | | Vloeistoffase van monster |
| 9 | Draadvormers index | Eikelboom ³ | Slib uit slibgisting |
| | Draadvormers determinatie | Eikelboom | Slib uit slibgisting |
| 10 | n.v.t. | - | Gegevens waterschap |
| 11 | n.v.t. | - | Gegevens waterschap |

De slibmonsters werden op de volgende punten bij de gistingen genomen:

- Veendam: uit de recirculatie
- Waalwijk: uit de recirculatie
- Meppel: overloop gisting
- Hengelo: midden van slibgistingstank
- Scheemda: uit de recirculatie
- Enschede: midden van slibgistingstank

2 Hug, T., 2006, Characterization and controlling of foam and scum in activated sludge systems, PhD thesis, Swiss federal institute of technology Zurich.

In de tweede fase zijn de monsters voor de analyse van de draadvormers niet meer genomen op de locaties zoals hierboven weergegeven, maar uit de overloop van de slibgistingstanks. Deze aanpassing is gedaan omdat de verwachting was dat eventueel aanwezige draadvormers zich met name bovenin in de tank zullen ophopen

Ter ondersteuning van de analyses en de toetsing van de hypothesen zijn de bedrijfsgegevens zoals weergegeven tabel 10 in opgevraagd.

TABEL 10 OVERZICHT OPGEVRAAGDE BEDRIJFSGEGEVENS VOOR TOETSING HYPOTHESES

| Bedrijfsgegevens | Invloed op parameter | Via | Ter ondersteuning hypothese |
|---|--|---|-----------------------------|
| Aanwezigheid voorbezinktank | Oppervlakreactieve stoffen | aanvoer vet via primair slib in slibgisting | 2, 3 en 8 |
| Aanwezigheid vetvanger | Oppervlakreactieve stoffen | aanvoer vet naar slibgisting | 2, 3 en 8 |
| SVI secundair slib | Aanwezigheid draadvormers ⁶ | | 9 |
| Wijze fosfaatverwijdering | Oppervlaktespanning | afname hardheid water | 4 |
| Aanwezigheid drijfslagen AT | Aanwezigheid draadvormers | | 9 |
| Verwerking drijfslagen AT | Aanwezigheid draadvormers | | 9 |
| Aanvoer slibstromen | | | |
| - Aandeel primair intern | Oppervlakreactieve stoffen | aanvoer vet | 2, 3 en 8 |
| - Aandeel primair extern | Oppervlakreactieve stoffen | aanvoer vet | 2, 3 en 8 |
| - Aandeel secundair intern | Draadvormers | | 9 |
| - Aandeel secundair extern | Draadvormers | | 9 |
| Aanwezigheid slibontwatering of indikking | Oppervlakreactieve stoffen | dosering PE | 2, 3 en 8 |
| Ontwerp gisting | | | |
| - Volume | Oppervlakreactieve stoffen | onvolledige omzetting | 2, 3 en 8 |
| - Hoogte | Afvoer schuim | hoogte slibbed | 10 |
| - Wijze menging | Stijgsnelheid gasbellen | | 1 |
| | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | 2, 3 en 8 |
| - Vermogen menging | Stijgsnelheid gasbellen | | 1 |
| | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | 2, 3 en 8 |
| - Plaats slibaanvoer | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | 2, 3 en 8 |
| - Plaats slibafvoer | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | 2, 3 en 8 |
| - Schuimafvoer | Afvoer schuim | | 10 |
| Bedrijfsvoering gisting | | | |
| - Verblijftijd | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | 2, 3 en 8 |
| - Temperatuur | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | 2, 3 en 8 |
| - Menging frequentie | Stijgsnelheid gasbellen | | |
| | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | |
| - Menging duur | Stijgsnelheid gasbellen | | |
| | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | |
| - Aanvoerpatroon slib | Oppervlakreactieve stoffen | beperkte omzetting | |
| - Hoogte slibbed | Afvoer schuim | | |

6 Eikelboom, D.H., 1999, Procesbewaking door microscopisch slibonderzoek, TNO rapport R 99/057, TNO-MEP, Apeldoorn.

3.3.3 SCHUIMPOTENTIETEST

Voor het bepalen van de schuimpotentie en -schuimstabiliteit is er een opstelling ontwikkeld gebaseerd op de test ontwikkeld door Hug (2006). Deze test is gebruikt voor onderzoek naar schuimvorming in aëratietanks. De opstelling voor de bepaling van de schuimpotentie en -stabiliteit bestond uit:

- Maatcilinder van 1,1 l
- Diameter 60 mm
- Hoogte 400 mm
- Debietmeter van 0 – 10 l/min
- Debietmeter van 0 – 1 l/min
- Pomp (230V)

In de eerste fase van het onderzoek is de schuimpotentie en -stabiliteit bepaald bij een gasdebiet van 1 l per minuut. Dit komt overeen met een gassnelheid van 10,6 m/h, welke ver boven de gassnelheid ligt die in slibgistingstanks⁷ wordt waargenomen. Hierop is een tweede gasdebietmeter geplaatst waardoor de test in de tweede fase met een gassnelheid van 0,1 l/min kon worden uitgevoerd, overeenkomend met een gassnelheid van 2,0 m/h.

Een illustratie van de opstelling voor het bepalen van de schuimpotentie en -stabiliteit is weergegeven in figuur 3.

FIGUUR 3

ILLUSTRATIE OPSTELLING VOOR BEPALING SCHUIMPOTENTIE EN -STABILITEIT



⁷ Zonder menging liggen deze snelheden tussen 0,5 – 1,5 m/h, tijdens gasmenging kunnen deze snelheden oplopen tot 4 m/h (afhankelijk van afmetingen van de tank en toegepast gasdebiet).

De schuimpotentie en -stabiliteit werden als volgt bepaald:

- Een maatcilinder werd gevuld met 250 ml slib uit de slibgistingstank;
- De gastoevoer werd aangezet op 1 liter per minuut of 0,1 liter per minuut;
- Na 3 minuten werd de gastoevoer stopgezet en werd de hoogte van het schuim direct afgelezen. Deze hoogte is een maat voor de schuimpotentie.
- Na 30 seconden na stopzetten van de gastoevoer werd de hoogte van het schuim nogmaals afgelezen. Deze hoogte is een maat voor de schuimstabiliteit.

Bovenstaande beschreven procedure werd voor elke gassnelheid vier keer herhaald.

3.3.4 ANALYSES

OPPERVLAKTESPANNING

Voor de bepaling van de oppervlaktespanning is de ASTM D-1331 methode gebruikt. Deze methode maakt gebruik van de 'du Nouy precision tensiometer', waarbij een ring wordt geplaatst op de vloeistof. De kracht die het kost om de ring 'los te trekken' van het vloeistofoppervlak wordt gemeten in dynes per centimeter. In officiële SI eenheden worden oppervlaktespanning gemeten in N/m, hiervoor dient de waarde in dynes/cm gedeeld te worden door 1.000. De nauwkeurigheid van de meting is niet bekend.

EIWITTEN

In de eerste fase is van de monsters het eiwitgehalte geanalyseerd. Het eiwitgehalte werd bepaald aan de hand van bepaling van de hoeveelheid organisch gebonden stikstof met de Kjeldahl methode. Het organisch Nkj-gehalte werd vervolgens vermenigvuldigd met 6,25 als maat voor het eiwitgehalte. Na navraag bij het uitvoerende laboratorium is gebleken dat deze analyses in sommige gevallen zijn uitgevoerd aan het totale slibmonster en niet de vloeistof-fase.

Om dit te voorkomen is in de tweede fase de eiwitanalyse vervangen door de analyse van NKj van de vloeibare fractie van het slibmonster. Samen met de analyse van het ammoniumgehalte kon op deze wijze het gehalte organische stikstof worden bepaald die als een maat kan worden gezien voor het gehalte aan eiwitten. De analyse voor NKj werd uitgevoerd conform NEN 6646 (behandeling) en NEN-EN-ISO 11732). Nauwkeurigheid betreft 71%.

HOGERE VETZUREN

Het vetzuurgehalte is gemeten conform de ISO 5508 (1990)/5509(2000) normen. De nauwkeurigheid van de meting is niet bekend.

HARDHEID

In de eerste fase van het onderzoek is de hardheid bepaald volgens NEN 6441, in de tweede fase is deze analyse vervangen door de analyse van calcium en magnesium die zijn behandeld en gemeten volgens respectievelijk NEN 6966 en NEN-EN-ISO 11885. De nauwkeurigheid van de metingen zijn niet bekend.

VISCOSITEIT

De viscositeit van het slibmonster is bepaald volgens de Brookfield methode (AOCS Recommended Practice Ja 10-87), bij een temperatuur van 35 °C. De nauwkeurigheid van de meting is niet bekend.

VETTEN, DROGE STOF, ASREST, LAGERE VETZUREN, ALKALINITEIT, PH, NH₄-N EN PO₄-P

De analyses van bovengenoemde componenten zijn door de verschillende laboratoria van de betrokken waterschappen uitgevoerd.

DRAADVORMERS

De filament index en dominante draadvormer is bepaald aan de hand van de methode Eikelboom (STOWA, 1999). De filament index wordt als volgt weergegeven⁸:

- 0 bijna geen draadvormers aanwezig.
- 1 kleine hoeveelheid draadvormers aanwezig.
- 2 bescheiden hoeveelheid draadvormers aanwezig.
- 3 grote hoeveelheid draadvormers aanwezig.
- 4 excessieve hoeveelheid draadvormers aanwezig.

3.4 BEREKENINGEN**3.4.1 SCHUIMPOTENTIE EN –STABILITEIT**

In deze rapportage wordt de schuimpotentie als volgt berekend:

- volume schuim (ml) / volume slib (ml) (%)

Dit betekent dat bij een hoge waarde geldt dat het slib een grote potentie had tot schuimvorming.

De stabiliteit van het schuim als volgt bepaald:

- volume schuim 30 sec na afzetten beluchting / volume schuim direct na uitzetten beluchting (%)

Op deze wijze betekent een hoge waarde dat het gevormde schuim stabiel was.

3.4.2 PRESTATIE SLIBGISTINGSTANKS

De prestatie van de slibgistingstanks zijn getoetst aan de hand van de volgende parameters:

- Biogasproductie : $m^3_{\text{biogas}} \cdot m^{-3}_{\text{reactor}} \cdot d^{-1}$
- Biogasproductie : $m^3_{\text{biogas}} / \Delta_{\text{ODS}}^9$
- ODS reductie : %
- DS reductie : %

Bovenstaande parameters zijn bepaald aan de hand van de aangeleverde data door het desbetreffende waterschap. Gezien de lange verblijftijden in de slibgistingstanks zijn deze parameters bepaald aan de hand van data over een periode van een half jaar.

De reductie in organische droge stof en droge stof is bepaald aan de hand van de ingaande en uitgaande droge stof waarden en asrest samen met de opgegeven hoeveelheid aangevoerd slib (m³/d).

⁸ Eikelboom, D.H., 1999, Procesbewaking door microscopisch slibonderzoek, TNO rapport R 99/057, TNO-MEP, Apeldoorn.

⁹ ODS: organische droge stof

4

RESULTATEN

4.1 KENMERKEN RWZI'S

Uit de literatuurstudie is naar voren gekomen dat een aantal kenmerken van de rwzi en omgang met vetten en drijfslagen mogelijk een relatie hebben met schuimvorming in de slibgistingstanks. Deze kenmerken zijn voor de onderzochte rwzi's samengevat in tabel 11.

TABEL 11 SAMENVATTING KENMERKEN RWZI'S IN SCHUIMONDERZOEK SLIBGISTINGSTANKS

| Kenmerken rwzi | Veendam | Waalwijk | Meppel | Hengelo | Scheemda | Enschede |
|---------------------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|----------|
| Aanwezigheid voorbezinktank | X | X | X | X | X | X |
| Aanwezigheid vetvanger | - | - | - | - | X | - |
| Vet extern afgevoerd | X | X | X | X | X | X |
| Biologische P verwijdering | | - | X | X | X | X |
| Chemische P verwijdering | X | - | | | X | |
| SVI (ml/g) | 60-70 | 103 | n.v.t. ¹⁾ | 113 | 108 | 118 |
| Aanwezigheid drijfslagen AT/NBT | - | X | - | X | X | X |
| Drijfslagen extern afgevoerd | - | - | - | - | X | X |
| Drijfslagen verwerkt op rwzi | - | X | - | X | - | - |
| Dosering PE secundair slib | X | | n.v.t. ¹⁾ | X | X | X |
| vergisten extern slib | X | - | - | X | X | X |

1) in Meppel wordt geen secundair slib vergist

Op alle onderzochte rwzi's zijn één of meerdere voorbezinktanks aanwezig; met uitzondering van Scheemda is in alle gevallen voorzien in de afvoer van vet. In Scheemda is voor de opvang van vet voorzien in een vetvanger. Op alle rwzi's wordt het afgevangen vet niet in de eigen gisting verwerkt. Hiermee lijkt de kans op schuimvorming door de aanwezigheid van vetten in de onderzochte slibgistingstanks klein. Bij de bespreking van hypothese 3 en 6 (respectievelijk § 4.2.3 en § 4.2.6) wordt hier verder op ingegaan

Op vier van de zes zuiveringen wordt fosfaat biologisch verwijderd, in Veendam vindt deze chemisch plaats, in Waalwijk is niet voorzien in een specifieke fosfaatverwijdering. Wel werd hier in het najaar-voorjaar PolyAlCl gedoseerd in de influentleiding ter bestrijding van licht slib, maar draagt door de dosering op deze locatie ook bij aan de verwijdering van fosfaat. Een mogelijke relatie met schuimvorming is de verlaging van de hardheid van het afvalwater door de aanwezigheid van bio-P. Bij de bespreking van hypothese 4 (§ 4.2.4) wordt hier verder op ingegaan.

De gemiddelde SVI waarden die op de onderzochte rwzi's zijn waargenomen zijn goed te noemen. De SVI in Veendam ligt erg laag door de dosering van PolyAlCl voor de verwijdering van fosfaat. De SVI is een maat voor de bezinkbaarheid van het slib, daarnaast wijst een hoge SVI mogelijk op de aanwezigheid van draadvormers. De rol van draadvormers in relatie

tot de schuimpotentie en stabiliteit wordt bij de bespreking van hypothese 9 (§ 4.3.3) verder besproken.

Net als de SVI kan de aanwezigheid van drijfslagen op de AT duiden op de aanwezigheid van draadvormers in het actief slib. Indien dit slib wordt vergist kan het mogelijk leiden tot schuimproblemen.

Op de onderzochte rwzi's worden op 4 zuiveringen drijfslagen waargenomen, waarvan op twee zuiveringen (Waalwijk en Hengelo) dit in de eigen gisting wordt verwerkt. In Enschede en Scheemda worden de afgevangen drijfslagen extern verwerkt en niet in de eigen gisting. Bij de bespreking van hypothese 9 (§ 4.3.3) wordt de rol van draadvormers en de aanwezigheid van drijfslagen verder besproken.

4.2 OORZAKEN SCHUIMVORMING

Aan de hand van de opgestelde hypothesen (1 – 6) worden de mogelijke oorzaken van schuimvorming besproken. De resultaten van alle uitgevoerde tests en analyses zijn weergegeven in bijlage 3.

