

Titel	Maritiem & Offshore (P311)
Missie/ Topsector	Water
Contactpersonen TNO	Peter Paul van 't Veen, Sander Dragt
Contact Extern	Dr. Bas Buchner (TKI Maritiem)
Programma jaar 2020 - Samenvatting	
<p>Nederland is een knooppunt voor ontwerp, bouw, beheer en onderhoud van maritieme & offshore systemen. Zoals door ons kabinet verwoord, is Nederland een van de toonaangevende landen op het terrein van landbouw, water en voedsel, waterveiligheid en de maritieme sector. Voor de maritieme sector ligt er een opgave om dit veiliger, slimmer en duurzamer te doen. Door de uitvoering van het Vraaggestuurd Programma (VP) Maritiem & Offshore wordt de koppeling tussen vraagsturing en fundamenteel onderzoek versterkt. De onderzoeksprogrammering vindt tevens aansluiting bij de Maritieme Strategie 2015-2025, waarbij het meerjarig Maritiem Missie Programma 'Towards Zero Emission' een invulling vormt van het Werkprogramma van de Maritieme Strategie 2015-2025 in relatie met de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens (C-230). De focus ligt op de innovatiethema's Winnen op Zee, Schone Schepen, Slim en veilig varen en Effectieve Infrastructuur naast cross-sectorale samenwerking op Offshore Wind constructies en systemen.</p> <p>De volgende doelstellingen voor 2023 en meer specifiek voor 2020 hebben onze prioriteit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Groene Maritieme prestaties.</i> Op basis van recente klimaatdoelstellingen, wetgeving en de kaderrichtlijn mariene strategie wordt kennis ontwikkeld en ingezet voor de doelstelling op emissievrije voorstuwing en een goede akoestische milieutoestand van de betrokken wateren. Hierbij worden de resultaten van uitgevoerd en lopend theoretisch onderzoek steeds verder geïntegreerd met emissiemetingen en vaarprofielen. Dit met het doel om integraal CO2 equivalentie te analyseren voor maritiem transport. <p>Op het gebied van onderwatergeluid richt het onderzoek zich op de assimilatie van metingen en modellen voor het voorspellen van de verdeling van achtergrondgeluid op de Noordzee, de effectiviteit van geluid reducerende maatregelen en het bepalen van de (cumulatieve) impact van onderwatergeluid op zeeleven. Dit onderzoek ondersteunt de overheden bij het ontwikkelen van beleid en de industrie bij (kosten-) effectieve inzet van mitigerende maatregelen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Maritieme en offshore constructies, slim, veilig en duurzaam.</i> Om de trends op de zee goed te kunnen bedienen worden schepen, constructies en infrastructuur op zee steeds groter en complexer. Van super(hef)schepen, varende op LNG en in de toekomst waterstof (H2), tot drijvende eilanden op zee. De komende jaren richt het onderzoek zich op constructies en materialen om deze nieuwe generatie schepen en constructies zo veilig, betrouwbaar en duurzaam mogelijk te maken. <p>De kennisontwikkeling richt zich op breukmechanica, veroudering en dynamica voor maritieme en offshore constructies, voor verschillende materialen (staal, composiet) en onder extreme omstandigheden (cryogeen, hoge druk). Daarnaast richt het onderzoek zich op slimme constructies met geïntegreerde sensoren, de toepassing van nieuwe digitale technieken om de praktijk te koppelen met geavanceerde rekenmodellen in een digital twin setting.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Maritieme operaties, veilig en optimaal.</i> In de ontwikkeling van autonoom varen en onderwaterrobotica wordt onderzocht op welke wijze autonome schepen en hulpsystemen het beste kunnen worden toegepast. Hierbij staat de interactie met de omgeving centraal, zowel boven als onderwater. De focus van het onderzoek ligt bij kunstmatige intelligentie en systeemintegratie waarmee de benodigde kennis voor beoordelingskaders en beslissingsondersteuning wordt ontwikkeld. Dit sluit aan bij de huidige digitalisering van onze sector. Daarnaast is een belangrijke pijler van het onderzoek de acceptatie en integratie van deze technologie (bijvoorbeeld in wet- en regelgeving) door het aantonen van equivalente veiligheid. <p>Met een visie-gedreven samenwerking op de beschreven thema's, wordt een betere aansluiting verwacht bij de nationale agenda's. Dit moet ook resulteren in een efficiëntere inbedding van multidisciplinair onderzoek en cross-sectorale (internationale) samenwerking met partners vanuit de maritieme industrie en kennisinstellingen zoals MARIN, TNO en Universiteiten (TUD).</p>	
Korte beschrijving	

Binnen de Innovatiecontracten TKI Water en TKI Wind op Zee (WoZ) zijn een aantal kennisvragen benoemd. Voor de Maritieme & Offshore sector zijn de speerpunten “Zuinig en schoon onderweg” en “De Noordzee als kraamkamer voor duurzame offshore energie” het meest van toepassing. Om dit mogelijk te maken werkt TNO langs diverse lijnen aan de benodigde kennisontwikkeling:

- (Inter)nationale samenwerkingsprogramma's: H2020 Blue growth / EFRO / Interreg / STW / JIP;
- Grootschalige samenwerkingsverbanden op basis van vraagsturing: I-BOTICS en GROW samen met Nederland Maritiem Land (NML), de TKI's , het Maritiem Kennis Centrum (MKC) en partners vanuit het Dutch Ocean Technology Centre (DOTC);
- Multidisciplinaire TNO Early Research Programma's (ERP): waaronder Structural Integrity Digital Twin;
- Via de agenda van het Maritieme Cluster (zie Figuur 1) en de koppeling met de Meerjarige Missie gedreven Innovatie Programma's – MMIP op de gedefinieerde speerpunten: Towards Zero Emissions, Blue Growth, Digital & Autonomous Shipping en Safety (Scheepvaartveiligheid) & Security (Maritieme hightech voor een veilige zee).



Figuur 1 Innovatie Agenda van de Maritieme Cluster

De roadmap van Maritiem & Offshore heeft tot doel om in het komende jaar verder bij te dragen aan de behoefte van de sector om haar impact op het klimaat tot een minimum te beperken en de bestaande en een nieuwe generatie slimme (mega) constructies betrouwbaar te realiseren en te onderhouden. Hier werken wij aan binnen onze drie prioriteitsgebieden:

Groene Maritieme prestaties. TNO heeft met de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens (C-230) getekend voor de ambitie om de emissies naar de lucht (CO₂, stikstofoxiden (NO_x), zwaveloxiden (SO_x) en fijnstof (PM)) te reduceren of zelfs te elimineren. Op weg naar deze doelstelling zijn afgelopen jaren stappen gezet door emissiemetingen te combineren met operationele profielen, bijvoorbeeld voor de binnenvaart. Het is de ambitie om hierop verder te bouwen door vaarprofielen uit te breiden, de ontwikkelde modellen te valideren en te koppelen aan meest belovende energiedragers.

Een van deze energiedragers is methanol, waarvan de potentie als maritieme brandstof is onderzocht. Deze kennis wordt gebruikt in de ontwikkeling van een pilot waarbij deze technologie aan boord toegepast en gevalideerd dient te worden. Dit kan, samen met LNG, dienen als opmaat voor het gebruik van H₂ als brandstof in de maritieme sector. Parallel is in de afgelopen jaren het proof-of-concept van NO_x capture en carbon capture aangetoond. In de volgende stap wordt, samen met industriële partners, gestreefd naar de ontwikkeling van een prototype, om uiteindelijk deze technologie aan boord van schepen te brengen.

