



Aardappelen verduurzamen met slimme data

De teelt van aardappelen kan aanzienlijk verduurzamen door slimme data te verzamelen p.16 ►

Energieopwekkend wegdek gaat de grens over. Een wegdek waarover je niet alleen kunt rijden, maar dat ook duurzame energie produceert. p.6

Kanker opsporen met licht. Met een eenvoudige lichtmeting aan de binnenkant van de wang kunnen dokters vroegtijdig zien of er een tumor aanwezig is. p.26

Hoe geef je een drone een dreun? Nederland investeert in een breed opgezet kennisprogramma naar maatregelen voor de bestrijding van drones. p.28

UITDAGINGEN VAN MORGEN

Voor u ligt het nieuwe TO₂MORROW Magazine. Hierin laten de vijf toepassingsgerichte onderzoeksorganisaties zien aan welke thema's zij werken en hoe zij daarin samenwerken, onderling en met andere Nederlandse en buitenlandse kennisorganisaties. Samen werken zij aan een duurzame, schone, gezonde en veilige toekomst van Nederland. De samenwerking krijgt vorm via de TO₂-federatie en, nog belangrijker, in tal van innovatieve onderzoeksprojecten.

In 2018 is het innovatiebeleid van de Nederlandse overheid vernieuwd. Centraal staat de ambitie om op vier maatschappelijke thema's (Energie, transitie & duurzaamheid, Landbouw, water & voedsel, Gezondheid & zorg en Veiligheid) missies te formuleren. Missies definiëren de complexe innovatieopgaven voor de lange termijn. Samenwerking binnen en tussen toepassingsgerichte onderzoeksorganisaties – maar ook met universiteiten, hogescholen en het bedrijfsleven – is onmisbaar bij het vormgeven en bereiken van die missie-gedreven complexe innovatieopgaven. De TO₂-instituten zijn goed betrokken bij de formulering van de missies en zullen een belangrijke rol spelen in de uitvoering van die missies.

De evaluatie van de TO₂-instellingen (2017) was zeer positief over de kwaliteit en de impact van het toepassingsgericht onderzoek. De evaluatiecommissie Schaaf en de Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie uitten echter zorgen over de overheidsfinanciering en daarmee de lange termijn levensvatbaarheid van de TO₂-instellingen. De vernieuwing van het innovatiebeleid van het nieuwe kabinet is samengegaan met een flinke verruiming van de budgetten om de kennisbasis bij de TO₂-instellingen in stand te houden en te verbeteren. Deze verruiming draagt bij aan de vitaliteit van de TO₂-instituten en daarmee aan de realisatie van de missies door technologische en sociale innovaties. Uiteindelijk draait het om de inhoudelijke, innovatieve bijdragen die de instituten leveren om de uitdagingen van morgen aan te gaan; of die nu geformuleerd zijn als missies, Sustainable Development Goals, vragen van de Nationale Wetenschaps Agenda, of transities van landbouw, energie en mobiliteit. Daar gaat dit magazine over, dat rapporteert over concrete voorbeelden van lopend of recent afgerond innovatief onderzoek naar deze uitdagingen. Veel van de onderzoeken zijn een resultaat van innige samenwerking met bedrijven, overheidsorganisaties, collega TO₂-instituten of andere kennisinstellingen. We wensen u veel leesplezier!

De TO₂-federatie bestaat uit:



COLOFON
TO₂MORROW is een uitgave van de samenwerkende Toegepast Onderzoek Organisaties, verenigd in de TO₂-federatie. Zij vormen de schakel tussen kennis en innovatie in dienst van overheid, bedrijfsleven en maatschappij. ©2018
Meer informatie: www.to2-federatie.nl.

Tekst en redactie: TO₂ en Maters & Hermensen. **Eindredactie en vormgeving:** Maters & Hermensen. **Beeld:** ANP, Hollandse Hoogte, iStock, Lars van den Brink, SolaRoad, TNO, TO₂. **Lithografie:** Studio Boon **Drukwerk:** SMG Groep.

Inhoud

THEMA Energietransitie en duurzaamheid



Online tool voor klimaatbestendig stadsontwerp	4
Energieopwekkend wegdek gaat de grens over	6
Samenwerken aan gezond, duurzaam energiezuinig wonen	8



Zero Emission Lab: machinekamer van de toekomst	10
Aquathermie kan Nederland verwarmen en koelen	12

THEMA Landbouw, water en voedsel



Precisielandbouw: vanuit de lucht inzoomen op plantniveau	14
DISAC helpt bij verduurzaming van agrifood ketens	16
Krachtenbundeling op diagnostisch gebied	18
5 Innovatieve toepassingen van datatechnologie in agro-food	20

THEMA Gezondheid en zorg



Kansen voor ziektepreventie met Exposoom	22
Hoe persoonlijk voedingsadvies bijdraagt aan gezondheid	24
Kanker opsporen met licht	26

THEMA Veiligheid (Cyber, Defensie en Water)



Hoe geef je een drone een dreun?	28
----------------------------------	----



Dempen wilgen golven voor dijken?	30
Slimme politiecamera's herkennen straatgeweld	32
Op zoek naar de oorzaak van de ramp	34

Online tool voor klimaatbestendig stadsontwerp

WUR, Deltares, TNO

De klimaatatop van Polen in december 2018 zette de wereld op scherp: we moeten met z'n allen snel maatregelen nemen om schade door klimaatverandering te voorkomen. Ook de kennisinstituten nemen de boodschap serieus en ontwikkelden een online tool voor klimaatbestendig stadsontwerp.

Als 2018 een voorbode was van wat ons te wachten staat de komende jaren, dan zullen de gevolgen van klimaatverandering voor steden duidelijk voelbaar worden. Extreme neerslag gaat tot waterschade en -overlast aan huizen leiden, hitteperiodes tot ernstige gezondheidsproblemen en lagere arbeidsproductiviteit en droogte tot verzakkingen van gebouwen en infrastructuur in de steden.

Rain gardens

Door in steden slimmer met water om te gaan, kan de schadelijke impact voor het klimaat voorkomen worden. En "groenblauwe" maatregelen zijn daar een kosteneffectief middel voor. Groendaken, wadi's, straatbomen, waterdoorlaatbare verharding, rain gardens en parken kunnen bijdragen om water in de stad beter vast te houden, te infiltreren in de stadsbodem of het te laten verdampen (tegen hitte) en voor hergebruik. In de praktijk blijkt de kennis van deze maatregelen vaak onvoldoende concreet om ze in de stedelijke ontwikkeling volwaardig mee te nemen. Met de opgave de komende jaren nog verder te verstedelijken en de bestaande stad te verduurzamen, is er behoefte aan praktische handvatten om deze maatregelen effectief toe te passen.

New Orleans

Het was reden voor het consortium van Deltares, WUR, TNO, Atelier Groenblauw en Hogeschool van Amsterdam om binnen het Nationaal Kenniscentrum Water en Klimaat (NKWK) de Tool Klimaatbestendige Stad (TKS) te ontwikkelen. Deze online tool stelt gebruikers in staat snel en onderbouwd te achterhalen welke maatregelen voor hun projectgebied het meest (kosten)effectief is. De tool is gebaseerd op de eerder ontwikkelde Adaptation Support Tool, die vanaf 2014 in verschillende steden wereldwijd is toegepast. New Orleans gebruikt de tool bijvoorbeeld om met haar bewoners te kijken welke maatregelen helpen om lokale overstromingen te voorkomen.

Nederlandse versie

De Tool Klimaatbestendige Stad (TKS) is een Nederlandse versie van de tool, verbeterd met de laatste inzichten uit de wetenschap en praktijk. De tool bestaat uit een database met kengetallen van de prestaties van tientallen groenblauwe en civieltechnische maatregelen op het gebied van klimaat, zoals waterberging, koeling, maar ook kosten voor de inrichting en beheer. Gebruikers kunnen in de gebruikersomgeving op de kaart hun plangebied aangeven,

Er is behoefte aan een onderbouwde maar simpele en praktische tool waarmee snel gekeken kan worden wat de kosten en baten zijn van de inzet van maatregelen voor klimaatadaptatie

plankarakteristieken selecteren, adaptatiedoelen vaststellen en vervolgens allerlei maatregelen intekenen. De tool geeft een keuze uit zo'n veertig maatregelen, van gebouw- tot stadsniveau. Bij iedere maatregel staat informatie over de werking ervan. Door maatregelen aan de kaart toe te voegen, zie je in de tool welke bijdrage wordt geleverd aan zo'n zes verschillende klimaatindicatoren. Ook de kosten van de inrichting en het beheer worden inzichtelijk gemaakt.

Kennis toepasbaar maken

Het consortium vertegenwoordigt kennispartijen die op uiteenlopende onderwerpen binnen de klimaatadaptatie specifieke expertise hebben. Het integreren van alle kennis binnen één tool is uniek te noemen. Ieder deelonderwerp heeft daarbij zijn eigen complexiteit, en een wetenschappelijke benadering hiervan zou een ingewikkelde aanpak vragen. De praktijk van stads(her)ontwikkeling vraagt echter iets heel anders, zo blijkt ook uit gesprekken met gemeenten, waterschappen, adviseurs en ontwikkelaars. In de plannings- en ontwerpfasen van stedelijke (her)ontwikkeling gaat het om het verkennen van kansrijke richtingen. Klimaatbestendigheid is slechts één van de vele eisen waaraan de plannen moeten voldoen. Het gaat dus om de hoofdlijnen. Er is behoefte aan een onderbouwde maar simpele en praktische tool waarmee snel gekeken kan worden wat de kosten en

baten zijn van de inzet van maatregelen voor klimaatadaptatie. De gebruikers hebben de vrijheid om de locatie en omvang van maatregelen aan te geven. Ze krijgen inzicht in wat die keuzes betekenen voor het behalen van de klimaatdoelen.

Maatschappelijke meerwaarde

De tool rekent de effectiviteit van schetsontwerpen door en zou daarmee enkel als een rekentool kunnen worden gezien. De TKS tool doet echter meer, het vergroot het bewustzijn bij gebruikers over de te stellen adaptatiedoelen en uit welke maatregelen gekozen kan worden. Ook brengt de tool het gesprek op gang tussen stakeholders over waar gemeenschappelijke opgaven liggen, wie welke bijdrage kan leveren en wat dat betekent voor het eigen belang in het plangebied. Juist dat laatste is belangrijk nu Nederlandse steden in rap tempo van adaptatiestrategie naar invoering moeten overschakelen. ■

Wat? Kennisinstellingen ontwikkelen de Tool Klimaatbestendige Stad, een simpele en praktische online tool voor klimaatbestendig stadsontwerp. **Wie?** WUR, Deltares, TNO, Atelier GroenBlauw, Hogeschool van Amsterdam. **Doel?** Nederlandse steden moeten van adaptatiestrategie naar invoering overschakelen. Met deze tool kan snel en goed onderbouwd gekeken worden waar welke adaptatiemaatregelen genomen kunnen worden, hoe effectief dat is en wat daarvan de kosten en baten zijn. **Looptijd?** 2017 - 2018. **Vervolg?** De tool wordt nu getest in een aantal pilots en komt voorjaar 2019 beschikbaar via het Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie.





Energieopwekkend wegdek gaat de grens over

TNO

Een wegdek waarover je niet alleen kunt rijden, maar dat ook duurzame energie produceert. Dat is SolaRoad: een TNO-innovatie die een paar jaar geleden niet meer was dan een goed idee. Inmiddels is het systeem marktrijp, zeker nu de SolaRoad Kit toepassingen in de infrastructuur snel en eenvoudig maakt. In Frankrijk levert een SolaRoad Kit in een fietspad al elektriciteit aan de verlichting van een verkeersrotonde.

Het principe achter SolaRoad is eenvoudig. Als je het asfalt of beton van een wegdek vervangt door een wegdek met ingebouwde zonnepanelen, kun je het gebruiken om elektriciteit op te wekken. De praktijk is weerbarstiger, zegt Sten de Wit, co-founder en commercieel directeur bij SolaRoad: 'Zo moet je de opgewekte elektriciteit efficiënt kunnen toepassen, afvoeren of opslaan, zonnepanelen gebruiken die tegen een stootje kunnen en een lichtdoorlatend en veilig wegdek aanbrengen. Bij commerciële toepassingen in de infrastructuur spelen kostenoverwegingen natuurlijk ook een rol.'

Wat? Een wegdek met ingebouwde zonnepanelen om elektriciteit op te wekken.
Wie? SolaRoad BV, een partnership van TNO, de provincie Noord-Holland en wegenbouwer Strukton Civiel.
Doel? Multifunctioneel ruimtegebruik van zonne-energie uit het wegdek: onzichtbaar, betrouwbaar, veilig en praktisch.

Gouden Driehoek

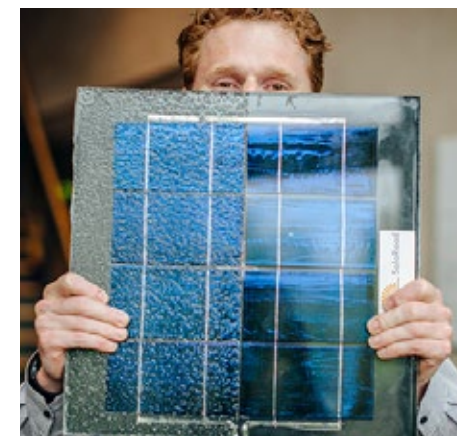
In een proefproject op een fietspad bij het Noord-Hollandse Krommenie is SolaRoad al ruim vier jaar getest. De Wit: 'De resultaten laten zien dat we klaar zijn voor concrete toepassingen. In het project trekken TNO, de provincie Noord-Holland, wegenbouwer Strukton Civiel en technisch dienstverlener Dynniq – de initiatiefnemers van SolaRoad – samen op. Een mooi voorbeeld van de samenwerking tussen overheden, bedrijfsleven en kennisinstituten, dat bekend staat als de Gouden Driehoek van de Innovatie.'

3.500 kWh per jaar

Ondertussen is ook de SolaRoad Kit op de markt gebracht. Dit is een kant-en-klare set van vier elementen van 3,5 bij 2,5 meter, die bestaat uit een betonnen drager met daarop een – specifiek voor deze toepassing ontwikkeld – zonnepaneel. Elk element wordt beschermd door een stevige, lichtdoorlatende kunststoflaag. Een SolaRoad Kit wordt standaard geleverd met de elektronica die nodig is om de opgewekte stroom terug te voeren in het elektriciteitsnet. Afhankelijk van de toepassing zijn ook andere oplossingen mogelijk, bijvoorbeeld voor tussentijdse opslag. Een Kit levert jaarlijks ongeveer 3.500 kWh, genoeg om een gemiddeld Nederlands huishouden van elektriciteit te voorzien.

