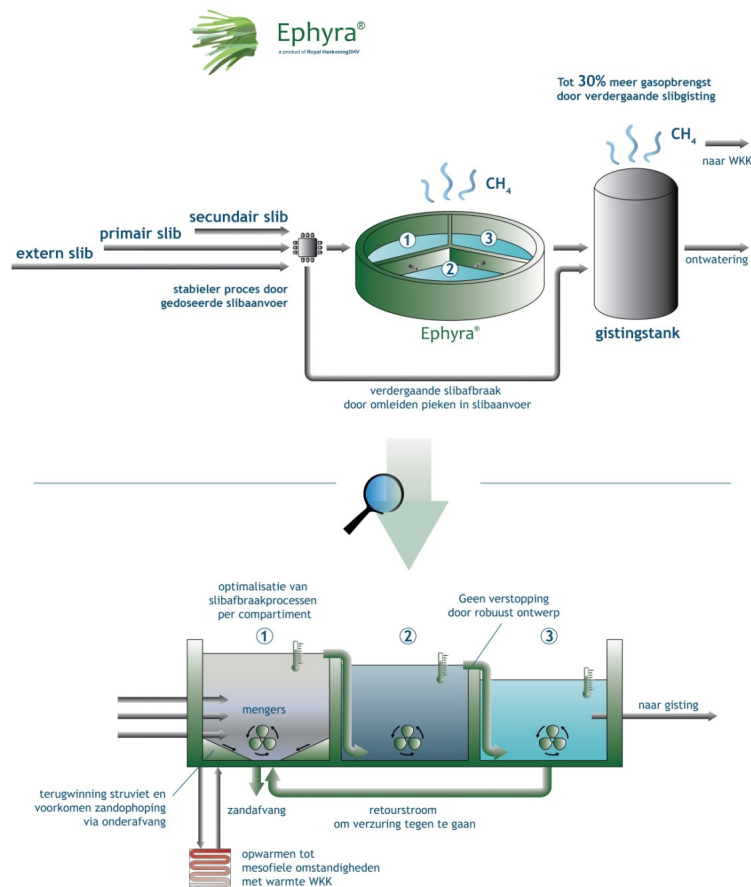


OPENBARE EINDRAPPORTAGE DEI1160019

Ephyra®: een demonstratie van energie-innovatie door een innovatieve gistingstechnologie/vergisting van zuiverings-slib



Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

PROJECTGEGEVENS

Projectnummer:	DEI1160019
Projecttitel:	Ephyra®: een demonstratie van energie-innovatie door een innovatieve gistingstechnologie / vergisting van zuiverings-slib.
Penvoerder en medeaanvragers:	Waterschap Zuiderzeeland
Projectperiode:	01-05-2016 t/m 01-06-2019
Contactpersoon Waterschap Zuiderzeeland: (tevens te benaderen voor het verkrijgen van kopieën van deze rapportage)	Remmie Neef Sr. Procestecnoloog t. 06 46 91 98 91 e. r.neef@zuiderzeeland.nl

1. INHOUDELIJK EINDRAPPORT

1.1. Samenvatting

Waterschap Zuiderzeeland heeft met dit project geïnvesteerd in een innovatieve slibgistingstechnologie die meer energie uit het afvalwater haalt en de zuivering van afvalwater duurzamer en goedkoper maakt. De technologie is gebaseerd op het Ephyra® principe dat is ontwikkeld door RoyalHaskoning DHV. Slibgisting via Ephyra® is gebaseerd op propstroming en kan zowel als voorbehandeling bij bestaande installaties en als zelfstandige vergistingstechnologie worden ingezet.

Het hoofddoel van dit project was om de innovatieve slib(voor)behandelingstechnologie Ephyra® succesvol te demonstreren op de afvalwaterzuivering Tollebeek. Hoewel reeds veel vooronderzoek was verricht, was voor acceptatie van eindgebruikers (de waterschappen, maar ook industriële partners in Nederland en het buitenland) een full scale demonstratie onder representatieve omstandigheden essentieel. Het project is uitgevoerd op basis van een viertal werkpakketten. Dit waren:

1. Ontwerp en voorbereiding van full-scale demonstratie-installatie van Ephyra®;
2. Realisatie demonstratie-installatie Ephyra®;
3. Opstart, referentie en ingebruikname;
4. Projectmanagement en kennisverspreiding.

Het project is zeer succesvol verlopen. De Ephyra®-installatie kon zonder problemen worden ingepast op de bestaande AWZI. Tijdens de opstart en uitvoering van het project hebben zich geen grote problemen voorgedaan, wel waren er een drietal kleinere 'problemen'. Dit waren schuimvorming in de Ephyra®-tank, de soms moeilijke afstemming van de werkzaamheden en een Ephyra®-tank die niet meteen gasdicht was.

Vanaf het moment dat Ephyra® is opgestart is het duidelijk geweest dat het een robuuste techniek betrof, mede doordat de nageschakelde reactor in geval van piekbelasting een natuurlijke buffer vormt. De Ephyra®-installatie draait nu zelfs standaard boven de nominale ontwerpbelasting (200m³ i.p.v. 180m³). De Ephyra®-slibgisting kan deze extra slibvracht goed verwerken waardoor er meer biogas wordt geproduceerd dan het oorspronkelijke ontwerp. De Ephyra®-installatie heeft er voor gezorgd dat de capaciteit van de AWZI dusdanig is toegenomen dat de totale biogasproductie met 68,5% is gestegen. Voor het extra biogas wordt nu gekeken naar omzetting naar groengas of transportgas.

Het project is uiteindelijk duurder gebleken dan op basis van de oorspronkelijke begroting werd verwacht. Dit is deels veroorzaakt door de onnauwkeurigheid die altijd in de voorlopig ontwerpfase optreedt ($\pm 30 - 40\%$), deels ook door inflatiecorrectie. Al met al zijn de kosten hiermee binnen gebruikelijke bandbreedtes gebleven, hetgeen voor een eerste installatie zeer acceptabel is.

