

Nut en noodzaak van slibonderzoek

Dennis Heijkoop, Eddie Koornneef, Paul Roeleveld (Royal HaskoningDHV)

In de afvalwaterzuivering is de afgelopen jaren de aandacht verschoven van de waterlijn naar de sliblijn. Dit artikel betoogt dat toegepast labonderzoek, en de juiste vertaling van de resultaten naar maatregelen en business cases, veel problemen kan voorkomen bij de realisatie van slibverwerkingsprojecten. Dit wordt toegelicht door twee actuele thema's in de sliblijn verder uit te diepen, te weten slibafbraak en slibrheologie. Tevens wordt het belang van slibonderzoek in de ontwikkeling en opschaling van twee slibinnovaties verder toegelicht.

Een aantal jaren terug was de gedachte dat, op een enkele uitzondering na, de Nederlandse afvalwaterzuiveringsinstallaties (awzi's) 'klaar' waren. Een logische gedachte aangezien in Nederland het grootste deel van het afvalwater wordt behandeld in een awzi en het geloosde effluent voldoet aan de eisen.

De ambitie van de Nederlandse waterschappen om energie te besparen en zelf op te wekken, gestimuleerd door de samenwerking in 'De Energiefabriek' en vastgelegd in het Klimaatakkoord Water en MJA-3, heeft hierin een verandering teweeggebracht. De aandacht is verschoven naar de sliblijn en enkele awzi's zijn of worden momenteel aangepast, zodat ze energie in de vorm van elektriciteit of gas leveren als gevolg van het feit dat ze meer produceren dan dat ze zelf gebruiken. Middels de Grondstoffenfabriek en het visierrapport 'Op weg naar de RWZI 2030' [1] is een aanvullende impuls gegeven waardoor de aandacht op de sliblijn van awzi's blijft gefocust.

De huidige en recente projecten in de sliblijn kenmerken zich door grote investeringen in relatief nieuwe technologieën, waarbij de opdrachtgever de inbreng van kennis overlaat aan de markt. Door middel van prestatiecontracten met boeteregelingen probeert de opdrachtgever het grootste deel van zijn risico's af te dekken. Door de grote verschillen in slibkwaliteit is dit vaak een lastige zaak die regelmatig tot discussies leidt.

Toegepast labonderzoek kan veel problemen voorkomen bij de realisatie van slibverwerkingsprojecten

Opvallend is dat in deze markt garanties worden gevraagd en gegeven zonder dat de haalbaarheid ervan is getoetst met testen op het specifieke slib. Ook laten de gegevens van de fullscale installatie vaak een grote spreiding zien door allerlei versturende factoren, wat het moeilijk maakt om prestaties te voorspellen.

Het op voorhand voorspellen welke prestaties mogelijk zijn bij een specifieke behandelmethode met een bepaald slib kan veel problemen achteraf voorkomen. Het feit dat er gedurende de opstart van enkele energiefabrieken forse discussies zijn en worden gevoerd over de garanties en de boeteregelingen is een logisch gevolg.

Royal HaskoningDHV heeft een eigen technologisch onderzoekscentrum (TRC = Technological Research Centre) met diverse opstellingen om haar eigen innovaties te testen en om metingen voor derden uit te voeren. Zo doet Royal HaskoningDHV sinds 2011 toegepast laboratoriumonderzoek in opdracht van en in samenwerking met waterschappen en andere

partijen, om te testen in hoeverre de organische stof in slib is af te breken onder anaerobe omstandigheden met verschillende voorbehandelingstechnieken en andere reactorconcepten. Met toegepast onderzoek wordt hier bedoeld dat de metingen uit het TRC ook direct kunnen worden vertaald naar technische oplossingen in de praktijk. Hieronder volgen een aantal resultaten van uitgevoerd onderzoek. Zo kan naast slib ook onderzoek worden gedaan aan water, mest, organische reststromen, terugwinnen van specifieke componenten etc. In dit artikel worden twee aspecten belicht, namelijk

1. de slibafbraak in relatie tot de netto energieproductie en
2. de reologische eigenschappen van slib in relatie tot het pompen, verwarmen en mengen van slib en de benodigde energie hiervoor.