4.2.1 HYPOTHESE 1: SCHUIMPOTENTIE SLIBGISTINGSTANKS






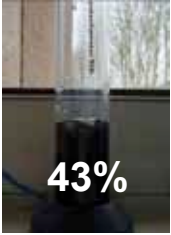




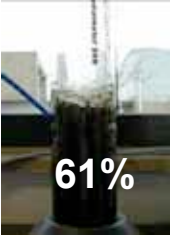
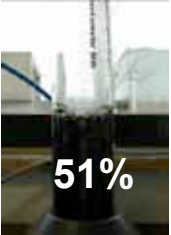
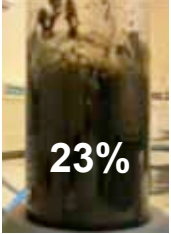

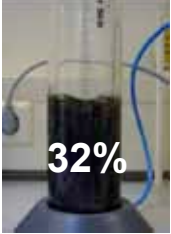
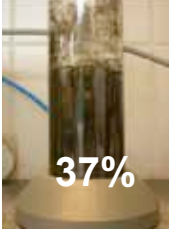


De schuimpotentie van het slib uit de zes slibgistingstanks gemeten in fase 1 (2009) en fase 2 (2010) is samengevat in tabel 12. Op de achtergrond het resultaat van een van de uitgevoerde tests. Het weergegeven percentage (% van oorspronkelijk slibvolume) geeft het gemiddelde aan van de uitgevoerde testen.

Op basis van tabel 12 kunnen de volgende zaken worden vastgesteld:

- elke gisting heeft de potentie tot schuimen;
- de potentie tot schuim vertoont een grote variatie tussen gistingen;
- de schuimpotentie in de tweede meetperiode ligt voor alle gistingen hoger dan in de eerste periode;
- het toepassen van een lagere gassnelheid heeft invloed op de uitkomst van de test en leidt tot een lagere schuimpotentie dan bij een hoge gassnelheid.

Om te bepalen welke gisting in het onderzoek de meeste potentie tot schuimvorming had is in elke fase een rangorde bepaald in de mate van schuimpotentie bij de twee toegepaste gassnelheden. De rangorde in elke fase is per gisting weer bij elkaar opgeteld. De gisting met de laagste schuimpotentie heeft het laagste getal, de gisting met het hoogste getal heeft de meeste potentie tot schuimvorming. De rangorde in schuimpotentie is samengevat in tabel 13.

TABEL 12 SAMENVATTING SCHUIMPOTENTIE SLIBGISTINGSTANKS IN FASE 1 EN 2 EN BIJ DIVERSE GASSNELHEDEN.

| Slibgistingstank | Fase 1; 10,6 m/h (mei – juli 2009) | Fase 2; 10,6 m/h (februari – mei 2010) | Fase 2; 2,0 m/h (februari – mei 2010) |
|------------------|--|---|--|
| Veendam |  11% |  33% |  27% |
| Waalwijk |  170% |  280% |  43% |
| Meppel |  23% |  148% |  12% |
| Hengelo |  37% |  61% |  51% |
| Scheemda |  23% |  106% |  32% |
| Enschede |  37% |  52% |  33% |

TABEL 13 RANGORDE IN MATE VAN SCHUIMPOTENTIE BIJ ONDERZOCHE SLIBGISTINGSTANKS.

| | Fase 1 (2009) 10,6 m/h | Fase 2 (2010) 10,6 m/h | Fase 2 (2010) 2,0 m/h | Totaal rangorde | Eindrangschikking |
|----------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|
| Veendam | 1 | 2 | 2 | 5 | 1 |
| Waalwijk | 6 | 6 | 4 | 16 | 6 |
| Meppel | 2 | 5 | 1 | 8 | 2 |
| Hengelo | 4 | 3 | 5 | 12 | 5 |
| Scheemda | 2 | 4 | 3 | 9 | 3 |
| Enschede | 4 | 1 ¹⁾ | 6 ¹⁾ | 11 | 4 |

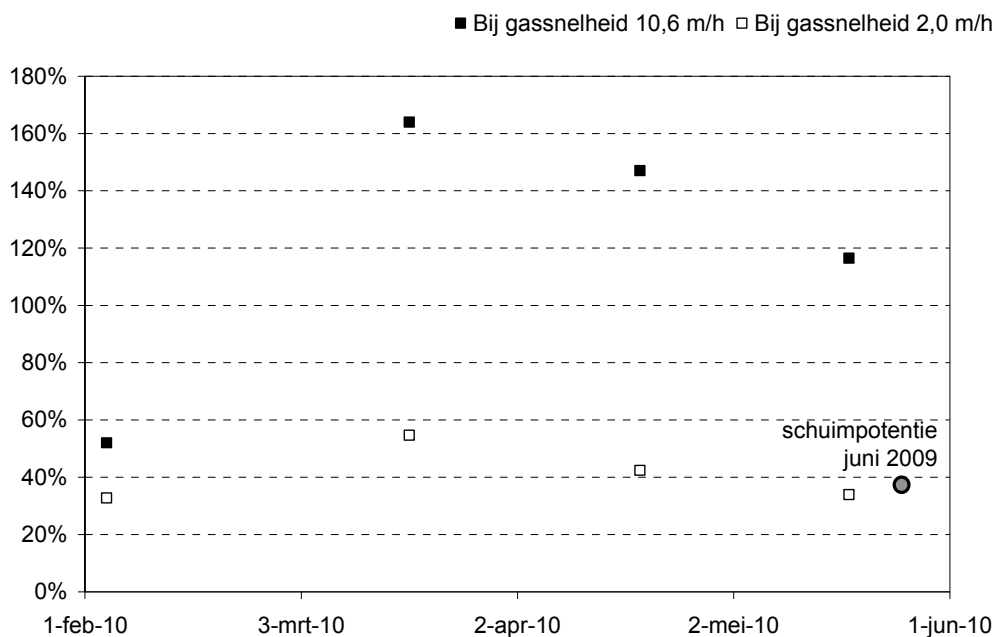
1) Op basis van meting in maart.

Op basis van tabel 13 kan worden vastgesteld dat:

- Veendam en Meppel de twee slibgistingstanks zijn met de laagste schuimpotentie, overeenkomend met de categorie (1, slibgistingstanks zonder schuimproblemen) waarin ze voorafgaand aan het onderzoek waren ingedeeld.
- De gisting in Waalwijk de hoogste potentie heeft tot schuimvorming, maar in de praktijk nooit last heeft van schuimproblemen en op basis daarvan ook was ingedeeld in categorie 1.

In figuur 4 wordt het verloop van de schuimpotentie in Enschede gegeven, zoals gemeten op 4 februari, 18 maart, 19 april en 18 mei 2010.

FIGUUR 4 VERLOOP VAN DE SCHUIMPOTENTIE VAN HET SLIB UIT DE SLIBGISTINGSTANK IN ENSCHEDA



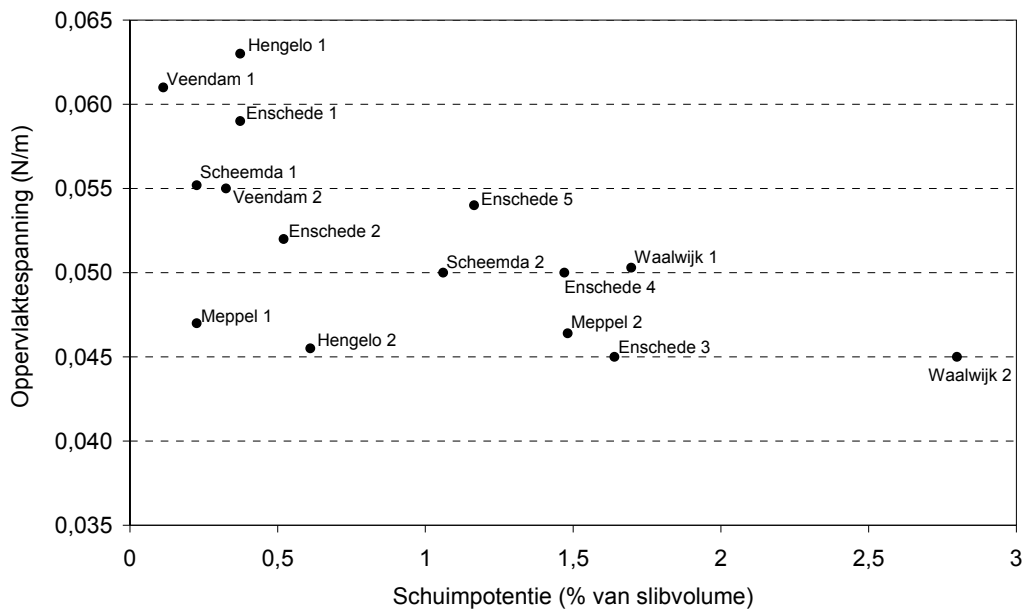
Op basis van figuur 4 kan worden vastgesteld dat de schuimpotentie stijgt van februari naar maart en daarna weer afneemt. In deze metingen wordt de waarneming uit de eerdere testen bevestigd dat de schuimpotentie afhankelijk is van de toegepaste gassnelheid.

In het vervolg zal worden gekeken of de verschillen in schuimpotentie kunnen worden gekoppeld aan verschillen in procesparameters.

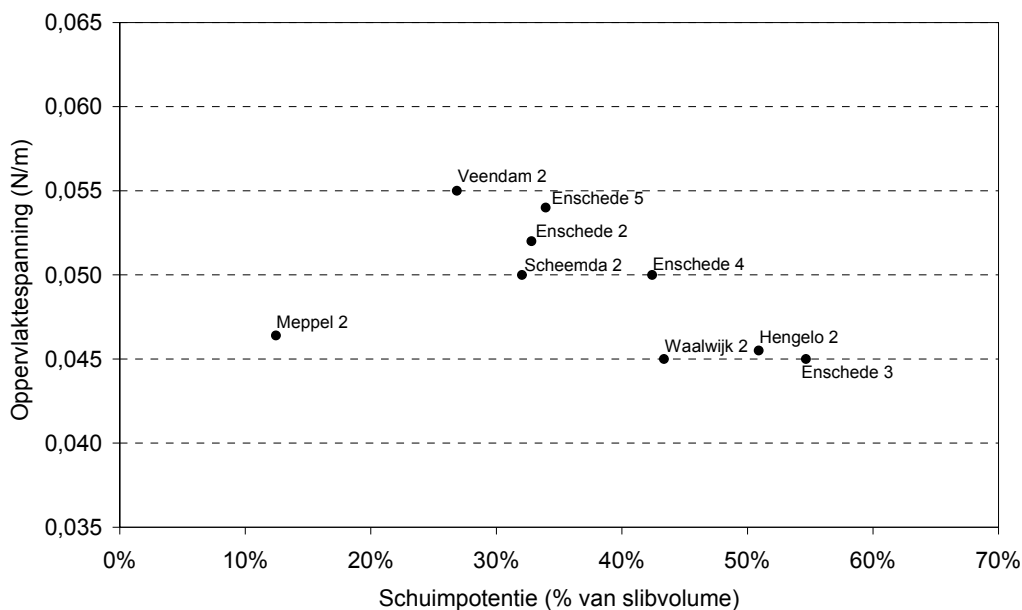
4.2.2 HYPOTHESE 2: RELATIE SCHUIMPOTENTIE EN OPPERVLAKTESPANNING

Om te toetsen of er een relatie bestaat tussen de mate van schuimpotentie en de oppervlaktespanning is de schuimpotentie uitgezet als functie van de oppervlaktespanning. Dit is gedaan met de resultaten verkregen bij een gassnelheid van 10,6 m/h (zie figuur A) en een gassnelheid van 2,0 m/h (zie figuur B).

FIGUUR 5A RELATIE OPPERVLAKTESPANNING EN SCHUIMPOTENTIE (A: GASSNELHEID 10,6 M/H; B: GASSNELHEID 2,0 M/H); DE NUMMERS ACHTER DE LOCATIES VERWIJZEN NAAR FASE 1 (2009) OF FASE 2 (2010); VOOR ENSCHEDA IS VOOR DE DATA VAN 2010 DOORGENUMMERD



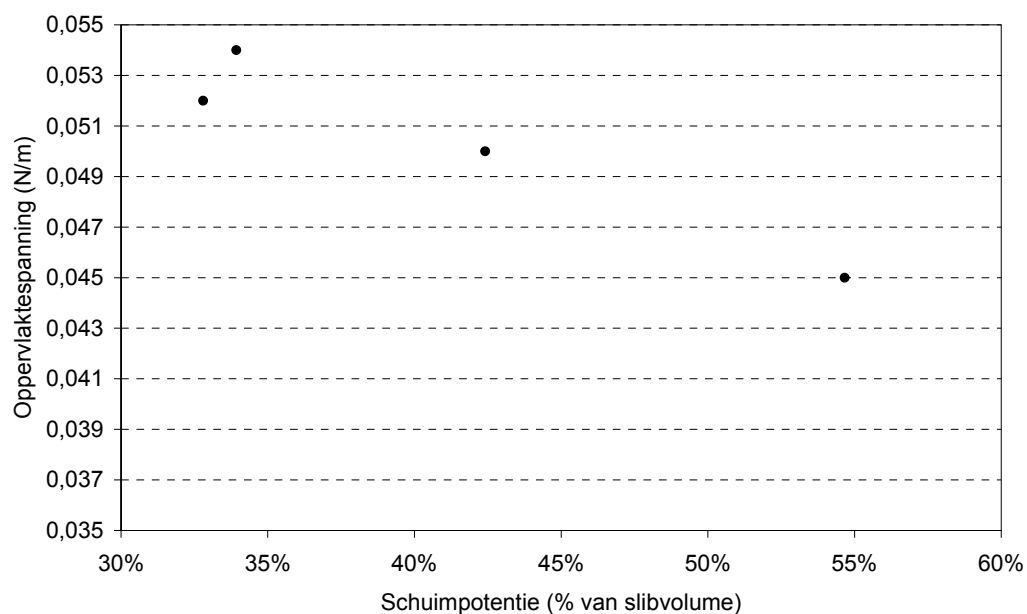
FIGUUR 5B RELATIE OPPERVLAKTESPANNING EN SCHUIMPOTENTIE (A: GASSNELHEID 10,6 M/H; B: GASSNELHEID 2,0 M/H); DE NUMMERS ACHTER DE LOCATIES VERWIJZEN NAAR FASE 1 (2009) OF FASE 2 (2010); VOOR ENSCHEDA IS VOOR DE DATA VAN 2010 DOORGENUMMERD



Op basis van figuur 5 A en B lijkt er een verband te bestaan tussen de oppervlaktespanning en de schuimpotentie, waarbij een lagere oppervlaktespanning leidt tot een hogere schuimpotentie. Verder lijkt deze relatie sterker te zijn als de schuimpotentie is gemeten bij een lagere gassnelheid, uitzondering is hier wel de tweede meting in Meppel.

De aanwezigheid van een relatie tussen de oppervlaktespanning en de schuimpotentie wordt bevestigd door de metingen in Enschede, zoals is te zien in figuur 6.

FIGUUR 6 RELATIE OPPERVLAKTESPANNING EN SCHUIMPOTENTIE (GASSNELHEID 2,0 M/H) VOOR HET SLIB UIT DE SLIBGISTINGSTANK IN ENSCHEDE



Om de gevonden waarden voor de oppervlaktespanning in perspectief te plaatsen kan hier worden verteld dat de oppervlaktespanning van water bij 35°C 0,074 N/m bedraagt. Deze oppervlaktespanning kan minimaal gehalveerd worden door toevoeging van kleine hoeveelheden (concentratie mg/l) zeep¹⁰.

Bij toetsing van hypothese 3 zal worden gekeken of de aanwezigheid van vetten, eiwitten en hogere vetzuren bijdragen aan de verlaging van de oppervlaktespanning en daarmee verhoging van de schuimpotentie.

