

# TO<sub>2</sub>MORROW

Magazine over resultaten uit het Open Innovatie Netwerk

2022

**TO<sub>2</sub>** federatie  
De samenwerkende organisaties  
in toegepast onderzoek



**MARIN**  
BETTER SHIPS, BLUE OCEANS



**Deltares**



**nlr**  
Dedicated to Innovation in aerospace



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



**TNO** innovation  
for life



# Inhoud

- 3 **Voorwoord**
- 4 **Strategische keuzes voor de komende jaren**
- 5 **Overzicht van de instituten**
  
- Thema Energietransitie en duurzaamheid**
- 7 De Scaled Flight Demonstrator geeft innovatieve luchtvaart vleugels
- 10 Doorbraak in emissie monitoring met HIGS
- 12 Schermen van luchtbubbels beschermen zeehonden tegen herrie
- 15 Steeds meer plek voor zonnecellen
  
- Thema Landbouw water en voedsel**
- 17 Hoe kunnen boeren zich aanpassen aan klimaatverandering?
- 19 Minder broeikasgassen door duurzame landbouw en bosbouw
- 21 Kunnen voedselbossen helpen de landbouw te verduurzamen?
- 23 Samen slimmer met waardevol water
- 26 Het landschap van de toekomst is groenblauw
  
- 28 **Korte berichten**
  
- Thema Gezondheid en zorg**
- 32 Werking van geneesmiddelen beter voorspellen
  
- Thema Veiligheid**
- 35 Vangrails op zee
- 38 Veilig varen in ondiep water
- 40 Veilig vliegende drones in drukke steden
- 42 Sneller zekerheid over veiligheid in Gronings aardbevingsgebied
- 44 Cybercrime bestrijden met universele cybertaal
- 46 Met simulaties beter voorbereid op vredesmissies

# TO2: oplossingen voor morgen én vandaag

Beste lezer,

**W**e leven in een tijd vol ingewikkelde maatschappelijke vraagstukken. Van economische onzekerheid, historische ontwikkelingen op de energiemarkt tot opwarming van de aarde, van gezondheids crisis tot verduurzaming. Organisaties voor toegepast onderzoek, de TO2, leveren praktische resultaten voor het oplossen van problemen voor morgen én vandaag. Zoals het komen tot innovatieve technologieën die antwoord geven op deze uitdagingen én belangrijk zijn voor onze toekomstige banen en inkomsten. De TO2-instellingen zijn MARIN, Deltares, Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO), Wageningen University en Research (WUR) en Nederlandse Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR).

Deze impactrapportage laat concrete oplossingen zien die TO2-instellingen met hun toegepast onderzoek hebben gevonden. Ze zijn gegroepeerd rondom de thema's 'energietransitie en duurzaamheid', 'landbouw, water en voedsel', 'gezondheid en zorg', 'veiligheid' en 'sleuteltechnologieën'. De uitkomsten zijn van onschatbare waarde voor onze samenleving en zijn het waard om breed gedeeld te worden. Zo kunnen maatschappelijke organisaties, overheden en bedrijven de kennis toepassen.

In de rapportage ziet u 26 verschillende voorbeelden, van 'organ-on-a-chip'-technologie tot vangrails voor schepen in de zee, van betere

methoden om het waterniveau in de gaten te houden tot het sneller beoordelen van de veiligheid van huizen in aardbevinggebied Groningen. Ik vind het prachtig om te zien wat onderzoekers in Nederland hebben bereikt door hieraan vol passie te werken. En zo van kennis naar concrete oplossing te komen.

Nederland heeft jarenlange kennis, ervaring én menskracht op het gebied van innovatie. Toegepast onderzoek is een onmisbaar onderdeel daarvan. Dankzij alle inspanningen is Nederland een van de meest innovatieve landen ter wereld. Dat is iets om trots op te zijn!



*Minister Micky Adriaansens,  
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat*

## Strategische keuzes voor de komende jaren

Edere vier jaar herijken wij, de vijf TO2-instellingen die Nederland rijk is, onze gezamenlijke ambitie. Kennisontwikkeling, -toepassing en -verspreiding zijn en blijven

onze kerntaken. Wij willen dé strategische kennispartner zijn voor de rijksoverheid, het bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties, om samen maatschappelijke

vraagstukken op te lossen. Wij signaleren innovatiebehoefte, verdiepen kennis en verbreden de toepassing daarvan in brede publiek private onderzoeksprogramma's. Met als doel een economisch sterk, weerbaar en toekomstbestendig Nederland.

Maar, de omgeving verandert. En dat vraagt om strategische keuzes, zodat we de behoeften van de maatschappij optimaal ondersteunen met ons onderzoek en onze innovatie-activiteiten. Het strategisch kader beschrijft onze gezamenlijke ambitie voor de periode 2022-2025.

Om de technologische doorbraken te forceren die nodig zijn, is kruisbestuiving tussen verschillende disciplines en expertises een voorwaarde. Maar ook inter- en multidisciplinair werken, ook over de landsgrenzen heen, is een must. Onder andere op het thema Noordzee willen de TO2-organisaties hun samenwerking de komende jaren nog verder verdiepen in een programmatische aanpak.

In deze publicatie zijn ook al meerdere voorbeelden van een multidisciplinaire aanpak te zien.



Download hier het strategisch kader 2022-2015

In het onderstaande overzicht geven elk van de instituten, die deel uitmaken van de T02-federatie, een samenvatting van hun belangrijkste werkterreinen en de sleuteltechnologieën die ze ontwikkelen en toepassen.

## De T02-federatie bestaat uit:

### Deltares

#### Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we vanuit een systeembenadering aan slimme innovaties en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. Deltares kent een unieke combinatie van hoogopgeleide medewerkers, innovatieve sleuteltechnologieën, unieke experimentele faciliteiten en specialistische open source software. Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze 'diepe' kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. Samen met onze partners. We gaan aan de slag met de maatschappelijke uitdagingen van nu én de toekomst. Vanuit het perspectief van water en ondergrond, inclusief infrastructuur, werken we vanuit vier perspectieven: Toekomstige, Duurzame en Veilige delta's, en Veerkrachtige infrastructuur.

Deltares | Enabling Delta Life



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

#### MARIN

Het Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) doet onderzoek in hydrodynamica, maritieme (zero-emissie) technologie en operaties met simulaties, modeltesten, ware-groottemetingen en training. MARIN richt zich hierbij op de scheepsbouw, scheepvaart, offshore-industrie en overheden. Hierbinnen besteedt MARIN aandacht aan de volgende maatschappelijke thema's van het missiegedreven innovatiebeleid: energietransitie en duurzaamheid; landbouw, water en voedsel; en veiligheid. Sleuteltechnologieën die bijzondere aandacht krijgen zijn kunstmatige intelligentie en autonomie & decision support.



Dedicated to innovation in aerospace

#### NLR

Het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) verbindt wetenschap, bedrijfsleven en overheid in Nederland en internationaal. De kennisorganisatie verricht toegepast onderzoek binnen de marktsegmenten: industrie, civiele luchtvaart, ruimtevaart en defensie. De werkzaamheden van NLR beslaan daarbij het volledige spectrum van 'Research Development Test & Evaluation' (RDT&E). Binnen het missiegedreven innovatiebeleid richt het onderzoek van NLR zich op de maatschappelijke thema's energietransitie en duurzaamheid en veiligheid. Voorbeelden van sleuteltechnologieën die bijzondere aandacht krijgen zijn kunstmatige intelligentie, augmented/virtual reality, digital twin en geavanceerde materialen (bijv. composieten en 3D metaal printen).

## Vervolg ►

### De TQ2-federatie bestaat uit:

**TNO** innovation  
for life

#### TNO

De Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) heeft als missie het verbinden van mensen en kennis om innovaties te creëren die het welzijn van de samenleving en de concurrentiekracht van bedrijven duurzaam versterken. TNO gelooft in gezamenlijke creatie van waarde in economische én maatschappelijke termen en richt zich, samen met partners, op innovaties voor negen domeinen: Bouw, Infra en Maritiem; Circulaire Economie en Milieu; Defensie en Veiligheid; Energie Transitie; Gezond Leven; Industrie; Informatie en Communicatie Technologie; Strategische Analyses en Beleid; Mobiliteit en Logistiek.

Het ontwikkelen en toepasbaar maken van sleuteltechnologieën is een van de kernactiviteiten van TNO binnen deze domeinen. Denk hierbij aan fotonica, nano- en kwantumtechnologie. Maar ook aan nieuwe vormen van productie-, materiaal- en chemische technologie. Sleuteltechnologieën

worden gekenmerkt door een breed toepassingsgebied of bereik in innovaties en sectoren. Ze zullen de manier waarop we leven, leren, innoveren, werken en produceren ingrijpend veranderen. Sleuteltechnologieën zijn essentieel bij het oplossen van maatschappelijke uitdagingen, zoals veiligheid, energie en zorg. Ook maken sleuteltechnologieën baanbrekende proces-, product- en diensteninnovaties mogelijk en leveren daarmee een grote bijdrage aan de economie, het ontstaan van nieuwe bedrijvigheid en nieuwe markten, het vergroten van de concurrentiekracht en het versterken van de banengroei.

**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

#### WUR

Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research. Onze ruim 6.800 medewerkers en 12.900 studenten uit meer dan honderd landen werken in ons domein van gezonde voeding en leefomgeving overal ter wereld, zowel voor overheden als voor het bedrijfsleven. De missie van Wageningen University & Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life".

De kracht van Wageningen University & Research ligt in de bundeling van gespecialiseerde onderzoeksinstituten en de universiteit én in de samenwerking vanuit verschillende natuur-, technologische- en maatschappijwetenschappelijke disciplines. Daardoor kunnen wetenschappelijke doorbraken snel naar de praktijk en in het onderwijs worden vertaald. Wageningen Research is onderdeel van de TQ2-federatie en bestaat uit meerdere onderzoeksinstituten, die actief zijn op de thema's

Food & Biobased Research, Bioveterinary Research, Livestock Research, Marine Research, Economic Research, Environmental Research, Plant Research en Food Safety Research. ■

# De Scaled Flight Demonstrator geeft innovatieve luchtvaart vleugels

Met schaalmodellen kun je sneller en goedkoper schonere en zuinigere vliegtuigen ontwikkelen. Dat hoopt het team engineers van NLR te bewijzen bij de ontwikkeling van de Scaled Flight Demonstrator, een test- en validatiemethode voor vliegtuigen op schaal. Het team bouwde een A320 tot in detail na op een schaal van 1:8.5 en ontwikkelde hoogwaardige meetinstrumenten. ▶

*Floris Bremmers staat bij de Scaled Flight Demonstrator, een schaalmodel om nieuwe vliegtuigen te ontwikkelen.*

## NLR



**Probleem:** om in 2050 klimaatneutraal te zijn zullen we én minder moeten vliegen én zuinigere en schonere vliegtuigen moeten ontwikkelen. Maar dit laatste kost veel tijd en geld.