Ad 1. Slibafbraak

Vergroting van de slibafbraak is financieel gunstig omdat dit doorgaans leidt tot hogere biogasopbrengsten, minder slib en een betere ontwaterbaarheid. Een hoge afbraak van slib is te realiseren door voor een bepaalde slibsamenstelling de juiste procesomstandigheden te kiezen [2]. Dit levert een uitgegist slib op met een hoog anorganischestofgehalte (asrest), waardoor er een hoog drogestofgehalte kan worden gehaald bij de eindontwatering.

Een betere vergistbaarheid kan worden gerealiseerd door een voorbehandeling toe te passen, een andere gistingconfiguratie toe te passen of van mesofiel naar thermofiel om te schakelen. De benodigde investeringen en opbrengsten zullen per locatie sterk verschillen, omdat ze afhankelijk zijn van:

1. de slibkwaliteit;
2. het aantal opnieuw te gebruiken, te vernieuwen of nieuw te bouwen procesonderdelen;
3. de eenheidsprijzen voor exploitatiekosten;
4. de mogelijkheden om restwarmte of elektriciteit zelf te gebruiken of te leveren aan derden.

De punten 2 en 3 zijn meestal bekend als onderzoek wordt gedaan naar de optimalisatiemogelijkheden van de slibgisting. Het vierde punt is goed in te schatten op basis van lopende contracten en geografische ligging. Maar om een gefundeerde uitspraak over het eerste punt, de slibkwaliteit, te kunnen doen en daarmee de effectiviteit van een maatregel te voorspellen is labonderzoek nodig.

Immers, de slibkwaliteit, en daarmee het afbraak- en het ontwateringsresultaat, is afhankelijk van:

- verhouding tussen primair, secundair en extern slib;
- slibhoeveelheden en variaties;
- variaties in (organische) drogestof-concentraties;
- viscositeit;
- aerobe sibleeftijd en mate van mineralisatie;
- type gisting en hydraulische verblijftijd;
- type voorbehandeling.

Om een aantal voorbehandelingstechnieken te vergelijken of het verschil in afbreekbaarheid van verschillende slibstromen te testen kan vaak volstaan worden met batchtesten (zie kader), omdat het om de onderlinge verschillen gaat en niet om het absolute afbraakpercentage van

organische stof. Als een uitspraak moet worden gedaan over de (absolute) afbreekbaarheid van een bepaalde slibstroom in een bepaalde procesconfiguratie, zijn continutesten inclusief kundige interpretatie van de resultaten noodzakelijk (zie kader). In een nabootsing van de praktijk kan de bestaande situatie worden vergeleken met een nieuwe situatie.

Batchtesten

In een batchtest wordt een serie flessen van 0,3 l voor 1/3 gevuld met een mengsel van uitgegist slib en het te onderzoeken slib. De flessen worden in een waterbad op een schudmachine geplaatst. Het geproduceerde gas wordt per dag opgevangen (zie afbeelding 1), zodat het afbraakproces kan worden gevolgd in de tijd. De testen worden in drievoud uitgevoerd. Na selectie van de gewenste voorbehandeling, gistingsmethode en slibsamenstelling kan onderzoek worden gedaan in de continueactoren, waarin de bestaande situatie (referentie) wordt vergeleken met één of meer voorkeursopties. Om betrouwbaar te kunnen simuleren, hebben de continueactoren een groter volume (20 l).



