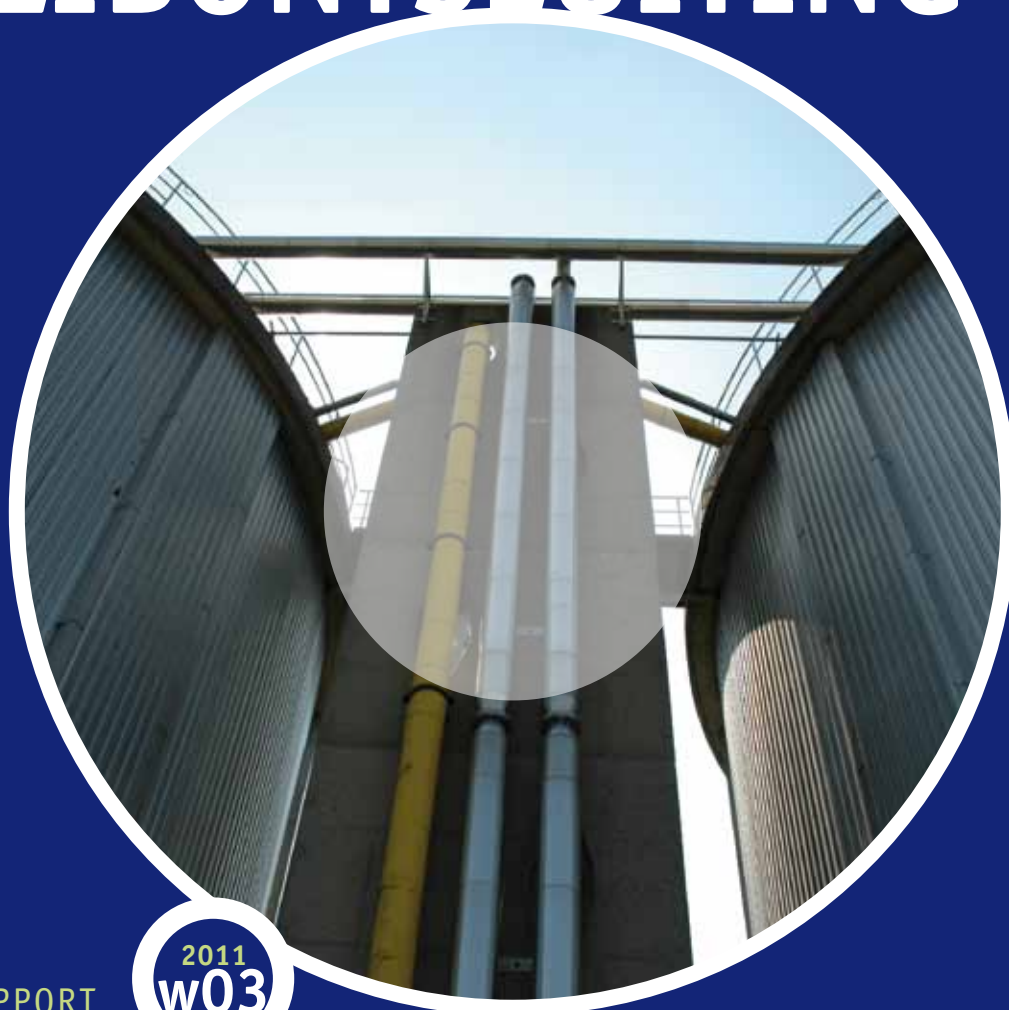


stowa

VERKENNING THERMISCHE SLIBONTSLUITING



RAPPORT

2011
w03

VERKENNING THERMISCHE SLIBONTSLUITING

RAPPORT

2011
w03

ISBN 978.90.5773.523.3



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

PROJECTUITVOERING
D.C. Berkhof (DHV)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
K. Boterman – de Bruijn (Waterschap Vallei en Eem)
V. Claessen (Waterschap De Dommel)
H. Ellenbroek (Waterschap Regge en Dinkel)
A. W. A. de Man (Waterschapsbedrijf Limburg)
H.G. Rekswinkel (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
G. Zoutberg (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
C.A. Uijterlinde (STOWA)

FOTO OMSLAG
Foto gemaakt door DHV

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2011-W03

ISBN 978.90.5773.523.3

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.

DE STOWA IN HET KORT

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

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

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

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

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

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

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

VERKENNING THERMISCHE SLIBONTSLUITING

INHOUD

STOWA IN HET KORT

1	AANLEIDING	1
2	WAT IS THERMISCHE SLIBONTSLUITING?	2
2.1	Wat is het principe van thermische slibontsluiting?	2
2.2	Welke leveranciers leveren de installaties?	3
3	HAALBAARHEID	5
3.1	Voordelen van thermische slibontsluiting	5
3.2	Kritische technische factoren	5
3.3	Kritische economische factoren	6
3.4	Rekenvoorbeeld	7
4	ERVARINGEN MET THERMISCHE SLIBONTSLUITING	9
4.1	Praktijkinstallaties in het buitenland	9
4.2	Onderzoeksresultaten in Nederland	10
4.2.1	Labtesten	10
4.2.2	Pilottesten	12
4.2.3	Vergelijking labtesten en pilottesten	13

5	PILOTONDERZOEK	14
5.1	Onderzoeksaspecten	14
5.2	Pilot onderzoek rwzi Amersfoort	16
	5.2.1 Opzet pilotonderzoek	16
	5.2.2 Fase 1: Basisinstellingen pilotonderzoek	16
5.3	Fase 2: Verblijftijd verkorten	17
	5.3.1 Fase 3: Verhogen drogestofgehalte	17
5.4	Metingen en analyses	18
5.5	Onderzoek Waterschap Veluwe	20
5.6	Pilotonderzoek Waterschap Regge en Dinkel	20
5.7	Vervolg / status onderzoek	20
	 BIJLAGE	
1	GERAADPLEEGDE INFORMATIE	21

1

AANLEIDING

Energie is 'hot' in Nederland, met als gevolg dat diverse waterschappen interesse hebben in het optimaliseren van het gistingproces. Een interessante techniek in dit kader is een voorbehandeling bij verhoogde temperatuur en druk: thermische slibontsluiting. Dit is één van de processtappen in de "Plusvariant" van de Energiefabriek.

Thermische slibontsluiting is nieuw in Nederland. In West-Europa zijn al circa 15 installaties in bedrijf. Uitgangspunt van deze installaties was over het algemeen niet het maximaliseren van de gasproductie, maar het produceren van een stabiel eindproduct. Een één-op-één vertaling naar de Nederlandse situatie is daarom niet zonder meer mogelijk. Voor de Nederlandse toepassing is daarom onderzoek op pilotschaal wenselijk alvorens een techniek als bewezen kan worden gezien. Pilotonderzoek kent echter een paar knelpunten: (i) het aantal pilotinstallaties is beperkt, (ii) het onderzoek kost veel tijd mede vanwege de benodigde verblijftijd voor het gistingproces. Er wordt veel belang gehecht aan representatief pilotonderzoek, waarbij de bevindingen goed op te schalen zijn naar een praktijkinstallatie. De brede interesse bij de waterschappen was mede aanleiding voor STOWA om het onderzoek op te pakken. Hierdoor worden resultaten beschikbaar gemaakt voor alle Nederlandse waterschappen en andere geïnteresseerden. Een vooronderzoek met een inventarisatie van de gegevens en gewenste onderzoeksaspecten is inmiddels uitgevoerd en het pilotonderzoek is opgestart.

Het vooronderzoek heeft als doel een eerste indruk te krijgen van te bereiken voordelen, technische haalbaarheid en financiële doelmatigheid van de techniek. Hierbij worden beschikbare gegevens van buitenlandse praktijkinstallaties en de resultaten van Nederlands onderzoek op pilot- en laboratoriumschaal gebruikt. Op basis van de bevindingen zijn de onderzoeksaspecten voor de pilotonderzoeken geformuleerd.

LEESWIJZER

In dit tussenrapport wordt een globaal beeld gegeven van de techniek en de beoogde voordelen. Vervolgens wordt ingegaan op de kritische factoren om de techniek succesvol te laten zijn. Hierbij gaat het om factoren die zowel voor de technische als de economische haalbaarheid van belang zijn. Op basis van de in Nederland uitgevoerde onderzoeken, is beoordeeld in hoeverre de ervaringen van de praktijkinstallaties hiermee overeenkomen. Om de kritische aspecten en vragen te kunnen beantwoorden zijn onderzoeksaspecten van het pilotonderzoek geformuleerd.