Ten slotte is op het gebied van onderwater geluidsemissies een kennisbasis gelegd met modellen voor verdeling van onderwater geluidsemissies, bijv. door offshore activiteiten en transport, het effect van mitigerende maatregelen en het effect op het zeeleven.

Maritieme en offshore constructies, slim, veilig en duurzaam. Het verbeteren van de levensduur en veiligheid van offshore infrastructuur en installaties vergt diepgaande kennis van het (faal)gedrag van constructies en materialen (bijvoorbeeld vermoeiing en breuk onder impact, in een corrosief milieu en onder extreme (lage) temperaturen). TNO heeft op deze onderwerpen een sterk track record op experimenteel en numeriek gebied die, onder andere met industrie en onderzoeksinstellingen, verder zal worden uitgediept met de nadruk op extreme milieus (corrosie, cryogeen). Een van de speerpunten op dit gebied is het samenbrengen van de numerieke en experimentele expertise door het slim gebruik van sensoren en het ontwikkelen van een nog sterkere digitale koppeling tussen de metingen en de modellen. Deze sterkere koppeling zorgt voor betere kalibratie, validatie en voorspellingen. Deze doelstelling sluit aan bij de digitaliseringsagenda van de unit BI&M en krijgt praktische invulling door aansluiting bij het ERP Digital Twin. Binnen dit ERP wordt een digital twin concept ontwikkeld voor een Offshore Wind case.

Daarnaast wordt de ontwikkeling doorgezet op slimme (dikke) composieten met geïntegreerde sensoren. Afgelopen jaren is gekeken naar het gedrag van materialen en brandstofsysteemen onder cryogene omstandigheden voor de toepassing van LNG (bijvoorbeeld brandstoftanks en bunkersystemen). De komende jaren wordt deze kennisbasis uitgebreid voor de toepassing van H₂ als brandstof aan boord van schepen. Deze uitdaging gaat samen met nog hogere drukken en lagere temperaturen.

In al deze onderwerpen wordt bestaande wet- en regelgeving meegenomen in de aanpak, zodat hieraan voldaan wordt en bij wordt gedragen aan de ontwikkeling van nieuwe handvatten en regelgeving.

Maritieme operaties, veilig en optimaal. Om efficiënte en veilige operaties te realiseren wordt kennis ontwikkeld voor toepassingen van autonome boven- en onderwateroperaties. Hieronder vallen de ontwikkeling van nieuwe mogelijkheden op het gebied van onderwatercommunicatie en autonome onderwater operaties en de verkenning van diverse nieuwe toepassingen. Daarnaast is afgelopen jaren samen met Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen gewerkt aan de ontwikkeling van een autonoom navigerend schip, wat geleid heeft tot een succesvolle demonstratie op de Noordzee. Er is binnen de maritieme sectoragenda toenemende belangstelling om deze projecten een sterke katalysator te laten zijn om de complexe ontwikkelingen op het gebied van autonoom varen te stimuleren en sturen.

Ten slotte ligt er een sterke link met maritieme en offshore constructies, slim veilig en duurzaam (zie voorgaande bullet) op het gebied van condition-based maintenance en monitoring technologie voor het veilig gebruik van autonome vaartuigen en het reduceren van onderhoudskosten.

Resultaten 2020

De tabel hieronder maakt de koppeling tussen marktuitedagingen, de innovatie sub domeinen, de belangrijkste doelstellingen en onderzoekfocus en de meest gerelateerde consortia.

	<i>Innovatie sub domein</i>	<i>Innovatie en toegepast onderzoek</i>	<i>Consortia vb.</i>
Groene Maritieme prestaties	Realiseren van duurzame vaartuigen o.a. vanuit de Green Deal ambitie.	Modelinstrumentarium om integraal CO ₂ equivalentie te analyseren door combinatie van emissiemetingen en emissiemodellen en vaarprofielen.	DOTC-partners GMM-partners
	Verantwoorde onderwater-emissie werkzaamheden bij en voorstuwing op zee.	Nieuwe energiedragers zoals methanol voor de maritieme sector en carbon / NO _x capture. Rekenmodellen voor grootschalige verdeling van onderwatergeluid van maritiem transport en offshore activiteiten (heien/ airgun surveys) op de Noordzee en de bijbehorende effecten op het zeeleven.	JOMOPANS-consortium Nationale en internationale overheden

<i>Maritieme en offshore constructies, slim, veilig en duurzaam</i>	Asset integrity en levensduurverlenging van constructies	Numeriek en experimenteel bepalen van faalgedrag van constructies onder extreme omstandigheden, het ontwikkelen van Structural Health Monitoring (SHM) systemen en probabilistische modellen voor bijvoorbeeld vermoeiing.	
	Nieuwe slimme materialen en toepassing in maritieme constructies.	Ontwikkeling en validatie van verbindingen voor Offshore Wind en mega constructies op zee (drijvende eilanden).	DOTC-partners GROW-partners
	Materialen en constructies onder extreme omstandigheden. Veiligheid van constructies onder extreme omstandigheden	Haalbaarheid van nieuwe generatie bunkersystemen (LNG als opmaat naar H ₂). Dikwandig composieten constructies voor extreme omstandigheden met geïntegreerde sensoren.	Industrie, overheden en kennisinstellingen
		Ontwikkeling van het digital twin concept voor Offshore Wind.	
<i>Maritieme operaties, veilig en optimaal</i>		Beslissingsondersteuning voor autonome operaties en een equivalent veiligheidsmodel voor autonoom varen.	
	Autonoom varen en onderwaterrobotica.	Inzet van genetwerkte autonome gerobotiseerde systemen voor onderwater inspectie & monitoring toepassingen.	JIP Autonomous shipping partners
	Autonome onderwater inspectie & monitoring/ akoestische onderwatercommunicatie en positionering.	Interoperabiliteit tussen onderwatersystemen door standaardisatie van akoestische communicatieprotocollen. Verder ontwikkelen van adaptieve automatisering (mens-machine interactie) voor autonome vaartuigen.	I-BOTICS Partners GROW-partners

Dynamiek

TNO M&O heeft een duidelijke focus aangebracht op drie onderzoeksthema's: Maritieme Constructies, Groene Maritieme prestaties en Maritieme operaties. Hierbij wordt ingezet op TNO brede samenwerking en de bundeling van technologieën uit diverse vakgebieden. Hierdoor kan effectiever worden aangesloten bij de kennisvragen vanuit de sector als het realiseren van de beoogde maritieme Green Deal ambities en doelstellingen vanuit de energietransitie op zee. Er is aansluiting gevonden bij de Meerjarige Missie gedreven Innovatie Programma's – MMIP's. De integrale relatie met de MMIP's is vanuit het Maritieme perspectief opgenomen in het document Maritime with a Mission.

In 2020 zal meer dan voorheen op de vergroeningsambitie van de sector worden ingezet. Daarbij zijn langdurige missie gedreven multidisciplinaire samenwerkingsverbanden nodig. Het in juni 2019 geopende samenwerkingsverband Dutch Ocean Technology Center (DOTC), verbindt de kennisinstellingen TNO en TU Delft en bedrijven uit de sector en richt zich op kennisontwikkeling en projectuitvoering t.b.v. duurzame maritieme prestaties in samenhang met constructieve en regelgevingsaspecten. Ook in het GROW-initiatief, dat zich richt op de gezamenlijke projectontwikkeling en uitvoering ten behoeve van de energietransitie op zee met de nadruk op Offshore Wind wordt actief geparticipeerd. Hiermee wordt de programmering van vraaggestuurd onderzoek nadrukkelijker gekoppeld met toegepast en fundamenteel onderzoek om uiteindelijk te renderen voor industrie en maatschappij.

