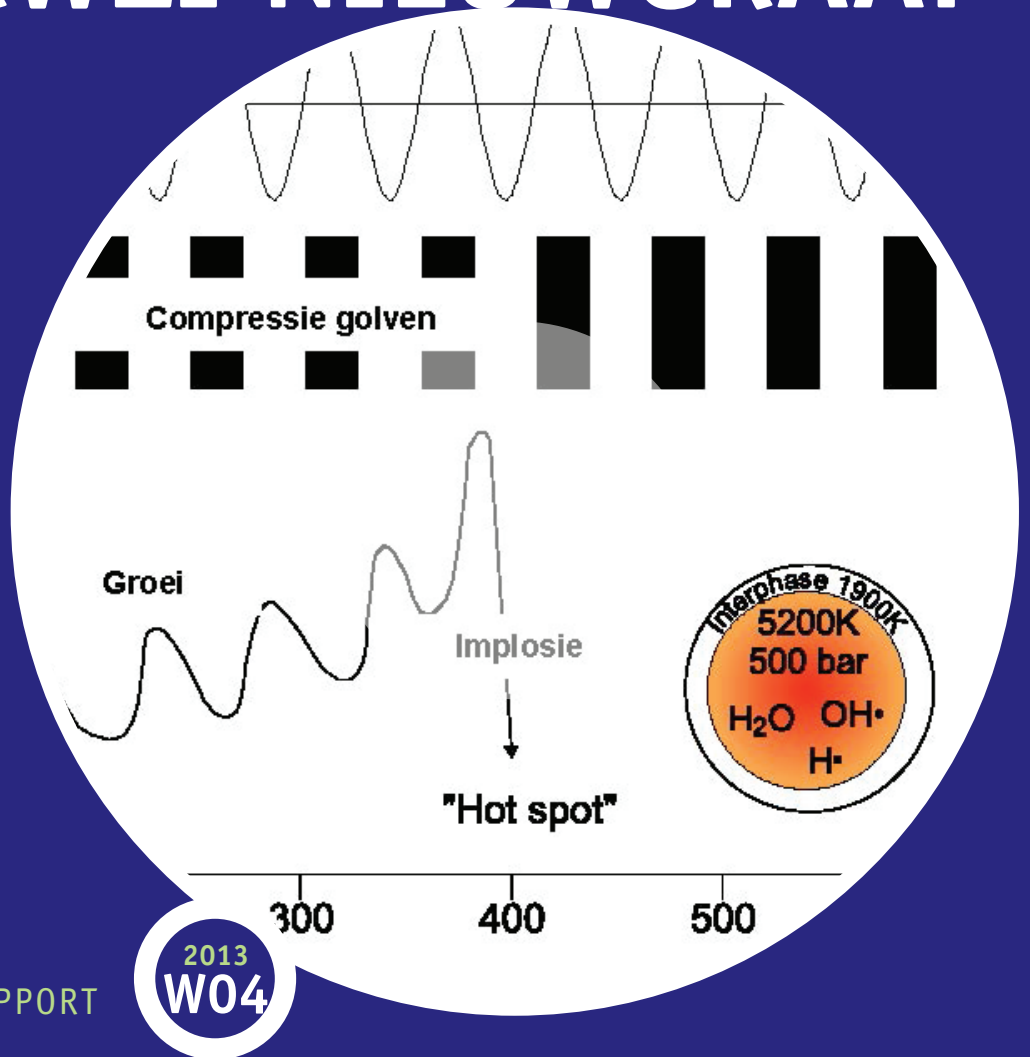


# VERVOLGONDERZOEK SLIBDESINTEGRATIE RWZI NIEUWGRAAF



VERVOLGONDERZOEK SLIBDESINTEGRATIE  
RWZI NIEUWGRAAF

RAPPORT

2013  
**W04**



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

## PROJECTUITVOERING

dhr. A. de Jonge (STI B.V.)  
dhr. R. van Pinxteren (Knol Ingenieursbureau B.V.)  
dhr. O. Deegens (Knol Ingenieursbureau B.V.)  
dhr. C. Petri (Waterschap Rijn en IJssel)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

dhr. V. Claessen (Waterschap De Dommel)  
dhr. A. Boswinkel (RVO)  
dhr. F. Brandse (Waterschap Reest en Wieden, thans pensioen)  
mevr. K. Boterman-de Bruijn (Waterschap Vallei en Veluwe)  
mevr. D. Helmendach-van Ham (Waterschap Scheldestromen)  
mevr. I. van der Velde (Waterschap Reest en Wieden)  
dhr. H. Kuipers (Waterschap Zuiderzeeland)  
mevr. E. Wypkema (Waterschap Brabantse Delta)  
mevr. C. Uijterlinde (STOWA)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau  
STOWA STOWA 2013-W04

**COPYRIGHT** De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

**DISCLAIMER** Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

# SAMENVATTING

De verwerking van slib is een belangrijke kostenpost voor waterzuiveringen. Een van de mogelijke manieren om de kosten voor slibverwerking te reduceren is slibdesintegratie in combinatie met slibvergisting. Hiertoe zijn in 2006-2007 op o.a. RWZI Willem Annapolder en op RWZI Nieuwgraaf, RWZI Bath en RWZI Enschede (Stowa rapport 2008-10 Slibdesintegratie, ISBN 978.90.5773.409.0) onderzoeken gedaan met ultrasone slibdesintegratie. Tijdens deze onderzoeken zijn geen significante verbeteringen geconstateerd. In 2010 is een tweede onderzoek op de RWZI Willem Annapolder uitgevoerd met ultrasone slibdesintegratie. In dit onderzoek zijn wel significante verbeteringen geconstateerd ("Onderzoeksrapport slibdesintegratie met ultrasoon geluid" van 23 maart 2011, Knol Ingenieursbureau).

Naar aanleiding van de resultaten van dit tweede onderzoek op RWZI Willem Annapolder is een vervolgonderzoek gestart op de RWZI Nieuwgraaf. Om een juiste capaciteit voor de slibdesintegratie te hebben is het onderzoek met twee ultrasone installaties uitgevoerd. Verder zijn enkele uitvoeringsverbeteringen aan de randapparatuur en de installaties doorgevoerd.

De RWZI Nieuwgraaf is een laag belaste communale zuivering met verregaande stikstof- en biologische fosfaatverwijdering. De slibleeftijd in de AT is circa 25 dagen. In de twee identieke gistingen vindt al een hoge reductie van organische droge stof plaats van ca. 50%. De gistingen worden bij 37 °C bedreven. Het biogas uit beide gistingen wordt gemengd en deels weer ingeblazen ten behoeve van menging. Er zijn drie debietmeters voor het biogas aanwezig (fakkel, CV, gasmotoren).

Er zijn in het onderzoek 5 perioden vast te stellen.

De eerste periode is de 0-meting waarbij de ultrasone installatie niet aangestaan heeft om verschillen tussen de twee straten vast te stellen (1 november 2011 t/m 28 november 2011).

De gebruikte onderzoeksperioden voor de bepaling van de werking van de ultrasone installatie zijn:

- eerste onderzoeksperiode; beide ultrasone installaties in serie geschakeld met beperkte verdunning water van het surplus slib (5,9% droge stof). De onderzoeksperiode loopt van 29 november 2011 t/m 1 februari 2012
- tweede onderzoeksperiode; beide ultrasone installaties parallel geschakeld met minder vergaand ingedikt surplus slib van 4,2% droge stof. De onderzoeksperiode loopt van 28 september 2012 t/m 28 november 2012.

De overige onderzoeksperioden zijn als niet representatief te beschouwen.

De ultrasone installatie heeft de gehele onderzoeksperiode zonder storingen gefunctioneerd. Dat de ultrasone installatie energie overdraagt kan worden afgeleid uit het feit dat er drukverlaging optreedt en de temperatuur van het uitgaande slib met gemiddeld 1,0 °C/m<sup>3</sup>\*kW is gestegen t.o.v. de ingaande stroom. Het verdunnen van het surplus slib (verlagen viscositeit) geeft bij de behandeling met de ultrasone installatie meer opgeloste CZV (507 mg/l) dan zonder verdunning (240 mg/l). Uit het microscopisch beeld is vastgesteld dat het surplus slib na behandeling met de ultrasone installatie meer losse en kapotte cellen bevat.

Aan de hand van foto's en het ingebracht vermogen van de sonotrodes blijkt dat de sonotrodes na 1 jaar gebruik versleten zijn. Dit komt overeen met de verwachtingen van de fabrikant betreffende de levensduur.

In de representatieve onderzoeksperiodes, waarbij de ultrasone installatie op verdund slib of op minder vergaand ingedikt surplus slib heeft gewerkt, lijkt de behandeling van het surplus slib een positieve bijdrage van ca. 4,5% te leveren aan de droge stof reductie en 1,4 (eerste onderzoeksperiode, met water verdund surplus slib) en 2,7 (tweede onderzoeksperiode, minder vergaand ingedikt surplus slib) aan organische droge stof reductie t.o.v. de referentie gisting.

Tijdens de tweede onderzoeksperiode is 2% relatieve verhoging geconstateerd van de specifieke gasproductie in  $\text{m}^3 \text{CH}_4/(\Delta\text{kg OS})$ . Deze verbeteringen in (organische) droge stof afbraak en biogasproductie zijn niet significant te noemen.

In de tweede onderzoeksperiode, waarbij de procescondities van de gisting minder gunstig zijn dan in de overige onderzoeksperiodes (lagere temperatuur, kortere verblijftijd) blijft de reductie van droge stof en organische droge stof in de gisting met ultrasoon behandeld surplus slib op een zelfde niveau als de 7 voorafgaande maanden. De reductie van droge stof en organische droge stof in de referentie gisting zakt juist weg (1,7% absoluut lagere reductie). Dit effect in de referentie gisting loopt na het stil zetten van de ultrasone installatie nog verder terug (4,9% absoluut lagere reductie). Na ongeveer één maand herstelt de referentie gisting zich. Verder is de specifieke biogasproductie op basis van de reductie van organisch stof in de tweede onderzoeksperiode het hoogst. Dit ondanks dat de reductie van organische droge stof van de referentie gisting in deze periode onder slechtere procescondities juist gedaald is.

De bijdrage aan verhoging van biogas is moeilijk vast te stellen doordat het biogas van de gisting met ultrasoon behandeld surplus slib gemengd wordt met het biogas uit de referentie gisting. Hierdoor wordt een verhoging in biogasproductie in de gisting met ultrasoon behandeld surplus slib gehalveerd. Ook aan de afvoer van ontwaterd uitgegist slib is door grote jaarlijkse variaties niet vast te stellen of er extra droge stof reductie heeft plaatsgevonden.

RWZI Nieuwgraaf heeft al een zeer hoge reductie van droge stof (38%) en organische droge stof in de gisting (50%). Met deze grote reducties is blijkbaar met ultrasone slibdesintegratie maar weinig extra omzetting te behalen. Bij gistingstanks met aanzienlijk lagere reductie van droge stof, valt mogelijk meer extra droge stof reductie te behalen (zie RWZI Willem Annapolder).

Uit het STOWA onderzoek beschreven in rapport 2008-10 Slibdesintegratie blijkt dat een extra (organische) droge stof reductie en biogasproductie van relatief 15% nodig is om ultrasone slibdesintegratie economisch te kunnen terugverdienen. De gevonden verbetering in biogasproductie en droge stof reductie zijn niet groot genoeg om voor RWZI Nieuwgraaf de investering economisch te kunnen terugverdienen.

In dit onderzoek is weinig aandacht geweest naar het vergelijken van de ontwaterbaarheid van het slib. Er is twee keer 1 week getest waarbij de verschillen tussen het uitgegist van beide gistingen klein zijn (relatieve verbetering van 1,8%).

# STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

*Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.*

# VERVOLGONDERZOEK SLIBDESINTEGRATIE RWZI NIEUWGRAAF

## INHOUD

	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Aanleiding tot het project	1
	1.2 Leeswijzer	1
<b>2</b>	<b>ONDERZOEK RWZI WILLEM ANNAPOLDER VERSUS RWZI NIEUWGRAAF 2006-2007</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>THEORETISCHE ACHTERGROND</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>BESCHRIJVING RWZI NIEUWGRAAF</b>	<b>7</b>
	4.1 Algemene beschrijving	7
	4.2 Beschrijving van de sliblijn	7
	4.3 Beschrijving van de opstelling ultrasone installatie	8
	4.4 Aanpassingen en wijzigingen t.o.v. de meting in 2006 en 2007.	8
	4.5 Uitvoering test ultrasone slibdesintegratie RWZI Nieuwgraaf	12
<b>5</b>	<b>RESULTATEN, ANALYSE EN DISCUSSIE ULTRASONE ONDERZOEK</b>	<b>13</b>
	5.1 Resultaten onderzoeken RWZI Nieuwgraaf 2006-2007	13
	5.2 Inleiding vervolgonderzoek RWZI Nieuwgraaf	13
	5.3 Gebruikte meetperiode	14
	5.4 Nulmeting	15
	5.5 Opstart en werking ultrasone installatie	15

<b>5.6</b>	Onderzoekperioden 1 en 2	16
5.6.1	Onderzoekperiode 1	16
5.6.2	Onderzoekperiode 2	16
5.6.3	Opgeloste CZV	17
5.6.4	Werking ultrasone installatie	18
5.6.4.1	Drukval over de ultrasone installatie	18
5.6.4.2	Temperatuur verhoging over de ultrasone installatie	19
5.6.4.3	Energieverbruik en temperatuurstijging behandeld slib	20
5.6.4.4	Energietoever ultrasone installatie	21
5.6.4.5	Verhouding behandeld/onbehandeld slib door ultrasone installatie	23
5.6.4.6	Controle sonotrodes	23
5.6.4.7	Biologisch beeld slib in- en uitgaand ultrasone installatie	25
5.6.5	Resultaten gistingen	26
5.6.5.1	Ingaande debieten en vrachten	27
5.6.5.2	Verblijftijd in gisting en temperatuur	29
5.6.5.3	Reductie droge stof en organische droge stof in gistingstank	30
5.6.5.4	Biogas- en CH <sub>4</sub> -productie	32
5.6.5.5	Slibproductie en ontwaterbaarheid	35
5.6.5.6	Totaal overzicht onderzoekperioden	35
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES, AANBEVELINGEN, LEERPUNTEN EN DISCUSSIE</b>	36
<b>6.1</b>	Conclusies	36
<b>6.2</b>	Aanbevelingen	37
	Bijlage 1: Bemonsteringsprogramma	39
	Bijlage 2: Foto's slibmonsters ultrasone installatie	40
	Bijlage 3: Overzicht gegevens per onderzoekperiode	41
	Bijlage 4: Foto's sonotrodes	42



# 1

## INLEIDING

### 1.1 AANLEIDING TOT HET PROJECT

De verwerking van slib is een belangrijke kostenpost voor waterzuiveringen. Een van de mogelijke manieren om de kosten voor slibverwerking te reduceren is slibdesintegratie, waarbij biomassa afgebroken wordt en hierdoor extra makkelijk afbreekbaar CZV vrijkomt.

Op RWZI Willem Annapolder is in 2006-2007 een onderzoek gedaan met ultrasone slibdesintegratie. Tijdens dit onderzoek zijn geen verbeteringen geconstateerd.

In 2010 is op RWZI Willem Annapolder een nieuw onderzoek uitgevoerd. Tijdens dit onderzoek zijn enkele verbeteringen in opstelling van de ultrasone slibdesintegratie-unit en het meetprotocol aangebracht. Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat er een verhoging van de biogasproductie en energieopwekking is van meer dan 20%. Tevens is een toename van de reductie van het organisch stof percentage in de gisting van 30% naar 40% geconstateerd (Onderzoeksrapport slibdesintegratie met ultrasoon geluid).

Op de RWZI Nieuwgraaf, RWZI Bath en RWZI Enschede zijn in 2006-2007 ook onderzoeken uitgevoerd met ultrasone slibdesintegratie.<sup>1</sup> Tijdens dit onderzoek is geen significante verbetering van de afbraak van organische droge stof geconstateerd.

Na diverse aanpassingen, onder andere een tweede extra ultrasone installatie, is het vervolg onderzoek op RWZI Nieuwgraaf opgestart. Dit rapport geeft een beschrijving van het onderzoek op RWZI Nieuwgraaf vanaf november 2011 tot half januari 2013.

### 1.2 LEESWIJZER

Dit rapport is opgebouwd uit 6 hoofdstukken en een aantal bijlagen.

In hoofdstuk 2 wordt een vergelijking gegeven tussen de in het verleden uitgevoerde onderzoek met ultrasone slibdesintegratie op RWZI Willem Annapolder en Nieuwgraaf.

Hoofdstuk 3 bevat de theoretische achtergrond van ultrasone slidesintegratie.

De RWZI Nieuwgraaf wordt kort beschreven in hoofdstuk 4. Tevens wordt hier een beschrijving gegeven van de wijzigingen in de ultrasone installatie t.o.v. het onderzoek in 2006-2007.

In hoofdstuk 5 worden de resultaten van dit onderzoek geanalyseerd en bediscussieerd.

De conclusies die uit dit onderzoek getrokken zijn, de aanbevelingen en leermomenten staan in hoofdstuk 6.

1 STOWA 208-10 Slibdesintegratie. Eindrapportage van ervaringen met slibdesintegratie op de rwzi's Bath, Enschede en Nieuwgraaf. ISBN 978.90.5773.409.0.

# 2

## ONDERZOEK RWZI WILLEM ANNAPOLDER VERSUS RWZI NIEUWGRAAF 2006-2007

Op RWZI Willem Annapolder zijn in 2006 en 2007 onderzoeken uitgevoerd met ultrasone slibdesintegratie. Tijdens dit onderzoek is niet eenduidig vastgesteld of het gebruik van ultrasone slibdesintegratie een verbetering in biogasproductie heeft gegeven. Waterschap Scheldestromen heeft in overleg met STI BV besloten nog een keer een onderzoek uit te laten voeren met deze installatie.

Het onderzoek van maart 2006 tot augustus 2007 is geanalyseerd. Hieruit zijn enkele verbeterpunten naar voren gekomen die in het nieuwe onderzoek op de rwzi Willem Annapolder zijn meegenomen. Dit zijn onder andere het dagelijks bemonsteren en analyseren van alle ingaande en uitgaande stromen van de gisting, inclusief de kwaliteit van het biogas.

In de tweede onderzoeksperiode vanaf 11 oktober 2010 is door toepassing van de ultrasone slibdesintegratie wel een duidelijke toename in biogasproductie van 25,3% geconstateerd ten opzichte van de 0-meting en historische data. Ook is een toename van het CH<sub>4</sub>-gehalte in het biogas geconstateerd van 60,5% naar 64,5% en een toename in droge en organische droge stof reductie met respectievelijk 25,3% en 40,4%. De verblijftijd in de gisting is gemiddeld 23% verkort. Het feit dat er een temperatuurstijging in het met ultrasoon behandelde surplus slib gemeten is van ca. 3°C betekent dat er energie in het slib is gebracht. De resultaten van deze proef zijn te lezen in "Onderzoeksrapport Slibdesintegratie met ultrasoon geluid op rwzi Willem Annapolder" van 23 maart 2011.