**TO2-oplossing:** met het testen van schaalmodellen kun je de vliegtuigontwikkeling versnellen tegen minder kosten en risico's. Het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) ontwikkelt samen met Europese partners zo'n methode, de Scaled Flight Testing Method. Om deze methode te valideren bouwde het team een bestaande A320 exact na op schaal, waarbij het vlieggedrag van deze Scaled Flight Demonstrator (SFD) kan worden vertaald naar zijn grote broer. Ook opereert het team de SFD bij testvluchten en ontwikkelde het de juiste meetapparatuur en -methoden.



**Impact:** met deze testmethode kunnen fabrikanten radicaal nieuwe toestellen (met andere vleugels of elektrisch aangedreven) bouwen en op schaal testen in aanvulling op het ontwerpproces en windtunnel-proeven. Zo hoef je niet eerst prototypes op ware grootte te maken. Dit brengt de broodnodige innovatie van de luchtvaart sneller dichterbij.

Je bouwt een vliegtuig na in het klein en experimenteert met innovaties. Waarom heeft de vliegtuigindustrie dit niet eerder gedaan als je weet hoeveel goedkoper en sneller je met schaalmodellen nieuwe vliegtuigen kunt ontwikkelen? Een belangrijke reden hiervoor is dat het (passagiers)vliegtuig dat wij vandaag de dag kennen, het zogeheten tube-and-wing concept, radicaal zal veranderen met innovatieve voorstuwingconcepten, materialen en structuren, gedreven door de noodzaak om energiezuiniger en schoner te vliegen. Juist de dynamica van deze nieuwe typen vliegtuigen kun je effectief met scaled flight testing onderzoeken. Maar zo'n schaalmodel zo fabriceren dat hij zich net zo gedraagt als zijn grote broer, onder dezelfde omstandigheden in de lucht is vanwege de zogeheten schalingseffecten een complexe aangelegenheid. Zo vliegt een grote kist veel harder dan een mini-versie, waardoor de samenstelling van de lucht verandert en andere krachten gelden. En hoe meet en vergelijk je dit zo dat je het vlieggedrag van het grote toestel eruit kunt opmaken?

*Floris Bremmers: 'Als die testen goed uitpakken, ligt er een betrouwbare validatiemethode voor schaalmodellen om schonere en zuinigere vliegtuigen mee te ontwikkelen.'*

**Kleine A320**

Naar deze oplossingen zoekt luchtvaartingenieur Floris Bremmers van NLR. Hij ontwikkelt in een internationaal team een betrouwbare testmethode met een schaalmodel, de Scaled Flight Demonstrator (SFD). NLR werkt samen met vliegtuigbouwer Airbus, het Franse onderzoekscentrum ONERA (validatie en schaling) en het Italiaanse CIRA (navigatie- en controlesysteem en remote Pilot Ground Station).

Het team van NLR bouwde samen met het Nederlandse Orange Aerospace (structureel ontwerp en bouw) een Airbus A320 (een middelgroot vliegtuig) na tot in detail op een schaal van 1:8.5. Dit schaalmodel heeft een spanwijdte van vier meter en weegt zo'n



140 kg. De SFD bereikt een snelheid van 85 knopen, dit is zo'n 160 km per uur. Ook ontwikkelde NLR de vliegtestapparatuur. 'Voor zo'n 10.000 euro koop je een mooie replica van een A320 op eBay', zegt Bremmers, die verantwoordelijk is voor het technische ontwerp en de meetmethodiek. 'Maar een technisch hoogwaardig schaalmodel had nog niemand gebouwd.' Naast de bouw op schaal, moet ook de meetmethode aan de hoogste eisen voldoen. ►



## NLR

- De technische kenmerken en het vlieggedrag werden getest in windtunnels en met proefvluchten. De SFD beschikt over verschillende sensoren, die meer dan 150 vliegtuigparameters in kaart brengen voor het bepalen van onder meer de standhoeken, krachten en versnellingen, snelheid en hoogte.

### Maiden flight

Deze hoogwaardige technische kwaliteit van de SFD, gecombineerd met de precisie van de geavanceerde meetapparatuur en -methode, maakt deze Scaled Flight Testing Method extra bijzonder, zegt Bremmers. Ook de manier waarop NLR het schaalmodel laat vliegen is uniek. 'De SFD wordt bestuurd vanuit een cockpit-omgeving in een mobiel grond station naast de landingsbaan met behulp van een camera en Head-Up Display (HUD), die informatie projecteert op een scherm voor de ogen van de piloot.'

Die besturing is complex omdat een schaalmodel niet is ontworpen voor deze specifieke snelheden. Daarom hebben de piloten een speciale training gekregen. Het teams testte tijdens de eerste vluchten stapsgewijs functionaliteiten, zoals het intrekken van het landingsgestel en het bewegen van de flaps (verstelbare delen van een vleugel). Op 30 maart 2022 maakte de SFD zijn negen minuten durende maiden flight op vliegveld Deelen. Pilot in command Jan-Willem van Dooren en pilot monitoring Jasper van der Vorst, beiden van het NLR, brachten de kist naar een hoogte van 1000 voet (300 meter). 'Een paar uur voorbereiden, landingsgestel checken, aftanken, en dan sluiten de deuren van het grondstation. Met zo'n honderd onderdelen aan boord, kan er ondanks de secure voorbereidingen en voorzorgsmaatregelen altijd wat verkeerd gaan', herinnert Bremmers zich het spannende moment.

### 'We vergeten vaak hoe hard technologie gaat.'

#### Vliegende vleugels

In het najaar vinden mission flight tests plaats bij partner CIRA in Italië, op de luchthaven van Puglia. Dit is om de methode in zijn geheel te testen. Als die testen goed uitpakken, ligt er een betrouwba-

re validatiemethode voor schaalmodellen om schonere en zuinigere vliegtuigen mee te ontwikkelen. Bremmers: 'We gaan naar een totaal nieuw soort vliegtuig, met een comeback van de propeller, batterijen in plaats van brandstof, of juist waterstof, en veel grotere vleugels, die het vliegtuig tot een soort vliegende vleugel maken.' Welke techniek doorbreekt in de luchtvaart zal moeten blijken, zegt Bremmers die best positief is over het halen van klimaatdoelen in de luchtvaart. 'We vergeten vaak hoe hard technologie gaat. Maar met technologie alleen komen we er niet. Mensen moeten minder vaak en minder ver reizen als het niet hoeft, of kiezen voor een schoner en zuiniger vervoersalternatief. ■

**Wie:** NLR, Orange Aerospace, ONERA, CIRA en Airbus.

**Looptijd:** 2016-2023

**Budget:** 10 miljoen euro. Het project is onderdeel van het Europese programma Clean Sky 2,

medegefinancierd uit het Europese H2020-programma en de particuliere sector.

**Vervolg:** er is een nieuw prototype in ontwikkeling, de Distributed Electric Propulsion (DEP) SFD. Hiervoor worden de twee gas-

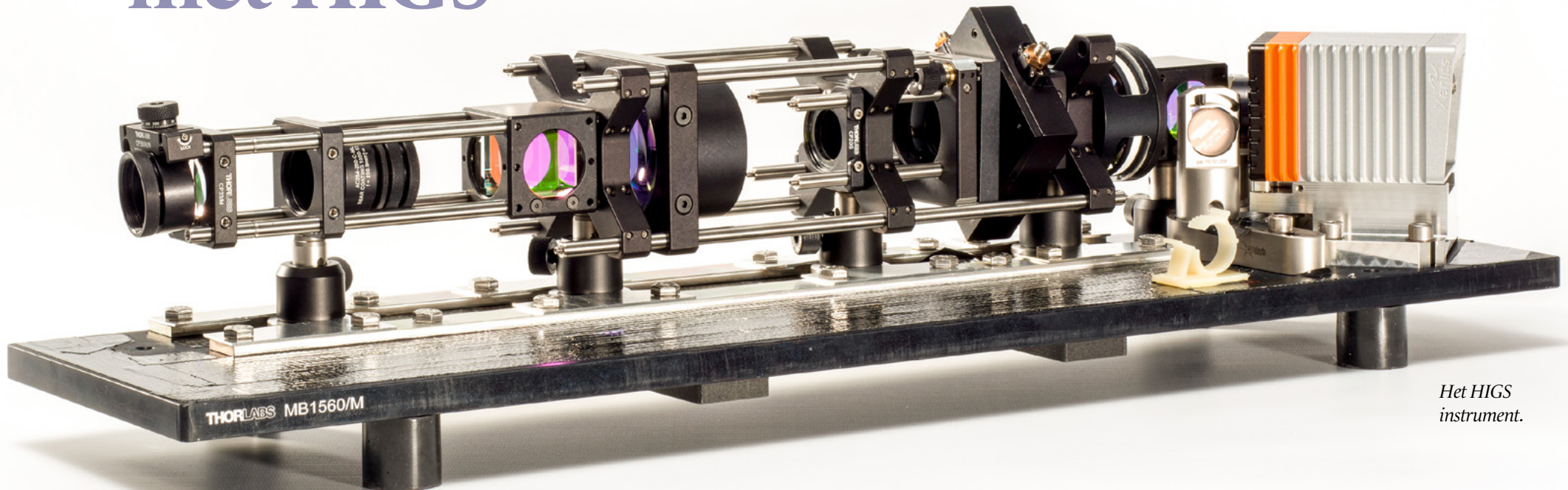
turbines vervangen voor zes elektrisch aangedreven propellers. Binnenkort zijn er windtunnelproeven en de eerste vlucht staat begin 2023 gepland. Bij deze ontwikkeling doet ook de TU Delft mee naast de andere partners.



Bekijk hier de video

De Scaled Flight Demonstrator geeft innovatieve luchtvaart vleugels

# Doorbraak in emissie monitoring met HIGS



*Het HIGS  
instrument.*

Bij het terugdringen van broeikasgassen en stikstof is het van groot belang om zo exact mogelijk te weten wat de bronnen van de uitstoot zijn. Satellietinstrumenten spelen een unieke rol bij deze emissie monitoring. De nieuwste techniek HIGS kan zorgen voor een doorbraak voor aardobservatie, atmosferische monitoring en het tegengaan van klimaatverandering. ►

## TNO

**?! Probleem:** bij het terugdringen van broeikasgassen en stikstof is het van groot belang om zo exact mogelijk te weten wat de bron van de uitstoot is en hoe die zich verspreidt. Satellietinstrumenten helpen daarbij, omdat ze over grote gebieden onafhankelijke metingen kunnen verrichten, maar op dit moment is er nog geen instrument met voldoende resolutie om kleinschalige broeikasgas-uitstoters te identificeren.

