

## 1. Gegevens project

Projectnummer: TKIG01047

Projecttitel: Verhoging conversiegraad bij vergisting

Penvoerder: HoSt B.V.

Projectperiode: 1 september 2012 – 31 mei 2015.

Dit rapport is kosteloos bij HoSt bij te bestellen via [info@host.nl](mailto:info@host.nl)

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met onze proces manager: dhr. F. Oegema. Hij is bereikbaar op het hoofdkantoor van HoSt te Enschede.



Dit rapport dient ter afronding van een verkregen EOS Demonstratie-project met het projectnummer: TKIG01047. Delen uit dit rapport, of het complete rapport mag door RVO of derden aan een breder publiek gepubliceerd worden, en om die reden zo helder en goed mogelijk leesbaar uitgeschreven.

*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*

## 2. Inhoudelijke eindrapport

### Inleiding

Rioolwaterzuiveringen (RWZI's) ontvangen grote hoeveelheden afvalwater van huishoudens en bedrijven, dat allemaal volgens de Kaderrichting Water tot op oppervlaktewater loosbaar water verwerkt moet worden. In deze RWZI's ontstaat per jaar in Nederland ruim één miljoen ton slib, zogenaamd zuiveringsslib. De waterschappen verwerken het slib in vergistingsinstallaties, waarbij biogas ontstaat. De vergistingsomstandigheden in combinatie met het stabiele organische materiaal zorgt ervoor dat er slechts een omzettingsrendement van 30% van de organische stof wordt behaald; een overall reductie van drogestof percentage van 6% bij input tot 4% drogestof bij output. Deze output wordt via een scheidingsmethodiek dun/dik opgewerkt tot een dikke fractie met een droge stof gehalte van 25-27%. Afhankelijk van de afwegingen van individuele waterschappen wordt deze fractie verder ingedroogd met aardgas tot een bijstookproduct of afgevoerd naar een slibverwerkingseenheid, zoals SNB te Moerdijk. Deze beide afvoerroutes brengen aanzienlijke kosten met zich mee<sup>1</sup>. Tevens zijn de energiekosten voor het drogen en voorbereiden gelijk aan de energiebaten, zodat het geen energie oplevert.

De Nederlandse Waterschappen hebben zich gecommitteerd aan het sterk verbeteren van de energieprestatie van hun installaties. In dit kader doen dertien Waterschappen mee aan het realiseren van een zogenaamde Energiefabriek.

De probleemstelling luidt:

Het vergisten van RWZI-slib vindt inefficiënt en ineffectief plaats, waardoor de afvoerkosten voor resterende slib met hoge kosten gepaard gaat. Het verwerkingsproces van het resterende slib levert een energetisch neutrale of negatieve situatie op, waardoor een duurzaam potentieel verloren gaat.

Door de omvang van de te verwerken hoeveelheid slib te reduceren, kunnen de afvoerkosten worden beperkt. Als die reductie tot stand komt door een verbetering van de vergistbaarheid van het slib wordt bovendien meer (duurzame) energie geproduceerd.

Slibdesintegratie is de verzamelnaam voor technieken die er op gericht zijn de biologische afbreekbaarheid van het slib te verbeteren door het slib "uit elkaar te laten vallen". In eerste instantie is dit het afbreken van slibvlokken en bij intensievere behandeling van het slib worden ook aanwezige cellen opengebrouwen. Deze desintegratie zorgt voor een reductie in de hoeveelheid te verwerken slib en is daarom bij iedere energieprijzen bedrijfseconomisch interessant. Waterschappen zijn op verschillende wijzen bezig met deze aanpak:

- Mechanische slibdesintegratie (bijv. ultrasoon geluid: Hoogheemraadschap Brabantse Delta of het hydrodynamische principe door Waterschap Regge & Dinkel)
- Chemische slibdesintegratie
- Enzymatische slibdesintegratie; Hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier richt zich sterk op de inzet van enzymen voor een verhoogde omzetting<sup>2</sup>.
- Thermische slibdesintegratie

<sup>1</sup> Aan de verwerking van het slib dat bij de zuivering van afvalwater vrijkomt zijn aanzienlijke kosten verbonden. Uit een in 2006 uitgevoerde benchmarkstudie blijkt dat 13%-39% van de totale kosten voor afvalwaterbehandeling nodig is voor het verwerken en afzet van slib.

<sup>2</sup> De positieve werking van enzymen op de snelheid van omzetting van organische stof is evident; of dit echter leidt tot een hoger conversiegraad is nog niet onomstotelijk vastgesteld.