Energieopwekkend fietspad

In Frankrijk ontstond de vraag voor een nieuw fietspad bij Etampes in de buurt van Parijs. Dit fietspad moest zelf de energie produceren voor de openbare verlichting met het kleinst mogelijke ruimtebeslag. De Nederlandse wegenbouwer Ooms, onderdeel van Strukton Civiel, wees de Franse aannemer Charier op de mogelijkheden van een SolaRoad Kit. 'Als je de elektriciteit



'Het is tijd om SolaRoad te gaan toepassen op grote schaal en dat is precies waaraan we nu werken'

ter plaatse opwekt, heb je geen lange kabels nodig en dus ook geen dure sleuven waar die kabels doorheen lopen', zegt De Wit. 'Ook hoefde Charier niet het hele fietspad met elementen te beleggen: de elementen die in een enkele Kit zitten, zijn voldoende om de verlichting van de rotonde van stroom te voorzien.' De toepassing van SolaRoad maakte de offerte van Charier bovendien onderscheidend. De Wit: 'Het bedrijf kreeg de opdracht en het energieopwekkende fietspad is in september 2017 geplaatst.'

Van Groningen tot Californië

Het project in Frankrijk staat niet op zichzelf. In de provincie Groningen staat sinds

kort een bank waar je kunt uitrusten en tegelijkertijd je elektrische fiets of telefoon kunt opladen met duurzame stroom uit een SolaRoad Kit. Begin volgend jaar worden twee SolaRoad pilot-projecten voor zwaar verkeer uitgevoerd, één in een busbaan in Nissewaard en één in een parallelweg in Haarlemmermeer. De Amerikaanse staat Californië wil SolaRoad toepassen op afgelegen plaatsen die moeilijk van energie zijn te voorzien. De Wit: 'Ze denken daar aan toepassingen op grote schaal voor de verzorgingsplaatsen langs autowegen.'

Kansen genoeg

In Nederland ziet De Wit kansen omdat met SolaRoad zonne-energie op land grootschalig kan worden toegepast zonder dat extra ruimte nodig is of hinder voor de omgeving ontstaat. Het is onzichtbaar weggewerkt in wegen die we toch nodig hebben. 'Kansen genoeg, ook al omdat er steeds meer belangstelling komt vanuit Europa, de VS en het Midden-Oosten. Het is tijd om SolaRoad te gaan toepassen op grote schaal en dat is precies waaraan we nu werken.' ■

Samenwerken aan gezond, duurzaam energieuw wonen

TNO

Duurzame oplossingen laten zien in de bouw. Daarvoor werken het bedrijfsleven, TKI Urban Energy en TNO samen in het NeroZero-lab. Sinds vorig jaar is een duurzame demonstratiewoning in Heerhugowaard geopend voor publiek, om te bekijken wat er in de zeer nabije toekomst mogelijk is. Doel is om nieuwe ontwikkelingen te demonstreren, zoals een andere manier van ventileren, warmteterugwinning en warmtepompen.



Wat? Het NeroZero-lab is een duurzame demonstratiewoning met allerlei innovatieve ontwikkelingen in de bouw. Te denken valt aan een nieuwe manier van ventileren, warmteterugwinning en warmtepompen.

Wie? TNO, het bedrijfsleven en TKI Urban Energy.

Doel? Het huis van de toekomst zorgt voor vermindering van de CO₂-uitstoot. Het verbruikt minder energie – goed voor de portemonnee van de huiseigenaar – en creëert een gezonder leefklimaat.

Looptijd 2016-2018 (als proeftuin zal het Nerozero-lab de komende jaren in gebruik blijven).

Vervolg? De gemeente Heerhugowaard besloot in september 2018 dat er veertig NeroZero woningen onderdeel gaan uitmaken van de nieuwbouwwijk De Draai.

Om de CO₂-uitstoot te verminderen is aardgas in 2050 definitief uit de Nederlandse huishoudens verdwenen. Koken gebeurt voortaan elektrisch en de verwarming van huizen en kantoren wordt overgenomen door elektriciteit of warmtenetten. Op dit moment gebruikt een gemiddeld Nederlands gezin jaarlijks 45 gigajoule energie voor verwarming en warm water. Dit gebeurt vrijwel volledig uit fossiele bronnen. De woning van de toekomst verbruikt minder energie en de resterende energievraag wordt volledig duurzaam opgewekt.

Energiepositief bouwen

Huub Keizers is programmamanager Energy Built Environment van TNO. Hij is ervan overtuigd dat het mogelijk is om energiepositief te bouwen. 'In het NeroZero-lab gaan we laten zien dat technologieën echt werken, zowel qua

energieprestaties als voor een gezond binnenmilieu. Op installatieniveau demonstreren we nieuwe ontwikkelingen, zoals een andere manier van ventileren, warmteterugwinning en warmtepompen. Op gebouwniveau bewijzen we dat de systemen ook in de praktijk werken. Vandaar de samenwerking met bedrijven als Koppen Bouwexperts, ontwikkelaar Timpaan, UniFan en Verosol. En op gebiedsniveau laten we zien dat nieuwe systemen er mooi uitzien, passen in het energiesysteem en uiteindelijk opschaalbaar zijn.'

Woningen worden luchtdichter

Een voorbeeld van samenwerking is het TKI-project VentKook. 'Tijdens het koken ontstaat veel fijnstof die niet weg kan', vertelt Willem Koppen van Koppen Bouwexperts. 'Dat komt doordat woningen steeds luchtdichter worden, terwijl er geen kookafzuiging bestaat die goed genoeg

is. Toen we in het samenwerkingsverband ATAG vroegen een nieuw type afzuigkap te maken die – conform berekening door TNO – driehonderd m³ per uur afzuigt, bleek dat het kanalenstelsel daar niet op was berekend. Daarom gaan we een breder stelsel bouwen met in de basis maar twee bochten. Door als expert metingen te doen en pragmatisch en met gezond verstand feiten op locatie vast te stellen, ontdekken we waar de problemen zitten. Vandaar ook NeroZero: met zo min mogelijk zo veel mogelijk met elkaar bereiken.'

Dakramen

Ventileren is een ander voorbeeld. Koppen: 'Mijn doel is dat er een ventilatiesysteem komt dat natuurlijk werkt waar het kan en mechanisch als het moet. Een fabrikant kwam met het volgende idee om frisse lucht in een huis te verbeteren. De lucht wordt via een ventilator boven de binnen-

'Wij willen gezonde, duurzame en energiezuinige woningen bereikbaar maken voor iedereen'

deur de betreffende ruimte ingestuwd. Daarbij wordt het trapgat als toevoerkanaal gebruikt. In het NeroZero-lab kunnen we dat uitvoeren en testen. Verder werken we samen met VELUX. Zo monteren we dakramen die precies tussen de pv-panelen passen, met driedubbelglas en ingebouwde warmtewering boven het trapgat. Overdag loop je naar het licht toe en als het dakraam zich gedeeltelijk opent, stroomt er frisse lucht in huis.'

Wat kost het?

'De vraag is natuurlijk: wat kosten deze duurzame innovaties?', vervolgt Koppen. 'Maar als

we in seriebouw denken en "normale" verdienmodellen hanteren, dan zijn de meerkosten echt beheersbaar en in een aantal gevallen zelfs kostenverlagend. Belangrijker is echter dat de gebouwen beter gaan presteren en de – soms latente – behoefte van de bewoner centraal wordt gesteld. Ons motto is: wij willen gezonde, duurzame en energiezuinige woningen bereikbaar maken voor iedereen. En gezondheid staat daarbij voorop.' Om de transitie naar een duurzaam, betrouwbaar en betaalbaar energiesysteem te versnellen, is ook TKI Urban Energy bij het NeroZero-lab betrokken. Programmadirecteur Lianda Sjerps-Koomen: 'Prettig en gezond kunnen vertoeven in een gebouw is heel belangrijk, ook in de energietransitie. Het realiseren van schone lucht met de goede temperatuur lijkt eenvoudig, maar blijkt dat toch niet te zijn. Uit eerder onderzoek in ons programma bleek

dat onze binnenlucht minder fris is dan gewenst. In het NeroZero-lab gaan bedrijven en burgers met eigen ogen zien hoe we dat kunnen verbeteren.'

Proeftuin

Het NeroZero-lab is een proeftuin voor tientallen projecten. Per project zorgen de deelnemers voor samenwerking op maat. Sjerps-Koomen: 'Dat is de rode draad in de energietransitie: het komt steeds nauwer op elkaar aan – de apparaten, het gebouw en ook de mensen. In die zin was de oude energiewereld veel overzichtelijker. Dit project springt eruit door de combinatie van wetenschappelijk onderzoek en beproeving in de praktijk.'

Keizers besluit: 'Bedrijven die tegen ontwikkelingen aanlopen of bepaalde technologische kennis missen, nodig ik van harte uit om contact op te nemen. Wij hebben de mensen en middelen in huis om te laten zien wat er allemaal kan. Of het nu gaat om rekenmodellen, 3D-simulaties van luchtstromingen of expertise voor het inperken van bijvoorbeeld oververhitting door zonnewarmte. Verder ontmoeten we graag mensen die in deze nieuwbouw komen wonen, zodat ze de vragen gaan stellen die ons inspireren om samen met onze partners weer volgende stappen te zetten.' ■



Zero Emission Lab: machinekamer van de toekomst

MARIN

MARIN heeft een uniek onderzoeks- en testomgeving voor schepen ontworpen: het Zero Emission Lab (ZEL). In deze “machinekamer van de toekomst” kan MARIN het gedrag van nieuwe voortstuwing- en energiesystemen van schepen onderzoeken en verbeteren.

De negatieve effecten van de klimaatverandering dwingt de scheepvaart om te kijken naar schonere alternatieve energiebronnen, zoals methanol, waterstof en zelfs schepen die door zeilen worden voortgestuwd. De overgang van de conventionele voortstuwing- en energiesystemen, gebaseerd op het verbranden van fossiele brandstoffen, zal leiden tot systemen die geen schadelijke emissies produceren. Maar wat hebben deze toekomstige systemen voor gevolgen voor het varen en manoeuvreren met schepen? Kunnen deze schepen onder alle weersomstandigheden varen en wat is het dan actuele vermogens- en energieverbruik? En hoe gedragen deze nieuwe systemen aan boord zich in samenwerking met elkaar in de machinekamer van de toekomst?

Testomgeving

Dat zijn vragen die in het Zero Emission Lab kunnen worden onderzocht. Het is

een digitale en fysieke onderzoek- en testomgeving voor de hele maritieme sector. Daarin werkt MARIN aan “Hydro Systems Integration” om de overgang naar schepen zonder schadelijke uitlaatgassen te ondersteunen. Het ZEL is samen met de digitale versie een aanvulling op de bestaande cavitatie tunnel (waar scheepschroeven worden getest) van MARIN. Hydrodynamische (digitale) modellen simuleren in het ZEL de dynamische vermogensvraag, veroorzaakt door versnelling en vertraging van het schip, schroefventilatie (ongewenste lucht aanzuiging), gedrag in golven en manoeuvreren, etc. Het ZEL registreert en optimaliseert de respons van de totale, nieuwe machine-installaties.

Brandstofcellen

‘Zero Emission Lab zal de hardware van de toekomstige machinekamer bevatten’, citeert Johan de Jong, Manager International Relations van MARIN zijn collega

Wat? De ontwikkeling van het Zero Emission Lab (ZEL), waarmee het gedrag van nieuwe voortstuwings- en vermogenssystemen van schepen kan worden getest, doorgerekend en verbeterd.

Wie? MARIN met partners voor de componenten en kennis over energiedragers.

Doel? De negatieve effecten van de klimaatverandering dwingt de scheepvaart om te kijken naar schonere alternatieven voor fossiele brandstoffen en daarmee naar nieuwe energiesystemen. **Looptijd?** 2018-2022.

Vervolg? Het ZEL is nog volop in ontwikkeling. Naar verwachting zal eind 2019 een deel van de testopstelling operationeel zijn.

Moritz Krijgsman. ‘Denk aan batterijen, supercondensatoren, elektrische machines, geavanceerde interne verbrandingsmotoren, opslag voor nieuwe energiedragers, koel-systemen en brandstofcellen.’

Voor de inzet van brandstofcellen wordt steeds kansrijker. Dit zijn systemen om elektriciteit te leveren voor elektrisch aangedreven schepen. Je hebt hiervoor verschillende componenten nodig, zoals een hogedruk waterstoftank, zuurstof, elektromotoren en elektronica. In het lab worden deze componenten aan elkaar gekoppeld en getest. ‘We kijken naar een goede integratie tussen deze componenten. Het goed op elkaar afstemmen van het gevraagde voortstuwingsvermogen door de schroef en de systemen die dit vermogen moeten leveren.’ Er is al veel kennis aanwezig op het gebied van componenten van dergelijke systemen, maar er valt volgens De Jong nog winst te halen met de integratie van deze systemen en kennis uit aangrenzende industrieën. ‘De energietransitie betekent dat je met meer en complexere systemen gaat werken. Straks zie je aan boord geïntegreerde mechanische en elektrische systemen voor voortstuwing en hulpvermogen, dus zijn systeemintegratie en regeltechniek nodig. Daarvoor is deze testomgeving geschikt.’

Waterstof

In het ZEL kunnen schonere alternatieven voor fossiele brandstoffen worden getest. Je kunt denken aan systemen die elektri-

citeit opwekken met ammonia, waterstof of methanol, die synthetisch en dus in potentie emissieneutraal gemaakt kunnen worden, bijvoorbeeld met behulp van zon of wind. Waterstof is een hele schone brandstof, maar het valt niet mee om het in een tank op te slaan omdat het onder hoge druk moet staan. Ammonia kun je relatief goedkoop maken, maar is een lastige stof om te bewaren. ‘Hoe goed het in de praktijk werkt, kunnen we testen in het lab. Operationeel liggen er ook voordelen in het verschiet. Sterke scheepshydrodynamische interacties zijn beter op te vangen met een elektromotor dan met een verbrandingsmotor. Bij hoge golven komt het achterschip regelmatig boven het water uit en gaat de schroef afwisselend harder en zachter draaien. Voor verbrandingsmotoren kan dat problemen opleveren, de elektromotor heeft er minder last van. Daarnaast verwachten we een grotere betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de gecombineerde installaties.’