2

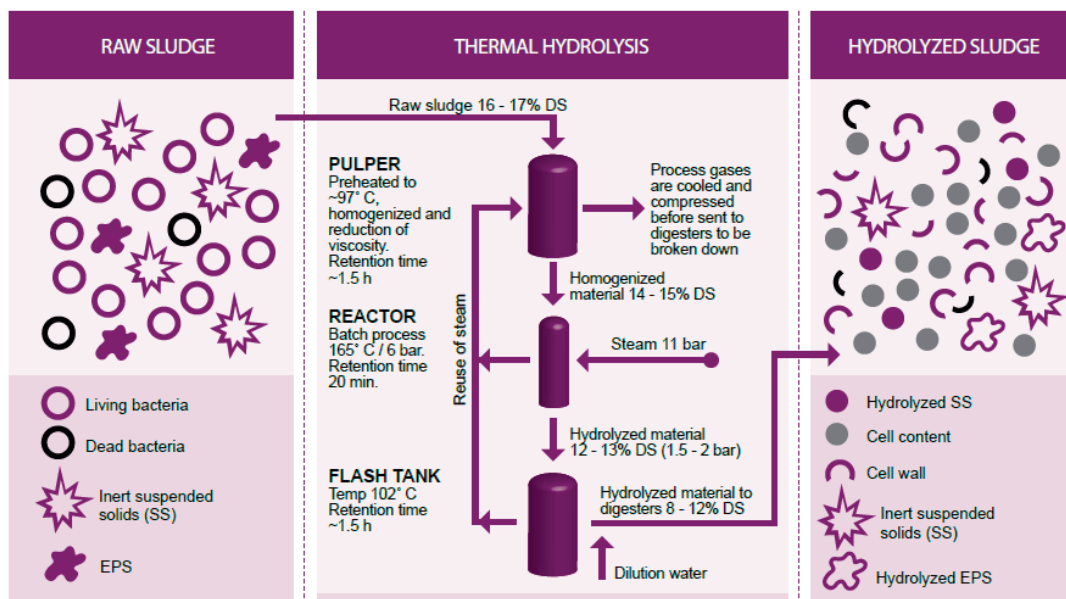
WAT IS THERMISCHE SLIBONTSLUITING?

2.1 WAT IS HET PRINCIPE VAN THERMISCHE SLIBONTSLUITING?

Thermische slibontsluiting is een slibdesintegratietechniek. Deze techniek heeft als doel om de biologische afbreekbaarheid van slib te verbeteren door de moeilijk afbreekbare celstructuren kapot te maken, waardoor er meer gemakkelijk afbreekbare componenten vrijkomen. Wanneer (secundair) slib vóór slibgisting met een desintegratietechniek wordt behandeld, wordt een groter deel van de organische stof in de slibgisting omgezet, wat resulteert in een hogere biogasproductie en een vermindering van de uitgegist slibproductie. Bij de thermische slibontsluiting is het desintegratieproces gebaseerd op hoge temperatuur (150-170 °C) en hoge druk (6-8 bar).

Ter illustratie van thermische slibontsluiting is hier het Cambi-proces is als representant voor de techniek verder toegelicht.

AFBEELDING 1 SCHEMATISCHE VOORSTELLING CAMBI-PROCES (PRODUCTBROCHURE CAMBI)



In grote lijnen verloopt het proces als volgt:

1. Het te behandelen slib wordt ontwaterd tot een drogestofpercentage van 14-18% en opgeslagen in een silosilo.
2. Het slib wordt toegevoerd naar de 'pulper' en voorverwarmd tot circa 100 °C met behulp van gerecirculeerde stoom uit de reactor en de flashtank.
3. De thermische hydrolyse vindt batchgewijs plaats in de reactor bij 165 °C en 6-8 bar bij een verblijftijd van 20-30 minuten.
4. Vanuit de reactor gaat het slib naar de flash tank, waar de druk instantaan wordt verlaagd naar 1 bar. De in de flashtank geproduceerde stoom wordt teruggevoerd naar de 'pulper'.

2.2 WELKE LEVERANCIERS LEVEREN DE INSTALLATIES?

In de jaren negentig heeft de Noorse firma Cambi een proces voor thermische slibontsluiting ontwikkeld, dat in de praktijk wel succesvol is gebleken en bij 20 installaties met slibgisting wordt toegepast. De laatste jaren zijn meer leveranciers met systemen voor thermische slibontsluiting op de markt gekomen. Het betreft onder andere de Franse firma Veolia met het Biothelys-proces (3 praktijkinstallaties) en de Nederlandse firma Sustec met het TurboTec-proces (pilotinstallaties).

In onderstaande tabel zijn kenmerken gegeven van de installaties van bovengenoemde leveranciers.

TABEL 1 LEVERANCIERS VAN INSTALLATIES VOOR THERMISCHE SLIBONTSLUITING

	Cambi	Sustec	Veolia
Debiet	batch	continu	continu
Installatie	3 vaten	1 vat	1 pijp
Ingaand DS%	14-18	7-15	20-25
Druk [bar]	8-10	4	8-10
Temperatuur [°C]	150-180	140	150 – 180
pH	7 - 8	7 - 8	7 -8
Opwarmen	stoom + overdruk 'flash tank'	stoom + warmtewisselaar	stoom + warmtewisselaar
Koelen	effluent + warmtewisselaar	warmtewisselaar	effluent + warmtewisselaar
Slibaanvoer	primair en secundair	secundair	primair en secundair

De processen verschillen onderling vooral in de procescondities (temperatuur, druk, droge-stofpercentage slib) en in de voor te behandelen slibstroom (alleen secundair slib of mengsel van primair en secundair slib). Dit laatste aspect hangt overigens met name af van de toepassing en eisen vanuit de slibeindverwerker.

Hieronder volgt een beschrijving van hun systemen.

CAMBI

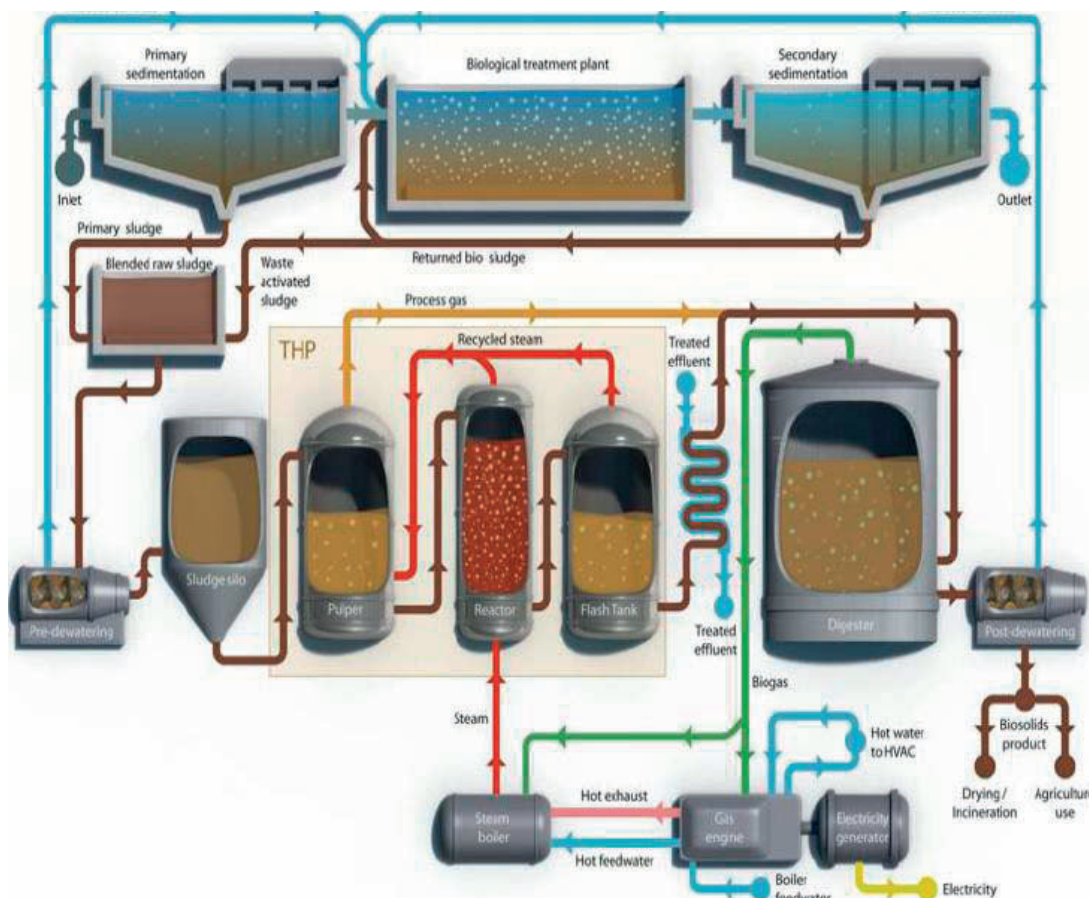
Het behandelingssysteem bestaat uit 3 reactoren met een batchgewijze behandeling van het slib. Het slib wordt voorafgaand ontwaterd tot circa 14 – 18% DS, waarna het continu naar reactor 1 wordt verpompt. Hierin wordt het slib voorverwarmd. Reactor 2 wordt vanuit reactor 1 batchgewijs gevuld. Door stoom van circa 12 bar door reactor 2 te leiden neemt de temperatuur toe tot 150-160 °C en stijgt de druk tot 8-10 bar. Na een verblijftijd van 15-30 minuten wordt het slib naar een reactor 3 (flash tank) geleid waar de druk wordt afgelaten. De overdruk wordt afgelaten naar reactor 1 om het slib mee op te warmen. De interne slibstroom tussen de reactoren wordt niet met pompen maar met de aanwezige stoomdruk verplaatst. Vanuit reactor 3 gaat het slib via warmtewisselaars naar de slibgisting. In of na reactor 3 wordt het slib verder verdund tot een DS% van maximaal 10% om een goede doorstroming van de warmtewisselaar te bewerkstelligen. Tevens wordt met deze stap de ammoniumconcentratie verlaagd, waardoor deze onder de maximaal toelaatbare concentratie (< 2.500 mg/l) wordt gehouden. Afhankelijk van pH en adaptatie van het slib treedt vanaf deze concentratie remming op van de methanogene activiteit. Dit aspect geldt voor elk gistingsproces, ongeacht met welke type thermische slibontsluiting het slib is voorbehandeld.