*"Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland."*

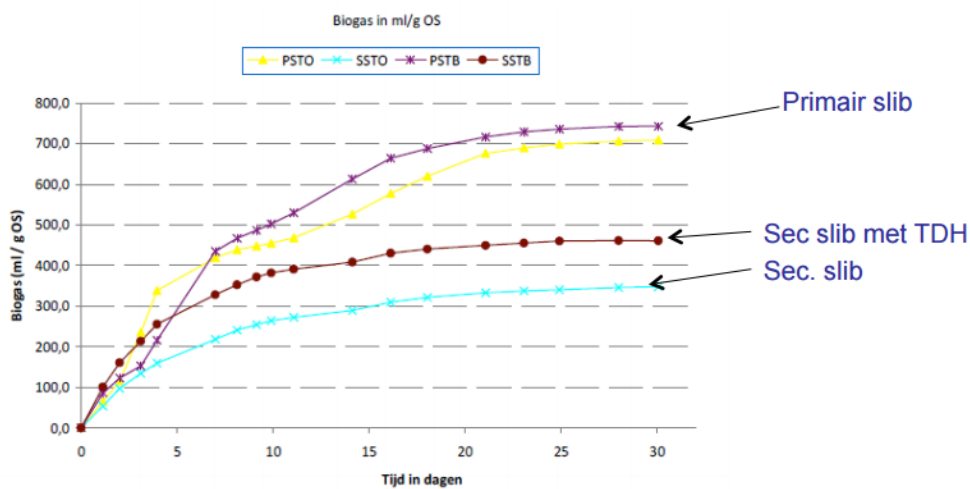
Opvallend bij deze bestaande desintegratietechnieken is dat primair of secundair slib op een bepaalde wijze wordt behandeld, maar vervolgens in één totale vergistingstank wordt geleid. Dit betekent dat de volledige slibhoeveelheid wordt behandeld, terwijl dit niet nodig is voor het slib wat in de huidige situatie ook al omgezet wordt in biogas. Door juist het uitgegiste slib juist we er vergistbaar te maken, wordt extra biogas geproduceerd & de hoeveelheid slib gereduceerd. Dit resulteert in: lagere transportkosten / energieverbruik voor transport naar eindverwerkers, lagere afzetkosten voor het slib & minder energieverlies bij eindverwerkers.

Slibdesintegratie kan op twee verschillende niveau's plaatsvinden:

- Het opknippen in separate cellen
- Het opbreken van de celwandstructuren in vergistbare delen

Zure, thermische desintegratie bij hoge temperaturen kan ook moeilijk afbreekbare producten omzetten in afbreekbare ketens. Dit proces dat bij 180 graden Celcius moet plaatsvinden, vraagt veel energie. Het is daarom belangrijk om niet het primaire slib (6% ds) hiermee te behandelen, maar het reeds uitgegiste, ingedikte slib. Er hoeft dan slechts 14-18% van het primaire slibhoeveelheid behandeld te worden, leidend tot een energiereductie van 82-86% ivm het gebruik van primair slib.

## Slibafbraak tijdens gisting - Labschaal



*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*

## Doelstelling

Het doel van dit project was het demonstreren van een nageschakelde thermische desintegratie met navergisting, bestaande uit:

- Ontwateringsstap van het reeds vergiste slib tot 15-20% droge stof
- Na aanzuring, een thermische hydrolysestap op 160 – 180 ° C en 8 – 10 bar door middel van stoominjectie, waardoor de niet-afgebroken complexe verbindingen (zoals eiwitten) in makkelijkere te vergisten verbindingen worden omgezet;
- Vergisting van gedesintegreerde slib in een navergistingstank in 22-25 dagen
- Tweede ontwatering tot 30 – 40 % droge stof



## Uitvoering

Er is een demonstratie installatie ontworpen met de volgende procescondities:

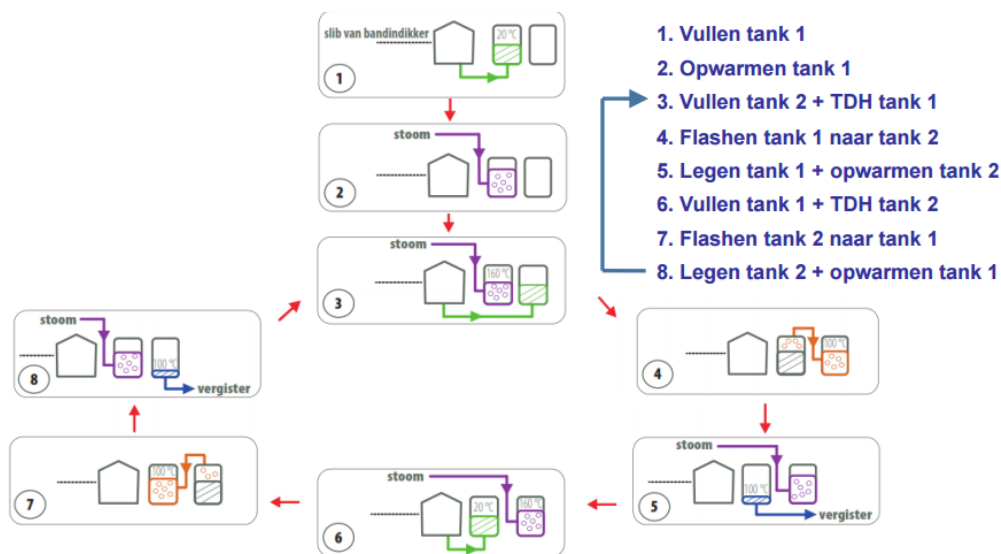
- T = 140 -165 °C
- P = 5-7 bar
- Batchgewijs procesvoering

Daarbij zijn bewust de volgende keuzes gemaakt:

- Warmtewisselaars zoveel mogelijk mijden (eiwitdepositie)
- Flashen: essentieel voor afbraak en optimale warmte integratie
- Hoog ingaand DS% (15-22 %) → minimaal stoomverbruik

Een schematische opgave van het proces is op de volgende pagina weergegeven.

*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*

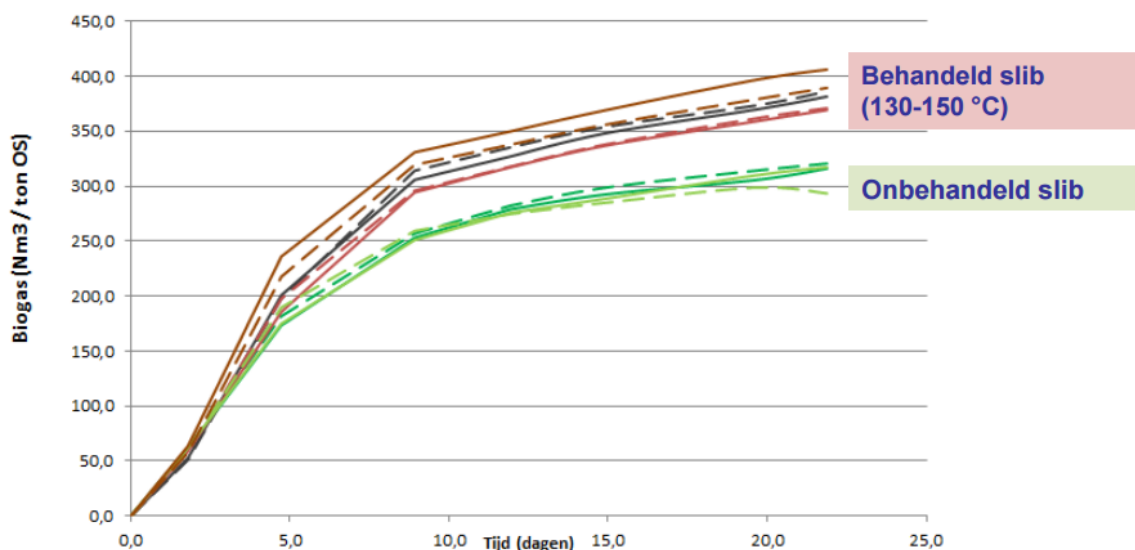


## Resultaten

De resultaten zijn:

- het rendement van de vergisting stijgt, omdat het slib beter vergistbaar is; bij de vergisting wordt gemiddeld 60% van het organische materiaal omgezet in biogas, terwijl normaliter slechts een rendement van 30-40% behaald wordt;
- Het slib pathogeenvrij is door de hoge temperatuur tijdens de hydrolyse;
- Het overblijvende slib na vergisting beter te ontwateren is; 35 % ds wordt haalbaar ipv maximaal 27% zonder desintegratie.
- Een massareductie van 70% ten opzichte van vers slib;

De noodzakelijke capaciteit van navergistingstank is relatief klein. De thermische desintegratie verlaagt de viscositeit van het slib aanmerkelijk; dit leidt ertoe dat het droge stof gehalte aan de ingang van de vergistingstank groter mag zijn dan zonder voorafgaande desintegratie, waardoor een vergistingsinstallatie met hogere drogestof belasting kan worden ingezet.