In de transitiefase zullen installaties met mogelijke verbrandings- en elektromotoren nog lang naast elkaar functioneren. ‘In het lab laten we zien hoe die naast elkaar kunnen draaien en hoe de interactie tussen de

‘De energietransitie betekent dat je met nieuwe en complexere systemen gaat werken’

systemen beter op elkaar afgestemd kan worden, zodat je een beter uitgebalanceerd en uiteindelijk zuiniger energieverbruik hebt. Dat we uiteindelijk steeds meer gebruik maken van elektromotoren, is goed voor de vermindering van CO₂-uitstoot, omdat de elektrische scheepsinfrastructuur energieopwekking met koolstofvrije of klimaatneutrale uitstoot mogelijk maakt. Uiteindelijk willen we helemaal af van de motoren die fossiele brandstoffen gebruiken.’

Virtual reality

Naast de fysieke opbouw van het ZEL zal een “digitaal zusje” worden ontwikkeld. ‘Met de digitale variant kunnen we dan ook andere schepen in virtual reality bouwen en exploiteren. Dit concept past perfect bij onze focus op de volledige levenscyclus van schepen en de ambitie om ze vooral slimmer en schoner te maken tijdens het actuele gebruik. Met behulp van deze faciliteiten kunnen we risico’s en kosten aanzienlijk verminderen’, besluit De Jong. ■

Aquathermie kan Nederland verwarmen en koelen

Deltares

Door de klimaatdoelstellingen moeten we op termijn alle huizen op andere wijze verwarmen. Eén van de technieken – wat minder bekend maar met veel potentieel – is aquathermie. Deltares doet onderzoek naar dit systeem als alternatief voor de warmtevoorziening door gas.



Een van de toepassingen van aquathermie is om thermische energie (warmte) uit oppervlaktewater zomers op te slaan in het grondwater. In de winter wordt dit gebruikt om gebouwen te verwarmen, via een warmtepomp. Dit is efficiënter dan luchtwarmtepompen die gebruik maken van de koude winterlucht. Andersom kan het systeem in de zomer zorgen voor verkoeling van gebouwen.

Veertig procent

Uit onderzoek van Deltares blijkt dat deze duurzame warmtebron in de toekomst in ongeveer veertig procent van de Nederlandse warmtevraag van huishoudens kan voorzien. 'Het is een enorme potentie en een serieus alternatief in het verduurzamen van ons land', zegt Ronald Roosjen van Deltares. 'Om dit te bepalen hebben we drie stappen gezet. Als eerste is bepaald hoeveel warmte het watersysteem kan leveren en hoeveel warmte kan worden opgeslagen in de ondergrond. Vervolgens

is gekeken welke woonwijken geschikt zijn voor warmtenetten.' De warmte moet immers getransporteerd worden van de warmtebron naar de woning. Of een warmtenet haalbaar is, hangt af van de totale vraag naar warmte en de warmtevraagdichtheid. Alleen als er voldoende vraag in een gebied is, is een warmtenet

Tweederde van de woningen in Nederland ligt in een wijk waar warmtenetten logisch zijn

lonend. Tweederde van de woningen in Nederland ligt in een wijk waar warmtenetten logisch zijn. Als laatste stap is de match gemaakt tussen enerzijds de warmtevraag en anderzijds het warmteaanbod. De analyse is uitgevoerd met behulp van Geografisch Informatie Systeem (GIS), waaruit een landelijk dekkende kaart van thermische energie uit oppervlaktewater

is gegenereerd. Deltares heeft in kaart gebracht welke buurten aangesloten kunnen worden op warmtenetten met thermische energie uit oppervlaktewater. Buurten die rood gekleurd zijn, hebben in een straal van maximaal vijf kilometer meer dan genoeg thermische energie in het oppervlaktewater zitten om aan de warmtevraag van de buurt te voldoen. Buurten die geel zijn gekleurd hebben onvoldoende thermische energie in de nabijheid, indien andere buurten ook de warmte zouden gebruiken. Hier moet dus een selectie plaatsvinden welke buurten wel en niet aangesloten worden.

Tweeduizend woningen

Thermische energie uit oppervlaktewater heeft veel mogelijkheden. Het is op verschillende plekken al succesvol toegepast, zij het op een kleine schaal. Ronald: 'In Wageningen halen ze warmte uit stadsgrachten om in de winter een appartementencomplex voor ouderen te verwarmen en

Wat? Onderzoek naar thermische energie uit oppervlaktewater als alternatief voor de warmtevoorziening door gas.

Wie? Deltares.

Doel? Het kabinet heeft in het regeerakkoord als doelstelling opgenomen dat de gaswinning in Groningen op termijn naar nul moet worden teruggebracht. Dit betekent dat we alle huizen op een andere wijze gaan verwarmen.

Looptijd? Het is een doorlopend programma.

Vervolg? Deltares zet de komende drie jaren in het kader van de *Green Deal Aquathermie* een kennisprogramma op om de allerlei effecten van warmtewinning te onderzoeken.

in de zomer te koelen. In Katwijk worden in het kader van de aardgasvrije wijken tweeduizend woningen van het gas afgekoppeld door warmte uit de Rijn bij gemaal Katwijk ernaartoe te transporteren.' Gegeven de ambitieuze doelstelling van dit kabinet is het nu echter zaak om de toepassing van thermische energie uit oppervlaktewater, afvalwater en drinkwater op te schalen: van kleine lokale initiatieven naar grootschalige, gekoppelde systemen. Deltares doet daarom ook onderzoek naar de mogelijke uitrol van het transitiepad voor thermische energie met toepassingen op stedelijk, regionaal en landelijk niveau. De komende tijd wordt gekeken naar de potentie van aquathermie is en hoe het zich verhoudt tot andere vormen van warmtevoorziening. Ronald: 'Ga je in een keer grootschalig hele stadswijken op een warmtenet aansluiten, of begint het met kleinschalige projecten? En hoe knoopt je die aan elkaar? Dat zijn zaken die we gaan onderzoeken.'

Green Deal

Deltares is nauw betrokken bij de *Green Deal Aquathermie*, die in de maak is. Dit kennisprogramma heeft tot doel om de haalbaarheid in het oppervlaktewater, afvalwater en drinkwater aan de energietransitie zo goed mogelijk te gebruiken. De green deal omvat een actieprogramma en een onderzoeksprogramma, en wordt gesloten tussen de waterbeheerders (Waterschappen en Rijkswaterstaat) met het ministerie van Economische Zaken. ■

TEO, TEA EN TED

Aquathermie is de verzamelnaam voor drie vormen van energievoorziening: TEO: Thermische energie uit oppervlaktewater; TEA: Thermische energie uit afvalwater; TED: Thermische energie uit drinkwater.

Precisielandbouw: vanuit de lucht inzoomen op plantniveau

WUR, NLR

Door de combinatie van satellietbeelden met drone-techniek kunnen boeren gewassen nog beter in de gaten houden. In de Noordoostpolder komen kleine containers met drones, die zelf besluiten of ze een bepaald perceel gaan monitoren. Op basis van die gedetailleerde informatie kunnen boeren de juiste gewassen bewateren of bemesten.

In de landbouwsector wordt er steeds meer gemeten om op basis van data processen nauwkeuriger, efficiënter en effectiever uit te voeren. Een deel van die metingen gebeurt vanuit de lucht, met satellietbeelden. 'Maar voor het inzoomen op gewassen of individuele planten zijn deze beelden niet scherp genoeg', vertelt Mark van Persie, R&D Engineer Geomatics bij Nederlands Lucht- en Ruimtevaart Centrum NLR. De dekkingsgraad is volgens deze specialist met satellietdata wel verbeterd. Van Persie: 'Eerst cirkelden er een paar grote satellieten rond de aarde, nu zijn er con-

stellaties van vele kleine satellieten. Maar als het bewolkt is, kunnen veel satellieten niet door de wolken heen kijken.' Als je satellietbeelden combineert met de techniek van drones, dan is de dekking beter. 'Al tien jaar zijn we bezig met data en precisielandbouw. Dit is de volgende stap', zegt Rudy Veul, business manager Aerospace Vehicles bij NLR. 'Voor boeren zou het goed zijn om up-to-date kaarten te hebben van hun perceel. In plaats van overal te bemesten, bewateren of insecticiden te sproeien, kunnen ze dat dan veel gerichter doen. Dat is beter in het kader van de duurzaamheid.'

Drone testcentrum

Het doel is om over vijf tot tien jaar op diverse plekken in de Noordoostpolder kleine containers te plaatsen, met daarin een drone die zelfstandig op basis van data besluit een akker te monitoren. In de Noordoostpolder bevindt zich het NLR drone testcentrum met een 'eigen luchtruim'. Het NLR heeft toestemming om hier te vliegen met drones die nog geen registratie hebben. 'Dat is handig in de ontwikkelfase, hier testen we nieuwe toepassingen. Het vlieggebied is groter dan ons terrein, we mogen ook over de akkers in dit gebied vliegen', vertelt Veul. NLR heeft als doel om maatschappelijke en economische drone toepassingen met en voor industrie, kennisinstellingen en overheden mogelijk te maken, op een veilige en duurzame manier. Wat betreft het gebruik van het luchtruim zijn er nog heel wat hindernissen te nemen op het gebied van certificering en veiligheid. Bovendien mogen drones op dit moment nog helemaal geen akkers besproeien. Een groot aantal partijen bundelt kennis en expertise om het ambitieuze plan voor elkaar te krijgen.

Uiteindelijk willen de onderzoekers akkerbouwers voorzien van kaarten, die continue automatisch worden geupdated met informatie op plantniveau

'Op dit moment werken we aan gecombineerd gebruiken van beelden van verschillende satellieten, daarnaast combineren we satellietbeelden met drone-opnames. De beelden kun je niet zomaar door elkaar heen gebruiken, dan zijn de onnauwkeurigheden te groot. Het vergt heel wat rekenen en kalibreerwerk', vertelt Van Persie. 'Dit is echter essentieel om de datastroom te kunnen gebruiken in de groeimodellen die WUR ontwikkelt.' In het kader van het DISAC-project (zie p.16) waarin WUR, TNO en NLR samenwerken met een groot aantal bedrijven is het al gelukt om voor een aantal percelen met gras en mais data te verwerken en vergelijk-

baar te maken. Door dit experiment weten de onderzoekers welke onnauwkeurigheden ze kunnen verwachten. Van het monitoring-systeem zijn delen al gerealiseerd, zoals het mechanisme dat data ophaalt, verwerkt en zichtbaar maakt. 'Nieuwe big data technieken zijn toegepast op satellietbeelden. De crux is om grote hoeveelheden data snel te verwerken en de analyseresultaten interactief te visualiseren, zodat je kunt interpreteren wat die data betekenen voor gewassen en de grond. Nu willen we *artificial intelligence* inzetten om nog betere analyses te maken', vertelt Van Persie. De onderzoekers hopen dat ze uiteindelijk akkerbouwers kunnen voorzien van kaarten, die continue automatisch worden geupdated met informatie op plantniveau.

Praktijktesten

'Deze ambitie is te groot om in één stap te bereiken. Bovendien gaan de ontwikkelingen zo snel dat het nagenoeg onmogelijk is om nu al de hele route te overzien', concludeert Veul. Daarom hebben de verschillende samenwerkingspartners, met het Agro Food Cluster in Emmeloord als

Wat? Het verkennen van de manier waarop je in de Noordoostpolder kleine containers kunt realiseren met daarin drones die zelfstandig besluiten om akkers te monitoren.
Wie? Agri Food Cluster, kerngroep akkerbouwers, Peter Holster/Akker-Analyse/Dronewerkers, NLR, Aerovision, Weevers Mech, WUR
Doel? Door middel van precisie landbouw kunnen boeren nauwkeuriger, efficiënter en effectiever bewateren, besproeien en bemesten.
Looptijd? De eerste fase loopt van 1 december 2018 tot 1 februari 2019.
Budget? De eerste stap: 25.000 euro. Hoeveel het totale project gaat kosten, is nog onduidelijk.
Vervolg? Vanaf 1 februari 2019 wordt er gewerkt aan een eerste semi-autonome drone met beperkte functionaliteit, die op Potato 2021 wordt getoond. Tussen januari 2022 en 2025 volgen er testen. Vanaf 2025 wordt er een prototype container gerealiseerd. Daarna volgt lancering van de dienst voor akkerbouwers.

drijvende kracht, een stappenplan bedacht. Vanaf 1 februari 2019 werken de partijen aan een eerste semi-autonome drone met beperkte functionaliteit, die ze op het internationale congres Potato 2021 willen tonen. Tussen januari 2022 en 2025 gaat een kerngroep van geïnteresseerde akkerbouwers binnen het luchtruim van het NLR de dronefunctionaliteit testen. Vervolgens testen en evalueren gebruikers de drone gedurende minimaal één groeiseizoen. Vanaf 2025 wordt er een prototype container gerealiseerd met aansluiting op internet voor het online binnenhalen van informatie en het delen van de verzamelde data. Na de benodigde certificatie en praktijktesten kan de dienst geïntroduceerd worden aan akkerbouwers. Daarmee zullen drones en satellieten hun steentje gaan bijdragen aan het informatie gestuurd "boeren". Steeds vaker zal de boer 's ochtends vroeg eerst zijn computer aanzetten, om zich te informeren en adviseren over de laatste stand van zaken van zijn gewassen.' ■

DISAC helpt bij verduurzaming van agrifood ketens

WUR, TNO, NLR

De teelt, bewaring en verwerking van aardappelen, granen en ruwvoerders kan aanzienlijk worden verduurzaamd door slim data te verzamelen en te gebruiken. Het DISAC-programma helpt daarbij en startte met drie onderzoeken voor het verbeteren van granen, de processen voor productie, opslag en verwerking van granen, ruwvoer en aardappelen.

Het project Data Intensive Smart Agrifood Chains (DISAC) ontwikkelt sensoren, data-infrastructuren, analysemethoden en kennis om teelten en ketens te optimaliseren. Door de communicatie tussen sensoren en landbouwmachines te verbeteren, kunnen gewasbewerkingen, oogstmomenten en beweiding plaats-specifiek en real-time worden gemeten en aangepast aan de omstandigheden. Bewaring en de verwerking van producten kunnen ook beter gestuurd worden. De aanleiding voor het DISAC-onderzoeksprogramma is dat met de inzet van data grondgebonden teelt, bewaring en verwerking van aardappelen, granen en ruwvoerders aanzienlijk bijdraagt aan de verduurzaming van agrifood ketens. DISAC is een cross-over topsectoren programma vanuit Agri & Food en High Tech Systems & Materials (HTSM). Dit project is opgezet op basis van het visiedocument *High Tech to Feed the World* en gaat over toepassingen van high tech in de agrarische en voedingssectoren in Nederland.