**💡 T02-oplossing:** het HIGS instrument wordt door TNO ontwikkeld om de detectie van kleinschalige uitstoters en broeikasgassen aanzienlijk te verbeteren en de identificatie van emissies van individuele bronnen mogelijk maken.

**🏢 Impact:** HIGS helpt zowel overheden als industrieën hun broeikasgasemissies nauwkeuriger te monitoren om klimaatverandering tegen te gaan. Op basis van deze metingen van satellieten kunnen zij wetenschappelijk onderzoek doen en effectief beleid ontwerpen en monitoren.

TNO ontwikkelt al meer dan dertig jaar satellietinstrumenten voor het meten en monitoren van broeikasgassen en stikstof in de atmosfeer. In de loop der jaren zijn deze technieken steeds meer verfijnd en verbeterd. 'TNO heeft meegewerkt aan satellietinstrument Tropomi, dat nauwkeuriger dan ooit de luchtkwaliteit onderzoekt en de hele aardse atmosfeer in één dag volledig in kaart brengt', zegt Anton Leemhuis, Senior Business Developer Space bij TNO. 'Voorheen moesten de wetenschappers veel data combineren en konden ze alleen de grootste bronnen van methaanuitstoot zien. Tropomi kan op kleinere schaal de uitstoot van emissies detecteren en vervuilende bronnen in kaart brengen.'

### Lekken

Maar dat is niet genoeg om een van de grootste wereldwijde uitdagingen aan te pakken: klimaatverandering. Internationaal is er nog steeds een gebrek aan meetdata van broeikasgassen en stikstof en vaak werken de klimaatwetenschappers nog met schattingen. Terwijl het bij het terugdringen van emissies van groot belang is om zo exact mogelijk te weten wat de bron van de uitstoot is en hoe die zich verspreidt. Leemhuis: 'De huidige instrumenten kunnen vanuit de atmosfeer grote 'lekken' (van duizenden kilogrammen per uur) van een broeikasgas detecteren, zoals methaan dat uit een grote vuilnisbelt komt of een lek in een gaspijpleiding. De nieuwste generaties satellieten die gaan vliegen moeten enkele honderden kilogrammen gaan meten, en met HIGS willen een grote stap maken om dit nog verder te verlagen.' TNO ontwikkelt daarvoor met spectrometertechnologie al gevoeliger instrumenten.

### HIGS

HIGS, (vernoemd naar Huib Visser, geestelijk vader van het Tropomi instrument, en bedenker van HIGS: Huib's Innovative Gas Sensor) is de nieuwste ontwikkeling en onderdeel van de R&D-programma's van TNO. Onderzoek dat loopt moet uitwijzen wat de detectielimiet is. De eerste studies voor HIGS zijn nu afgerond en de volgende stap bestaat uit het testen van de apparatuur door vanaf de grond (testen in de atmosfeer zijn niet mogelijk) emissies te meten. Vanaf de grond meet je ook al in de atmosfeer 'We gaan mogelijk op termijn vliegen

## Anton Leemhuis: 'HIGS kan regeringen en industrieën helpen bij het monitoren en aanpakken van klimaatverandering'

met een vliegtuig, en dan kijk je, net als een satelliet ook naar de aarde. Vanuit de ruimte testen is echter te kostbaar: daar is je prototype ook je eerste echte instrument.' Daarbij gebruikt HIGS nieuwere technieken. Waar spectrometers de aarde scannen, richt HIGS een camera op een gebied, waardoor een nog scherper tweedimensionaal beeld mogelijk is. 'Je kunt zelfs rookpluimen traceren.'

Deze nieuwe technologie kan regeringen en industrieën helpen bij het monitoren en aanpakken van de klimaatverandering. Leemhuis: 'Als je beleid maakt met grote economische impact, zijn schattingen niet voldoende. Beleidsmakers willen echt weten hoeveel de uitstoot precies is. De instrumenten van Tropomi hebben al emissies van kolenmijnen in Australië gemeten, die uitwezen dat een klein deel van de mijnen voor driekwart verantwoordelijk was voor de uitstoot van de kolenmijnsector. De Australische overheid heeft gereageerd op de bevindingen en de satellietdata helpt hen de emissies daar beter te snappen. De Europese Unie heeft voor het broeikasgas methaan een strategie ontwikkeld om de uitstoot te verminderen. Satellieten met nauwkeurige meetapparatuur zijn daarbij van groot belang.' ■

**Wie:** TNO, Universiteit Leiden.

**Budget:** financiering vanuit R&D van TNO en financiële steun van NWO voor een PhD student bij Universiteit Leiden.

**Looptijd:** TNO werkt al meer dan vijf jaar doorlopend aan de ontwikkeling van deze nieuwe technologie.

**Vervolg:** TNO werkt met ruimtevaartorganisatie ESA aan een studie wat het potentieel is van deze technologie voor nieuwe satellietinstrumenten.

# Schermen van luchtbubbels beschermen zeehonden tegen herrie

Wind op de Noordzee groeit uit tot de belangrijkste energiebron van Nederland. Windenergie is schoon en raakt nooit op, maar voor de dieren in en boven zee zijn er nadelen, vertelt Josien Steenbergen van Wageningen Marine Research. 'We onderzoeken de risico's en hoe we die kunnen beperken.'

Josien Steenbergen.

## WUR, TNO

**Probleem:** windenergie is schoon en draagt bij aan de klimaatdoelstellingen, maar voor vogels, vleermuizen en zeezoogdieren hebben windmolens nadelen.

**T02-oplossing:** het effect van windmolenparken in de Noordzee op verschillende diersoorten vaststellen en onderzoeken welke maatregelen en innovaties mogelijk zijn om de negatieve gevolgen te beperken.

**Impact:** minder negatieve impact voor dieren in en boven de zee.

De komende jaren komen er heel wat windparken op de Noordzee bij. Het Planbureau voor de Leefomgeving verwacht dat in 2050 windmolenparken mogelijk een kwart van de Nederlandse Noordzee in beslag nemen. Onder en boven water gaat de zee er dan dus heel anders uitzien. Deze schaalvergroting brengt wel de nodige risico's met zich mee, zegt Josien Steenbergen, onderzoekscoördinator windenergie op zee. Wageningen Marine Research doet onderzoek voor de overheid en de windenergiesector naar de gevolgen van windmolenparken op zee voor diersoorten. Met deze kennis kan de overheid bijvoorbeeld bepalen welke locaties geschikt en minder geschikt zijn voor windmolenparken en in welke seizoenen heiwerkzaamheden op zee het beste kunnen plaatsvinden.

### Vleermuizentrek

Directe effecten zijn bijvoorbeeld vogels en vleermuizen die tegen de wieken vliegen, vertelt Steenbergen. 'Die overleven dat niet.' Maar er zijn ook gevolgen op de lange termijn: zo heeft de ene vogelsoort geen problemen met de windparken, zoals de aalscholver, terwijl de jan-van-gent, een grote zeevogel, echt met een grote boog om de windparken heen vliegt. 'Misschien waren dat plekken waar zij normaal voedsel zochten of gingen rusten. Dat kan mogelijk effect hebben op de aantallen.'

Eerder onderzoek van Wageningen Marine Research liet zien dat er niet alleen een vogeltrek is, maar ook een vleermuizentrek (ruige dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusii*)) heen en terug over de Noordzee. De onderzoekers constateerden dat de vleermuizen met de wind meevliegen: in het najaar van Nederland naar Engeland met oostenwind en in het voorjaar met westenwind terug. Dankzij dit onderzoek moeten windparkoperators tegenwoordig op die momenten hun turbines stilzetten.

### Gehoorschade voorkomen

Ook onder water hebben windmolens allerlei effecten op dieren. Het huidige onderzoek naar het effect van wind op zee op bruinvissen en zeehonden richt zich vooral op de impact die heien heeft bij de aanleg van de parken. 'Ze hebben een heel gevoelig gehoor waarmee ze prooien detecteren en met elkaar communiceren,' vertelt



*Josien Steenbergen: 'Het Planbureau voor de Leefomgeving verwacht dat in 2050 windmolenparken 26 procent van de Nederlandse Noordzee in beslag nemen.'*

Steenbergen. 'Door het heien kan hun gehoor permanent beschadigen waardoor ze geen voedsel meer kunnen zoeken.' Samen met TNO proberen we daarnaast te berekenen hoe groot het gebied is waar verstoring plaatsvindt en wat het effect is van deze verstoring. Op basis van dit onderzoek worden maatregelen genomen om de verstoring te verminderen. Een voorbeeld is een innovatie waarbij bij heiwerkzaamheden schermen van luchtbubbels worden geplaatst ►

## WUR, TNO

- ▶ om een groot deel van de herrie tegen te houden. Het onderzoek naar de gevolgen voor dieren onder water, als de windparken er eenmaal staan, is in volle gang. Denk aan onderzoek naar het effect van de elektromagnetische velden op haaien en roggen. Daarnaast is er ook gestart met een onderzoek naar het effect van de grootschalige uitrol van wind op zee op het ecosysteem. In dit onderzoek werken Deltares, Wageningen Marine Research en het NIOZ samen.

### Positieve gevolgen

Interessant genoeg is de impact niet alleen negatief. ‘Zo worden er stenen rotsblokken op de bodem geplaatst om ervoor te zorgen dat de turbines niet omvallen (scour protection)’, zegt Steenbergen. ‘Daarop gaan onder andere schelpdieren groeien, wat de biodiversiteit rijker maakt. Samen met de industrie kijken we hoe we die rotsblokken het beste kunnen vormgeven, zodat de dieren daar van profiteren.’

Ook zijn er initiatieven om oesterriffen te herintroduceren in windparken. Deze zijn de afgelopen eeuw door overbevissing, ziektes en vervuiling verdwenen in de Noordzee. De visserijluwe windparken kunnen daarnaast kansen bieden voor commerciële zeevicultuur, kweek van schelpdieren en passieve visserij.

Er is nog veel onderzoek nodig, maar Nederland is volgens Steenbergen op de goede weg. Tot 2016 moesten windparkeigenaren in Nederland zelf de ecologische effecten inschatten. Nu gaat dat centraal via het ‘Wind op zee ecologisch programma’ (Wozep) van Rijkswaterstaat, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Aan de andere kant moeten windparkeigenaren nu in hun aanbestedingen een ecologisch programma opnemen. ‘Heel interessant, want daardoor kreeg ons onderzoek ineens een impuls. Veel windparkeigenaren vragen ons nu om advies of willen samenwerken.’