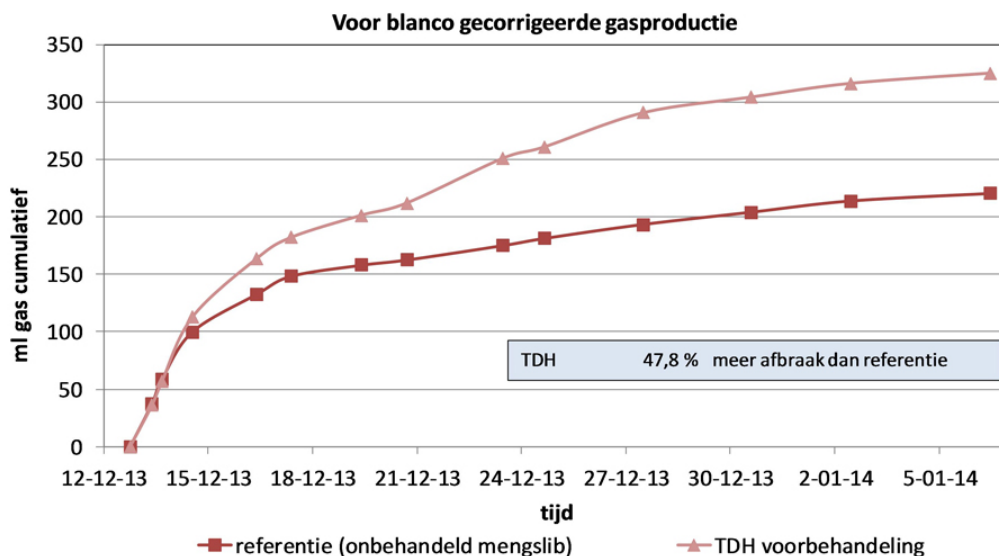
Afbeelding 1. Batchtest (0,3 L)



Afbeelding 2. Continu-test (20 L)

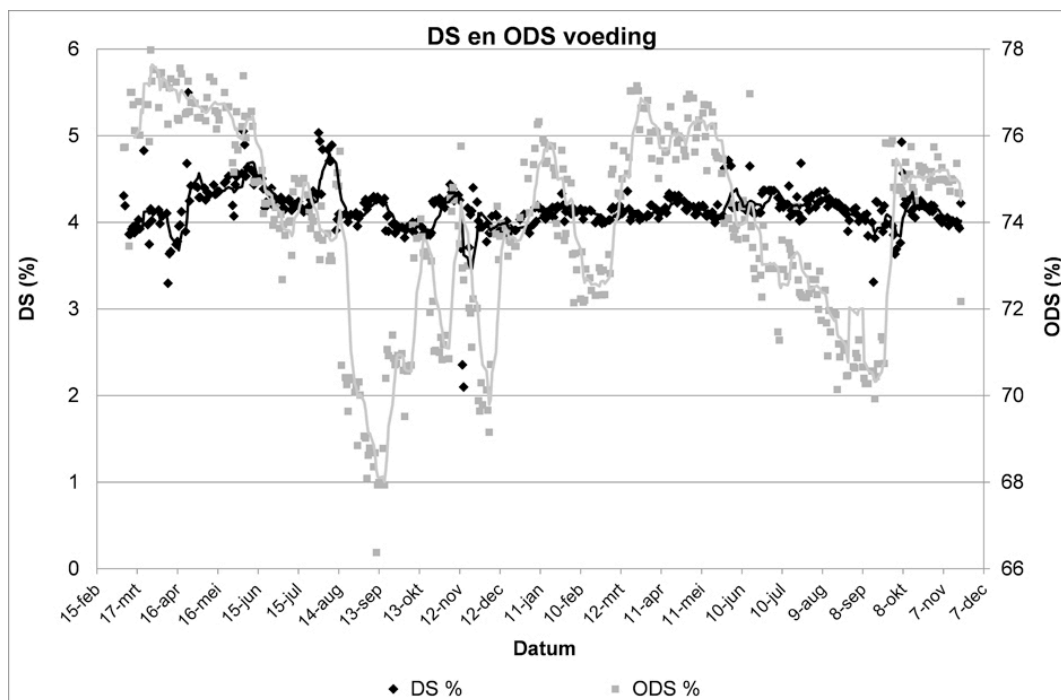
In de afgelopen jaren zijn diverse batchtesten en langdurige continu-testen gedaan. De onderstaande grafieken geven een deel van de resultaten weer. Tevens staat omschreven wat uit deze meetgegevens geleerd kan worden voor de vertaling naar de praktijk.