Veilig en robuust

Het DISAC-programma startte in 2017 met drie “use cases” voor het verbeteren en inzichtelijk maken van processen voor productie, opslag en verwerking van ruwvoer en aardappelen. Dat gebeurt met veilige en robuuste datacommunicatie tussen stand alone sensoren, data analytics

software, landbouwmachines, en internet data platforms. De use cases verstrekken data uit slimme sensoren voor het meten van bodem- en gewasdata die informatie geven over nutriënten, relevante omgevingsfactoren, inhoudsstoffen en kwaliteit. Deze informatie wordt vervolgens omgezet in concrete beslissingsadviezen voor mens, koe en machine. De data dienen zoveel mogelijk real-time, plaats- en object-specifiek te zijn om maatwerk in beslissingsondersteuning te kunnen faciliteren.

Zeer gewenst

De kennisinstellingen leveren kennis en basisprincipes waarmee de deelnemende toeleverende bedrijven hun producten kunnen ontwikkelen en toetsen. Met deze producten (nieuwe sensoren en adviesdiensten) kunnen nieuwe diensten worden ontwikkeld op nationaal en internationaal niveau. Momenteel zijn sensoren die inzicht geven in het N-gehalte (stikstof) van de bodem en het gewas zeer gewenst om meer grip te krijgen op de grasgroei, het eiwitgehalte en het beweidings-/oogstmoment van gras. Dit deelproject richt zich op het verkennen en ontwikkelen van near by en remote sensing sensorsystemen om het stikstofgehalte in de bodem en het gewas real-time te kunnen meten en te integreren in een eiwitadviesmodule voor de melkvee-



houderij. Deze module maakt onderdeel uit van het beoogde integrale adviessysteem GrasMaïs-Signaal. De sensorontwikkeling is use case specifiek, de benodigde IT-oplossingen zijn zo veel mogelijk generiek.

N-sensing

In het onderzoeksprogramma is in Fase 1 (2017-2018) een sensor voor het monitoren van nitraat in de bodem in ontwikkeling. Verder is de haalbaarheid van LIBS-technologie verkend en getest voor het meten van nitraat in de bodem. Met een veldproef is het perspectief van remote sensing (licht reflectiemetingen vanuit de lucht) onderzocht, om zo vast te stellen of droge stof-opbrengst en het stikstofgehalte van gras kan worden gemeten. Tot slot is een plan van aanpak voor een eiwit-adviesmodule uitgewerkt en beschreven. In Fase 2 (2019-2020) staat integratie en implementatie centraal op praktijkbedrijven.

Het gaat om toepassingen waarbij bemesting van grasland gestuurd wordt op basis van sensordata en kennismodules, en op detectie van meerjarige onkruiden in akkerbouwgewassen

E-Pieper

De E-pieper is een sensor die data-intensieve sturing van teelt en verwerking in aardappelen mogelijk maakt. Verschillende meetprincipes worden gebundeld in compacte sensor-units die in de bodems relevante data vastleggen die de groei en kwaliteit van aardappelknollen monitoren. De data moeten draadloos en

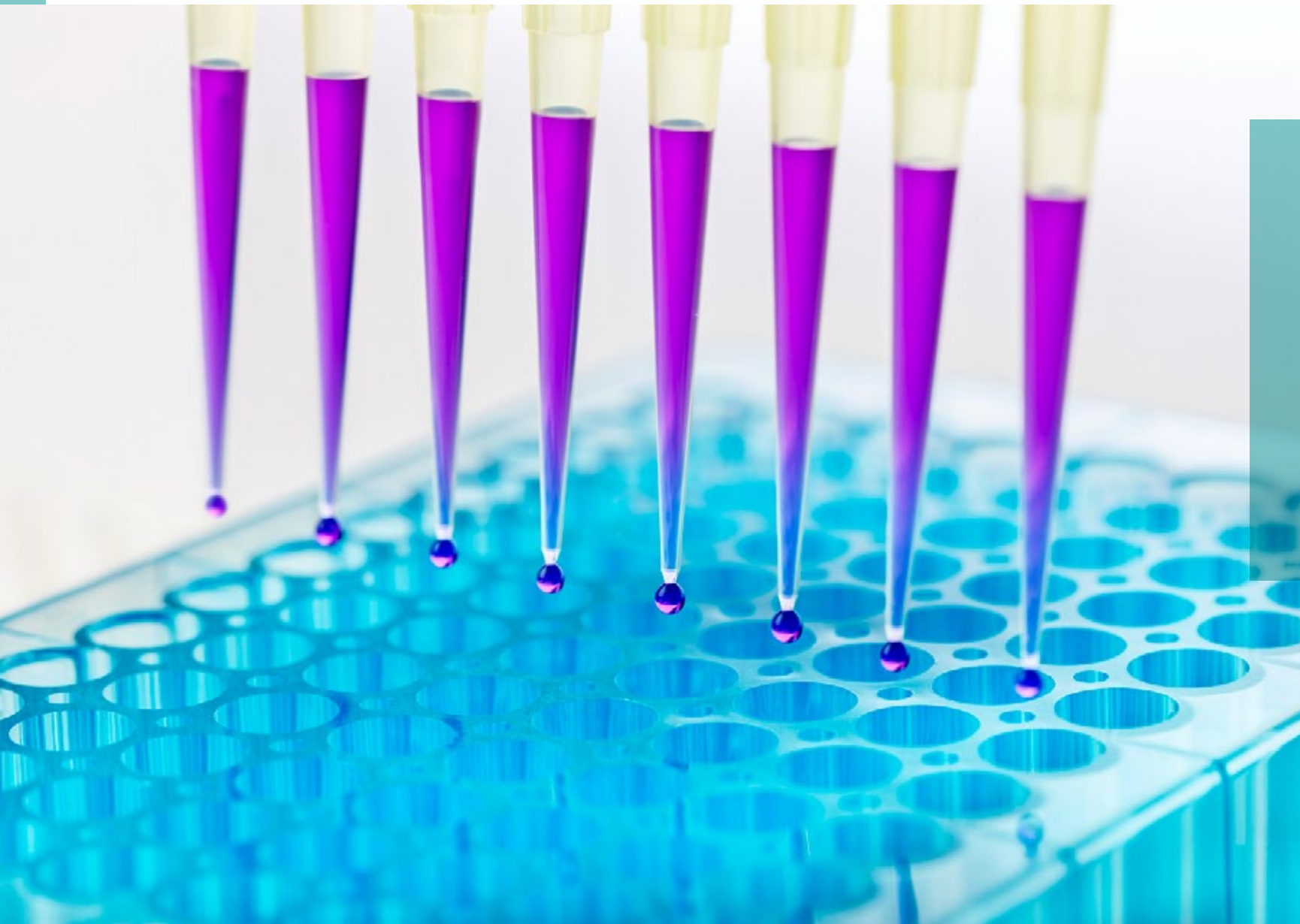
veilig verstuurd worden naar opslag voor monitoring en analyse, om hiermee teelt- en ketenoptimalisatie te realiseren. E-Pieper staat voor een gerichte toepassing van actuele, locatie-specifieke data in combinatie met andere relevante data, nieuwe data-analysemethoden en toegesneden agronomische modellen. Ook zal teelt- en ketentransparantie toenemen via nieuwe track & trace mogelijkheden. In het eerste jaar van het project is een programma van eisen vastgesteld. In 2018-2020 en daarna wordt op twee akkerbouw-praktijkbedrijven in Nederland het E-Pieper systeem opgetuigd.

Connectivity

In dit deelproject werken de partijen aan uitwisseling van data tussen sensoren, bedrijfsmanagementsystemen en machines. Dit zijn toepassingen waarbij bemesting van grasland gestuurd wordt op basis

Wat? N-sensing, E-Pieper en Connectivity zijn drie projecten van het DISAC-programma voor het verbeteren van granen, processen voor productie, opslag en verwerking van ruwvoer en aardappelen. **Wie?** Er zijn twintig bedrijven en consortia betrokken uit de agrifood-sector (ZLTO is penvoerder), de HTSM sector en de kennisinstellingen Wageningen Research, TNO, NLR, TUE en Agrarisch HBO. **Doel?** Dit programma sluit naadloos aan op de duurzame doelstellingen die Nederland heeft: (1) verduurzaming van landbouw-productiesystemen, (2) vermindering energieverbruik en inzet van agrochemicaliën in de land- en tuinbouw, (3) meer voedselzekerheid en -veiligheid en transparantere ketens, (4) minder milieubelasting en gezondere bodems, en (5) nieuwe business mogelijkheden. **Looptijd?** Het is een vierjarig publiek-privaat programma, dat in 2020 afloopt. **Budget?** 4,5 miljoen euro. **Vervolg?** DISAC levert inzichten en draagvlak voor het delen van data tussen agrarische bedrijven en in de keten. Met dit draagvlak ontstaat een basis voor precisielandbouw 4.0: slim data delen tussen een groot aantal partijen om zo een grote data-pool te creëren. Met als doel om hieruit vervolgens nieuwe kennis te genereren voor met name strategische beslissingen.

van sensordata en kennismodules, en op detectie van meerjarige onkruiden in akkerbouwgewassen. Beide toepassingen hebben als doel om de beheersmaatregelen plaats specifiek te verbeteren. In fase 1 (2017 en 2018) is intensief samengewerkt met het project Grass4Farming, een CoE Agrodier project van hogeschool Van Hall Larenstein. Het doel van dit deelproject was een haalbaarheidsonderzoek voor precisiebemesting strategieën voor grasland, op basis van plaats- en tijd specifieke bodem en gewasinformatie. Vanuit de use case Connectivity is gekeken naar de betrouwbaarheid en robuustheid van de gebruikte technieken op grasland. De ervaringen worden meegenomen in Fase 2, waarin wordt onderzocht of met een strategie voor ruimtelijk gedifferentieerde stikstofbemesting de stikstofbenutting van productiegrasland kan toenemen ten opzichte van ongedifferentieerde bemesting. ■



Krachtenbundeling op diagnostisch gebied

WUR

Vier Wageningse onderzoeksinstituten die zich bezighouden met het detecteren en diagnosticeren van stoffen en organismen bundelen hun krachten in Diagnostics@WUR. Teamleider Peter Bonants: 'Door gebruik te maken van elkaars expertise kunnen we hormonen, bestrijdingsmiddelen en ziektes in voedsel, gewassen en andere agro-producten sneller opsporen.'

Wat? Diagnostics@WUR bundelt de krachten op diagnostisch gebied.

Wie? Vier instituten van Wageningen University & Research werken samen: RIKILT, Wageningen Plant Research, Biointeracties & Plantgezondheid (WPR), Wageningen Bioveterinary Research (WBVR) en Wageningen Food & Biobased Research, BioSensing & Diagnostics (WFBR).

Doel? Het ontwikkelen van nieuwe diagnostische methoden om een groot scala aan stoffen en organismen te kunnen detecteren in food- en agro-producten.

Looptijd? 2018-2022.

Budget? 500 duizend euro per jaar.

Vervolg? Via bilaterale projecten met bedrijven, Topsectoren, NWA en EU.

De wens om minder chemische bestrijdingsmiddelen en antibiotica te gebruiken en meer aandacht te hebben voor dierenwelzijn en de verduurzaming van productieketens, vraagt dierlijke en plantaardige producten van de hoogste kwaliteit. 'Daarom is het belangrijk om kennis te hebben van detectie en diagnostiek', legt Peter Bonants uit. 'Het is noodzakelijk om allerlei verschillende stoffen en organismen te kunnen detecteren in dieren, planten, voedsel en landbouwkundige producten of substraten, zoals grond, lucht en water. Denk aan stoffen als allergenen, hormonen, antibiotica, pesticiden, toxines, receptoren, nucleïnezuren, anti-lichamen, eiwitten en (micro-)organismen.'

Andere ziektes

In de toekomst worden er nieuwe bestrijdingsmiddelen gebruikt. Door de klimaatverandering zullen er andere ziektes in gewassen voorkomen. 'Om deze uitdagingen het hoofd te bieden, is het essentieel om continu nieuwe diagnostische methoden te ontwikkelen. Methoden die sneller, goedkoper of specifiek zijn', vertelt Bonants. Het WUR wil hierop voorbereid zijn en heeft daarom de krachten op diagnostisch gebied gebundeld in Diagnostics@WUR. Vier instituten werken

intensief samen: RIKILT, Wageningen Plant Research, Biointeracties & Plantgezondheid (WPR), Wageningen Bioveterinary Research (WBVR) en Wageningen Food & Biobased Research, BioSensing & Diagnostics (WFBR).

Deze vier instituten zijn technisch vergelijkbaar, maar richten zich elk op het detecteren van andere stoffen of de diagnose van andere producten. Zo ontwikkelt RIKILT methodes om stoffen in voeding op te sporen. WPR ontwikkelt innovatieve detectiemethoden voor insecten, virussen, bacteriën en schimmels die plantenziekten veroorzaken. WBVR werkt samen met de overheid en het bedrijfsleven aan de gezondheid van dier en mens door preventie, bestrijding en controle van dierziekten. WFBR ontwikkelt verschillende snelle (immuno)assays: dat zijn gebruiksvriendelijke testen die je in het veld kunt toepassen.

Diagnostische testen

In Diagnostics@WUR maken zo'n 75 onderzoekers gebruik van elkaars expertise, zodat 'Wageningen' de markt beter kan bedienen op het gebied van diagnostiek. Er zijn drie programmalijnen. Ten eerste richten de onderzoekers zich op DNA/RNA-gebaseerde methoden. Bonants: 'Als je bijvoorbeeld een monster neemt van een koe, dan kun je aan het DNA zien of een koe is besmet met een resistente bacterie. Zo ontwikkelen we allerlei diagnostische testen op basis van DNA en/of RNA sequenties. Straks kun je met zo'n test bijvoorbeeld achterhalen of er in voeding genetisch gemodificeerd materiaal zit. Of achterhalen of een plant een bepaalde ziekte heeft.' Het WUR beschikt over de meest geavanceerde sequentieplatforms, zoals Illumina HiSeq/MiSeq, PacBio en de Oxford Nanopore MinION om DNA/RNA sequenties te bepalen. Naast het ontwikkelen van testen die naar één stof of organisme zoeken, werken onderzoekers aan testen die meerdere stoffen tegelijkertijd detecteren, zogenaamde multiplex detectie. Ook volgen de onderzoekers nieuwe ontwikkelingen op de voet, zoals detectie met CRISPR-Cas.