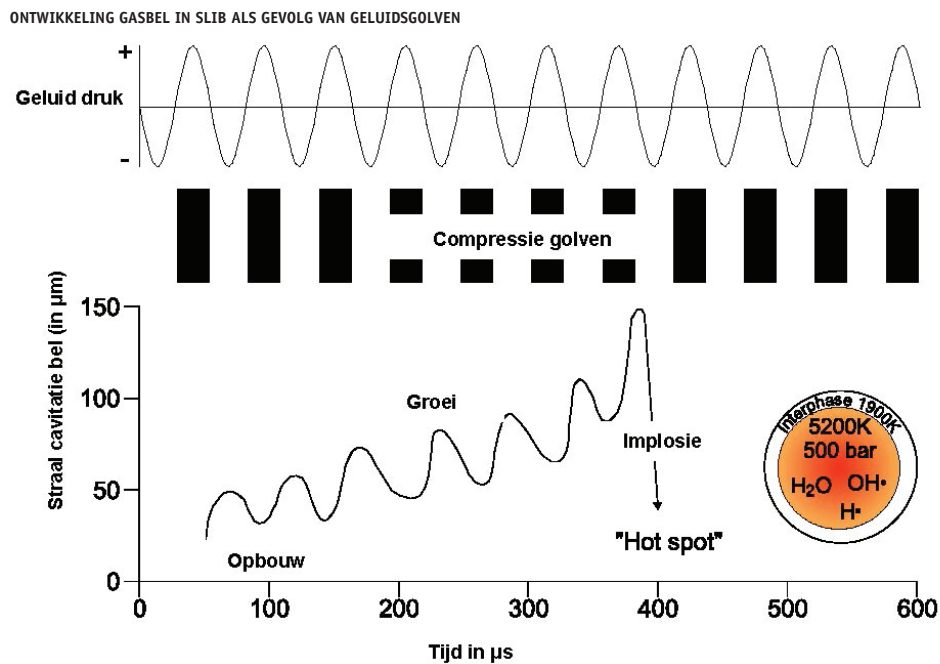
# 3

## THEORETISCHE ACHTERGROND

De werking van ultrasonische slibdesintegratie is gebaseerd op implosiekrachten van bellen die de vlokken en het organisch materiaal afbreken. Het imploderen van bellen in vloeistof is een bekend fenomeen, cavitatie genoemd. Cavitatie ontstaat wanneer de plaatselijke druk kleiner is dan de dampdruk van de vloeistof.

De bellen ontstaan bij het toepassen van ultrasoon geluid. Door de geluidsgolf gaan gasbelleltjes groeien, waarbij de diameter van de gasbelleltjes dusdanig groot wordt dat er een implosie plaatsvindt. Dit wordt verduidelijkt aan de hand van figuur 1. Hierbij ontstaan hoge temperaturen.

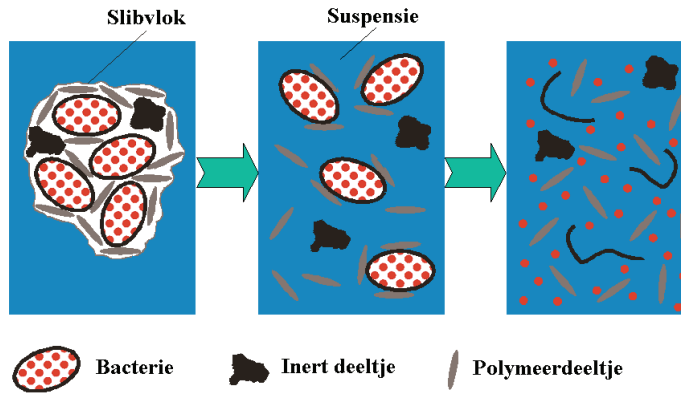
FIGUUR 1



Ultrasonische slibdesintegratie is in feite thermische destructie op microniveau. Bij ultrasonische slibdesintegratie zal door cavitatie eerst de vlokstructuur desintegreren. Hiervoor is weinig energie nodig en komt opgelost organisch materiaal vrij dat (eenvoudiger) kan worden afgebroken bij vergisting. Bij verdere desintegratie (en meer energie per m<sup>3</sup>) worden de cellen afgebroken en komen enzymen vrij die de activiteit van de vergisting verhogen. Deze stappen zijn schematisch in figuur 2 weergegeven. Doordat de cellen kapot gemaakt worden komt er meer afbreekbaar CZV vrij, daarnaast komen er ook enzymen vrij. Deze vrijgekomen enzymen bevorderen de omzettingsprocessen in de gistingstank. Bij thermische hydrolyse zijn de temperaturen hoger waardoor veel opgeloste CZV wordt vrijgemaakt, maar gaan de enzymen stuk. De verhoogde biogasproductie wordt bij thermische behandeling dus veroorzaakt door de toename van opgeloste CZV.

FIGUUR 2

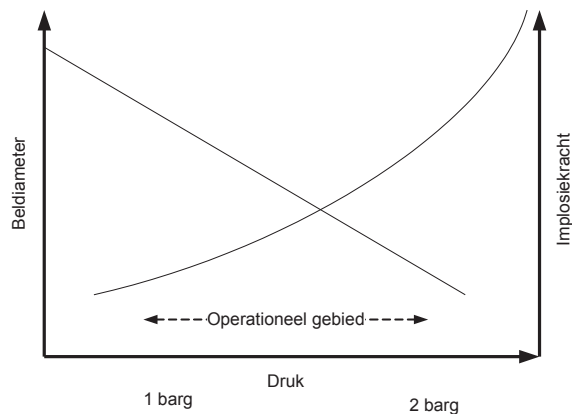
## AFBRAAK VAN CELLEN DOOR DESINTEGRATIE



Het ontwikkelen van cavitatie (vormen van luchtbelletjes) gebeurt bij onregelmatigheden (zoals vlokken) in de vloeistof. Bij zuiver water kan geen cavitatie optreden met ultrasonische behandeling. Het opwekken van cavitatie in een ultrasonische installatie is afhankelijk van factoren zoals druk, droge stof concentratie en viscositeit. Een kleine overdruk is optimaal omdat de implosie dan krachtiger wordt. Een tegendruk van ongeveer 1,5 bar wordt als optimaal beschouwd. Bij teveel tegendruk kan de bel niet groot genoeg worden, waardoor er geen implosie van de bel ontstaat. In figuur 3 is het operationele gebied schematisch geschetst en geeft de relatie weer tussen bel diameter, implosiekracht en operationele druk.

FIGUUR 3

## OPERATIONEEL GEBIED ULTRASONISCHE SLIBDESINTEGRATIE

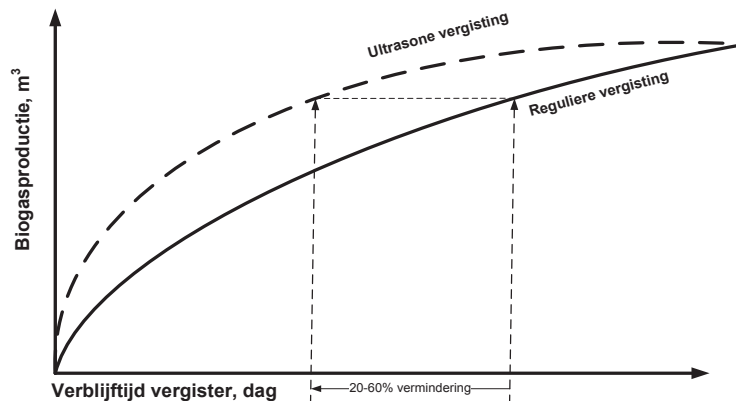


Ook de viscositeit van een suspensie heeft invloed op de implosiekrachten van de gevormde bellen bij cavitatie. Het optimum van de viscositeit ligt tussen de 0,5-0,8 Pa\*s. Bij droge stof percentages van 3-6% (ingedikt actief slib) afhankelijk van polymeerverbruik ligt de viscositeit op of nabij het optimum. Bij een hogere viscositeit implodeert de dampbel minder snel en met minder kracht. Een te hoge viscositeit kan resulteren in accumulatie van lucht voor de ultrasonische installatie. Luchtaccumulatie kan niet op basis van het energieverbruik van de ultrasonische installatie worden geconstateerd. Het energieverbruik van een sonotrode verandert bij accumulatie van lucht niet. Accumulatie van lucht voor een sonotrode en dus de werking van de ultrasonische installatie kan alleen met opgeloste CZV metingen worden aangetoond. Polymeerverbruik heeft invloed op de werking van de ultrasonische installatie. Het gebruik van polymeer geeft een stevigere vlok waardoor er een grotere implosiekracht nodig is. Om hetzelfde resultaat te behalen zal het droge stof percentage van slib met polymeer lager moeten liggen.

Door de extra vrijgekomen CZV en de enzymen kan eenzelfde biogasproductie gehaald worden bij kortere verblijftijden in de gistingstanks (zie figuur 4).

FIGUUR 4

GASPRODUCTIE VERSUS VERBLIJFTIJD

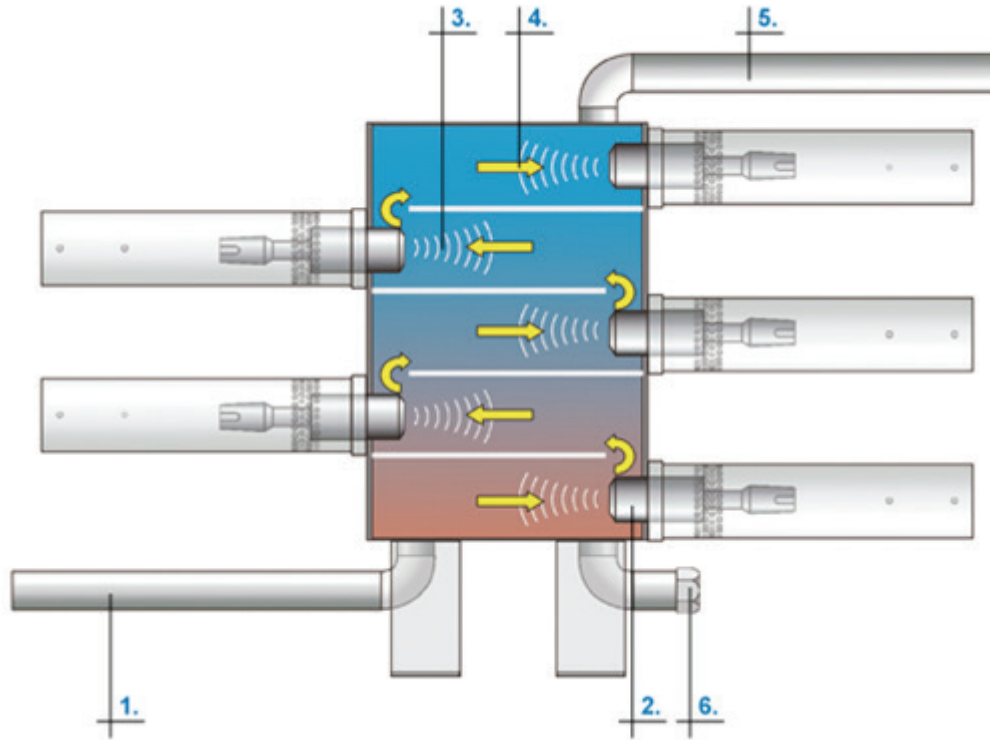


Doordat er meer opgeloste CZV beschikbaar is kan de kwaliteit van het biogas ook verbeteren. Dit houdt in dat niet alleen het volume van het geproduceerde biogas toeneemt maar ook de concentratie CH<sub>4</sub> in het biogas.

De verblijftijd in de ultrasone installatie heeft invloed op de mate van slibdesintegratie. Bij kortere verblijftijden (minder energie per kg ingebrachte droge stof) zullen voornamelijk vlokken worden afgebroken en wordt gisting bevorderd omdat er meer opgelost CZV beschikbaar is. Echter zal dit effect klein zijn omdat relatief een kleine deelstroom wordt behandeld en relatief weinig extra CZV beschikbaar komt ten opzichte van de totale voeding. Bij een langere verblijftijd in de ultrasone installatie (meer energie per kg ingebrachte droge stof) zullen niet alleen de vlokken worden afgebroken maar tevens de cellen. Wanneer cellen en bacteriën worden afgebroken komen enzymen vrij. Deze enzymen bevorderen het gistingsproces en zullen voornamelijk bijdragen aan een verhoogde biogasproductie bij korte verblijftijden in de gisting.

In de gebruikte ultrasone installatie zijn 5 sonotrodes per unit geplaatst. Elke sonotrode heeft een vermogen van 1 kW. Een standaard installatie kan tot 5 kW vermogen geven (vijf sonotrodes). Cavitatie treedt op 1-2 cm afstand vanaf de sonotrode op. In figuur 5 is schematisch de ultrasone installatie afgebeeld met het gebied waar cavitatie optreedt. Cavitatie treedt op tussen frequenties van 20 kHz en 1 MHz. Bij frequenties van 20-30 kHz worden grotere bellen gevormd en zijn hogere afschuifkrachten aanwezig. Het operationele gebied voor deze slibdesintegratie unit ligt op ca. 20 kHz.

FIGUUR 5 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE ULTRASONE INSTALLATIE



1 TOEVOERLEIDING

2 SONOTRODE

3 ULTRASONE GELUIDROGE STOFGOLVEN

4 STROMINGSRICHTING

5 AFVOERLEIDING

6 LEEGLOOPLEIDING

# 4

## BESCHRIJVING RWZI NIEUWGRAAF

### 4.1 ALGEMENE BESCHRIJVING

RWZI Nieuwgraaf is een laag belaste zuivering met verregerende stikstof- en biologische fosfaatverwijdering. Voor aanvullende fosfaatverwijdering wordt Fe-zout gedoseerd. De ontwerpcapaciteit van RWZI Nieuwgraaf is 259.000 i.e. à 54g BZV met een RWA-piek van 15.500 m<sup>3</sup>/uur.

De helft van het influent wordt bij binnenkomst belucht in de voorbeluchting om geur te verwijderen. Daarna gaat het afvalwater door grofvuilroosters en een zandvanger. Na deze voorbehandeling wordt het afvalwater verdeeld in drie gelijke delen over de drie zuiveringsstraten.

Elke straat bestaat uit een voorbezinktank en een beluchtingstank. De ronde beluchtingstank is onderverdeeld in vier ringen: de selector/anaerobe ruimte, de denitrificatieruimte, de facultatieve ruimte en de beluchtingsruimte. De sibleeftijd is circa 25 dagen.

Tenslotte wordt het slib van het gezuiverde afvalwater gescheiden in de nabezinktanks (totaal 9 stuks, drie per straat) en het gezuiverde afvalwater wordt via de effluentvijver geloosd op de IJssel.

Extern slib afkomstig van RWZI Wehl wordt via het influent in het systeem gebracht en veroorzaakt in de regel geen schommelingen in de slibaanvoer naar de gisting en/of de ontwatering.

### 4.2 BESCHRIJVING VAN DE SLIBLIJN

Het primaire slib wordt met behulp van gravitaire indickers ingedikt tot ongeveer 3,0-4,0%, het secundaire slib wordt door drie bandindickers ingedikt tot ongeveer 6,0-6,5%.

De installatie in Nieuwgraaf leent zich goed voor het onderzoek van de ultrasone slibdesintegratie installatie omdat de slibgistinginstallatie uit twee gelijke parallelle gistingstanks (totaal 6.520 m<sup>3</sup>) bestaat die gescheiden met primair en secundair slib worden gevoed. De voedingen naar beide gistingen zijn gelijk. Ook blijkt dat de werking van de gistingen gelijk zijn. Er zijn weinig variaties in de kwaliteit van het uitgeste slib. In de gisting vindt een reductie van organische droge stof plaats van ca. 50% wat zeer hoog te noemen is.

De verblijftijd is ongeveer 17 dagen. De capaciteit van de WKK's is 9.600 m<sup>3</sup> biogas per dag. Het gasaanbod vertoont enige variatie in omvang, gemiddeld is dit 5.800 m<sup>3</sup>/d.

De gistingstanks worden gemengd met behulp van biogasinblazing via lansen. De hiervoor benodigde gasdruk wordt verkregen met behulp van compressoren. Het biogas uit beide gistingen wordt hiermee gemengd. Er is een biogas flowmeter aanwezig. Verder is er een slibcirculatie per gisting met pompen. De temperatuur in de gisting wordt op ca. 37 °C gehouden.

Het surplus slib wordt door middel van drie bandindickers ingedikt tot een droge stof percentage van 6%. Van het surplusslib wordt 50% rechtstreeks naar slibgisting 1 gepompt. De resterende 50% gaat naar voor slibgisting 2.

### 4.3 BESCHRIJVING VAN DE OPSTELLING ULTRASONE INSTALLATIE

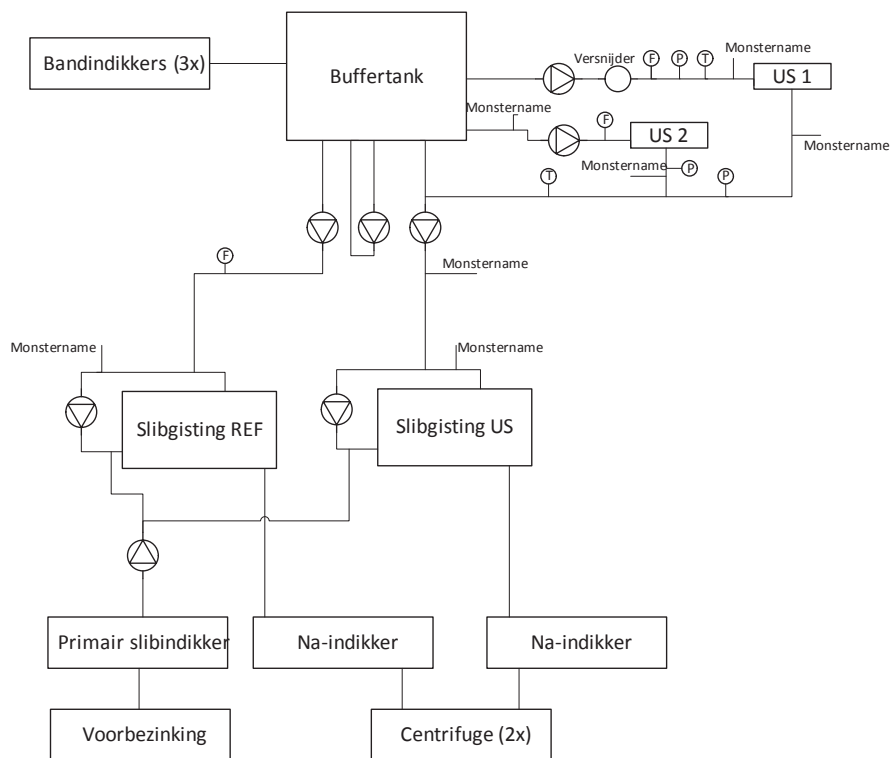
Van het surplus slib dat naar de slibgisting met Ultrasonie behandeling (US) wordt gepompt, wordt circa 35% via de ultrasonie installatie geleid. De ultrasonie unit wordt van onder naar boven doorstroomd. Om een voldoende lage viscositeit te realiseren in de ultrasonie installatie, zijn verschillende methoden toegepast. Er is een periode gebruik gemaakt van verdunningswater. Om een goede vergelijking te krijgen tussen gisting US en de referentiegisting (REF) werd aan het surplus slib voor slibgisting REF dezelfde hoeveelheid verdunningswater toegevoegd als aan het slib voor gisting US.