De gewenste besparing van 13,5 TJ/jaar is meer dan bereikt als ook de daarmee gepaard gaande (berekende) extra CO₂-besparing van 630 ton CO₂/jaar. Sinds de inbedrijfname produceert Ephyra® op de zuivering Tollebeek meer elektriciteit dan het benodigde eigen verbruik. Er wordt daardoor elektriciteit aan het net teruggeleverd. Ephyra® heeft daardoor geresulteerd in méér dan energieneutraal waardoor de AWZI Tollebeek een energieleverancier is geworden. Ephyra® is hiermee een duurzame maar niet duurdere techniek

Ook na implementatie van de Ephyra op Tollebeek gaan Waterschap Zuiderzeeland, Royal HaskoningDHV, STOWA en de Technische Universiteit Delft (aanvullend) demonstratie-onderzoek aan de praktijkinstallatie verrichten. Dit beoogt het proces verder te verbeteren en het genereert extra kennis die toepasbaar is op ontwerpen van toekomstige Ephyra®-installaties.

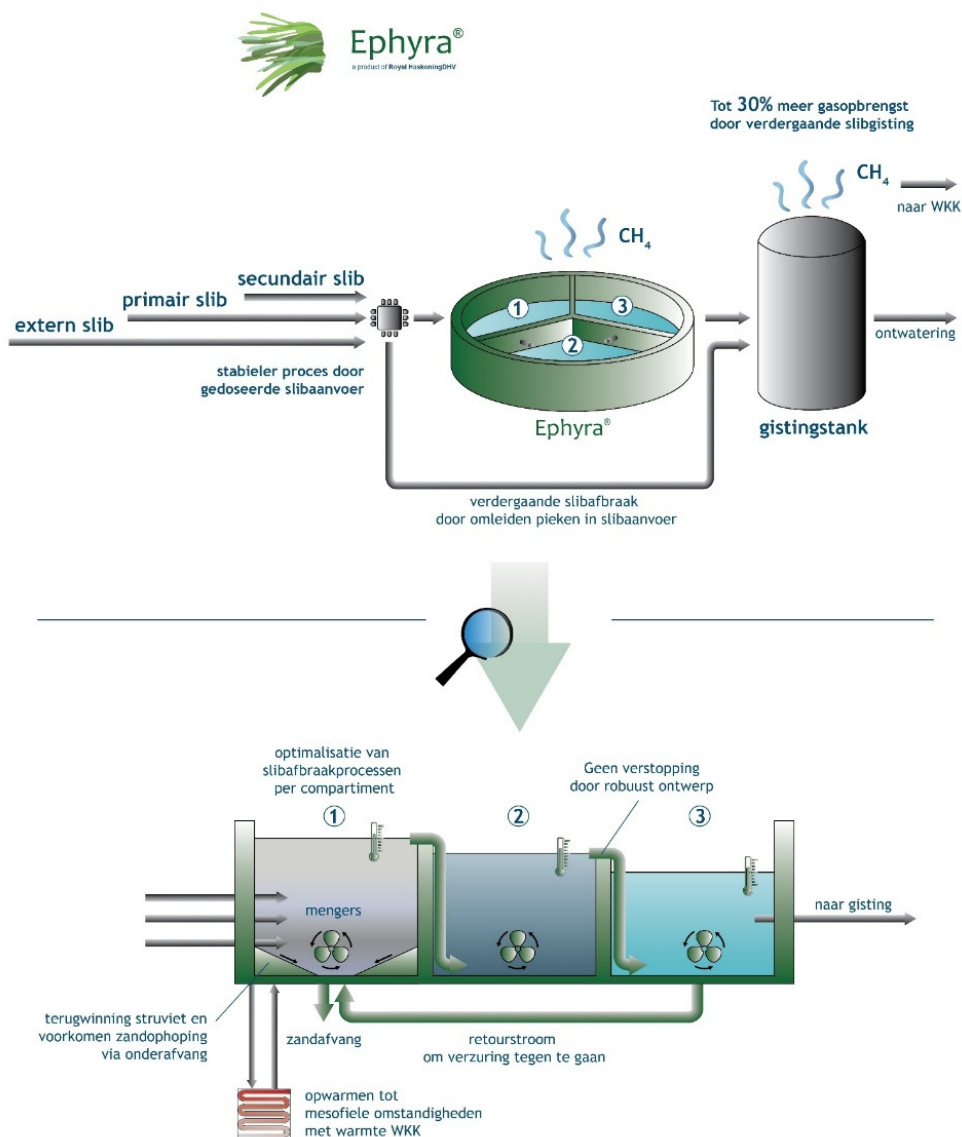
De succesvolle opstart en prestatie van de Ephyra®-gisting op Tollebeek heeft ook andere partijen en waterschappen overtuigd van het systeem. Dit is ondersteund door actieve kennisverspreiding, zo zijn zowel tijdens de bouw- als de opstartfase diverse nationale en internationale delegaties van geïnteresseerde partijen ontvangen en rondgeleid. Door RHDHV is Ephyra gepresenteerd op diverse vakdagen en congressen en is in vakpers gepubliceerd. Dit heeft inmiddels geleid tot concrete leads bij waterschappen in Nederland, serieuze internationale interesse en een paar concrete opdrachten voor RHDHV (ook internationaal).

Al met al is het project zeer succesvol verlopen en zijn de resultaten vergelijkbaar of zelfs beter dan tijdens de aanvraag voorzien. De installatie is binnen planning ingebouwd in een bestaande RWZI en levert qua prestaties een beter resultaat dan vooraf verwacht. Met de ontwikkeling van Ephyra®-gistingstechnologie, vanaf de laboratoriumonderzoeken tot en met de eerste demonstratie-installatie, is innovatieve Nederlandse technologie en kennis ontwikkeld en in de (internationale) etalage gezet.

