



Institute for
Sustainable
Process Technology

Eindrapport: Steam and Condensate Quality WP-20-11

TEEI 116068

Dow Benelux B.V., Ghent University, Evides Industriewater, Sitech Services,
ISPT, KWR Water Research Institute, Kurita Europe GmbH

30 september 2021

Dow / Niels Groot
UGENT / Marjolein Vanoppen
Evides / David Moed
Sitech / Peter Janssen
KWR / Frank Oesterholt
Kurita / Duygu Disci
ISPT / Dewi Mooij



Institute for
Sustainable
Process Technology



Format eindrapport (openbare versie)

Project nummer RVO en/of ISPT(-TKI)	WP-20-11 / TEEI 116068
Project titel + acroniem	Steam and Condensate Quality
Penvoerder	ISPT
Naam Cluster directeur	Kees Roest
Naam Projectleider	Niels Groot
PhD (naam & titel proefschrift)	Yu Xue - Organics in steam-water cycles: fate, distribution and break-down Irina Veleva - Technologies for treatment and recovery of heavily contaminated petrochemical condensates
Financieringsbron	Topsector Energy (TKI Energie en Industrie)
Startdatum project	1 januari 2017
Originele einddatum project	31 december 2020
Daadwerkelijke einddatum project	30 juni 2021
Publicatiedatum	30 september 2021

Partners





Publiek eindrapport

1. Samenvatting

- a. Uitgangspunten
- b. Doelstelling

2. Discussie

- a. Resultaten
- b. Knelpunten
- c. Perspectief voor toepassing
- d. Eventuele spin-off

3. Bijdrage aan de doelstellingen van de regeling

4. Publieke communicatie / disseminatie

5. Dankwoord

1. Samenvatting

Stoom/water systemen in de industrie zijn essentieel voor een duurzame bedrijfsvoering. Het conditioneren van deze systemen met behulp van chemicaliën is nodig om corrosie van en afzettingen in deze systemen te voorkomen, een hoge mate van warmteoverdracht te realiseren, en een betrouwbare operatie te garanderen. Een juiste behandeling is cruciaal om verdere besparingen op water en energie mogelijk te maken en afvalwaterstromen te reduceren.

Uitgangspunten

Dit project richt zich in het bijzonder op organische conditioneringsmiddelen die door hun eigenschappen de pH verhogen en een dunne beschermende laag aanbrengen op de materialen in het stoom/water-systeem. In vakjargon wordt dan gesproken over film-forming amines (FFA). Over het gebruik van organische conditioneringsmiddelen zoals FFA bestaat nogal wat discussie, vooral vanwege de mogelijke vorming van ongewenste afbraakproducten door de hoge temperaturen en drukken in het systeem. Die afbraakproducten hebben mogelijk een averechts effect op de corrosiebescherming.

Een verbeterd inzicht in het gedrag en de verspreiding van conditioneringschemicaliën en hun afbraakproducten in het stoom/condensaat systeem is nodig om de juiste behandelingstechnieken toe te passen en daarmee de efficiëntie van watergebruik te verhogen.

Het condensaat uit stoom/water-systemen bezit nog veel energetische en kwaliteitswaarde en wordt bij voorkeur hergebruikt. Daartoe moeten verontreinigingen die bedoeld of onbedoeld in de stoom/water-cyclus terecht zijn gekomen door behandeling zoveel mogelijk uit het condensaat worden verwijderd. Aan het opgewerkte condensaat (condensate polishing) dat weer wordt toegevoegd aan het voedingswater van een stoom/water-cyclus worden hoge eisen gesteld. Om die reden worden sterk verontreinigde condensaatstromen niet hergebruikt en geloosd naar een proceswaterzuivering. In dit onderzoek is gekeken naar technologische mogelijkheden om deze 'off-spec' condensaatstromen toch geschikt te maken voor hergebruik. Daarnaast kunnen ook licht verontreinigde condensaatstromen een uitdaging vormen,



bijvoorbeeld door microbiologische nagroei in de condensaat-polishing. Ook hier is gekeken hoe de behandeling van condensaat kan worden verbeterd om de kwaliteit van het condensaat te verbeteren.