Daarna is een periode voor de verdunning gebruik gemaakt van slib uit de recirculatieleiding. In die periode is geen verdunning toegepast voor slibgisting REF. Hierna is tijdelijk gedraaid zonder verdunning. In het laatste deel van het onderzoek is met minder ingedikt surplus slib gewerkt van 3,5%-4,0% door minder PE toe te voegen aan het surplus slib bij de indikbanden. Het totale surplus slib wordt samen met het primair slib naar de gistingen gevoerd.

Beide gistingstanks zijn hydraulisch van elkaar gescheiden. De biogasleidingen en biogasbuffers zijn niet gescheiden per gistingstank en er is geen aparte biogasdebietmeter per gistingstank aanwezig.

Voorafgaand aan de ultrasonie installatie gaat het slib door een versnijder.

FIGUUR 6 POSITIE VAN DE US (ULTRASONE SLIBDESINTEGRATIE UNIT) IN DE SLIBLIJN



### 4.4 AANPASSINGEN EN WIJZIGINGEN TEN OPZICHTE VAN DE METING IN 2006 EN 2007

Uit analyse van het onderzoek met ultrasonie installatie in 2006 en 2007 zijn een aantal punten naar voren gekomen die een negatieve invloed op het resultaat kunnen hebben gehad. Voor het onderzoek, uitgevoerd in 2011, zijn deze punten aangepast. Hieronder staat een lijst met punten en hun aanpassing. Tevens is de reden van aanpassen vermeld.



## 1. VERVANGING VOEDINGSPOMP ULTRASONE INSTALLATIE

Tijdens het onderzoek in 2006 was er veel stilstand doordat de verdringerpomp, een lobbenpomp, geregeld stil stond.

**Reden:** bij ultrasone slibdesintegratie wordt door onder andere het vrijkomen van enzymen het gistingproces versneld. De micro-organismen in de gisting moeten zich aanpassen aan de nieuwe voeding. Uit laboratoriumonderzoeken en praktijkstudies blijkt dat dit pas na 2 à 3 verblijftijden in de gisting goed op gang komt. Wanneer de ultrasone installatie vaak stil staat wordt het adaptatieproces verstoord en zal het langer duren voordat dit proces op gang gekomen is. Bij stilstand van de ultrasone installatie is er ook geen toevoer van vrijgekomen enzymen.

**Aanpassing:** Op RWZI Nieuwgraaf is de bestaande verdringerpomp vervangen door een frequentie gestuurde slangenpomp. De slangenpomp heeft op RWZI Willem Annapolder bewezen een goed alternatief te zijn. De capaciteit van de slangenpomp is goed te regelen met een frequentieregelaar. Op RWZI Willem Annapolder heeft de slangenpomp het gehele onderzoek zonder storingen gefunctioneerd.

## 2. VERNAUWINGEN IN HET LEIDINGWERK

Door een aantal vernauwingen in het leidingwerk naar en van de ultrasone installatie was de tegendruk hoog (meer dan 1,5 bar).

**Reden:** Wanneer de druk in de ultrasone installatie hoger wordt, wordt het opbouwen van gasbelletjes in het slib tegengewerkt. Bij een te hoge tegendruk kan het gasbelletje niet voldoende groeien en zal er geen implosie plaats vinden en geen slibdesintegratie. Er is dan wel energie in het slib gebracht, maar zonder resultaat. De druk dient tussen 0,5 en 1,5 bar overdruk te blijven voor optimale resultaten.

**Aanpassingen:** De vernauwingen zijn verwijderd, waardoor de tegendruk zo laag mogelijk gehouden kan worden. Bij RWZI Willem Annapolder blijkt deze aanpassing voldoende te zijn om de tegendruk lager dan 1,5 bar te krijgen.

FOTO 1

ULTRASONIC INSTALLATIE NIEUWGRAAF



### 3. VISCOSITEIT INGEDIKT SURPLUS SLIB

De viscositeit van het te behandelen surplus slib was waarschijnlijk te hoog (hoge droge stof 6%) en hoge PE-dosering voor optimale ultrasonische behandeling.

**Reden:** Wanneer de viscositeit van het ingedikte slib te hoog wordt, wordt het opbouwen van gasbelletjes in het slib tegengewerkt. Bij een te hoge viscositeit kan het gasbelletje niet voldoende groeien en zal er geen implosie plaats vinden en geen slibdesintegratie. Vooral een hoge polymeedosering bij het indikken van het surplus slib werkt nadelig.

**Aanpassing:** Tijdens het onderzoek wordt het droge stof percentage van het ingedikte surplus slib teruggebracht van ca. 6% naar 5% (lagere polymeedosering). Dit is ook het droge stof percentage waarmee op RWZI Willem Annapolder wordt gewerkt.

Om de mogelijkheid te hebben om de viscositeit te verlagen is er, op de RWZI Nieuwgraaf, voor de ultrasonische installatie, een voorziening getroffen om het ingedikte slib te verdunnen.

In eerste instantie is er verdund met verdunningswater. De hoeveelheid verdunningswater wordt gemeten met een flowmeter. Dezelfde hoeveelheid verdunningswater is ook toegevoerd aan de referentie gistingstank om zo de verblijftijd in beide gistingen gelijk te houden.

Later is besloten toch te verdunnen met recirculatieslib uit de gisting. Er hoeft dan geen verdunning te worden toegepast voor de referentie gisting omdat deze verdunning geen invloed heeft op de concentratie organische droge stof en de verblijftijd.

Als laatste is met minder vergaand ingedikte surplus slib gewerkt om de viscositeit te verlagen. Dit was mogelijk door de lage slibproductie in de zomer.

#### 4. CAPACITEIT ULTRASONE INSTALLATIE (INGEBRACHT VERMOGEN PER M<sup>3</sup> BEHANDELD SURPLUS SLIB)

Tijdens het onderzoek op RWZI Willem Annapolder is de capaciteit door de ultrasone installatie verlaagd van 1,25 m<sup>3</sup>/h naar ca. 1,0 m<sup>3</sup>/h om de verblijftijd in de installatie te verhogen en daarmee de energie-inbreng per kg droge stof.

**Reden:** Er moet voldoende energie per m<sup>3</sup> behandeld surplus slib ingebracht worden om de cellen af te breken.

**Aanpassing:** Het debiet aan surplus slib door één gisting is ca. 80 m<sup>3</sup>/dag. Hiervan dient 30-40% door de ultrasone installatie behandeld te worden, om 20-30% meer biogas te produceren. Dit betekent dat 24 tot 32 m<sup>3</sup>/dag surplus slib behandeld moet worden. Verder is de verwachting dat het debiet door de ultrasone installatie lager moet zijn dan bij het onderzoek op de rwzi Willem Annapolder. De reden hiervoor is dat de slibleeftijd in de AT's hoger is op rwzi Nieuwgraaf en uit ervaring blijkt dat hierdoor meer energie nodig is om dezelfde hoeveelheid opgelost CZV vrij te krijgen. Dit blijkt ook uit de laboratorium resultaten die in april 2011 op het surplus slib zijn uitgevoerd door de universiteit van Hamburg. Het verlagen van het debiet door de ultrasone unit of het bijplaatsen van een extra ultrasone unit is voorgesteld voor het eerste onderzoek in 2007. Er is gekozen voor het plaatsen van een tweede ultrasone installatie.

Dit betekent dat voor RWZI Nieuwgraaf er bij een surplus slib debiet door de ultrasone installatie van 1 m<sup>3</sup>/h of lager, één ultrasone installatie niet voldoende is. Dit betekent dat er een tweede installatie bijgeplaatst moet worden om voldoende surplus slib te kunnen behandelen. Met twee installaties kan dan inclusief verdunning ca. 48 m<sup>3</sup>/dag behandeld worden. In 2006 is om deze reden ook een extra 2<sup>e</sup> ultrasone installatie bijgeplaatst. Het ingebrachte vermogen per m<sup>3</sup> ingebracht slib is dan 4,5 kWh/m<sup>3</sup> surplus slib. Uit een laboratoriumonderzoek op het surplus slib van Nieuwgraaf blijkt dat dit voldoende is voor een goede afbraak van de biomassa. In een nog later stadium zijn deze installaties parallel geschakeld.

#### 5. MEETPROGRAMMA

Voor het verkrijgen van betrouwbare data, is het noodzakelijk een aantal parameters dagelijks te meten.

**Reden:** Om een goede massabalans te maken voor beide gistingen is het van belang om de ingaande en uitgaande vrachten droge stof en organische droge stof te bepalen van beide gistingen. Vooral het droge stof en organische droge stof van het primaire slib kan dagelijks sterk wijzigen. Verder blijkt dat het gemiddelde CH<sub>4</sub>-gehalte in het biogas toeneemt, maar dagelijkse fluctuaties heeft. De toename in biogasproductie is op het meetpunt te meten. De eventuele toename in CH<sub>4</sub>-gehalte in het biogas, is mogelijk te berekenen. Ook de verandering van het CH<sub>4</sub>-gehalte zal op het meetpunt maar voor de helft zichtbaar zijn. Daarom dient dagelijks de hoeveelheid biogas en het CH<sub>4</sub>-gehalte van het biogas bepaald te worden om eventuele veranderingen goed te kunnen volgen. Alle dagelijkse metingen voor droge stof en organische droge stof worden uitgevoerd door medewerkers van Waterschap Rijn en IJssel.

**Aanpassing:** Voor het vervolgonderzoek op RWZI Nieuwgraaf is het meetprogramma, welke in bijlage 1 staat, gevolgd.

#### 4.5 UITVOERING TEST ULTRASONE SLIBDESINTEGRATIE RWZI NIEUWGRAAF

Aangezien ingedikte slib verdund moet worden met ca. 12 m<sup>3</sup>/d wordt de verblijftijd in de gisting 1-2 dagen korter. Om het effect van deze kortere verblijftijd op de biogasproductie te bepalen is voorafgaande aan het onderzoek gedurende één maand een nulmeting uitgevoerd, waarbij het ingaande slib in beide gistingen verdund wordt met 12 m<sup>3</sup>/dag. Hierbij is hetzelfde meetprogramma gebruikt dat bij het onderzoek met de ultrasone installatie is toegepast.

Bij de opstart is eerst gezocht naar de juiste verdunningsgraad van het slib zodat de viscositeit laag genoeg is om het ultrasone proces (implosie) goed te laten verlopen. Hierbij is regelmatig de toename in opgeloste CZV bepaald. Samen met de drukval en temperatuur stijging over de ultrasone installatie is hiermee de juiste verdunningsgraad bepaald. Vervolgens is het debiet door de ultrasone installatie geoptimaliseerd zodat er voldoende energie in het surplus slib wordt gebracht dat de celstructuur stuk gaat en er voldoende opgeloste CZV (o.a. enzymen) vrijkomt. Gestreefd wordt naar een toename met een factor 5-6.

Na optimalisatie (ca. 3 weken) werd gedurende minimaal 3 verblijftijden (3 \* 18 dagen) het proces zo constant mogelijk gehouden. In deze periode kon de biomassa in de gisting zich adapteren aan het nieuwe proces. Tijdens deze periode werd minimaal wekelijks de opgeloste CZV bepaald en naar het microscopisch beeld werd gekeken. Indien hierin nadelige veranderingen te zien waren, werd het proces bijgestuurd totdat de juiste condities weer aanwezig waren. Verder werd in deze periode de biogasproductie en CH<sub>4</sub>-gehalte bijgehouden. Afhankelijk van het gevonden resultaat na deze periode werden de procescondities verder geoptimaliseerd (energie inbreng per m<sup>3</sup> surplus slib, capaciteit, toename opgeloste CZV etc.). Verder werd dagelijks de droge stof en organische droge stof van het ingaand primair, surplus-en uitgelist slib gemeten.

Alle dagelijkse metingen voor droge stof en organische droge stof zijn uitgevoerd door medewerkers van Waterschap Rijn en IJssel.

# 5

## RESULTATEN, ANALYSE EN DISCUSSIE

### ULTRASONEN ONDERZOEK

#### 5.1 RESULTATEN ONDERZOEKEN RWZI NIEUWGRAAF 2006-2007

Op RWZI Nieuwgraaf is in 2006 en 2007 een onderzoek met ultrasone slibdesintegratie uitgevoerd. Op deze locatie is het onderzoek uitgevoerd op twee gistingen waarvan één als referentie gisting. De gistingstank met behandeling wordt aangeduid met SDI. De andere gistingstank wordt aangeduid met REF. De gistingstanks worden afzonderlijk maar identiek gevoed. Menging in de gistingstanks vindt plaats door middel van gasinblazing waardoor er geen analyse van het gas per gistingstank kon worden uitgevoerd. Ook de afzonderlijke gasopbrengst per gistingstank was niet te bepalen.

Tijdens deze proef werd geen significante verbetering gemeten van de afbraak van organische droge stof. Er is ook geen verbetering van de ontwaterbaarheid van het slib geconstateerd. In oktober 2006 tot maart 2007 is een iets verhoogde specifieke gasproductie per kg CZV-verwijderd gemeten, respectievelijk 0,37 en 0,38 m<sup>3</sup>/kg CZV-verwijderd in plaats van 0,35 m<sup>3</sup>/kg CZV-verwijderd.

In tabel 1 staan de resultaten van dit onderzoek voor RWZI Nieuwgraaf.

TABEL 1 GEMETEN ORGANISCHE DROGE STOF EN CZV-AFBRAAK EN VERBLIJFTIJD RWZI NIEUWGRAAF, STOWA ONDERZOEK 2006-2007

Parameter	okt-nov 2006		jan-feb-mrt 2007		mrt-apr-mei 2007		okt-nov 2007	
	Ref	SDI	Ref	SDI	Ref	SDI	Ref	SDI
Verblijftijd	15,9	16,1	15,4	15,5	15,6	15,5	16,8	16,9
OS-afbraak	39,0	40,4	47,8	46,5	48,2	46,4	47,6	48,7
Relatief betere OS-afbraak		3,5		-2,7		-3,7		2,3
CZV-afbraak	34,5	34,9	46	43,8	45,1	41,6	47,0	47,0
Relatief betere CZV-afbraak		1,0		-4,9		-7,7		0,0

#### 5.2 INLEIDING VERVOLGONDERZOEK RWZI NIEUWGRAAF

Door problemen met het verdunnen van slib is afgeweken van de oorspronkelijke uitvoeringsplanning van 4 maanden met twee units in serie met een droge stof gehalte van het surplus slib van ca. 5,5% (beperkte verdunning met water). Verder is om verschillende oorzaken en/of redenen afgeweken van het voorgestelde meetprogramma. Deze oorzaken en/of redenen worden later in dit rapport behandeld. In januari 2012 zijn er optimalisatietesten uitgevoerd waarna besloten is om de twee ultrasone installaties parallel te gaan bedienen in plaats van in serie. In de perioden dat de verdunning niet werkte is door Waterschap Rijn en IJssel besloten om in deze periode minder te bemonsteren, totdat er verschil in de uitgaande slibstroom

tussen beide gistingen geconstateerd zou worden. Door deze minder frequente metingen zijn geen goede massabalansen over deze perioden te maken. Hierdoor zijn grote delen van het onderzoek niet bruikbaar voor de analyse van de werking van de ultrasone installatie. Wel is zichtbaar geworden dat de verschillen tussen beide gistingen klein zijn.

### 5.3 GEBRUIKTE MEETPERIODE

Het totale onderzoek met de ultrasone slibdesintegratie heeft gelopen van 1 november 2011 t/m 21 januari 2013.

De gebruikte onderzoeksperioden voor de bepaling van de werking van de ultrasone slibdesintegratie zijn de volgende:

- nulmeting loopt van 1 november 2011 t/m 28 november 2011
- eerste onderzoeksperiode; beide ultrasone installaties seriegeschakeld met verdunning water (5,9% droge stof). De onderzoeksperiode loopt van 29 november 2011 t/m 1 februari 2012 (verdunning van slib gestart op 7 december)
- tweede onderzoeksperiode; beide ultrasone installaties parallel geschakeld met minder vergaand ingedikt surplus slib van 4,2% droge stof. De onderzoeksperiode loopt van 28 september 2012 t/m 28 november 2012

De overige perioden zijn niet meegenomen in de uiteindelijke (eind)verwerking van de resultaten van de rapportage. De ultrasone installatie heeft in deze perioden wel gedraaid maar zijn de resultaten om uiteenlopende niet goed bruikbaar voor een gedetailleerde analyse. Wel zijn deze perioden bruikbaar voor algemene analyse van het onderzoek.

#### 1A. 2 FEBRUARI 2012 T/M 30 APRIL 2012

In februari zijn er vier metingen uitgevoerd. Verder is in eerste week van februari de ultrasone installatie omgebouwd van serie naar parallel. In deze periode is ook verdunning van het slib met water onderzocht. Verder is in deze periode onderzoek gedaan naar het bijmengen van uitgegist slib op de gisting REF (verblijftijd gelijk houden). Bij de meting van het droge stof uit de gisting is er plotseling op 27 maart 2012 een verschil van 10% ontstaan in de uitgaande droge stof percentages van het uitgegist slib. De oorzaak is onbekend. Dit verschil heeft aangehouden tot eind april.

#### 1B. 1 MEI 2012 T/M 31 MEI 2012

In deze periode heeft de ultrasone installatie aangestaan zonder verdunning van het surplus slib.

#### 1C. 1 JUNI 2012 T/M 15 AUGUSTUS 2012

Ook in deze periode heeft de ultrasone installatie aangestaan zonder verdunning. Door lage personele bezetting op de RWZI Nieuwgraaf in deze periode en er nog geen verdunning van het surplus slib gerealiseerd was (introductie van extra meetfouten, nog geen goed alternatief aanwezig) is door het Waterschap besloten om de ingaande slibstromen minder vaak te bemonsteren. Het uitgegist slib is wel vaker bemonsterd om eventuele veranderingen in slibconcentraties te kunnen waarnemen. Hierdoor is het maken van een juiste massabalans over de gisting niet mogelijk is. De verschillen tussen beide gistingen over de uitgang waren gering.

## 2. 15 AUGUSTUS 2012 T/M 27 SEPTEMBER 2012

Op 15 augustus is begonnen met het minder vergaand indikken van het surplus slib (in plaats van verdunnen met water). Hierdoor valt de viscositeit lager uit. Echter zijn in deze periode ook weinig monsternames geweest aangezien er nog weinig verschil tussen beide gisting zichtbaar was (adaptatie periode). Hierdoor is het maken van een juiste massabalans over deze niet mogelijk (het primair slib is in deze periode niet bemonsterd). De uitgaande stromen zijn wel bemonsterd waarmee wel het effect van stilzetten op de kwaliteit van het uitgest gisting slib gevolgd kan worden.