## **Discussie**

In een thermofiel meertrapsvergistingsproces (zoals uitgevoerd door HoSt bij het Waterschap Reest en Wieden in Echten) wordt een totale organische stofconversie van 40% bereikt. Een thermische drukhydrolyse dient uiteraard wel een toegevoegde waarde hebben bovenop deze conversie. Langdurig bewijs van een onderscheidende hogere omzetting is essentieel om potentiële gebruikers te overtuigen.

## **Conclusie & aanbevelingen**

Conclusie van dit project is dat thermische drukhydrolyse op deze schaalgrootte werkt! En de beoogde resultaten behaalt.

Nader onderzoek is ons inziens noodzakelijk voor:

- Procesoptimalisatie naar hogere droge stof gehalten: van 6,5% naar 8-10%?
- Verschillende typen slib
- Hoogte van de behandelingstemperatuur
- Verdere kwantificering van het effect op viscositeit, door middel van full-scale metingen met viscometer van Saxion Hogeschool. Deze viscositeit bepaalt het noodzakelijke mengvermogen in de gistingstank

Aanbevelingen voor thermische drukhydrolyse op deze schaalgrootte:

- Langdurig de capaciteit van de installatie aantonen;
- Verhoging van de gasproductie verder doorzetten (+15%)
- Restslib verder verlagen (-10%)
- Betere monitoring van de procesvariabelen voor betere processturing:
  - Conversie;
  - Viscositeit;
  - Warmtehuishouding;
  - Vetzuren, ammonium, fosfaat;
  - Afbraak van medicijnenresten.

*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*

### 3. Uitvoering van het project

De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost

Binnen het project hebben zich geen wezenlijke problemen voorgedaan. Een intensieve voorbereiding in combinatie met een strakke uitvoering zorgt voor een succesvolle demonstratie. Helaas heeft zich wel enige tijdsvertraging voorgedaan bij het vinden van een demonstratie-locatie; het is duidelijk geworden dat Waterschappen toch grote problemen hebben om hun locatie voor innovatieve testprojecten open te stellen. Een constatering in de afgelopen jaren, die ons toch enigszins teleur stelde. Na het vinden van deze locatie is het project weer met alle vaart opgepakt en tot uitvoering gekomen, met de in het rapport vermelde resultaten.

Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Er hebben geen inhoudelijke wijzigingen voorgedaan.

Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten

In de begroting waren de volgende kosten voor machines en apparatuur opgenomen.

#### 2. Kosten van machines en apparatuur

##### a uitsluitend voor het project aangeschaft

Omschrijving Machine/ apparatuur	Aanschaf-	Fiscale	Kosten	Aanschaf-	Fiscale	Kosten	Aanschaf-	Fiscale	Kosten	Kosten
	waarde	Afschrijving		waarde	Afschrijving		waarde	Afschrijving		
verwarmtank TDH-tank, Flash- tank			0,00			0,00	120000		120.000,00	€ 120.000
stoomleidingen en kleppen (zowel stoom als biomassa)			0,00			0,00	140000		140.000,00	€ 140.000
weegcel			0,00			0,00	10000		10.000,00	€ 10.000
installatiewerkzaamheden			0,00			0,00	50000		50.000,00	€ 50.000
pompen			0,00			0,00	28000		28.000,00	€ 28.000
instrumentatie			0,00			0,00	40000		40.000,00	€ 40.000
bekabeling			0,00			0,00	80000		80.000,00	€ 80.000
besturing			0,00			0,00	50000		50.000,00	€ 50.000
			0,00			0,00		0,00		€ -

##### b niet uitsluitend voor het project aangeschaft

Omschrijving Machine/apparatuur	Afschrijving	Uren	Kosten	Afschrijv	Uren	Kosten	Afschrijv	Uren	Kosten	Kosten
	per uur	onderzoek		na per	onderzoek		g per uur	Ontwikkeling		
			0,00			0,00			0,00	€ -
			0,00			0,00			0,00	€ -
			0,00			0,00			0,00	€ -
<b>Totaal machinekosten</b>			<b>0,00</b>			<b>0,00</b>			<b>518.000,00</b>	<b>€ 518.000</b>