Doelstelling

Het project had zich het volgende ten doel gesteld:

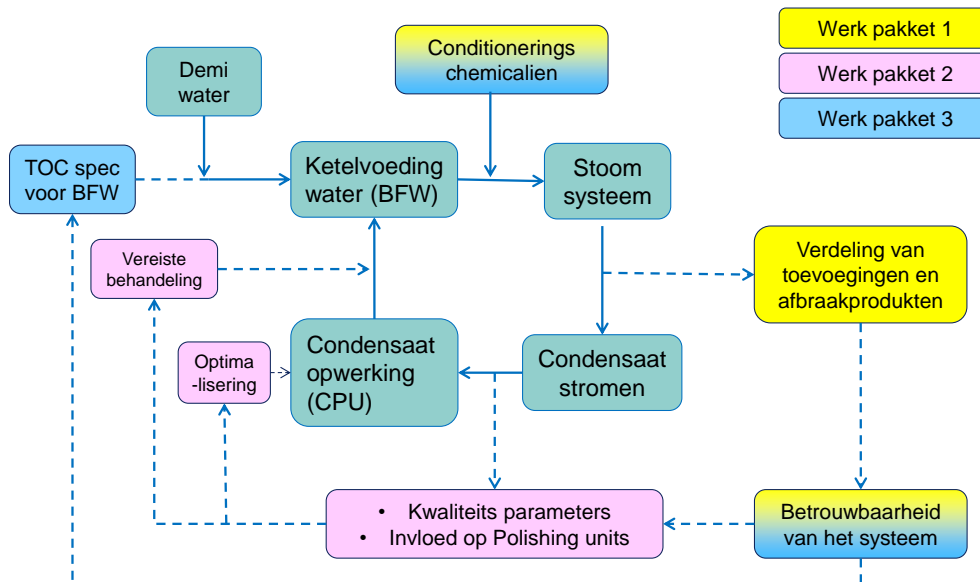
- Meer inzicht creëren in het gedrag van organische conditioneringschemicaliën, en dan met name FFA, de afbraakproducten van FFA en hun verspreiding binnen het stoom/condensaat systeem en de invloed daarvan op de corrosiebescherming;
- Verbetering van de behandeling van stoomcondensaat met het doel een groter aandeel daarvan te hergebruiken;
- Kennis ontwikkelen op het gebied van het voorkomen van met name organische componenten met een negatieve impact op het stoom/water systeem in relatie tot de eisen voor ketelvoedingswater (boiler-feed-water of BFW).

2. Discussie

Binnen het project zijn drie werkpakketten gedefinieerd:

- In WP1 werd de distributie van BFW conditioneringschemicaliën en hun afbraakproducten in kaart gebracht. Een belangrijk onderdeel was de karakterisering van afbraakproducten met verschillende analytische detectiemethoden en hun distributie in het stoom/water systeem.
- WP2 richtte zich op de behandeling van stoomcondensaat ten behoeve van maximaal hergebruik. Hierbij zijn niet alleen zogenaamd licht verontreinigde condensaten bekeken, maar ook de wat zwaarder verontreinigde, waarvan hergebruik niet a priori evident is. WP2 is daartoe opgesplitst in twee activiteiten:
 - a. Licht verontreinigde condensaatstromen, vooral afkomstig van turbines en systemen, die gescheiden zijn van processtromen;
 - b. Zwaarder verontreinigde condensaten, die door een direct contact met het proces een hogere en meer diverse graad van verontreiniging kunnen bevatten.
- In WP3 is met name gekeken naar de impact van TOC componenten in conditioneringschemicaliën en hun afbraakproducten op de corrosiebescherming in stoom/condensaat systemen. Binnen dit werkpakket zijn een drietal activiteiten uitgevoerd:
 - a. Een bureau- en literatuurstudie naar de corrosiviteit van de geanalyseerde TOC componenten en hun afbraakproducten met een selectie van de te testen stoffen in het vervolg;
 - b. Analyse van het eerste (turbine) condensaat ("first condensate") – door de fasedistributie van deze componenten te meten onder goed gedefinieerde omstandigheden (temperatuur en druk) kunnen de risico's op 'first condensate corrosie' bepaald worden – de resultaten dienen als input voor de eigenlijke corrosie testen;
 - c. Corrosie testen om de corrosieve eigenschappen van organische afbraakproducten te onderzoeken.