4.2.3 HYPOTHESE 3: COMPONENTEN VERANTWOORDELIJK VOOR OPPERVLAKTESPANNING

In dit onderzoek zijn de volgende stoffen gemeten die mogelijk de waargenomen oppervlaktespanning en de daarbij waargenomen schuimpotentie kunnen verklaren:

- vetten;
- eiwitten
- hogere vetzuren
- calcium en magnesium (beschouwd in volgende paragraaf)

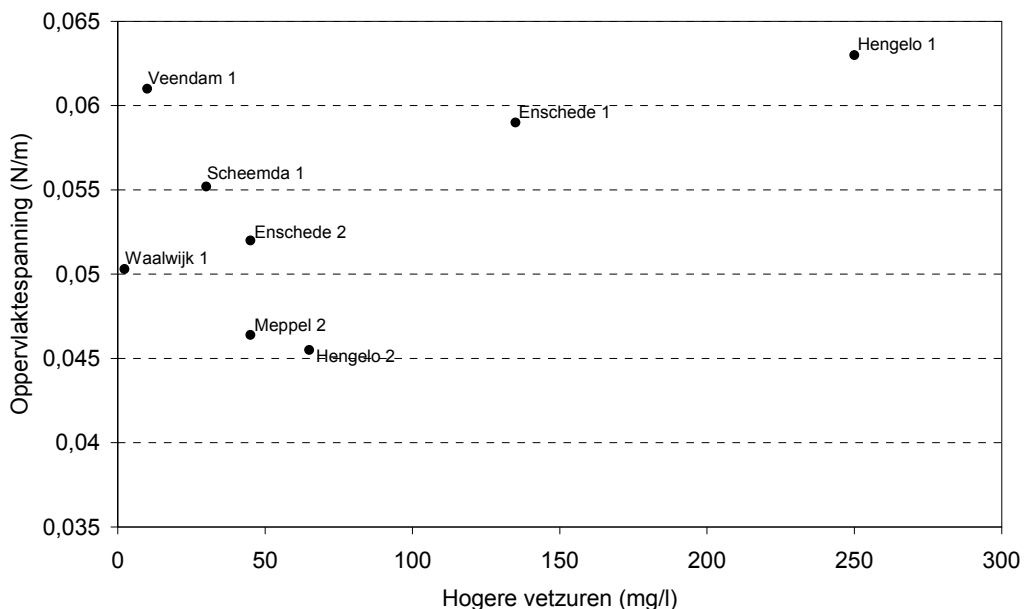
Het vetgehalte is in 9 gevallen gemeten, waarvan in 7 gevallen een waarde 0 werd gerapporteerd. Op basis hiervan kan vooralsnog worden vastgesteld dat weinig vet aanwezig is in de onderzochte gistingstanks.

¹⁰ <http://www.exo.science.ru.nl/bronnen/natuurkunde/oppervlaktespanning.html>.

De analyse van het gehalte aan hogere vetzuren is in alle gevallen (15) uitgevoerd, waarvan 7 maal het gehalte lager lag dan de detectiewaarde.

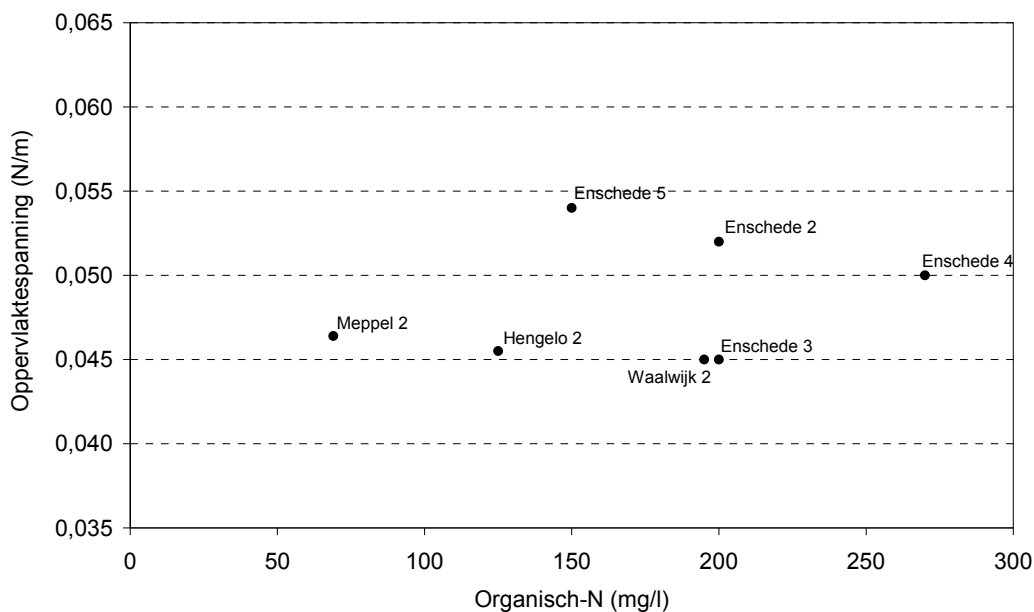
De oppervlaktespanning als functie van de hogere vetzuurconcentratie is weergegeven in figuur 7.

FIGUUR 7 RELATIE TUSSEN DE HOGERE VETZUREN EN OPPERVLAKTESPANNING



Op basis van figuur 7 kan worden vastgesteld dat er geen relatie bestaat tussen de concentratie hogere vetzuren en de oppervlaktespanning. Voor de afwijkend waarden van Enschede 1 en Hengelo 1 is geen verklaring gevonden. Verder kon ook geen relatie worden gevonden tussen de concentratie eiwitten (gemeten als organisch stikstof) en de oppervlaktespanning zoals blijkt uit figuur 8.

FIGUUR 8 RELATIE CONCENTRATIE ORGANISCH STIKSTOF EN OPPERVLAKTESPANNING



4.2.4 HYPOTHESE 4: RELATIE SCHUIMPOTENTIE EN HARDHEID

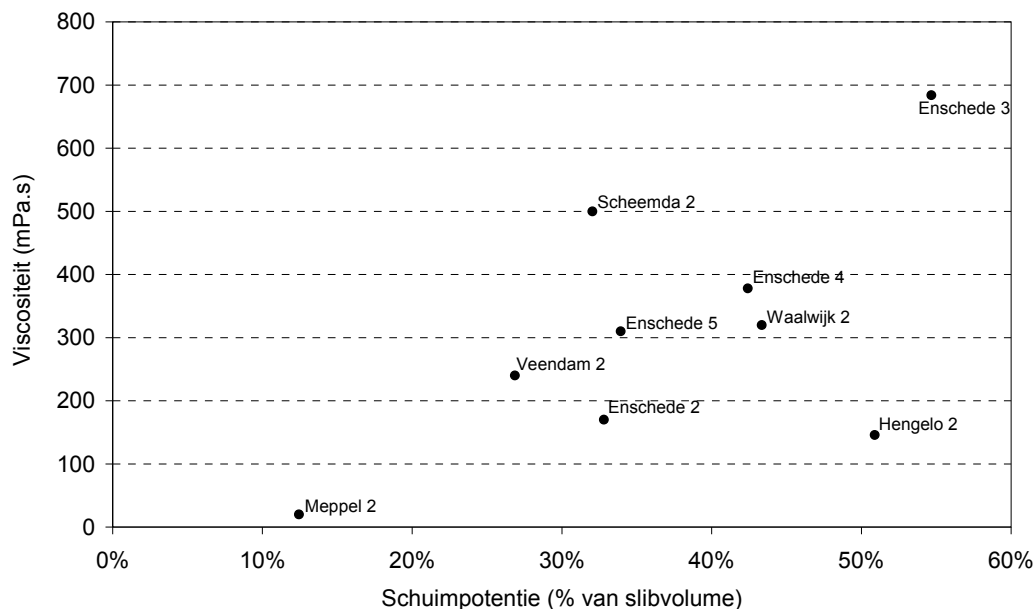
In de eerste fase van het onderzoek is van de monsters uit de gisting de hardheid bepaald. Deze analyse gaf bij nader inzien onvoldoende betrouwbare resultaten. Daarop is besloten in de tweede fase van het onderzoek de analyse voor hardheid te vervangen door de analyse van calcium en magnesium als maat voor de hardheid.

De resultaten van deze analyses gaven in sommige gevallen zeer hoge waarden (zie bijlage 3). Bij navraag is gebleken dat het gehalte calcium en magnesium is bepaald van het gehele slibmonster (na destructie) en niet van de vloeistoffase, waarin veel lagere gehalten zouden worden verwacht. De gerapporteerde waarden zijn dan afkomstig van waarschijnlijk aan het slib geprecipiteerd calcium die na destructie van het monster weer vrijkomen. Door deze wijze van analyseren kunnen de gepresenteerde waarden helaas niet worden gebruikt.

4.2.5 HYPOTHESE 5: RELATIE SCHUIMPOTENTIE EN VISCOSITEIT

In figuur 9 is de relatie tussen de schuimpotentie gemeten bij een gassnelheid van 2,0 m/h en de viscositeit weergegeven.

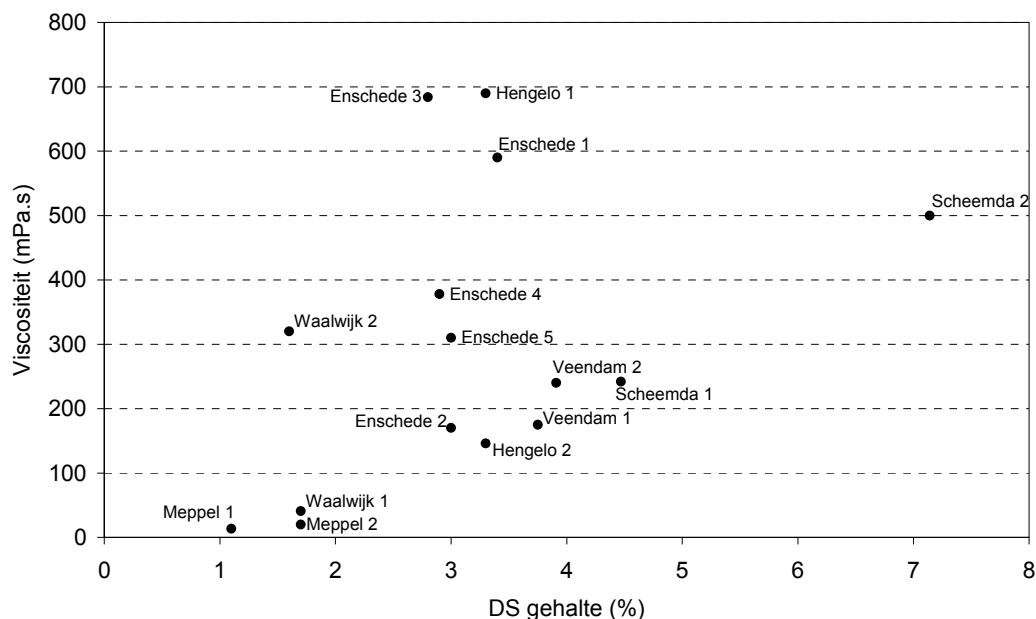
FIGUUR 9 RELATIE VISCOSITEIT EN SCHUIMPOTENTIE (GEMETEN BIJ 2,0 M/H)



Uit figuur 9 blijkt dat er een 'voorzichtige' relatie bestaat tussen de viscositeit en de schuimpotentie gemeten bij een gassnelheid van 2,0 m/h. In dit geval wordt bij een hogere viscositeit een hogere schuimpotentie gevonden. Deze relatie wordt tevens bevestigd door de serie metingen in Enschede. Deze relatie kon niet worden gevonden indien de schuimpotentie was bepaald bij een gassnelheid van 10,6 m/h.

De viscositeit van het slib wordt vaak gerelateerd aan het drogestofgehalte van het slib in de slibgistingstanks. Deze relatie tussen drogestofconcentratie en viscositeit is niet duidelijk zichtbaar zoals blijkt uit figuur 10. Hierbij kan worden aangetekend dat het lijkt dat de metingen in Enschede (1, 3 en 4), Hengelo (1) en Waalwijk (2) afwijken en dat de overige metingen wel een relatie laten zien tussen DS gehalte en viscositeit.

FIGUUR 10 RELATIE DS GEHALTE SLIB IN SLIBGISTINGSTANK EN VISCOSITEIT



4.2.6 HYPOTHESE 6: RELATIE SCHUIMPOTENTIE EN PRESTEREN SLIBGISTINGSTANKS

In de periode tussen de metingen van de eerste en tweede fase zijn bij een aantal slibgistingstanks aanpassingen gedaan die mogelijk het presteren van de gisting of de mate van schuimvorming beïnvloeden. Deze aanpassingen zijn:

- Veendam:
 - Verhoging temperatuur van 33 tot 37°C;
 - Plaatsing nieuwe WKK
- Waalwijk: geen aanpassingen
- Meppel:
 - meer vergisten van primair slib.
- Hengelo: geen aanpassingen
- Scheemda:
 - Verhoging temperatuur van 33 tot 37°C;
 - Aanpassing menging van 1x 20 minuten, naar 3x per uur 5 minuten;
 - Aanpassing toevoer primair slib, van aanvoer op slibspiegel naar aanvoer op pulse pauze waardoor een gelijkmatiger aanvoer is verkregen.
- Enschede:
 - Afvoer van alle gistingstanks via één leiding naar na indikker is opgeheven, elke tank is nu voorzien van een eigen afvoerleiding;
- Verhoging temperatuur van 33 tot 36°C;
 - Het externe slib wordt nu gedurende 24 uur verdeeld over 3 tanks in plaats van over 1 tank;
 - Minder drijfslagen op AT, en het slib van Losser (met veel draadvormers) wordt nu verwerkt in Hengelo.

Voor de prestatie van de slibgistingstanks zijn de volgende maten gehanteerd:

- Biogasproductie : $\text{m}^3\text{biogas} \cdot \text{m}^{-3}\text{reactor} \cdot \text{d}^{-1}$
- Biogasproductie : $\text{m}^3\text{biogas} / \text{verwijderd ODS}^{11}$
- ODS reductie : %
- DS reductie : %

De prestaties van de zes slibgistingstanks in de twee meetperioden is samengevat in tabel 14.

TABEL 14 PRESTATIE SLIBGISTINGSTANKS IN 2009 EN 2010

| Locatie | HRT | Temperatuur | DS reductie | ODS reductie | Biogas-productie | Biogas productie |
|---------------------------------------|------------------|-------------|-----------------|-----------------|--|----------------------------------|
| | d | °C | % | % | $\text{m}^3 \times \text{m}^{-3} \times \text{d}^{-1}$ | $\text{m}^3 / \Delta \text{ODS}$ |
| Veendam | | | | | | |
| Voorjaar-Zomer 2009 ¹⁾ | 12 | 32 | 17 | 23 | - ³⁾ | - ³⁾ |
| Najaar-Winter 2009/2010 ²⁾ | 12 | 36 | - ³⁾ | - ³⁾ | - ³⁾ | - ³⁾ |
| Waalwijk | | | | | | |
| Voorjaar-Zomer 2009 | 42 | 35 | - ³⁾ | - ³⁾ | 0,29 | - ³⁾ |
| Najaar-Winter 2009/2010 | 24 | 32 | - ³⁾ | - ³⁾ | 0,31 | - ³⁾ |
| Meppel | | | | | | |
| Voorjaar-Zomer 2009 ¹⁾ | 23 | 33 | - ³⁾ | - ³⁾ | 0,40 | 0,89 |
| Najaar-Winter 2009/2010 ²⁾ | 15 | 33 | 37 | 52 | 0,35 | 0,55 |
| Hengelo | | | | | | |
| Augustus- december 2009 | 23 ¹⁾ | 35 | 27 | 37 | 0,43 | - ³⁾ |
| Januari - april 2009/2010 | 26 ¹⁾ | 35 | 33 | 43 | 0,45 | 0,90 |
| Scheemda | | | | | | |
| Voorjaar-Zomer 2009 | 27 | 32 | 26 | 40 | 0,45 | 0,78 |
| Najaar-Winter 2009/2010 | 25 | 35 | 26 | 38 | 0,45 | 0,99 |
| Enschede | | | | | | |
| Augustus- december 2009 | - ³⁾ | 33 | 37 | 50 | 0,62 | 0,79 |
| Januari - april 2009/2010 | 19 | 36 | 36 | 48 | 0,79 | 0,96 |

1) en 2), geen gegevens bekend over gehele periodes vanwege vervanging WKK, weergegeven waarden betreffen gemiddelden van 2 weken rondom meting.

3) te weinig gegevens bekend om betrouwbare waarde te berekenen.