#### 3. Kosten van te verbruiken materialen en hulpmiddelen

Soort	Kostprijs	Aantal	Kosten	Kostprijs	Aantal	Kosten	Kostprijs	Aantal	Kosten	Kosten
	huur stoommachine			0,00			0,00	1.000	40	
			0,00			0,00			0,00	€ -
			0,00			0,00			0,00	€ -
			0,00			0,00			0,00	€ -
			0,00			0,00			0,00	€ -
			0,00			0,00			0,00	€ -
<b>Totaal kosten materialen en hulpmiddelen</b>			<b>0,00</b>			<b>0,00</b>			<b>40.000,00</b>	<b>€ 40.000</b>

Mede door een lager subsidiepercentage (35% ipv gevraagde 50%) is extra kritisch gekeken naar alle externe kosten, en is een groter deel van het werk door medewerkers van HoSt verricht, in plaats van uitbesteed. Dit heeft tot lagere kosten geleid.

*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*

#### **4. Bijdrage aan de EOS: Demonstratie doelstellingen**

##### **4.1 De bijdrage aan een duurzame energiehuishouding: technologische aspecten**

###### a. besparing van primaire energie (PJ) en/of de besparing van CO<sub>2</sub> emissie (equivalent) op projectniveau;

In het project wordt op jaarbasis 40.000 ton slib thermisch behandeld. Met een additionele gasopbrengst van 10 m<sup>3</sup> biogas per ton slib x 2,0 kWh / m<sup>3</sup> biogas = 800 MWhe. Met een CO<sub>2</sub> emissie (equivalent) 0,61 kg CO<sub>2</sub> per kWh bedraagt de jaarlijkse CO<sub>2</sub> emissiereductie: 488 ton CO<sub>2</sub>.

###### b. het herhalingspotentieel en de benutting hiervan / spin off

De verduurzaming van de energiehuishouding is gerelateerd aan de potentie aan thermisch te behandelen zuiveringsslib, i.c.m. de additionele biogasopbrengst met bijhorende energieopwekking. Deze techniek kan eenvoudig herhaald worden bij alle slibgistinglocaties binnen een periode van 5-10 jaar.

De beschikbare hoeveelheid ingedikt slib (15–20% ds) is 1.000.000 ton à 4% ds, wat overeenkomt met 250 kton à 16% ds. Met een additionele gasopbrengst van 40 m<sup>3</sup> biogas per ton slib x 2,0 kWh / m<sup>3</sup> biogas = 20.000 MWhe. Met een CO<sub>2</sub> emissie (equivalent) 0,61 kg CO<sub>2</sub> per kWh bedraagt de jaarlijkse CO<sub>2</sub> emissiereductie: 12.200 ton CO<sub>2</sub>.

Deze consequenties zijn exclusief het moeilijk berekenbare voordeel van de sterke vermindering van transport van uitgestort slib, door verhoogde ds-gehalte van het slibresidu.

##### **4.2 De bijdrage aan een duurzame energiehuishouding: economische ontwikkelingen**

###### a. kostprijsontwikkeling en marktverwachting van de techniek en/of het eindproduct (bijv. elektriciteit);

Naar verwachting kent de techniek zelf geen/weinig nadere kostprijsontwikkeling. Het is met name de beide opbrengstpeiler, die per ton slib tot een betere markt leidt. Aangezien thermische behandeling van slib op deze schaalgrootte mogelijk wordt gemaakt, worden Waterschappen in staat gesteld om ook echt als Energiefabrieken te opereren. Daarbij kan men met de opbrengsten de verwerkingsprijs voor het slib verlagen, en daarmee de lasten voor de burger verlagen.

Deze opbrengsten zijn:

- Minder slibafzet door betere ontwatering; een relatieve toename van het droge stofgehalte in de slibkoek met 15-20% is haalbaar. Normaliter zijn Waterschappen circa 60 euro per ton kwijt voor de afvoer van dit materiaal, waarop dus 30 bespaard kan worden.
- Door de toegenomen afbraak van biomassa in de vergisting wordt meer biogas geproduceerd. De toename van de biogasproductie is evenredig met de extra afbraak en ligt daardoor naar verwachting in de orde grootte van 25%-35%. Dit is nog 10 m<sup>3</sup> biogas per ton slib x 2,0 kWh / m<sup>3</sup> biogas x 10 €ct / kWh = 2 euro per ton slib.

###### b. kostenbesparing ten opzichte van de referentietechnologie.

Aangezien er geen referentietechnologie op deze schaalgrootte beschikbaar is, is er ook geen kostenbesparing op te geven.