1.2. Inleiding

De waterschappen hebben in MJA-3 doelstellingen 20% energiebesparing in 2020 vastgelegd. Daarnaast is het de ambitie van ZZL om per 2030 op energiegebied in de waterketen volledig zelfvoorzienend te zijn. Deze ambitie kan alleen worden ingevuld door een groter deel van het eigen afvalwater-zuiverings-slib te vergisten. Hiermee wordt de energie-inhoud van het slib namelijk beter benut. De eerste stap hierin was de bestaande slibgistinginstallatie op de afvalwaterzuiveringsinstallatie Tollebeek (verder AWZI Tollebeek genoemd) te optimaliseren en uit te breiden zodat ook het slib van de AWZI Lelystad vergist kan worden.

Waterschap Zuiderzeeland heeft in dit project een innovatieve slibgistingstechnologie gekozen die meer energie uit het afvalwater haalt en de zuivering van afvalwater duurzamer en goedkoper maakt. De technologie is gebaseerd op het Ephyra® principe dat is ontwikkeld door RoyalHaskoning DHV. De Ephyra®-technologie ziet er in tekeningen als volgt uit:



De belangrijkste voordelen voor de keuze voor Ephyra waren:

- Ephyra® biedt Waterschap Zuiderzeeland door de grote extra capaciteit de enige mogelijkheid om binnen de bestaande installatie en beperkte ruimte ook het slib van de AWZI Lelystad te vergisten;
- Ephyra® leidt ertoe dat het slib beter vergist waardoor de biogasopbrengst met 30% wordt vergroot en er ca. 15% minder slib resteert. Ephyra® vergroot ook de capaciteit waardoor de totale biogasproductie met ca. 80% kan stijgen. Hierdoor verdient Ephyra® zichzelf terug;

- Ephyra® is een techniek die eenvoudig in te passen is binnen de huidige AWZI Tollebeek . Andere technieken (zoals Thermische Druk Hydrolyse, hierna TDH) vergen aanzienlijk hogere investeringen en zijn veel complexer (zie hoofdstuk 6);
- Ephyra® vergt geen extra chemicaliën voor het vergistingsproces of ontwatering.
- Ephyra® kent een hogere netto energieopbrengst dan TDH omdat het een mesofiele gisting is die geen extra warmte vraagt;
- Ephyra® is robuust doordat de nageschakelde reactor i.g.v. piekbelasting een natuurlijke buffer vormt;
- Ephyra® kan eenvoudig struviet terugwinnen door magnesium toe te voegen;
- Ephyra® is duurzaam maar niet duurder en doet geen concessies aan de kwaliteit van het effluent;
- Ephyra® is een grote stap richting energetische zelfvoorzienendheid, het maakt de AWZI Tollebeek energieneutraal.

Waterschap Zuiderzeeland heeft daarom samen met technologie-ontwikkelaars Royal HaskoningDHV B.V. en Logisticon Watertreatment B.V. geïnvesteerd in de ontwikkeling van de innovatieve Ephyra®-technologie om de energieopbrengsten uit zuiveringsslib significant te verhogen. Slibgisting via Ephyra® is gebaseerd op propstroming en kan zowel als voorbehandeling bij bestaande installaties en als zelfstandige vergistingstechnologie worden ingezet.

Uitgevoerd pilotonderzoek liet veelbelovende resultaten zien. Een succesvolle full-scale demonstratie van deze technologie was echter noodzakelijk om de business case te valideren, een thuismarktreferentie en status 'proven technology' te verkrijgen en om hiermee snelle marktintroductie mogelijk te maken.

1.3. Doelstelling

Het hoofddoel van dit project was om de innovatieve slib(voor)behandelingstechnologie Ephyra® succesvol te demonstreren op de afvalwaterzuivering Tollebeek. Hoewel reeds veel vooronderzoek was verricht, was voor acceptatie van eindgebruikers (de waterschappen, maar ook industriële partners in Nederland en het buitenland) een full scale demonstratie onder representatieve omstandigheden essentieel. Om een goede acceptatie te bewerkstelligen, kende het project verschillende doelstellingen. Deze staan hierna per thema genoemd:

- Financieel: het onderbouwen van een businesscase voor een installatie die zich binnen 6 jaar (of minder) terugverdiend;
- Technologisch: een organische stofafbraak die vrijwel even hoog is als die van TDH en aanverwante technologieën;
- Duurzaam: een aanzienlijk hogere productie van elektriciteit per afgebroken ton organische stof dan vergelijkbare systemen en een perspectief op het terugwinnen van struviet;
- Robuustheid: een goed te bedienen proces, voorspelbaar en beheersbaar, zonder bedrijfsstoringen,;
- Kennis: laten zien hoe een volgende Ephyra® leaner kan worden gebouwd en een nog betere performance kan laten zien (door middel van een eenmalige en complete review op het ontwerp).
- Kennisspreiding: ontvangst van geïnteresseerden/potentiële gebruikers, kennisspreiding via Stowa en eventueel trainingsfaciliteit on-site.

1.4. Werkwijze

Het project is uitgevoerd op basis van een viertal werkpakketten. Dit waren:

1. Ontwerp en voorbereiding van full-scale demonstratie-installatie van Ephyra®

In dit werkpakket is het ontwerp van de installatie uitgewerkt en werden aanbestedingsdocumenten voorbereid. Daarnaast zijn de vergunningen voor de uitvoering van het project aangevraagd en verkregen. Voor Ephyra zijn twee omgevingsvergunningen aangevraagd in februari 2016, deze zijn toegekend op 30 juni 2016. Er is een vergunning aangevraagd voor de locatie Tollebeek waar Ephyra wordt gerealiseerd, en een vergunning op de AWZI in Lelystad voor de realisatie van een slibbuffer.