De hydrolysereactoren worden geleverd in standaardunits van 6 m³. De stoom wordt opgewekt in een stoomgenerator die verwarmd wordt met aard- of biogas.

Wereldwijd zijn circa 20 praktijkschaal reactoren gerealiseerd.

In onderstaande figuur is een schematische weergave gegeven van de thermische slibontsluiting installatie van Cambi.

AFBEELDING 2 CAMBI-PROCES ALS ONDERDEEL VAN DE SLIBLIJN (PRODUCTBROCHURE CAMBI)



SUSTEC

Het door Sustec ontwikkelde TurboTec® thermische hydrolyse systeem is een continu bedreven proces. Het slib wordt na mechanische voorindikking (7-15%) continu in de hydrolyse reactor gepompt. Het ingaande slib wordt via een warmtewisselaar geleid om het slib voor te verwarmen. Vervolgens wordt middels stoom deze hydrolyse reactor op druk en temperatuur gebracht. De stoom wordt mede opgewekt met de warmte van de uitlaatgassen van de WKK-installatie. Momenteel is het principe alleen nog op pilotschaal gedemonstreerd.

VEOLIA

Veolia heeft zowel een batch (BioThelys™) als een continu proces (Exelys™) ontwikkeld. Beide principes zijn vergelijkbaar in performance, maar bij de batchprocessen is de randapparatuur overgedimensioneerd doordat de hoeveelheid slib in een kortere tijd dan bij een continu proces verwerkt wordt. Het slib wordt ontwaterd tot circa 20-25% DS. Dit slib wordt in de reactor gepompt, waarna stoom wordt toegevoegd. Vervolgens wordt het opgewarmde slib naar een propstroom-reactor gepompt waar het de benodigde verblijftijd in verblijft. Vervolgens wordt het behandelde slib via een warmtewisselaar geleid. Het slib wordt verdund om de temperatuur, het drogestofgehalte en het ammoniumgehalte te verlagen.

In Denemarken is een demonstratieplant gebouwd.

3

HAALBAARHEID

3.1 VOORDELEN VAN THERMISCHE SLIBONTSLUITING

De geclaimde voordelen van het proces zijn:

- Door de thermische hydrolyse neemt de viscositeit van het slib sterk af, waardoor het mogelijk is om de gistingstanks met een hoog drogestofpercentage (8-12%) te voeden. Dit betekent lagere investeringen voor gistingstanks;
- Verhoogde afbraak van organische stof in de gistingstanks, dus vermindering van de hoeveelheid af te zetten slib in kg drogestof;
- Verhoogde biogasproductie (tevens hoger methaangehalte), waardoor meer energieproductie mogelijk is;
- Verbeterde ontwateringseigenschappen van het uitgegiste slib;
- Door de hogere concentraties in het rejectiewater ontstaat de mogelijkheid voor terugwinning van nutriënten (struviet).

De geclaimde voordelen zoals de extra biogasproductie, verhoogde afbraak en verbeterde ontwateringseigenschappen leveren een belangrijk financieel voordeel op. Daartegenover staat, dat investeringen moeten worden gedaan om thermische slibontsluiting te realiseren.

3.2 KRITISCHE TECHNISCHE FACTOREN

Met het toepassen van vergisten van slib en organische reststromen is in Nederland al veel ervaringen opgedaan. Het vergisten van slib dat behandeld is in een thermische slibontsluitingsunit is relatief nieuw in Nederland. Op praktijkschaal is het in Nederland nog niet toegepast. In het buitenland en met name in Scandinavië en Groot Brittannië is al wel ervaring opgedaan met deze voorbehandelingsstap. Op basis van de praktijk ervaringen komt naar voren dat de installaties bedrijfszeker draaien. Er zijn wel een aantal (rand)voorwaarden.

- Hoge druk: Het proces vindt plaats onder hoge druk, 2 tot 10 bar. Bij het ontwerp en de bedrijfsvoering is dit een belangrijk aspect.
- Hoge temperatuur: Het thermische slibontsluiting proces vindt plaats onder temperaturen die oplopen tot 180°C. Na de thermische slibontsluitingsunit is het van belang het slib in voldoende mate terug te koelen om remming van het gistingsproces door oververhitting te voorkomen.
- Schuim: Door de combinatie van temperatuurs- en drukverhoging kan schuimvorming optreden.
- Scaling: Als gevolg van temperatuurs- en drukwisselingen kan scaling optreden. Dit gevaar is met name reëel bij de warmtewisselaars.
- Verstopping: Door grove delen uit het slib te verwijderen wordt verstopping van warmtewisselaars voorkomen.
- Indikking: De mate van indikking bepaalt de hoeveelheid slib die opgewarmd moet gaan worden. Welke indikprestaties zijn technisch mogelijk met (bestaande) indikinstallaties? Is het benodigde DS% van 8-12% mogelijk met deze installaties? Onder welke voorwaarden worden de benodigde DS% gehaald met ontwateringsapparatuur?

- Slibeindverwerking: Bij het toepassen van thermische slibontsluiting is het van belang dat de veranderingen van slibhoeveelheid en –samenstelling passen binnen de randvoorwaarden die zijn gesteld door de slibeindverwerkers.
- Benodigde kennis: Apparatuur met druk en hoge temperatuur is niet gangbaar op rwzi's. De benodigde kennis voor operationeel beheer en onderhoud moet wel aanwezig zijn op de rwzi.
- Effluentkwaliteit: Door het toepassen van thermische slibontsluiting kan zogenaamd stabiel CZV worden gevormd. Dit is opgelost CZV dat biologisch niet afgebroken wordt en ook niet wordt ingevangen door actief slib. Dit heeft gevolgen voor de effluentsamenstelling.
- Samenstelling rejectiewaterstroom: Toepassen van thermische slibontsluiting heeft gevolgen voor de samenstelling van het vrijkomende rejectiewater. Deze samenstelling kan betekenen dat een deelstroombehandeling nodig is. Bij een bestaande deelstroombehandeling kan het effect hebben op de performance hiervan. De thermische slibontsluiting kan ook gevolgen hebben voor de concentratie zware metalen en prioritare stoffen in het rejectiewater.

3.3 KRITISCHE ECONOMISCHE FACTOREN

De economisch rendabele toepassing van thermische druk hydrolyse (thermische slibontsluiting) is afhankelijk van een aantal factoren, onder andere:

- benodigde investeringen;
- energiebalans;
 - Energieverbruik: indikken, opwarmen en verpompen slib
 - Energieopwekking: extra gasproductie bij gisting
- slibverwerking (volumereductie, poly-electrolyt PE verbruik, gevolgen voor slibeindverwerking)
- rejectiewaterbehandeling.