### Vertaling naar beleid

Wageningen Marine Research is betrokken bij een groot tienjarig onderzoeksprogramma naar de impact van windparken op de diersoorten en ecologie van de Noordzee dat begin 2023 begint. Maar voordat dit MONS-programma (Monitoring-Onderzoek-Natuurver-

sterking-Soortenbescherming) voltooid is, moeten er dus al grote aantallen windmolens in de Noordzee verrijzen. ‘Ik hoop dat er vanuit de overheid ruimte is om plannen aan te passen, als dat op basis van de uitkomsten van ons onderzoek nodig blijkt’, zegt Steenbergen. Ze is benieuwd wat die enorme opschaling betekent voor de verschillende diersoorten. ‘De komende jaren gaan heel spannend worden, want hoe gaan politici onze kennis gebruiken? Komen er voldoende maatregelen om de (mogelijke) negatieve gevolgen voor dieren en het ecosysteem te beperken?’ ■

**Wie:** het MONS-programma (Monitoring-Onderzoek-Natuurversterking-Soortenbescherming) zal worden uitgevoerd als onderdeel van het Noordzeeakkoord en zal worden gefinancierd door verschillende ministeries (LNV, IenW en EZK).

**Looptijd:** 2023-2033.

**Budget:** €55 miljoen.

**Vervolg:** het huidige onderzoek richt zich op een beperkt aantal kwetsbare diersoorten. MONS zal inzicht geven in de veranderingen in het ecosysteem, habitats en

soorten van de Noordzee als gevolg van de transitie op het gebied van energie, voedselvoorziening en natuur. Daarnaast is meer internationaal onderzoek nodig (dieren houden zich niet aan grenzen) en onderzoek naar de impact voor dieren van windenergie op land.

Schermen van  
luchtbubbels  
beschermen  
zeehonden  
tegen herrie

# Steeds meer plek voor zonnecellen

Niet zomaar een dak, raam, gevel of geluidsscherm, maar eentje die energie geeft. TNO ontwikkelt een productiemethode die bedrijven in staat stelt om zonnecellen in allerlei materialen en in elke gewenste vorm te maken, geschikt voor verschillende oppervlakten. ►

*Peter Toonssen van TNO werkt aan de volgende generatie zonnetechnologie.*

## TNO

**Probleem:** zonnepanelen spelen een belangrijke rol in de energietransitie, maar ze hebben veel oppervlak nodig om te plaatsen. Ze zijn gebonden aan een bepaald formaat, waardoor ze niet in alle oppervlakken nog goed te integreren zijn.

**T02-oplossing:** TNO ontwikkelde een productiemethode op basis van halffabricaten, waardoor fabrikanten zonnestroom functies in allerlei bouwmaterialen en objecten kunnen integreren, zoals daken, gevels, ramen of auto's.

**Impact:** als je zonnecellen eenvoudig, tegen acceptabele kosten en visueel aantrekkelijk in de bestaande infrastructuur en materialen kunt inpassen, vergroot dat het potentieel voor de productie van zonne-energie enorm. Aannemers kunnen straks complete daken bestellen waarin zonnecellen integraal zijn verwerkt. De plaatsing van aparte zonnepanelen is niet meer nodig.

Massaproductie van maatwerk, of zoals ze het bij TNO noemen: mass customization. Hiermee werkt TNO aan de volgende generatie zonnetechnologie. Daarmee zijn zonnemodules straks niet langer gebonden aan een bepaald formaat of vorm, maar makkelijker te integreren in bijvoorbeeld daken, ramen, geluidsschermen en gevels. 'Het zijn halffabricaten die in eindproducten zijn te verwerken', zegt Peter Toonssen van TNO. 'Fabrikanten van bijvoorbeeld bouwlementen of carrosserieën kunnen dit in hun producten integreren zonder veel aan hun productieproces te veranderen.'

Toonssen sluit niet uit dat er een hele nieuw industrie ontstaat die deze halffabricaten aan de bestaande industrie kan leveren. 'Het is daarmee een technologie die beter aansluit bij wat de markt wil en ook betaalbaar is vanwege massaproductie. Bij de bestaande fabrikanten was er weinig bereidheid om te investeren in deze technologie. Door middel van een subsidie van EZK was TNO in staat een onderzoekslijn te ontwikkelen waarmee een blueprint voor een industrieel opschaalbare productielijn kan worden ontwikkeld. Daar kan de markt op inspringen en producten ontwikkelen voor de geïntegreerde opwekking van zonne-energie.'

### Blauwdruk

Bij de TNO-locatie op de High Tech Campus in Eindhoven is een onderzoekslijn opgestart waar de eerste halffabricaten van de loopband rollen. 'Hiermee kan een blauwdruk voor een fabriek worden



ontwikkeld waarmee je deze technologie kunt toepassen', zegt Toonssen. 'We kunnen deze technologie op basis van losse cellen en folies aanbieden. We gaan de productielijn nu verder optimaliseren om de halffabricaten sneller te produceren, tegen lagere kosten en met bredere toepassingen. Onze ambitie is dat we op systeemniveau onder de kostprijs van alternatieve opties blijven. Maar zover zijn we nog niet. We moeten bijvoorbeeld eerst naar de productie van grote aantallen toe. En dan gaan materialenprijzen omlaag en kunnen we tegen lagere kostprijzen produceren. Voordeel van onze productiemethode is dat je geen aparte installateur nodig hebt voor bijvoorbeeld de plaatsing van zonnepanelen op het dak.'

### Grotere capaciteit

De impact van deze technologie is enorm, vertelt Toonssen. 'Zonne-energie speelt een belangrijke rol in de energietransitie, maar voor de toepassing heb je wel veel oppervlak nodig en daar is in Nederland een gebrek aan. Dus als je zonnecellen in de bestaande infrastructuur kunt inpassen vergroot dat de capaciteit enorm.' Zonnecellen integreren in een geluidswal was al langer mogelijk, maar de uitvoering kostte veel geld. Met de komst van deze nieuwe technieken wordt dat anders.

Toonssen verwacht dat binnen enkele jaren de eerste zonnecellen met de productiemethode van TNO op daken van woningen liggen. De eerste fabrikanten van gevel- en dakproducten gaan deze technologie optuigen in hun productielijnen. 'Nu is een gevel functioneel en op z'n hoogst mooi. Straks is het ook een enorme bron van duurzame energie', besluit Toonssen. ■

**Wie:** TNO in samenwerking met materiaal en zonnecellen ontwikkelaars/producenten, equipmentontwikkelaars, producenten bouwdelen, installatiebedrijven.

**Looptijd:** 6 jaar.

**Vervolg:** TNO heeft naast de onderzoekslijn een nieuw zonne-energie-integratielab in gebruik genomen om onderzoek te doen hoe complete zonnepanelen en zonnelaminaten verder geïntegreerd kunnen

worden in verschillende eindproducten. Daarnaast is het ook mogelijk van producten de energie-opbrengst te bepalen en onderzoek te doen naar levensduur, betrouwbaarheid en veiligheid.



Bekijk hier de video





# Hoe kunnen boeren zich aanpassen aan klimaatverandering?

De gevolgen van klimaatverandering voor de landbouw zijn groot. De Klimaatstresstest brengt de risico's per boerderij in kaart. Klimaatonderzoeker Daan Verstand: 'We willen dat boeren zich meer bewust zijn van het probleem en weten hoe ze de risico's kunnen verkleinen.' ►

*Daan Verstand  
van WUR.*

## WUR

**?! Probleem:** door klimaatverandering stijgt de temperatuur, valt er vaker veel neerslag in korte tijd en zijn er langere perioden van droogte in Nederland. Tegelijkertijd neemt de bodemkwaliteit af. Dit alles is erg nadelig voor de landbouw.

**💡 T02-oplossing:** kennis, modellen en scenario's ontwikkelen voor boeren, verzekeraars en andere bedrijven, zoals de Klimaatstresstest, onderdeel van het project Klimaatadaptatie Open Teelten.

**📊 Impact:** hierdoor stijgt de bewustwording van het probleem bij boeren en kunnen boerenbedrijven zich aanpassen aan klimaatverandering.

De Klimaatstresstest is een methode waarmee de onderzoekers de risico's van klimaatverandering voor een specifieke boerderij in beeld brengen. 'Doel is om boeren bewuster te maken van het probleem en om ze advies te geven over wat ze kunnen doen', vertelt Daan Verstand, die zich bij Wageningen University & Research bezighoudt met de gevolgen van klimaatverandering voor de landbouw in Nederland.

### Twee klimaatscenario's

Nederland is in de test in vijf regio's verdeeld. Zo ligt de temperatuur in het binnenland vaak hoger en heb je langs de kust meer extreme neerslag. De test bekijkt twee van de vier klimaatscenario's die het KNMI voor 2050 heeft ontwikkeld: de meest extreme en de meest gematigde. 'De gevolgen voor boeren zijn dus afhankelijk van hoe extreem het klimaat gaat veranderen', legt Verstand uit. De test zoomt in op herkenbare bouwplannen voor die vijf regio's met in die regio's veel verbouwde gewassen zoals aardappelen, suikerbieten, wortels, graan en uien en laat zien hoe kwetsbaar die voor weersextremen zijn. Uien en aardappelen zijn bijvoorbeeld kwetsbaar voor droogtes; granen een stuk minder. In de komende jaren voegen de onderzoekers ook andere gewassen, zoals bruine bonen, veldbonen en soja aan de test toe.

### Andere gewassen

Nu is de test nog een tool die de onderzoekers zelf invullen, maar ze werken ook aan het ontwikkelen van een app die boeren zelf kunnen gebruiken. Naast akkerbouwers waren ook verzekeraars betrokken bij het onderzoek. 'Ook voor hen is het interessant om te weten hoe boerenbedrijven hun kwetsbaarheid kunnen verkleinen, want als ze steeds vaker bij extreem weer schades moeten vergoeden, stijgen de premies enorm.'

### Zuiniger met water

De test gaat niet alleen over de risico's, maar geeft akkerbouwers ook tips hoe ze zich kunnen aanpassen aan de klimaatverandering, benadrukt Verstand. Zo zijn er manieren om zuiniger met water om te gaan in droge periodes en om de bodemkwaliteit te verbeteren,



zodat boerenbedrijven weersextremen beter kunnen opvangen. Boeren passen hun teelt aan, bijvoorbeeld door het verminderen van verzilting, andere bodembewerking en bodemverdichting (de bodem is samengedrukt door zware machines waardoor de wortels niet meer bij het diepere water kunnen komen). Boeren wisselen met elkaar ook ervaringen uit en kunnen zo van elkaar leren. 'Werken die aanpassingen allemaal niet? Dan kunnen de boeren overwegen over te stappen op gewassen die beter tegen de extreme weersomstandigheden kunnen.' ■

**Wie:** Onderzoeksproject PPS Klimaatadaptatie Open Teelten: Wageningen Environmental Research, samen met BO-Akkerbouw, Agrifirm, SPNA en Delphy in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; Kennisoverdrachtproject KANO: WUR Open Teelten, samen met LTO-

DAW, Agrifirm, Verbond van Verzekeraars.