2. Realisatie demonstratie-installatie Ephyra®

De bouw van de Ephyra installatie is aanbesteed in drie afzonderlijke bestekken voor civiel, werktuigbouwkundig en elektronisch werk en gegund op basis van laagste prijs. De motivatie voor gunning op basis van laagste prijs is dat het bestek dusdanig uitgeschreven was dat extra kwaliteit niet meer te behalen viel voor de inschrijvende partijen en dat een EMVI aanbesteding een onnodige zware belasting zou vergen van de inschrijvende partijen. De reden dat de kwaliteit zo specifiek in het bestek is omschreven is dat alle omliggende installaties en aanpassingen een grote invloed hebben op het presteren van de Ephyratechnologie.

Na de gunning is begonnen met de bouw van de Ephyratank en het Ephyra-machinegebouw, alsmede de bouw van slibopslagtanks voor slib op de RWZI's van Tollebeek en Lelystad. Daarnaast is de sliblijn van de RWZI van Lelystad aangepast en warmtekrachtkoppeling op Tollebeek geïnstalleerd. Aanvullend op deze implementatie is op de Ephyra-

installatie nog een chemicaliëndoseerinstallatie geïnstalleerd. De Ephyra-installatie kon zonder problemen worden ingepast op de bestaande RWZI. De bouw van de Ephyra-installatie bij RWZI Tollebeek is voltooid in november 2017.

3. Opstart, referentie en ingebruikname

Na voltooiing van de installatie is het Ephyra-proces opgestart. De Ephyra-tank is gevuld met slib uit de vergister van de RWZI. Binnen een week was de Ephyra-tank gevuld met primair en secundair slib. Vervolgens is ook slib van de RWZI Lelystad toegevoegd. Tegen het einde van januari 2018 was de Ephyra-tank gevuld conform het ontwerp. De opstartperiode heeft vijf maanden geduurd en is in mei 2018 succesvol afgerond met een garantietest. Gedurende de opstartperiode is personeel opgeleid. Samengevat heeft Ephyra een succesvolle opstart gehad en de installatie is inmiddels zonder noemenswaardige problemen in bedrijf.

4. Projectmanagement en kennisverspreiding

Vanaf de projectstart heeft een ervaren projectmanager het project begeleid. Binnen het projectteam van Waterschap Zuiderzeeland heeft gedurende de bouw vierwekelijks projectteamoverleg plaatsgevonden. Daarnaast waren er vierwekelijkse bouwoverleggen per discipline (civieltechnisch, werktuigbouwkundig en elektrotechnisch) met de betreffende aannemers, met aansluitend een overkoepelende coördinatievergadering. Bij deze overleggen was ook RHDHV aanwezig voor de opstart van het bouwproces. Daarnaast was er tussen Waterschap Zuiderzeeland en RHDHV intensief en continue contact voor goedkeuring op constructie- en installatietekeningen, en vanaf november 2017 (opstart Ephyra-proces) twee- tot drieweekelijks overleg over de prestaties en tekortkomingen van de installatie.

Parallel hebben Stuurgroepoverleggen en begeleidingscommissie-overleggen plaatsgevonden. Tijdens het project zijn resultaten regelmatig gedeeld, onder andere op de website en tijdens inhoudelijke bijeenkomsten. Aanvullend op de bezoeken en digitale media, zijn er informatieborden gerealiseerd op de sites AWZI Tollebeek en AWZI Lelystad waarop onder andere staat vermeld: *“Dit project is mede gefinancierd met een bijdrage van het financieringsinstrument LIFE van de Europese Unie en met topsector Energie-subsidie van het Ministerie van Economische Zaken.”*

1.5. Resultaten van het project

Het project is zeer succesvol verlopen.

De Ephyra®-installatie kon zonder problemen worden ingepast op de bestaande AWZI. Vanaf het moment dat Ephyra® is opgestart is het duidelijk geweest dat het een robuuste techniek betrof, mede doordat de nageschakelde reactor in geval van piekbelasting een natuurlijke buffer vormt. Er is sprake van piekafvlakking waardoor – als gevolg van de constantere slibstroom – de slibgisting efficiënter opereert. Daar waar de oude ‘regeling’ het debiet op dagniveau afvlakte, kijkt Ephyra® een week vooruit. Hierdoor is er op de langere termijn minder sprake van pieken en dalen. Dit resulteert in een efficiënte en stabiel opererende installatie. Het technologische proces bijzonder robuust gebleken, bleek weinig gevoelig voor storingen én was goed voorspelbaar en goed beheersbaar.

In 2018 was het slibaanbod 34% hoger dan aangenomen in de businesscase. De installatie is als gevolg van deze toename van het slibaanbod zelfs zwaarder belast dan waarvoor deze oorspronkelijk gebouwd is. Ook dat heeft geen problemen opgeleverd. De Ephyra®-installatie draait daarom nu standaard boven de nominale ontwerpbelasting (200m³ i.p.v. 180m³) waardoor er zelfs meer biogas wordt geproduceerd dan in het oorspronkelijke ontwerp was voorzien.

De Ephyra®-installatie heeft er voor gezorgd dat de capaciteit van de AWZI dusdanig is toegenomen dat de totale biogasproductie met 68,5% is gestegen. Het oorspronkelijk verbruik van de WKK was ca. 1.750m³ per dag en er werd ook nog eens ca. 950m³ afgefakkeld. Dit samen een gemiddelde van 2.700m³. In nieuwe situatie is – dankzij Ephyra® - de gemiddelde biogasproductie 4.550m³ per dag, inclusief de dagen waarin er door storing o.i.d. geen biogasproductie plaatsvond. In drie maanden in het voorjaar van 2019 was de dagopbrengst zelfs gemiddeld 4.900m³ (81,5% meer). Meer specifiek geldt dat in de drie jaren voorafgaand aan de ingebruikname van Ephyra®, de gemiddelde biogasproductie per dag 2.846m³ was. Na de ingebruikname van Ephyra® is de gemiddelde biogasproductie per dag gestegen naar 4.550m³ (gemeten over de laatste 12 maanden). Dit is een toename van 1.704m³. Dit is ruim 100m³ per dag meer dan de verwachte 1.600m³ biogas extra per dag. Daarmee is de gewenste besparing van 13,5 TJ/jaar meer dan bereikt als ook de daarmee gepaard gaande (berekende) extra CO₂-besparing van 630 ton CO₂/jaar.