Tabel 14 suggereert dat door de stijging van de temperatuur in de slibgistingstanks van Scheemda en Enschede de biogasproductie per verwijdering kg organische droge stof is gestegen. Dit kon niet worden vastgesteld voor Veendam, doordat hier geen gegevens beschikbaar waren. Voor Meppel geldt dat de biogasproductie per kg organische stof in het najaar –winter 2009/2010 lager is dan in het voorjaar 2009. De gevonden constatering is vreemd omdat eerder verwacht zou worden dat de biogasproductie per kg afgebroken organische stof gelijk zou blijven. Een wijziging hierin is alleen mogelijk als de samenstelling van de toevoer naar de slibgisting zoals ratio primair en secundair slib zich wijzigt. De biogasopbrengst in Waalwijk was in beide fasen gelijk. In Hengelo kan een stijging in de reductie van DS en ODS worden waargenomen.

11 ODS: organische droge stof

Om de hypothese te toetsen moet er gekeken worden naar de relatie tussen:

- Prestatie en schuimpotentie;
- Schuimpotentie en oppervlakreactieve stoffen;
- Prestatie en aanwezigheid oppervlakreactieve stoffen.

Bij toetsing van deze hypothese is gebleken dat er geen enkele relatie kon worden gelegd tussen een van de prestatieparameters en de schuimpotentie. Bij hypothese 3 is vastgesteld dat er geen relatie kon worden gevonden tussen de oppervlaktespanning en de aanwezigheid van (vetten) vetzuren en eiwitten. Hieruit volgt dat er ook geen relatie kon worden gevonden tussen de aanwezigheid van deze stoffen en de schuimpotentie. Tevens kon er geen relatie worden gevonden tussen de aanwezigheid van (vetten), hogere vetzuren en eiwitten en de prestatie van de gistingstanks.

4.3 SCHUIMSTABILITEIT

Aan de hand van de opgestelde hypothesen (7-9) wordt besproken welke factoren van invloed zijn op de stabiliteit van het gevormde schuim.

4.3.1 HYPOTHESE 7: RELATIE SCHUIMPOTENTIE EN SCHUIMSTABILITEIT

Een overzicht van de bepaalde schuimstabiliteit tijdens de eerste en tweede meetserie is voor de verschillende gassnelheden weergegeven in tabel 15.

TABEL 15 OVERZICHT GEMETEN SCHUIMSTABILITEIT TIJDENS DE EERSTE EN TWEDE FASE EN VERSCHILLENDE GASSNELHEDEN

| Slibgistingstank | Fase 1; 10,6 m/h (mei – juli 2009) | Fase 2; 10,6 m/h (februari – mei 2010) | Fase 2; 2,0 m/h (februari – mei 2010) |
|------------------|---------------------------------------|---|--|
| Veendam | 0% | 0% | 37% |
| Waalwijk | 10% | 43% | 52% |
| Meppel | 0% | 11% | 45% |
| Hengelo | 79% | 43% | 56% |
| Scheemda | 38% | 23% | 41% |
| Enschede | 18% | 7% | 17% |
| | | 24% | 41% |
| | | 33% | 60% |
| | | 27% | 43% |

Aan de hand van tabel 15 kunnen de volgende zaken worden vastgesteld:

- bij een lagere toegepaste gassnelheid wordt een stabiel schuim gemeten;
- ondanks de hogere schuimpotentie in de tweede fase bij een gassnelheid van 10,6 m/h leidt dit niet in alle gevallen tot een stabiel schuim.

Op dezelfde wijze als voor de schuimpotentie is voor de schuimstabiliteit de rangorde tussen de onderzochte slibgistingstanks vastgesteld. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Tabel 17.

TABEL 16 RANGORDE IN MATE VAN SCHUIMSTABILITEIT BIJ ONDERZOCHE SLIBGISTINGSTANKS

| | Fase 1 (2009) 10,6 m/h | Fase 2 (2009) 10,6 m/h | Fase 2 (2009) 2,0 m/h | Totaal rangorde | Eindrangschikking |
|----------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|
| Veendam | 4 | 2 | 1 | 7 | 2 |
| Waalwijk | 2 | 6 | 5 | 13 | 5 |
| Meppel | 1 | 1 | 4 | 6 | 1 |
| Hengelo | 6 | 5 | 6 | 17 | 6 |
| Scheemda | 4 | 2 | 1 | 7 | 2 |
| Enschede | 3 | 4 ¹⁾ | 3 ¹⁾ | 10 | 4 |

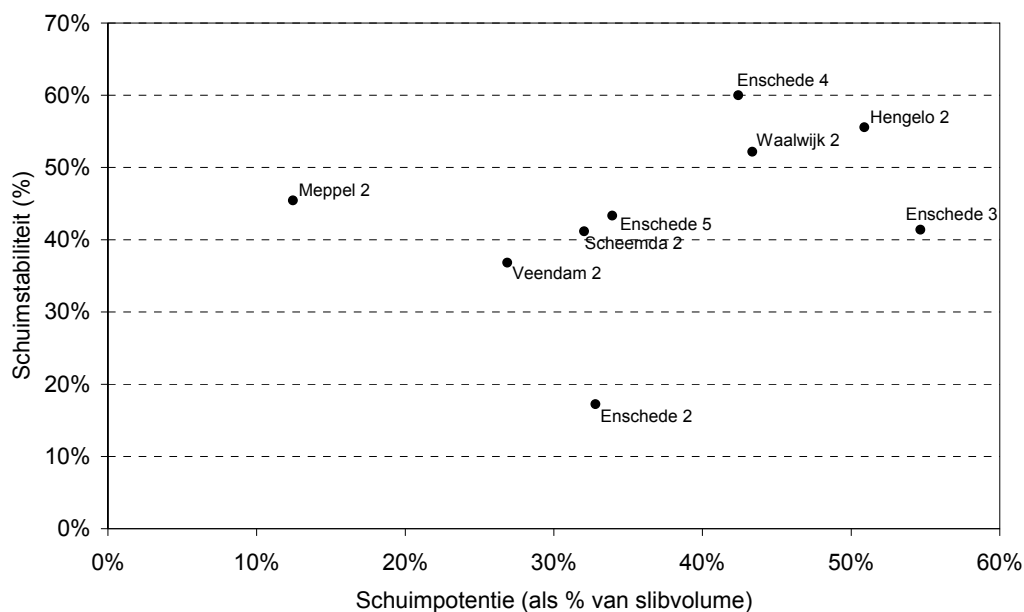
¹⁾ Op basis van meting in februari.

Op basis van tabel 16 kan worden vastgesteld dat:

- De schuimlaag gevormd met het slib uit de slibgistingstanks van Veendam en Meppel het minst stabiel was. Dit sluit aan bij de categorie (1, slibgistingstanks zonder schuimproblemen) waarin ze voorafgaand aan het onderzoek waren ingedeeld.
- De meest stabiele schuimlaag wordt gevormd in Hengelo en Waalwijk.

Er is onderzocht of er een relatie bestaat tussen de schuimpotentie en de schuimstabiliteit indien deze is bepaald bij een gassnelheid van 2,0 m/h. Op basis van figuur 11 kan worden vastgesteld dat er nauwelijks een verband bestaat tussen de mate van schuimpotentie en schuimstabiliteit. Dit wordt ondersteund door het feit dat bij de data uit Enschede (2-5) geen verband kan worden gevonden (zie figuur 11).

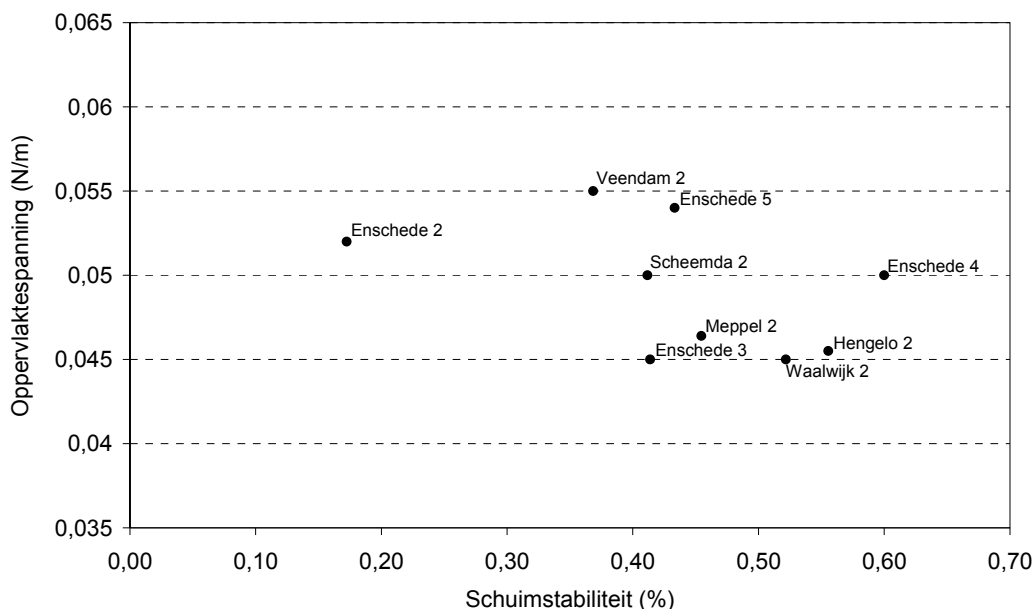
FIGUUR 11 RELATIE SCHUIMPOTENTIE EN SCHUIMSTABILITEIT BIJ EEN GASSNELHEID VAN 2,0 M/H



4.3.2 HYPOTHESE 8: RELATIE SCHUIMSTABILITEIT EN AANWEZIGHEID OPPERVLAKTEACTIEVE STOFFEN

Voor het toetsen van deze hypothese is er gekeken of er relatie bestond tussen de stabiliteit van het schuim en de oppervlaktetensioning, en de concentratie vetzuren, organische stikstof. Bij het toetsen van deze relatie is gebleken dat er geen enkele relatie bestond tussen de stabiliteit van het schuim en de aanwezigheid van oppervlakteactieve stoffen zoals is te zien in figuur 12.

FIGUUR 12 RELATIE SCHUIMSTABILITEIT (BIJ 2,0 M/H) EN OPPERVLAKTESPANNING



4.3.3 HYPOTHESE 9: RELATIE SCHUIMSTABILITEIT EN AANWEZIGHEID DRAADVORMERS

De filament index zoals deze is bepaald in de eerste en tweede fase van het onderzoek is samengevat in tabel 17.

TABEL 17 FILAMENTINDEX (FI) SLIB UIT SLIBGISTINGSTANKS GEDURENDE FASE 1 EN 2 ONDERZOEK EN DE SVI IN DE BELUCHTINGSTANK

| Locatie | Fase 1 (mei – juli 2009) | | Fase 2 (februari – mei 2010) | |
|----------|--------------------------|------------|------------------------------|------------|
| | FI (-) | SVI (ml/g) | FI (-) | SVI (ml/g) |
| Veendam | 0 - 1 | - | 0-1 | 60 – 70 |
| Waalwijk | 0 | 108 | 2 | 140 – 145 |
| Meppel | 1 | - | n.a. | - |
| Hengelo | 0 - 1 | 107 | n.a. | 108 – 117 |
| Scheemda | 0 - 1 | 127 | 0 | 109 |
| Enschede | 2 (juni) | 140 | n.a. (februari) | 112 |
| | | | 3 (maart) | 143 |
| | | | 2 (april) | 159 |
| | | | 2 (mei) | 179 |

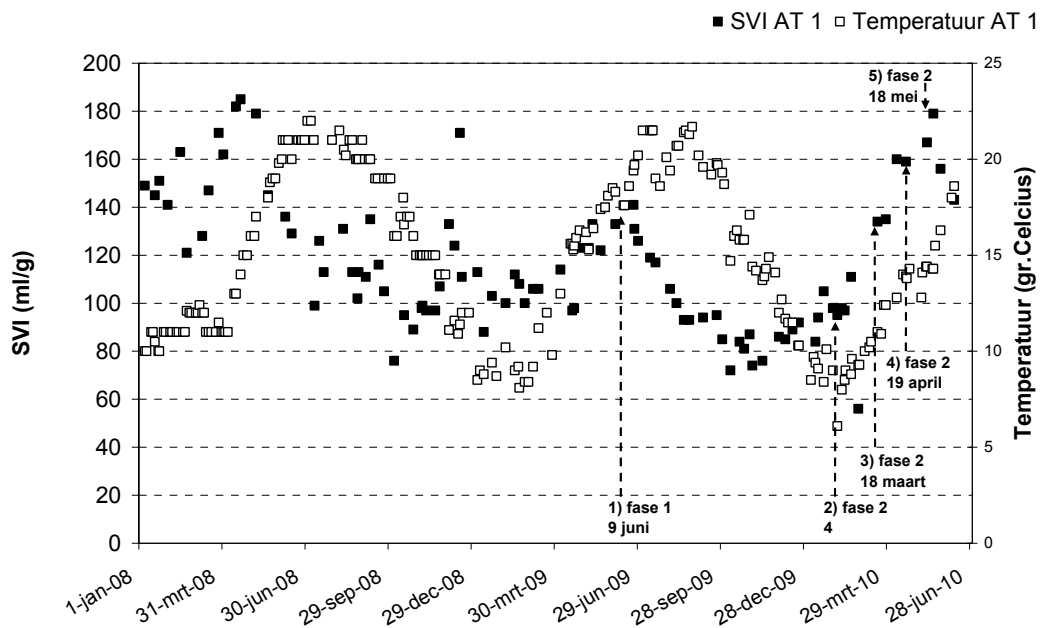
Op basis van tabel 17 kunnen de volgende zaken worden vastgesteld:

- In Veendam worden in beide fases weinig tot geen draadvormers waargenomen in de slibgistingstank.
- In Waalwijk wordt een stijging waargenomen van de FI en de SVI tussen fase 1 en 2.
- In Meppel worden bijna geen draadvormers waargenomen als gevolg van het alleen vergisten van primair slib. Wel werd in fase 1 een FI van 2-3 waargenomen in het secundaire slib, maar dit wordt vanwege eerdere schuimproblemen niet vergist.
- In Hengelo is helaas geen meting beschikbaar van de FI in fase 2, de SVI in fase 1 en 2 zijn vergelijkbaar.
- De FI in Scheemda is in beide fases erg laag. Wel werd gedurende de eerste fase een schuimprobleem gemeld¹². De analyse van de schuimlaag op de na-indikers liet in de eerste fase een FI zien van 2-3.

12 De aanwezigheid van een schuimlaag kan in Scheemda worden waargenomen omdat hier de hoogte van het slibbed wordt gemeten. De afvoer van het slib bevindt zich op een hoogte van 13 m, een stijging van het slibbed boven deze hoogte kan als schuim worden beschouwd.

- In de periode dat Enschede is gevolgd werd in maart de hoogste FI index waargenomen, terwijl in april en mei de SVI hoger lag zoals is te zien in figuur 13.