Deze factoren zijn sterk afhankelijk van de schaalgrootte van de installatie. Hierna worden al deze factoren besproken.

Bij de benodigde **investeringen** voor het toepassen van thermische slibontsluiting speelt het een rol of het om een bestaande rwzi gaat, waar al gisting plaats vindt of dat het een rwzi zonder gisting is. Bij een bestaande rwzi met gisting kan gebruik gemaakt worden van bestaande onderdelen, zoals mechanische indikking en WKK-installatie. Deze onderdelen moeten dan wel voldoende capaciteit hebben voor de te verwerken slib- en gashoeveelheden na toepassen van thermische slibontsluiting. Het kan dus nodig zijn om bestaande onderdelen te vervangen. Voordeel van het investeren in nieuwe onderdelen is dat de capaciteit passend wordt gemaakt op het toepassen van thermische slibontsluiting. Dit aspect speelt met name bij de keuze van de benodigde verblijftijd in de gisting. Bij een bestaande gisting zal het voordeel van een lagere benodigde verblijftijd pas worden benut bij het verwerken van extra stromen. Tevens moet de slibverwerking voldoende capaciteit hebben om deze stromen te verwerken. Kortom, per locatie zal beoordeeld moeten worden of het toepassen van thermische slibontsluiting economisch rendabel is.

Een belangrijke drijfveer voor het toepassen van thermische slibontsluiting is de toename in **energie**productie. Door het toepassen van thermische slibontsluiting neemt immers de gasproductie toe. Hier staat tegenover dat het op druk en temperatuur brengen van de thermische slibontsluitingsunit ook energie kost. Het sluitend krijgen van deze energiebalans

verdient aandacht. De warmte van de uitlaatgassen van de WKK kan gebruik worden voor het produceren van de stoom op het ingaande slib op te warmen. Omdat deze hoeveelheid warmte beperkt is, zal het slib voldoende ingedikt moeten worden. Tevens is deze warmte alleen maar beschikbaar indien de WKK-installatie aanstaat. Een ander aspect in het kader van de energiebalans is hoe het slib na behandeling wordt afgekoeld. Deze stroom mag de maximale procestemperatuur niet overstijgen. Bij mesofiele gisting is dit circa 35-40 °C en bij thermofiele gisting is dit circa 55 °C. Met het uitgaande slib kan deels de ingaande stroom opgewarmd worden. Aanvullend zal het slib gekoeld worden.

De **slibverwerkingskosten** zijn de kosten voor eindverwerking van het slib. De slibverwerkingskosten zijn afhankelijk van de afbraak in de slibgisting en van het ontwateringsresultaat van de slibontwateringsapparatuur. Vanwege de hoge slibafzetkosten kan een verbetering van het ontwateringsresultaat tot grote besparingen van de slibverwerkingskosten leiden. Een verbetering van de ontwateringsprestatie van 1% leidt bij een rwzi met een afvoer van 5.000 ton DS/jaar tot een besparing van circa € 70.000,-. Of deze besparingen ook gerealiseerd kunnen worden hangt af van de contracten met de slibeindverwerker. Om slib te ontwateren wordt PE toegevoegd. Onduidelijk is wat de invloed van thermische slibontsluiting op het PE-verbruik is. Als toepassen van de techniek leidt tot een hoger PE-verbruik kan een deel van de besparingen te niet gedaan worden. Los van de besparing van kosten is hier ook een besparing te halen in CO₂-emissie door uitgespaarde transportkilometers en minder energie bij slibverbranding. Van belang is om de gevolgen van het toepassen van thermische slibontsluiting op de slibketen in kaart te brengen.

Als gevolg van het toepassen van thermische slibontsluiting neemt de opgeloste CZV fractie in de waterfase met circa een factor 10 tot 15 toe. Het grootste gedeelte hiervan wordt omgezet in biogas. De niet omgezette fractie stroomt met het filtraat /centraat naar de waterlijn, alwaar het verwerkt wordt. Door de verhoogde afbraak van organische stof in de gisting, zal de concentratie van CZV, stikstof en fosfaat in het centraat/filtraat na slibontwatering toenemen. Deze extra vuilvracht wordt verwerkt in de waterlijn. Vanwege de relatief hoge concentraties aan stikstof en fosfaat is het toepassen van een **deelstroombehandeling** naar verwachting interessant. Keerzijde van de hoge concentraties P en N is de potentie op vorming van scaling, met name bij de slibontwatering. Overigens biedt dit ook mogelijkheden om bijvoorbeeld struviet te winnen.

Welke **schaalgrootte** minimaal nodig is om thermische slibontsluiting haalbaar te maken, hangt af van de genoemde factoren. Het zal dus per rwzi verschillen. De toename in jaarlijkse kosten moet opwegen tegen de extra energieproductie en besparing in slibverwerkingskosten.

3.4 REKENVOORBEELD

Om een indruk te krijgen van de omvang van de besparingen op de slibverwerkingskosten en inkomsten door extra biogasproductie, is in onderstaande tabel een rekenvoorbeeld uitgewerkt. In dit voorbeeld zijn de investeringen en besparingen ingeschat voor een bestaande rwzi met slibgisting met een ontwerpcapaciteit van 300.000 i.e. (à 150 g TZV). Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen conventionele slibgisting en slibgisting na toepassing van thermische slibontsluiting. Omdat de slibeindverwerking zeer belangrijk is voor de haalbaarheid van de techniek, is gerekend met twee varianten van slibeindverwerking: één variant met een vaste prijs per ton slibverwerking en één variant waarbij het waterschap aandeelhouder is van de slibeindverwerker. De verwerkingskosten bestaan dan voor het

grootste deel uit vaste kosten, ongeacht de hoeveelheid verwerkt slib. Een forse verlaging op de slibhoeveelheid heeft in dat geval geen of weinig invloed op deze vaste kosten. De variabele kosten (o.a. voor transport) nemen in dat geval wel af.

Voor de gasproductie is uitgegaan van een specifieke opbrengst van 750 liter CH₄ per kg afgebroken organische stof. Bij de bruto energiebaten is geen rekening gehouden met de extra inzet van energie voor de eigen installatie voor onder andere verpompen en mengen van het slib. De inzet voor eigen gebruik van de opgewekte energie voorkomt inkoop van energie voor het eigen slibverwerkingsproces. Er is daarom gerekend met € 0,15 per kWh.

De investeringen worden geschat op circa 1,5 - 3 miljoen euro (afhankelijk van leverancier). Aannahme is dat de extra gasproductie verwerkt kan worden in de bestaande WKK-installatie. In dit rekenvoorbeeld zijn geen kosten gerekend voor de eventuele aanpassing van de indikking om de benodigde indikking van het slib dat wordt behandeld in de thermische slibontsluiting te behalen.

In dit rekenvoorbeeld zijn de kosten voor het verwerken van de extra vuilvracht in het centraat niet meegerekend. Ook is geen rekening gehouden met eventuele kosten of opbrengsten van fosfaatterugwinning.

TABEL 2 REKENVOORBEELD VAN TOEPASSING THERMISCHE SLIBONTSLUITING

	conventioneel	toepassing thermische slibontsluiting	toepassing thermische slibontsluiting
Slibafzet [€ / ton slib]	90	90	deel vast + deel variabel
Slibhoeveelheid [ton DS/jaar]	6.000	6.000	6.000
Organische stof Afbraak [%]	43	56	56
Slibontwateringsresultaat [%]	25	27	27
Slibafzetkosten [€ /jaar]	€ 1.543.000,-	€ 1.241.000,-	€ 1.480.000,-
Gasproductie [m ³ /jaar]	1.395.000	1.815.000	1.815.000
Bruto energiebaten	€ 435.000	€ 565.000	€ 565.000
Slibafzet + energiebaten	€ 1.108.000,-	€ 686.000,-	€ 915.000,-
Verschilkosten t.o.v. conventioneel	-	€ 422.000,-	€ 193.000,-
Extra investering ¹⁾	-	€ 1,5 – 3 miljoen	€ 1,5 – 3 miljoen
Terugverdientijd	-	4 – 8 jaar	8-15 jaar

¹⁾: Niet meegenomen zijn aanpassingen aan WKK, indikking, rejectiewaterbehandeling.