Sinds de inbedrijfname produceert Ephyra® op de zuivering Tollebeek meer elektriciteit dan het benodigde eigen verbruik. Er wordt daardoor elektriciteit aan het net teruggeleverd. Voor de inbedrijfname van Ephyra® was de elektriciteitsinkoop op Tollebeek circa 1.200.000 kWh/j. Hiernaast werd 1.300.000 kWh/j uit biogas opgewekt. Na de inbedrijfname van Ephyra® was de eigen opwekking meer dan 2.500.000 kWh/j. De hoeveelheid eigen opgewekte elektriciteit is nagenoeg verdubbeld. Ephyra® heeft daardoor geresulteerd in méér dan energieneutraal waardoor de AWZI Tollebeek een energieleverancier is geworden hetgeen er ook in resulteert dat Ephyra® een duurzame maar niet duurdere techniek is.

AANVULLENDE (MEER TECHNISCHE) TOELICHTING OP HET PROJECT EN DE RESULTATEN

Het gistingproces verloopt in de Ephyra®-installatie volgens dezelfde stappen (hydrolyse, verzuring en methaanvorming) als in een conventionele gemengde reactor. Het technologisch principe van het Ephyra® concept bestaat uit drie in serie geschakelde reactoren met een relatief korte verblijftijd, en in de situatie van AWZI Tollebeek gevolgd door een volledig gemengde (na)gisting.

Door de toegepaste serieschakeling ontstaat een propstroomregime in plaats van een volledig gemengde reactor regime zoals dit bij conventionele gisting wordt toegepast. Hiernaast is de hypothese dat door toepassing van serie geschakelde reactoren met een korte verblijftijd, de verschillende stappen van het gistingproces gescheiden van elkaar plaatsvinden. Bij de traditionele volledig gemengde gisting verlopen de verschillende deelprocessen gelijktijdig, en is er sprake van suboptimale condities voor elk deelproces. Met de gekozen propstroomconfiguratie bij Ephyra® is er minder onderlinge beïnvloeding van de deelprocessen, waardoor het mogelijk is de deelprocessen onafhankelijk van elkaar te optimaliseren. Het resultaat is een hogere slibafbraak en biogasproductie. Om te voorkomen dat de pH te ver daalt in de eerste reactoren (voor de methaanvorming nadelig) is er de mogelijkheid tot recirculatie.

Aan de hand van de praktijkresultaten is vastgesteld dat Ephyra® meer oplevert. In deze eindrapportage zijn in paragraaf 1.5. resultaten van het project weergegeven. Vergeleken met een conventionele volledig gemengde reactor met een afbraak-percentages van tussen de 30-35% is dit voor Ephyra® zo'n 41%. Dat resulteert in toename van de biogasproductie van 15-20% uitgaande van het vergisten van een mengsel primair slib en surplus slib zoals dat was in 2017. In 2018 is echter een deel van het slib van de AWZI Lelystad in Ephyra vergist en dit heeft voor een extra toename in de biogasproductie gezorgd.

De verblijftijd in de Ephyra® bedroeg in 2018 zo'n 8 dagen en in de navergister 10 dagen. Voor een volledig gemengde reactor wordt 20 dagen en meer aangehouden. De Ephyra®+navergister wordt nog niet maximaal belast, de verwachting is dat een totale verblijftijd van 14 dagen voldoende is en mogelijk nog lager kan. Er komt nog verder onderzoek naar de omstandigheden en de processen in de drie compartimenten waarbij beter grondslagen voor het ontwerp kan worden vastgesteld en dus ook een minimale verblijftijd. Deze verblijftijd zal aanmerkelijk lager liggen dan die van een conventionele volledig gemengde reactor.

1.6. Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

1.6.1 Vervolgactiviteiten

Ook na implementatie van de Ephyra op Tollebeek gaan Waterschap Zuiderzeeland, Royal HaskoningDHV, STOWA en de Technische Universiteit Delft (aanvullend) demonstratie-onderzoek aan de praktijkinstallatie verrichten. De doelstellingen van dit onderzoek zijn:

- Aanvullend onderzoek verrichten voor de waterschappen in Nederland;
- Additionele metingen en analyses verrichten ten behoeve van Ephyra®;
- Het bijstellen van ontwerpcriteria;
- Disseminatie van de reeds opgedane kennis.

Dit beoogt het proces verder te verbeteren en het genereert extra kennis die toepasbaar is op ontwerpen van toekomstige Ephyra®-installaties. Het doel is het demonstratie-onderzoek nog dit jaar (2019) te starten.

Het aanvullende onderzoek wordt toegespitst op de volgende onderwerpen:

- Karakterisering per compartiment;
- Karakterisering slibafbraak;
- Restvergistbaarheidstesten;
- Ontwateringseigenschappen;
- Effect recirculatiefactor;
- Struvietvorming.

In deze onderzoeken worden op reguliere basis metingen en analyses verricht. Dit zijn online metingen gericht op:

- pH, redox en temperatuur van Ephyra® (per compartiment);
- biogasproductie Ephyra en totaal;
- methaangehalte van het biogas;
- slibdebieten (primair, secundair en extern).

Aanvullend worden er labanalyses gedaan naar het DS en ODS van het primair, secundair, extern en het uitgegiste slib.

1.6.2 Spin off

De slibproducties op Tollebeek en Lelystad zijn de laatste tijd sterk toegenomen. Hierdoor wordt meer slib naar Ephyra[®] gebracht dan op basis van het ontwerp werd verwacht. De Ephyra[®] slibgisting kan deze extra slibvracht goed verwerken waardoor er meer biogas wordt geproduceerd dan het oorspronkelijke ontwerp. Voor het extra biogas wordt nu gekeken naar omzetting naar groengas of transportgas.