Werk Pakket overzicht



Resultaten

WP1 – Karakterisering en modelvorming

Om de distributie van filmvormende amines (FFA) en bijbehorende afbraakproducten in het stoom/water systeem te kunnen bepalen is een analytisch screening protocol ontwikkeld. Dit omvatte de toepassing van een groot aantal analytische technieken, zoals vloeistofchromatografie/hoge resolutie massa spectrometrie (HPLC-HRMS), ionenchromatografie (IC), gas chromatografie/massa spectrometrie (GCMS), high performance liquid chromatografie/UV fluorescentie, en total organic carbon (TOC) bepaling, om zo een breed spectrum van componenten te kunnen bestrijken. Toepassing van een dergelijk protocol op een bestaand stoom/water systeem is nieuw in zijn soort en intensiteit.

Aan de hand van genoemd protocol zijn in een industrieel stoom/water systeem (Chemelot casus), dat gebruik maakt van FFA voor conditionering, geen afbraakproducten aangetroffen die aanleiding zouden kunnen geven tot corrosieaan-tasting van onderdelen gemaakt van koolstofstaal. In totaal zijn vier cycli uitgevoerd in het betreffende systeem, waarbij op een 14-tal plaatsen in dat systeem bemonsteringen zijn uitgevoerd. De karakterisering van afbraakproducten m.b.v. zogenaamde 'non-target' screening (via HPLC-HRMS) is complex en arbeidsintensief – voor regelmatige monitoring is de methode daarmee minder geschikt, maar wel zinvol hanteerbaar bij veranderingen/aanpassingen in de fabriek of bij moeilijk identificeerbare problemen.

Aanvullend is op laboratoriumschaal een mini-boiler test opgezet met als doel de vorming van afbraakproducten uitgaande van hetzelfde FFA-product te simuleren onder gecontroleerde omstandigheden. De afbraakproducten, die werden aangetroffen tijdens de bemonsteringscycli op de Chemelot site, konden op laboratoriumschaal echter niet worden gereproduceerd. Hoewel een dergelijke opstelling wel waardevol kan zijn om een eerste indicatie te geven van potentiële (corrosieve) afbraakproducten, blijkt de praktijksituatie te complex om nauwkeurig op laboratoriumschaal te simuleren.

In de Chemelot casus heeft men te maken met een methanol verontreiniging vanuit het proces (hergebruik van gereinigd procescondensaat), wat ook de belangrijkste bijdrage levert aan het TOC gehalte in het



stoom/water systeem – de lab schaal boiler is ook gebruikt om de thermische stabiliteit van methanol te bestuderen. Onder vergelijkbare omstandigheden werd een beperkte afbraak van methanol geconstateerd, wat de verschillen in afbraakproducten van FFA tussen de laboratoriumschaal boiler en het industriële systeem mede kan verklaren.