FIGUUR 13 VERLOOP SVI EN TEMPERatuur IN AT 1 RWZI ENSCHEDA

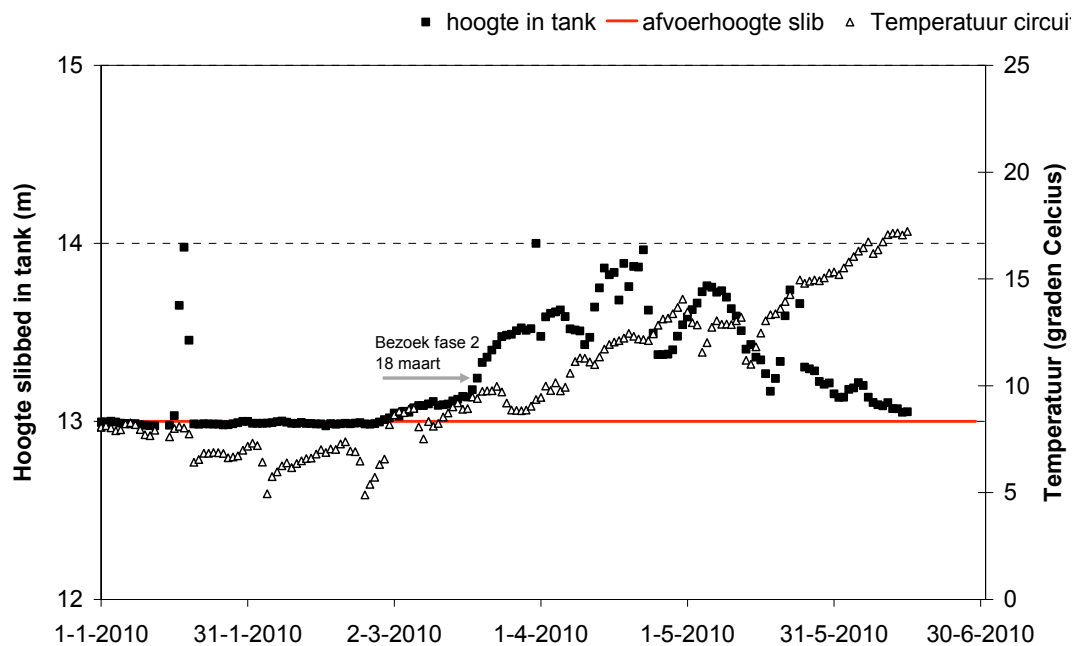


- Uit figuur 13 kan verder worden waargenomen dat de SVI van het slib in aëratietank 1 stijgt op het moment dat de temperatuur van het water stijgt. Deze stijging van de watertemperatuur en de SVI vindt elk jaar plaats rondom eind februari, begin maart. In 2008 en 2009 werden in deze periode ook problemen met schuim gerapporteerd, in het (koude) voorjaar van 2010 werden deze niet waargenomen.
- Uit de metingen in Scheemda blijkt (zie figuur 14A) dat op het moment dat de temperatuur in de waterlijn stijgt schuimvorming toeneemt (eind februari 2010). Ten opzichte van Enschede wordt in Scheemda niet een duidelijke toename in SVI waargenomen op het moment dat de temperatuur stijgt (zie figuur 14B).

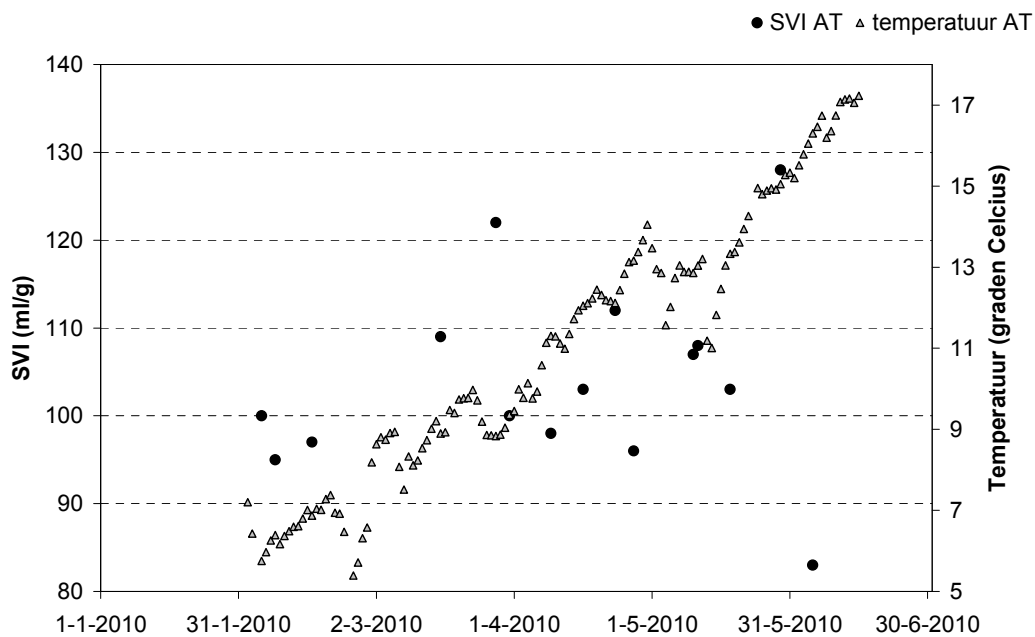
FIGUUR 14

A: VERLOOP HOOGTE SLIBBED EN TEMPERATUUR IN WATERLIJN B: VERLOOP TEMPERATUUR EN SVI IN WATERLIJN; BEIDE IN DE PERIODE JANUARI 2010 – JUNI 2010) VOOR RWZI SCHEEMDA

A



B



Op basis van het microscopisch beeld werden bij alle monsters de volgende type draadvormers aangetroffen:

- Type 1701.
- *Haliscomenobacter hydrossis*.
- *Microthrix parvicella*.

4.4 SCHUIMBEHEERSING

Het beheersen van schuim kan op verschillende manieren worden gedaan. In dit onderzoek is gekeken naar de afvoer van schuim en de dosering van anti-schuim. Verder is gekeken naar de gasbelasting ($m^3 \times m^{-2} \times h^{-1}$) als maat voor mogelijke schuimproblemen.

4.4.1 GASBELASTING

De waargenomen gasbelastingen in de onderzochte slibgistingstanks is weergegeven in tabel 18. Op basis van tabel 18 kan worden vastgesteld dat de hoogste gasbelasting wordt waargenomen in Meppel en Hengelo, de andere slibgistingstanks laten een veel lagere gasbelasting zien. De hoge gasbelasting in Meppel is niet direct de oorzaak van de schuimvorming (Amecon 2006). Wel is er weinig ruimte voor het schuim. Bij de vergisting van alleen primair slib leidt dit niet tot problemen, wel als er secundair slib wordt mee vergist.

TABEL 18 GASBELASTING SLIBGISTINGSTANKS TEN TIJDE VAN METINGEN IN FASE 1 EN 2.

| Slibgistingstank | Fase 1 (mei – juli 2009) Gasbelasting ($m^3 \times m^{-2} \times h^{-1}$) | Fase 2 (februari – mei 2010) Gasbelasting ($m^3 \times m^{-2} \times h^{-1}$) |
|------------------|--|--|
| Veendam | 0,1 | - ¹⁾ |
| Waalwijk | 0,2 | 0,2 |
| Meppel | 7,4 | 8,2 |
| Hengelo | 1,6 | 2,1 |
| Scheemda | 0,3 | 0,3 |
| Enschede | 0,2 | 0,3 |

¹⁾ Meetgegevens biogas ontbreken door installatie nieuwe WKK

4.4.2 AFVOER VAN SCHUIM

De wijze waarop het schuim wordt afgevoerd bij de zes slibgistingstanks wordt per locatie besproken.

VEENDAM

Het mengsysteem zoals dat wordt toegepast in Veendam is uitgebreid beschreven in bijlage 1. In dit systeem wordt een deel van het afgevoerde slib weer teruggestort naar het compartiment waar de gisting plaats vindt. Tijdens dit terugstorten wordt een werveling veroorzaakt ter bestrijding van schuim en drijfslagen.

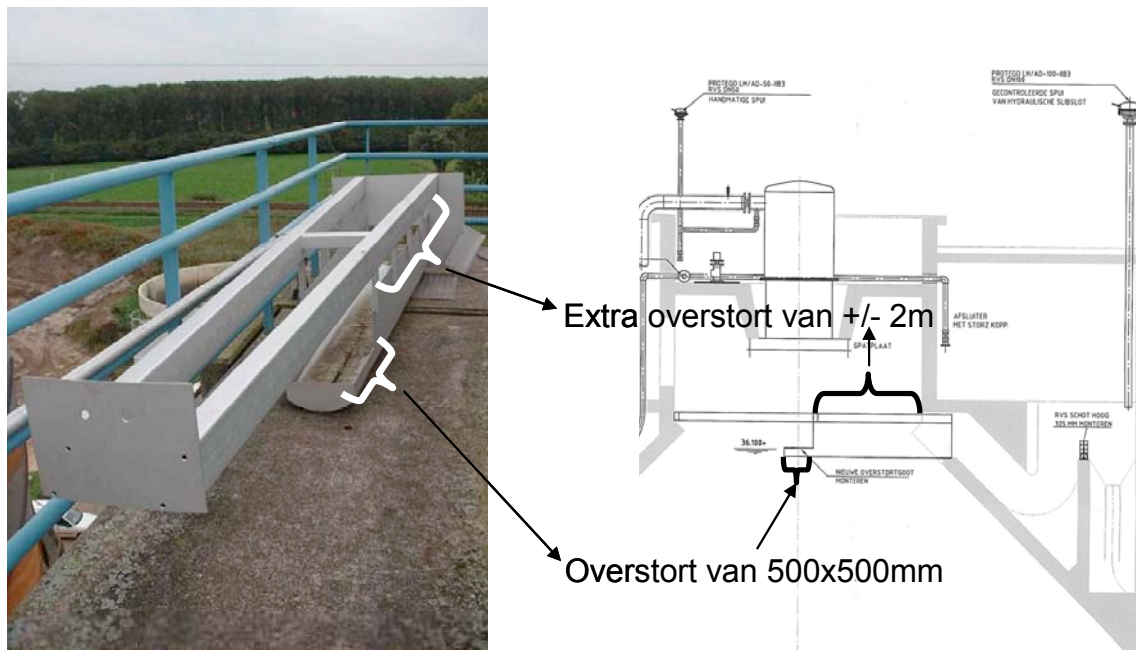
SCHEEMDA

Het slibbed in de slibgistingstanks in Scheemda bevindt zich op een hoogte van 13 meter, daarboven bevindt zich nog een ruimte van 1 – 1,5 m waarboven de afvoer van biogas plaats vindt. Gevormd schuim leidt hier dus niet direct tot problemen in de gasleidingen. Het afromen van schuim is niet mogelijk gezien de ‘zwanehals’ constructie van de slibafvoer.

HENGELO

In Hengelo is na meerdere periodes van problemen met schuimvorming de overstort van slib en afvoer van eventueel gevormd schuim aangepast. De overstort in de huidige situatie is weergegeven in figuur 15. Onder normale condities stort het slib over in een goot met afmetingen van 500 x 500 mm. Indien er veel schuim wordt gevormd kan dit over een grotere lengte via een transportgoot worden afgevoerd. Sinds deze aanpassingen zijn er in Hengelo geen problemen meer met schuim.

FIGUUR 15 AFVOERCONSTRUCTIE SLIB EN SCHUIM IN DE SLIBGISTINGSTANKS VAN DE RWZI HENGELO



ENSCHEDÉ

De afvoer van slib in Enschede vindt plaats over een lengte van 500 mm. Afvoer van slib naar de naindikers vond vanuit de drie slibgistingstanks plaats via één afvoerleiding. Deze situatie bestond tot en met het eerste bezoek. Ten tijde van de tweede onderzoeksperiode is de afvoer van het slib veranderd. Afvoer van het slib vindt nu per tank afzonderlijk plaats. Tot op heden zijn er nog geen problemen met schuim gemeld, terwijl die in voorgaande jaren wel werden gemeld in het voorjaar.

WAALWIJK

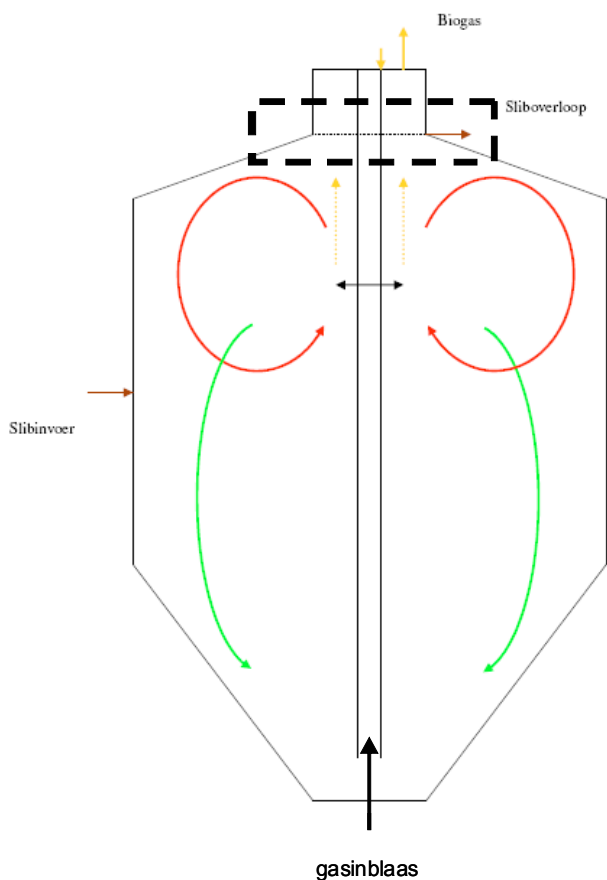
Afvoer van slib vindt in Waalwijk plaats via een u-bus met een diameter van 200 mm. Deze afvoer zit op een hoogte van 13,80 m, op dezelfde hoogte is een drijfslaagafvoerbak van 3 m bij 0,75 m geplaatst.

MEPPEL

Een schematische weergave van de tank is weergegeven in figuur 16. In deze figuur 16 is te zien dat de ruimte tussen de sliboverloop (+/-160 mm) en de bovenkant van de tank zeer klein is. Indien schuimvorming optreedt, kan dit snel tot problemen leiden.

FIGUUR 16

SCHEMATISCHE WEERGAVE SLIBGISTINGSTANK RWZI MEPEL. DE PIJLEN IN DE TEKENING GEVEN DE MENGING AAN (FIGUUR UIT AMECON, 2006)



4.4.3 SCHUIMBESTRIJDING

Bij de onderzochte slibgistingstanks werden ten tijde van het onderzoek alleen schuimproblemen waargenomen in Enschede (alleen in fase 1) en Scheemda. In Veendam en Waalwijk worden geen schuimproblemen gemeld en bestaat er ook niet de noodzaak voor bestrijding. In Meppel houdt men het schuimprobleem in de hand door geen secundair slib te vergisten. Indien hier alleen primair slib wordt vergist treedt er geen schuimvorming op. Door de het vergroten van de afvoer in Hengelo treden hier ook geen schuimproblemen meer op. In Enschede werd tot aan de eerste fase een anti-schuimmiddel gedoseerd, echter dit leidde niet tot het gewenste effect. De locatie van de dosering had geen of weinig effect op de bestrijding van het schuim. In Scheemda wordt schuim bestreden door het sproeien van water via de gasdome, nadeel hiervan is dat de gisting hierdoor afkoelt wat nadelig is voor het gistingproces.

5

DISCUSSIE

5.1 EVALUATIE TEST SCHUIMPOTENTIE EN SCHUIMSTABILITEIT

Voor het onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming en schuimstabiliteit is gebruik gemaakt van een schuimpotentietest. Uit de resultaten blijkt dat de toe te passen gassnelheid van invloed is op de uitkomsten van de test. Bij de laagst toegepaste gassnelheid (2,0 m/h) werd een lagere schuimpotentie gemeten, maar was het gevormde schuim wel stabiel dan het schuim gevormd bij een gassnelheid van 10,6 m/h. Dit kan worden verklaard door het feit dat bij een lagere gassnelheid de gevormde gasbellen langer de tijd krijgen om beladen te worden met oppervlakreactieve stoffen en zo een stabiel schuim vormen. Verder kon worden vastgesteld dat indien de test werd uitgevoerd bij een lagere gassnelheid de gevonden relaties met de schuimpotentie duidelijker aanwezig was dan indien de test werd uitgevoerd bij een gassnelheid van 10,6 m/h. Voor het onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming en schuimstabiliteit voldoet de test, al kan de mate van schuimvorming en schuimstabiliteit moeilijk worden vertaald naar de praktijk vanwege het grote schaalverschil tussen de testopstelling en de slibgistingstanks.