Titel	Watertechnologie – Meten & Detecteren in CE (P504)														
Missie/ Topsector	Water														
Contactpersonen TNO	dr. Petra Krystek, dr. Ardi Dortmans														
Contact extern	drs. Dirk Jan Sloot (I&W), dr. Jan Post (TKI Watertechnologie)														
Programma jaar 2020 - Samenvatting															
<p>De wereldbevolking neemt toe, productie en consumptie blijven groeien. Dit leidt tot klimaatverandering, vermindering van grondstoffenvoorraden en verslechtering van de kwaliteit van de leefomgeving (gezondheid, veiligheid en ecosystemen).</p> <p>Nederland heeft de ambitie om in 2050 een volledig circulaire economie operationeel te hebben: duurzame circulaire ketens waarin grondstoffen volledig worden hergebruikt, geen afval wordt geproduceerd en alle gebruikte energie duurzaam is opgewekt. Met als (tussen)doelstelling om in 2030 50% primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) te gebruiken. Eerder TNO-onderzoek toonde aan dat het bevorderen van circulaire productketens kan leiden tot een extra toegevoegde waarde van 7 miljard Euro in 2025 en 54.000 extra banen in de komende 5 jaar.</p> <p>TNO draagt bij aan de oplossing van deze vraagstukken door enerzijds verbeteren van het inzicht in circulaire processtromen en het ontwikkelen van oplossingen. Door het innoveren in meten & detecteren in processtromen, inclusief proceswater en het modelleren ontstaat beter inzicht in de oorzaken van problemen, waardoor betere en efficiëntere technieken en maatregelen ontwikkeld kunnen worden. Veel goedkope en relatief eenvoudige maatregelen zijn inmiddels al doorgevoerd, wat resteert zijn de veel ingrijpender en complexere opties. TNO ontwikkelt daarvoor verbeterde decision support tools en ontwerpen wij circulaire ketens. Bovendien ontwikkelen we technologieën zoals recycling van in eerste instantie kunststoffen die een duurzame bijdrage leveren aan de circulaire economie.</p> <p>Dit VP richt zich in het bijzonder op de Innovatiethema's 'Resource Efficiency' en 'Smart Water Systems' uit de Kennis- en Innovatieagenda 2018 – 2021 van het TKI 'Watertechnologie'. In 2021 wil TNO naast twee sensing-oplossingen ook analysestrategieën voor het volledige, chemische karakteriseren van geselecteerde materialen (zoals b.v. recycled plastics) ontwikkeld hebben. Dit zal ertoe leiden dat microverontreinigingen door nieuwe processen vroegtijdig in beeld kunnen worden gebracht en dat schade door deze stoffen in processen en/of op de gezondheid voorkomen wordt. Alle oplossingen dienen de circulaire economie (waaronder kunststofketens); met potentie tot opschaling en valorisatie.</p> <p>Dit VP is in dynamiek vanwege een aantal redenen. Ten eerste werden eind 2017 een aantal onderzoeksactiviteiten van TNO naar WUR verplaatst; met name ook gericht op watertechnologie. Dat maakte herpositionering binnen TNO noodzakelijk. Hierdoor werd in 2018 een nieuwe positie in de sensor- en analytische methode-ontwikkeling ingevuld welke in 2019 verder werd aangescherpt met toepassingen in de circulaire economie. Ten tweede speelt er de nadere uitlijning van verschillende activiteiten binnen de 5 VPs die door de voor dit VP leidende TNO unit Circulaire Economie en Milieu worden bediend. Om voldoende focus en massa te behouden en nog hogere impact te creëren is daarom intensivering van de relaties met VPs rond Circulaire Economie gezocht. Samen resulteert deze 2 bewegingen in dit voorstel waarin de historie nog doorklinkt. Het onderzoek naar sensoren voor watertoepassingen (historie), staat nu naast onderzoek naar sensoren voor fosfaat in water (circulaire economie issue) en sensoren voor toepassing in bijvoorbeeld recycling processen (circulaire economie, al dan niet in een waterige omgeving) en de ontwikkeling van analyse strategieën wordt breder en voor complexe processtromen ingezet. Wij verwachten dat in een volgende bijstelling hier in overleg met de regievoerders een volgende slag in gemaakt kan worden ter verbetering van de coherentie en impact.</p>															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4" style="background-color: #00FF00; text-align: center;">Meten- en detecteren</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #FFFF00; text-align: center;">Sensor voor effectieve, mondiale terugwinning in agri (N-P-sensor)^{1,2,3}</td> <td style="background-color: #00FFFF; text-align: center;">On-line analyses als tool in katalysator-gestuurde processen¹</td> <td style="background-color: #00FFFF; text-align: center;">Volledige chemische samenstellings-analyse van plastics¹</td> <td style="background-color: #FFA500; text-align: center;">Zoet-zout-watersensor²</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="background-color: #00FF00; text-align: center;">in circulaire processtromen</td> </tr> </table>				Meten- en detecteren				Sensor voor effectieve, mondiale terugwinning in agri (N-P-sensor) ^{1,2,3}	On-line analyses als tool in katalysator-gestuurde processen ¹	Volledige chemische samenstellings-analyse van plastics ¹	Zoet-zout-watersensor ²	in circulaire processtromen			
Meten- en detecteren															
Sensor voor effectieve, mondiale terugwinning in agri (N-P-sensor) ^{1,2,3}	On-line analyses als tool in katalysator-gestuurde processen ¹	Volledige chemische samenstellings-analyse van plastics ¹	Zoet-zout-watersensor ²												
in circulaire processtromen															
*Aansluiting bij TKI Watertechnologie Innovatiethema: ¹ Resource efficiency, ² Smart water systems, ³ Sustainable cities															

Korte beschrijving

Dit VP sluit aan op de Kennis- en Innovatieagenda 2018 – 2021 van het TKI 'Wartertechnologie'. TNO heeft met de kennispartners, bedrijfsleven en overheid een bijdrage geleverd aan de totstandkoming van het 'Innovatiecontract Wartertechnologie' en draagt programmatisch bij middels deelname in de Programmaraad van de TKI-Wartertechnologie en de brancheorganisatie Envaqua; werkgroep Sensoring en Automatisering. Tevens is TNO betrokken bij het WaterSNIP project van RIVM aangaande innovaties in het Landelijk Meetnet Mestbeleid (LMM).

TNO richt zich op uitdagende circulaire processtromen; inclusief proceswater in bijvoorbeeld land- en tuinbouw, maar ook afval- en complexe vloeistofstromen bij de terugwinning van grondstoffen. Hiermee heeft dit VP ook een enabling karakter voor andere sectoren. Schoon, veilig en energiezuinige producties zijn cruciaal, zowel aan de inputzijde als aan de outputzijde van processen. Grote uitdagingen hierbij zijn de mestverwerking en het terugwinnen van waardevolle componenten uit afvalstromen als remedie voor de dreigende, mondiale schaarstes aan grondstoffen zoals bijvoorbeeld fosfaat. In dit programma ontwikkelt TNO sensoren voor het meten van waardevolle componenten in afvalstromen.

Meerdere elementen binnen de circulaire economie vragen versterkt aandacht en ze hebben betrekking op de identificatie en volledige samenstellingsanalyse van recyclaten en producten in circulaire processtromen en de kansen voor een circulaire economie door het nuttig hergebruiken van reststoffen. Middels recycling en volledig circulaire processen komen hierbij steeds nieuwe input- en outputstromen maar ook secundaire stromen aan bod. Hierbij is het tijdig, betrouwbaar en robuust aantonen van (chemische) stoffen in de input – en outputprocesstromen cruciaal. Betrouwbare, innovatieve analysemethoden maar ook slimme en snelle detectiemethoden, early-warning systemen, sensornetwerken en robuuste monitoring- & control-systemen zijn essentieel. Het accent ligt daarbij op chemische recycling van kunststoffen en de risico's van microplastics.