In de situatie met thermische slibontsluiting en afzetkosten van 90 €/ton slib is de terugverdientijd met 4 tot 8 jaar. De slibafzetkosten zijn hierin doorslaggevend. Deze hangen sterk af van het afgesloten contract met de slibeindverwerker. Als het waterschap bijvoorbeeld aandeelhouder is van een slibeindverwerker, dan bestaan de slibverwerkingskosten voor het grootste deel uit vaste kosten. De terugverdientijd is in dit laatste geval 8 tot 15 jaar.

In het bovenstaande rekenvoorbeeld is geen rekening gehouden met de extra verwerkingscapaciteit in de gisting die ontstaat door het toepassen van thermische slibontsluiting. Door het opvullen van deze extra capaciteit zullen de energiebaten stijgen, de relatieve slibafzetkosten dalen, waardoor de terugverdientijden korter worden. Kortom de minimale schaalgrootte voor toepassen van thermische slibontsluiting is sterk afhankelijk van de locale situatie en contract met slibeindverwerker en de keuzes omtrent het opvullen van de verwerkingscapaciteit.

4

ERVARINGEN MET THERMISCHE SLIBONTSLUITING

In de jaren zestig, de voornaamste processen voor hittebehandeling waren Porteous en Zimpro, welke beide in een range van 200 °C – 250 °C werkzaam zijn. Deze technieken werden niet gevolgd door een gistingstap, maar waren voornamelijk bedoeld om de slibverwerking te verbeteren of als hygiënisering ten behoeve van toepassing in de landbouw. Vanwege de nadelen van deze technieken (stank, verwerken reststroom met lastig afbreekbaar CZV, scaling en corrosie) zijn de meeste installaties in de jaren tachtig en negentig gesloten. Later is gekeken naar hitte behandeling bij een lagere temperatuur (150 °C -200 °C) om een compromis tussen vergisting en ontwaterbaarheid te krijgen. Op basis van deze onderzoeken kwam een optimale temperatuur van 170 °C naar voren, met name voor actief slib.

De keuze welke slibstromen worden behandeld in de thermische slibontsluitingsunit hangt af van diverse factoren. Allereerst is de eindbestemming van het slib van belang. Als een hygienisatiestap verplicht is gesteld, dienen zowel het primaire als het secundaire slib behandeld te worden. Vervolgens is de verwerkingscapaciteit in relatie tot de investering van belang. Immers hoe meer slib verwerkt wordt hoe groter de benodigde investering vanwege de toegenomen installatie omvang. Om deze investering te beperken kan de omvang van de stroom beperkt worden door het slib meer in te dikken. Per situatie kan worden doorgerekend of het behandelen van de primair slibstroom vanuit economisch oogpunt een haalbare optie is.

4.1 PRAKTIJKINSTALLATIES IN HET BUITENLAND

In het buitenland staan meerdere installaties waarbij thermische slibontsluiting wordt toegepast. De firma Cambi heeft een aantal installaties gerealiseerd, waarbij de meeste zijn gelokaliseerd in Noorwegen en het Verenigd Koninkrijk. In het Verenigd Koninkrijk is/wordt verreweg het grootste aantal installaties geplaatst. Dit is direct terug te voeren naar lokale wetgeving, waarbij het verplicht is om een hygieniseringsstap toe te passen indien het vergiste slib naar de landbouw wordt afgezet. Aangezien thermische slibontsluiting voldoet aan de definitie van hygienisering (druk en temperatuur) wordt dit procesonderdeel toegepast.

Op basis van bedrijfsresultaten van praktijkinstallaties van Cambi kan het volgende worden aangegeven (hierbij moet worden vermeld dat de procesomstandigheden waaronder deze waarden zijn behaald niet bekend zijn):

- Toename van de biogasproductie van 30-40% (hiervan wordt een deel weer benut voor het opwarmen van het slib);
- Toename van methaangehalte in biogas van 65-70% naar 70-75%;
- Toename van de afbraak van organische stof van 40 - 50% naar 55-60%;
- Verbetering van ontwateringsresultaat van 22-25% naar 30-35% (afhankelijk van de toegepaste ontwateringsapparatuur);

- Toename van het PE-dosering bij slibontwatering van circa 20%;
- Toename CZV, stikstof en fosfaat in het rejectiewater (toename van ammoniumgehalte van 500-1.500 mg NH₄/l naar 2.500 – 3.000 mg NH₄/l).

4.2 ONDERZOEKSRESULTATEN IN NEDERLAND

4.2.1 LABTESTEN

Om de mogelijkheden van thermische slibontsluiting te onderzoeken voor de Nederlandse situatie, zijn labtesten uitgevoerd. In de onderstaande tabel is aangegeven bij welke waterschappen onderzoek is uitgevoerd. Deze proeven zijn uitgevoerd door Sustec. Bij de resultaten van de labtesten is door Sustec duidelijk aangegeven dat de resultaten indicatief zijn. Door de resultaten van deze proeven te vergelijken met pilotproeven, kan het opschaal effect beoordeeld worden.

TABEL 3 OVERZICHT VAN DE WATERSCHAPPEN WAAR EEN LABTEST IS UITGEVOERD

Waterschap	Locatie	Primair slib	Surpluslib	Gisting
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	rwzi Nieuwegein		2 uur, 150 °C	T= 35 °C
Waterschap De Dommel	rwzi Tilburg		2 uur, 150 °C	T= 35 °C
Waterschap Hollandse Delta	rwzi Dokhaven	A-trap, 140 °C	B-trap, 140 °C	T=37 °C

In onderstaande tabel zijn de onderzoeksresultaten weergegeven van de labtesten uitgevoerd door Sustec.

TABEL 4 OVERZICHT VAN DE ONDERZOEKSRESULTATEN VAN LABTESTEN NAAR INVLOED VAN THERMISCHE SLIBONTSLUITING

Parameter	Rwzi Eenheid	Nieuwegein	Dokhaven A-trap	Dokhaven B-trap	Dokhaven A+B trap	Tilburg
DS afbraak %						
referentie		27	N.B.	N.B.	N.B.	17
voorbehandeld		31 (15%)	N.B.	N.B.	N.B.	25 (45%)
[CZV _{opgelost}]- (voor gisting)						
referentie			0,85	1,2	1,1	
voorbehandeld	[g/l]		1,2 (44%)	2,7 (126%)	1,6 (46%)	
Stikstof (na gisting)						
referentie		340	221	346	277	281
voorbehandeld	[mg N/l]	404 (19%)	246 (11%)	384 (11%)	299 (8%)	316 (12%)
Fosfaat (na gisting)						
referentie		93	20	50	24	89
voorbehandeld	[mg P/l]	114 (22%)	19 (-5%)	49 (-2%)	23 (-4%)	126 (42%)
Biogasproductie						
referentie		207	250	244	270	230
voorbehandeld	[ml/gds]	263 (27%)	284 (14%)	279 (14%)	301 (11%)	345 (50%)
Methaangehalte						
referentie		58	72	73	67	75
voorbehandeld	[%]	75 (29%)	73 (1%)	73 (0%)	74 (10%)	75 (0-1%)

Parameter	rwzi eenheid	Nieuwegein	Dokhaven A-trap	Dokhaven B-trap	Dokhaven A+B trap	Tilburg
Ontwatering referentie	DS%	5,8	10,7	5,3	N.B.	4,9
voorbehandeld		6,5 (12%)	13,6 (27%)	8,6 (62%)	N.B.	7,5 (53%)
Ontwatering (handpers) referentie	DS%	N.B.	18,9	19,2	19,2	N.B.
voorbehandeld		N.B.	23,0 (22%)	25,7 (34%)	30,1 (57%)	N.B.

Op basis van bovenstaande tabel kan geconcludeerd worden dat de drogestofafbraak en de gasproductie toenemen na toepassen van thermische slibontsluiting. Er zit wel een grote variatie in behaalde resultaten. De testen geven geen inzicht in de oorzaak hiervoor.

Als gevolg van de extra afbraak van organische stof neemt de toename van N en P in het rejectiewater toe. Bij fosfaat is de toename in concentratie groter naar mate er meer organische stof wordt omgezet. Bij stikstof is deze relatie niet te zien. Bij het slib van rwzi Nieuwegein is de toename van N in het rejectiewater immers groter dan bij rwzi Tilburg, terwijl de organische stofafbraak bij rwzi Nieuwegein kleiner is. Uit de testen komt naar voren dat het vrijkomen van fosfaat verschillend is voor de verschillende slibsoorten. Dit houdt mogelijk verband met de biologische versus chemische fosfatering op de verschillende zuiveringen. Dit aspect zal bij verder onderzoek nader bekeken moeten worden.