## 3. 29 NOVEMBER 2012 T/M 21 JANUARI 2013

Na het uitzetten van de ultrasone installatie op 28 november 2012 zou nog 2 maanden bemonsterd worden om het verloop van de gistingen te volgen. In deze periode zijn echter maar vier bemonsteringen van de ingaande stromen beschikbaar waardoor het maken van een juiste massabalans niet mogelijk is. Aan de uitgang van de gistingen is echter wel gevolgd of beide gistingen weer gelijk gaan presteren.

## 5.4 NULMETING

Het onderzoek is gestart met een nulmeting en wel van 1 november 2011 t/m 28 november 2011. Tot 10 november 2012 zijn de droge stof en organische droge stof reducties nagenoeg gelijk voor beide gistingen. Op 10, 11 en 12 november 2012 is er ca. 80 m<sup>3</sup>/dag meer primair slib naar de gisting US gegaan. De gisting waarmee met de ultrasoon behandeld surplus slib gevoed gaat worden heeft gemiddeld 400 kg droge stof/dag meer aan droge stof gehad. Dit komt door een debiet primair slib en surplus slib naar deze gisting (elke ca. 200 kg droge stof/dag extra) (zie bijlage 3). Hierdoor is de reductie van droge stof en organische droge stof voor de gisting US voor deze dagen groter en daardoor ook voor het gemiddelde van de 0-meting groter. Vanwege een ongelijke voeding van beide gistingen tijdens de 0-meting is deze periode niet te gebruiken om vast te stellen of beide gistingen bij dezelfde voeding hetzelfde resultaat geven. Echter blijkt uit historische data dat de verschillen in uitgaande droge stof tussen beide gistingen zeer klein zijn (gemiddelde droge stof bepalingen uitgevoerd door laboratorium, ca. 2 per maand). Zie tabel 2. Hiermee kunnen we vaststellen dat de gisting een zelfde resultaat geven.

TABEL 2 HISTORISCHE DATA UITGAANDE DROGE STOF GISTINGEN

Jaar	Gisting REF (gem. ds uit %)	Gisting US (gem. ds uit %)
2010	2,85	2,77
2011	2,86	2,82

## 5.5 OPSTART EN WERKING ULTRASONE INSTALLATIE

De beide ultrasone installaties zijn opgestart in serie schakeling met verdunning van het surplus slib met water t.b.v. verlaging viscositeit surplus slib. De opstart van de ultrasone installatie is goed verlopen. Het ingedikte surplus slib naar de ultrasone installatie is verdund met water (ca. 4 m<sup>3</sup>/dag) om de viscositeit te verlagen. Dezelfde hoeveelheid water is ook toegevoegd aan het ingaande debiet van de gisting REF om de verblijftijd gelijk te houden (zie paragraaf 5.5.5.2). De ultrasone installatie heeft de gehele onderzoeksperiode zonder problemen gefunctioneerd.

## 5.6 ONDERZOEKSPERIODEN 1 EN 2

### 5.6.1 ONDERZOEKSPERIODE 1

In onderzoeksperiode 1 hebben de twee ultrasone installaties in serie gestaan. In onderzoeksperiode 1 heeft verdunning van het surplus slib met water plaatsgevonden. Dezelfde hoeveelheid verdunningswater is ook toegevoegd aan het ingaande slib van de gisting REF om de verblijftijd gelijk te houden.

De gisting wordt als een volledig gemengd systeem beschouwd en daardoor zullen veranderingen aan de instellingen van de ultrasone installatie na één tot twee keer de verblijftijd in de gisting zichtbaar zijn. De concentratie van enzymen die vrijgekomen zijn in de ultrasone installatie zal zich opbouwen en na twee tot drie keer de verblijftijd ongeveer constant zijn. Het is noodzaak de ultrasone installatie en gisting tijdens de onderzoeken zo constant mogelijk te bedrijven. Dit is ook zo gebeurd.

Op 4 en 5 februari 2012 zijn de ultrasone installaties omgebouwd van serie naar parallelbedrijf. Dit naar aanleiding van uitgevoerde optimalisatieonderzoeken (zie paragraaf 5.5.3). In februari 2012 zijn vervolgens maar enkele monsternames en analyses geweest, waardoor geen goede massabalans te maken is over deze periode.

### 5.6.2 ONDERZOEKSPERIODE 2

In onderzoeksperiode 2 hebben de twee ultrasone installaties parallel gestaan. In de maanden juli, augustus en september 2012 is er op RWZI Nieuwgraaf een test uitgevoerd om geen ijzer te doseren voor de defosfatering. Hierdoor is er minder chemisch slib geproduceerd en dus minder surpluslib. Verder vindt in de zomermaanden vergaande mineralisatie van het slib plaats. In deze periode kon het surplus slib dan ook minder vergaand ingedikt worden zonder dat daardoor de verblijftijd verkleind wordt. Het droge stof percentage van het surplus slib was in deze periode 4,2% t.o.v. 6,3% tijdens onderzoeksperiode 1.



## 5.6.3 OPGELOSTE CZV

In tabel 3 staan analysesresultaten van de hoeveelheid opgelost CZV.

TABEL 3 OPGELOST CZV METINGEN (MG/L)

Datum	Unit 1		Unit 2			Gisting REF		Gisting US		CZV-totaal mg CZV/l	
	in	uit	Verdun- ning (l/h)	in	uit	Verdun- ning	in	uit	in		uit
	(mg opg. CZV/l)	(mg opg. CZV/l)		(mg opg. CZV/l)	(mg opg. CZV/l)		(mg opg. CZV/l)	(mg opg. CZV/l)	(mg opg. CZV/l)		(mg opg. CZV/l)
9-12-2011	362	581	100							2.141	
3-12-2011	466	963	100		887	200					
14-12-2011	343	515	100		529	200				2.770	
15-12-2011	829	1.320	100								
20-12-2011	409	933					625		695		
22-12-2011	443	1.192									
27-12-2011	384	868									
2-1-2012	468	1.031								16.152	
4-1-2012										25.000	
5-1-2012	503	1.110	500								
10-1-2012	577	1.226	200				780			25.500	
12-1-2012	1.437	2.495	400				2.262		2.241	22.700	
17-1-2012	191	709	200				534		583	26.800	
24-1-2012	255	488	200				600		579	26.200	
27-1-2012							608		557	27.900	
31-1-2012	355	726	250				577		577	27.200	
gem. 1e periode	502	1.011					868		872		
7-2-2012	112										
8-2-2012	424						568		586		
9-2-2012	380	694					604		610		
10-2-2012	2.024										
15-2-2012	384	585		360	455		682		632		
28-2-2012	388	464		411	489						
6-3-2012	440	907		466	575						
8-3-2012	459	525		290	309		594		583		
13-3-2012	383	501		327	318		594		584		
14-3-2012	917	1.374									
16-3-2012	432	1.080		361	536						
20-3-2012	450	915		389	727		638		631		
21-3-2012											
22-3-2012	486	896		503	551		178		911		
27-3-2012	319	647		270	338		145	588	686	593	
3-4-2012	297	671		316	329		192		463		
11-4-2012	335	553		315	551		248	598	618	590	
12-4-2012	410	564		430	580		380	585	589	570	
17-4-2012	380	574		362	486		300	544	536	522	
24-4-2012	421	826					439	802	572	781	
31-5-2012	200	381		186	241		176	594	326	567	
1-6-2012	168	363		136	185		134	587	272	559	
Gemiddeld	465	696		341	476		260	706	514	696	

Aan de hand van de testen met verschillende verdunningen van het surplusslib in januari is besloten om de twee ultrasonische installaties parallel te gaan bedienen aangezien uit de optimalisatie blijkt dat een zelfde totaal debiet door twee parallelle ultrasonische installaties meer effect heeft dan bij serie bedrijf. De stroomsnelheid bij serie bedrijf is dan ook twee keer zo hoog. Dit blijkt nadelig te zijn voor de werking van de ultrasonische installatie (contacttijd belletjes met sonotrodes lager).

Zoals verwacht is door behandeling van het slib met de ultrasonische installatie het opgeloste CZV toegenomen. In onderzoeksperiode 1 (serie bedrijf) is de opgeloste hoeveelheid CZV voor ultrasonische behandeling gemiddeld 502 mg/l. Na behandeling is de hoeveelheid opgeloste CZV toegenomen met 507 mg/l.

In de periode na onderzoeksperiode 1 (parallel bedrijf), waarbij:

- er problemen waren met verdunning met water van het surplus slib
- er deels met uitgegist slib verdund is
- er geen verdunning van het surplus slib was (vanaf eind april 2012)

is er minder opgeloste CZV na behandeling.

De hoeveelheid opgelost CZV voor behandeling ligt voor unit 1 op het zelfde niveau als tijdens onderzoeksperiode 1 met 465 mg/l. Bij unit 2 is dit lager met 341 mg/l. Na behandeling is de totale toename door beide units maar 428 mg/l aan opgeloste CZV.

In de periode dat de verdunning uitgestaan heeft (meting 31-5 en 1 juni) is de toename aan extra opgeloste CZV slechts 240 mg/l.

Verder zijn de opgeloste CZV concentraties van het uitgegiste slib van beide gistingen gelijk. De ingaande concentraties opgeloste CZV verschillen wel (metingen vanaf 22 maart 2012). Voor de gisting US is deze 514 mg/l. Voor de gisting REF is dit 260 mg/l.

Het blijkt lastig om goede reproduceerbare opgeloste CZV-metingen te verrichten. Het goed conserveren van het monster is zeer belangrijk aangezien de extra vrijgemaakte CZV in de US zeer snel omgezet wordt door de bacteriën.

#### **5.6.4 WERKING ULTRASONE INSTALLATIE**

In deze paragraaf wordt de werking van de ultrasonische installatie behandeld aan de hand van een aantal metingen en visuele waarnemingen.

##### **5.6.4.1 DRUKVAL OVER DE ULTRASONE INSTALLATIE**

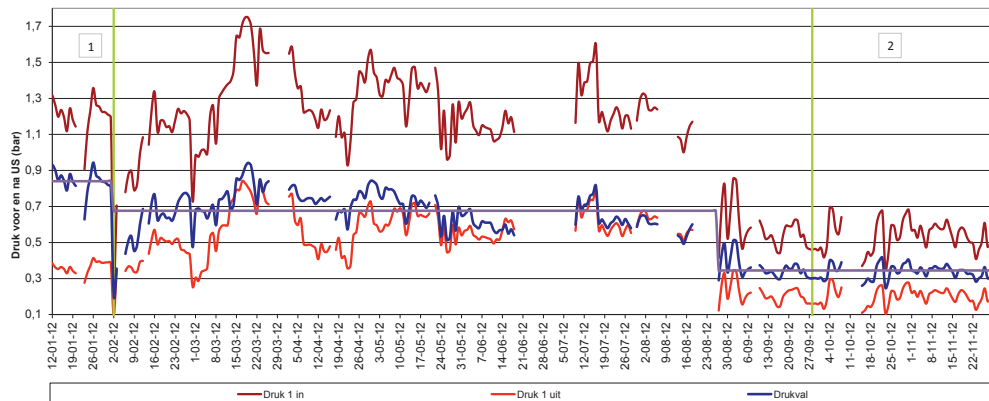
###### Uitleg grafieken

De dunne gekleurde lijnen zijn de werkelijke meetwaarden van de in de legenda vermelde parameters. De rechte rode en blauwe lijn geven de gemiddelden per maand/periode weer. De startdata en einddata van de verschillende fases van het project zijn weergegeven door de verticale groene lijnen.

In grafiek 1 staat de drukval over de ultrasonische installatie. Pas vanaf 12 januari 2012 is er data beschikbaar vanuit de datalogging van de PLC.

GRAFIEK 1

Druk voor en na ultrasonische installatie



Tot 2 februari 2012 zijn de twee ultrasonische installaties in serie bedreven. Hierna zijn de twee ultrasonische installaties parallel geplaatst. In seriebedrijf is de drukval over de twee ultrasonische installaties gemeten. Bij parallel bedrijf is de gemeten drukval gemeten over unit 1. Bij serie bedrijf is een grotere drukval gemeten over de ultrasonische installatie (0,84 bar) dan bij parallel bedrijf. Dit komt door een lager uitgaande druk in serie bedrijf dan bij parallel bedrijf. Mogelijk doordat slib minder visceus wordt in de eerste ultrasonische installatie, is de effectiviteit van de tweede ultrasonische installatie in serie groter, waardoor het slib nog verder gedesintegreerd wordt en de viscositeit verder afneemt.

Vanaf 27 augustus 2012 is er ingedikt surplus slib met een droge stof van gemiddeld 4,2% droge stof naar de ultrasonische installatie gevoerd. Dit ingedikte surplus slib heeft een lagere viscositeit (minder PE-dosering) wat goed te zien is aan de ingaande druk. Deze is een stuk lager en ligt zelfs op het niveau van de einddruk na ultrasonische behandeling bij ingedikte surplus-slib van ca. 6% droge stof.

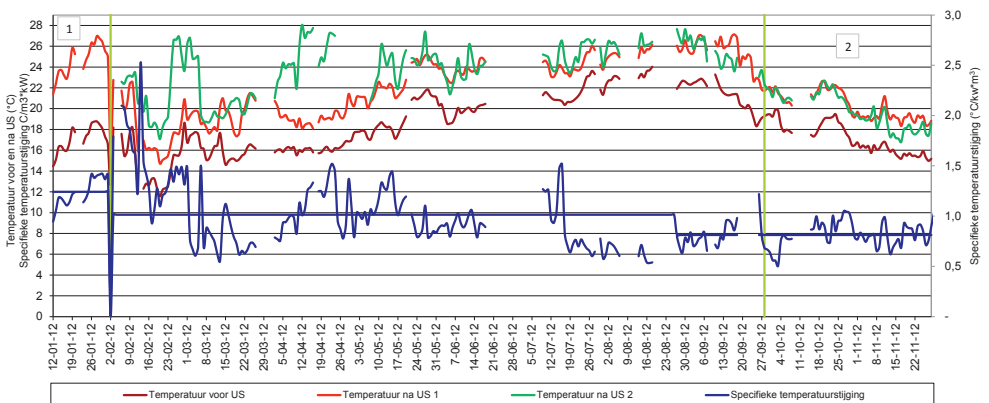
N.B. De viscositeit is niet gemeten. Lagere droge stof percentages en een lagere PE-dosering geven in principe een lagere viscositeit.

**5.6.4.2 TEMPERATUUR VERHOOGING OVER DE ULTRASONISCHE INSTALLATIE**

In grafiek 2 staat de temperatuurstijging weergegeven over de ultrasonische installatie. De temperatuurstijging wordt veroorzaakt door de implosie van luchtbelletjes en heeft daardoor een relatie met de werking van de ultrasonische installatie.

GRAFIEK 2

TEMPERATUUR VOOR EN NA ULTRASONISCHE INSTALLATIE



Bij serie bedrijf (tot 2 februari 2012) is een duidelijke grotere specifieke temperatuurstijging gemeten dan bij parallel bedrijf (na 2 februari 2012). De specifieke temperatuurstijging is tijdens serie bedrijf  $1,2 \text{ }^\circ\text{C}/(\text{kW}\cdot\text{m}^3)$ . De specifieke temperatuurstijging is tijdens parallel bedrijf in de periode van februari 2012 t/m eind augustus 2012 ca.  $1,0 \text{ }^\circ\text{C}/(\text{kW}\cdot\text{m}^3)$ .

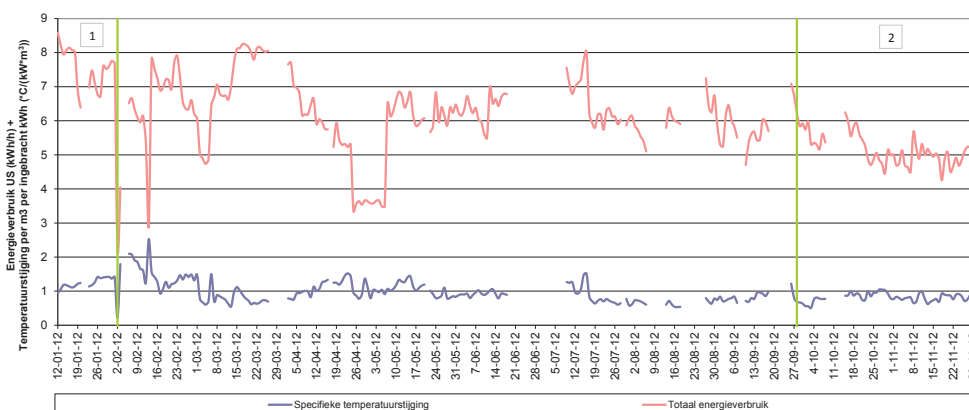
Na ombouw naar parallel bedrijf is de temperatuurstijging van de US 2 tot begin mei 2012 drie graden meer dan van de US 1. De temperatuur stijging van US 1 is  $3,17 \text{ }^\circ\text{C}$  en van US 2 is deze  $6,93 \text{ }^\circ\text{C}$ . De specifieke energietoever voor US 1 is  $0,15 \text{ kW}/\text{m}^3$ . Voor US 2 is deze in de periode tot begin mei  $0,24 \text{ kW}/\text{m}^3$ . De hogere temperatuurstijging van US 2 in de periode na ombouw naar parallel tot begin mei komt door een lager debiet door US 2 ( $0,67 \text{ m}^3/\text{h}$ ) dan door US 1 ( $0,96 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Hierdoor is er meer energie per  $\text{m}^3$  surplus slib ingebracht. De temperatuur stijging van US 2 is 119% hoger. De specifieke energietoever is echter maar 57% hoger. Het lijkt dat de effectiviteit bij een lager debiet groter is. Vanaf mei 2012 zijn de debieten en temperatuurstijging voor beide ultrasone installaties ongeveer gelijk.

### 5.6.4.3 ENERGIEVERBRUIK EN TEMPERAATUURSTIJGING BEHANDELD SLIB

De maximale theoretische hoeveelheid energie die per sonotrode ingebracht kan worden is  $1000 \text{ W}/\text{h}$ . Echter om snelle slijtage van de sonotrodes te voorkomen moet het energieverbruik niet boven de  $800 \text{ W}/\text{h}$  komen. In grafiek 3 staat het energieverbruik van de ultrasone installatie en de specifieke toename in temperatuur van het behandeld slib ( $^\circ\text{C}/(\text{kW}\cdot\text{m}^3)$ ).

GRAFIEK 3

ENERGIEVERBRUIK ULTRASONE INSTALLATIE



In de eerste onderzoeksperiode ligt het energieverbruik tussen de 7 en 8 kWh voor de complete ultrasone installatie, wat overeenkomt met gemiddeld  $700\text{-}800 \text{ Wh}$  per sonotrode. Over het gehele onderzoek neemt het energieverbruik langzaam af.

In de tweede onderzoeksperiode ligt het energieverbruik tussen de 5 en 6 kWh. Dit is 25% lager dan in de eerste onderzoeksperiode. Echter vanaf 22 oktober is er een sonotrode niet in bedrijf geweest. Dit geeft een 10% lager energieverbruik. Hierdoor is de werkelijke afname van het energieverbruik van de sonotrode 15%.