Voor de geplande uitbreiding en aanpassing van Almere overweegt Zuiderzeeland ook hier Ephyra[®] slibgisting te gaan toepassen. De ontwerpactiviteiten hiertoe worden naar verwachting in 2020 gestart. Resultaten van het demonstratie onderzoek kunnen dan worden meegenomen.

De succesvolle opstart en prestatie van de Ephyra[®] gisting op Tollebeek heeft ook andere partijen en waterschappen overtuigd van het systeem. Dit heeft inmiddels geleid tot serieuze internationale interesse en een paar concrete opdrachten voor RHDHV, ook internationaal. Daarnaast zijn er een aantal concrete leads bij waterschappen in Nederland om ook hier binnen nu en drie jaar Ephyra[®] te realiseren. In hoeverre dit daadwerkelijk nieuwe Ephyra[®]'s worden is nog niet te voorspellen.

1.7. Discussie

Al met al is het project zeer succesvol verlopen en zijn de resultaten vergelijkbaar of zelfs beter dan tijdens de aanvraag voorzien. Ephyra blijkt onder praktijkomstandigheden een eenvoudig inpasbare, stabiele en robuuste technologie. Kleine kinderziekten konden zonder veel problemen worden opgelost.

Omdat gekozen is voor een aanbesteding waarin alles heel specifiek in het bestek is omschreven (zie paragraaf 1.4 onder punt 2), zijn wellicht niet alle mogelijke optimalisaties behaald. Zo zijn er in de huidige (optimalisatie)fase nog een aantal kleine (proces)verbeteringen noodzakelijk, denk hierbij aan het verbeteren van de pompstelling (de locatie van de pomp), aanpassingen aan de antischuimininstallatie en uitbreiding van de fakkelpompcapaciteit.

In deze verdergaande optimalisatie wordt ook gekeken naar het doseren van $Mg(OH)_2$ aan de Ephyra-installatie. Hierdoor kan het aanwezige ortho-fosfaat worden omgezet in struviet. Dit draagt bij aan een beter en stabielere effluentkwaliteit en lager verbruik van ijzerzout in de waterlijn voor verwijdering van fosfaat. Struviet kan ook bijdragen aan een beter slibontwateringsresultaat, maar door onvoldoende menging in het proces zijn problemen ontstaan. De routes die nu worden gevolgd zijn maatregelen nemen om het struviet goed in suspensie houden en daarmee een goede ontwatering en slibreductie te realiseren. Een andere optie is het struviet uit het slib te verwijderen en dat als grondstof in te zetten voor de productie van kunstmest.

Met deze kennis, gekoppeld aan de resultaten van het presteren tot dusverre, zou een volgende installatie verdergaand geoptimaliseerd kunnen worden. Hiervoor vindt lopend onderzoek plaats.

1.8. Conclusie en aanbevelingen

De verwachtingen uit de aanvraag zijn volledig waargemaakt. De installatie is binnen planning ingebouwd in een bestaande RWZI en levert qua prestaties een beter resultaat dan vooraf verwacht: Ephyra kan de extra belasting goed verwerken en de biogasproductie (en daarmee teruglevering van energie) is daarbij ook hoger dan eerder was voorzien. De gerealiseerde Ephyra installatie op RWZI Tollebeek vormt hiermee voor de Nederlandse markt een belangrijke referentie waardoor verdere marktintroductie mogelijk wordt. Ook is internationaal al spin-off ontstaan.

2. UITVOERING VAN HET PROJECT

2.1. Problemen (technisch en organisatorisch)

2.1.1 Technisch

Tijdens de opstart en uitvoering van het project hebben zich geen grote problemen voorgedaan, wel waren er een drietal kleinere 'problemen'. Dit waren:

- Schuimvorming in de Ephyra® tank
De oorzaak hiervan is niet heel duidelijk omdat dit veel diverse oorzaken gehad kan hebben. Feitelijk is er ook altijd wel sprake van enige schuimvorming, nu was dit echter overmatig waardoor het proces verstoord werd. Om dit op te lossen is een antischuimdosering geplaatst en dat bleek een voldoende oplossing te zijn.
- Afstemming van de werkzaamheden
Het afstemmen van de bouwwerkzaamheden van vier verschillende aannemers die tegelijkertijd of na elkaar aan het werk waren op één locatie was moeilijk. Een strakke en intensievere directievoering was de oplossing.
- Tank niet gasdicht
De Ephyra® tank bleek bij de druktest niet meteen gasdicht te zijn. Na diverse onderzoeken is de oorzaak van de lekkage geconstateerd en door de leverancier verholpen. Daarna is de druktest met goed gevolg doorlopen. Onlangs is bij een routinecontrole met camera gebleken dat de tank weer/toch niet goed gasdicht is. Ook dit valt binnen de garantie en het probleem wordt wederom opgelost door de aannemer.

2.1.2 Organisatorisch

Organisatorisch hebben zich geen problemen voorgedaan.

2.2. Wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Hiervan is geen sprake geweest. Alles is grotendeels volgens plan verlopen. Er hebben zich enkel hier en daar wat wijzigingen in doorlooptijden voorgedaan.

2.3. Verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten

Het project is uiteindelijk duurder gebleken dan op basis van de oorspronkelijke begroting werd verwacht. De begroting bij de aanvraag was opgebouwd uit verschillende kostenposten, te weten:

Onderdeel A:

A1. Loonkosten

Onderdeel B:

- A2. Aangeschafte machines en apparatuur
- A3. Bedrijfsgebouwen en centrale voorzieningen
- A4. Verbruikte materialen en hulpmiddelen
- A6. Aan derden verschuldigde kosten
- A7. Geleidelijk opstarten van project
- A8. Verzekering

De loonkosten voor de projectuitvoering zijn vergelijkbaar gebleken met de verwachting ten tijde van de aanvraag. Toch zijn de loonkosten om diverse redenen niet meegenomen ten behoeve van deze eindafrekening. Maar ook zonder loonkosten zijn er uiteindelijk veel meer kosten gemaakt dan oorspronkelijke begroot.