In afbeelding 3 is de gasproductie weergegeven van een gistingstest met een mengsel van primair en secundair slib (batchtest). Voor de test werd het slib voorbehandeld in een thermische-drukhydrolyse (TDH)-installatie en daarna mesofiel vergist. Ook het onbehandelde mengsel (referentie) is mesofiel vergist. Zoals in de grafiek is te zien levert de TDH-voorbehandeling bijna 48% meer gas op dan het onbehandelde slib. Voor het geteste slib lijkt met een TDH-voorbehandeling een aanzienlijke verbetering mogelijk te zijn. Continutesten moeten uitwijzen of deze verbetering ook in een continu-systeem kunnen worden gehaald. Gebleken is op basis van vele honderden batchtesten en tientallen continutesten dat effecten in een batchtest groter zijn dan in een continutest.



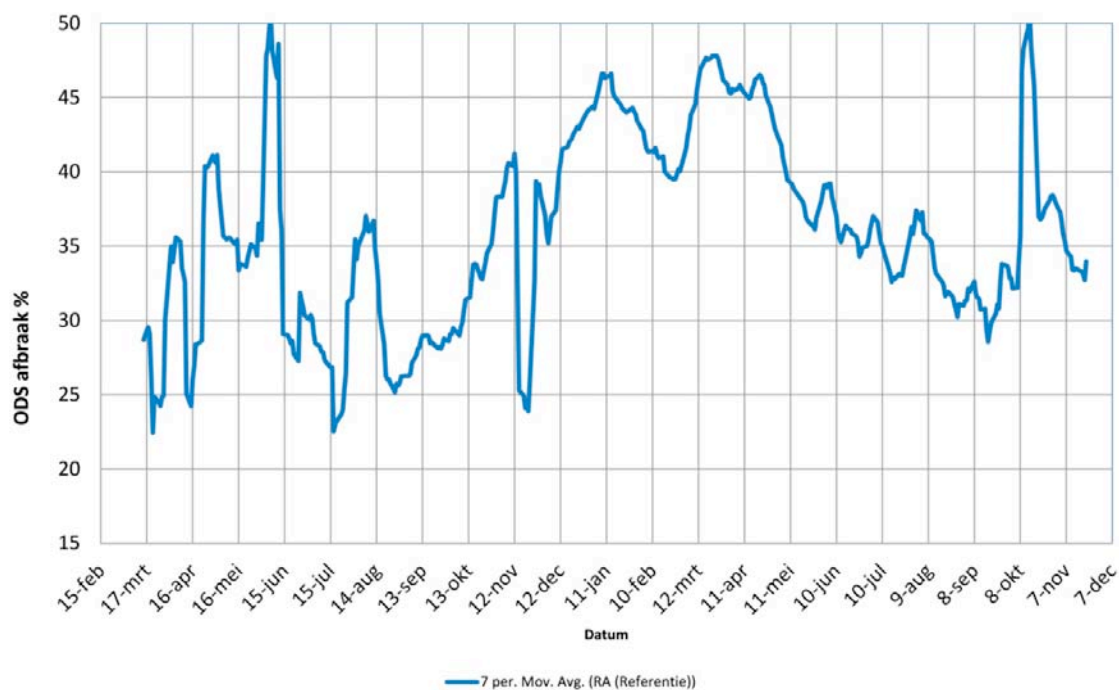
Afbeelding 3. Resultaten batchtest op mengslib (primair, secundair en extern slib)

In afbeelding 4 is het drogestofgehalte en organisch drogestofgehalte van de voeding van een continutest grafisch weergegeven over een periode van bijna twee jaar. Zoals is te zien varieert het organisch drogestofgehalte (ODS) aanzienlijk bij een gelijkmatige voeding van de gisting op basis van het (totale) drogestofgehalte. De ODS varieert niet alleen van dag tot dag, maar ook van seizoen tot seizoen, van 76% ODS in het voorjaar naar 68-70% in september. Aangezien de afbreekbaarheid van de organische drogestof over het seizoen varieert, kan worden verwacht dat de slibreductie ook varieert over het seizoen. Dat dit zo is, is te zien in afbeelding 5, waar de ODS afbraak in de referentiereactor is weergegeven. Deze afbraak varieert over het jaar tussen de 25 en 50%, waarbij de piek overeen komt met een periode met een hoog ODS-gehalte in de voeding.