Voor de ontwatering is een verbetering te zien na vergisting van voorbehandeld slib ten opzichte van de conventionele vergisting. Gezien de schaalgrootte van de experimenten is hier geen conclusie voor de praktijkschaal situatie op te baseren.

Om de invloed te testen van thermische slibontsluiting op uitgegist slib, is met het slib van rwzi Nieuwegein aansluitend aan de eerste vergistingperiode van 20 dagen een tweede ontsluiting uitgevoerd. Het ontsluiten van een derde van het slib na 20 dagen gisting resulteerde in een aanvullende stijging van de hoeveelheid biogas, drogestof afbraak, CZV verwijdering, ontwatering en stikstof en fosfaat in het rejectiewater. Wat de mogelijkheden zijn op praktijkschaal dient nader onderzocht te worden.

4.2.2 PILOTTESTEN

Door Sustec is een pilotonderzoek uitgevoerd op rwzi Venlo. In de pilotinstallatie zijn de slibstromen van rwzi Venlo en rwzi Hoensbroek getest. De hieronder vermelde informatie is gebaseerd op een publicatie in neerslag nr 5 (2010).

TABEL 5 OVERZICHT VAN DE ONDERZOEKSRÉSULTATEN VAN PILOTTESTEN OP RWZI VENLO NAAR INVLOED VAN THERMISCHE SLIBONTSLUITING

Parameter	Eenheid	rwzi Hoensbroek	rwzi Venlo
DS afbraak %			
referentie	[%]	28	28
voorbehandeld		44 (57%)	44 (57%)
OS afbraak %			
referentie	[%]	40	40
voorbehandeld		62 (55%)	62 (55%)
Filtraat (testreactor)			
CZV	[mg CZV/l]	N.B.	N.B.
Stikstof	[mg N/l]	2.000	2.000
Fosfaat	[mg P/l]	500	500
Biogasproductie			
referentie	[l/h]	95	110
voorbehandeld		143 (51%)	170 (53%)
Methaangehalte			
referentie	[%]	66	64
voorbehandeld		68	72
Ontwateringsresultaat			
referentie	[%]	21,4	21,4
voorbehandeld		31,0	31,0

Op basis van de bovenstaande tabel wordt duidelijk dat de behaalde afbraak van drogestof voor zowel Venlo als Hoensbroek slib vergelijkbaar is. Er is een forse toename gerealiseerd door het toepassen van thermische slibontsluiting. De hoeveelheid geproduceerd biogas is verschillend voor beide rwzi's. Hoewel gegevens ontbreken is dit naar verwachting terug te voeren naar de slibbelasting van de rwzi. De procentuele toename van de gasproductie is in beide gevallen gelijk. De toename in methaangehalte in het biogas van rwzi Venlo is flink hoger dan bij het biogas van rwzi Hoensbroek. Door het ontbreken van de operationele getallen is hier geen oorzaak voor aan te geven.

De slibontwateringstesten zijn uitgevoerd met een praktijkschaal centrifuge. Er is een duidelijke toename te zien in het haalbare drogestofgehalte van het ontwaterde slib. Opvallend is het relatief lage drogestofgehalte van de referentievergister. Het drogestofgehalte van uitgestist slib ligt in het algemeen tussen de 23 en 25%. Onduidelijk is waarom het drogestofgehalte lager ligt. De toegepaste slibbelasting en PE-verbruik zijn onbekend. Wel is duidelijk dat voor een optimale ontwatering verschillende PE's zijn gebruikt en dat het PE-verbruik bij de testreactor hoger is dan bij de referentiereactor.

4.2.3 VERGELIJKING LABTESTEN EN PILOTTTESTEN

De gemiddelde afbraak van drogestof is in de pilottest hoger dan in de labtesten. Naar verwachting is dit te verklaren doordat het slib in de pilotinstallatie geadapteerd is aan het thermisch gehydrolyseerde slib. De hogere afbraak in drogestof leidt tot een hogere toename van de biogasproductie.

De samenstellingen van het filtraat/centraat zijn niet gegeven. Hierdoor kan geen vergelijking worden gemaakt tussen de lab- en pilottesten.

Het slibontwateringsresultaat is bij de pilottesten hoger dan bij de labtesten. Bij de pilottesten is gebruik gemaakt van praktijkschaal ontwateringsapparatuur, terwijl bij de testen gebruik gemaakt is van labcentrifuge en een handpers.

Op basis van de resultaten van de testen komt naar voren dat de biogasproductie toeneemt en de slibontwatering verbetert. De gevolgen voor de filtraatsamenstelling laten een wisselend resultaat zijn.

5

PILOTONDERZOEK

5.1 ONDERZOEKSASPECTEN

Voor de Nederlandse situatie is nog weinig ervaring met thermische slibontsluiting. De ervaring is gebaseerd op labtesten en een pilotonderzoek. Zoals duidelijk uit voorgaande naar voren komt, zijn de *energiebalans* en de *slibverwerking* essentiële factoren bij het succesvol introduceren van de techniek. Sommige aspecten hiervan zijn middels een pilotonderzoek aan te tonen. Het Stowa-onderzoek voorziet in pilotonderzoek op rwzi Amersfoort en een nog nader te bepalen tweede locatie. In september 2010 is dit pilotonderzoek gestart om de mogelijkheden van thermische slibontsluiting te verkennen met het slib van rwzi Amersfoort. Bij het pilotonderzoek gaat hierbij vooral om de volgende vragen:

- Hoeveel extra afbraak van organische stof kan worden gerealiseerd?
- Hoeveel extra biogasproductie levert dit op (hoeveelheid en samenstelling)?
- Welk effect heeft thermische slibontsluiting op de slibontwatering?
 - Filtreerbaarheid van het slib;
 - Drogestofgehalte ontwaterd slib en afscheidingsrendement;
 - Benodigd type en hoeveelheid PE.
- Wat is de energiebalans bij het opwarmen en afkoelen van de slibstromen?

Daarnaast spelen nog vragen die vanuit bedrijfsvoeringsoogpunt van belang zijn:

- Wat is de samenstelling (totale en opgeloste fractie) van de slibstroom voor en na gisting (CZV, N, P)?
- Wat is de invloed van fosfaatverwijdering in de waterlijn op de fosfaatconcentratie in het rejectiewater?
- Treedt er remming op in de gisting als gevolg van de ammoniumconcentratie (in combinatie met pH)?
- Wat is het risico op scaling in de thermische slibontsluiting -unit en de warmtewisselaars?
- Met welk drogestofgehalte kan maximaal in de thermische slibontsluiting -unit worden gewerkt?
- Hoe verandert de viscositeit van slib na behandeling in thermische slibontsluiting -unit?
- Welke invloed hebben de instellingen van de thermische slibontsluiting -unit op het proces?

Een stabiele situatie in de slibgisting is een voorwaarde voor representatief onderzoek. Gemiddeld duurt het drie keer de slibverblijftijd voordat de omstandigheden in de slibgisting stabiel zijn. Gevolg hiervan is dat het relatief lang duurt voordat er na een verandering van instellingen representatief onderzoek gedaan kan worden. Als er meerdere instellingen getest worden, heeft dit consequenties voor de duur van het onderzoek. Uitgaande van een onderzoek dat circa een half jaar duurt, is er beperkte mogelijkheid om instellingen te onderzoeken.

Hieronder is een overzicht gegeven voor opties die interessant zijn voor het pilotonderzoek thermische slibontsluiting:

- Kortere verblijftijd (verkorten tot circa 15 dagen);
- Verhoging DS% in thermische slibontsluitingunit en vergister;
- Variëren instellingen (druk, temperatuur, verblijftijd);
- Behandelen mengstroom van primair en secundair slib in thermische slibontsluitingsunit;
- Twee traps vergisting;
- Thermofiele vergisting.

Hieronder worden de opties kort toegelicht en gewaardeerd of deze wel of niet interessant zijn, waardoor er een prioritering kan worden gemaakt van de opties.

KORTERE VERBLIJFTIJD

Verwachting is dat ten gevolge van de thermische slibontsluiting de verblijftijd in de vergister korter kan (verwacht circa 12 -15 dagen). De effecten op de biogasproductie en de slibontwateringseigenschappen kunnen beoordeeld worden. Het laten stabiliseren van het systeem is belangrijk. Tevens is het bij het verlagen van de verblijftijd van belang dat verzuring van de vergister wordt voorkomen. De stabiliteit kan worden ingeschat op basis van onder andere de specifiek gasproductie, vetzuurconcentratie, drogestofafbraak.