De andere begrotingsposten laten wel in meer of mindere mate een afwijking van de begroting zien. Zo is in de praktijk gebleken dat de kostenposten A2, A3 en A7 gezamenlijk* bijna € 900.000 hoger zijn uitgevallen dan oorspronkelijk begroot. Dit is een gevolg van het feit dat de begroting destijds vooral een grove inschatting was met een hoog onnauwkeurigheidsperscentage. De oorzaak hiervoor ligt in de toen nog ontbrekende kennis. Het daadwerkelijke ontwerpen van de Ephyra® vormde immers onderdeel van dit project waardoor bij het ontwerpen pas gebleken is dat de werkelijkheid duurder was dan de oorspronkelijke begroting. In dit verband is het zinvol om nog te vermelden dat de kostenraming na het ontwerpen wel overeen kwam met de uitkomsten van de aanbesteding(en).

**Deze kosten bleken in de praktijk nagenoeg onmogelijk los van elkaar te zien en waarbij het ook niet mogelijk bleek om ze afzonderlijk gefactureerd te krijgen. Daarom zijn de kosten in de eindverantwoording als één gezamenlijke kostenpost opgenomen.*

Ook de begrotingspost 'verbruikte materialen' laat een hoger eindresultaat zien dan begroot. Dit is ca. € 44.000 meer gebleken. Deze kostenstijging is een gevolg van het feit dat er meer antischuimmiddel nodig bleek (zie uitleg onder 2.1 Schuimvorming in de Ephyra® tank) alsook de huur van de apparatuur om de antischuim toe te voegen.

De post 'Aan derden verschuldigde kosten' is uiteindelijk ook bijna € 400.000 duurder uitgevallen dan oorspronkelijk begroot. Dit verschil zit vooral in het feit dat de techniekleverancier RHDHV naast de begeleiding van bouw en opstartfase, ook de daadwerkelijke levering van de zgn. Ephyra®-package verzorgd heeft. Deze package bestaat daarmee uit hardware en uren maar is als één Ephyra®-pakket van RHDHV afgenomen. Hierin levert RHDHV zelf de specifieke hardware voor de Ephyra®-installatie. Daardoor zijn er in dit onderdeel meer kostenposten opgenomen dan oorspronkelijk voorzien. Daarbij geldt net als voor de gezamenlijke kosten A2, A3 en A7 dat dit ook nog eens versterkt wordt doordat de oorspronkelijke begroting een grove inschatting was met een hoog onnauwkeurigheidpercentage als gevolg van de toen nog ontbrekende kennis.

A8 'Verzekering' is veel goedkoper gebleken dan oorspronkelijk geraamd en laat uiteindelijk een positief resultaat zien. Hier geldt wederom dat de oorspronkelijke begroting vooral een grove inschatting was met een hoog onnauwkeurigheidpercentage maar ook dat de verzekering heeft uitgekeerd naar aanleiding van schade(s).

Alle voorgaande afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijke begroting zien er in tabelvorm als volgt uit:

Onderdeel	Omschrijving	Begroting	Werkelijk	Verschil
A1	Loonkosten	405.250,00	-	405.250,00
A2, A3 en A7	Aangeschafte machines, apparatuur, bedrijfsgebouwen en centrale voorziening	3.299.003,00	4.165.516,33	(866.513,33)
A4	Verbruikte materialen en hulpmiddelen	20.000,00	64.362,93	(44.362,93)
A6	Aan derden verschuldigde kosten	250.000,00	640.172,59	(390.172,59)
A8	Verzekering	75.000,00	(5.837,23)	80.837,23
	Totaal	4.049.253,00	4.864.214,61	(814.961,61)

Al met al zijn de projectkosten zelfs zonder het meenemen van de loonkosten, ruim € 800.000 hoger uitgevallen dan ten tijde van de aanvraag voorzien. Dit is deels veroorzaakt door de onnauwkeurigheid die altijd in de voorlopige ontwerpfasen optreedt ($\pm 30 - 40\%$), deels ook door inflatiecorrectie. Al met al zijn de kosten hiermee binnen gebruikelijke bandbreedtes gebleven, hetgeen voor een eerste installatie zeer acceptabel is. Dit is binnen het waterschap door beschikbaar stellen van extra middelen opgelost.

3. KENNISVERSPREIDING, PR EN VERDERE PR-MOGELIJKHEDEN

3.1 Kennisverspreiding

Met de ontwikkeling van Ephyra® gistingstechnologie, vanaf de laboratoriumonderzoeken tot en met de eerste demonstratie-installatie, is innovatieve Nederlandse technologie en kennis ontwikkeld. Deze kennis is aanwezig bij de verschillende partners die bij de ontwikkeling zijn betrokken en is via onder ander een uitgebreide STOWA-rapportage beschikbaar gesteld aan de afvalwatersector in Nederland (zie <https://www.stowa.nl/publicaties/toepassing-van-nieuwe-gistingsconcepten-ephyra-en-themistar>). Dit alles heeft geleid tot een versterking van de kennispositie over (slib)gisting.

Daarnaast zijn zowel tijdens de bouw- als de opstartfase diverse nationale en internationale delegaties van geïnteresseerde partijen ontvangen en rondgeleid. Door RHDHV is Ephyra gepresenteerd op diverse vakdagen en congressen zoals Platformdag Afvalwater (2016), European Biosolids and Organic Resources Conferences in Leeds (2018, met gepubliceerd artikel), House of Inspiration bijeenkomst in Amersfoort (2018), TU Delft nieuwjaarscongres (2018), Anaerobic Digestion (2019).