Bij het begin van de tweede onderzoeksperiode hebben de sonotrodes er al 7.200 draaiuren opzitten. De levensduur van de sonotrodes wordt geschat tussen de 6.000 en 8.000 draaiuren. In de tweede onderzoeksperiode is dus niet het maximaal mogelijk vermogen aan het surplus slib afgegaan.

Hetzelfde effect is ook waargenomen in de specifieke temperatuurstijging. De effectiviteit van de verbruikte energie wordt minder (minder goede vorming gasbellen). In de eerste onderzoeksperiode ligt dit nog boven de  $1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{kWh}\cdot\text{m}^3$ . In de tweede onderzoeksperiode ligt dit onder de  $1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{kWh}\cdot\text{m}^3$ .

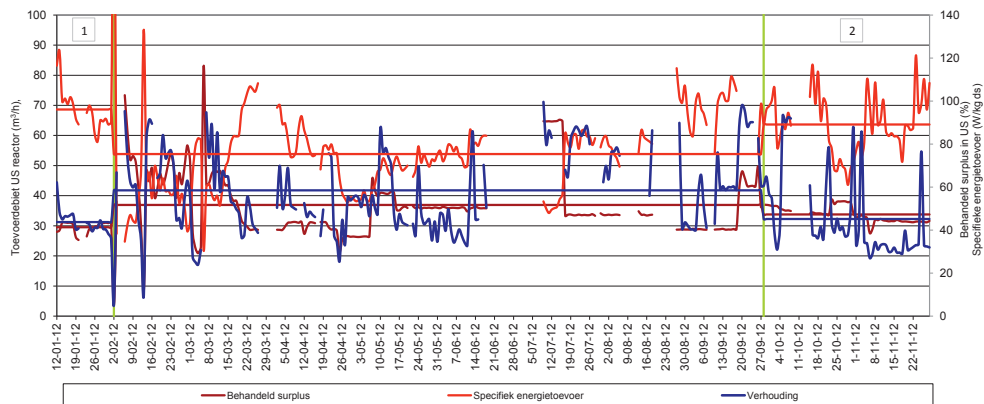
In grafiek 3 is de afname van de ingebrachte hoeveelheid energie door de sonotrodes goed te zien. De temperatuurstijging per kWh per  $\text{m}^3$  ingebracht vermogen neemt ook iets af.

#### 5.6.4.4 ENERGIETOEVOER ULTRASONIE INSTALLATIE

In grafiek 4 staat de specifieke energietoevoer van de ultrasonie installatie per kg ingaand droge stof en de hoeveelheid behandeld surplus slib (in m<sup>3</sup>/h) met de ultrasonie installatie.

GRAFIEK 4

DEBIET SURPLUS, VERHOUDING BEHANDELD SURPLUS EN SPECIFIEKE ENERGIETOEVOER



In de periode dat de ultrasonie installaties in serie staan is de specifieke energietoevoer ca. 96 W/kg droge stof. In de vervolg periode (ultrasonie installaties parallel) waarbij de ultrasonie installaties niet met optimale instellingen en deels zonder verdunning gewerkt heeft (3 februari 2012 tot 15 augustus 2012) ligt dit duidelijk lager op 72 W/kg droge stof. Dit komt door de hogere vracht aan surplus slib dat in deze periode naar ultrasonie installaties gebracht is. In de tweede onderzoeksperiode, met minder vergaand ingedikt surplus slib (eind augustus 2012), gaat de specifieke energietoevoer weer naar 92 W/kg droge stof. Dit niveau ligt iets lager dan bij de eerste onderzoeksperiode. Bij de tweede onderzoeksperiode is de vracht surplus slib teruggebracht naar het niveau van de eerste onderzoeksperiode. Echter is de specifieke energietoevoer gemiddeld lager. Dit is te verklaren doordat vanaf 22 oktober er maar 9 sonotrodes in bedrijf waren (i.p.v. 10). Verder neemt het ingebrachte vermogen van de sonotrodes langzaam af. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door slijtage van de sonotrodes (zie paragraaf 5.5.4.6). Ook de verschillendruk en temperatuurstijging worden minder en onderschrijven de minder goede werking van de sonotrodes mogelijk als gevolg van slijtage. De sonotrodes zijn inmiddels bijna 1 jaar in bedrijf.

Grafiek 5 geeft de resultaten weer van een aantal laboratoriumonderzoeken naar de extra afbraak van organisch materiaal in slib ten opzichte van het energieverbruik en een aantal praktijkonderzoeken. De praktijkonderzoeken zijn RWZI Nieuwgraaf 2011-2013, waarop dit rapport betrekking heeft, RWZI Bath 2006-2007, RWZI Enschede 2006-2008 en RWZI Nieuwgraaf 2006-2007 (STOWA 2008-10).

De zwarte gebogen lijn is de lijn waarop slibdesintegratie energieneutraal opereert.

Er dient gezegd te worden dat de gemeten waarden in grafiek 4 niet kunnen worden geïnterpreteerd zonder aan te geven welk percentage van de ingaande stroom slib behandeld is met de installatie en kunnen daardoor niet goed onderling vergeleken worden.

Zo is bij het onderzoek op RWZI Enschede ca. 80% van het surplus slib behandeld en op RWZI Nieuwgraaf ca. 35%, conform ontwerp. Voor het onderzoek op RWZI Enschede zien we dan ook een hogere organische droge stof afbraak met dezelfde energietoevoer per kg surplus slib behandeld dan op RWZI Nieuwgraaf.

In grafiek 5 is het werkterrein van de US Nieuwgraaf weergegeven bij 2 soorten bedrijven:

- parallelbedrijf, energie-inbreng 0,092 kWh/kg droge stof, dit geeft een extra afbraak organische droge stof (gemiddeld) van 2,7%

- seriebedrijf, energie-inbreng 0,096 kWh/kg droge stof, dit geeft een extra afbraak organische droge stof (gemiddeld) van 1,4%

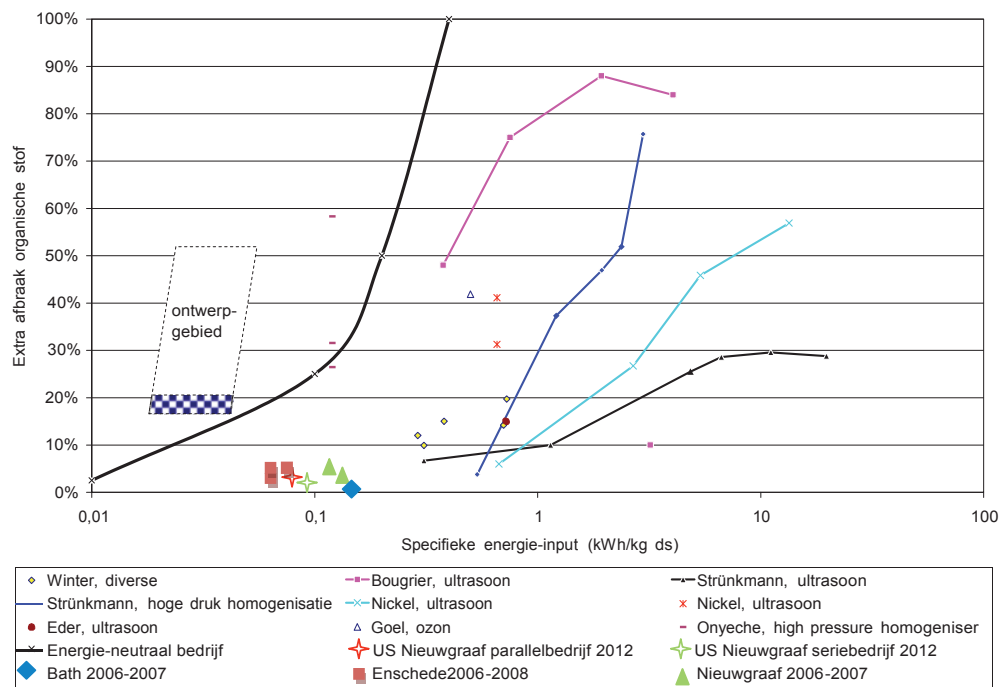
Voor RWZI Bath zijn twee onderzoeksperioden weggelaten waarin de extra afbraak organische droge stof negatief was -0,6%. Het betreft hier de periode november 2006 tot januari 2007 en de periode april t/m juni 2007. De slibdesintegratiemethode die hier is toegepast is ultrasone slibdesintegratie.

Voor RWZI Enschede is de periode september t/m november 2006 en de periode februari t/m april 2007 weggelaten, omdat over deze perioden geen energieverbruik is gemeten. Voor de overige perioden is wat betreft het energieverbruik uitgegaan van de door de fabrikant opgegeven theoretische waarden. De installatie die hier gebruikt is werkt volgens het principe van hydrodynamische cavitatie.

Voor RWZI Nieuwgraaf zijn twee onderzoeksperioden weggelaten, namelijk de periode januari t/m maart 2007 en maart t/m mei 2007. In deze perioden was de extra afbraak respectievelijk -2,7% en -3,7%.

GRAFIEK 5

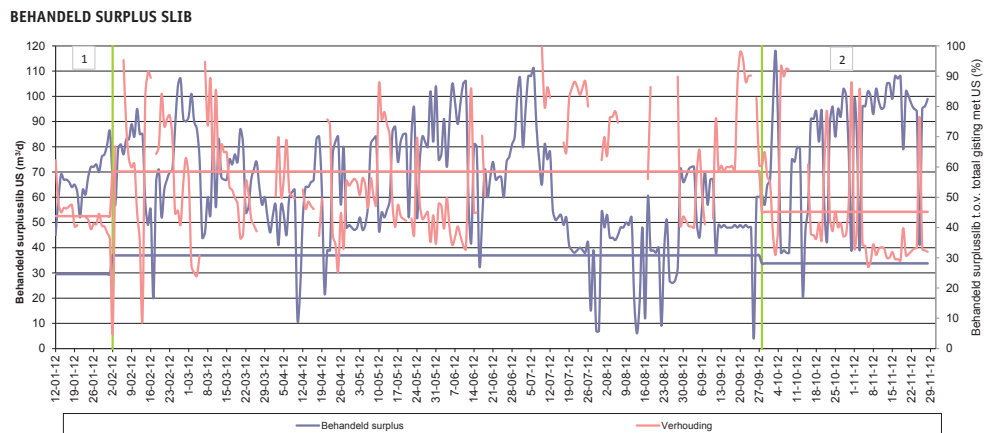
## ENERGIETOEVOER US T.O.V. TOEVOER SURPLUSSLIB



### 5.6.4.5 VERHOUDING BEHANDELD/ONBEHANDELD SLIB DOOR ULTRASONE INSTALLATIE

In grafiek 6 staat de hoeveelheid behandeld surplus slib door de ultrasone installatie en het percentage behandeld van het totaal surplus slib naar de gisting US.

GRAFIEK 6



In de eerste onderzoeksperiode is de hoeveelheid behandeld surplus slib het laagst met 43,8% voor desbetreffende gisting. In de tweede onderzoeksperiode is deze 45,2%. In de tussenliggende periode is 58,5% van het surplus slib behandeld.

Het verschil in hoeveelheid behandeld slib heeft drie oorzaken.

De eerste oorzaak is dat in de eerste onderzoeksperiode de ultrasone installaties in een serieschakeling stonden. De ultrasone installaties hebben een minimale verblijftijd van het surplus slib nodig voor goede werking. Bij serieschakeling kan de verblijftijd per installatie echter wel wat kleiner zijn dan bij parallel aangezien het surplus slib langs 10 sonotrodes komt. Bij parallelschakeling kan effectief meer surplus slib qua minimale verblijftijd behandeld worden.

De tweede oorzaak is het gevolg van het gebruik van verdunningswater, dat in de eerste onderzoeksperiode toegevoegd is aan het surplus slib naar de ultrasone installatie. Dit verlaagt de hoeveelheid surplus slib dat door de ultrasone installaties behandeld kan worden en hiermee wordt de verhouding behandeld surplus slib ten opzichte van het totaal verlaagd.

De derde oorzaak is dat in de zomermaanden er verdergaande mineralisatie van het slib plaats vindt. Verder is, in de tussenliggende periode van 8 maanden, in de maanden juli, augustus en september 2012 geen ijzer t.b.v. fosfaatverwijdering gedoseerd. Hierdoor is minder surplus slib gevormd waardoor percentage behandeld slib met de ultrasone installatie omhoog gaat.

Door de de leverancier wordt aangeraden om ca. 35% van het totale surplus slib dat naar de gisting gaat te behandelen, om tot een verbetering te kunnen komen van de biogasproductie en slibreductie. Zowel onderzoeksperiode 1 als 2 liggen hier ruim boven.

### 5.6.4.6 CONTROLE SONOTRODES

Na het einde van het onderzoek zijn de sonotrodes van zowel de installatie van Waterschap Rijn en IJssel (unit 1) als de bijgeplaatste huurinstallatie van STI (unit 2) bekeken (zie foto's 2 en 3).

FOTO 2

SONOTRODES 4 + 5 UNIT 1



FOTO 3

SONOTRODES 4 + 5 UNIT 2



Na 1 jaar in bedrijf te zijn geweest zijn de sonotrodes sterk aangetast (zie foto's 2 en 3). De sonotrodes van beide units vertonen een zelfde slijtage beeld. Er zitten ook veel putjes aan de zijkant van de sonotrodes. Blijkbaar vinden af en toe ook daar implosies plaats. De kopse kant van de sonotrodes zijn flink aangetast. Deze zitten vol met putjes en zijn 1-2 mm kleiner geworden in lengte. Dit verklaart de afname van het afgenomen vermogen van de sonotrodes (zie paragraaf 5.5.4.5).



De afname van het gewicht van de sonotrodes is aan het eind van het onderzoek niet bepaald. De aantasting is alleen vastgesteld op basis van een visuele controle die tevens is vastgelegd door middel van foto's. In bijlage 4 staan meer foto's van de sonotrodes.

#### 5.6.4.7 BIOLOGISCH BEELD SLIB IN- EN UITGAAND ULTRASONE INSTALLATIE

Op 19 januari 2012 is het microscopisch beeld bepaald van de slibmonsters van het ingaande surplus slib naar de ultrasone installatie en uitgaand slib (zie foto's 4 en 5).

FOTO 4

INGAAND SURPLUS SLIB ULTRASONE INSTALLATIE 100 X

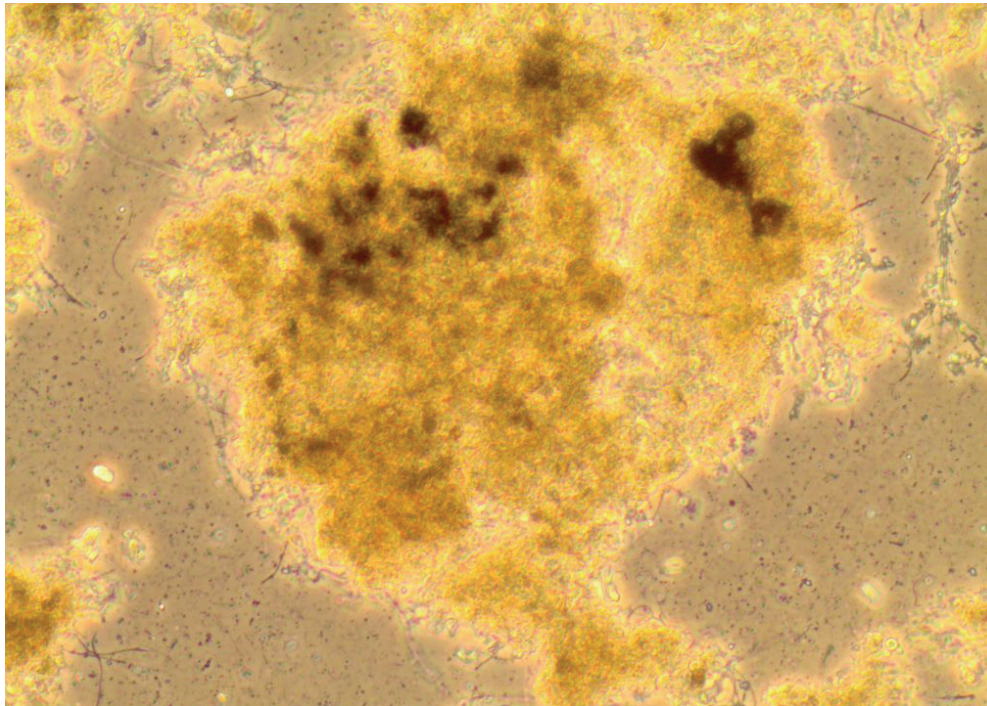
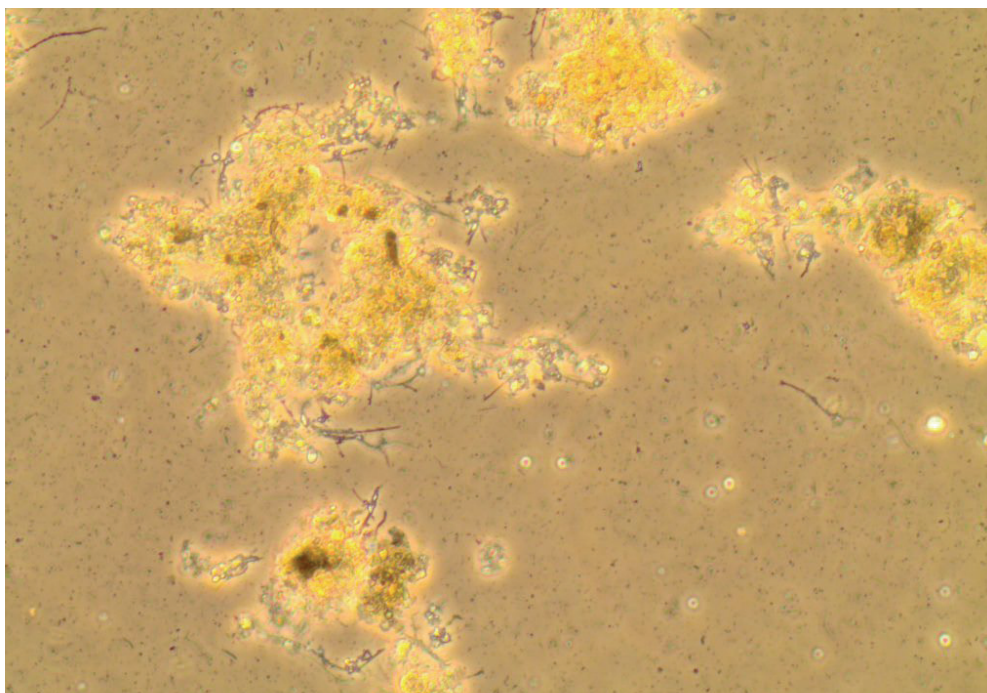


FOTO 5

BEHANDELD SURPLUS SLIB ULTRASONE INSTALLATIE 100 X



Op de foto's is te zien dat het slib voor de ultrasone installatie grotere vlokken heeft dan het slib na de ultrasone installatie. Bij de analyse van de preparaten zijn er meer losse cellen te zien na de ultrasone installatie. Op de twee vergrotingen zijn deze losse cellen minder duidelijker te zien (zie bijlage 2). De losse cellen na ultrasone installatie bestaan uit kleine stukjes draadvormers en kleine stukjes organisch materiaal.