VERHOOGING DROGE STOFGEHALTE

Door de sterke vervloeiing kan de vergister met een veel hoger droge stofgehalte bedreven worden. Hierdoor ontstaat meer capaciteit per m³ vergistingsreactor. Belangrijkste onderzoekspunten zijn:

- Viscositeit afhankelijk van drogestof (menging in gisting);
- Effect van verhoogde NH₄-concentratie op biogasproductie;
- Effect op rejectiewaterkwaliteit.

INSTELLINGEN THERMISCHE SLIBONTSLUITING

Welk effect hebben de instellingen van de thermische slibontsluitingsunit op de vergistingsprestaties? Onderzocht kan worden wat de invloed is van wijzigingen van de druk, temperatuur en tijdstuur op de concentratie van CZV, fosfaat en stikstof in de opgeloste fractie. De huidige ervaring is met name bij toepassing op secundair slib.

BEHANDELEN MENGSTROOM PRIMAIR EN SECUNDAIR SLIB

In de huidige opzet wordt alleen het secundaire slib behandeld in de thermische slibontsluitingsunit behandeld. Vanuit oogpunt van het benutten van de maximale energiepotentie is het interessant om het behandelen van primair slib te onderzoeken. Hierbij wordt het primair en secundair slib vooraf gemengd en vervolgens gezamenlijk behandeld in de thermische slibontsluitingsunit. Punt van aandacht is de warmtebalans, aangezien een grotere slibstroom opgewarmd moet worden in de thermische slibontsluitingsunit. Daar staat tegenover dat het gezamenlijk indikken van de stromen voordelen op het te halen drogestofgehalte en PE-verbruik. Het geeft tevens inzicht of de geclaimde voordelen van secundair slib ook gelden voor primair slib. De invloed op de slibontwatering is hierbij een belangrijk onderzoeksaspect.

TWEETRAPS VERGISTING MET TUSSENTIJDSE THERMOFIELE SLIBONTSLUITING

In deze configuratie wordt het slib eerst op traditionele wijze vergist, waarna in een tweede stap het slib eerst door de thermische slibontsluiting gaat en daarna vergist wordt. De tweede vergister zou eventueel met kortere verblijftijd en / of thermofiel bedreven kunnen worden. Eventueel verhoging DS-gehalte kan alleen in de tweede stap plaats vinden. Deze situatie wijkt sterk af van de huidige onderzoeksopzet.

THERMISCHE SLIBONTSLUITING IN COMBINATIE MET THERMOFIELE VERGISTING

Thermische slibontsluiting in combinatie met thermofiele vergisting biedt een interessante combinatie vanuit de warmtebalans. Het slib hoeft immers minder afgekoeld te worden. Deze optie is nog niet onderzocht.

De kritische factoren voor het bepalen van de haalbaarheid van het toepassen van thermische slibontsluiting zijn met name het sluiten van de energiebalans en de invloed op het haalbaar drogestofgehalte van het ontwaterde slib. In dit kader is het van belang welke invloed het verhogen van het drogestofgehalte en/of het verlagen van de verblijftijd heeft op deze aspecten. De optie om het mengslib (primair en secundair) te behandelen geeft ook inzicht in deze aspecten, maar zal vooralsnog niet nader onderzocht worden.

Het toepassen van een tweetrapsvergisting of thermofiele vergisting zijn in tweede instantie onderwerpen die onderzocht kunnen worden. Voor het pilotonderzoek op rwzi Amersfoort is een keuze gemaakt voor de optie om de verblijftijd te verkorten en de optie om het drogestofgehalte te verhogen. In de betreffende paragraaf van het pilotonderzoek op rwzi Amersfoort wordt hierop verder ingegaan.

5.2 PILOT ONDERZOEK RWZI AMERSFOORT

Op rwzi wordt pilotonderzoek gedaan met een pilotinstallatie van Sustec.

5.2.1 OPZET PILOTONDERZOEK

De pilot-installatie bestaat uit de volgende onderdelen:

- i. Zeef (rotosieve) 1 mm;
- ii. Indiktrommel surplusslib (incl. PE-dosering);
- iii. TurboTec;
- iv. Opmenging primair slib (goede debietmeting);
- v. Slibgisting (referentie + test);
- vi. Gasverwerking (ijking meters);
- vii. Slibontwatering

Het slib wordt voorbehandeld in de TurboTec installatie waarna het wordt opgeslagen in 1 m³-vaten. Zowel het voorbehandelde slib als het referentie surplusslib worden vervolgens opgemengd met primair slib in een vaste verhouding.

Als gevolg van de schaal van het onderzoek wordt het slib niet continu, maar twee keer per week voorbehandeld. Het monitoren van de energiebalans is hierdoor lastig. Om het slib op te warmen wordt geen gebruik gemaakt van uitlaatgassen van de WKK-installatie, maar van een unit met thermische olie. De pilottest geeft dus maar beperkt inzicht in de energiebalans, terwijl dit wel een belangrijk onderdeel is.

5.2.2 FASE 1: BASISINSTELLINGEN PILOTONDERZOEK

Het doel van deze fase is het vaststellen van de invloed het toepassen van thermische slibontsluiting op de onderzoeksaspecten (zie paragraaf 5.1). Bij het kiezen van de procesparameters in deze fase is het enerzijds van belang rekening te houden met de lokale situatie (rwzi Amersfoort) en anderzijds met de reproduceerbaarheid van de resultaten voor andere

waterschappen. Daarom worden de volgende procesinstellingen voorgesteld:

1. Drogestofgehalte (DS of SS) indikken tot 6 à 7% (maximaal haalbaar geacht bij huidige opstelling indiktrommel en PE-dosering);
2. Verblijftijd in slibgisting van 20 dagen;
3. Verhouding PS:SS = 35:65 (op basis van slibvrachten)
4. Instellingen TurboTec (temperatuur en druk).

De duur van deze fase is circa 60 dagen.

5.3 FASE 2: VERBLIJFTIJD VERKORTEN

Het doel van fase 2 van het pilotonderzoek op rwzi Amersfoort is het vaststellen van de invloed van het verkorten van de verblijftijd. Aansluitend aan fase 1 wordt de verblijftijd verlaagd van de test vergister. Om de invloed van een wisselende slibsamenstelling (met name primair slib) te kunnen inschatten, zal de referentievergister op dezelfde instellingen als in fase 1 blijven draaien. De verblijftijd van de test vergister wordt in twee stappen verlaagd van 20 dagen (fase 1) naar 16 dagen en tot slot naar 12 dagen.

De tussenstap van 16 dagen is enerzijds om het proces niet te verstoren door een te grote verandering van de instellingen in een keer en anderzijds om te voorkomen dat als 12 dagen niet haalbaar is, er wel een conclusie kan worden getrokken over een tussenliggende verblijftijd. Daarom zal bij 16 dagen vooral de afbraak van slib van belang zijn. Door het volgen van de specifieke gasproductie, de vetzuurconcentratie en de afbraak van het drogestofgehalte ten opzichte van het organisch stofgehalte (ratio DS/OS) kan dit gevolgd worden. Als aangetoond is dat het proces stabiel draait, wordt de verblijftijd verlaagd worden naar 12 dagen.

Aan het einde van de proef is het wel van belang om de invloed op de slibontwateringseigenschappen vast te kunnen stellen.

5.3.1 FASE 3: VERHOGEN DROGESTOFGEHALTE

Het doel van fase 3 voor het pilotonderzoek op rwzi Amersfoort is het vaststellen van de invloed van een verhoging van het drogestofgehalte. Het drogestofgehalte van de voeding zal omhoog gaan naar 12%. Voor de referentievergister blijft het drogestofgehalte zoals in fase 1.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) voert hierbij op de locatie van rwzi Amersfoort testen uit met secundair slib van rwzi Geestmerambacht. Het is wenselijk om in fase 3, voorafgaand aan het verhogen van het drogestofgehalte eerst te testen met het HHNK-slib onder dezelfde omstandigheden als in fase 1 met het Amersfoort slib. Hierdoor kan de invloed van thermische slibontsluiting op het slib van rwzi Geestmerambacht worden beoordeeld. Vervolgens wordt het drogestofgehalte in de testvergister verhoogd naar 12%.