Hierdoor sluit TNO met dit VP expliciet aan op de Innovatiethema's 'Resource Efficiency' en 'Smart Water Systems' uit de Kennis- en Innovatieagenda 2018 – 2021 van de TKI 'Wartertechnologie'.

Resultaten 2020

In 2020 zullen de volgende inhoudelijke activiteiten en beoogde resultaten aan bod komen:

Sensorontwikkeling voor effectieve, mondiale terugwinning in de agri: N en P verbindingen – De activiteiten zullen zich richten op doorontwikkeling van glasvezel-gebaseerde sensoren voor stikstof en fosfaat houdende componenten in bodem en oppervlaktewater in het kader van grondstofterugwinning en -reducering, en circulaire initiatieven op het gebied van land- en (glas)tuinbouw. Het betreft hier de afronding van de optische fosfaatsensor en het integreren met andere optische sensoren zoals voor nitraat, ammonium en chloride. Het is relevant om vroege tests en demonstraties in proeftuinen uit te voeren om in een vroeg stadium een indruk te verkrijgen van de praktische toepasbaarheid van de ontwikkelde technologie. Hiertoe zal toenadering worden gezocht bij RIVM en de WUR, waarbij ook de belangen van MinLNV worden meegenomen.

Op de Aqua Vakbeurs in het voorjaar zullen de tot dusver behaalde resultaten worden gepresenteerd en in september zal een presentatie worden voorbereid op Eurosensors.

On-line analyses als tool in katalysator-gestuurde processen van circulaire processtromen – In recycling processen zijn heterogene katalysatoren zijn vaak belangrijke stuurmiddelen. De activeringsstatus of mogelijke desactiveringsstatus (ook fouling genoemd) van de ingebouwde katalysatoren is een cruciale, procestechnologische informatie tijdens het recyclen. In samenwerking met de Universiteit Maastricht (professoraat in Analytics for System Imaging) zal een concept voor de on-line analyses worden ontwikkeld waarbij potentiële elementen en metalen welke fouling zouden kunnen veroorzaken onder lopende procesomstandigheden direct worden geanalyseerd. In 2020 zal een eerste case studie worden opgezet waarbij een flow reactor (type Chemtrix, van de Universiteit Maastricht) on-line aan element-analytische apparatuur (high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry HR-ICPMS) van TNO – Environmental sensing, monitoring and analysis (EMSA) wordt gekoppeld. De experimenten zullen op het laboratorium van TNO in Utrecht plaatsvinden en inhoudelijk aansluiten aan behoeftes uit de KIA Circulaire Economie 2020-24 van IenW. Er zullen verschillende procesomstandigheden in het kunststof recyclen worden gesimuleerd en bestudeerd. Middels deze benadering zal de toegevoegde waarde van de on-line analyse

tijdens geselecteerde recycling processen in kaart worden gebracht en de mogelijke opschaling naar industriële recyclinginstallaties.

Volledige chemische samenstellingsanalyse van recyclaten en kunststofproducten in circulaire processtromen – De volledige samenstellingsanalyse van recyclaten en kunststofproducten uit gerecycled materiaal de kansen voor een circulaire economie door het nuttig hergebruiken van reststoffen. Middels recycling en volledig circulaire processen komen hierbij steeds nieuwe input- en outputstromen maar ook secundaire stromen aan bod. Hierbij is het tijdig, betrouwbaar en robuust aantonen van (chemische) stoffen en de samenstelling in de input – en outputprocesstromen cruciaal. Middels case studies welke in de procestechnologische recycling faciliteiten van TNO lopen zullen hiervoor analytische methodes worden ontwikkeld en (waar mogelijk) al op bestaande methode in het netwerk worden terug gegrepen. Hierdoor zal TNO in de unieke positie worden gebracht om een volledige chemische samenstellingsanalyse van recyclaten en kunststofproducten te kunnen ontwikkelen en industrieel toepassen.

Sensorontwikkeling voor zoet-zoutwater – Gebaseerd op lopende ontwikkelactiviteiten zal de verdere doorontwikkeling en toepassing van de zoet-zoutwater-sensor bij nationale partners plaatsvinden. Hierbij gaat het om het project 'Fiber Optic Salinity tracing (for) environmental research (FOSTER)', <https://fosterproject.nl/>. Deze glasvezelsensor zal t/m eind 2020 op twee locaties worden getest. De Duinen Amsterdam en de Zandmotor zijn daarbij interessante opties, voor de eerste locatie vindt samenwerking met Waternet plaats en voor de tweede met Deltares.

Externe partijen

Naast de bestaande contacten en samenwerkingen met bedrijven op het gebied van sensoriek- en analysetechnologie en publieke organisaties, zullen in het komende jaar de publiek-private samenwerkingen met internationaal gerenommeerde sensorfabrikanten worden uitgebouwd. Binnen het TKI Watertechnologie stemmen KWR, Wetsus, Deltares, NWO, Stowa en TNO hun onderzoek agenda's op elkaar af. Tevens vindt er op projectbasis samenwerking plaats met de afzonderlijke partners zoals het RIVM. De koppeling tussen fundamenteel onderzoek en toegepast onderzoek past binnen de samenwerking die bestaat met universitaire onderzoeksgroepen aan TU Delft, Wageningen Universiteit, Universiteit Maastricht, VU en Universiteit Siegen (D). Verder wordt nauw met het nieuwe initiatief Brightsite samengewerkt en industriële contacten worden uitgebouwd zoals met bijvoorbeeld Total Corbion, Fivestar Grass (kunstgras) en DSM Materials Science Center (DMSC). Maar ook op internationaal niveau zullen de contacten worden geïntensiveerd middels het 'Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances' (NORMAN).

Externe aansluiting

Dit VP sluit nadrukkelijk aan bij de Kennis- en Innovatieagenda van de TKI 'Watertechnologie'. Hiervoor worden door TNO kosteneffectieve sensortechnologieën en analysemethoden ontwikkeld om voor maatschappelijke uitdagingen zoals de circulaire economie ook voor de toekomst alle processtromen zeker te stellen. Deze worden geoptimaliseerd; juiste volumestromen, juiste concentraties en juiste schaal van kringlopen.

TNO innoveert in sleuteltechnologieën m.b.t. meet- en detectietechnologie en de moderne analytische wetenschap. Het inzetten levert nieuwe proces- en materiaalrelevante informatie over recyclaten.

Met dit Vraaggestuurd Programma sluit TNO aan op de KIA Circulaire Economie 2020-24 bestaat uit drie Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's), te weten: (1) Ontwerp voor circulariteit, (2) Circulaire grondstofketens en productieprocessen en (3) Vertrouwen, gedrag en acceptatie routes.

Van de Nationale Wetenschapsagenda (NWA) bestaat aansluiting op de routes 'Meten en detecteren: altijd, alles en overall', 'Circulaire economie & grondstoffenefficiëntie: Duurzame circulaire impact' en de 'Sustainable development goals voor inclusieve mondiale ontwikkeling'. Middels de doorontwikkeling van de zoet-zoutwater-sensor levert TNO invulling aan de sectorale agenda; i.h.b. het Deltaprogramma Zoetwater. Hierbij gaat het om het doel dat de zoetwatervoorziening en de ruimtelijke inrichting in 2050 klimaatbestendig zijn. Effecten, zoals b.v. de zoutindringing welke door de hete en droge zomer van 2018 ontstonden, worden eveneens onderzocht. Nieuwe sensoren en analyses zijn expliciete tools voor de betrouwbaarheidsbewaking en het beheer van de kwaliteit. Middels de methodeontwikkelingen voor de volledige chemische samenstellingsanalyses draagt dit Vraaggestuurd Programma bij aan 'Nederland Circulair 2050'; dat wederom de ambitie

heeft om in 2030 50% minder primaire grondstoffen te gebruiken en in 2050 een volledig circulaire economie operationeel te hebben.