#### 5.6.5 RESULTATEN GISTINGEN

Het vergelijken van resultaten voor de gistingen tussen verschillende perioden is lastig aangezien er veel verschillen kunnen zijn in samenstelling voeding, temperatuur en ander variabelen.

De gistingen zijn continu bedreven op 37-38 °C. In de tweede onderzoeksperiode is de temperatuur teruggelopen naar ca. 34 graden eind november 2012. Vanwege de beperkte capaciteit van de warmtewisselaar kon het hogere debiet, als gevolg van het minder vergaand indikken van het surplus slib (4,2% i.p.v. ca. 6% droge stof) niet genoeg opgewarmd worden. Na het stilzetten van de US eind november 2012 en het weer normaal indikken van het surplus slib tot 6% droge stof stijgt de temperatuur in de gisting weer tot 37 graden aan het eind van januari 2013.

In de onderstaande analyse worden de twee onderzoeksperioden ook vergeleken met de tussenliggende periode van 8 maanden tussen beide onderzoeksperioden, waarin relatief weinig onderzoeksresultaten beschikbaar zijn, maar waarin de ultrasone installatie wel in bedrijf is geweest. Ook worden de twee onderzoeksperioden vergeleken met de periode na stilzetten van de ultrasone installatie. In de tussenliggende periode van 8 maanden waar in bovenstaande analyse mee vergeleken wordt en de periode na stilzetten ultrasone installatie zitten een aantal perioden waar minder bemonsterd is. Dit is goed te zien in de grafieken. In deze perioden zitten vaak grote verschillen in slibreducties, droge stof en organisch droge stof percentage etc. Aangezien de tussenliggende periode wel 8 maanden is en in een groot deel wel voldoende bemonsterd is, wordt deze periode toch meegenomen in de analyse. Het onderliggende vergelijk tussen beide gistingen in dezelfde periode blijft het belangrijkste. Echter de analyse met de tussenliggende 8 maanden en het effect na stilzetten van de ultrasone installatie kan de geconstateerde waarneming in de twee onderzoeksperioden bevestigen en/of ontkrachten.

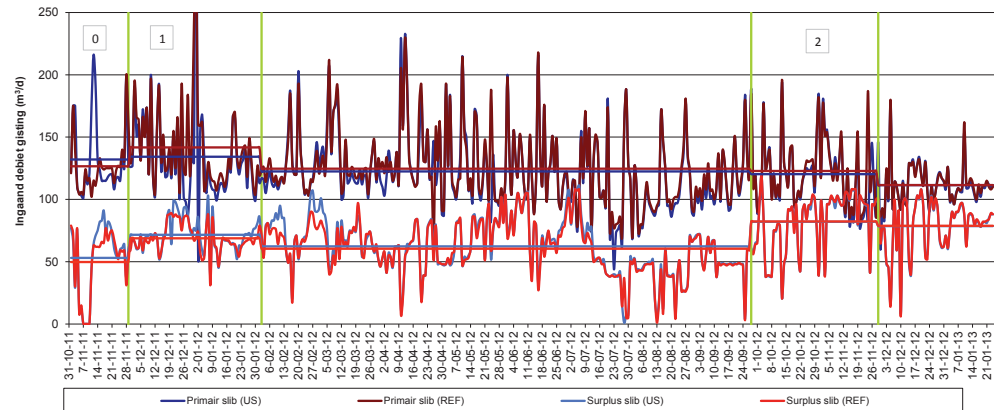
Mogelijke veranderingen in biogasproductie en biogassamenstelling zijn moeilijker vast te stellen. Er is op de RWZI Nieuwgraaf één gasmeting aanwezig waarmee het biogas uit beide gistingen gemeten wordt. Het mogelijk extra gevormde biogas, als gevolg van het gebruik ultrasone installatie, wordt vermengd met biogas uit de gisting zonder ultrasone installatie. Hierdoor wordt een mogelijke verhoging van de biogasproductie moeilijker vast te stellen.

### 5.6.5.1 INGAANDE DEBIETEN EN VRACHTEN

In grafiek 7 staan de ingaande debieten naar beide gistingen.

GRAFIEK 7

INGAANDE DEBIETEN PRIMAIR EN SURPLUS PER GISTING



De ingaande debieten naar beide gistingen zijn over de gehele periode gelijk. In de 0-periode is er kortstondig een hoger debiet van het primair slib naar de gisting US.

In de eerste onderzoeksperiode is het debiet van het primaire slib naar de gisting REF hoger. De toevoer van surplus in de eerste onderzoeksperiode is juist naar de gisting REF gemiddeld lager. Het gemiddelde debiet over de eerste periode naar beide gistingen is wel gelijk.

Het totale ingaande debiet naar de gisting US is in de eerste onderzoeksperiode lager (340 m<sup>3</sup>/d t.o.v. 353 m<sup>3</sup>/d).

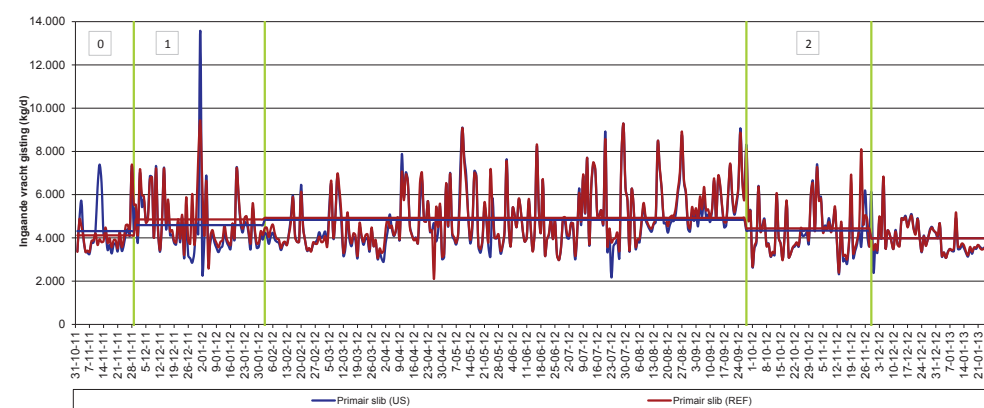
In de tweede onderzoeksperiode is geen significant verschil in ingaand debiet. Voor de gisting US is deze 323 m<sup>3</sup>/d en gisting REF 327 m<sup>3</sup>/d.

In de eerste onderzoeksperiode is de gisting REF 143 kg droge stof/d meer gevoed. De totale voeding naar beide gistingen ligt op ongeveer 9.200 kg droge stof/dag. Dit is veel hoger dan alle overige perioden waar de voeding tussen de 7.000 en 8.300 kg droge stof/d ligt. In de grafieken 8, 9 en 10 staan de slibvrachten naar beide gistingen.

De totale vracht naar de gisting US is in de tweede onderzoeksperiode 100 kg droge stof/d lager dan naar de gisting REF. Dit komt geheel voor rekening van het primair slib.

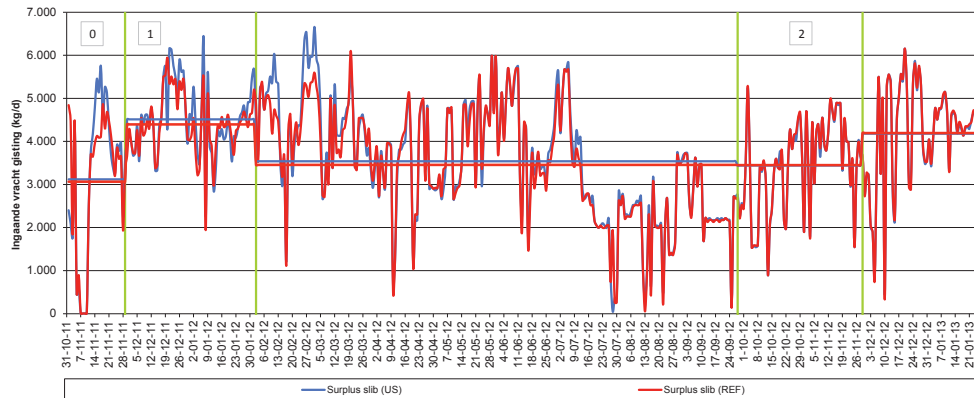
GRAFIEK 8

INGAANDE VRACHT PRIMAIR SLIB PER GISTING



GRAFIEK 9

INGAANDE VRACHT SURPLUS SLIB PER GISTING



Voor het primaire slib zijn de hoge pieken in het debiet ook terug te zien in de vracht. Hierdoor is de ingaande vracht primair slib naar de gisting US in de 0-meting ook groter (4.313 kg/d gisting US en 4.117 kg/d gisting REF).

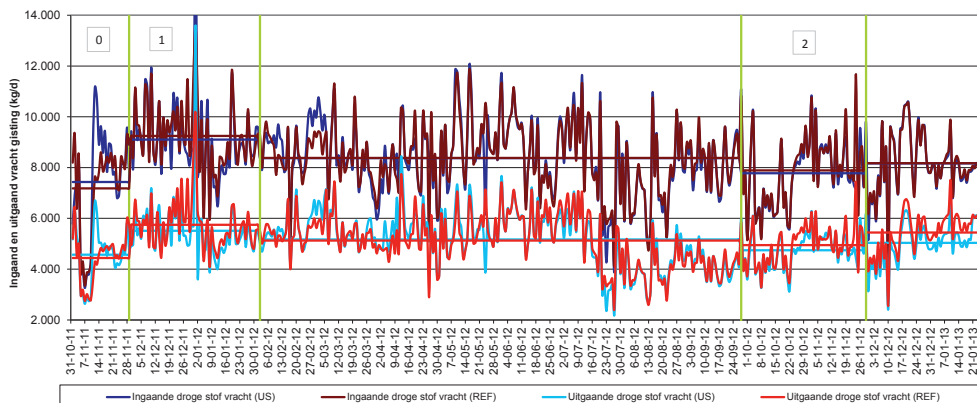
Ook het surplus slib heeft variaties in droge stof vrachten in de 0-meting (3.120 kg/d gisting US en 2.900 kg/d gisting REF).

In de eerste onderzoeksperiode is de ingaande vracht primair slib voor de gisting US 4.591 kg/d en surplus slib 4.512 kg/d. Voor de gisting REF is de vracht primair slib hoger (4.852 kg/d) en surplus slib juist lager (4.395 kg/d). De totale droge stof-vracht is voor de gisting US 9.103 kg/d en gisting REF 9.247 kg/d.

Voor de tweede onderzoeksperiode liggen de vrachten primair slib en surplus slib dicht bij elkaar. De ingaande vracht primair voor de gisting US 4.338 kg/d en surplus slib 3.440 kg/d. Voor de gisting REF is primair slib hoger (4.440 kg/d) en surplus slib gelijk (3.450 kg/d). De totale droge stof vracht is voor de gisting US 7.778 kg/d en gisting REF 7.890 kg/d. De ingaande vrachten in de tweede onderzoeksperiode liggen 500-600 kg droge stof/d lager dan in de voorafgaande 8 maanden. Dit wordt met name veroorzaakt door een lagere vracht primair slib (zie tabel 4).

GRAFIEK 10

INGAANDE DROGE STOF VRACHT GISTING



TABEL 4 INGAANDE EN UITGAANDE VRACHT SLIB

Periode	DS-vracht gisting (US) (kg/d)					OS-vracht gisting (US) (kg/d)					DS-vracht gisting (REF) (kg/d)					OS-vracht gisting (REF) (kg/d)				
	ingaaud	primaair	surplus	uitgaand	verschil	ingaaud	primaair	surplus	uitgaand	verschil	ingaaud	primaair	surplus	uitgaand	verschil	ingaaud	primaair	surplus	uitgaand	verschil
0-meting	7.433	4.313	3.120	4.570	2.863	6.030	3.716	2.314	2.898	3.132	7.016	4.117	2.900	4.440	2.576	5.700	3.549	2.151	2.786	2.914
1-11 t/m 29-11					38,5%					51,9%					36,7%					51,1%
1e testperiode	9.103	4.591	4.512	5.511	3.592	7.199	3.841	3.358	3.546	3.653	9.247	4.852	4.395	5.747	3.500	7.335	4.062	3.273	3.670	3.665
30-11 t/m 1-2					39,5%					50,7%					37,9%					50,0%
tussenperiode	8.381	4.833	3.548	5.174	3.207	6.502	3.900	2.602	3.282	3.220	8.347	4.826	3.455	5.126	3.221	6.505	3.974	2.532	3.177	3.328
2-2 t/m 27-9					38,3%					49,5%					38,6%					51,2%
2e testperiode	7.778	4.338	3.440	4.744	3.034	6.170	3.614	2.556	3.090	3.080	7.890	4.440	3.450	4.947	2.943	6.269	3.702	2.568	3.221	3.048
28-9 t/m 28-11					39,0%					49,9%					37,3%					48,6%
zonder US	8.165	3.984	4.181	5.035	3.130	6.493	3.467	3.026	3.191	3.302	8.174	3.980	4.194	5.443	2.731	6.499	3.463	3.035	3.363	3.136
29-11 t/m 24-1					38,3%					50,9%					33,4%					48,3%

### 5.6.5.2 VERBLIJFTIJD IN GISTING EN TEMPERATUUR

In beide onderzoeksperioden is de verblijftijd lager dan in de 0-meting en overige perioden (rond de 15,5 – 16,0 dagen i.p.v. 17,5 – 18,5 dagen). Dit is in principe gunstig voor de proef, aangezien theoretisch een korte verblijftijd een lagere slibreductie en biogasproductie geeft en daarmee het aantonen van een mogelijk effect door het toepassen van ultrasone slibdesintegratie relatief gezien gemakkelijker wordt.

In de eerste onderzoeksperiode is de verblijftijd in de gisting US en gisting REF respectievelijk 15,8 en 15,4 dagen. In de tweede onderzoeksperiode is de verblijftijd in de gisting US en gisting REF respectievelijk 16,1 en 15,8 dagen. De verblijftijden in de overige perioden waren duidelijk hoger (zie tabel 5). Deze lagen tussen de 17,1 en 17,6 dagen), 1 tot 1,5 dagen langer dan in de tweede onderzoeksperiode. De onderlinge verschillen tussen de beide gistingen zijn klein.

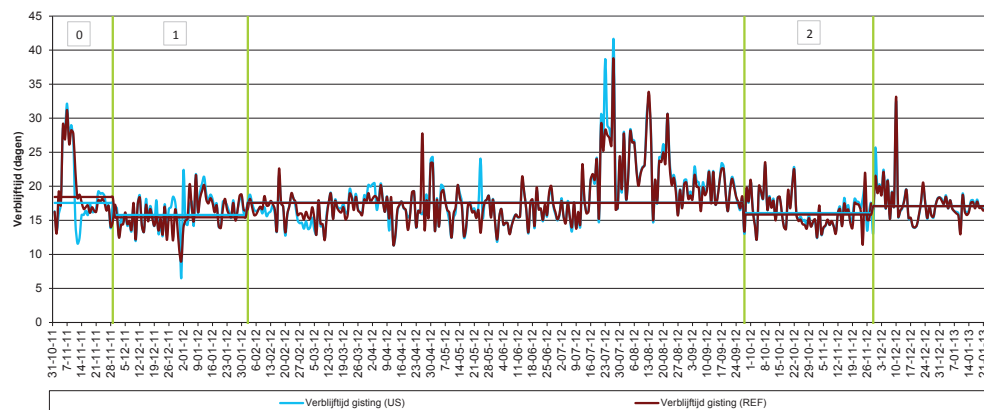
TABEL 5 VERBLIJFTIJDEN GISTING

Periode	Verblijftijd (US) (d)	Verblijftijd (REF) (d)
0-meting 1-11 t/m 29-11	17,6	18,4
1e testperiode 30-11 t/m 1-2	15,8	15,4
tussenperiode 2-2 t/m 27-9	17,6	17,6
2e testperiode 28-9 t/m 28-11	16,1	15,8
zonder US 29-11 t/m 24-1	17,1	17,1

In grafiek 11 staan de verblijftijden in de gisting weergegeven.

GRAFIEK 11

VERBLIJFTIJD IN GISTING



De gistingen worden onder normale omstandigheden continu bedreven op 37-38 °C. In de tweede onderzoeksperiode is de temperatuur teruggelopen naar ca. 34 graden eind november 2012. Dit is veroorzaakt doordat het surplus slib minder vergaande ingedik is (4,2% droge stof) en er daardoor een groter debiet naar de gisting gaat. De capaciteit van de warmtewisselaar is onvoldoende om deze grotere slibstroom op te warmen tot de vereiste temperatuur. Na het stilzetten van de ultrasone installatie eind november 2012 en het weer normaal indikken van het surplus slib (6% droge stof) stijgt de temperatuur in de gisting weer tot 37 graden eind januari 2013.

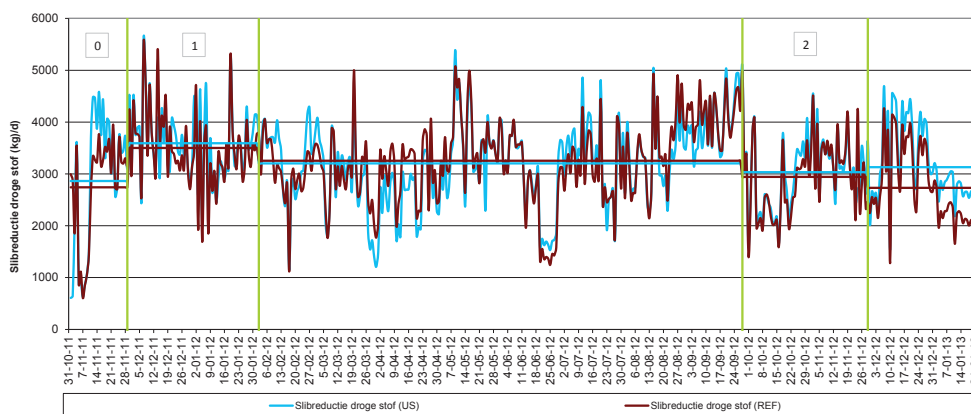
De lange verblijftijden in november 2011, juli 2012 en december 2012 worden veroorzaakt door lage aanvoer van surplus slib.

### 5.6.5.3 REDUCTIE DROGE STOF EN ORGANISCHE DROGE STOF IN GISTINGSTANK

In grafieken 12 en 13 staan de droge stof reducties uitgedrukt in gewicht (kg droge stof) en procentueel ten opzichte van de ingaande slibstroom.