Ten tweede zijn er immuno-gebaseerde methoden. Bonants: 'Denk aan de bekende zwangerschapstest: die is voor iedereen makkelijk in gebruik en je ziet snel de uitslag. Zo zijn we ook bezig met de ont-

wikkeling van testen waarmee inspecteurs in de haven van Rotterdam kunnen testen of het fruit in een container enge ziektes heeft. Maar je kunt ook denken aan een test waarmee consumenten kunnen zien of er in een sinaasappelschil bestrijdingsmiddelen zitten. Kortom: gebruiksvriendelijke testen die je in het veld kunt uitvoeren.'

Toepassingen voor smartphones

Tot slot zijn er spectroscopie-gebaseerde methoden, waarbij er gebruik wordt gemaakt van hyperspectrale camera's. Bonants: 'Deze methoden registreren bijvoorbeeld golflengte, geluid en ultraviolet licht. Als je deze gegevens analyseert, kun je detecteren of een plant of vrucht ongezonde stoffen bevat.' Bonants wordt enthousiast van alle mogelijkheden die dit in de toekomst gaat bieden. Binnen het EU-project FoodSmartphone.eu ontwikkelen onderzoekers toepassingen voor smartphones en -watches, die consumenten kunnen gebruiken voor de detectie

'Over tien jaar kun je in de supermarkt een appel analyseren met een app: is dit een gezonde appel of staat 'ie bol van de bestrijdingsmiddelen?'

van antibiotica, allergenen, pesticiden, mycotoxines en allerlei (micro-)organismen in voedsel. 'Over tien jaar kun je in de supermarkt een foto van een appel maken. Dan analyseert een app de vlekjes op de vrucht: is dit een gezonde appel of staat 'ie bol van de bestrijdingsmiddelen?'

Diagnostische kits

Verder kijkt het team van Diagnostics@WUR naar het vermarkten van diagnostische kits. Voor de detectie van plantenziekten en plagen bestaat al zo'n unit: Prime Diagnostics. De onderzoekers gebruiken de ervaring met de wereldwijde verkoop van Prime Diagnostics aan laboratoria en zaadbedrijven in de land- en tuinbouwsector voor het vermarkten van andere diagnostische producten. ■

Kijk voor meer informatie op:
www.wur.eu/diagnostics

5 Innovatieve toepassingen van datatechnologie in agro-food

WUR

‘Door informatie te koppelen en te analyseren kunnen we tijdig in actie komen als onze voedselveiligheid in het geding is’, vertelt Willem Jan Knibbe, beleidsdirecteur van het Wageningen Data Competence Centre. Vijf voorbeelden van data gedreven onderzoek in de agro-food sector.

‘Data science en digitalisering bieden ook voor de agro-food sector en groene levenswetenschappen enorme mogelijkheden’, vertelt Willem Jan Knibbe, die sinds september 2017 beleidsdirecteur is van het Wageningen Data Competence Centre (WDCC). Hier werken onderzoekers van verschillende onderzoeksinstituten van Wageningen University & Research (WUR) intensief samen aan toepassingen van innovatieve data gedreven technieken voor plant- en dierwetenschappen, omgevings- en voedingswetenschappen, economie en sociale wetenschappen. Knibbe: ‘Met het WDCC bundelen we kennis, bijvoorbeeld over het inzetten van kunstmatige intelligentie, intelligente robots, drones en computer

vision.’ Deze vijf onderzoeksprojecten laten zien wat de maatschappelijke potentie is van data gedreven onderzoek:

1 Methaanemissie bepalen door combinatie data

Onderzoekers proberen een methode te ontwikkelen waarmee ze op een efficiënte manier data uit verschillende bronnen met elkaar kunnen verbinden. Denk aan het meten van methaanemissies uit een stal. ‘Om grip te krijgen op dit broeikasgas is het niet alleen van belang om inzicht te hebben in de stalemissies, maar spelen ook andere factoren een rol, zoals de inrichting van de stal, de dieren en hun afvalstoffen. Daarnaast is methaan al met een bepaalde achtergrondconcentratie aanwezig in

de atmosfeer, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een afvalstortplaats in de omgeving’, legt Knibbe uit. Het onderzoek begint met het identificeren van de verschillende databronnen: het identificeren van de dieren, het gedrag en de diervoeding, de omgeving, de weersomstandigheden rondom de stal en gegevens over de bedrijfsvoering. Voor een efficiënte en nauwkeurige bepaling van methaanconcentraties gebruiken de onderzoekers nieuwe technologieën uit data management en data science, zoals het combineren van data in een data lake, on site data collectie gebaseerd op Internet-of-Things en het opensource computerplatform Arduino.

2 Agro Data Cube: veelzijdig beeld ruimtelijke omgeving

Dezelfde aanpak is toepasbaar op andere onderzoeksgebieden in de agro-food en levenswetenschappen. Door ruimtelijke data van verschillende bronnen te combineren ontstaat er een veelzijdig beeld van de omgeving, dat als basis kan dienen voor onderzoek naar milieu, landbouw, ruimtelijke inrichting en leefbaarheid. Hoe kun

je bijvoorbeeld de factoren beheersen die nodig zijn als je duurzame landbouw combineert met drinkwaterwinning? De Agro Data Cube combineert data over weer, bodem, hoogte en gewassen over een groot aantal jaren. Knibbe: ‘Dit instrument vraagt om de opslag van grote hoeveelheden gedetailleerde gegevens die op een snelle en efficiënte manier te analyseren zijn. De onderzoekers werken aan de ontwikkeling van cloud services en zoeken naar een hogere ruimtelijke resolutie.’

3 Data-infrastructuur voor consumentenonderzoek

In Europees verband neemt het WUR het voortouw in de ontwikkeling van data-infrastructuur voor consumentenonderzoek, de Nutrition and Health Research Infrastructure (FNH-RI). Eenduidige data is vaak moeilijk verkrijgbaar, vanwege het ontbreken van standaarden en de bescherming van de privacy van consumenten. Verschillende teams werken aan het inventariseren van de gebruikerseisen van consumentonderzoekers, het creëren van ontologie in het domein van consumentenwetenschappen, het FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable) maken van data en het technisch linken van databases. In december 2018 testen de onderzoekers een werkend prototype van een Consumer Data Platform, als verkenning voor de verder te ontwikkelen data-infrastructuur.

4 Gepersonaliseerd voedingsadvies
‘In het onderzoek naar linked data bestuderen we hoe data semantisch kan worden verrijkt om uitwisseling en hergebruik mogelijk te maken. Wanneer er bijvoorbeeld data beschikbaar is over de voedselproductie, dan biedt dit mogelijkheden voor het optimaliseren van productieprocessen en het verhogen van de voedselkwaliteit’, legt Knibbe uit. Als er veel ongelijksoortige data beschikbaar is,

‘Door wereldwijd real-time informatie te koppelen en te analyseren kunnen we tijdig actie ondernemen als onze voedselveiligheid in het geding is’

dan is het efficiënt als data automatisch met elkaar in verband wordt gebracht. Daarom hebben onderzoekers een ontologie van grootheden en eenheden ontwikkeld die helpt om voedingswaarden of ingrediënten uit te drukken. Een andere toepassing van voedseldata is het geven van gepersonaliseerd voedingsadvies. Een eerste versie van een ‘food advice engine’ is eind 2018 beschikbaar. Een app helpt consumenten met het verhogen van hun vezelinname. In samenwerking met de Maag Lever Darm-

Wat? Oprichting van het Wageningen Data Competence Center (WDCC).
Wie? In het WDCC werkt een klein team aan onderzoek, onderwijs, waarde creatie, infrastructuur en datamanagement samen met de verschillende kennisseenheden en stafafdelingen binnen WUR.
Doel? Kennis bundelen over innovatieve data gedreven technieken voor plant- en dierwetenschappen, omgevings- en voedingswetenschappen, economie en sociale wetenschappen. Tegelijk wordt er gewerkt aan het realiseren van externe samenwerkingsverbanden en een goede ondersteunende infrastructuur.

Looptijd? Het WDCC is ingesteld om als programmteam permanente ondersteuning te bieden voor de multidisciplinaire aanpak van het WUR op het gebied van innovatieve data gedreven technieken.
Budget? Het budget van WDCC wordt ingezet voor de financiering van het programmteam. Onderzoek, onderwijs en infrastructuur binnen het WUR blijven gefinancierd volgens de reguliere kanalen.
Vervolg? Het WUR richt de komende tijd een deel van de strategische investeringen op de verdere ontwikkeling van data gedreven onderzoek en onderwijs en is actief in het opbouwen van externe samenwerkingsverbanden.

stichting vindt er in 2019 een interventiestudie plaats naar het effect van zo’n gepersonaliseerd advies.

5 Voedselveiligheidsgevaarsvoorspellen

Allerlei interne en externe factoren beïnvloeden de risico’s in de voedingsketen, denk aan de hygiëne tijdens het transport, de kwaliteit van toezicht tijdens de productie, de kwaliteit van grondstoffen, maar ook het klimaat en economische factoren, zoals handelsstromen en productprijzen. ‘Door wereldwijd real-time informatie te koppelen en te analyseren kunnen we tijdig actie ondernemen als onze voedselveiligheid in het geding is’, zegt Knibbe. ‘In Wageningen onderzoeken we in hoeverre nieuwe technologieën in het domein van kunstmatige intelligentie, in het bijzonder Bayesian Networks, bruikbaar zijn in het voorspellen van voedselveiligheidsgevaars.’ Deze benadering vraagt de verzameling en verwerking van gegevens uit verschillende bronnen en is arbeidsintensief. De onderzoekers proberen dit te automatiseren. De ontwikkelde systeembenadering, algoritmen en ICT-processen kunnen vervolgens weer worden toegepast in andere onderzoeksgebieden. ■

Meer weten? Kijk op www.wur.nl/data

Kansen voor ziektepreventie met Exposoom

TNO

Onze (werk)omgeving heeft een belangrijke, en in potentie te vermijden, impact op onze gezondheid. Kennis over de precieze effecten van blootstellingen in onze omgeving zijn nog beperkt. Het concept ‘exposoom’ – de totale blootstelling van een persoon gedurende zijn of haar hele leven – kan helpen dit kennishiaat te dichten. Het biedt bovendien mogelijkheden voor de ontwikkeling van preventieve maatregelen.

Voor veel voorkomende aandoeningen, zoals respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen en kanker, zijn blootstellingen in onze omgeving naast genetische aanleg een belangrijke risicofactor. ‘Het totaal aan blootstellingen gedurende iemands leven en de reactie van diens lichaam daarop, oftewel het exposoom, kan ons helpen ziektelast beter te begrijpen en te kwantificeren. Dit geeft ons informatie die kan helpen bij het ontwikkelen van effectieve preventietools’, denken TNO’ers Anjoeka Pronk en Rob Stierum.

Extern en intern

Een enorme variatie van factoren in de omgeving waarin we opgroeien, werken, sporten, slapen en relaxen, bepalen mede

de kans op en het verloop van ziekte. Deze blootstellingen variëren van bijvoorbeeld chemische blootstellingen in de werk- en stedelijke omgeving, zoals (lucht)-vervuiling, tot leefstijlfactoren, zoals dieet of roken, sociale interacties en stress. Deze externe blootstellingen zijn, in tegenstelling tot genetische factoren, variabel en dynamisch en bieden daarom mogelijkheden voor preventie.

Tot op heden is er nog te weinig inzicht in de associatie tussen blootstellingen en gezondheid voor effectieve preventie. Hoe de totale combinatie van blootstellingen (het externe exposoom) gerelateerd is aan de biologische response in het lichaam (interne exposoom) is nog onduidelijk. De opkomst van nieuwe technologieën zoals

‘Het totaal aan blootstellingen gedurende iemands leven en de reactie van diens lichaam daarop, oftewel het exposoom, kan ons helpen ziektelast beter te begrijpen en te kwantificeren.’

sensortechnologie, Internet of Things, omics en big data bieden de mogelijkheid meer inzicht te krijgen in het externe en interne exposoom.

Eerste toepassingen

Op dit moment wordt exposoomonderzoek vooral uitgevoerd in academische

omgevingen. TNO denkt dat de tijd rijp is voor een overgang van fundamenteel onderzoek naar de eerste toepassingen. Om exposoomonderzoek te faciliteren en exposoomkennis en -technologieën in te zetten voor gezondheidstoepassingen, heeft TNO een “Exposoom Programma” opgezet.

‘Samen met partners werken we aan innovatieve technieken voor het bepalen van persoonlijke externe en interne blootstellingen. We ontwikkelen modellen voor het beoordelen van de relatie tussen het exposoom en gezondheid. Daarnaast kijken we naar preventieve strategieën op groepsniveau en gepersonaliseerde interventies op basis van exposoomtechnologieën. Daarbij focussen we op risicopopulaties, zowel op

kwetsbare groepen (zoals kinderen, patiënten) als op groepen die een risico in hoge mate van blootstelling lopen, bijvoorbeeld tijdens hun werk’, aldus Pronk en Stierum.

Whitepaper

In de whitepaper “EXPOSOME: connecting the dots for effective prevention of disease” staat TNO’s visie op het potentieel van het exposoom voor het verbeteren van gezondheid beschreven, net als de noodzaak van samenwerking tussen academie, private sector en eindgebruikers voor het bewerkstelligen van een substantiële gezondheidsverbetering. ■

Wat? Exposoom kan helpen ziektelast beter te begrijpen en te kwantificeren. TNO heeft een Exposoom Programma opgezet om de overgang van fundamenteel onderzoek naar de eerste toepassingen te stimuleren.

Wie? TNO in samenwerking met partners.

Doel? Het onderzoekprogramma geeft informatie die kan helpen bij het ontwikkelen van effectieve preventietools tegen ziekte.

Looptijd? Doorlopend.

Vervolg? Op het gebied van samenwerking zijn de eerste stappen gezet. Voorjaar 2018 werd de Utrecht Exposome Hub gelanceerd door de Universiteit Utrecht in samenwerking met een aantal publieke en private partners, waaronder TNO en RIVM. Daarnaast is de samenwerking verder uitgebreid naar internationale instituten op het gebied van gezondheid op de werkvloer en intern exposoom. Met deze partners worden gezamenlijke projecten in gang gezet in 2019.



Hoe persoonlijk voedingsadvies bijdraagt aan gezondheid

TNO

Het is algemeen bekend. Gezonde voeding draagt bij aan een betere gezondheid. Ieder mens is uniek, dus ook de manier waarop je reageert op voeding. Maar hoe weet je precies welk voedingspatroon het beste voor jou werkt? TNO heeft veel kennis ontwikkeld op dit gebied. Habit, een Amerikaans bedrijf gespecialiseerd in gepersonaliseerde voeding, is het eerste bedrijf dat deze kennis commercieel toepast.