5.2 SCHUIMPOTENTIE

De resultaten van de schuimpotentietest hebben aangetoond dat elke gisting de potentie heeft tot schuimvorming. Hiermee mag de eerste hypothese bewezen worden geacht. De gisting met de laagste schuimpotentie is de gisting in Veendam, gevolgd door de gisting in Meppel. Beide slibgistingstanks hebben ten opzichte van de andere vier slibgistingstanks een afwijkende wijze van mengen. Bij de andere vier slibgistingstanks wordt met gas gemengd. Echter, in het eerder uitgevoerde onderzoek werd aangetoond dat het niet erg aannemelijk is dat menging door gasinblazing een verklarende factor is voor schuimvorming (STOWA, 2007). Op basis hiervan lijkt de wijze van menging in Meppel en Veendam niet de belangrijkste factor voor het waargenomen verschil in schuimpotentie. Belangrijker is wellicht dat in Meppel alleen primair slib wordt vergist, en de problemen met schuim daar alleen optreden als er secundair slib wordt mee vergist. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de oorzaak van schuimvorming niet gezocht moeten worden in de samenstelling van het primair slib. Deze conclusie wordt ondersteund door de bevindingen van Amecon (2006). In het door Amecon (2006) uitgevoerde onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming in Meppel werd aangetoond dat het primair slib geen enkele potentie had tot schuimvorming. Voor Veendam geldt dat daar als enige van de onderzochte rwzi's fosfaat chemisch wordt verwijderd; hiervoor wordt polyaluminiumchloride gebruikt. Van polyaluminiumchloride is bekend dat het toxisch is voor draadvormers zoals *M parvicella* (STOWA, 1999). Wellicht wordt in Veendam door de dosering van PolyAlCl voorkomen dat draadvormers zorgen voor schuimproblemen in de slibgistingstank.

De gisting met de hoogste schuimpotentie is Waalwijk. Dit is opvallend omdat in de praktijk nooit schuimproblemen worden ervaren. Ten tijde van de eerste meting kon visueel worden vastgesteld dat er geen schuimvorming optrad in de slibgistingstank (zie figuur 17). Vooralsnog kan op basis van de kenmerken van de slibgistingstank en de rwzi nog geen verklaring worden gevonden tussen het verschil in schuimpotentie in Waalwijk en de andere slibgistingstanks.

FIGUUR 17 INKIJK IN SLIBGISTINGSTANK VAN WAALWIJK TEN TIJDE VAN DE METING IN FASE 1 (3 JULI 2009)



5.3 OORZAKEN SCHUIMVORMING

Onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming vond plaats aan de hand van de hypothesen 2 – 6. In hoeverre deze hypothesen waar zijn gebleken is samengevat in tabel 19.

TABEL 19 TOETSING HYPOTHESES 2 – 6: OORZAKEN SCHUIMPOTENTIE

| Hypothese | Beschrijving | Toetsing |
|-----------|--|--------------------------------------|
| 2 | Een lagere oppervlaktespanning van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie. | waar |
| 3 | De oppervlakteaactieve stoffen die in een slibgistingstank leiden tot een verlaging van de oppervlaktespanning zijn vetten, eiwitten en hogere vetzuren. | niet aangetoond |
| 4 | Een lagere hardheid van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie. | geen toetsing mogelijk ¹⁾ |
| 5 | Een hogere viscositeit van het slib leidt tot een hogere schuimpotentie. | mogelijk waar |
| 6 | Een slibgisting die niet goed presteert (reductie van organische stof, biogasproductie) heeft een hogere schuimpotentie door de aanwezigheid van oppervlakteaactieve stoffen, als gevolg van de verslechtering van de afbraak van onder andere hogere vetzuren | niet aangetoond |

¹⁾ Geen goede metingen van de hardheid beschikbaar (zie paragraaf 4.2.4).

Aan de hand van tabel 19 kan worden vastgesteld dat de gemeten schuimpotentie werd veroorzaakt door een verlaging van de oppervlaktespanning en mogelijk door een verhoging van de viscositeit.

De gevonden relatie met de oppervlaktespanning is niet verassend, omdat een verlaging van de oppervlaktespanning noodzakelijk is voor schuimvorming. In het onderzoek kon niet worden aangetoond welke stoffen verantwoordelijk zijn voor de verlaging van de oppervlaktespanning.

In de slibgistingstanks werden bijna geen vetten aangetroffen. Dit valt te verklaren uit het feit dat op alle onderzochte rwzi's het vet uit het afvalwater extern wordt verwerkt en niet in de aanwezige gisting wordt vergist. Verder konden de concentraties hogere vetzuren en eiwit (gemeten als organisch stikstof) de waargenomen verlaging van de oppervlaktespanning niet verklaren. In welke mate de aanwezigheid van calcium en magnesium verantwoordelijk waren voor de verlaging van de oppervlaktespanning kon helaas niet worden vastgesteld. Wel werd in het eerder uitgevoerde onderzoek al vastgesteld dat de factor hardheid van het leidingwater geen directe invloed heeft op schuimvorming in de slibgistingstanks (STOWA, 2007). Verder werd in datzelfde onderzoek vastgesteld dat de factor Bio-P (vergiften van Bio-P slib) geen directe invloed heeft op de mate van schuimvorming in slibgistingstanks (STOWA, 2007).

Op basis van bovenstaande kan worden vastgesteld dat de onderzochte oppervlakteactieve stoffen niet afzonderlijk verantwoordelijk zijn voor de waargenomen verlaging van de oppervlaktespanning en de daarbij behorende schuimpotentie. Wel is het denkbaar dat zij gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor de verlaagde oppervlaktespanning.

De mogelijke relatie tussen de viscositeit en de mate van schuimpotentie kan wellicht worden verklaard doordat bij hogere viscositeit de gevormde gasbellen langer de tijd krijgen om beladen te worden met oppervlakteactieve stoffen en zo schuim te vormen. In het onderzoek kon de gevonden viscositeit niet duidelijk worden gerelateerd aan het drogestofgehalte in de slibgistingstank. Ook in het eerder uitgevoerde onderzoek kon geen duidelijk verband worden gevonden met de factor slibgehalte in de slibgistingstank en schuimvorming (STOWA, 2007). Op basis hiervan lijkt de factor viscositeit en drogestofgehalte op dit moment van minder belang als mogelijk oorzaak van schuimvorming.

Eerder werd al vastgesteld dat de afzonderlijke oppervlakteactieve stoffen niet in verband konden worden gebracht met de gemeten schuimpotentie. Verder kon in dit onderzoek worden vastgesteld dat er geen relatie bestaat tussen het presteren van de slibgistingstanks en de aanwezigheid van oppervlakteactieve stoffen. Hieruit volgt dat er tevens geen relatie kon worden gevonden tussen de prestatie van de slibgistingstanks en de mate van schuimpotentie. Vastgesteld kan worden dat de onderzochte slibgistingstanks in voldoende mate presteren om de vorming van hoge concentraties hogere vetzuren en eiwitten te voorkomen. Dit wordt ondersteund door het feit dat de meeste slibgistingstanks met uitzondering van die in Veendam een voldoende lange verblijftijd (> 20 dagen) en een voldoende hoge temperatuur hebben die voorkomen dat oppervlakteactieve stoffen zich kunnen ophopen. (zie tabel 14).

Geconcludeerd kan worden dat de waargenomen schuimpotentie verklaard kan worden door een verlaging van de oppervlaktespanning. De combinatie van de aanwezigheid van oppervlakteactieve stoffen zoals hogere vetzuren en eiwitten is hiervoor mogelijk verantwoordelijk. De mogelijke bijdrage van calcium en magnesium aan de verlaging van de oppervlaktespanning kon niet worden vastgesteld.

Tenslotte kan worden vastgesteld dat er niet een eenduidige oorzaak kan worden gevonden voor de mate van schuimpotentie en dat onderzoek hieraan in de praktijk complex is. Deze conclusie wordt ook getrokken in het onderzoek van Ganidi aan 16 slibgistingstanks in Engeland (Ganidi, 2006).

5.4 OORZAKEN SCHUIMSTABILITEIT

In de vorige paragraaf is vastgesteld dat elke slibgisting de potentie heeft tot schuimvorming. Dat dit in de praktijk niet altijd hoeft te leiden tot schuimproblemen wordt bewezen door de gisting in Waalwijk. Bij het daadwerkelijk ervaren van schuimproblemen speelt de stabiliteit van het schuim en de beheersing van het schuim een belangrijke rol. In deze paragraaf wordt gekeken welke factoren mogelijk zorgen voor de stabiliteit van het schuim. De beheersing van schuim wordt in de volgende paragraaf besproken.

Onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming vond plaats aan de hand van de hypothesen 7 – 9. In hoeverre deze hypothesen waar zijn gebleken is samengevat in tabel 20.

TABEL 20 TOETSING HYPOTHESES 7 - 9: OORZAKEN SCHUIMSTABILITEIT

| Hypothese | Beschrijving | Toetsing |
|-----------|---|--|
| 7 | Een slibgistingstank met een hoge schuimpotentie produceert een meer stabiele schuimlaag. | niet aangetoond |
| 8 | Oppervlakreactieve stoffen dragen bij aan de stabiliteit van het schuim. | niet aangetoond |
| 9 | Draadvormers dragen bij aan de stabiliteit van het schuim | goede toetsing niet mogelijk ¹⁾ . |

¹⁾ Onvoldoende gegevens beschikbaar om hypothese te toetsen, monsternamen van gevormd schuim bleek niet mogelijk.

Uit het onderzoek is gebleken dat een hoge schuimpotentie nauwelijks leidt tot een hoge schuimstabiliteit, hiermee is hypothese 7 niet aangetoond. Verder bleek uit de testen uitgevoerd bij een lage gassnelheid (2,0 m/h) dat voor elke slibgistingstank geldt dat in een bepaalde mate een stabiel schuim werd gevormd. Uit de praktijk is gebleken dat dat niet altijd leidde tot een schuimprobleem. Ten tijde van de metingen werden geen problemen met schuim ervaren en werd alleen in Scheemda schuimvorming waargenomen (zie figuur 14A). Dit sluit niet uit dat in de overige gistingen geen schuimvorming optrad. Ten eerste kon dit niet worden vastgesteld in de praktijk, en ten tweede kan door de aanwezigheid van bijvoorbeeld een goede afvoer geen schuimprobleem worden ervaren.

Doordat het in de praktijk niet mogelijk is onderzoek te doen aan eventueel gevormd schuim in de slibgistingstanks is voor de oorzaken naar de stabiliteit van schuim gekeken naar de samenstelling van het slib uit de slibgistingstanks. Op basis van dit onderzoek kon geen relatie worden gevonden met de mate van schuimstabiliteit en oppervlakreactieve stoffen en ook niet met de gemeten oppervlaktespanning. Op basis hiervan lijken onvoldoende oppervlakreactieve stoffen aanwezig om de gevonden schuimstabiliteit te verklaren.

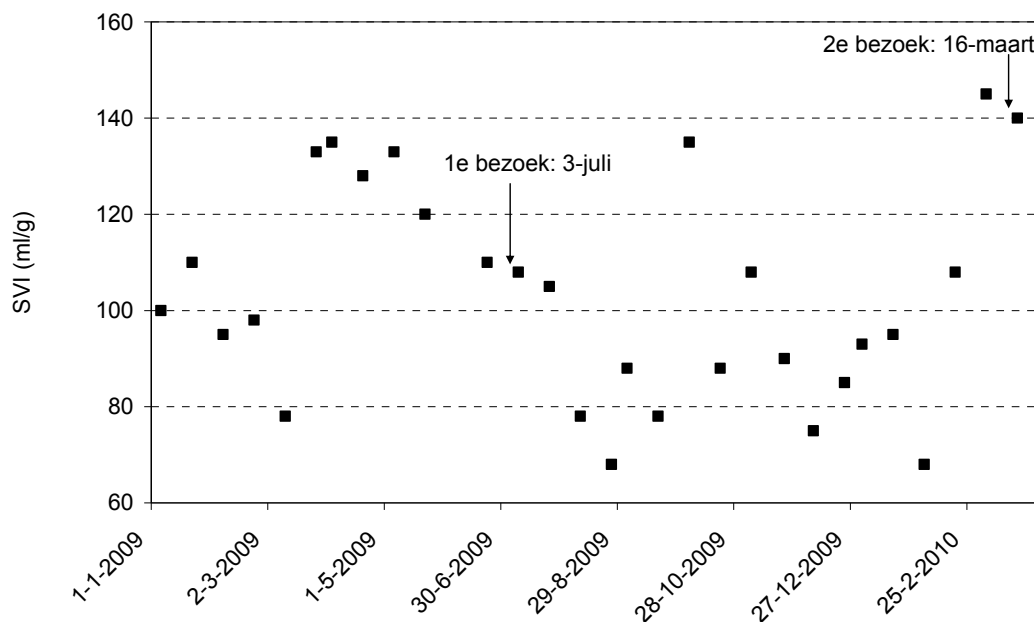
Uit de literatuur was gebleken dat de aanwezigheid van draadvormers verantwoordelijk kunnen zijn voor de stabiliteit van schuim (Westlund *et al.*, 1998).

Verder werd in het vorige STOWA onderzoek bewezen dat de aanwezigheid van drijfslagen in de AT significant was in de categorie slibgistingstanks met schuimproblemen. De aanwezigheid van draadvormers is in dit onderzoek bepaald aan de hand van slibmonsters uit de slibgistingstanks. Bij het bepalen van de aanwezige draadvormers kwam *type 1701* het meest naar voren als dominant type. Dit is opvallend aangezien de verwachting is dat dit type vrijwel niet voor zal komen in rwzi's met nutriëntenverwijdering (STOWA, 1999). Een type dat veelal wel wordt waargenomen in laagbelaste rwzi's en in veel landen wordt gezien als de belangrijkste oorzaak van licht slib is *Microthrix parvicella* (STOWA, 1999). In een aantal (5 van de 12) monsters werd dit type aangetroffen in het slib uit de slibgistingstanks. *M. parvicella* is al eens aangetroffen in het schuim uit slibgistingstanks (Westlund *et al.*, 1998). Verder is bekend dat deze draadvormer een uitgesproken seizoenspatroon vertoont, de populatie is maximaal aan

het eind van de winter en minimaal in de zomer (STOWA, 1999). Dit patroon sluit aan bij de waargenomen stijging in SVI in bijvoorbeeld Enschede (zie figuur 13A) en het verschijnen van schuim in de slibgistingstank in Scheemda in de periode maart – juni (zie figuur 14A). Bij de meting in Scheemda halverwege maart werden echter nog geen draadvormers waargenomen. In de periode dat Enschede gevolgd werd, werd de hoogste filamentindex waargenomen in maart (3), in april en mei bedroeg deze 2. Echter op het moment van de metingen in de tweede fase in Enschede werden in de gehele periode (februari – mei 2010) geen schuimproblemen gemeld ondanks een hoge SVI en de aanwezigheid van draadvormers in de slibgistingstanks (zie tabel 15). Dit in tegenstelling tot de voorgaande jaren waarin in het voorjaar veel problemen met schuim werden ervaren. Mogelijk heeft er wel schuimvorming plaats gevonden, maar dit kon in de praktijk niet worden getoetst. Een andere mogelijkheid is dat door een aanpassing in de afvoer van het slib, mogelijk gevormd schuim makkelijker kan worden afgevoerd.

In Meppel en Veendam werden in beide fases weinig tot geen draadvormers aangetroffen. In Meppel is dit het gevolg van het vergisten van alleen primair slib. De mogelijke reden voor de afwezigheid van draadvormers in Veendam is de dosering van PolyAlCl in de waterlijn voor de verwijdering van fosfaat. In Waalwijk worden tijdens het eerste bezoek in de zomer van 2009 geen draadvormers aangetroffen in de slibgistingstanks, in het voorjaar van 2010 wordt een filamentindex van 2 (bescheiden hoeveelheid) waargenomen. Dit verklaart wellicht de hogere schuimpotentie en –stabiliteit die in fase 2 ten opzichte van fase 1 werd waargenomen in Waalwijk. Deze waarneming wordt verder ondersteunt door het verloop van de SVI zoals weergegeven in figuur 18.