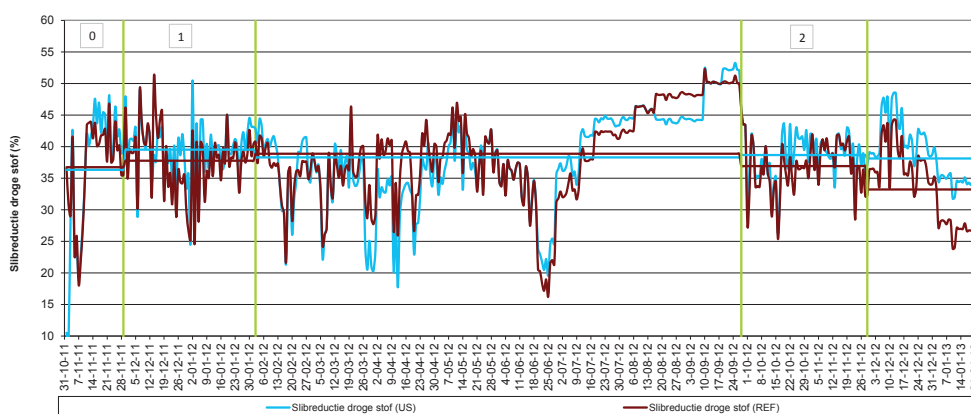
GRAFIEK 12

SLIBREDUCTIE DROGE STOF IN GISTING T.O.V. DE DROGE STOF-INVUER (KG/D)



GRAFIEK 13

SLIBREDUCTIE DROGE STOF IN GISTING T.O.V. DE DROGE STOF-INVUER (%)



In de grafieken 12 en 13 is in de 0-meting een verschil in droge stof reductie te zien (38,5% gisting US en 36,7% gisting REF). Dit wordt veroorzaakt door het verschil in aanvoer van droge stof (zie paragraaf 5.6.5.1). Doordat de ingaande droge stof gemengd wordt in de gisting, zijn er verdunnings- en na-ijleffecten te zien voor de droge stof concentratie. Echter in de korte meetperiode van de 0-meting, waarbij dit hoge debiet halverwege deze periode plaatsvindt, is deze piekbelasting mogelijk nog niet in zijn geheel vereffend bij de start van de eerste meetperiode (verblijftijd 18 dagen). Voor de organische droge stof reductie is het zelfde effect te zien (zie grafieken 14 en 15).

In de eerste onderzoeksperiode, waarbij de ingaande vrachten redelijk gelijk zijn, is een groot verschil in de slibreductie waarneembaar (relatief 4,2% hoger voor gisting US). De droge stof reductie bij de gisting US is 39,5%. Bij de gisting REF is deze 37,9%.

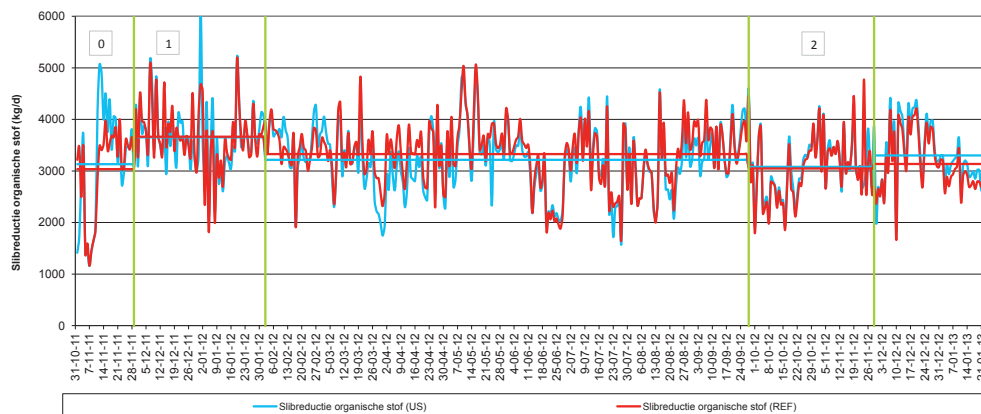
In de tweede onderzoeksperiode is hetzelfde beeld te zien (relatief 4,5% hoger voor gisting US). De droge stof reductie is in de gisting US 39,0%. De droge stof reductie in de gisting REF is 37,3%.

Voor de reductie van organische droge stof is ook een extra reductie waarneembaar voor de gisting US. In de eerste onderzoeksperiode is de organische droge stof reductie in gisting US 50,7% en in gisting REF 50,0%. Dit verschil is kleiner dan voor droge stof (1,6% absoluut). Relatief is de verbetering 1,4% voor de gisting US.

In de tweede onderzoeksperiode is de organische droge stof reductie in gisting US 49,9% en in gisting REF 48,6% (zie grafieken 14 en 15). Het verschil in organische droge stof (1,3%) is bijna gelijk met de droge stof reductie (1,6%). Relatief is de verbetering in organische droge stof 2,7% voor de gisting US. Deze verbetering is duidelijk beter dan de eerste onderzoeksperiode, maar nog steeds een klein verschil.

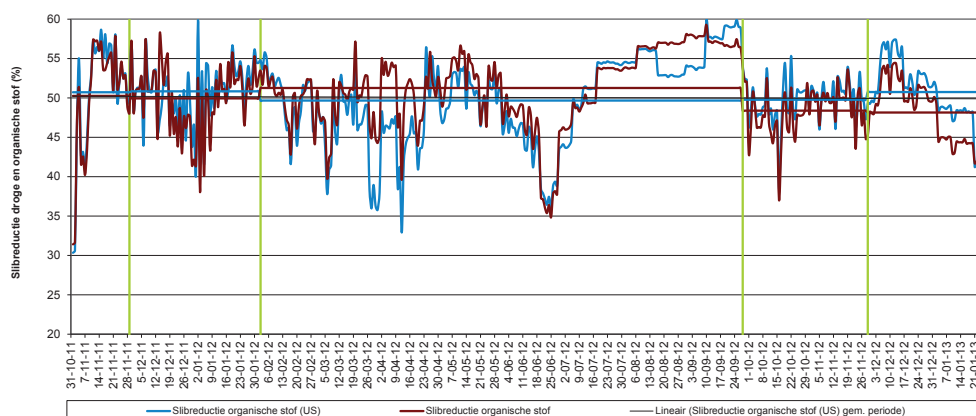
GRAFIEK 14

SLIBREDUCTIE ORGANISCHE DROGE STOF IN GISTING T.O.V. DE ORGANISCHE DROGE STOF-INVVOER (KG/D)



GRAFIEK 15

SLIBREDUCTIE ORGANISCHE DROGE STOF IN GISTING T.O.V. DE ORGANISCHE DROGE STOF-INVVOER (%)



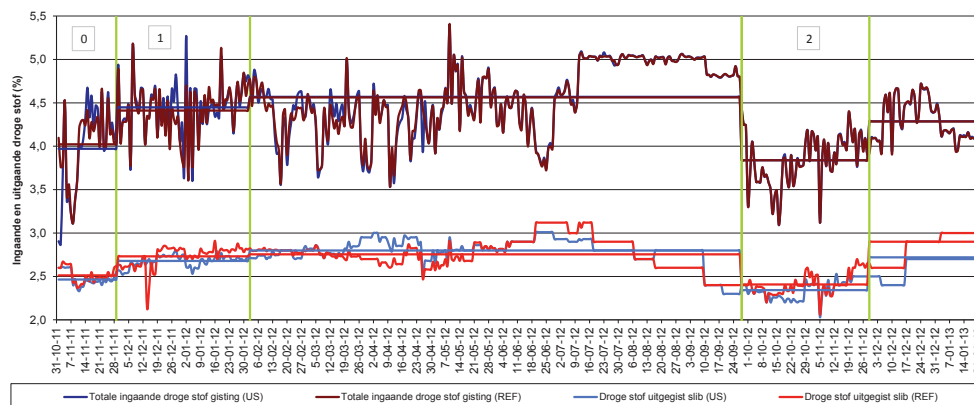
Wanneer de tweede onderzoeksperiode vergeleken wordt met de periode daarvoor, (vanaf 2 februari tot eind september 2012 = 8 maanden) dan is te zien dat de slibreductie voor de gisting US op hetzelfde niveau blijft als de 8 maanden ervoor. Echter de slibreductie in de gisting REF zakt terug. Dit is ook het geval voor de organische droge stof reductie. Na stilzetten van de ultrasonische installatie eind november 2012 lijkt dit effect zich nog verder te versterken

(zie grafieken 13 en 15). Dit kan het gevolg zijn van positieve effecten van de behandeling van surplus slib met de ultrasonische installatie (meer vrije CZV, enzymatische verbetering). Na ca. twee keer de verblijftijd is de werking van beide gisting weer nagenoeg gelijk. Er zijn echter in januari maar een paar metingen verricht op de ingaande en uitgaande stromen van de gisting. Een afwijking op één meetdag heeft dan ook een grote invloed op het gemiddelde vrachtberekening.

In de grafieken 16 en 17 staan de ingaande en uitgaande droge stof en organische droge stof percentages voor beide gistingen.

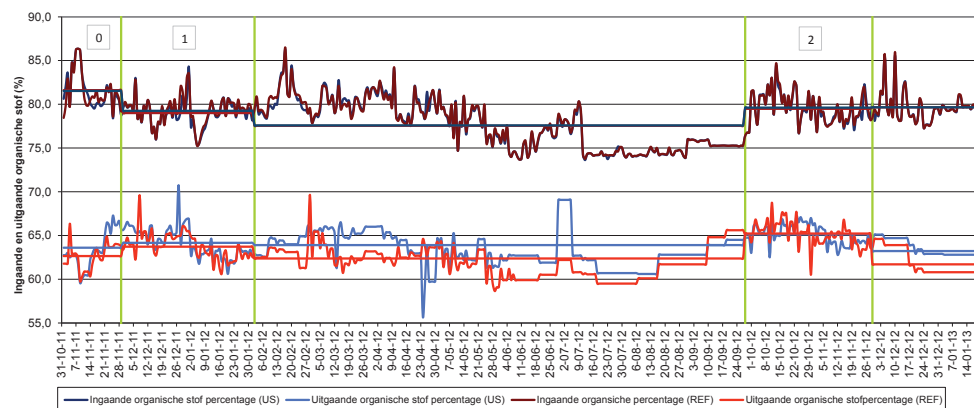
GRAFIEK 16

GEMIDDELDE INGAANDE (PRIMAIR EN SURPLUS) EN UITGAANDE DROGE STOF PERCENTAGE GISTINGEN



GRAFIEK 17

GEMIDDELDE INGAANDE (PRIMAIR EN SURPLUS) EN UITGAANDE ORGANISCHE DROGE STOF PERCENTAGE GISTING



Het organisch stof percentage van het uitgegist slib is in de eerst onderzoeksperiode voor de gisting US iets hoger (64,4% t.o.v. 63,9% zonder US). Bij de tweede onderzoeksperioden is het organisch stof percentage voor beide gistingen gelijk (65,1% gisting US en 65,1% gisting REF).

#### 5.6.5.4 BIOGAS- EN CH<sub>4</sub>-PRODUCTIE

Het effect van de ultrasonische installatie op de biogasproductie en dus de CH<sub>4</sub> productie is moeilijk aan te tonen aangezien het biogas van beide gistingen gemengd wordt. De verschillende perioden kunnen dan ook alleen vergeleken worden in samenhang met de procescondities.

In de eerste onderzoeksperiode is een duidelijke verhoging van het biogasproductie t.o.v. de nulmeting waarneembaar (6.472 m<sup>3</sup>/d respectievelijk 5.653 m<sup>3</sup>/d). In deze periode is ook de ingaande vracht hoger en de verblijftijd korter.



In de tweede onderzoeksperiode blijft de biogasproductie op het zelfde niveau als de voorgaande 8 maanden, namelijk 6.066 respectievelijk 6.125 m<sup>3</sup> biogas/d. De CH<sub>4</sub>-productie is vergelijkbaar met respectievelijk 3.530 ten opzichte van 3.565 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/d (zie tabel 5).

De ingaande vracht is echter veel lager ca. 7.800 kg/d t.o.v. 9.200 kg/d. Ook de verblijftijd is lager nl. 16,1 dagen t.o.v. 17,6 dagen. Verder moet nog opgemerkt worden dat de temperatuur in beide gistingen in de tweede onderzoeksperiode gedaald is naar 34 °C terwijl 37 °C de normale bedrijfstemperatuur is (zie paragraaf 5.5.5.2).

In de tweede onderzoeksperiode blijft de biogasproductie op het zelfde niveau als de voorgaande 8 maanden, namelijk 6.066 respectievelijk 6.152 m<sup>3</sup> biogas/d (zie tabel 6).

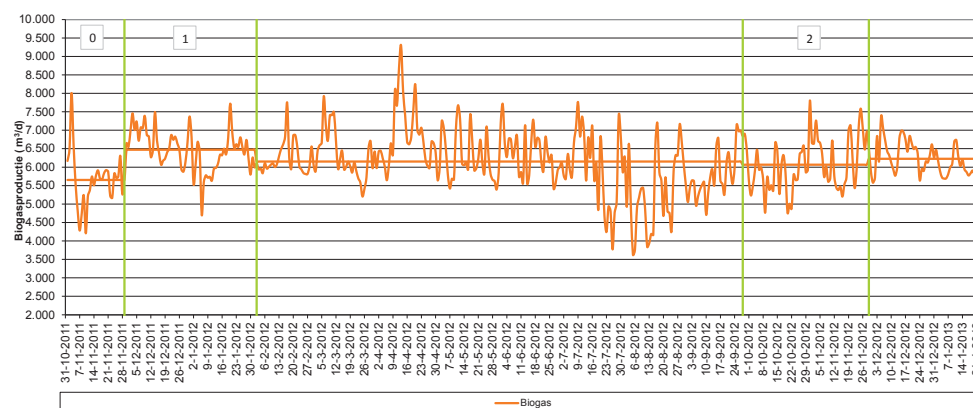
TABEL 6 BIOGAS, CH<sub>4</sub>-GEHALTE EN -PRODUCTIE

Periode	Biogas (m <sup>3</sup> /d)	CH <sub>4</sub> -gehalte (%)	CH <sub>4</sub> -productie (m <sup>3</sup> /d)
0-meting 1-11 t/m 29-11	5.653	60,4	3.416
1e testperiode 30-11 t/m 1-2	6.472	59,1	3.824
tussenperiode 2-2 t/m 27-9	6.152	58,0	3.565
2e testperiode 28-9 t/m 28-11	6.066	58,2	3.530
zonder US 29-11 t/m 24-1	6.226	58,6	3.646

In grafiek 18 staat de biogasproductie.

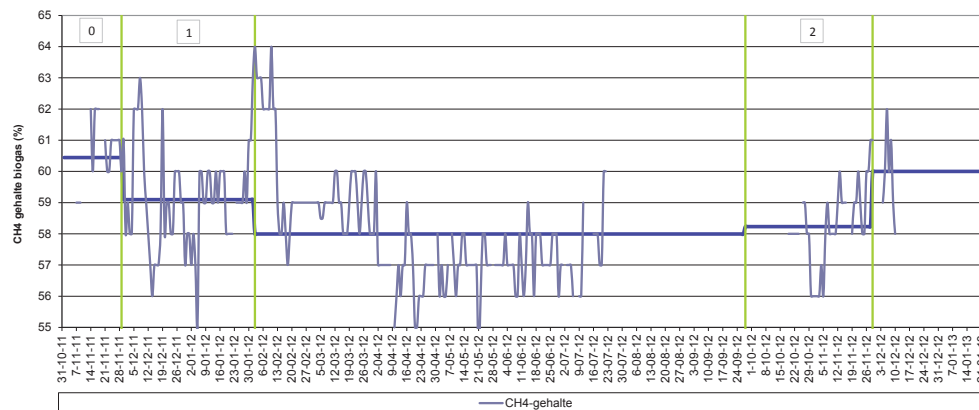
GRAFIEK 18

BIOGASPRODUCTIE GISTING



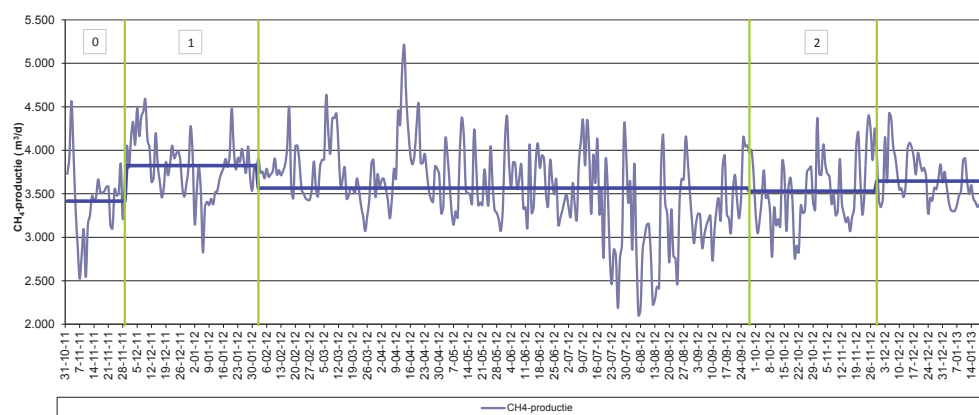
In grafiek 19 staat het CH<sub>4</sub>-gehalte van het biogas. Het CH<sub>4</sub>-gehalte wordt rechtstreeks gemeten. Er zit een grote spreiding in het CH<sub>4</sub>-gehalte. Er zijn in sommige perioden weinig metingen, vooral in de tweede onderzoeksperiode, om de invloed van de ultrasone installatie op het CH<sub>4</sub>-gehalte te bepalen (zie tabel 5).

GRAFIEK 19

CH<sub>4</sub>-GEHALTE BIOGAS

In grafiek 20 staat de CH<sub>4</sub>-productie. In de eerste onderzoeksperiode is de CH<sub>4</sub>-productie duidelijk hoger dan de 0-meting (6.472 m<sup>3</sup>/d respectievelijk 3.416 m<sup>3</sup>/d). In de tweede onderzoeksperiode is deze iets hoger dan de 0-meting (3.530 m<sup>3</sup>/d) maar gelijk met de 6 maanden ervoor. Echter missen in de tweede onderzoeksperiode de CH<sub>4</sub>-metingen van de eerste 3 weken (zie grafiek 19). Hierdoor is het gemiddelde van deze tweede onderzoeksperiode bepaald door de laatste 5 weken.

GRAFIEK 20

CH<sub>4</sub>-PRODUCTIE GISTING

De specifieke CH<sub>4</sub>-productie is in de tweede onderzoeksperiode 0,576 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ kg organische droge stof verwijderd ten opzichte van 0,545 in de voorgaande 8 maanden. In de tweede onderzoeksperiode is de specifieke biogasproductie het hoogst van alle gemeten perioden. Ook van de 0-meting (zie tabel 7).

De specifieke CH<sub>4</sub>-productie per kg organische droge stof toegevoerd ligt over de gehele meetperiode tussen de 0,263 (eerste onderzoeksperiode) en 0,284 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg OS (tweede onderzoeksperiode). Ten opzichte van de 0-meting en de periode zonder US wordt in de tweede onderzoeksperiode een kleine verhoging geconstateerd in specifieke gasproductie in CH<sub>4</sub>/ kg organische droge stof verwijderd.

TABEL 7

## SPECIFIEKE GASPRODUCTIES

Periode	Specifieke gasproductie	
	(m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /(kg OS))	(m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /Δ(kg OS))
0-meting 1-11 t/m 29-11	0,291	0,565
1e testperiode 30-11 t/m 1-2	0,263	0,523
tussenperiode 2-2 t/m 27-9	0,274	0,545
2e testperiode 28-9 t/m 28-11	0,284	0,576
zonder US 29-11 t/m 24-1	0,281	0,566

**5.6.5.5 SLIBPRODUCTIE EN ONTWATERBAARHEID**

Door de grote jaarlijkse variaties in slibproductie is het niet vast te stellen in hoeverre de gevonden extra slibreductie in de gisting US heeft bijgedragen aan vermindering van de slibreductie. Hier komt nog bij dat er gedurende 3 maanden geen Fe-zouten aan de zuivering zijn toegevoegd t.b.v. defosfatering, waardoor minder chemisch slib is geproduceerd.