De wetenschappelijk onderbouwde methode die TNO heeft ontwikkeld, is gebaseerd op wat we in jargon “fenotypische flexibiliteit” noemen. Genetische gegevens zijn belangrijk, maar vormen maar voor een klein deel een verklaring voor iemands gezondheid en hoe het lichaam op bepaalde voeding reageert. In deze methode combineert TNO genetica met fenotypische informatie, oftewel gegevens over de reactie van organen en processen in het lichaam in de tijd op voeding en omgevingsfactoren. Concreet: hoe reageren mijn lever, darmen, bloedvaten en meer op een verandering van voeding? ‘Zo gedetailleerd zijn lichaam en voeding in onderlinge samenhang, als een systeem, nog nergens ter wereld in kaart gebracht’, zegt Suzan Wopereis, het brein achter het systeem, met gepaste trots.

Voedingsadvies op maat

Voor het opzetten van het bedrijf Habit schakelde CEO Neil Grimmer de hulp in van TNO. Een simpele vraag van een succesvol ondernemer in de VS over zijn eigen leefstijl en voeding resulteerde zo tot een strategische samenwerking van inmiddels ruim 2,5 jaar voor TNO. ‘Simpel gezegd wilde Habit een systeem waarmee mensen van dertig jaar en ouder via internet en zelfmetingen hun gezondheid kunnen bepalen’, benadrukt Suzan. ‘De uitkomsten van die metingen resulteren vervolgens in een individueel voedingsadvies op maat. Habit richt zich op mensen die

zich afvragen of ze door betere voeding hun gezondheid kunnen bevorderen.’

Luchtbrug TNO en San Francisco

In 2016 kwam een heuse “luchtbrug” tot stand tussen TNO en de San Francisco Bay Area waar Habit is gevestigd. TNO formeerde een projectteam van zo’n vijftien mensen met expertise op het gebied van voeding, systeembioologie, gezondheid, genetica, gedragsverandering, bio-informatica en ICT. Want TNO’s complexe systeem, waarin kennis rondom voeding, gezondheid, leefstijl en persoonlijke data samenkomt, moest nog wel een reeks

‘Zo gedetailleerd zijn lichaam en voeding in onderlinge samenhang nog nergens ter wereld in kaart gebracht’

aanpassingen ondergaan om te komen tot persoonlijke voedingsadviezen. Daarin zijn ingrediënten, moleculen, mechanismen, processen en organen in het lichaam met alle relaties daartussen, en in alle denkbare varianten te meten en door te rekenen.

Als wetenschapper meedraaien

‘Al snel volgden er diverse ontmoetingen tussen Grimmer, zijn medewerkers en onze experts’, vertelt Marjan van Erk, projectleider. ‘We hebben het bedrijf in

korte tijd zien groeien van twee naar veertig medewerkers. Van meet af aan werden we ondergedompeld in een razende dynamiek. We zijn bij TNO gewend snel te werken, maar dit was ongekend. Een fantastische ervaring om als wetenschapper zo met een startup mee te draaien. Je wetenschappelijke kennis niet vanuit je lab aanleveren bij een bedrijf, maar die in recordtempo in de dagelijkse bedrijfsvoering toepassen. De synergie over en weer is tastbaar.’

Uitgebalanceerd

De dienst werkt als volgt. Je meldt je aan via de website van Habit. Vervolgens vul je online een uitgebreide vragenlijst in over je gezondheid en geef je door wat je voedingsvoorkeuren en je doelstellingen zijn. Je neemt wat wangslim af voor DNA-onderzoek en na tenminste negen uur niet te hebben gegeten, prik je in een vinger voor een bloedmonster en drink je de meegeleverde vloeibare maaltijd. Na een half uur prik je opnieuw en nog eens na twee uur.

Wat? Het project om een service te ontwikkelen waarmee mensen thuis hun gezondheid kunnen bepalen. De uitkomsten van die metingen resulteren vervolgens in een individueel voedingsadvies op maat.

Wie? TNO en Habit.

Doel? Habit richt zich op mensen die zich afvragen of ze door betere voeding hun gezondheid kunnen bevorderen.

Looptijd? Het project startte in 2015 en loopt nog door.

Vervolg? Momenteel werken TNO en Habit aan een wetenschappelijke studie met vrijwilligers waarin de effectiviteit van de service wordt bekeken met als centrale vraag: kan er wetenschappelijk aangetoond worden dat mensen daadwerkelijk gezonder worden door advies op maat, coaching en maaltijden?

In het door TNO gebouwde systeem worden alle resultaten van deze onderzoeken geregistreerd, gecombineerd en geanalyseerd. ‘We kijken hoe het lichaam in de tijd op de ingenomen standaardmaaltijd reageert, waarbij het dus gaat om de dynamiek van je stofwisseling. We noemen dat een challenge test. Dat geeft een veel beter beeld dan een momentopname en gaat ook veel verder dan algemene voedingsadviezen. Hoe gaat mijn lichaam om met bijvoorbeeld suiker, vet en eiwit? En reageren mijn organen en inwendige systemen daar veerkrachtig op? We brengen hierin alles samen. Het is systeem biologie. Door dit soort periodieke metingen ontstaat een uitgebalanceerd persoonlijk voedingsadvies.’

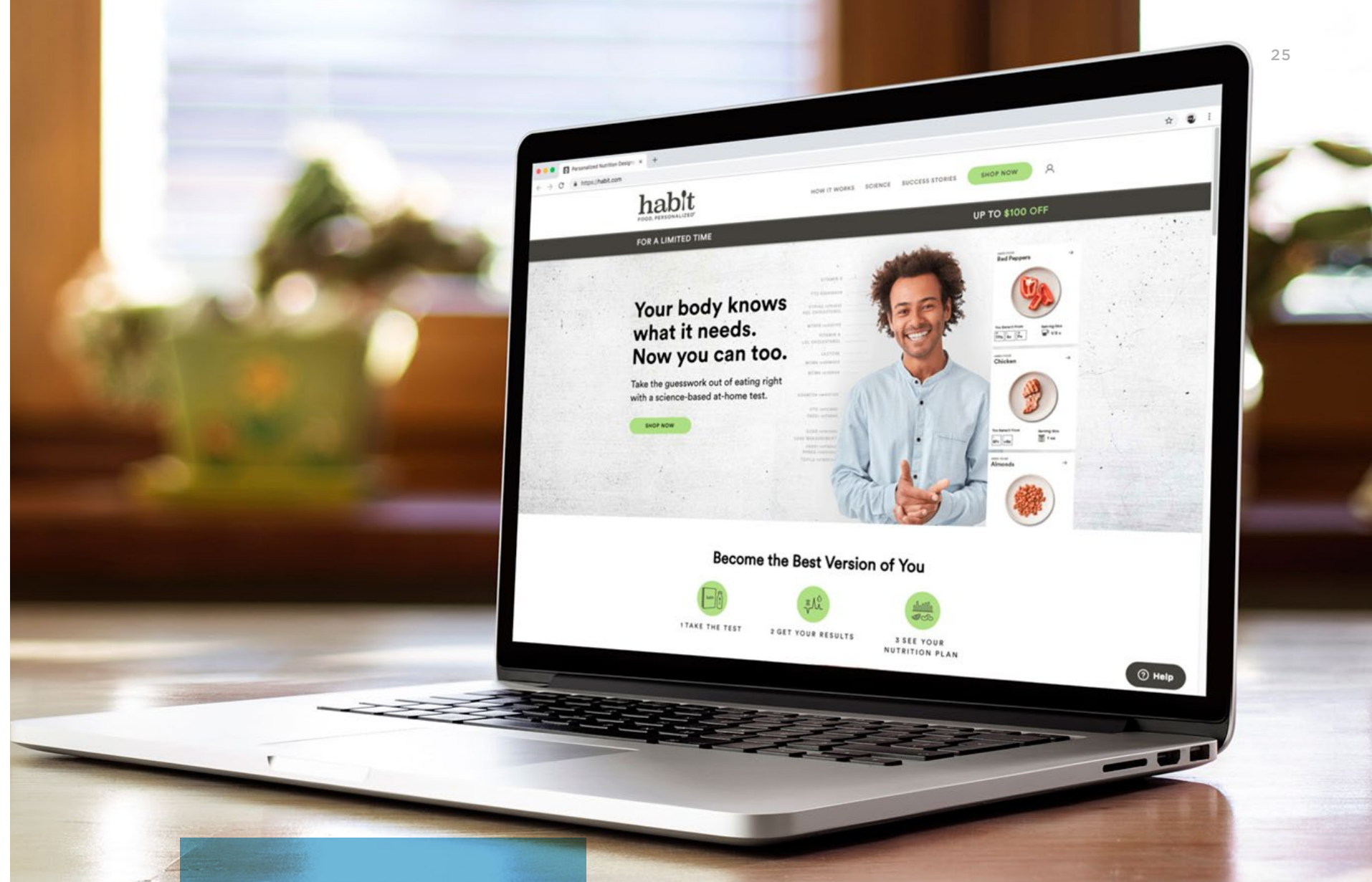
Verse maaltijden

In eerste instantie lanceerde Habit deze dienst alleen in Californië en konden klanten na coaching desgewenst gepersonaliseerde verse maaltijden bestellen. Inmiddels is Habit op nationaal niveau

actief. ‘Daarbij hebben ze de productie van gepersonaliseerde maaltijden, vanwege logistieke uitdagingen, losgelaten en zijn ze veel meer een databedrijf geworden’, vertelt Suzan. ‘Het door TNO gebouwde systeem is nu nog meer dan voorheen het fundament waarop ze hun producten en services bouwen. Denk aan persoonlijke voedingsadviezen, coaching, apps, persoonlijke recepten en boodschappenlijsten.’

Leefstijl als medicijn

‘Bij TNO zetten we deze benadering ook in voor leefstijl als medicijn’, vervolgt Suzan. Hiervoor werkt TNO samen met het LUMC binnen het Nederlands Innovatiecentrum voor Leefstijlgeneskunde (NILG). ‘Zo gebruiken we een glucose- of suiker-challenge test om diabetes type 2-patiënten te kunnen indelen in verschillende subgroepen, om gepersonaliseerde leefstijladviezen als behandeling in de zorg te krijgen.’ ■



Kanker opsporen met licht

TNO

Met een eenvoudige, goedkope en pijnloze lichtmeting aan de binnenkant van de wang vroegtijdig zien of er een tumor aanwezig is in het hoofd-halsgebied, de slokdarm of longen. Met deze nieuwe kankerscreening kunnen per jaar in Nederland tweehonderd tot vierhonderd levens worden gered.

Kanker in het hoofd-halsgebied, de slokdarm en longen wordt meestal pas in een laat stadium ontdekt. De behandeltherapie is dan kostbaar, intensief en vaak weinig succesvol. Hoe eerder je de tumor kunt opsporen, des te beter: de behandeling is dan eenvoudiger, veel goedkoper en heeft meer kans op succes. Arjen Amelink, natuurkundige en senior scientist bij de TNO-afdeling Optica, was projectleider van het pilotonderzoek naar een innovatieve, kosteneffectieve en niet-invasieve screeningsmethode om tumoren op te sporen met licht. De pilot werd gefinancierd door KWF/Alpe d'HuZes en samen met het Erasmus MC in Rotterdam uitgevoerd.

Lastig bereikbare plekken

Inspiratiebron was een Amerikaans onderzoek naar kankerscreening in de dikke darm. Daaruit bleek dat je in de endeldarm al kon zien dat er verderop in de dikke darm een tumor aan het ontwikkelen was. Dit is het zogenaemde veldeffect. Mogelijk zou dit ook werken bij het spijsverteringskanaal en luchtwegen. Bekend is dat slijmvliescellen van wangen, slokdarm en longen veel op elkaar lijken. Ze zijn ontstaan uit dezelfde oer cel. 'Verder weten we dat de risicofactoren voor tumorvorming in die gebieden dezelfde zijn, voornamelijk roken en ook wel drinken', zegt Amelink. 'Dat komt allemaal via de mond naar binnen. Onze theorie is dat je door het veldeffect in het wangslimvlies te meten, tumorgroei verderop op lastig bereikbare plekken kunt screenen.'

Wit halogeenlampje

Dat screenen gebeurt met een pookje, door glasvezels verbonden met een wit halogeenlampje, dat aan de binnenkant op het wangslimvlies wordt gezet. Het licht wordt door het weefsel verstrooid en deels geabsorbeerd. Amelink: 'De hemoglobine in het bloed absorbeert vooral het blauwe en groene licht.' Hetzelfde pookje vangt het "overgebleven" licht weer op. De hoeveelheid en ook de kleur van het licht wordt gemeten door een spectrometer.

'Met deze nieuwe kankerscreening kunnen volgens berekeningen per jaar in Nederland tweehonderd tot vierhonderd levens worden gered'

"Dat apparaat functioneert als een soort prisma met een camera erachter. Het kan het witte licht in kleuren scheiden en per kleur meten hoeveel licht er terugkomt vanuit het weefsel.'

Vroege kankerscreening

In de pilot zijn drie groepen van vijftientwintig rokende patiënten geselecteerd op hoofd-halskanker, slokdarmkanker of longkanker. Ze zijn gescreend en de resultaten zijn vergeleken met een controlegroep rokers zonder kanker. Amelink: 'Zo ontdekten wij verschillen in het wangslimvlies van mensen met en zonder kanker. Vier op de vijf gevallen hebben we goed voorspeld. Tachtig procent is acceptabel voor

kankerscreening. Net zoals het landelijk borstonderzoek en de poeptest voor darmkankerscreening, zou onze methode daarom in principe ingezet kunnen worden voor vroege kankerscreening van hoofd-halskanker, slokdarmkanker en longkanker.'

Vierhonderd mensenlevens

Volgens berekeningen kunnen met deze nieuwe kankerscreening per jaar in Nederland zo'n tweehonderd tot vierhonderd mensenlevens worden gered. Daarnaast kan vroege detectie zorgen voor een jaarlijkse kostenbesparing van minimaal twee miljoen euro, doordat de behandeling minder zwaar is. Een mogelijk vervolg zou een bevolkingsonderzoek kunnen zijn. TNO gaat scenario's ontwikkelen over hoe je zo'n algemeen bevolkingsonderzoek het beste kunt organiseren en bekostigen. Amelink: 'Laat je mensen naar een aantal centrale punten in ons land komen, zoals bij het borstonderzoek? Of gaan de huisartsen de screening doen?'