Dynamiek

De genoemde doelstellingen geven een verschuiving aan naar profilering als ‘innovatieve, technologie provider’ waarbij bredere aansluiting bij de groeiende vraag naar betere detectiemethoden vanuit de overheden (zoals IenW – de Strategische Kennis Innovatie Agenda (SKIA), EZ en RWS) en het bedrijfsleven wordt gerealiseerd. Het inzetten op sensorische en analytische technologie bij het meten en detecteren van chemische stoffen in diverse circulaire processtromen staat inmiddels heel centraal; vroegere aansluitingen bij de directe waterbehandeling (d.w.z. decentrale waterzuiveringsinstallatie) hoort niet meer bij de scope. Een verdere aanscherping resulteert in het meten en detecteren van chemische stoffen, kan mogelijk nog leiden tot bijstelling van accenten in het komende VP.

In 2019 heeft TNO intensief bijgedragen aan de input vanuit de TKI Programmaraad Watertechnologie op de KIA Circulaire Economie 2020-24 en de drie Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma’s (MMIP’s), te weten: (1) Ontwerp voor circulariteit, (2) Circulaire grondstofketens en productieprocessen en (3) Vertrouwen, gedrag en acceptatie. TNO’s activiteiten worden in de komende periode in dit consortium ingebed en vormen een complementaire externe aansluiting.

Hoewel in 2018 nog de nadruk op de methodeontwikkelingen met de bij TNO beschikbare analysetechnieken voor microplastics lag, zou in 2019 ook heel nadrukkelijk naar technieken worden gekeken welke net op de markt geïntroduceerd zijn maar nog niet voor grootschalige applicaties voldoende doorontwikkeld zijn om metingen in complex samengestelde vloeistoffen te doen. Het ontwikkelen en valideren van detectie- en analysemethodes, detectie van zowel vorm/grootte als chemische samenstelling, en koppeling met in-line sensing / sampling methodes werd als speeractiviteit voor de roadmap analytische methode en applicatie ontwikkeling in kaart gebracht. Echter, door omstandigheden werden de activiteiten in de loop van 2018 bijgesteld en werden dan gericht op het in kaart brengen van analytische technieken en strategieën om de volledige chemische samenstelling van gerecycled plastics te bepalen. Hiervoor zullen partnerships met universiteiten, instituten, geaccrediteerde laboratoria maar ook instrumentenfabrikanten en -leveranciers worden aangegaan.

De samenwerking met andere vraaggestuurde programma’s komt steeds centraler te staan waarbij de ontwikkeling van een liquid-PAS sensor een belangrijk voorbeeld is:

Liquid-PAS sensor voor complexe vloeistofstromen – (in vraaggestuurd programma P512 – Environmental Technology).

Het concept van een liquid-PAS* sensor is vorig jaar onderzocht voor toepassing in complexe processtromen zoals het super heated solvent dissolution (SHSD) proces voor recycling van plastics. In hoeverre deze technologie ook ingezet kan worden voor andere toepassingen, zoals grondwater monitoring en biomarkers, zal in kaart gebracht worden. Bovendien zal de techniek doorontwikkeld worden voor multi-parameter detectie gebruik makend van breedbandige excitatie (FT-PAS). Hiermee zullen de mogelijkheden voor zowel procesmonitoring als voor milieumonitoring sterk verbreed worden.

* *Vertaling uit het Engels: foto-akoestische spectroscopie*

Voor circulaire economie ligt het nieuwe accent op meten en detecteren voor het onderhouden van kunststof-stofkringlopen en niet meer specifiek op de technologische ontwikkeling om schaarse stoffen uit processtromen te halen. De nieuwe resultaten zullen centraal staan in processen van de circulaire economie waaronder ook de beoordeling en de nieuwe gebruiksmogelijkheden van bijvoorbeeld kunststof-recyclaten.

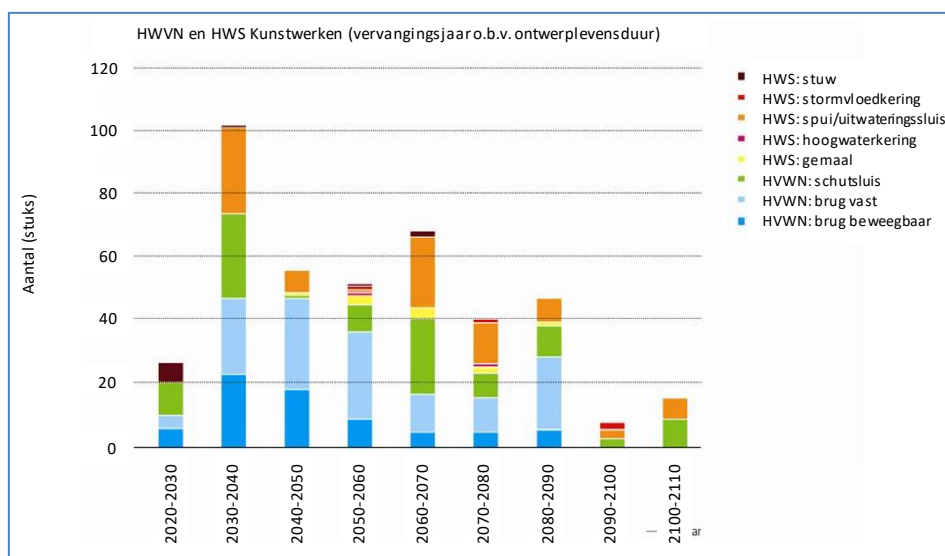
Titel	DeltaTechnologie (P508)
Missie/ Topsector	Water
Contactpersonen TNO	Peter Paul van 't Veen, Adri Vervuurt
Contact extern	Rob Koster (TKI), Rob Hofman (RWS)
Programma jaar 2020 - Samenvatting	

Een steeds groter deel van de Nederlandse civiele waterbouwkundige constructies (natte kunstwerken) uit de vorige eeuw is toe aan vervanging of renovatie om het functioneren en de daarvan afhankelijke waterveiligheid en waterzekerheid te waarborgen (Figuur 1). Hiertoe hebben Deltares, TNO en Marin enige jaren geleden een gezamenlijke kennisagenda voor de natte kunstwerken opgesteld. Het doel hiervan is dat er voldoende inzicht komt in problemen die op het gebied van natte kunstwerken spelen en de modellen en methoden die voorhanden zijn om de (rest)levensduur van natte kunstwerken voldoende betrouwbaar te voorspellen. Het uiteindelijke doel is dat op basis van de ontwikkelde kennis beter gefundeerde, toekomstbestendige keuzes kunnen worden gemaakt waarin rekening wordt gehouden met de technische en functionele levensduur van de natte kunstwerken die onderdeel uitmaken van een netwerk.

Om het hiervoor genoemde doel te bereiken, wordt in het kennisprogramma Natte Kunstwerken ingezet op de ontwikkeling van kennis op het gebied van bestaande en nieuwe kunstwerken alsmede het systeem waar deze onderdeel van uitmaken. Voor bestaande constructies wordt daarbij vooral ingezet op het gebruik van meetgegevens voor het beheer en onderhoud ervan en het bepalen van de technische staat en de restlevensduur. Voor de toekomstbestendigheid is het verder van belang dat rekening wordt gehouden met veranderende belastingen, ander gebruik en wijzigingen in de criteria die door de maatschappij en klimaatverandering aan ons worden gesteld. Voor nieuwe constructies wordt vooral ingezet op innovatieve oplossingen voor vervanging en renovatie van natte kunstwerken. Voor het systeem spelen met name de functionele staat en functionele restlevensduur van de kunstwerken als onderdeel van een netwerk een rol van betekenis, alsmede de besluitprocessen bij de vervanging en renovatie.