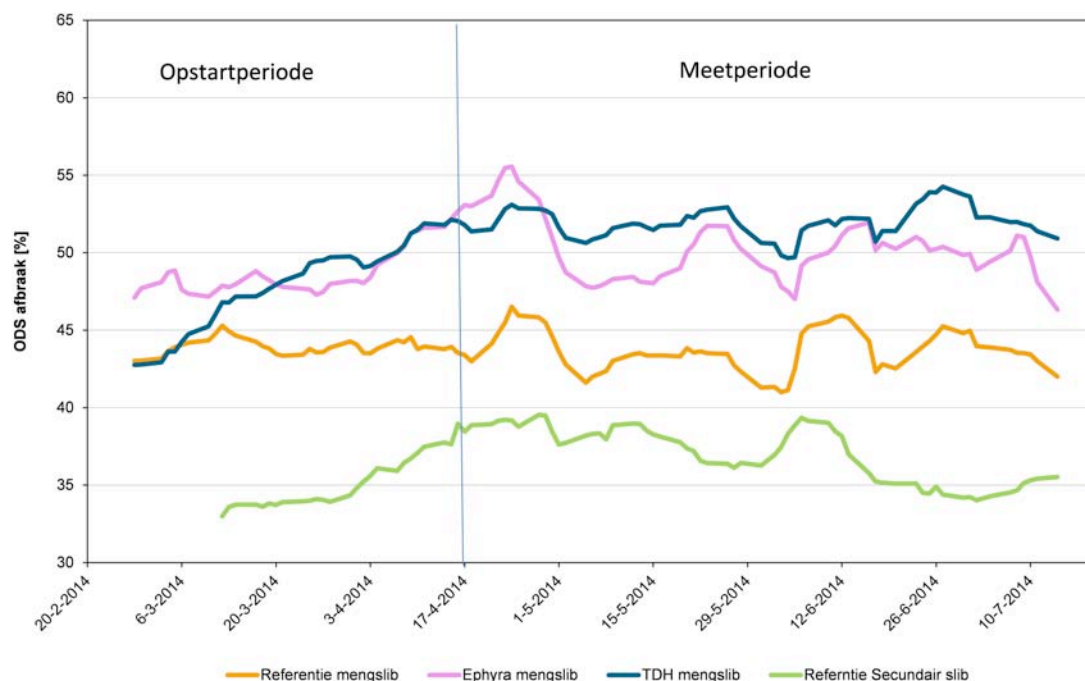
Afbeelding 4. Gehaltes aan drogestof (DS) en organische drogestof (ODS) in de voeding van de labreactoren

Een dergelijk verschil in afbraak heeft consequenties voor de kwaliteit van het uitgegiste materiaal. Hier moet rekening mee worden gehouden bij bijvoorbeeld de keuze van ontwateringsapparatuur. Het drogestofgehalte van het ontwaterd slib varieert namelijk met het organisch aandeel in het slib en dus met de aanvoer en afbraak van organische drogestof. Hierbij moet bedacht worden dat de afbraak in de referentiereactor iets gunstiger is dan in de fullscale reactor, onder andere doordat in het lab de voeding en daarmee de hydraulische verblijftijd in de gisting veel constanter zijn dan in de praktijk. In de praktijk kunnen dus de variaties nog groter zijn.