Grootte van een föhn

En er is nog een andere taak voor TNO. Het huidige screeningsapparaat met alle randapparatuur past in een verhuisdoos. Bij elkaar kost het apparaat nu tussen de dertig- en vijftigduizend euro. Het apparaat is nu nog te groot en te duur om aangeschaft te worden door een huisartsenpraktijk. 'We verwachten dat we het hele apparaat kunnen verkleinen tot de grootte van een föhn', zegt Amelink. ■



Dit is het 'pookje' waarmee de screening plaatsvindt. In het midden van het pookje zie je de glasvezels waar het licht doorheen geleid wordt naar de spectrometer.

Wat? Project voor een vroege kankerscreening van hoofd-halskanker, slokdarmkanker en longkanker. **Wie?** TNO in samenwerking met het Erasmus MC in Rotterdam, mede gefinancierd door KWF/Alpe d'HuZes. **Doel?** Met deze nieuwe kankerscreening hopen we in de toekomst per jaar in Nederland zo'n tweehonderd tot vierhonderd mensenlevens te kunnen redden. Daarnaast kan vroege detectie zorgen voor een jaarlijkse kostenbesparing van twee miljoen euro, doordat de behandeling minder zwaar is.

Budget? 400.000 euro heeft de KWF/Alpe d'HuZes pilot studie gekost. **Looptijd?** Het KWF/Alpe d'HuZes project heeft twee jaar gelopen. **Vervolg?** De volgende stap is om de resultaten te valideren in een grotere groep patiënten. Daarnaast is het nodig om een herontwerp van het screeningsapparaat te maken, gericht op miniaturisatie en kostprijsreductie zodat de screening kosteneffectief ingezet kan worden. Amelink: 'Ik ben voorzichtig optimistisch, maar er moeten zeker nog wat drempels worden genomen.'



Hoe geef je een drone een dreun?

NLR, TNO

Drones kunnen medicijnen naar afgelegen dorpjes brengen, vermiste personen opsporen en akkers verbeteren. Maar als je kwaad in de zin hebt, heb je aan een drone een potentieel wapen. Drones zijn wendbaar, relatief goedkoop en eenvoudig in gebruik. Nederland investeert daarom in een breed opgezet kennisprogramma naar tegenmaatregelen dat op 1 januari van start ging.

Wat: Het project *Counter Unmanned Aircraft Systems (C-UAS)* werkt gestructureerd aan kennisontwikkeling rond maatregelen die een dreiging met drones en andere onbemande vliegende objecten elimineren.

Wie: NLR en TNO werken samen met Defensie, de Nationale Politie, de Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding & Veiligheid en de Dienst Justitiële Inrichtingen aan kennisopbouw.

Doel: Kennisontwikkeling ten behoeve van een effectieve en efficiënte bestrijding van drones en andere onbemande vliegtuigen. Denk daarbij aan de beveiliging van civiele objecten (belangrijke plekken of evenementen), maar ook aan de verdediging van een legerbasis in een missiegebied. De onderzoeksvragen zijn onderverdeeld in werkpakketten, die zich richten op:

- Dreigingskenmerken
- Detectie & identificatie
- Interventie en minimalisatie van nevenschade
- Besluitvormingsondersteuning

Budget: 1,8 miljoen euro voor vier jaar.

Looptijd: Van 1 januari 2019 tot 1 januari 2023

Rond de kerstdagen liep het vliegverkeer in Londen vast na meldingen van verdachte drones. Gatwick en later ook Heathrow gingen op slot na incidenten met drones. Meer dan duizend vluchten werden geschrapt. Afgelopen zomer werden in de Verenigde Staten met drones gevangen bevoorrad met drugs en wapens. Greenpeace liet in juli een als superman vermomde drone tegen een Franse kerncentrale vliegen. In Jemen ontplofte op 10 januari een drone boven een militaire basis. In Venezuela mislukte afgelopen zomer een aanslag op president Maduro met drones. En dan zijn er talloze voorbeelden van “onbedoelde” ellende. In 2010 veroorzaakte positiviteitsgoeroe Emile Ratelband tumult op het Binnenhof met een modelvliegtuigje dat reclame maakte voor een boek van zijn hand. *‘Nederland is in de war’* stond geschreven op de reclamesleep die verstrikt raakte in een windvaan van de Ridderzaal. Tijdens een verkiezingsbijeenkomst van de CDU in 2013 dook er een drone op voor de neus van Angela Merkel, een uit de hand gelopen grap van de Piratenpartij.

Geweldig gereedschap

‘De noodzaak van tegenmaatregelen is evident’, zegt Gerald*, programmamanager *Counter UAS* bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). ‘Een drone is geweldig gereedschap. Zoals een motorzaag dat is voor de bosbouw. Echter, als je de horrorfilm *Texas Chain Massacre* bekijkt, zie je een andere kant van dat nuttig gereedschap. In verkeerde handen kan alles een wapen worden en dat is bij drones niet anders. Daarom ontwikkelen we ook steeds betere regelgeving. Zodra je dat doet, dan moet je ook nadenken over handhaving van de regelgeving.’ Het probleem van dronedreiging wordt al geruime tijd zeer serieus genomen. Partijen zoals Politie en Defensie werken sinds kort ook formeel samen aan oplossingen. Zo haalde de Nationale Politie in 2016 wereldwijd het nieuws met de inzet van roofvogels tegen drones. Dat project werd een jaar later weer stopgezet. Defensie beschikt op haar beurt over tal van middelen om drones uit te kunnen schakelen. Gerald: ‘Men wil liever geen Patriot-raket van een miljoen euro afvuren op een speelgoeddrone van vijftig dollar.’

Krachtenbundeling

Kennisbundeling is daarom het devies. Defensie, Veiligheid & Justitie en de TO₂-partners TNO en NLR hebben de krachten gebundeld en werken gezamenlijk aan een kennisprogramma. Op 1 januari 2019 ging het kennisontwikkelingsprogramma officieel van start. Het budget stelt het NLR in staat om een kernteam van zeven experts voor een deel van hun tijd aan kennisopbouw te laten werken. Zij richten zich niet alleen op de fysieke uitschakeling van drones, maar alle benodigde processtappen worden meegenomen in het onderzoek.

Aan het onderscheppen van een drone gaat een complex proces vooraf. Zie allereerst maar eens een drone te vinden. Sommige types kunnen op tien kilometer hoogte vliegen. Daarna moet je er zo snel mogelijk achter zien te komen welke dreiging uitgaat van het object. Het besluitvormingsproces staat bijna altijd onder tijddruk en vraagt om accurate informatie. En pas dan bereik je het slotstuk van alle onderzoeksvragen: hoe haal je een drone uit de lucht? Ook geen sinecure. ‘Het middel moet niet erger zijn dan de kwaal. De bedreigende drone laten we dan ook het liefst veilig

landen of moet in zo klein mogelijke deeltjes desintegreren zodat vallende brokstukken op de grond zo min mogelijk schade berokkenen.’

Het kennisontwikkelingsprogramma kent een “casus-gerichte” aanpak. ‘We denken in scenario’s. Wat kan er op ons afkomen? Op zo’n casus laten we alle deelvragen los. Hoe detecteren we de dreiging, hoe ondersteunen we de besluitvorming en hoe kunnen we interveniëren?’

Van netten tot counterdrones

Hoewel het onderzoek pas net begonnen is, lijkt het evident dat er niet één ei van Columbus is. Een groot net ophangen kan zinvol zijn bij een gevangenis, maar niet bij een vliegveld. Met signaalverstoorders kunnen veiligheidsprofessionals de besturing van een drone verstoren, maar als dit ook communicatie van overheidsdiensten ontregelt kan dat ongewenst zijn. De onderzoekers kijken ook naar *counterdrones* die vijandelijke drones uit de lucht halen. Deze *interceptors* moeten minstens vijftig kilometer per uur sneller vliegen en wendbaarder zijn.

Men wil liever geen Patriot-raket van een miljoen euro afvuren op een speelgoed-drone van vijftig dollar

En dan zijn er nog “*Star Wars*”-achtige interventies: denk daarbij aan elektro-magnetische pulsen of lasertechnologie. Fabrikanten van drones werken zelf ook mee. Een commerciële dronemaker heeft bijvoorbeeld *geofencing* ingebouwd in zijn modellen: een automatische beveiliging die voorkomt dat drones over verboden terrein vliegen. Gerald: ‘De bestrijding van drones is een lastige puzzel, maar tegelijkertijd zijn er zoveel ontwikkelingen die we bij elkaar kunnen brengen. Het werken aan maatschappelijk relevante projecten die een concreet probleem bestrijden, dat is prachtig werk. ■

** Bij onderwerpen die veiligheid en defensie raken en in hoge mate vertrouwelijk zijn, wil het NLR bij voorkeur geen achternamen vermelden in openbare bronnen.*

Dempen wilgen golven voor dijken?

Deltares

Voor vele kilometers dijk in het Nederlandse rivierengebied kan vegetatie mogelijk een rol spelen bij het verminderen van de golfbelasting op de dijk. Een potentieel dat we nog niet volledig in kaart hebben gebracht, mede door onbekendheid met en inzicht in het effect van golfreductie door begroeiing.



Het combineren van waterveiligheid, natuur en ruimtelijke kwaliteit is een grote uitdaging voor Nederlandse rivieren en meren. Vegetatie voor de dijk, zoals ooi- en wilgenbossen, kan een rol spelen bij de realisatie van lagere en groenere dijkontwerpen. Tot nu toe is dit echter lastig te realiseren in de praktijk. In de huidige systematiek voor hoogwaterveiligheid worden de effecten van vegetatie op de maatgevende golfbelasting niet meegenomen in ontwerp en toetsing. Belangrijke reden hiervoor is dat de data ontbreken van de effectiviteit en het gedrag van vegetatie onder extreme omstandigheden.

Vegetatie en dijk in de praktijk

Niettemin is al een in het oog springend praktijkvoorbeeld gerealiseerd met het project 'ontpoldering van de Noordwaard' dat onderdeel uitmaakt van het grotere 'Ruimte voor de Rivier', een programma om rivieren meer ruimte te geven om water af te kunnen voeren tijdens hoogwaterstanden. De Noordwaard, ten noorden van het Nationale

Park de Biesbosch, wordt gebruikt om hoogwater te bergen wanneer het rivierwater stijgt. Hiervoor is de dijk tussen de rivier de Nieuwe Merwede en de Noordwaard polder verlaagd tot een hoogte van twee meter boven NAP. Bij een stijging van het rivierwater boven dat niveau, stroomt het water over in de polder. Dit gebeurt enkele keren per jaar en betekent dat in de Noordwaard polderdijken moesten worden gebouwd en verstevigd. Zo is rondom Fort Steurgat bij Werendam een waterkering aangelegd. Dit is een uniek dijkontwerp, een combinatie van een lagere met gras beklede dijk en daarvoor een golfdempend voorland beplant met wilgen, een zogenaamde griend. De dijk is gebaseerd op het principe dat het beboste voorland voldoende golven reduceert.

Opschaling in het rivierengebied

Tot nog toe is alleen aan de grienden 'gerekend'. Deltares heeft in opdracht van waterschap Rivierenland in 2015 berekend hoeveel golfreductie door bestaande vege-

Vegetatie onder meer extreme omstandigheden breekt niet en laat toch behoorlijke effecten zien op het dempen van golven

tatie wordt gerealiseerd aan de teen van een dijk onder maatgevende condities. Afhankelijk van de breedte en dichtheid van de vegetatie en van de hydraulische randvoorwaarden, zoals waterstanden en golfhoogtes, kan een behoorlijke reductie van golven worden gerealiseerd. Echter, alle berekeningen worden gedaan met numerieke (computer)modellen. Deze modellen valideren met data van hogere waterstanden en hogere golven levert nieuwe inzichten en zekerheden over het gedrag van vegetatie onder maatgevende condities in het Nederlandse rivierengebied. Om dit in het veld te meten is las-

tig, want maatgevende extremen doen zich in praktijk nauwelijks voor. Ook proeven in kleine testopstellingen zijn lastig voor het controleren op geldigheid van modellen, omdat het effect van vegetatie onder lage golven niet zomaar kan worden opgeschaald naar hogere golven. Immers, het gedrag van vegetatie onder lage golven is anders dan onder hoge golven. Zo gaan de flexibele takken van de wilg meebuigen bij hogere waterstanden en hogere golven en dit verandert de hoeveelheid demping van het bos.

Unieke test

Om toch waardevolle metingen te verkrijgen heeft een consortium van partijen afgelopen zomer een unieke proef gerealiseerd in de Deltagoot van Deltares. In deze goot is onderzoek op ware grootte mogelijk. De goot is een langgerekte bak met een lengte van driehonderd meter, een breedte van vijf meter en een diepte van negen meter. In de bak kunnen golven tot vier meter hoog worden gemaakt. In

deze onderzoeksfaciliteit in Delft is afgelopen zomer een wilgenbos van veertig meter lang gebouwd. In het bos stonden 32 bomen van vijftien jaar oud. De bomen zijn blootgesteld aan golven tot anderhalve meter hoog en hebben deze condities uiteindelijk verbazend goed doorstaan. De grootte van de golfdemping is afhankelijk van de waterstanden en golfcondities in relatie tot de dichtheid van de wilgen. Momenteel wordt er hard gewerkt aan de analyse van de resultaten.

Vervolgstappen

Met de afgeronde proef is weer een stapje gezet in het ontwikkelen van onmisbare kennis. Vervolgonderzoek is nodig om vast te stellen of en waar het dempende effect van vegetatie kansrijk kan zijn voor beheer en beleid in Nederland. Daarnaast worden de mogelijkheden verkend om vergelijkbare testen te doen voor mangrovebossen. Deze kunnen een cruciale rol spelen voor de waterveiligheid in kustgebieden elders in de wereld. ■

Wat? Een proef in de Deltagoot, een onderzoeksfaciliteit in Delft, waarbij een wilgenbos van veertig meter lang is blootgesteld aan golven tot anderhalve meter hoog.

Wie? Deltares, Rijkswaterstaat, Boskalis, Van Oord, VP Delta, WNF, RVO en STOWA.

Doel? Meer kennis verwerven over de effectiviteit en het gedrag van vegetatie onder extreme omstandigheden.

Looptijd? 2016 - 2018.

Budget? De proef in de Deltagoot heeft 550.000 euro gekost.

Vervolg? De onderzoekers van Deltares, TU Delft en NIOZ streven naar vervolgonderzoek, waarbij de golfdempende werking van andere soorten bomen en planten wordt verkend. De eerst volgende proef wordt mogelijk uitgevoerd in 2020 met mangrove bomen uit de tropen (zie: www.woodsversuswaves.com).