De werkzaamheden van TNO in het kennisprogramma richten zich vooral op bestaande constructies, waarbij in 2020 vooral wordt ingezet op:

- Methodieken voor de beoordeling en afweging van de kosten, baten en risico's gedurende de levenscyclus van natte kunstwerken ten behoeve van asset management binnen de circulaire economie.
- Methodieken voor het integraal beoordelen van de waterveiligheid en constructieve veiligheid van objecten en systemen.
- Probabilistische methodes en kaders voor beoordeling van de constructieve veiligheid en duurzaamheid van kades, damwanden en funderingen



Figuur 1 Omvang van de vervangingsopgave voor Rijkswaterstaat (uit Vervangingsopgave Natte Kunstwerken)

Korte beschrijving

Nederland kent als waterrijk land vele sluisen, stuwen, waterkeringen en kademuren of damwand-constructies. Voor het waarborgen van de waterveiligheid en waterzekerheid is het goed functioneren van deze waterbouwkundige constructies

(natte kunstwerken) van essentieel belang. Een groot deel van de constructies is medio vorige eeuw aangelegd en komt langzaam maar zeker aan het einde van de technische ontwerplevensduur. Daar komt bij dat het functioneren van deze constructies nadelig wordt beïnvloed door het intensievere gebruik dan bij het ontwerp was voorzien. Hierdoor ontstaat in de komende decennia een omvangrijke en toenemende vervangings- en renovatieopgave. Voor eigenaren en beheerders van natte kunstwerken kan het instandhouden van de beschikbaarheid en de betrouwbaarheid leiden tot grote investeringen. Op basis van de levensduurverwachtingen van natte kunstwerken wordt geschat dat er tot 2030 ca. 100 natte kunstwerken van Rijkswaterstaat (zoals sluizen, stuwen en stormvloedkeringen) aan vervanging of grootschalige renovatie toe zijn en nog eens circa 150 kunstwerken in de tien jaar erna. Het is van belang om dit aantal te reduceren en de renovatie en vervanging in de tijd te spreiden en ervoor te zorgen dat het areaal aan natte kunstwerken na vervanging en renovatie voldoet aan de veranderende criteria die de maatschappij en klimaatverandering ons stelt.

Het doel van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken is dat er voldoende inzicht wordt opgebouwd in problemen die spelen en de modellen en methoden die voorhanden zijn, zodanig dat de (rest)levensduur van natte kunstwerken voldoende betrouwbaar kan worden ingeschat waardoor beter gefundeerde keuzes kunnen worden gemaakt door assetmanagers en beheerders van natte kunstwerken. Hierbij dient rekening te worden gehouden met het systeem waar deze kunstwerken deel van uitmaken, hun technische staat (technische levensduur) en de functie die ze nu en in de toekomst daarin kunnen en moeten vervullen (functionele levensduur).

Om de hiervoor genoemde doelstelling te bereiken wordt binnen het vraaggestuurde programma Deltatechnologie door TNO ingezet op de ontwikkeling van kennis op de volgende drie gebieden:

1. Bestaande kunstwerken

- Het gebruik van extra intelligentie (data, meetgegevens, inspectieresultaten, etc.) voor het assetmanagement van bestaande kunstwerken
- De effect van veranderende omstandigheden (andere belastingen, ander gebruik)
- Het bepalen van de technische staat en technische (rest)levensduur

2. Nieuwe kunstwerken

- Innovatieve oplossingen voor vervanging en renovatie van natte kunstwerken waarbij geanticipeerd op toekomstige veranderingen en waarbij het areaal efficiënter kan worden beheerd.

3. Systeemwerking

- Bepaling van de functionele staat en functionele restlevensduur
- Besluitprocessen ten behoeve van vervanging en renovatie van natte kunstwerken
- Kunstwerken in netwerkmodellen

In de kennisontwikkeling ligt de nadruk op onderwerp 1. De technische en functionele eisen die aan een kunstwerk worden gesteld staan echter niet los van de eisen die gesteld worden aan het systeem en van de besluitprocessen. Mede om die reden wordt het onderzoek samen uitgevoerd met Deltares en is er een grote betrokkenheid van Rijkswaterstaat en marktpartijen (Boskalis, DIANA FEA).

De kennisontwikkelingen binnen het Kennisprogramma Natte Kunstwerken hangen nauw samen met de vraaggestuurde programma's Duurzaam Bouwen (P502, PMC betonconstructies en PMC staalconstructies) en HTSM (P513, PMC beton). Een aantal mechanismes die van belang zijn voor natte (stalen en betonnen) kunstwerken zijn immers ook relevant voor droge kunstwerken (zoals bruggen en viaducten) en gebouwen. In het bijzonder betreft dit kennisontwikkeling met betrekking tot de veiligheidsfilosofie bij constructies, degradatie van materialen en constructies. Ook de kennisontwikkeling op het gebied van de veiligheidsbeoordeling is in dit kader generiek toepasbaar.

Resultaten 2020

Het onderzoek binnen het vraaggestuurde programma Natte Kunstwerken richt zich voor TNO in 2020 vooral op de volgende aandachtsgebieden en bijbehorende doelstellingen binnen de PMC Natte Kunstwerken:

- A. Beslismethoden voor assetmanagement van natte kunstwerken op basis van data.
- B. Het risicogestuurd en integraal beoordelen van de waterveiligheid en constructieve veiligheid van objecten en systemen.
- C. Probabilistische methodes en kaders voor beoordeling van de constructieve veiligheid en duurzaamheid van kades, damwanden en funderingen op basis van geavanceerde modellen en in combinatie met data (inspecties en monitoring).

Ad A)

Op het gebied van beslismethoden voor assetmanagement wordt in 2020 een methodiek opgezet voor het assetmanagement van natte kunstwerken waarbij, ten behoeve van de besluitvorming, gebruik kan worden gemaakt van informatie (data) over de objecten en waarin de verschillende risico's integraal worden benaderd. Hierbij moet worden gedacht aan de vervangings- en renovatieopgave, multifunctioneel gebruik van waterkeringen (bijvoorbeeld kabels en leidingen in dijken), aanvaarrisico's, regio-adviezen en inspectieresultaten.

Ad B)

Voor het risicogestuurd en integraal beoordelen van objecten wordt binnen een lopend promotieproject gewerkt aan een probabilistisch beoordelingsmodel voor waterbouwkundige constructies. Daarnaast worden componenten voor het toetsingsinstrumentarium voor natte kunstwerken ontwikkeld, waarbij onder andere rekening kan worden gehouden met meervoudige faalmechanismen. De resultaten hebben uiteindelijk tot doel om te komen tot een integrale risicobenadering voor het op maat beoordelen van de waterveiligheid en constructieve veiligheid van objecten en systemen, binnen de kaders van de Waterwet.