**Looptijd:** Klimaatadaptatie Open Teelten: januari 2020-december 2023; KANO: juni 2020-juni 2022.

**Budget:** Klimaatadaptatie Open Teelten: 1,4 miljoen euro; KANO: 200.000 euro.

**Volg:** In de komende anderhalf jaar de Klimaatstresstest verder ontwikkelen naar een app die boeren en adviseurs kunnen gebruiken tijdens een keukentafelgesprek.



Bekijk hier de video

# Minder broeikasgassen door duurzame landbouw en bosbouw

Duurzame landbouw en bosbouw spelen een belangrijke rol bij het oplossen van de klimaatverandering. Hierover schrijft hoogleraar Europees Bos Gert-Jan Nabuurs in het laatste IPCC-rapport. 'We dragen bij aan de wereldonderhandelingen over het klimaat, maar het is ook belangrijk om te kijken wat we concreet in Nederland kunnen doen.' ►

*In een bos in Venray zijn in de kokers een mix van andere boomsoorten geplant om zo dit wat oudere bos te versterken richting een gemengd bos; het is beter voor CO<sub>2</sub> vastlegging, voor houtproductie en biodiversiteit.*

## WUR

**Probleem:** niet-duurzame vormen van landbouw en ontbossing zorgen voor broeikasgassen zoals CO<sub>2</sub> en methaan, waardoor de klimaatverandering versnelt.

**T02-oplossing:** wereldwijd bewustwording en acties in gang zetten via het IPCC-rapport, dat het belang benadrukt van duurzamere vormen van landbouw, bosbouw en bouwen met hout om zo het klimaatprobleem te helpen oplossen.

**Impact:** de wereldonderhandelingen over klimaatdoelen ondersteunen met als gevolg: minder klimaatverandering en daardoor minder extreem weer en minder sterke zeespiegelstijging.

Landbouw, bosbouw en landbouwdieren zijn verantwoordelijk voor de uitstoot van tussen de 13 en 20 procent van broeikasgassen die de opwarming van de aarde veroorzaken. Door ontbossing zijn er minder bomen die CO<sub>2</sub> kunnen opnemen en vee stoot de broeikasgassen methaan en lachgas uit. ‘Duurzamere landbouw en beter bosbeheer, inclusief meer aanplanten en bouwen met hout, zorgen juist voor minder uitstoot van broeikasgassen en meer vastlegging van CO<sub>2</sub>’, legt Gert-Jan Nabuurs uit. De Wageningse wetenschapper schrijft hierover in het meest recente rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) van de Verenigde Naties.

### ‘Inmiddels wil iedereen vergroenen en meer bos aanleggen’

#### Sneller actie ondernemen

Het was al de zesde keer dat hij meeschreef aan een IPCC-rapport. Dit keer als hoofdauteur van het hoofdstuk Landgebruik en Landbouw. ‘De hoofdboodschap is: de emissies blijven toenemen, dus we moeten nog sneller actie ondernemen.’ Het IPCC-rapport concludeert dat bijna een derde van de oplossingen gevonden kan worden in een brede set van maatregelen in landbouw en bosbouw. Ook lokaal binnen de EU testen en implementeren wij dit, vertelt Nabuurs. Het team Vegetatie, Bos- en Landschapsecologie, waarin hij zit, werkt samen in Europees verband. Bijvoorbeeld aan het door de EU-gesponsorde project SUPERB van het European Forest Institute dat duizenden hectaren bos in Europa herstelt en diverser aanplant, maar vooral ook leert van de soms moeizame processen om dit tot stand te brengen.

#### Klimaatslimme bossen

Nabuurs vindt het ontzettend belangrijk om te kijken wat we concreet in de buurt kunnen doen. Zo werkt Wageningen University & Research onder andere aan het project Klimaatslim Bos- en Natuurbeheer in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De onderzoekers bekijken in pilots hoe we onze

bossen het beste kunnen aanpassen aan klimaatverandering. Zo blijken sommige boomsoorten, zoals de fijnspar, veel last te hebben van klimaatverandering en andere minder, bijvoorbeeld de esdoorn. Deze en andere loofboomsoorten worden nu ook veel meer aangeplant. Bosbouw kan ook een rol spelen in het leveren van bouw materiaal, benadrukt Nabuurs. ‘Het gebruik van hout als bouw materiaal zorgt voor langdurige CO<sub>2</sub>-vastlegging.’

#### In de lift

Verder moet Nederland het energieverbruik van de kassen omlaag brengen, bijvoorbeeld door het gebruik van LED-verlichting. En natuurlijk heeft de landbouw, afgelopen tijd prominent in het nieuws, de taak om de hoeveelheid methaan, die vooral koeien uitstoten, naar beneden te brengen, bijvoorbeeld via ander voer of andere runderrassen. Het is niet zo makkelijk om wereldwijd wat te veranderen in de landbouwsector, weet Nabuurs. ‘Er zijn miljoenen landeigenaren met allerlei tegenstrijdige wensen. Bovendien groeit de wereldbevolking en dus moet de voedselproductie omhoog.’ Voor de klimaatconferentie in Parijs van 2015 bestond zijn team uit slechts vijf medewerkers, nu zijn dat er twintig. ‘Toen hebben we het idee van klimaatslimme bossen gelanceerd en sindsdien zitten we enorm in de lift en zien we ook dat dat in de praktijk doorwerkt. Inmiddels moeten bedrijven en grote financiële instellingen vergroenen en meer bos aanleggen. Deze trends zullen doorzetten en samen met publieke middelen en uitvoeringsorganisaties zal dit leiden tot die broodnodige extra CO<sub>2</sub>-vastlegging.’ ■

**Wie:** Wageningen Environmental Research: meeschrijven aan het hoofdstuk Landgebruik en Landbouw van het IPCC-rapport.

**Looptijd:** 2018 - april 2022.

**Budget:** 20.000 euro per jaar.

**Vervolg:** over 5 jaar komt er een volgend IPCC-rapport.



# Kunnen voedselbossen helpen de landbouw te verduurzamen?

In enkele jaren tijd zijn er honderden voedselbossen aangeplant in Nederland. 'Ze produceren voedsel én dragen bij aan de verduurzaming van de landbouw', vertelt Jeroen Kruit, projectleider van het project Wetenschappelijke Bodemvorming onder de Voedselbosbouw. ►

## WUR

**?! Probleem:** hoe wordt landbouw beter bestand tegen de grotere weerextremen door klimaatverandering met meer diversiteit en minder monocultuur?

**T02-oplossing:** het onderzoeksproject Wetenschappelijke Bodemvorming onder de Voedselbosbouw onderzoekt in welke mate voedselbossen kunnen bijdragen aan de verduurzaming van de landbouw.

**Impact:** een duurzamer, milieuvriendelijk en klimaatadaptief landbouwsysteem.

**M**aar in welke mate dragen voedselbossen dan precies bij aan de grote vraagstukken in de landbouw, zoals klimaatverandering, het stikstofprobleem, herstel van biodiversiteit en de wateropvang? En kun je er als boer eigenlijk wel geld mee verdienen? Die vragen willen Kruit en zijn collega's beantwoorden met hun onderzoeksproject dat medegefinancierd is vanuit het topsectorenbeleid.

### Graan en bomen

De overheid is al overtuigd van de voordelen: in 2030 moet er 1.000 hectare voedselbossen en 25.000 hectare agrobosbouw zijn in Nederland. Normaal gesproken verbouwen boeren eenjarige gewassen. Bij agrobosbouw combineer je eenjarige gewassen met meerjarige gewassen, door bijvoorbeeld rijen bomen tussen de akkers met graan te plaatsen. Kruit: 'Die bomen hebben een positieve werking op het eenjarig gewas omdat ze schaduw geven en dieper wortelen. Dat helpt in droge perioden en bij veel neerslag en ook houden ze meer CO<sub>2</sub> vast. Bij voedselbosbouw ga je een stapje verder en heb je alleen maar meerjarige gewassen, waarvan een deel als voedsel kan dienen: vruchten, noten en zaden. Mest en bestrijdingsmiddelen zijn niet nodig.

Voedselbossen zijn een nieuw fenomeen in Nederland: het oudste voedselbos is in 2009 in Groesbeek aangelegd. Inmiddels zijn er naast de honderden kleine initiatieven ook achttien boeren die een voedselbos van minstens vijf hectare begonnen zijn.

### Alternatief voor boeren

Het doel van de overheid is ambitieus, maar kansrijk, denkt Kruit omdat het gekoppeld is aan de doelstelling om sowieso veel meer bos aan te planten in Nederland. 'De grond heeft nu vooral een agrarische bestemming, dus er zullen ook veel bestaande boeren verleid moeten worden om dit systeem over te nemen. Sommige boeren hebben al interesse getoond, al is er natuurlijk veel weerstand om te veranderen.' Het verdienmodel vormt nog wel een dilemma, legt de onderzoeker uit: 'Je bespaart kosten doordat je geen machines en gewasbeschermingsmiddelen nodig hebt, maar het duurt wel zo'n tien jaar voordat je een optimale productie hebt.'



### Kleine machines

Bovendien gebeurt het oogsten in voedselbossen nu vaak door vrijwilligers. Al zijn de twee voedselbossen in Almere en Schijndel die speciaal voor het onderzoek zijn geplant zo ontworpen dat de oogst in de toekomst met kleine machines mogelijk is. Die moeten nog wel ontwikkeld worden en ook daar vindt onderzoek naar plaats.

Kruit benadrukt: 'Niet alle gewassen kun je uit een voedselbos halen. Aardappels en graan bijvoorbeeld. Voedselbossen zijn geen alternatief voor akkerbouw, maar passen in een nieuw landbouwsysteem met meer diversiteit: het moet en-en zijn. Dit project leert ons hoeveel voedselbossen kunnen bijdragen aan voedselproductie, biodiversiteit, klimaatmitigatie (het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot) en klimaatadaptatie (het aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering).' ■

**Wie:** Wageningen Environmental Research, in samenwerking met een groot aantal partners.

**Looptijd:** 2020-2025.

**Budget:** 1 miljoen euro.

**Vervolg:** vervolgonderzoek is nodig om beter gefundeerde uitspraken te kunnen doen. Er is

meer tijd nodig aangezien een bos niet zo snel groeit.