FIGUUR 18 VERLOOP SVI IN DE BELUCHTINGSTANKS OP DE RWZI WAALWIJK VOOR HET JAAR 2009



Uit figuur 18 blijkt dat ten tijde van het tweede bezoek op 16 maart 2010 een hogere SVI wordt waargenomen dan ten tijde van het eerste bezoek op 3 juli 2009.

Op basis van de waarnemingen in Waalwijk en Enschede kan worden vastgesteld dat draadvormers met name voorkomen in het voorjaar als tevens een stijging van de SVI wordt waargenomen. In Enschede leidde dit tot 2010 tot veel problemen, maar in 2010 werden deze problemen niet waargenomen. In Waalwijk zijn nog nooit problemen met schuim gemeld. Het verschijnen van het schuim in Scheemda in de periode maart – juni 2010 bevestigde het beeld dat schuimvorming een seizoensgebonden probleem is. Dat werd door de beheerders van de bezochte rwzi's bevestigd. Op basis van het onderzoek kan de rol van draadvormers in de vorming en stabiliteit nog niet voldoende worden aangetoond. Op basis van genoemde waarnemingen lijken draadvormers wel een rol te spelen. Deze rol zou in een vervolgonderzoek verder kunnen worden onderzocht, waarbij de dosering van bijvoorbeeld PolyAlCl als mogelijke maatregel voor de bestrijding van schuim kan worden getoetst.

5.5 BESTRIJDING SCHUIM

Uit de vorige paragrafen is gebleken dat elke slibgisting de potentie heeft tot schuimvorming en dat in de meeste gevallen ook een stabiel schuim wordt gevormd. In de praktijk werden tijdens de metingen geen problemen met schuim gemeld.

Tabel 22 beoordeelt de hypothese 10 en 11 voor het aspect schuimbeheersing waarbij optreden van schuim niet tot problemen leidt.

TABEL 22 TOETSING HYPOTHESES 10 - 11: SCHUIMBEHEERSING

| Hypothese | Beschrijving | Toetsing |
|-----------|--|--|
| 10 | De afvoer van schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek. | waar |
| 11 | De dosering van anti-schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek. | Goede toetsing niet mogelijk ¹⁾ |

¹⁾ Bij onderzochte gistingen vond geen dosering plaats, waardoor ervaringen ontbraken om hypothese te toetsen.

In Scheemda werd wel tweemaal schuim gemeld, maar doordat er in de slibgistingstanks voldoende ruimte is leidt het schuim daar niet tot problemen. In Enschede werd tot 2010 in het voorjaar altijd problemen met schuim ervaren. Ten tijde van de eerste meting in Enschede in juni 2009 werden geen schuimproblemen waargenomen, terwijl die er in dat voorjaar wel waren. Tussen de meting in 2009 en de meting 2010 is de afvoer van slib in Enschede aangepast. Voor 2009 werd het slib via één leiding afgevoerd naar de na-indikkers. Dit is in de tweede helft van 2009 aangepast. Elk van de drie slibgistingstanks is voorzien van een eigen afvoerleiding. Deze aanpassing verklaart wellicht dat er in Enschede in het voorjaar van 2010 geen schuimproblemen zijn ervaren. Of er daadwerkelijk geen schuim gevormd werd kon in de praktijk niet worden vastgesteld. De vorming van schuim treedt in elke slibgistingstanks op, of dit leidt tot schuimproblemen hangt af van de stabiliteit van het slib en of er is voorzien in een goede afvoer of dat er in de tank ruimte is voor schuim. De slibgistingstanks in Hengelo en Scheemda bewijzen dat ruimte voor schuim belangrijk is om schuimproblemen te voorkomen. In Meppel is er zeer weinig ruimte voor schuim, waardoor bij toevoeging van secundair slib vrijwel direct schuimproblemen ontstaan. Op basis van bovenstaande kan worden vastgesteld dat hypothese 10 waar is en dat een goede afvoer schuimproblemen kan voorkomen.

Met betrekking tot hypothese 11, de dosering van antischuimmiddelen kan worden gesteld dat deze niet goed kon worden getoetst, omdat alleen in Enschede enige ervaring was met de dosering van anti-schuim. In Enschede werd geen of weinig effect aangetoond van de dosering van anti-schuim. Met het doseren van anti-schuim in Deventer en Raalte kon daar het schuimprobleem beheerst worden (Amecon 2005). Aangetekend dient hierbij te worden dat de dosering een van de maatregelen was om het schuimprobleem te reduceren. Het effect van de dosering van anti-schuim zal wellicht per locatie en situatie afhankelijk zijn.

6

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 CONCLUSIES

Voor dit onderzoek zijn een aantal hypothesen opgesteld en getoetst. De conclusies voor de toetsing van deze hypothesen zijn gegeven in tabel 23.

| Hypothese | Beschrijving | Conclusie |
|-----------|---|--|
| 1 | Elke slibgistingstank heeft de potentie tot schuimvorming. | waar |
| 2 | Een lagere oppervlaktespanning van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie. | waar |
| 3 | De oppervlakreactieve stoffen die in een slibgistingstank leiden tot een verlaging van de oppervlaktespanning zijn vetten, eiwitten en hogere vetzuren. | niet aangetoond |
| 4 | Een lagere hardheid van de vloeistof in de slibgistingstank leidt tot een hogere schuimpotentie. | geen toetsing mogelijk ¹⁾ |
| 5 | Een hogere viscositeit van het slib leidt tot een hogere schuimpotentie. | mogelijk waar |
| 6 | Een slibgisting die niet goed presteert (reductie van organische stof, biogasproductie) heeft een hogere schuimpotentie door de aanwezigheid van oppervlakreactieve stoffen, als gevolg van de verslechtering van de afbraak van onder andere hogere vetzuren | niet aangetoond |
| 7 | Een slibgistingstank met een hoge schuimpotentie produceert een meer stabiele schuimlaag. | niet aangetoond |
| 8 | Oppervlakreactieve stoffen dragen bij aan de stabiliteit van het schuim. | niet aangetoond |
| 9 | Draadvormers dragen bij aan de stabiliteit van het schuim | goede toetsing niet mogelijk ²⁾ . |
| 10 | De afvoer van schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek. | waar |
| 11 | De dosering van anti-schuim draagt bij aan een goede beheersing van de schuimproblematiek. | Goede toetsing niet mogelijk ³⁾ |

¹⁾ Geen goede metingen van de hardheid beschikbaar (zie paragraaf 4.2.4).

²⁾ Onvoldoende gegevens beschikbaar om hypothese te toetsen, monsternamen van gevormd schuim bleek niet mogelijk

³⁾ Bij onderzochte gistingen vond geen dosering plaats, waardoor ervaringen ontbraken om hypothese te toetsen.

Naast bovengenoemde conclusies voor de hypothesen kan uit het onderzoek ook het volgende worden geconcludeerd:

- Een stabiele bedrijfsvoering (voedingsregime, temperatuur, pH) van de slibgistingstank is belangrijk. Dit voorkomt waarschijnlijk de ophoping van oppervlakreactieve stoffen.
- De aanwezigheid van primair slib draagt niet bij aan het schuimprobleem. Schuimproblemen worden veroorzaakt door secundair slib.
- Draadvormers spelen mogelijk een belangrijke rol bij de vorming van schuim in het voorjaar en veroorzaken daardoor mogelijk schuimproblemen.
- Een goede afvoer van schuim en voldoende ruimte (voor gas) in de slibgistingstank is belangrijk om schuimproblemen te beheersen.
- De dosering van polyaluminiumchloride in bijvoorbeeld de afloop van de beluchtingstanks kan wellicht als maatregel worden gezien om schuimvorming in slibgistingstanks te voorkomen.

6.2 AANBEVELINGEN

6.2.1 BEDRIJFSVOERING

Een goede bedrijfsvoering van de gisting en de RWZI is belangrijk om schuimproblemen te voorkomen. Op basis van dit onderzoek is een protocol opgesteld voor de bestrijding van schuim in slibgistingstanks. Het protocol is weergegeven in figuur 19.

FIGUUR 19 **PROTOCOL PREVENTIE EN BESTRIJDING SCHUIM IN SLIBGISTINGSTANKS**

| | Maatregel | Richtlijn |
|--------------------|--|---|
| Preventie | 1) Handhaaf bedrijfsvoering slibgistingstanks conform ontwerp (verblijftijd, temperatuur en belasting) | HRT > 20d (STOWA 2007-W-07) |
| | 2) Voorkom de vorming van licht slib in waterlijn | STOWA 2001 – 02 |
| | 3) Creeër voldoende ruimte tussen slibbed en gasafvoer | zie voorbeeld Scheemda |
| | 4) Zorg voor een goede afvoer van slib / schuim | zie voorbeeld Hengelo |
| Bestrijding | 1) Dosering anti-schuim | Op sliboppervlak en in recirculatie (Mulder, 2005) |
| | 2) Controle aanwezigheid draadvormers in waterlijn | Verloop SVI in combinatie met microbiologisch onderzoek (STOWA, 1999 – 01) |
| | 3) Dosering aluminiumzout in waterlijn voor bestrijding Microthrix | 3 g Al ³⁺ × kg ds ⁻¹ ×dag ⁻¹ (STOWA, 1999 – 01) |

Het protocol voor de bestrijding van schuimproblemen in slibgistingstanks is opgedeeld in preventie en bestrijding.

- Preventie

Met het voorkomen van licht slib in de waterlijn wordt tevens voorkomen dat draadvormers in de slibgistingstank terecht komt, waar deze mogelijk bijdragen aan schuimvorming. Maatregelen ter voorkoming van licht slib in het ontwerp en bedrijfsvoering van de zuivering zijn uitgebreid beschreven in een eerder verschenen STOWA rapport (STOWA, 2001). Uit het onderzoek is gebleken dat schuimvorming niet altijd is te voorkomen. Om te voorkomen dat gevormd schuim snel tot problemen leidt in bijvoorbeeld de gasafvoer is het belangrijk in het ontwerp van de slibgistingstanks enige ruimte beschikbaar te houden voor schuim (zie Scheemda).

Ten tweede kunnen problemen met schuim worden voorkomen door bij het ontwerp van de slibgistingstanks te voorzien in een goede afvoer van slib en schuim (zie Hengelo).

Een goede bedrijfsvoering van de slibgistingstank draagt bij aan een goede afbraak van het organisch materiaal en voorkomt daarbij de ophoping van oppervlakreactieve stoffen zoals eiwitten en hogere vetzuren. Om dit laatste te voorkomen is een verblijftijd van minimaal 20 dagen noodzakelijk (STOWA, 2007).

- Bestrijding

In het geval dat schuimvorming optreedt en dit leidt tot problemen in de bedrijfsvoering van de slibgistingstank dient direct een anti-schuim middel te worden gedoseerd. Uit onderzoek in Raalte en Deventer is gebleken dat dosering op het sliboppervlak en in de recirculatie effectief is voor de bestrijding van schuim (Amecon, 2005). De gewenste dosering zal per situatie afhankelijk zijn van het type middel wat wordt gedoseerd en de mate van het schuimprobleem. Dit zal in de praktijk proefondervindelijk moeten worden vastgesteld.

Op het moment dat schuimvorming optreedt, kan worden gecontroleerd of er veel draadvormers in het secundaire slib aanwezig zijn. Een indicatie hiervoor kan zijn een hoge SVI in de waterlijn, maar kan beter worden vastgesteld door middel van een microbiologisch onderzoek (STOWA, 1999).

Indien uit het microbiologisch onderzoek blijkt dat veel draadvormers aanwezig zijn in het secundaire slib en *Microthrix parvicella* de dominante soort is kan er voor worden gekozen een aluminiumzout te doseren aan de waterlijn (beluchte zones). Uit onderzoek naar de bestrijding van licht slib is gebleken dat dit een effectieve maatregel is om de hoeveelheid draadvormers (type *Microthrix. parvicella*) te reduceren (STOWA, 1999). Het is aan te bevelen de hoeveelheid draadvormers regelmatig te blijven controleren nadat tot dosering van een aluminiumzout is overgegaan.

6.2.2 VERVOLGONDERZOEK

Dit onderzoek heeft aangetoond dat elke slibgistingstank de potentie heeft tot schuimvorming, maar dat een directe oorzaak in de praktijk moeilijk te vinden is. Wel is duidelijk geworden dat de schuimproblemen zich met name in het voorjaar voordoen en dat daarbij wellicht een belangrijke rol voor de draadvormers is weggelegd. Aanbevolen wordt om in een vervolgonderzoek verder onderzoek te doen naar de oorzaken van de schuimvorming in het voorjaar, waarbij gekeken kan worden naar de wisseling in aanvoer en de rol van draadvormers. Aanbevolen wordt om hier in eerste instantie uit te gaan van één slibgistingstank die in de tijd gevolgd wordt.

7

REFERENTIES

- Amecon Environmental Consultancy, 2005, Verkenning en bestrijding van de oorzaken van de schuimvorming in de gistingstanks van de rwzi's Raalte en Deventer, AM-R-18.
- Amecon Environmental Consultancy, 2006, Onderzoek naar de oorzaken van schuimvorming bij de vergisting van primairslib en spuislib op rwzi Meppel, AM-R-21
- Blackall, L.L., Marchall, K.C., 1989, The mechanism of stabilization of actinomycete foams and prevention of foaming under laboratory conditions, J.Industr. Microbiol., 4, p 181 - 188
- Bolto B & J Gregory 2007. Organic polyelectrolytes in water treatment. Water Research 41: 2301-2324.
- Brown S & R Sale 2002. Operating a high-rate digester: the Southern Water experience. Water and Environment Journal 16: 116-120.
- Chu C P, D J Lee, B Chang, C Y You, C S Liao & J H Tay 2003. Anaerobic digestion of polyelectrolyte-flocculated waste activated sludge. Chemosphere 53: 757-764.
- Eikelboom, D.H., Buijsen, van, H.J.J., 1981, Microscopic sludge investigation manual, TNO research institute for environmental hygiene, the Netherlands.
- Eikelboom, D.H., 1999, Procesbewaking door microscopisch slibonderzoek, TNO rapport R 99/057, TNO-MEP, Apeldoorn
- Ganidi, N., 2006, Anaerobic Digestion Foaming Causes, PhD, Cranfield University, School of Applied Science, Department of Sustainable Systems, Centre for Water Science.
- Halalsheh, M.M., 2002, Anaerobic pre-treatment of strong sewage; A proper solution for Jordan, Wageningen Universiteit, department Agrotechnologie en voedingswetenschappen, sectie Milieutechnologie.
- Heard, J., Harvey, E., Johnson, B.B., Wells, J.D., Angove, M.J., 2008, The effect filamentous bacteria on foam production and stability, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Vol. 63 (1), p. 21 – 26.
- Hug, T., 2006, Characterization and controlling of foam and scum in activated sludge systems, PhD thesis, Swiss federal institute of technology Zurich.
- Massart, N., Bates, R., Corning, B., Neun, G., October 2006, When it bubbles over, Excessive foam is a symptom of unstable digester conditions, Water Environment & Technology, p 51 – 55.

Pagilla, K.R., Craney, K.C., Kido, W.H., 1997, Causes and effects of foaming in anaerobic sludge digesters, *Water Science & Technology* 36 (6-7) p. 463 – 470.

Pagilla, K.R., Sood, A., Kim, H., 2002, *Gordonia (nocardia) amarae* foaming due to biosurfactant production, *Water Science & Technology* 46 (1 – 2), p. 519 – 524.

Pujol, R., Duchenne, Ph., Schetrite, S., Canler, J.P., 1991, Biological foams in activated sludge plants: characterization and situation, *Water Resources* 25 (11), p. 1399 – 1404.