Ad C)

Voor de beoordeling van de constructieve veiligheid van damwanden, kademuren en funderingen wordt binnen het deel in 2020 een eerste stap gemaakt om de in de afgelopen jaren ontwikkelde probabilistische modellen voor het betrouwbaar beschrijven van de interactie tussen de grond en de constructie (grond-constructie-interactie) te valideren voor praktijksituaties. Dit leidt tot een gevalideerd model. Validatie vindt plaats op basis van beschikbare data en cross-validatie van de verschillende ontwikkelde modellen. Daarnaast wordt gewerkt aan het gebruik van field-data (meet- en monitorgegevens) voor het verkleinen van de onzekerheden in de ontwikkelde modellen (Structural Health Monitoring). Dergelijke modellen kunnen door beheerders worden gebruikt voor het asset management van hun kunstwerken (kademuren en damwanden).

Zoals aangegeven wordt in het kennisprogramma Natte Kunstwerken samengewerkt met Rijkswaterstaat, Deltares, Boskalis, Port of Rotterdam en FEA DIANA (voorheen TNO DIANA BV). De ontwikkelingen sluiten verder aan bij de strategische kennisagenda's van Rijkswaterstaat (2017) en Water en Bodem (2018), de Kennisagenda Circulaire Economie (2017), de kennisagenda Bruggen en Sluizen van de Bouwagenda en het BTIC. Samenwerking en uitwisseling vindt vooral plaats met het V&R programma van Rijkswaterstaat. De plannen worden jaarlijks afgestemd met de programmacommissie Deltatechnologie.

Dynamiek

Inhoudelijk borduren de ontwikkelingen in 2020 voort op de kennisontwikkelingen uit voorgaande jaren waarin met name stappen zijn gemaakt in de kennisopbouw betreffende het probabilistisch modelleren en het modelleren van situaties waarbij degradatie en de samenwerking van grond en constructie een rol van betekenis spelen (grond-constructie-interactie).

Veel van de ontwikkelde kennis is inmiddels volwassen genoeg om door specialisten in de praktijk toe te passen. Een ander deel van de ontwikkelde en in ontwikkeling zijnde modellen dient echter nog te worden ontsloten voor ingenieurs- en adviesbureaus. Verder is er nog onvoldoende gedragenheid over de aanscherpingen binnen de veiligheidsfilosofie die momenteel gangbaar is.

Voor de toepassing door ingenieurs- en adviesbureaus dienen de ontwikkelde modellen te worden ontsloten en is (nog) onvoldoende gedragenheid over de te hanteren veiligheidsfilosofie.

Voor de komende jaren staat de doorontwikkeling van de ontwikkelde modellen op de rol waarbij het de verwachting is dat eind 2022 gevalideerde, praktisch toepasbare modellen beschikbaar zijn. De aandacht voor een veranderende veiligheidsfilosofie binnen de kaders van de Waterwet en het Bouwbesluit wordt groter, met name ook door de internationale ontwikkelingen op dit gebied.

Titel	Karakterisering en Dynamiek Samenstelling Grondwater (P310)
Missie/ Topsector	Water
Contactpersonen TNO	Tirza van Daalen (DM), Willem Jan Zaadnoordijk (VMP)
Contact extern	Wilbert van Zeventer (Min. I&M), Roeland Allewijn (RWS)
Programma jaar 2020 - Samenvatting	
<p>De beschikbaarheid van voldoende grondwater van goede kwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor de Nederlandse samenleving. De grondwaterstand is van groot belang voor bijvoorbeeld natuur, landbouw, bebouwing en infrastructuur en heeft een directe relatie met bodemdaling.</p> <p>Dit VP richt zich op de processen in de ondergrond die bepalend zijn voor de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater. Bedreigingen zijn o.a. veranderingen in het landgebruik, klimaatverandering en intensiever gebruik van de ondergrond. Hierdoor dreigen verzilting, dalende grondwaterstanden en conflicten, bijv. tussen seizoensopslag van warmte en koude (WKO) en drinkwaterwinning. Voor grondwaterkwaliteit spelen de risico's vanaf het oppervlak een rol (uitspoeling gekoppeld aan landbouw en stedelijk gebied) en door activiteiten in de diepere ondergrond (o.a. olie- en gaswinning, geothermie, hogetemperatuuropslag (HTO) en opslag radioactief afval). De energietransitie doet de noodzaak voor energie gerelateerde activiteiten in de ondergrond sterk toenemen. Ook voor het veiligstellen van de zoetwatervoorziening is een grotere rol van de ondergrond voorzien, bijv. in het Deltaplan Zoetwater en wordt gezocht naar strategische grondwaterreserves in het kader van STRONG. Informatie en kennis ten aanzien van de dynamiek en de samenstelling van het grondwater alsook ten aanzien van de opbouw van de ondergrond is noodzakelijk voor het voorspellen van effecten en het toetsen van beleidsbeslissingen.</p> <p>Het doel van dit VP is methoden en informatieproducten te ontwikkelen om de effecten op het grondwater te voorspellen van klimaatverandering, intensivering van de landbouw, verstedelijking en verduurzaming van de energievoorziening. De kennisontwikkelingsactiviteiten in dit VP leiden tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data-analyse en nieuwe informatieproducten betreffende de ondergrond; - Specifieke advisering van stakeholders aangaande het grondwater; - Bijdrage aan nationale ontwikkelingen, zoals het innovatiecontract Watertechnologie, waarbij specifiek kennis ten aanzien van grondwater en ondergrond wordt ontwikkeld en ingebracht; - Bijdrage aan internationale ontwikkelingen, onder andere via GeoERA-projecten (GeoERA is een EU-ERANET-programma van geologische diensten in Europa; de projecten zijn 1 juli 2018 gestart en hebben een looptijd van 3 jaar). <p>In 2020 worden de volgende resultaten voorzien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inzicht in voorkomen van "nieuwe" stoffen en gassen in grondwater, te publiceren in wetenschappelijke en populaire media, om zo de bewustwording te vergroten; - Bijdrages aan NWO-projecten over zoet/zout grondwater, en ook binnen GeoERA verband. Wetenschappelijke publicatie en versterken kennispositie; - Verbetering methode tijdreeksmodellering en interpolatie voor efficiënter gebruik van toenemende intensiteit van grondwaterdata (o.a. door inwinning via telemetrie) voor verkrijgen van inzicht in actuele situatie en detecteren systeemveranderingen; - Intensiveren van kennisontwikkeling betreffende relatie tussen energieopslag en risico's voor grondwater. 	
Korte beschrijving	

Overeenkomstig de roadmap 'Geological Survey of the Netherlands' (Van der Meulen e.a., 2013) richt dit vraaggestuurde programma zich op het ontwikkelen van methoden om dynamische processen in de grondwaterkwantiteit en -kwaliteit te karakteriseren en het bijbehorend ontwikkelen van kennis en informatieproducten die zich richten op bescherming en benutting van grondwater binnen TNO Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN). De doelstelling van dit VP is het onderzoeken op welke wijze de eigenschappen en het gedrag van het grondwater inzichtelijk gemaakt kunnen worden en het ontwikkelen van bijbehorende data-analyse-instrumenten en informatieproducten. Hierbij komen ook aan de orde het geavanceerd meten en monitoren van grondwater en de interactie van grondwater met sediment en oppervlaktewater. Er wordt een bijdrage geleverd aan nationale ontwikkelingen, zoals het innovatiecontract Watertechnologie, en Europese ontwikkelingen, onder andere via deelname aan werkgroepen van de Europese Kaderrichtlijn Water. Het programma kent vier focuspunten, te weten 1) grondwaterkwaliteit en -herkomst, 2) zoet/zout grondwater, 3) grondwaterdynamiek en 4) grondwater. Het zou goed zijn om daar 5) stedelijk grondwater aan toe te voegen gezien de grondwater gerelateerde vragen die in bebouwd gebied spelen en de feedback van gebruikers van de informatieproducten die bij focuspunt 3) ontwikkeld zijn.