Afbeelding 5. ODS-afbraak in de referentiereactor

Alleen al vanwege het verschil per locatie in de verhouding tussen primair, secundair en extern slib kan het effect van een willekeurige technologie op een bepaalde locatie niet zomaar gekopieerd worden naar een andere locatie. Elke locatie heeft immers een andere slibsamenstelling. Afbeelding 6 geeft de vergistbaarheid weer van een mengslib bestaande uit primair, secundair en extern slib bij vergisting met drie verschillende technieken: conventionele gisting (CSTR), Ephyra[®]-vergister en thermische drukhydrolyse voorafgaand aan conventionele gisting. Alle gistingsreactoren zijn bedreven bij 35°C en een totale verblijftijd van 20 dagen. Daarnaast is in afbeelding 6 het resultaat opgenomen van een andere awzi, waarbij alleen het secundaire slib is vergist in een conventionele gisting bij 35°C en 20 dagen verblijftijd. Duidelijk is dat onder vergelijkbare condities de afbraak van alleen secundair slib minder is dan van een mengslib, ofwel: primair slib breekt beter af dan secundair slib. Ook laat de grafiek duidelijk zien dat het maximaal haalbare afbraakpercentage van het mengslib met een thermische drukhydrolyse als voorbehandeling rond de 52% ligt, terwijl het afbraakpercentage van de referentiereactor op gemiddeld 43% ligt en de extra afbraak met een voorgeschakelde Ephyra[®]-vergister op gemiddeld 49% ligt. Bij dergelijke resultaten zal een afweging moeten worden gemaakt tussen investeringen en resultaat om te komen tot een optimale businesscase.



Afbeelding 6. ODS-afbraak voor mengslib met verschillende vergistingsconcepten en voor een secundair slib met conventionele vergisting

Conclusies

Op basis van het voorgaande zal duidelijk zijn dat de 'vergistbaarheid' van slib geen eenvoudig en eenduidig begrip is. Vergistbaarheid hangt af van veel aspecten, zoals de slibsamenstelling, de voorbehandeling, en de vergistingstechniek. Overigens hangt de keuze voor een bepaalde techniek niet alleen af van de te behalen resultaten (vergistbaarheid), maar ook van het doel van de geplande wijziging (energiewinning, slibreductie, meer slib kunnen verwerken of een combinatie hiervan).

Door de vele variaties in de slibkwaliteit is het voorspellen van de vergistbaarheid en de ontwaterbaarheid een riskante onderneming. Dit terwijl een goede voorspelbaarheid belangrijk is, gezien de grote investeringen die met dergelijke projecten gepaard gaan en de boetes die de opdrachtnemer tegemoet kan zien als de afgesproken resultaten niet gehaald worden. Om een juiste afweging te maken voor de keuze van een bepaalde techniek op een specifieke slibverwerkingslocatie is derhalve laboratorium- en/of pilotonderzoek noodzakelijk.

Ad 2. Slibrheologie

Slib is geen homogene vloeistof zoals water, zeker niet als het slib wordt ingedikt, al of niet met poly-elektrolyt (PE). Bij het mengen, verpompen en opwarmen van slib moet met de viscositeit van dit dichtere materiaal rekening worden gehouden. Waar water al snel overgaat in een turbulent stromingsgedrag, zal (ingedikt) slib zich veel langer laminair blijven gedragen. De relatief simpele formules voor stroming, drukopbouw en warmteoverdracht bij water gaan bij slib niet zonder meer op. Dit vraagt om meer inzicht in slibrheologie, zeker bij het steeds verder indikken van slibstromen.