# Samen slimmer met waardevol water

**Water voor de landbouw is schaars tijdens periodes van droogte. Grow with the Flow helpt boeren efficiënter om te gaan met het beschikbare water en zo hun bedrijfsvoering beter te plannen. Tegelijk geeft dit project waterbeheerders meer inzicht in de lokale waterbehoefte en stelt het onderzoekers in staat hun modellen en kennis te verbeteren. ►**

*Edwin Snippen van Deltares was betrokken bij de ontwikkeling van Grow with the Flow.*

## Deltares, WUR

**?! Probleem:** watertekort en -overlast komen steeds vaker voor als gevolg van klimaatverandering. Dat vraagt om efficiënt waterbeheer door waterschappen en watergebruik door boeren; ook met het oog op het veiligstellen van onze voedselvoorziening op de lange termijn.

**TO2-oplossing:** Deltares en Wageningen University & Research (WUR) ontwikkelden samen met waterschappen en private partijen Grow with the Flow, een digitaal platform dat gegevens over waterbeschikbaarheid op perceelniveau monitort en voorspelt.

**Impact:** met de gegevens en voorspellingen van Grow with the Flow kunnen boeren hun bedrijfsvoering optimaliseren. Tegelijkertijd geeft het platform waterschappen meer inzicht in de waterbehoefte in hun gebied en kunnen onderzoekers aan de hand van de verkregen data hun modellen aanscherpen.

Het idee voor Grow with the Flow werd ooit geboren aan de Kerstdis. Tussen de hapjes en drankjes door raakte een Deltares-expert in gesprek met een ICT-specialist die betrokken was bij geautomatiseerde monitoring van gewasgroei op boerenbedrijven. Al pratende, stelden ze zichzelf de vraag of hier geen unieke kruisbestuiving mogelijk was door verschillende data en modellen te koppelen en voor boeren op perceelniveau beschikbaar te maken? Meer vragen drongen zich op: wat kunnen we dan te weten komen over waterbeschikbaarheid; of er droogtestress is of juist een wateroverschot, en wat dat met het gewas doet? En als we daar weersverwachtingen aan toevoegen, kunnen we dan samen slimmer omgaan met het schaarse water?

Het bleef niet bij borrelpraat. Na een rondje langs alle relevante partijen ontstond een uniek consortium dat de uitdaging aandurfde, bestaande uit onderzoekers van Deltares en WUR, beheerders van verschillende waterschappen, aardappelproducent Lamb Weston/Meijer, ICT-specialisten van Capgemini en experts van verzekeraar Achmea. 'Een week voordat Nederland zijn eerste lockdown inging, hadden wij onze aftrapbijeenkomst', memoreert projectleider Edwin Snippen. 'We zijn meteen 'op afstand' verdergegaan en dat zegt veel over het commitment van alle partijen aan dit project.'

### Dicht bij de praktijk

Ruim twee jaar later is Grow with the Flow uitgegroeid tot een functionerend platform dat zijn tweede groeiseizoen proefdraait in twee regio's. En waar sommige telers bij aanvang nog wel eens sceptisch waren, heeft Snippen dat gedurende de proef zien veranderen in enthousiasme. 'We voegen extra kennis en informatie toe aan de data die boeren al krijgen via apps als Buienradar. Daarmee kunnen ze hun voordeel doen.'

De basis van Grow with the Flow bestaat uit een combinatie van verschillende rekenmodellen gericht op waterbeschikbaarheid en gewasontwikkeling. Snippen: 'Met een grondwatermodel berekenen we de regionale grondwaterstroming. Met die input berekent een ander model de waterbeschikbaarheid, waarmee we de ontwikkeling van het gewas kunnen voorspellen.'

'We gaan dus van heel globaal, op regionaal niveau, naar het niveau



van het perceel tot aan het gewas dat erop groeit', vervolgt Snippen. 'Dat levert gedetailleerde en praktisch bruikbare informatie per perceel op die de teler op de app kan zien. Ook kan hij zelf informatie toevoegen, bijvoorbeeld de hoeveelheid water waarmee hij heeft beregend. Die data wordt weer meegenomen in de berekeningen, zodat de informatie altijd actueel en dicht bij de praktijk blijft.' Op deze manier krijgen gebruikers van de app een duidelijk overzicht van welke percelen het dringendst water nodig hebben. Snippen: 'Sommige telers hebben tientallen percelen die soms vrij ver uit elkaar liggen. Berekening kost brandstof en ook het verplaatsen van zo'n haspel is tijdrovend. Kortom, planning is een belangrijk vraagstuk, zeker in tijden van droogte, waarin je zo efficiënt mogelijk moet omgaan met je water.'

### Referentiemeetpunten

Maar Grow with the Flow doet meer dan het inzichtelijk maken van de ontwikkeling van het vochtgehalte van percelen in de nabije toekomst. 'We kunnen ook berekenen of een perceel niet te nat is om te berijden. Ook daarvan geven we meer dan een week vooruit een indicatie via de app', vertelt Snippen. 'Zo kan de boer afwegen wanneer hij met zwaar materieel het land op gaat. Dit helpt bodemstructuurschade te voorkomen. En dat is weer goed voor het watersysteem: een goede bodem verliest minder nutriënten en is beter in staat om water vast te houden of te laten infiltreren. Ook de keuze voor bepaald gewas of het beheer van kleine (lokale) stuwen hebben invloed op de totale waterbalans en kunnen worden meegenomen in ►



## Deltares, WUR

de app. Uiteindelijk moet Grow with the Flow uitgroeien tot een app waarmee boeren steeds beter vooruit kunnen plannen en het beschikbare water zo efficiënt mogelijk op hun land kunnen gebruiken. Niet alleen boeren profiteren van de inzichten die Grow with the Flow oplevert, maar ook de waterbeheerders. Snippen: 'Waterschappen krijgen met deze informatie veel beter en gedetailleerder inzicht in de waterbeschikbaarheid van perceel tot stroomgebied. En daarmee ook de impact van het watermanagement in een gebied. Dat kun je met behulp van modellen uitrekenen, maar je hebt nu een aantal referentiemeetpunten in je gebied waaraan je het model kunt toetsen.' Op die meetgegevens kun je uiteraard weer voorspellingsmodellen loslaten. 'Het waterschap kan zo beter maatwerk leveren. Door te laten zien wat de actuele en verwachte situatie is met betrekking tot het vochtgehalte in de bodem en dat dan af te zetten tegen de bandbreedte van een langjarig gemiddelde, kan beter onderhouden worden waar en wanneer water vastgehouden of afgevoerd moet worden.' En de winst voor de onderzoekers zelf? 'Wij leren hoe onze modellen aansluiten op de praktijk zodat we deze weer kunnen aanscherpen.'

### Landelijk beschikbaar

In het huidige project ligt de focus op melkvee- en aardappelbedrijven. Snippen: 'Om het overzichtelijk te houden, hebben we de scope in de eerste fase beperkt tot een aantal veelvoorkomende gewassen: gras, maïs en aardappel. De volgende stap is om het aantal gewassoorten uit te breiden, zodat meer boeren kunnen aanhaken. Het uiteindelijke doel is om tot landelijke beschikbaarheid te komen.' Terugblikkend beschouwt Snippen de samenwerking tussen zulke verschillende organisaties als een van de grootste verdiensten van het project. 'Het was mooi om te zien hoe gaandeweg het vertrouwen groeide, waardoor telers ook informatie wilden delen. Als je kijkt naar de enorme opgave van het waterbeheer, zowel op de korte als lange termijn, kun je die alleen in gezamenlijkheid het hoofd bieden. Daarom was het voor ons een interessante ervaring om zo'n breed consortium op de been te brengen. Hoe dichter wij onze kennis bij de telers kunnen brengen, des te beter. Dit project is uiteraard niet de oplossing voor alles, maar levert wel een bijdrage aan meer waterbewustzijn, een stap in de goede richting.' ■



### Edwin Snippen: 'De enorme opgave van het waterbeheer kun je alleen in gezamenlijkheid oplossen'

**Wie:** Deltares samen met WUR, waterschap Vallei Veluwe, waterschap Aa en Maas, Capgemini, Achmea en Lamb Weston/Meijer. Het project is gesubsidiëerd door TKI Agri&Food /TKI Deltatechnologie met bijdragen vanuit de

projectpartners. De basis voor het platform werd ontwikkeld door Milan Innovancy in samenwerking met Capgemini.

**Looptijd:** het project is gestart in 2020 en heeft een looptijd van drie jaar.

**Budget:** 1,5 miljoen euro.

**Vervolg:** in een vervolg project willen we meer gewassoorten toevoegen en het platform opschalen zodat dit landelijke beschikbaar wordt voor telers.



Bekijk hier de video

# Het landschap van de toekomst is groenblauw

Water blijven weren in de rivierdelta waarin wij leven is geen wenselijke optie om onze voeten de komende decennia droog te houden. Annemargreet de Leeuw van Deltares werkt aan een andere aanpak en manier van denken over waterveilige landschappen. ►

## WUR, Deltares

**?! Probleem:** de gevolgen van een steeds snellere klimaatverandering maken Nederland als rivierdelta kwetsbaar.

**T02-oplossing:** WUR en Deltares ontwikkelen in samenwerking met drie pilotgebieden toekomstscenario's voor duurzame, waardenrijke, waterrijke en waterveilige landschappen. Voor nu (2030), straks (2050) en in de verre toekomst (2120).

**Impact:** voor een integrale denkwijze over waterkeren en waterbeheren en voor de inrichting van waardevolle landschappen zijn grote systeemspelingen en een andere manier van denken nodig.

De droge zomer van 2022 heeft laten zien waar het IPCC-rapport voor waarschuwde: de klimaatverandering dringt zich steeds sneller aan ons op. Een stijgende zeespiegel en tropische temperaturen, extreme droogte en hevige neerslag zetten ons watersysteem in de nabije én verre toekomst onder druk. Annemargreet de Leeuw, programmamanager Flood Risk bij Deltares, weet voor welke toekomstige uitdagingen wij staan. 'Onze waterbeheersing is gericht op water buiten de deur houden. De vraag is: moeten we dit systeem optimaliseren of moeten we water juist opslaan in het landschap, op zo'n manier dat we nog steeds veilig kunnen wonen en werken.' De vraag stellen, is deze eigenlijk al beantwoord. 'We werken aan de inrichting van duurzame landschappen waarin we meer met het water leven, ervan genieten en waar water eerlijk verdeeld is.'

### Houdbaar tot 2100

De specifieke gebiedsgerichte aanpak van Deltares en WUR voor het ontwikkelen van landschappen van de toekomst, rust op drie pijlers: ze moeten waterveilig, waterrijk en waardenrijk zijn. Annemargreet: 'Het toekomstige waterbeheer is meer gericht op veerkracht in plaats van weerkracht, we geven meer ruimte aan het water in het landschap en creëren daarmee meerwaarde voor iedereen. Bijvoorbeeld met als doel het water te kunnen bergen bij te veel neerslag en overstromingen en het water te kunnen vasthouden voor tijden van droogte. Afvoeren is het laatste wat je doet. Een voorbeeld hiervoor is het ABC-Delfland, waarin een slimme combinatie van het bergen van het water in bergingspolders, ruimte voor water in de boezem en voldoende gemaalcapaciteit voor de afvoer van het water helpt om wateroverlast zoals in 1998 te voorkomen.'