Saveyn H, D Curvers, R Dupont & P Van der Meeren 2009. determination of charge density and adsorption behaviour of DMAEA-Q-based cationic polymers by fluorimetric analysis. *Water research* 43: 1905-1912.

STOWA, 1999, Handleiding procesbewaking door microscopisch slibonderzoek, rapportnummer 01.

STOWA, 2001, Beheersing van licht slib bij de behandeling van stedelijk afvalwater met biologische nutriëntenverwijdering, rapportnummer 02.

STOWA, 2007, Inventarisatie van omvang en kenmerken van schuimvorming in de slibgisting, rapportnummer W-07.

Veldhuizen, van, H., 2006, Schuimvorming in slibgistingstanks, Neerslag – 3 – 2006.

Westlund, A.D., Hagland, E., 1998, Foaming in anaerobic digesters caused by *Microthrix parvicella*, *Water Science & Technology* vol. 37 (4-5), p. 51 - 55.

Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Surface_tension

BIJLAGE 1

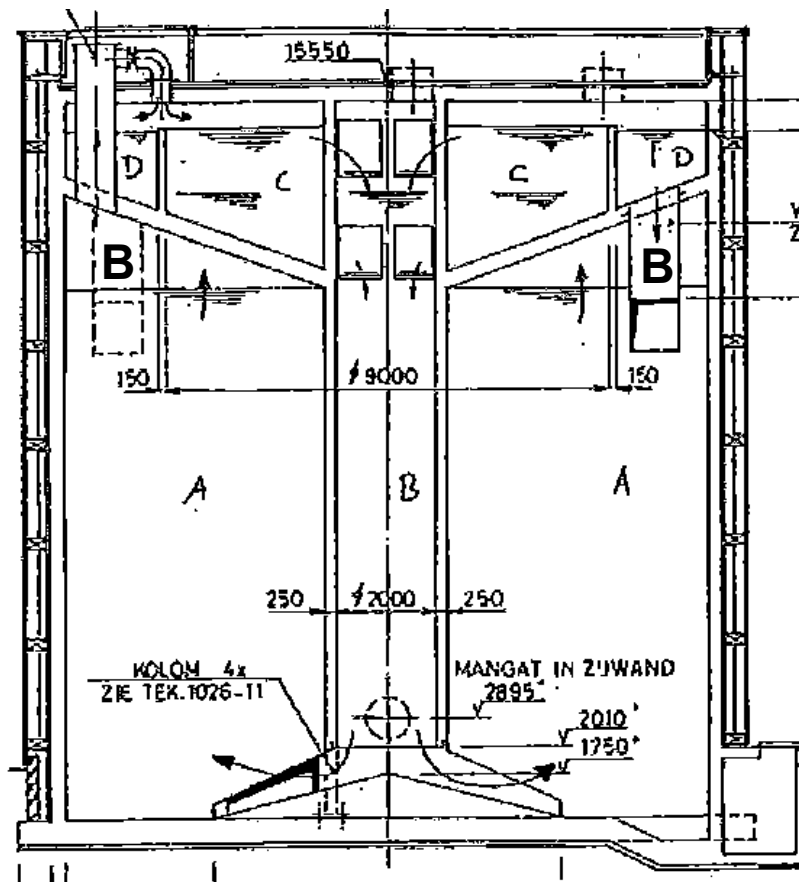
BIMA SYSTEEM RWZI VEENDAM

BIMA SYSTEM RWZI VEENDAM

De gisting is van het type Bima, waar door middel van drukopbouw het slib wordt gemengd. Een tekening van de gisting is weergegeven in figuur 20. Aanvoer van slib vindt plaats ter plaatse van de slibzak, overtollig slib stort over naar de buitenste ring (D). Het gevormde biogas hoopt zich tijdens het begin van een cyclus op boven het sliboppervlak in compartiment A. Hierdoor wordt slib via de mengbuizen B omhoog gedrukt en komt in compartiment C en D terecht. Afvoer vindt plaats door middel van een u-buis (NW200). Indien in compartiment A een ingestelde druk wordt bereikt wordt door het openen van een afsluiter de druk opgeheven. Vervolgens stort het slib opgeslagen in compartiment C/D via buis B naar beneden. Hierbij wordt door de aanwezigheid van mengvleugels een werveling veroorzaakt nabij het sliboppervlak ter voorkoming van schuim en drijfslagen. (Informatie aangeleverd door Waterschap Hunze en Aa's).

FIGUUR 20

TEKENING SLIBGISTINGSTANK RWZI VEENDAM



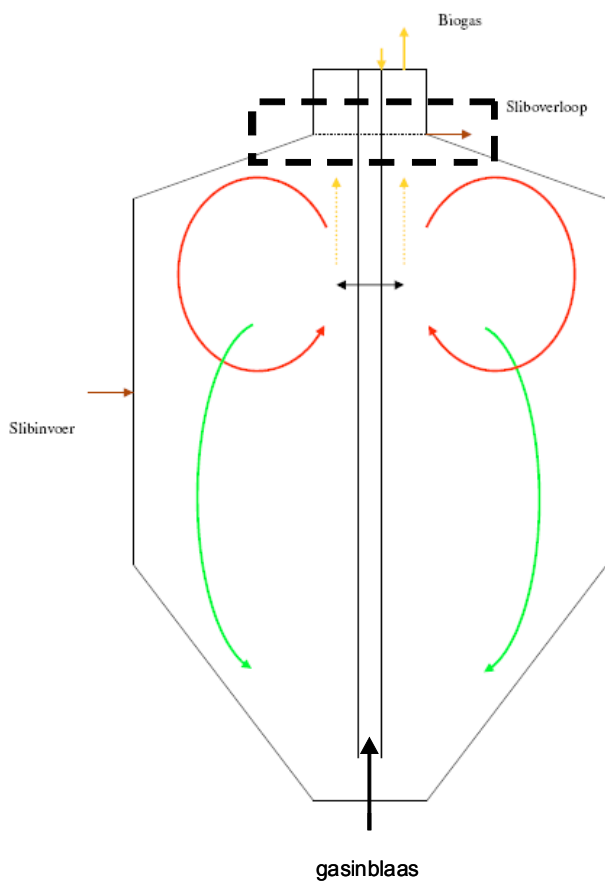
BIJLAGE 2

HEATAMIX SYSTEEM RWZI MEPPPEL

HEATAMIX SYSTEEM RWZI MEPPEL

De menging die wordt gerealiseerd met de Heatamix Units is schematisch in beeld gebracht in figuur 21. In de eerste plaats is er de primaire mammoetpomp die het resultaat is van het inblazen van het biogas onderin de Heatamix Unit, aangegeven met de groene pijlen in figuur 21. De Heatamix Unit heeft op een diepte van circa 3,5 m onder het vloeistofniveau 4 uitstroomopeningen met een onderlinge hoek van 90°. Het uitstromende biogas uit de vier openingen zal een tweede mengstroom opwekken (in figuur 21 aangegeven met de rode pijlen). Daarnaast zal ook de biogasproductie een bijdrage leveren in de menging (Informatie uit: Amecon, 2006).

FIGUUR 21 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE MENGSTROMEN IN DE GISTINGSTANKS VAN RWZI MEPPEL. (→ = BIOGASCIRCULATIE; → = DE MENGSTROOM VIA DE HEATAMIX UNIT; → = DE SECUNDAIRE MENGSTROOM DOOR BIOGAS UIT HEATAMIX UNIT; SCHAAL ONGEVEER 1:100; DE AFMETINGEN ZIJN AFGEROND OP 0,5M)



BIJLAGE 3

RESULTATEN TESTEN EN ANALYSES

| Parameter | Locatie | Scheemda | | Veendam | | Hengelo | |
|---------------------------|-------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| | Eenheid | 7-mei-09 | 18-mrt-10 | 7-mei-09 | 18-mrt-10 | 9-jun-09 | 4-feb-10 |
| Hoogte direct na 10,6 m/h | cm | 2 | 9,4 | 1 | 2,9 | 3,3 | 5,4 |
| Hoogte na 30s 10,6 m/h | cm | 0,75 | 2,1 | 0 | 0 | 2,6 | 2,3 |
| Hoogte direct na 2 m/h | cm | | 2,8 | | 2,4 | | 4,5 |
| Hoogte na 30s 2 m/h | cm | | 1,2 | | 0,9 | | 2,5 |
| Oppervlaktespanning | N/m | 0,0552 | 0,0500 | 0,061 | 0,055 | 0,063 | 0,0455 |
| Eiwitten | (N 6,25 Kjeldahl) % | 0,2 | | 0,1 | | 1,7 | |
| | mg/l | | | | | | |
| | g/kg | | | | | | |
| NKj | mgN/l | | 1290 | | 1160 | | 895 |
| Hardheid | °D | 250 | | 140 | | 221,6 | |
| Calcium | mg/l | | 960 | | 1100 | | 76 |
| Magnesium | mg/l | | 170 | | 210 | | 32 |
| Viscositeit | mPa.s | 242 | 500 | 175 | 240 | 690 | 146 |
| Totaal vetzuren | mg/l | 30 | <100 | 10 | <100 | 250 | 65 |
| Caprylzuur (C8) | % | - | | - | | 1,6 | |
| Caprinezuur (C10) | % | - | | - | | 0,9 | |
| Laurinezuur (C12) | % | - | | - | | 6,1 | |
| Mysistinezuur (C14) | % | - | | - | | 3,4 | |
| Palmitinezuur (C16) | % | - | | - | | 20 | |
| Stearinezuur (C18) | % | - | | - | | 8,8 | |
| Oliezuur (C18:1) | % | - | | - | | 41,5 | |
| Linolzuur (C18:2) | % | - | | - | | 17,7 | |
| DS gisting | % | 4,47 | 7,14 | 3,75 | 3,91 | 3,3 | 3,3 |
| Gloeirest gisting | % | 44 | 44 | 32 | 38 | 38 | 34 |
| Alkaliteit | mg/l (als CaCO ₃) | 5390 | 10520 | 2640 | 4220 | 4000 | |
| | mg HCO ₃ /l | | | | | | 3300 |
| | mmol / l H ⁺ | | | | | | |
| | meq/l | | | | | | |
| Ammonium | g N / kg ds | 27,2 | 34,8 | 14,8 | 23,9 | 32 | |
| | mg/l | | | | | | 770 |
| Orthofosfaat | g P / kg ds | 34 | 31,7 | 33 | 36,9 | 8,7 | |
| | mg/l | | | | | | 195 |
| Vet | % | | | | | 0 | |
| | mg/l | | | | | | 0 |
| | g/kg ds | | | | | | |
| VFA | mg/l | 451 | 890 | 224 | 311 | 410 | 340 |
| pH | - | 7,4 | - | 7 | 7,3 | 7,3 | |

| Parameter | Locatie Eenheid | Waalwijk | | Meppel | |
|---------------------------|-------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | 3-jul-09 | 16-mrt-10 | 1-jul-09 | 16-feb-10 |
| Hoogte direct na 10,6 m/h | cm | 15 | 24,8 | 2 | 13,1 |
| Hoogte na 30s 10,6 m/h | cm | 1,5 | 10,6 | 0 | 1,5 |
| Hoogte direct na 2 m/h | cm | | 3,8 | | 1,1 |
| Hoogte na 30s 2 m/h | cm | | 2,0 | | 0,5 |
| Oppervlaktespanning | N/m | 0,0503 | 0,045 | 0,047 | 0,0464 |
| Eiwitten | (N 6,25 Kjeldahl) % | | | | |
| | mg/l | 1569 | | | |
| | g/kg | | | <0,1 | |
| NKj | mgN/l | | 745 | | 515 |
| Hardheid | °D | 93,9 | | 82,4 | |
| Calcium | mg/l | | 400 | | 120 |
| Magnesium | mg/l | | 48 | | 26 |
| Viscositeit | mPa.s | 40,8 | 320 | 13,33 | 20 |
| Totaal vetzuren | mg/l | 2,3 | <100 | <0,1 | 45 |
| Caprylzuur (C8) | % | | | | |
| Caprinezuur (C10) | % | | | | |
| Laurinezuur (C12) | % | | | | |
| Mysistinezuur (C14) | % | | | | |
| Palmitinezuur (C16) | % | | | | |
| Stearinezuur (C18) | % | | | | |
| Oliefzuur (C18:1) | % | | | | |
| Linolzuur (C18:2) | % | | | | |
| DS gisting | % | 1,7 | 1,6 | 1,1 | 1,7 |
| Gloeirest gisting | % | | 33 | 34 | 38 |
| Alkaliteit | mg/l (als CaCO ₃) | | | | 2290 |
| | mg HCO ₃ /l | | | | |
| | mmol / l H ⁺ | | | 43,3 | |
| | meq/l | 54 | 49 | | |
| Ammonium | g N / kg ds | | | | 73,3 |
| | mg/l | 630 | 550 | 405 | 446 |
| Orthofosfaat | g P / kg ds | | | | 22 |
| | mg/l | 34 | 25 | 33 | 54 |
| Vet | % | | | | |
| | mg/l | | | 5 | <5 |
| | g/kg ds | 25 | | | 35 |
| VFA | mg/l | 280 | 220 | 270 | 110 |
| pH | - | 7,2 | | 6,8 | 7,1 |

| Parameter | Locatie | Enschede | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | Eenheid | 9-jun-09 | 4-feb-10 | 18-mrt-10 | 19-apr-10 | 18-mei-10 |
| Hoogte direct na 10,6 m/h | cm | 3,3 | 4,6 | 14,5 | 13 | 10,3 |
| Hoogte na 30s 10,6 m/h | cm | 0,6 | 0,3 | 3,5 | 4,25 | 2,8 |
| Hoogte direct na 2 m/h | cm | | 2,9 | 4,8 | 3,75 | 3 |
| Hoogte na 30s 2 m/h | cm | | 0,5 | 2,0 | 2,25 | 1,3 |
| Oppervlaktespanning | N/m | 0,059 | 0,052 | 0,045 | 0,050 | 0,054 |
| Eiwitten | (N 6,25 Kjeldahl) % | 1,6 | | | | |
| | mg/l | | | | | |
| | g/kg | | | | | |
| NKj | mgN/l | | 1250 | 1200 | 1240 | 1090 |
| Hardheid | °D | 205,7 | | | | |
| Calcium | mg/l | | 59 | 780 | 870 | 790 |
| Magnesium | mg/l | | 13 | 190 | 140 | 130 |
| Viscositeit | mPa.s | 590 | 170 | 684 | 378 | 310 |
| Totaal vetzuren | mg/l | 135 | 45 | <100 | < detectie | < detectie |
| Caprylzuur (C8) | % | - | | | | |
| Caprinezuur (C10) | % | - | | | | |
| Laurinezuur (C12) | % | 2,2 | | | | |
| Mysistinezuur (C14) | % | 2,1 | | | | |
| Palmitinezuur (C16) | % | 23,1 | | | | |
| Stearinezuur (C18) | % | 15,7 | | | | |
| Oliezuur (C18:1) | % | 43,9 | | | | |
| Linolzuur (C18:2) | % | 13 | | | | |
| DS gisting | % | 3,4 | 3 | 2,8 | 2,9 | 3 |
| Gloeirest gisting | % | 38 | 36 | 36 | 38 | 40 |
| Alkaliteit | mg/l (als CaCO ₃) | 3900 | | | | |
| | mg HCO ₃ /l | | 4200 | 4000 | 4100 | 4100 |
| | mmol / l H ⁺ | | | | | |
| | meq/l | | | | | |
| Ammonium | g N / kg ds | 31 | | | | |
| Ammonium | mg/l | | 1050 | 1000 | 970 | 940 |
| Orthofosfaat | g P / kg ds | 8,4 | | | | |
| | mg/l | | 320 | 307 | 258 | 165 |
| Vet | % | 0 | | | | |
| | mg/l | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | g/kg ds | | | | | |
| VFA | mg/l | 420 | 560 | 540 | 440 | 380 |
| pH | - | 7,2 | | | | 7,3 |