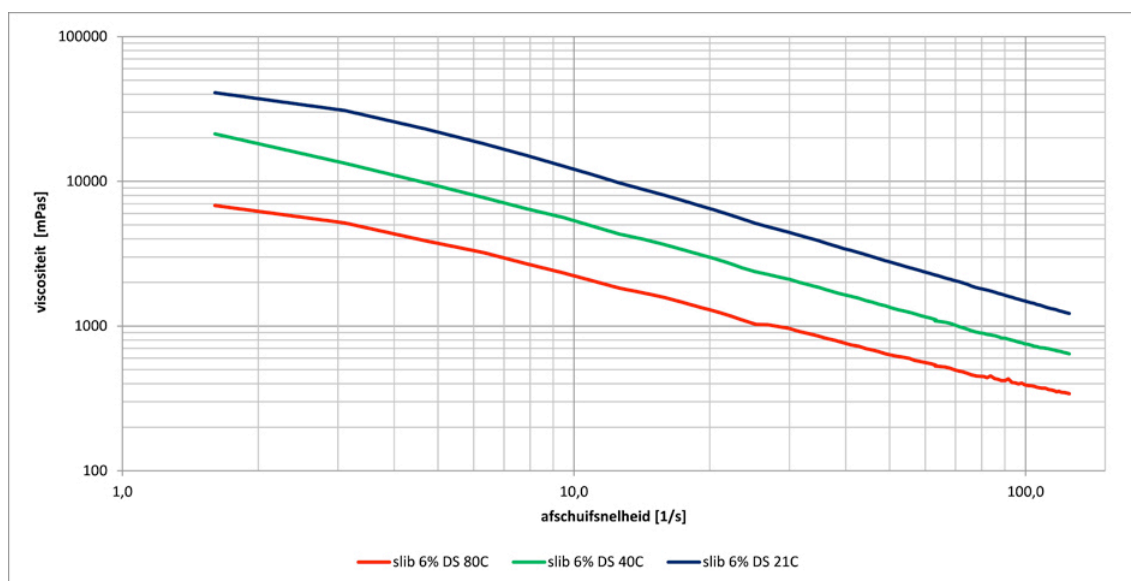
Een bekend voorbeeld is het verpompen en verwarmen van ingedikt slib naar een gistinginstallatie. Voordat het naar een gistingstank wordt verpompt heeft het ingedikte slib op een awzi een temperatuur van ca 8-20°C, Afhankelijk van het type slib, de indikkingsgraad,

het type gisting, menging en de eventuele voorbehandeling moet dit slib worden getransporteerd en verwarmd; bij TDH-processen tot wel 165°C.

Er is gebleken dat leveranciers van mixers, pompen en warmtewisselaars niet altijd rekening houden met de hogere viscositeit van dikker slib, terwijl dit met simpele apparatuur (viscositeitsmeter) goed is te meten.

Voor slibachtige stromen wordt meestal gerekend met een viscositeit van 150 mPas, 150 keer zo viskeus als water. Voor gravitair ingedikt slib voldoet deze waarde over het algemeen ruimschoots, maar voor mechanisch met poly-elektrolyten ingedikt secundair slib is deze waarde veel te laag.

In afbeelding 7 is de viscositeit bij drie verschillende temperaturen weergegeven van een secundair mechanisch ingedikt slib met een drogestofgehalte van 6%. Zoals in de afbeelding is te zien, is bij een afschuifsnelheid van 1,6/s – wat overeenkomt met een heel lage stroomstroomsnelheid en weinig turbulentie in een leiding – de viscositeit bij 21 °C ruim 6 maal zo hoog als bij 80 °C (6.800 versus 41.000 mPas). Dit is vele malen hoger dan de 150 mPas die vaak door leveranciers wordt gebruikt. Bij hoge afschuifsnelheden (dus veel turbulentie/hoge snelheid) neemt de viscositeit af tot 340 mPas voor slib van 80 °C respectievelijk 1220 mPas voor slib van 21 °C.



Afbeelding 7. Viscositeit bij verschillende temperaturen en afschuifsnelheden van secundair slib met een DS-gehalte van 6%

Om bij het opwarmen van dik slib voldoende warmte in te brengen kan de temperatuur van het water waarmee het slib wordt opgewarmd verhoogd worden. Een groter temperatuurverschil (delta T) geeft immers een grotere warmteoverdracht. Dit verhogen van de temperatuur kan echter ook een averechts effect hebben op de warmteoverdracht, omdat de kans groot is op 'karamellisering'/bruinkleuring (maillard-reactie) op het grensvlak van de warmtewisselaar en het te verwarmen slib. De hierdoor gevormde laag belemmert juist de warmteoverdracht, zodat temperatuurverhoging minder effectief is.