### Wat als

Het laten ontstaan van zulke landschappen vraagt om ingrijpende veranderingen die morrelen aan onze (huidige) aanpak, afspraken en beleid. Het project werkt aan conceptontwikkeling in drie pilotgebieden: (1) de kop van Noord-Holland, rondom Schagen en Den Helder, (2) het splitsingsgebied van de Rijn, IJssel en Waal bij Spijk in Gelderland en (3) de Friese Waddenkustlijn. Annemargreet: 'In Noord-Holland verzilt de bodem, dat is schadelijk voor de bollenteelt. Hoe

houdbaar is die teelt in de toekomst? Moet er meer of minder water komen in dat gebied, hoe zit het met het achterland, wat als er zich extreme overstromingen voordoen? Welke andere verdienmodellen zijn er voor dat gebied? We gaan om de tafel met ambtenaren en bestuurders uit gemeentes en provincie, met de drinkwatervoorzieningsbedrijven, met natuurorganisaties. We starten het gesprek met ontwerpateliers.'

### Bewustwording

Aan die tafels vindt een complexe afweging van belangen plaats voor economie, natuur, bedrijven, boeren en bewoners. Deltares en WUR brengen hun kennis in. 'Wij denken vanuit 'blauw', Wageningen vanuit 'groen'. Wageningen weet alles van het natuurlijk basissysteem en de inrichting van de bestaande landschappen. En zij maken nieuwe kaarten op basis van onze inbreng over klimaatverandering en de maakbaarheid van duurzame waterrijke en waterveilige landschappen. Een kruisbestuiving waarbij met veel verschillende brillen ver vooruit wordt gekeken. Met noodzakelijke en verstrekkende gevolgen voor de ontwikkeling van het landschap van de toekomst. Neem de woonopgave die in veel gebieden speelt. Kunnen we nog wel zoals we al jaren gewend zijn blijven bouwen in polders die ver onder NAP liggen? Annemargreet zegt daarover: 'In Nederland is alles goed geregeld, negentig procent van de mensen denkt dat dijken verhogen genoeg is om tegen het water bestand te zijn. Maar de weersomstandigheden worden extremer en we worden steeds kwetsbaarder als we in diepe polders bouwen zonder aanpassingen. Vooral als die polders last hebben van bodemdaling. Die bewustwording moet groeien.' ■

**Wie:** Deltares en WUR samen met partners in de testgebieden (gemeenten, provincie, waterschappen, drinkwaterbedrijven en natuurorganisaties), en ook partners uit het bedrijfsleven.

**Looptijd:** vanaf april 2022.

**Budget:** 1,7 miljoen euro.

## NLR

## Testcentrum voor autonoom vervoer

**G**aan we in de toekomst voor stedelijke omgevingen met de lucht taxi van A naar B? Veel partijen zien het als een uitbreiding op de huidige manier van reizen. Om snel transport en speciale vervoer mogelijk te maken, biedt het luchtruim een alternatief. Maar dat moet uiteraard goed en veilig functioneren.

Samen met diverse partners ontwikkelen NLR, RDW en DNW in Marknesse het Mobiliteit en Infrastructuur Testcentrum (MITC) op het gebied van slimme mobiliteit. De samenwerking brengt een breed scala aan testfaciliteiten bij elkaar voor onderzoek naar autonome en duurzame vervoersmodaliteiten.

Voorbeelden van nieuwe mobiliteitsvormen zijn zelfsturende auto's, drones en zelfs vliegende taxi's. NLR heeft een Drone Centre, waar al testvluchten plaatsvinden met drones. Daarnaast krijgen organisaties en bedrijven onder meer een gesimuleerde infrastructuur in een stedelijke omgeving tot hun beschikking (DigiCity), zodat ze het gedrag van de autonome voertuigen in verschillende situaties kunnen testen. Want hoe gedragen die zich zodra ze zich tussen gebouwen door bewegen?

Zodra het bestemmingsplan voor het testcentrum is goedgekeurd, zal de aanbesteding en daadwerkelijke uitvoering plaatsvinden. De verwachting is dat in het eerste kwartaal van 2025 de nieuwe testbaan van RDW operationeel is.

[mitc-flevoland.nl](http://mitc-flevoland.nl)



## Onderzoek naar impact van propellers op oevers

Schepen zullen in de toekomst groter worden met nog krachtigere motoren dan vandaag. De propellers en boegschroeven van deze schepen genereren in havens sterke stromingen die kunnen leiden tot meer schade aan kademuurs, bodems of oevers als deze onbeschermd worden gelaten.

Deltares heeft in samenwerking met de havens van Rotterdam en Antwerpen, North Sea Port, bouwbedrijf Holcim, Rijkswaterstaat, MARIN en meerdere

marktpartijen schaalmodelproeven uitgevoerd om de invloed van boeg- en scheepsschroeven op de bodembescherming nabij kademuurs te onderzoeken. Deltares heeft een fysiek schaalmodel gebouwd in een van hun bassins en gebruikt geavanceerde meettechnieken (Particle Image Velocimetry - PIV) om de door propellers veroorzaakte straalstroom te visualiseren en te karakteriseren. De schaalmodelproeven zijn gebaseerd op veldmetingen uitgevoerd

in de haven van Gent in 2020. Ook MARIN assisteert bij dit project en ontwikkelt de numerieke simulaties.

De resultaten van dit onderzoek kunnen grote kostenbesparingen opleveren, omdat het ontwerp en de omvang van toekomstige bodembeschermingen bij kades en oevers beter bepaald kunnen worden.

## TNO

## Minder ziekenhuisopnames en betere prehospitalische zorg dankzij 5G realtime video

Het gebruik van realtime video en vitale data verbetert de beoordeling van medische noodsituaties aanzienlijk in vergelijking met de huidige communicatie met alleen audio. Dit

blijkt uit een onlangs afgeronde test uitgevoerd door TNO, telemedicijn-bedrijf RedZinc en Ambulance Zorg Groningen. Hierin is onderzocht in hoeverre een patiënt op afstand

beter kan worden beoordeeld met behulp van audio-video verbinding en/of monitoring van vitale functies op basis van 5G.

### Op afstand meekijken

In een deel van de gevallen brengt de ambulance de patiënt naar het ziekenhuis terwijl behandeling ter plekke voldoende is. Wanneer de

ambulanceverpleegkundige gebruik maakt van draagbare apparatuur met een verbinding die realtime video, vitale parameters of een echografie van de patiënt deelt, kan de medisch manager ambulancezorg van het ziekenhuis op afstand meekijken en voor een snellere diagnose en besluitvorming zorgen.

TNO

## Geologische Dienst Nederland legt schat aan informatie bloot



Nederland staat voor grote opgaven als klimaatadaptatie, de energietransitie en grootschalige woningbouw. De ondergrond speelt bij de oplossing van deze vraagstukken een cruciale rol.

De Geologische Dienst Nederland (GDN), onderdeel van TNO, doet al ruim honderd jaar onderzoek naar de ondergrond in ons land. Met de nieuwe website, de Basisregistratie

Ondergrond en 3D-modellen van de ondergrond maakt de GDN de ondergrond een stuk beter zichtbaar. Via de site zijn 3D-modellen te bekijken; kopieën van de ondergrond. Hiermee kunnen plan- en beleidsmakers beter begrijpen wat bovengronds wel en niet mogelijk is. Denk daarbij aan grote infraprojecten of de aanleg van windmolenparken. Ook speelt de ondergrond een rol voor de drink-

watervoorraad en energie, zoals aardwarmte. Daarbij werkt de GDN nauw samen met andere kennisinstellingen. Een daarvan is Deltares, die door middel van innovatieve (veld en lab) metingen, modellen, data science en systeemkennis inzicht geeft in de ondergrond en het grondwatersysteem voor studies, strategieën en besluitvorming. [geologischdienst.nl](http://geologischdienst.nl)

Deltares, MARIN en WUR

## Digitalisering van de Noordzee

Nederland digitaliseert in hoog tempo, maar op de Noordzee staan de data-inwinning, -weergave en -modellering nog in de kinderschoenen. Terwijl er reële uitdagingen liggen op de Noordzee: de scheepvaart neemt toe en er komen meer windmolens, naast allerlei bestaande activiteiten als de visserij,

militaire oefeningen, zand-, gas- en oliewinning. 'Iedereen wil wat op de Noordzee. De kustwacht heeft de taak om de veiligheid van de Noordzee te garanderen en zij worden door de drukte met nieuwe taken geconfronteerd', zegt onderzoeker Yvonne Koldenhof van MARIN. De bewaking van het ecosysteem Noordzee (en

Waddenzee) is een kerntaak van de overheid.

### Complex systeem

De activiteiten op de Noordzee zullen de komende jaren flink toenemen. De kern van het probleem zit vooral op het versterken van een goede onderlinge communicatie om de veiligheid, maar ook de eco-

nomische en ecologische belangen goed te kunnen dienen. Deltares, MARIN, WUR onderzoeken dit en verzamelen data hoe dit op de Noordzee vorm kan krijgen met nieuwe inzichten in ecosystemen, technologische mogelijkheden en welke risico's daarbij kunnen optreden. 'De Noordzee is een complex systeem. Er zijn economische, militaire en ecologische belangen.

Als je dit systeem goed wilt managen heb je niet alleen goede data nodig en modellen, je moet die ook goed inzetten en combineren over de grenzen van de primaire belangen heen.' Ruimtelijke indeling, ecologische belastbaarheid en beperking van risico's zijn essentieel en hangen nauw samen in een internationale complexe juridische context.



TNO

## Schone fabriek van de toekomst

Door tekorten aan olie en gas stijgen niet alleen de prijzen van gas en benzine, maar ook van kunststof, medicijnen en cosmetica. Om ons minder afhankelijk te maken van fossiele bronnen en klimaatverandering tegen te gaan, moet de chemische industrie radicaal veranderen.

### Fundament

De afgelopen jaren hebben TNO en TU Delft in hun programma's VoltaChem en e-Refinery het fundament gelegd voor schonere productieprocessen voor de chemische industrie. Binnen het nieuwe samenwerkingsverband e-Chem zetten ze de volgende stap: het daadwerkelijk bouwen van een schone fabriek van de toekomst. Samen met andere kennisinstellingen en de industrie gaat e-Chem grootschalige installaties bouwen die op industriële schaal CO<sub>2</sub> uit de lucht halen en omzetten - met duurzaam opgewekte elektriciteit - in grondstoffen voor de productie van onder meer plastics en brandstoffen.