Slimme politiecamera's herkennen straatgeweld

TNO

In Arnhem deed TNO een proef met 'slimme' camera's van de politie, die straatgeweld kunnen herkennen. Mogelijk is dit een doorbraak in de handhaving van de openbare orde.

In het weekend is het druk en gezellig in het centrum van Arnhem. Maar de politie moet ook vaak optreden tegen vechtpartijen, geweld en dronkenschap. Zoals op Koningsdag 2017, toen een jongen 's avonds laat in een winkelstraat in elkaar werd geslagen door een groep jongeren. Een camera had het incident vastgelegd, maar de agent in de videokamer, die de dienders op straat ondersteunt, had de beelden gemist. Het kostte veel tijd en moeite om de daders uiteindelijk te identificeren en op te pakken. 'Zo ontstond de behoefte aan slimme camera's, die zelfstandig kunnen herken-

nen dat er ergens een vechtpartij is', zegt IJsbrand ter Haar, die bij de Arnhemse politie verantwoordelijk is voor het camera-toezicht. 'Het is voor een politieagent onmogelijk om de beelden van zeventig camera's tegelijk te monitoren', zegt Ter Haar. 'Daarom worden de camera's om beurten getoond op onze videowall. Ziet de dienstdoende agent iets wat verdacht is, dan verstuurt hij of zij een melding aan politiemensen op straat.'

Software ontwikkelen

Helaas komt het voor dat camerabeelden aan de aandacht ontsnappen. Bijvoor-

Wat? Project waarbij waarbij software is ontwikkeld om met slimme politiecamera's geweld op straat te herkennen en dat melden aan de politieagenten ter plekke.

Wie? TNO in samenwerking met de gemeente en politie Arnhem.

Doel? Slimme camera's van de politie kunnen op straat registreren dat er op straat iets verdachts gebeurt en melden dit vervolgens aan de politieagenten ter plekke, zodat zij sneller kunnen ingrijpen.

Looptijd? Het project is ten einde.

Vervolg? Met betrokken partijen zoekt Gertjan naar mogelijkheden voor een vervolg. Doel is om het algoritme in de praktijk te beproeven in nauwe samenwerking met de politie.

beeld omdat het incident net plaatsvindt op het moment dat de videowall beelden van andere camera's in de stad toont. 'De vraag van de politie was of ik software kon ontwikkelen waarmee camera's zelfstandig straatgeweld herkennen', vertelt Gertjan Burghouts van TNO.

Het resulteerde in een proef met het analyseren van camerabeelden. TNO maakte een computerprogramma dat patronen in beelden analyseert, waaronder die van vechtpartijen en opstootjes. De software is getest op een database met camerabeelden van het Arnhemse centrum. De resultaten waren boven verwachting. Zo bleek het programma in staat om tachtig procent van de incidenten daadwerkelijk te herkennen. 'Een score van vier uit vijf is prachtig', aldus Burghouts.

Menselijk oog

Artificial intelligence en analyse van camerabeelden neemt een hoge vlucht. Camera's in een auto van Tesla "lezen" verkeersborden en kunnen verkeerssituaties beoordelen. Maar politiecamera's die zelf straatgeweld herkennen zonder hulp van een menselijk oog, wordt nog nergens toegepast. De proef in Arnhem toont aan dat het mogelijk is, al zal er altijd een mens aan te pas komen om de beelden te beoordelen en te bepalen welke inzet van politie

nodig is. 'We willen toe naar een proef met camera's die niet alleen registreren dat er iets verdachts gebeurt, maar dit ook melden bij de agenten op straat', zegt Ter Haar. 'Zij kunnen er dan meteen op af.'

Joyce Veenvliet, wijkagent in het Arnhemse horecagebied, hoopt dat de proef met slimme camera's snel van start kan gaan. In het weekend krijgen zij en haar collega's te maken met gemiddeld twintig geweldsincidenten. Veenvliet: 'Ik wil graag in een zo vroeg mogelijk stadium een melding krijgen van een verdachte situatie. Het zou mooi zijn als slimme cameratechnieken hierbij kunnen helpen. Want hoe eerder wij ter plaatse zijn, des te groter de kans dat we het incident kunnen sussen. Des te sneller wij verdachten kunnen aanhouden.'

Heterdaadjes

Ondertussen werkt Gertjan Burghouts aan het verder verbeteren van de technologie. 'Het lastigst zijn de situaties in een grijs gebied, waarbij niet meteen duidelijk is of er sprake is van geweld. Je wilt geen automatische meldingen van situaties waarbij niet veel aan de hand blijkt te zijn.' Joyce Veenvliet vult aan: 'Tegelijk wil je dat camera's ook melden als iemand bijvoorbeeld een scooter omduwt. Dat is niet meteen strafbaar maar wel afwijkend gedrag.'

Joyce Veenvliet, wijkagent in het Arnhemse horecagebied: 'Ik wil graag in een zo vroeg mogelijk stadium een melding krijgen van een verdachte situatie'

Volgens Gertjan Burghouts is de software in staat te leren. Het gebruikt de input van de Arnhemse politiemensen – bijvoorbeeld wat wél en niet straatgeweld is – om camera's steeds slimmer te maken. Ter Haar: 'Dit systeem kan de politie in de toekomst helpen sneller ter plaatse te zijn. De opsporing wordt daarmee effectiever maar ook goedkoper omdat we meer "heterdaadjes" zullen hebben. Bij een heterdaad, als we de verdachten meteen in de kraag kunnen vatten, kost het politieonderzoek gemiddeld twee dagen; zijn de verdachten gevlucht en moeten we handmatig alle camerabeelden analyseren en de hulp inschakelen van tv-programma's als *Opsporing verzocht*, dan kan het onderzoek zomaar twee maanden duren.' ■

Op zoek naar de oorzaak van de ramp

MARIN

Voor de kust van Zuid-Korea verging op 16 april 2014 de Koreaanse Veerboot SEWOL. Van de 476 overleefden 304 passagiers deze ramp niet, vooral middelbare scholieren op schoolreis. MARIN werd als onafhankelijk onderzoeksinstituut ingeschakeld om de oorzaken van deze ramp vast te stellen.

Het was een drama van ongeken- de omvang, want slechts 172 van de 476 opvarenden werden gered. De kapitein en andere bemanningsleden werden vanwege nalatigheid en het ver- laten van het schip, veroordeeld tot lange gevangenisstraffen, maar nog steeds roept deze ramp veel vragen op in Zuid-Korea.

Dashcams

MARIN werd als onafhankelijk onder- zoeksinstituut ingeschakeld door de Koreaanse onderzoekscommissie om de oorzaken van deze ramp vast te stellen. Omdat het schip niet was uitgerust met een zwarte doos en een beladings- computer, was alleen de baan van het schip bekend uit de GPS-posities die door het Automatic Identification System (AIS) werden verzonden. Door de “dashcams” van de vrachtwagens aan boord te analy- sëren, kon ook het verloop van de hellings- hoek van het schip worden vastgesteld. Om de stabiliteit en ook de invloed van snelheid, roerhoek, schuivende lading en stabilisatie vinnen te bepalen, werd een carbon fiber model gemaakt op schaal 25. Dit model werd met een vijftal actieve systemen uitgerust, waaronder computer gestuurde schuivende lading.

Vijfhonderd testen

Meer dan vijfhonderd testen werden er met dit vrij varende model uitgevoerd in het Seakeeping & Manoeuvring Basin. Daarbij bleek dat de snelle draai en grote hellings- hoek verklaard kunnen worden door een combinatie van een lage stabiliteit en een

forse roerhoek. De hellingshoek werd zo groot omdat de lading ging schuiven. Daar- naast werden een aantal simulaties uitge- voerd op de grote manoeuvreersimulator van MARIN om de invloed van de roergan- ger te onderzoeken. Hierbij bleek dat het schip ook met een minimaal stabiliteits- niveau in een rechte baan nog wel stuur- baar was, maar dat in zo’n situatie een forse roerhoek onvermijdelijk tot te grote slagzij leidt, met grote kans op kapseizen.

Krachten op scheepsromp

Op verzoek van de onderzoekscommissie werden met numerieke stromingsbereke- ningen de krachten bepaald die nodig zijn

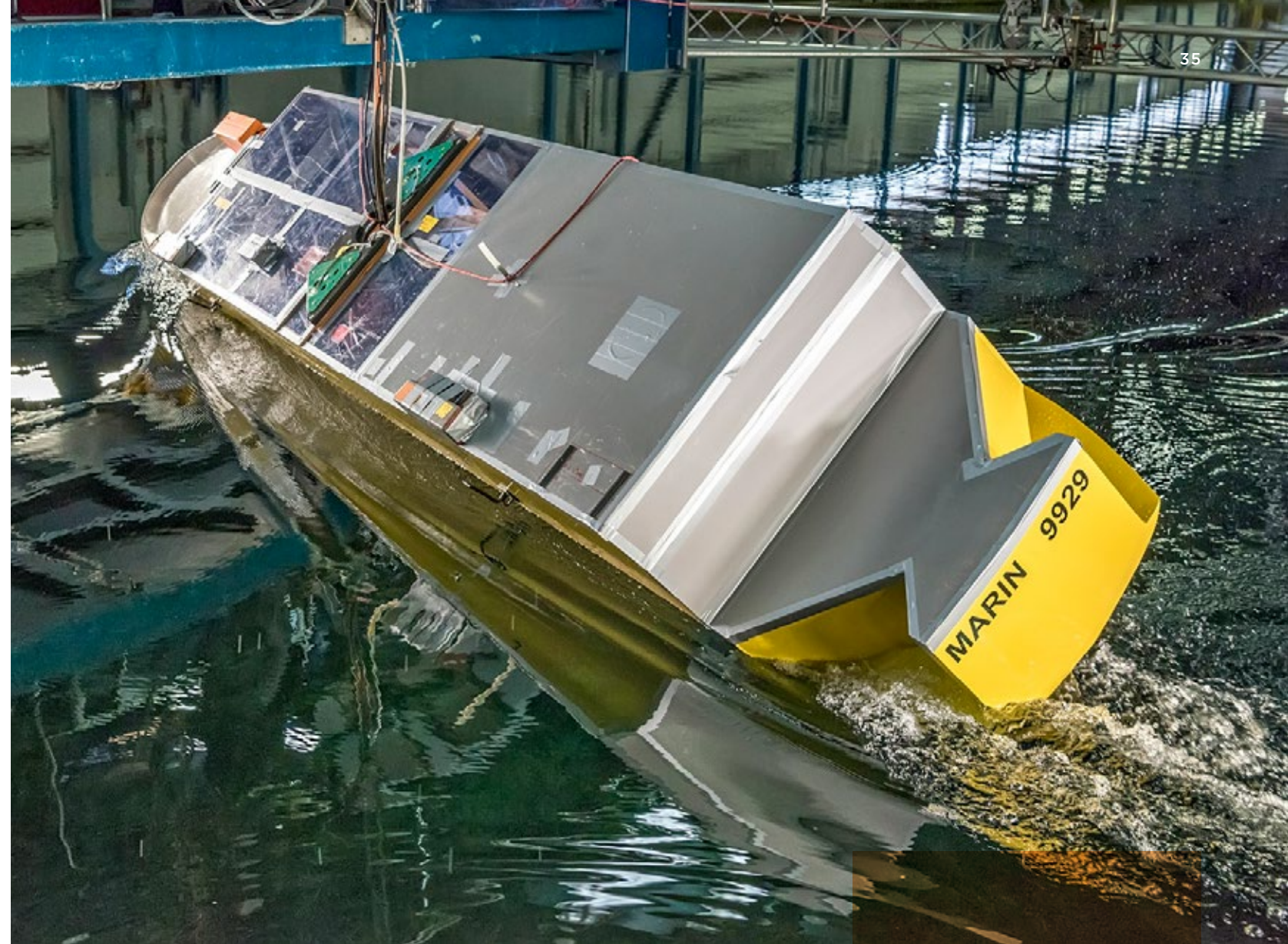
Het schip bleek met een minimaal stabiliteitsniveau in een rechte baan nog wel stuurbaar, maar in zo’n situatie leidt een forse roerhoek onvermijdelijk tot te grote slagzij

voor extreme horizontale draaisnelheden. Ook werden modeltesten uitgevoerd met externe krachten op de scheepsromp. Het snelle vollopen en zinken van het Koreaanse schip werd onderzocht met een 1:30 carbon fiber model, waarbij alle volumes binnen het schip en alle in- en doorstroom openingen nauwkeurig werden gemodelleerd. Omdat de posities en oriëntaties van het schip in deze fase waren vastgelegd met beeldmateriaal, werden eerst proeven uit-

gevoerd waarbij deze bewegingen door middel van een zogenaamde hexapod werden opgelegd aan het model. Door de hiervoor benodigde kracht te meten, kon geverifieerd worden dat de instroom in balans was met de positie en oriëntatie van het model. Op deze manier werden de juiste in- en doorstroomopeningen gevon- den. Vervolgens konden vrij drijvende volstroomproeven worden uitgevoerd. Om schaaleffecten van samengeperste lucht te voorkomen, werden deze testen onder vacuüm uitgevoerd in het Depressurized Wave Basin van MARIN.

Familieleden slachtoffers

Niet alleen de leden van de onderzoeks- commissie waren steeds bij het onder- zoek in Wageningen aanwezig, maar ook familieleden van de slachtoffers en een aantal tv-teams kwamen enkele weken over naar Nederland. Tijdens het onder- zoek waren er dagelijks interviews en nieuwsuitzendingen in Zuid-Korea. Ook de Nederlandse pers werd geïnformeerd aan het einde van het onderzoek. Dit onderzoek kreeg nog een staartje: het leidde tot een vervolgstudie waaruit is gebleken dat passagiersschepen die voldoen aan de internationale regelgeving gedurende een draaicirkel een hellingshoek kunnen maken die veel groter is dan de beoogde ‘paniekhoeke’ van 10 graden. Als lading conform die regelgeving, vanwege goede weersvoorspellingen, niet voldoende gesjord is, kan dit tot ongeluk- ken leiden. Dit vereist aanscherping van de internationale regelgeving. ■



Wat? MARIN werd als onafhankelijk onderzoeksinstituut ingeschakeld door de Koreaanse overheid om de ramp met de Koreaanse veerboot te onderzoeken en ontwikkelde hiervoor testmodellen op schaal. **Wie?** MARIN. **Doel?** Om de oorzaken van de ramp met de Koreaanse veerboot vast te stellen en mogelijk dat de aanbe-velingen (door vervolgonderzoek) leidt tot aanscherping van internatio-nale regelgeving. **Looptijd?** Januari - Juli 2018. **Vervolg?** Onderzoek naar de verbetering van de regelgeving voor passagiersschepen.