WP2 – Behandeling van retour condensaatstromen

Licht verontreinigde condensaat stromen

Deze condensaat stromen, in de praktijk vooral gecondenseerde stoom afkomstig van turbines, bevatten voornamelijk de afbraakproducten van corrosie-inhibitoren, zoals alkaliserende amines (3-methoxy propylamine, cyclohexylamine, monoethanolamine, vluchtige organische zuren en ammonia). In combinatie met fosfaat (aanwezig in ketelspui (tot ca. 0.5 mg/l)) en opgeloste zuurstof afkomstig van vers demi water kunnen deze organische bestanddelen aanleiding geven tot microbiologische groei in de bestaande behandeling (zgn. mengbed Ionenuisselaars (MB-IEX)). Een aantal condensaat stromen op de onderzochte locatie waren bestempeld als verdacht en met behulp van verschillende technieken (flow cytometrie, optische dichtheid, en aerobe/anaerobe batch testen) kon dat worden bevestigd. Binnen de scope van het EFRO Interreg V Vlaanderen-Nederland project IMPROVED (www.improvedwater.eu) werden een aantal combinaties van technologieën op pilot schaal beproefd: 1) MB-IEX als referentie, 2) SAC (strong acid cation) hars + MB-IEX, en 3) GAC (Granular Activated Carbon) + RO (reverse osmosis) + MB-IEX. Net zoals in de industriële praktijk vertoonde de eerste combinatie vervuiling t.g.v. microbiologie. In de tweede optie kon de vervuiling, die zich vormde op de SAC, worden teruggespoeld, waarmee een stabiele operatie van de MB-IEX met hoge productkwaliteit werd gerealiseerd. Deze optie is het meest aantrekkelijk bevonden voor grootschalige toepassing, al leverde de derde optie tegen fors hogere investeringen een betere productkwaliteit wat betreft TOC en geleidbaarheid.

Zwaar verontreinigde condensaatstromen

De condensaatstroom die is onderzocht betrof de spui van een 'dilution steam systeem', een stroom die door het directe contact met producten van een stoomkraakproces van aardoliefracties verontreinigd is met vluchtige organische verbindingen, anorganische componenten, olie, en vermoedelijk een fractie moeilijk tot niet-afbreekbare organische stoffen. Voor de behandeling van deze stroom is de toepassing van een tweetal technieken in detail onderzocht:

a. *Direct Contact Membrane Distillation (DCMD)*

Op laboratoriumschaal is DCMD getest met twee verschillende membraantypen, een hydrofoob respectievelijk een oleofoob polyethyleen membraan op een kunstmatige voeding met daarin opgelost 30 mg/l fenol, 200 mg/l acetaat en 40 mg/l propionaat. Om fenol (met een pKa waarde van 9.89) in ionogene vorm te hebben, moest de pH worden verhoogd tot 13. Met een oleofoob membraan kon onder deze condities een verwijdering van ruim 97% voor alle organische componenten worden bereikt, maar het hydrofobe membraan vertoonde doorslag ten gevolge van 'wetting'. Samengevat kan worden gesteld dat voor een succesvolle toepassing van DCMD op petrochemische condensaatstromen aan een aantal voorwaarden voldaan moet worden. De stromen mogen geen vluchtige bestanddelen bevatten, noch stoffen die tot 'wetting' aanleiding geven. Daarnaast moet er voldoende afvalwarmte beschikbaar zijn en zullen de prijzen van modules en membranen nog substantieel moeten dalen.

b. *Biologische behandeling via een membraan beluchte biofilm reactor (MABR)*

Op pilotschaal zijn experimenten uitgevoerd met twee in serie geschakelde reactoren (met een totaal membraan oppervlak van 40 m²). Bij een TOC (total organic carbon) belasting van 0.7 g/ m²/dag en een verblijftijd van 8 uur per reactor werd 80-85% TOC verwijdering gerealiseerd - met de voor een full scale toepassing gewenste verblijftijd van 3.3 uur per reactor kon 60% TOC worden verwijderd. De overgebleven TOC bleek niet of nagenoeg niet biologisch afbreekbaar en moet via een aanvullende polishing stap verwijderd worden, zo mogelijk gecombineerd met de noodzaak tot verwijdering van het



aanwezig zout te verwijderen. Dit werd op laboratoriumschaal getest met een nageschakelde actieve kool (GAC), nanofiltratie membraan (NF270), omgekeerde osmose membraan (RO - BW30), en membraan distillatie (MD). Met RO en MD kon een voldoende kwaliteit voor hergebruik bereikt worden (Geleidbaarheid < 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en TOC < 1 mg/l), al is een voorbehandeling met bv UF (ultrafiltratie) wel noodzaak. Vergeleken met een conventioneel biologisch actief-slib-systeem heeft de MABR een wezenlijk kleinere fysieke voetafdruk en lagere operationele kosten (effectievere beluchting en minder slib aangroei), maar vereist deze wel aanzienlijk hogere investeringen.