*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*



#### **4.3 De verwachting voor verdere marktintroductie, let hierbij ook op sociaal economische aspecten**

De verwachtingen voor verdere marktintroductie zijn hoog gespannen. De druk op Waterschappen om energietechnisch beter te presteren, neemt steeds verder toe. Zelf hebben deze organisaties (gezien de convenanten, die men gesloten heeft) ook steeds hogere ambities. Zo is ook het Waterschap Vechtstromen recent in Hengelo gestart met deze techniek. Toch blijft er twijfel over de beste wijze om een zo hoog mogelijk sociaal, economisch en maatschappelijk rendement te behalen. Alternatieven als thermofiele gisting blijven ook de aandacht vragen.

Tot slot geldt dat Waterschappen beslissen moeten nemen voor een periode van minimaal 30 jaar. Dit betekent dat men dergelijke beslissingen intensief voorbereid en overdenkt. Dergelijke processen kosten tijd, waarmee verdere marktintroductie gestaag plaatsvindt, maar stapsgewijs.

#### **4.4 Samenwerking en kennisoverdracht**

Op het gebied van vergisting werkt HoSt al jaren in algemene zin samen met diverse vooraanstaande partijen. Ook met Waterschappen, energiebedrijven, zoals Eneco, levensmiddelenbedrijven zoals FrieslandCampina, afvalverwerkers, zoals Twence, VAR, HVC in het bijzonder.

De projectresultaten zijn uitgebreid op de website van HoSt B.V en van het Waterschap Reest en Wieden gepubliceerd. De initiatiefnemers zullen in haar eigen informatiebulletin richting Waterschappen hier gericht op inspelen.

- Voorlichting tijdens symposium: Slib(voor)behandeling energie eruit halen die erin zit! op 1 juli, georganiseerd door STOWA;
- Perspublicatie op de eigen site HoSt: <http://www.host.nl/nl/eerste-slib-uit-tdh-naar-vergister-bij-rzwi-echten/>
- Perspublicatie op de eigen site van Waterschap Reest en Wieden: <http://www.reestenwieden.nl/algemeen/actueel-0/actueel/@14191/kopie-start-bouw/>
- Presentatie tijdens het congres van Groen Gas Nederland in december 2013;

#### **4.5 De bijdrage aan de innovatie ten opzichte van de huidige stand van de techniek in Nederland**

Bij de start van dit project was er slechts 1 aanbieder van deze techniek, en deze bood alleen thermische behandeling op zeer grote (>200.000 ton slib) grootte aan.

De huidige stand van zaken van aanbieders op deze markt is als volgt:

##### Eliquo/Stulz systeem – RWZI Amersfoort

Eliquo installeert momenteel hun continu systeem in Amersfoort. 3 vergisters met elk 1 TDH die het slib uit de vergister pompt, behandelt en er weer in pompt. Ze beloven een 60% OS omzetting en verdubbeling van de vergistercapaciteit. Bevestiging van deze resultaten en/of garanties hierop lijken op dit moment te ontbreken.

Deze techniek kan maar 7% ingaand DS aan, want het bestaat volledig uit warmtewisselaars. Er wordt geen stoom gebruikt maar thermische olie en heet water, alle warmte is afkomstig v/d WKK.

##### Sustec Turbotec – RWZI Venlo & Apeldoorn

Venlo draait sinds 2<sup>de</sup> helft 2014 continu en naar verwachting. In Venlo ging de slib-slibwarmtewisselaar dicht zitten, daarom hebben ze die vervangen door een mengervan heet behandeld slib met koud onbehandeld slib. Het wordt weer gescheiden in een trommelzeef waarna

*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*

het voorverwarmde slib door een water-slibwarmtewisselaar kan en met 100 graden de reactor in gaat. Het uiteindelijke stoomverbruik is 700-800 kg per ton DS.

#### Cambi – RWZI Hengelo

Deze techniek blijft alleen op zeer grote schaal aangeboden; het stoomverbruik is circa 900 kg/ton DS.

De bijdrage van de thermische behandelingstechniek van HoSt aan de huidige stand der techniek blijft dus hoog:

- Kleinschalige thermische behandeling met hoge ds-gehaltenes als input;
- Geen warmtewisselaars, dus geen opstoppingen / aancoeking;
- Hogere omzettingsgraad van de organische stof na thermische behandeling, dan vergelijkbare alternatieven;
- Vergelijkbare of minder stoomverbruik.

*“Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling EOS: Demonstratie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.”*