Conclusies

Dik slib zorgt voor problemen bij het mengen, verwarmen en verpompen van slib. Door de viscositeit goed te meten kan de mengbaarheid van primair en secundair slib, de noodzaak tot versnijden en de wijze van verwarming goed worden geschat. Op basis van relatief eenvoudige labtesten kan beoordeeld worden of er problemen te verwachten zijn en wat de effectiviteit van een bepaalde maatregel is.

Vertaling naar businesscases vereist inhoudelijke kennis

In een businesscase worden de opbrengsten doorgaans gebaseerd op een investerings- en exploitatiekostenraming van het project en een inschatting voor de organische drogestofafbraak, het ontwateringsresultaat en de kosten voor aanvullende chemicaliën en verwarmingskosten.

Op basis van labtesten wordt een beter beeld verkregen van zowel de investeringskosten als de effectiviteit van een bepaalde maatregel, hoewel natuurlijk ook een labtest beperkingen heeft. Er kunnen meetfouten gemaakt worden en testresultaten kunnen vaak niet één op één doorvertaald worden naar full-scale toepassingen. Bij het beoordelen van de haalbaarheid en effectiviteit van een project is het dus belangrijk dat inhoudelijk deskundigen (technologen) en kostenexperts met elkaar in gesprek zijn en blijven en dat waar nodig uitgangspunten worden bijgesteld. Er kan ook gewerkt worden met bandbreedtes bij de weergave van de businesscase van een toekomstig project. RHDHV organiseert in 2015 een workshop over hoe praktisch toegepast onderzoek bij kan dragen aan het verder optimaliseren van de sliblijn.

Samenwerking maakt innovatieve slibgistingstechnologieën mogelijk

Ook bij nieuwe technologieën is verificatie van de aannames op basis van labonderzoek noodzakelijk. Sinds 2011 heeft Royal HaskoningDHV twee technologieën in ontwikkeling, te weten Ephyra[®] en Themista[®]. Op labschaal is het effect van deze technologieën aangetoond; de testen laten zien dat de businesscase van deze technologieën interessant is en positief bij kan dragen aan de doelstelling van de Nederlandse waterschappen.

Ephyra[®] is een speciale propstroom-voorvergistingsreactor. Tijdens de verblijftijd van 6-8 dagen wordt het grootste deel van de organische stof al afgebroken. In combinatie met een nagisting worden resultaten behaald die in de buurt van een TDH-voorbehandeling komen (zie afbeelding 6).

Themista[®] is een laagtemperatuur-voorbehandeling in combinatie met een aanvullende chemische, fysische of enzymatische behandeling, met onder andere als doel de omzetsnelheid en maximale afbraak in (zwaar belaste) gistingstanks te verhogen.

De eerste berekeningen op basis van de labresultaten tonen aan dat toepassing van Ephyra[®] op awzi Tollebeek en Themista[®] op awzi Kralingseveer leidt tot zeer interessante businesscases. Om dit verder te onderbouwen is onlangs in samenwerking met waterschap Zuiderzeeland, het hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Royal HaskoningDHV, Logisticon Water Treatment en Stowa vergelijkend pilotonderzoek gestart. TU Delft en Endress+Hauser ondersteunen dit consortium. In dit pilotonderzoek wordt het vergelijkend labonderzoek (op 20 L) met een factor 1.000 opgeschaald naar reactoren van 20 m³. Deze schaalgrootte geeft de

mogelijkheid om niet alleen de afbraakverbeteringen aan te tonen maar ook de verbetering van Ephyra[®] en Themista[®] op het ontwateringsresultaat en de viscositeit inzichtelijk te maken.



Afbeelding 8. De 20 m³-referentie en Ephyra[®]-pilotinstallatie op de awzi Tollebeek

De verwachting is dat medio 2015 de eerste betrouwbare resultaten gepubliceerd kunnen worden. Zie voor meer info: www.slibgisting.nl

Referenties

1. Stowa (2010). Op weg naar de RWZI 2030, 2010-11
2. Stowa (2011). Handboek slibgisting, 2011-16