5.4 METINGEN EN ANALYSES

Om het functioneren van de pilotinstallatie te kunnen beoordelen zijn er metingen en analyses nodig. Enerzijds van de operationele aspecten en anderzijds van de slibsamenvatting. In onderstaande tabel zijn de metingen van de operationele aspecten weergegeven.

TABEL 6 METINGEN VAN DE OPERATIONELE ASPECTEN VAN DE PILOTINSTALLATIE.

Operationele parameters	Ontsluitingsreactor	Gisting	Biogas
Temperatuur	X	X	
Druk	X		
Debiet	X	X	X
pH	X (voor en na)	X	
Methaangehalte			X

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is het belangrijk om de diverse stromen te bemonsteren en te analyseren. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de benodigde analyses per stroom.

TABEL 7 BENODIGDE ANALYSES TIJDENS PILOTONDERZOEK PER STROOM

Parameter	Toevoer	Tussenbuffer	Biogas	Uitgestig slib	Ontwaterd slib	Rejectiewater
CZV totaal	X			X		X (gefiltreerd monster)
Drogestof (DS)	X			X	X	X (bij slibontwateringstest)
Organisch stof (OS)	X			X	X	
Stikstof totaal/Kjeldahl ***)	X	X		X		
Stikstof (gefiltreerde monster) totaal / Kjeldahl				X		X
ammonium		X		X		X
Fosfaat (totaal)	X	X		X		
Fosfaat (gefiltreerde monster) totaal				X		X
ortho-P *)		X		X		X
Gassamenstelling (CH ₄ , CO ₂)			X			
Vetzuren opgeloste fractie **)		X		X		
Alkaliteit						
totale alkaliteit				X		
bicarbonaat alkaliteit				X		
Viscositeit	X	X		X	X	

*) = Gebruik membraanfilter ivm colloïdale deeltjes.

**) = Bij vetzuurbepaling monster direct uit gisting nemen en goed conserveren.

***)) = Op basis van Ntotaal en ammonium kan het organisch gebonden stikstof worden afgeleid (aannahme dat er geen nitraat en nitriet aanwezig is)

OPZET SLIBONTWATERINGSTEST

Het doel van de slibontwateringstest is het vaststellen van de ontwaterbaarheid, het PE-verbruik en rejectiewatersamenstelling. Op basis van pilotschaal testen met een centrifuge met een capaciteit van 400 l/u wordt de ontwaterbaarheid vastgesteld. In verband met de vergelijkbaarheid van de proeven is het belangrijk om te sturen op drogestofvracht en niet op debiet! Aangezien het drogestofgehalte van de vergister met voorbehandeld slib een lager drogestofgehalte heeft, zal het debiet aangepast dienen te worden om dezelfde drogestofvracht te behalen.

De optimale dosering van PE wordt tijdens de test ingeschat. Het is belangrijk om een relatie te kunnen leggen tussen PE-verbruik en haalbaar drogestofgehalte. Door 3 of 4 verschillende PE te testen wordt een goed inzicht verkregen in deze relatie. Op deze manier is het ook mogelijk om een vergelijking tussen het slib van rwzi Amersfoort en rwzi Geestmerambacht te maken. Het testen van één enkele instelling per slibsoort levert onvoldoende informatie op om een goede vergelijking te kunnen maken.

Per instelling worden meerdere monsters genomen met voldoende tussentijd om een betrouwbare inschatting te kunnen maken. De benodigde analyses van het rejectiewater staan in tabel 7 vermeld.

Er wordt getest bij verschillende PE doseringen, oplopend in concentratie. Per instelling wordt voldoende tijd gewacht zodat een representatieve situatie is ingesteld. Dan wordt een monster van het ingaande slib, het ontwaterde slib en van het centraat genomen. Het betreft allen steekmonsters (geen mengmonsters). Belangrijk is om de pompdebietmeter van ingaand slib en PE-oplossing voorafgaand en na afloop te ijken.

TEST KWALITEIT TUSSENBUFFER

Voor representatief en betrouwbaar onderzoek is het van belang om uit te sluiten dat de tussenopslag van slib niet van invloed is op de slibsamenstelling. Om dit vast te kunnen stellen wordt het volgende meetprogramma voorgesteld:

TABEL 8

MEETPROGRAMMA VOOR VASTSTELLEN SAMENSTELLING SLIB IN TUSSENBUFFER

Tijd na aanmaken batch (uur)	CZV (opgelost) + vetzuren	Droge- en organische stof
0	X	X
1	X	
4	X	
24	X	
48	X	X

5.5 ONDERZOEK WATERSCHAP VELUWE

Waterschap Veluwe is voornemens een thermische hydrolyse reactor in te zetten op de rwzi Apeldoorn. De thermische hydrolyse reactor zal gezamenlijk met een fosfaatverwijderingsinstallatie gerealiseerd worden. In het kader hiervan worden een aantal flankerende verificatie testen met slib van rwzi Amersfoort bij het huidige onderzoek in de pilotinstallatie op rwzi Amersfoort uitgevoerd. De volgende onderzoeksvragen zijn hierbij gesteld:

1. Kunnen verschillende slibben van Waterschap Veluwe, waarbij een aantal slibben al mechanisch ingedikt zijn met PE, gezamenlijk ontwaterd worden tot circa 12 % DS?
2. Wat is de viscositeit van het ontwaterde slib van 12 % DS na thermische hydrolyse en kan dit gemengd worden met de huidige menging in de vergisting?
3. Hoe ziet de fosfaatbalans eruit na fosfaatafgifte, thermische slibontsluiting en vergisting?
4. Kan het ontwaterde slib met de huidige slibpompen na thermische hydrolyse en vergisting nog verpompt worden?
5. Heeft het toepassen van thermische slibontsluiting invloed op het verwijderen van stikstof in de rejectiewaterstroom als gevolg van remming door het ontstaan van bijproducten?

5.6 PILOTONDERZOEK WATERSCHAP REGGE EN DINKEL

Waterschap Regge en Dinkel (WRD) heeft drie locaties met slibgisting: Goor, Hengelo en Enschede. De geplande investering voor de renovatie van de slibgistingsinstallatie op rwzi Enschede kan mogelijk worden voorkomen door het toepassen van thermische slibontsluiting op een andere locatie. Met het oog daarop is WRD voornemens een pilotonderzoek uit te voeren met een CAMBI installatie. De pilot wordt naar verwachting begin 2011 opgestart. De resultaten zijn dan in de tweede helft van 2011 beschikbaar. De effecten op, onder andere de slibgisting en de vrijkomende waterfractie worden gevolgd.

5.7 VERVOLG / STATUS ONDERZOEK

Momenteel is het onderzoek lopende. De resultaten van het onderzoek worden te zijner tijd gepubliceerd via de STOWA.

BIJLAGE 1

GERAADPLEEGDE INFORMATIE

Voor het samenstellen van het vooronderzoek is mede gebruik gemaakt van de volgende informatiebronnen:

GESPREKKEN

- dhr D. Ringoot (Eco Logic / Cambi)
- dhr D. Sisselaar (Veolia Water & Solutions / Rossmark)
- dhr L. Van Dijk en J. Thiescheffer (Sustec)

INTERNET

- www.cambi.no
- www.sustec.nl
- www.veoliawaterst.com
- <http://www.klaerschlammdesintegration.de/Bericht3.pdf>

ARTIKELN

- Publicatie Neerslag nr 5, 2010: “TurboTec®: Continue thermische slib hydrolyse voor lagere zuiveringskosten en meer energie op de rwzi”, Lex van Dijk en Ad de Man.
- Diverse artikelen Cambi te vinden op: www.cambi.no/wip4/publications.epl?cat=10644, waaronder:
 - B. Wett, “Simulation of Thermal Hydrolysis at the Blue Plains AWT: A New Toolkit Developed for Full-Plant Process Design”, Weftec 2009;
 - K. Panther, “Cambi Thermal Hydrolysis - Getting the Bugs out of Digestion and Dewatering”,
 - K. Panther “10 YEARS OPERATION EXPERIENCE OF THERMAL HYDROLYSIS PROJECTS” 10th European Biosolids & Biowastes Conference, 2003;
 - H. Kleiven, “Introduction to Advanced Digestion Using Cambi Thermal Hydrolysis”, Published IFAT2010, September 13-16, Munich, Germany
- Onderzoeksrapport 2003 “Toepassingsmogelijkheden CAMBI in de sliblijn Beverwijk”, Witteveen en Bos.
- Optimalisatie vergisting met Turbotec®; Resultaten Bench scale testen voor de volgende waterschappen: Waterschap De Dommel, Waterschap Hollandse Delta, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.