3.2 PR

3.2.1 Media en publicaties

Gedurende de projectperiode is in diverse (digitale) media aandacht besteed aan Ephyra® en zijn er artikelen in vakbladen (websites) verschenen over Ephyra®. Dit heeft geresulteerd in de volgende publicaties en nieuwsberichten:

- <https://wateralliance.nl/eerste-innovatieve-Ephyra®-slibgistingsinstallatie-opgestart-op-awzi-tollebeek/>
- <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-nieuws/1675-eerste-slibgistingsinstallatie-op-basis-van-Ephyra®-opgestart>
- <https://noordoostpolder.nieuws.nl/nieuws/13541/nieuwe-slibgistingsinstallatie-afvalwaterzuivering-tollebeek-zorgt-goedkoper-water/>
- <https://wateralliance.nl/eerste-innovatieve-Ephyra®-slibgistingsinstallatie-opgestart-op-awzi-tollebeek/>
- <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/eerste-slibgistingsinstallatie-op-basis-van-Ephyra®-opgestart>
- <https://ris2.ibabs.eu/Reports/ViewListEntry/Zuiderzeeland/f14a2e53-ef8d-47a2-8441-46d08ca1f598> (Openbare nieuwsbrief 'Stand van Zaken Ephyra®' richting algemeen bestuur Zuiderzeeland voor o.a. intern draagvlak bij eventuele gewenste schaalvergroting);
- <https://waterwindow.nl/casus/suboptimale-conditions-gistingsproces>
- Nieuwsbericht ('Optimalisatiefase Energiefabriek') op website Zuiderzeeland, ondersteund met berichten op Facebook en Twitter vanwege week van de Duurzaamheid (rond 8 oktober 2018):
 - a. <https://www.zuiderzeeland.nl/basis/zoeken/@28924/afvalwaterzuivering/>
 - b. https://www.facebook.com/search/posts/?q=Ephyra®&epa=SERP_TAB

3.2.2 Projectwebsite Waterschap Zuiderzeeland

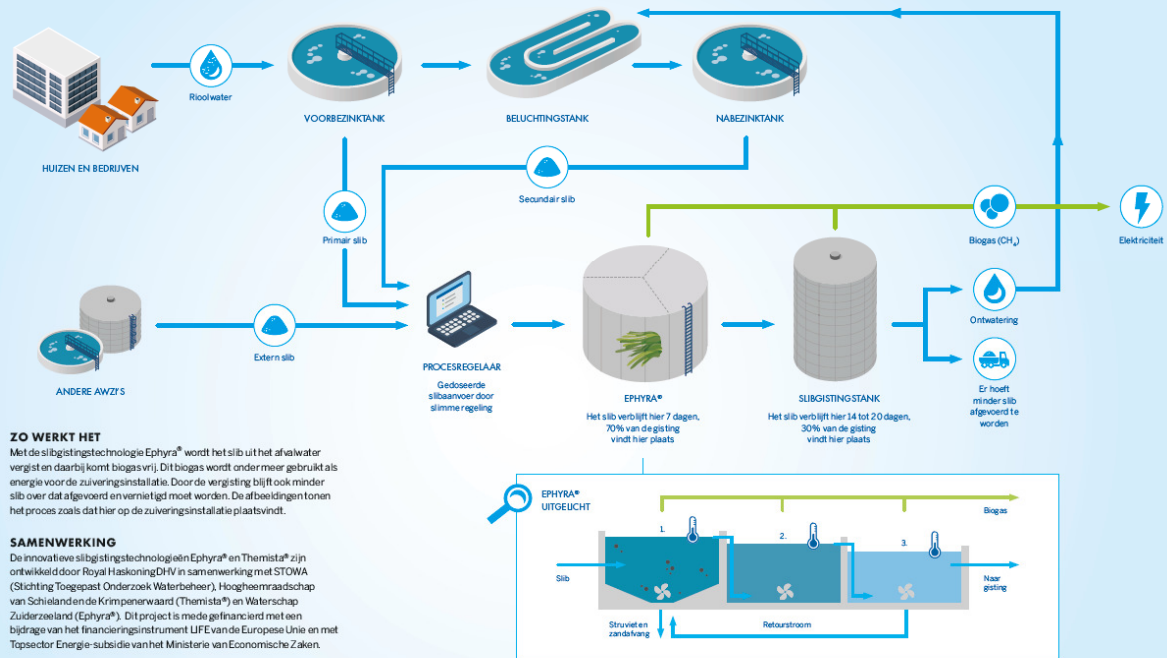
Gedurende het project is op de projectwebsite van Waterschap Zuiderzeeland aandacht aan het project besteed. Deze is te vinden op <https://www.zuiderzeeland.nl/werk/projecten-buurt/Ephyra®/>.

3.2.3 Informatieborden

Aanvullend op de bezoeken en digitale media, zijn er informatieborden gerealiseerd op de sites AWZI Tollebeek en AWZI Lelystad waarop onder andere staat vermeld: "Dit project is mede gefinancierd met een bijdrage van het financieringsinstrument LIFE van de Europese Unie en met topsector Energie-subsidie van het Ministerie van Economische Zaken."

SLIBGISTING MET EPHYRA®

HET DUURZAAM VERWERKEN VAN SLIB TOT ENERGIE



3.2.4 PR vanuit RoyalHaskoningDHV

Naast PR door de partners is er uiteraard PR door de ontwikkelende partij RHDHV verzorgd. De PR door RHDHV werd en wordt voornamelijk gedaan via publicatie en lezingen op congressen. Daarnaast is Ephyra® ingebed binnen de business development bij Royal HaskoningDHV. Dit betekent dat de PR van Ephyra® ook hierbij wordt meegenomen. Daarbij heeft recentelijk ook een update van het PR-materiaal plaatsgevonden waarbij er onder andere een "filmpje" over Ephyra® op YouTube is verschenen (zie <https://www.youtube.com/watch?v=-I-Nvs4fvqs>).

Verder liggen ook de eerstvolgende publicaties al in het verschiet vanwege het beoogde demonstratie-/vervolgonderzoek. Ook is er bij de TUD een PhD student actief die (fundamenteel) onderzoek doet naar Ephyra®. Ook dit genereert extra publiciteit.

Dit alles heeft onder andere geleid tot de positieve spin off zoals vermeld in paragraaf 1.6.