WP3 – Ketelvoedingwater kwaliteitsaspecten

De voornaamste resultaten van dit werkpakket zijn als volgt samen te vatten:

- De resultaten van een bureaustudie t.a.v. corrosie eigenschappen van TOC-componenten en hun afbraakproducten toonden aan, dat met name azijnzuur van belang is met betrekking tot de analyse van 'first condensate' en corrosievorming.
- Een uitbreiding op de mini-boiler opstelling betrof een set-up om de vorming van 'first condensate' van een bulk stoom systeem te kunnen simuleren en te bemonsteren. Vergeleken met de bulk stoom werden hogere concentraties van organische zuren, maar lagere gehalten aan ammonia, aangetroffen in het eerste condensaat. Deze organische zuren, maar met name azijnzuur, vormen een risico op corrosie in de stoomturbine, waar dat 'first condensate' wordt gevormd. Het bleek door experimentele beperkingen evenwel niet mogelijk op de lab schaal behaalde 'first condensate' resultaten te vertalen naar een full-scale situatie.
- Corrosie-experimenten – dit betrof met name onderzoek naar de stabiliteit van de beschermende magnetiet laag, die als voornaamste corrosieproduct gevormd wordt met de onderliggende wanden van leidingen en apparatuur. Deze magnetietlaag is bros en doorlatend, en is daarmee, meer dan het verder 'door-geoxideerde' hematiet, vatbaar voor FAC (flow accelerated corrosion) in BFW systemen bij ca. 200°C, waarbij door hoge langsstroomsnelheden de magnetietlaag van de pijpwand wordt afgeschuurd. Niet alleen legt het afgeschuurde magnetiet opnieuw de pijpwand bloot, maar het klontert ook samen en zet zich vervolgens met name af in de stoomketels, waar het kan leiden tot under deposit corrosie, lokale oververhitting en verstoppingen. Conditionering met FFA's resulteert in theorie niet alleen in de vorming van een aanvullende waterafstotende bescherm laag, maar zorgt er ook voor dat door FAC loskomend magnetiet in suspensie blijft en daardoor niet samenklontert en afzettingen vormt. Er is evenwel nauwelijks iets bekend over afbraakproducten van FFA's, over de effecten van FFA in zones met relatief lage pH, zoals in condensaat systemen, of over de gevolgen van bepaalde afbraakproducten zoals laag-moleculaire organische zuren. Ook het precieze effect van FFA's op de lading-gevoelige oppervlakken van de magnetietlaag is onbekend. Dit werkpakket beoogde daarom te onderzoeken wat het effect is van FFA's op de vorming van de beschermende magnetiet laag, in hoeverre deze laag bescherming biedt tegen FAC, en op welke wijze FFA's de oppervlakte lading van colloïdaal magnetiet beïnvloeden. Uitgaande van verschillende FFA-producten zijn testen zijn uitgevoerd met en zonder ammoniak, eerst om de bescherm laag op te bouwen en vervolgens om het effect te onderzoeken van FAC-condities gedurende 48 uur op de gevormde laag. Na afloop van deze testen werd met behulp van diverse analyse technieken (Röntgen diffractie, contacthoek meting, en elektronenmicroscopie) de staat van de bescherm laag onderzocht en via gewichtsafname de corrosie snelheid bepaald. Daarnaast werd een potentiometrische titratie gedaan om de oppervlakte lading op de magnetiet deeltjes te bepalen – daarbij werd rekening gehouden met de mogelijkheid dat niet-geadsorbeerde FFA componenten de berekening van de oppervlakte lading kunnen beïnvloeden. Dit is tevens bevestigd via modellering. Uit de metingen bleek dat een beschermende magnetietlaag was gevormd en dat het oppervlak een hydrofoob karakter heeft. De bescherm laag bleek dunner, gladder, dichter en meer uniform in aanwezigheid van FFA's vergeleken met louter ammoniak conditionering of ongeconditioneerd staal. Aanwezigheid van FFA's resulteerde ook in een betere bescherming van de gevormde laag tegen zure FAC omstandigheden en in het algemeen tegen optredende corrosie. Dankzij de vorming van een meer beschermende laag is