De ontwaterbaarheid van het uitgegiste slib is één keer onderzocht in de tweede testperiode. Van 29-10-2012 t/m 31-10-2012 is het uitgegiste slib uit beide gistingen afzonderlijk ontwaterd op centrifuge 1. Van 26-11-2012 t/m 29-11-2012 is het uitgegiste slib ontwaterd op centrifuge 2. In tabel 8 staan de resultaten.

In voorliggende onderzoeksperioden is dit niet nader onderzocht, omdat op basis van het geringe effect op de slibsamenvatting hier weinig fiducia in werd gezien en het zeer bewerkelijk was om dit onderzoek mogelijk te maken.

TABEL 8

## ONTWATERINGSRESULTATEN UITGEGIST SLIB

Datum	Centrifuge			
	Centrifuge 1 (gem. ds%)		Centrifuge 2 (gem. ds%)	
	REF	US	REF	US
29-10-2012 t/m 31-10-2012	26,37	27,00		
26-11-2012 t/m 29-11-2012			26,05	26,37

In beide onderzoeksperioden (en dus voor beide centrifuges) heeft het ontwaterd uitgegiste slib uit de gisting US een iets betere ontwatering. Voor centrifuge 1 is de verbetering relatief 2,4%. Voor centrifuge 2 is de relatieve verbetering 1,2%. De organische stof reductie is in deze periode verbeterd met relatief 2,7%.

**5.6.5.6 TOTAAL OVERZICHT ONDERZOEKSPERIODEN**

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat vooral in de tweede onderzoeksperiode bij toevvoer naar de ultrasone installatie van:

- vergaand ingedikt surplus slib
- totaal lage vrachten slib naar de gisting (t.o.v. andere perioden)
- een verblijftijd die 1-1,5 dagen korter is
- een temperatuur in de gisting die van 37 °C naar 34 °C is gezakt

dat de gisting US voor wat betreft de droge stof en organische droge stof reductie op een goed niveau blijft. In de gisting REF worden de reducties minder. Verder blijkt dat de specifieke gasproductie (biogas en CH<sub>4</sub>) de hoogste waarde te hebben terwijl dit een gemiddelde is van beide gistingen. In de tweede onderzoeksperiode is dezelfde hoeveelheid surplus-slib in de ultrasone installaties behandeld als in de eerste onderzoeksperiode (ca. 44%).

# 6

## CONCLUSIES, AANBEVELINGEN, LEERPUNTEN EN DISCUSSIE

### 6.1 CONCLUSIES

Uit de resultaten en discussie kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Om goede massabalansen te maken van de droge stof en organische droge stof in de gisting dient minimaal om de dag metingen van de ingaande en uitgaande droge stof en organische droge stof uitgevoerd te worden over drie keer de verblijftijd.
- Vanwege een ongelijke voeding van beide gistingen tijdens de 0-meting is deze periode niet te gebruiken om vast te stellen of beide gistingen hetzelfde resultaat geven. Echter blijkt uit historische data dat de verschillen in uitgaande droge stof tussen beide gistingen zeer klein zijn. In 2010 0,07 % (absoluut) hoger uitgaande droge stof in gisting REF en in 2011 0,04 % (absoluut) hogere uitgaande droge stof in gisting REF. Hiermee kunnen we vaststellen dat de gisting een zelfde resultaat geven voor wat betreft de slibreductie.
- Het verdunnen van het surplus slib (lagere viscositeit) geeft bij de behandeling met de ultrasone installatie meer opgeloste CZV (507 mg/l) dan zonder verdunning (240 mg/l).
- De ultrasone installatie heeft zonder storingen gefunctioneerd. Dat de ultrasone installatie een effect sorteert kan worden afgeleid uit het feit dat er drukverlaging optreedt en de temperatuur van het uitgaande slib met gemiddeld  $1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{kW}\cdot\text{m}^3$  is gestegen t.o.v. de ingaande stroom. Tevens neemt de opgeloste CZV als gevolg van de behandeling van het surplus slib in de ultrasone installatie beperkt toe.
- Uit het microscopisch beeld is vastgesteld dat het surplus slib na behandeling met de ultrasone installatie meer losse en kapotte cellen bevat.
- Aan de hand van de foto's en het ingebracht vermogen van de sonotrodes blijkt dat de sonotrodes na 1 jaar gebruik aan vervanging toe zijn. Dit komt overeen met de verwachtingen van de fabrikant.
- In de perioden dat de ultrasone installatie op verdund slib of op minder vergaand ingedikt surplus slib heeft gewerkt lijkt de behandeling van het surplus slib een positieve bijdrage te leveren aan de droge stof reductie. Deze bijdrage aan droge stof reductie is relatief 4,5% en relatief 1,4% (eerste onderzoeksperiode) en 2,7% (tweede onderzoeksperiode) t.o.v. de referentie gisting. Deze verbeteringen zijn mogelijk niet significant te noemen.

- In de tweede onderzoeksperiode, waarbij de procescondities van de gisting slechter zijn dan in de overige onderzoeksperioden (korte verblijftijd, lage temperatuur gisting), blijft de reductie van droge stof en organische droge stof in de gisting US op peil. De reductie van droge stof en organische droge stof in de gisting REF zakt juist weg (relatief 4,5%). Dit ten opzichte van de eerste onderzoeksperiode.
- De bijdrage aan de verhoging van biogasproductie is moeilijk vast te stellen doordat het biogas van de gisting US gemengd wordt met de gisting REF. Hierdoor is een mogelijke verbetering in biogasproductie in de gisting US moeilijk vast te stellen.
- Tijdens de tweede onderzoeksperiode is 2% relatieve verhoging geconstateerd van de specifieke gasproductie in  $\text{m}^3 \text{CH}_4 / (\Delta \text{kg OS})$  op de totale  $\text{CH}_4$ -productie.
- In de tweede onderzoeksperiode waarbij de procescondities van de gisting slechter waren dan in de overige onderzoeksperioden (kortere verblijftijd en lagere temperatuur), is de specifieke biogasproductie op basis van de reductie van organisch stof het hoogst. Dit ondanks dat de reductie van de gisting REF in deze periode onder slechtere procescondities zakt ten opzichte van de voorgaande periode. De reductie van de gisting US blijft op het zelfde niveau.
- In beide onderzoeksperioden (en dus voor beide centrifuges) heeft het ontwaterd uitgestist slib uit de gisting US een iets betere ontwatering (gemiddeld 1,8% relatief). De organische stof reductie is in deze periode verbeterd met relatief 2,7%. Deze verbeteringen zijn mogelijk niet significant te noemen.
- RWZI Nieuwgraaf heeft, zonder gebruik van ultrasonen slibdesintegratie, al een zeer hoge reductie van droge stof (38%) en organische droge stof in de gisting (50%). Bij deze hoge reducties is met ultrasone slibdesintegratie blijkbaar nog maar weinig extra omzetting te behalen. Bij gistingstanks met lagere droge stof resultaten valt mogelijk meer extra droge stof reductie te behalen (zie RWZI Willem Annapolder).
- Uit het STOWA rapport “2008-10 Slibdesintegratie” blijkt dat een extra droge stof reductie en biogasproductie van relatief 15% nodig is om ultrasone slibdesintegratie economisch te kunnen terugverdienen (5 jaar). De gevonden verbetering in biogasproductie en droge stof reductie zijn niet groot genoeg om voor RWZI Nieuwgraaf de investering economisch te kunnen terugverdienen.

## 6.2 AANBEVELINGEN

Voor goede werking van de ultrasone installatie moet het surplus slib niet te ver ingedikt zijn (viscositeit laag). Verder moet om goede massabalansen te kunnen maken over de gisting de ingaande en uitgaande slibstromen minimaal om de dag bemonsterd te worden. Bij voorkeur proportionele monsternamen. Nadeel is dat minder vergaand ingedikt slib de verblijftijd verkleint in de gisting wat een nadelige invloed kan hebben op de reducties en biogasproductie.

Het vergelijken van twee identieke gistingen, waarbij bij één gisting het surplus slib behandeld wordt is een goede methode om de werking van een slibdesintegratietechniek te onderzoeken. Om de extra organische droge stof afbraak te kunnen staven aan extra biogasproductie en  $\text{CH}_4$ -productie verdient het de voorkeur als elke gisting een eigen biogas debietmeter

heeft en bij recirculatie van het biogas geen onderlinge menging plaatsvindt .

Wanneer er twee of meerdere ultrasone installaties nodig zijn dan gaat de voorkeur uit naar parallel bedrijf. Hierdoor zijn er wel meer randvoorzieningen nodig, zoals pompen meetinstrumenten, etc.

Aangezien de droge stof en organische droge stof reductie op de RWZI Nieuwgraaf al zeer hoog zijn zou een onderzoek op een locatie, met twee identieke gistingen met lagere slibreducties, zinvol zijn.

## BIJLAGE 1

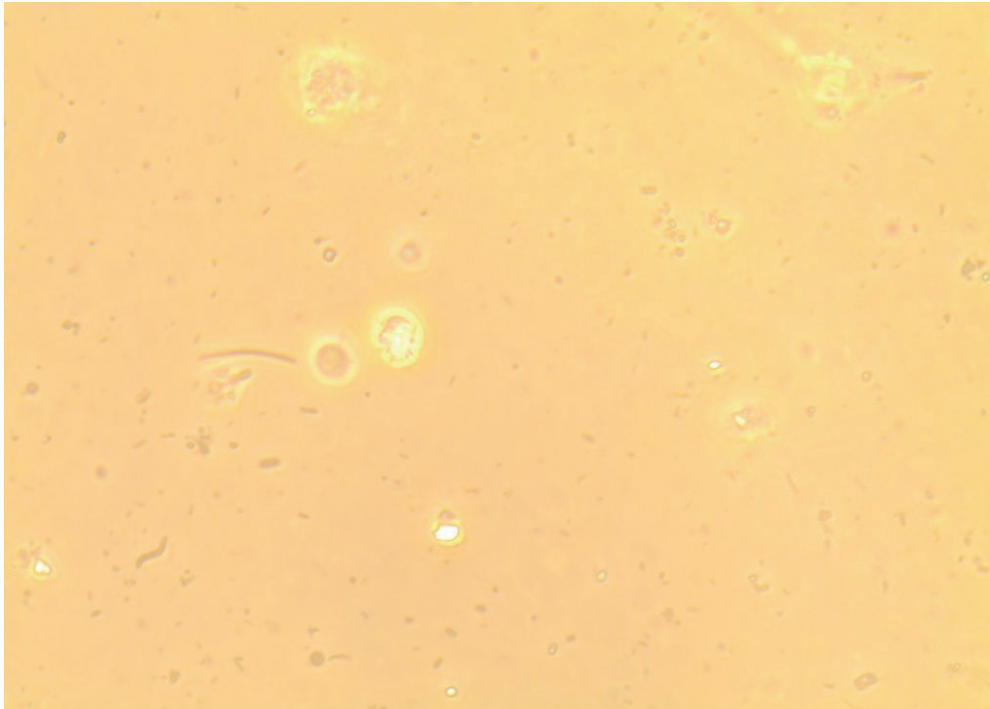
## BEMONSTERINGSPROGRAMMA

		Parameter	eenheid	dagelijks	werkdag	wekelijks	
Gisting met US behandeld	Primair slib	Q	m <sup>3</sup> /d	x			
		droge stof	g/kg		x		
		OS	%		x		
	Surplus slib	Q	m <sup>3</sup> /d	x			
		droge stof	g/kg		x		
		OS	%		x		
		Opgelost CZV	mg/l		x		
	Surplus slib US	Verdunningswater	m <sup>3</sup> /d	x			
		Q	m <sup>3</sup> /d	x			
		droge stof uit	g/kg		x		
		OS uit	%		x		
	Gegevens US	Opgelost CZV	mg/l				x
		Vermogen	kW/m <sup>3</sup>	x			
		T in	°C	x			
		P in	bar	x			
		T uit	°C	x			
		P uit	bar	x			
		Opgen. vermogen sonotrode 1	kWh	x			
		Opgen. vermogen sonotrode 2	kWh	x			
		Opgen. vermogen sonotrode 3	kWh	x			
		Opgen. vermogen sonotrode 4	kWh	x			
		Opgen. vermogen sonotrode 5	kWh	x			
	Opgen. vermogen sonotrode 6	kWh	x				
	Opgen. vermogen sonotrode 7	kWh	x				
	Opgen. vermogen sonotrode 8	kWh	x				
	Opgen. vermogen sonotrode 9	kWh	x				
	Opgen. vermogen sonotrode 10	kWh	x				
	Uitgegist slib	Q	m <sup>3</sup> /d	x			
		droge stof	g/kg		x		
		OS uit	%		x		
		Opgelost CZV	mg/l				x
	Gisting niet behandeld	Primair slib	Q	m <sup>3</sup> /d	x		
			droge stof	g/kg		x	
OS			%		x		
Surplus slib		Q	m <sup>3</sup> /d	x			
		droge stof	g/kg		x		
		OS	%		x		
Opgelost CZV		mg/l				x	
Verdunningswater		Q	m <sup>3</sup> /d	x			
Uitgegist slib		Q	m <sup>3</sup> /d	x			
		droge stof	g/kg		x		
	OS uit	%		x			
	Opgelost CZV	mg/l				x	
Totaal	Biogas	Q	m <sup>3</sup> /d	x			
		CH <sub>4</sub> -gehalte	%	x			
	Energieopwekking		KWh	x			
	Ontwaterd uitgegist slib	PE-verbruik	kg/ton ds	x			
		Afvoer	kg/d	x			
Ontwateringspercentage		%		x			

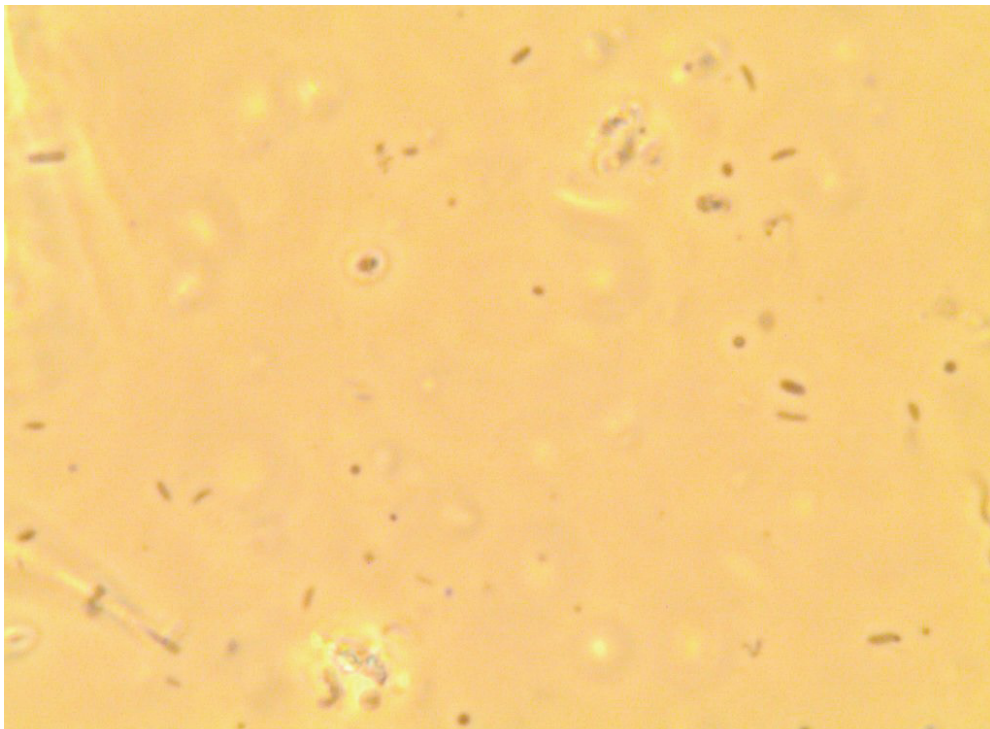
BIJLAGE 2

# FOTO'S SLIBMONSTERS ULTRASONIE INSTALLATIE

BEHANDELD SURPLUS SLIB ULTRASONIE INSTALLATIE 400 X



BEHANDELD SURPLUS SLIB ULTRASONIE INSTALLATIE 1.000 X



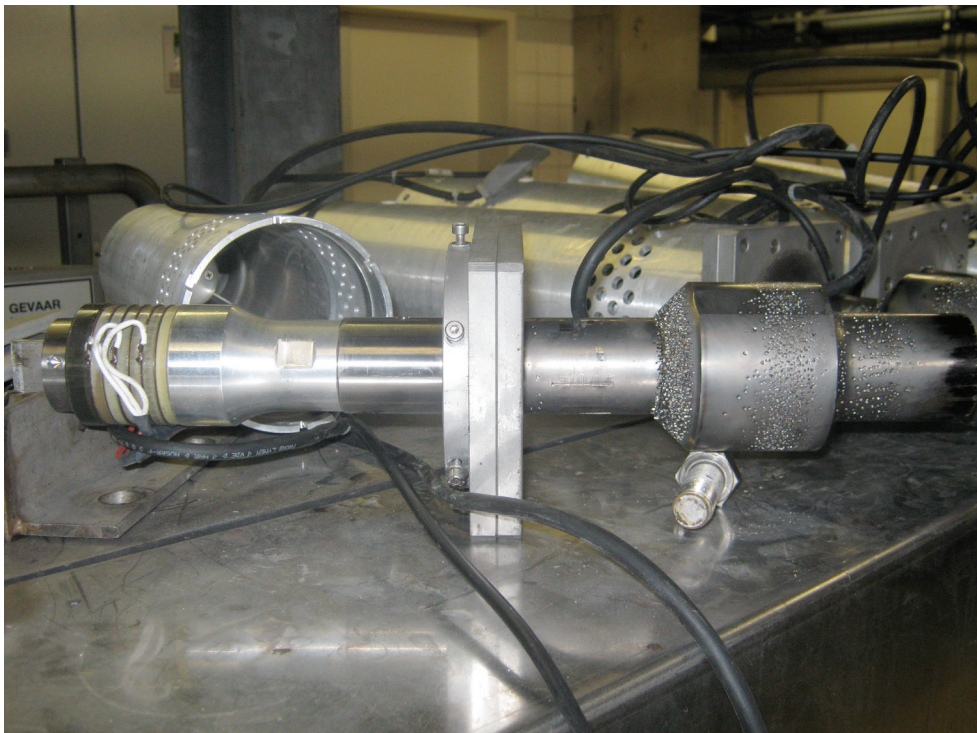




BIJLAGE 4

# FOTO'S SONOTRODES

SONOTRODES ONDERDELEN UNIT 2



5 SONOTRODES UNIT 1



5 SONOTRODES UNIT 2