Verder komen alle focuspunten samen in de grote maatschappelijke uitdagingen van energietransitie, klimaatadaptatie, leefbare omgeving en duurzame productie.

Het programma levert data-analyse-instrumenten en informatieproducten op die via de TNO-GDN-website beschikbaar gesteld worden. De ontwikkelde kennis en methoden worden ingezet voor specialistisch advies in marktprojecten. De wetenschappelijke resultaten (onder meer uit de diverse AIO-projecten) worden gepresenteerd op congressen en gepubliceerd in peer-reviewed tijdschriften om de internationale, wetenschappelijke validiteit van de ontwikkelde methoden te bewijzen.

Een groot deel van het huidige onderzoek wordt de komende tweeënhalve jaar ingebed in het GeoERA-programma waarin de geologische diensten van Europa samenwerken in een zogenaamde European Research Area. Daarbij vindt uitwisseling van kennis en ervaring met andere Europese geologische diensten zoals GEUS (Denemarken), BGS (Groot-Britannië) en BRGM (Frankrijk) plaats. De TNO-GDN bijdrage voor het grondwateronderzoek binnen GeoERA wordt deels betaald uit KarDySaG. Daarnaast dragen het Geo-InformatieProgramma van de GDN en marktpartijen bij.

In aanvulling op voorgaande onderwerpen blijkt er behoefte te zijn aan meer inzicht in de dynamiek van het ondiepe grondwater in stedelijk gebied dan kan worden geleverd met de huidige informatieproducten. Voor nieuwe informatieproducten die hierin voorzien zijn meer gegevens en nieuwe kennis nodig. De gegevensbehoefte zal in ieder geval deels vervuld worden doordat in het kader van de Basisregistratie Ondergrond (BRO) gemeenten meer stedelijke grondwaterstanden beschikbaar zullen maken. Er dient ook aandacht voor grondwaterkwaliteit in het stedelijk gebied te zijn vanwege de relatie met oppervlaktewater en volksgezondheid.

Resultaten 2020

Focuspunt Grondwaterkwaliteit en -herkomst

Het onderzoek naar opkomende stoffen en gassen in grondwater en naar isotopen en datering is ingebed binnen GeoERA en leidt tot GeoERA-deliverables. De in de afgelopen jaren ontwikkelde grondwaterkwaliteitsatlas (een webapplicatie voor visualisatie van geharmoniseerde grondwaterkwaliteitsgegevens) zal feedback van gebruikers opleveren, die zal leiden tot nieuwe inzichten en marktfragen.

Een ander resultaat in 2020 onder dit focuspunt zal zijn een nutriëntentransportmodel om de uitspoeling van voedingsstoffen uit de ondergrond naar het oppervlaktewater in poldergebieden te verbeteren waarmee het waterkwaliteitsbeheer verbeterd kan worden. Het model zal de biogeochemische processen bij het uitreden goed beschrijven op basis van het in 2019 afgeronde veldonderzoek naar gedrag van natuurlijk versus agrarisch fosfaat en ammonium bij kwel in kleipolders.

Focuspunt Zoet/zout grondwater

In 2020 zal nog worden bijgedragen worden aan het NWO-project Water NEXUS waarin een AIO zich bezig houdt met de toegevoegde waarde van AEM-metingen (Airborne ElectroMagnetic survey; electromagnetische metingen met behulp van een helicopter) in de voorspelling van het dynamisch gedrag van zout grondwater. In het verlengde hiervan zal een methode

opgeleverd worden om verschillende databronnen (met verschillende representatieve volumina en betrouwbaarheid te combineren).

Focuspunt Grondwaterdynamiek

In 2020 zullen verbeteringen aan de grondwatertools uitgevoerd worden. Samen met de TU Delft zal een methode ontwikkeld worden om bij grondwatertijdreeksmodellering rekening te houden met een overgang in meetfrequentie (vanwege het automatiseren van het meetproces door de meetnetbeheerders). Verder zal een kwantificatie van de betrouwbaarheid van de isohypsen opgeleverd worden.

Ook zal in 2020 inzicht verkregen worden in het detecteren van niet-lineaire reacties en verandering van het grondwatersysteem, wat van belang is voor het evalueren van knikpunten bij klimaatverandering.

Focuspunt Grondwater en energie

Afronding van de grondwater-zuurstofkaart is uitgesteld naar 2020. Deze kaart is o.a. nuttig met betrekking tot putverstopping door menging zuurstofhoudend en ijzerhoudend grondwater en afbraakcondities van organische microverontreinigingen. Er is een publicatie voorzien over de karakterisatie van de verticale heterogeniteit van aquifersedimenten. Dit voorziet in een informatiebehoefte om dichtheidstroming (door temperatuur- of zoutverschil) beter te kunnen voorspellen. Dit is wenselijk om bijvoorbeeld het energierendement van hoge-temperatuuropslagsystemen beter te kunnen voorspellen (het is ook van belang voor het rendement van zoet-wateropslag). Verder zal als uitvloeisel van het EU project HEATSTORE een experimentele techniek ontwikkeld worden waarmee putverstopping en put aantasting door corrosie bestudeerd kunnen bij hoge-temperatuur warmte-opslag (HTO) systemen en geothermische installaties. Putverstopping vermindert het rendement en put aantasting brengt bij HTO en geothermie ook risico's met zich mee voor aantasting van de grondwaterkwaliteit.

Focuspunt Stedelijk grondwater

Afhankelijk van de financiering komen in dit nieuwe focuspunt aspecten terug van de andere focuspunten waarbij vooral de resolutie en gevraagde betrouwbaarheid verschillen.

Grondwater in stedelijk gebied is zeer complex vanwege de grote heterogeniteit van de ondergrond (o.a. door vergravingen en ondergrondse infrastructuur) en de aanwezigheid van WKO-systemen, verharding en drainage. De hoge economische waarden en de uitdagingen van de energietransitie en klimaatverandering stellen bovendien extra eisen aan het stedelijk grondwater. De uitdaging bij dit focuspunt liggen in het produceren van meer gedetailleerd inzicht en op bruikbare wijze weergeven van de zeggingskracht van de resultaten. In 2020 kan concreet onderzocht worden hoe de resolutie van de grondwatertoolsresultaten vergroot kan worden voor het freatisch grondwater, waar behoefte aan is onder andere voor het onderhoud en de aanleg van ondergrondse leidingen en infrastructuur.

Meer informatie over het stedelijk grondwater is van groot belang niet alleen voor beheer van de infrastructuur, maar ook voor klimaatadaptatie, energietransitie en leefbaarheid in het algemeen.

Overige activiteiten

Samenwerking met universiteiten, met name de Universiteit Utrecht en Technische Universiteit Delft, onder meer via gezamenlijk onderzoek en begeleiden van stagiaires en studenten die BSc of MSc-thesis onderzoek doen.

Kennisdisseminatie binnen Nederland middels het presenteren van resultaten van het onderzoek op Nederlandse bijeenkomsten in Nederlandse vaktijdschriften.

Dynamiek

Een groot deel van de activiteiten voor 2020 zijn een voortzetting van het huidige werk. Dit geldt met name voor de TNO-GDN-bijdrage aan het grondwateronderzoek binnen GeoERA-projecten die deels uit KarDySaG gefinancierd worden. Dat heeft het grote voordeel dat kennis en ervaring uitgewisseld wordt met andere geologische diensten en dat ook aandacht gericht wordt op vraagstukken op Europese schaal.

Wel is het wenselijk stedelijk grondwater als een nieuw aandachtspunt op te nemen omdat daar diverse informatievragen rijpender worden door de energietransitie en klimaatverandering. Zonder een verhoging van het budget kan op dit vlak echter geen onderzoek gedaan worden.