aanvullende conditionering met FFA's zinvol. De afbraakproducten van FFA's zijn hierbij minimaal van invloed. Toepassing zou zeker van belang zijn in condensaat en complexe stoomsystemen, wanneer alternatieven om FAC te minimaliseren (zoals behandeling onder zuurstofrijke omstandigheden) niet toepasbaar zijn. Het is belangrijk om op te merken, dat bovenstaande experimenten zijn uitgevoerd onder condities met beperkte stroming. Weliswaar was aantoonbare FAC waarneembaar op specifieke delen, maar aanvullend onderzoek is gewenst om de FFA-prestaties onder dynamische flowcondities te bepalen. De werking van FFA's is van invloed op de bescherming van het onderliggende metaal en pH regulering, maar daarnaast is het van belang de rol van FFA's als flocculant of dispergeermiddel te bezien. De experimenten lijken erop te wijzen dat bij lage FFA-concentraties en electrolytsterktes onvoldoende FFA aanwezig is om de lading van magnetietdeeltjes te beïnvloeden en met name flocculerende eigenschappen vertoont, terwijl bij hogere concentraties een betere (waterafstotende) stabiele laag gevormd wordt met een afname van oppervlaktelading, die zelfs geheel kan omdraaien. Aanvullend kwantitatief onderzoek is nodig om die hypothese te testen/bevestigen.

Knelpunten

Binnen het project deden zich een aantal knelpunten voor, zowel op technisch als organisatorisch vlak:

- T.g.v. de coronacrisis hebben de laboratoriumexperimenten aanzienlijke vertraging opgelopen – op grond daarvan is een aanvraag tot verlenging met zes maanden ingediend en gehonoreerd – daarnaast was het team genoodzaakt alle communicatie online te laten plaatsvinden – met name de 3-maandelijke 'face-to-face' voortgangsbesprekingen, bij toerbeurt op locatie van de deelnemende partners, werden hierbij node gemist.
- De opzet van experimenten onder goed gedefinieerde, redelijk extreme condities (van druk en temperatuur) in combinatie met beperkte schaalgrootte (mini-boiler, first condensate, monstername systeem) blijkt erg complex. De stabiliteit van de set-up vereist nog verbetering om de resultaten nauwkeuriger te kunnen valideren, met name ten tijde van bemonstering van het 'first condensate'.

Perspectief voor toepassing

Een evaluatie van de bevindingen uit de drie werkpakketten en de potentie voor gebruik in de industrie leidt de volgende conclusies en perspectief voor toepassing binnen de industrie:

- De studie laat zien dat terughoudendheid binnen de industrie t.a.v. het gebruik van organische componenten als onderdeel van conditioneringsregimes in water/stoom-systemen niet altijd gerechtvaardigd is. Uitvoeren van een degelijk protocol als binnen dit project ontwikkeld kan daarbij nuttig zijn om de noodzakelijk basisinformatie te vergaren.
- Bij gebruik van FFA (filmvormende amines) wordt weliswaar een groot aantal afbraakproducten gevormd, maar dit betreffen geen organische zuren, die aanleiding geven tot corrosie. Dit is binnen dit project bevestigd in de Chemelot casus. De beschermende magnetietlaag, die gevormd wordt bij conditionering met FFA's, is minder bros en beter bestand tegen FAC (flow accelerated corrosion) dan bij conditioneringsmethoden, die gebruik maken van ammoniak (AVT – all volatile treatment).
- Bij hergebruik van condensaat uit water/stoom-systemen, waarin FFA's worden gebruikt voor conditionering, zou in de TOC-specificatie van ketelvoedingswater onderscheid gemaakt moeten worden tussen "goede TOC" (FFA's) en "slechte TOC" (kleine organische zuren, zoals azijnzuur). De vraag daarbij rijst of deze stromen een standaard polishing moeten ondergaan of dat kan worden volstaan met een beperktere of zelfs geen behandeling.
- Behandeling van licht verontreinigde condensaatstromen met een combinatie van GAC (granular activated carbon) / RO (reversed osmosis) / MB-IEX (mixed bed ion exchange) geeft de beste resultaten, maar de combinatie van SAC (strong acid cation) / MB-IEX resulteert in een optimale balans tussen kwaliteit en kosten.



- MABR (Membrane Aerated Biofilm Reactor) en MD (Membrane Distillation) zijn veelbelovende technieken om flink verontreinigde condensaatstromen te behandelen, maar zijn kapitaalintensief en nog niet uitontwikkeld – het geproduceerde water voldoet aan de specificaties voor gebruik als proceswater, maar om gebruik als ketelvoedingswater mogelijk te maken is een aanvullende behandeling nodig.

Eventuele spin-off

Tijdens het eindseminar (online opgezet met ca. 45 deelnemers) en erna zijn een aantal suggesties geuit voor mogelijk vervolgonderzoek – deze worden op een nader te bepalen tijdstip verder uitgediept in een clusteroverleg.

3. Bijdrage aan de doelstelling van de regeling

De voornaamste doelstelling van de regeling betreft water- en energiebesparing. Met de resultaten uit dit project is het kennisniveau op het gebied van de toepassing van filmvormende amines en de effecten op stoom/water systemen aanzienlijk vergroot. De praktische en analytische inzichten bevestigen de robuuste werking van deze conditionering, hetgeen de betrouwbaarheid en bedrijfszekerheid vergroot en de heersende argwaan in de bestaande markt verkleint. Sitech Geleen heeft zich een uitstekende referentie voor het gebruik van FFA's getoond, dat zeker bredere navolging in de industriële praktijk verdient. Met de verkregen inzichten in het opwerken van retour-condensaatstromen is het mogelijk CPU's (condensate polishing units) efficiënt en kosteneffectief te ontwerpen. Dow Benelux in Terneuzen heeft tezamen met Evides Industriewater een opwerkingsfabriek, die is gebaseerd op dit nieuwe concept, inmiddels gerealiseerd en in bedrijf gesteld. Het hergebruik van zwaar verontreinigd condensaat als proceswater wordt bij Dow overwogen als bronbehandeling om de centrale zuivering te ontlasten – een definitieve technologie selectie moet nog plaatsvinden, maar kan jaarlijks ruim 1 miljoen m³ waterbesparing opleveren. Beide onderzochte concepten MABR en MD zijn generiek en toepasbaar in de industriële praktijk voornamelijk bij niet al te hoge debieten.

4. Publieke communicatie / disseminatie

Tijdens het project zijn de volgende communicatie-en verspreidingsactiviteiten uitgevoerd:

- 1) Organisatie van tweewekelijkse projectbijeenkomsten samen met partners.
- 2) De projectadministratie is bijgehouden, notities en slides toegevoegd aan Plaza/MS Teams, ook zijn nieuwe teamleden toegevoegd en oude teamleden verwijderd.
- 3) Presentaties en resultaten zijn online gearchiveerd in Plaza/MS Teams.
- 4) Een actielijst en notulen van de projectbijeenkomsten zijn gemaakt en gedeeld met de teamleden
- 5) Projectposter, beschikbaar <https://ispt.eu/publications/?project-tag=WP-20-11>
- 6) Poster presentatie bij ISPT dag
- 7) Steam and Condensate Quality-projectpagina op de ISPT-website (<https://ispt.eu/projects/condensate-quality/>) met een overzicht van:
 - Toelichting op het project (openbare samenvatting)
 - Projectposter
 - Projectpartners (met logo)
 - Acknowledgement
 - Regelmatige updates over het project
- 8) De komende vijf jaar zullen alle materialen worden gearchiveerd op de ISPT-servers voor toegang door alle partners in het project.
- 9) De resultaten van het Steam and Condensate Quality project zijn gepresenteerd tijdens het eind webinar op 8 juni
 - Opname beschikbaar <https://www.youtube.com/watch?v=H7zvvSdMhTA>



Publicaties:

- 1) Evenement: Webinar - Steam & Condensate Quality - ISPT final webinar 8 Juni 2021
- 2) Projectpagina: Project poster
- 3) Nieuwsbrief: Thematische nieuwsbrief Water – Juni

Het project heft geresulteerd in de volgende wetenschappelijke publicaties:

- 1) Xue, Y.; Vughs, D.; Hater, W.; Huiting, H.; Vanoppen, M.; Cornelissen, E.; Verliefde, A.; Brunner, A. M. Liquid Chromatography-High-Resolution Mass Spectrometry-Based Target and Nontarget Screening Methods to Characterize Film-Forming Amine-Treated Steam-Water Systems. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2020, 59 (51), 22301–22309. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c05051>.
- 2) Veleva et al. (2021) “Selection of membranes and operational parameters aiming for the highest rejection of petrochemical pollutants via membrane distillation” - <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.118143>
- 3) Veleva et al. (2022), “Petrochemical condensate treatment by membrane aerated biofilm reactors: a pilot study” - <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131013>
- 4) Veleva et al. “Impact of higher TOC load and shorter HRT on the treatment efficiency of a real petrochemical condensate via an MABR pilot in series” – in preparation for publication.
- 5) Lisa Wyseure (June 2018), Decreasing water use in the petrochemical industry, MSc thesis, UGent
- 6) Wout van Weert (February 2019), Membrane Aerated Biofilm (MABR) treatment of an industrial condensate at Dow, MSc thesis, UGent.
- 7) Nibret Tenaw (January 2020), Closing the industrial water cycle: reuse of condensates at Dow Terneuzen, MSc thesis, UGhent.
- 8) Ivaylo Hitsov and Paul Hankinson (2019), “Report IMPROVED Mobile Research Infrastructure Experiments - Case study at Dow Terneuzen”, Ghent University Faculty of Bioscience Engineering - Interreg Vlaanderen-Netherlands - <https://www.improvedwater.eu/single-post/2020/01/10/Resultaten-bij-Dow>
- 9) Irina Veleva, PhD dissertation “Technologies for treatment and recovery of petrochemical condensates” – in preparation.
- 10) Yu Xue, PhD dissertation “Organics in steam-water cycles: fate, distribution and break-down” – in preparation.
- 11) Xue, Y.; Leenknecht, D.; Brunner, A.M.; Hater, W.; Janssen, P.; Huiting, H.; Oesterholt, F.; Vanoppen, M.; Vermeir, P.; Cornelissen, E.R.; Verliefde, A. Characterization of organics in a film-forming amine-treated steam-water system; an analytical approach – in preparation.
- 12) Xue, Y.; Dejaeger, K.; Tullenken, B.B.; Disci, D.; Janssen, P.; Brunner, A.M.; Moed, D.; Hater, W.; Vanoppen, M.; Cornelissen, E.R.; Verliefde, A. The role of organics in relation to corrosion in steam-water systems – in preparation.

5. Dankwoord

This project is co-funded with subsidy from the Topsector Energy by the Ministry of Economic Affairs and Climate Policy.



TKI ENERGIE & INDUSTRIE
Topsector Energie