De elektrificatie van de chemische industrie is noodzakelijk wil deze industrie in 2050 klimaatneutraal zijn. Bovendien biedt elektrificatie grote kansen voor Nederland om zich te ontwikkelen tot dé leverancier van high-end systemen voor de energietransitie.

WUR

## 'Digital twin' voor waterbeheer

Wageningen University & Research werkt samen met andere partijen aan een digital twin in waterbeheer. Een digital twin is de combinatie en interactie van een fysiek systeem (zoals een fabriek) en een virtuele representatie van dit systeem, vaak een computermodel. Datastromen voeden de digital twin vanuit het fysieke systeem, zodat een virtuele representatie van het systeem ontstaat. Deze digitale kopie kan op haar beurt weer communiceren met het fysieke systeem, om zo controle uit te oefenen en het systeem naar een gewenste toestand te sturen. Ook kan een digital twin virtueel verschillende scenario's analyseren.

### Oplossingen

Een digital twin voor waterbeheer zorgt voor een verdere integratie en gebruik van data, modellen, workflows en de implementatie daarvan in de complexe operationele structuren van de waterschappen. Een digital twin kan bijdragen aan moderne waterbeheeroplossingen voor drie verschillende onderwerpen: waterzuiveringsinstallaties, waterkwaliteit en droogte. De impact is groot voor een breed consortium van partners: betere beheersing van de watersystemen en makkelijker scenario's toetsen bij een toenemende variëteit aan klimatologische uitdagingen.



TNO

## Onderzoek naar klimaatverandering met satellieten

Nederland heeft een wereldwijd vooraanstaande positie in het internationale ruimteonderzoek naar klimaat en luchtkwaliteit. Daarbij gaat het om zowel wetenschappelijk onderzoek als technologieontwikkeling. Het Nederlandse ruimte-instrument TROPOMI brengt dagelijks de hele wereld in kaart voor onderzoek naar luchtverontreiniging (stikstofdioxide en ook andere stoffen zoals zwaveloxiden) en de uitstoot van broeikasgassen (methaan). TNO leverde een belangrijke bijdrage aan het ontwerp en realisatie van het optische hart van dit instrument. Om deze toonaangevende rol te blijven spelen wil Nederland het wetenschappelijke onderzoek en de technologische innovatie op het gebied van aardobservatie verder versterken.

### Clear Air consortium

Daarvoor is structurele samenwerking nodig: in het Clear Air consortium gaan KNMI, TNO, SRON en de TU Delft samen optrekken bij onderzoek en technologieontwikkeling op het gebied van aardobservatie. Met de oprichting van het Clear Air consortium willen de partijen de vooraanstaande kennispositie versterken die Nederland heeft om met satellieten emissies en de samenstelling van de atmosfeer te meten.



WUR

## Groen = goed voor de gezondheid

Contact met de natuur zorgt voor meer geluk en vermindert stress. Het bevordert vitaliteit en stimuleert ontmoetingen tussen mensen. Onderzoekers van Wageningen University & Research werken daarom aan verschillende 'groenprojecten' voor de gezondheid. In Arnhem en Nijmegen bekeken de onderzoekers hoe ze, samen met inwoners, kwetsbare buurten kunnen vergroenen, zodat inwoners meer met groen in contact komen en het actief gebruiken. Denk aan een buurtmoestuin, opgezet door inwoners zelf, waar ze samen de handen uit de mouwen steken en met groenten en kruiden uit eigen tuin

maaltijden bereiden. WUR wil weten wat het effect op de gezondheid en het welzijn van de bewoners is. Groen zorgt er ook voor dat we ons prettig voelen op een warme zomerdag in de stad. Een goede en verspreide hoeveelheid stadsgroen gaat stadshitte te lijf. Wageningen University & Research onderzocht de bijdrage van stadsgroen aan het zogeheten thermisch comfort: hoe (on)aangenaam het samenspel van temperatuur, wind, luchtvochtigheid en straling aanvoelt. Door de klimaatverandering zal de hitte in steden toenemen en zal thermisch comfort steeds belangrijker worden bij de inrichting van de buitenruimte.

TNO

## Tot 50 procent meer rendement op zonnepanelen

Zonnecellen spelen een belangrijke rol in de energietransitie. Er is behoefte aan oplossingen om meer rendement per vierkante meter gebruikte oppervlakte te halen, bijvoorbeeld door het rendement van zonnecellen te verhogen om meer zonnestroom per oppervlak op te wekken.

Onderzoekers van TNO, TU Eindhoven en TU Delft hebben met zogenaamde vier terminal tandemzonnecellen (een stapeling van twee zonnecellen die meer energie uit het zonnespectrum kunnen omzetten dan een enkele zonnecel) de wereldtop behaald. De prestaties zijn afgelopen najaar gehaald door het rendement nog verder op te voeren voor tandemtoepassingen. En het einde is nog niet in zicht. Dankzij de doorbraken zou tot 50 procent meer rendement mogelijk zijn.



*Robert Ostendorf van TNO helpt ontwikkelaars van geneesmiddelen om in het preklinisch onderzoek beter de omstandigheden na te bootsen.*

# Werking van geneesmiddelen beter voorspellen

Nieuwe geneesmiddelen ontwikkelen vraagt tijd, veel tijd. Dat proces moet sneller en effectiever kunnen, stellen onderzoekers van TNO. Een van de oplossingen in dit proces zou 'Organ-on-a-chip-technologie' kunnen zijn, waarbij door gebruik van complexe celmodellen de humane orgaanfunctie wordt nagebootst. ►



## TNO

**?! Probleem:** de ontwikkeling van geneesmiddelen duurt (te) lang en veel geneesmiddelen falen in een late fase van ontwikkeling: de preklinische dier- of celgebaseerde onderzoeken zijn niet goed genoeg en geven onvoldoende inzicht in effecten en bijwerkingen van geneesmiddelen.

**💡 T02-oplossing:** verbeterde preklinische methodieken met 'Organ-on-a-chip (Ooc)-technologie'. Deze technologie maakt gebruik van menselijk weefsel, op stamcellen gebaseerde organoïden en geavanceerde ziekte-inductiemogelijkheden. Hiermee helpt TNO ontwikkelaars van geneesmiddelen om in het preklinisch onderzoek beter en nauwkeuriger de humane omstandigheden na te bootsen.

**📄 Impact:** door de Organ-on-a-chip-technologie is het effect van de interventies in de mens eerder bekend en kunnen resultaten beter en/of sneller naar de mens vertaald worden. Dit helpt bij het stroomlijnen van klinisch onderzoek naar de werkzaamheid van geneesmiddelen. Daarnaast kan het een rol spelen bij gepersonaliseerde geneeskunde en populatie-specifieke interventies door gebruik te maken van patiënt-specifieke (stam)cellen.

**B**elangrijkste reden voor de ontwikkeling zijn de vaak tegenval-lende resultaten in het klinisch onderzoek, aldus TNO-business developer Robert Ostendorf. 'Er is een enorme behoefte aan een snellere en effectievere manier om de werking van geneesmiddelen te testen. Die vinden we in deze methode, Organ-on-a-chip (Ooc), een technologie die we samen met bedrijven ontwikkelen.' De onderzoekers gingen op zoek naar systemen om een stof te testen in menselijke cellen en weefsel, om de werkelijkheid zo dicht mogelijk te benaderen. Hiervoor moest TNO een brug slaan tussen technologie en biologie, expertises die beide nodig zijn voor Organ-on-a-chip technologie. Ostendorf: 'Het liefst wil je geneesmiddelen in ontwikkeling direct in de mens testen. Dat is natuurlijk niet mogelijk, maar met Ooc-technologie kunnen we de werkelijkheid zo goed mogelijk proberen na te bootsen.'

### Mini-orgaantjes

De onderzoekers gingen aan de slag met het ontwikkelen van verschillende methodieken om voor de verschillende typen cellen geschikte kweekcondities te krijgen en zo mini-orgaantjes te vormen. Ostendorf: 'In dat onderzoek wil je naar bepaalde functies kijken, bijvoorbeeld naar de cel die verantwoordelijk is voor het aanmaken van een bepaald eiwit. Wat gebeurt daar, en wat doet het in combinatie met andere cellen? De kweekcondities moeten dit mogelijk maken. Ook bij de uitleeswaarden werken we aan verschillende methodieken om tot nog betere inzichten te komen, onder andere door verschillende elektronische sensoren en optische instrumenten te combineren in en met Ooc-technologie.'

### Beter voorspelbaar

De grootste winst van het Organ-on-a-chip-systeem is dat je onder andere door gebruik te maken van humaan materiaal betere voorspellingen kunt doen over wat een mogelijk geneesmiddel in de mens doet en de tijd die ermee kan worden bespaard. Ostendorf: 'Een studie met dieren is tijdrovend. Je moet ze eerst binnenhalen en ziek maken, voordat je daadwerkelijk met het onderzoek kunt beginnen, waarna de behandeling ook nog eens weken duurt.' Alles bij elkaar duurt zo'n proces heel lang eer er resultaat te zien is. Mini-organen



*Robert Ostendorf: 'Er is een enorme behoefte aan effectievere manier om de werking van geneesmiddelen te testen'*

via Ooc geven veel eerder inzicht in het effect van nieuwe geneesmiddelen. 'Je hebt gemakkelijker toegang tot cel- of weefselmateriaal dat je vrijwel direct in het systeem kunt zetten.'

### Interventies voor leverziekten testen

Afhankelijk van het orgaan dat je wilt onderzoeken, werk je met verschillende modellen. 'Bij TNO richtten we ons eerst op de lever en de

## TNO

darm, daarvan hebben we veel biologische kennis. We ontwikkelden een levermodel om de effectiviteit van geneesmiddelen voor NASH - niet-alcoholische leververvetting - te testen. In ons model kunnen we de lever en de darm ook koppelen via kleine buisjes die het bloedvatstelsel nabootsen. Hiermee kun je bijvoorbeeld interventies voor leverziekten testen die oraal worden toegediend en via de darm de lever bereiken. Zo kun je heel gericht verschillende processen bestuderen die daar een rol in spelen en weet je veel eerder of nieuwe geneesmiddelen kans hebben om de gewenste effecten in de mens te bereiken.'

Daarnaast ontwikkelde TNO een darm on-a-chip, waarin gebruikgemaakt wordt van darmbiopten of de stamcellen daaruit, om de absorptie van geneesmiddelen in de darm te kunnen bestuderen. 'Dit onderzoek breiden we verder uit naar een model waarbij we darmbacteriën aan het systeem toevoegen om de interactie tussen deze bacteriën en de mens verder te kunnen onderzoeken.'

### Streven naar uniformiteit

In de toekomst wil TNO in geneesmiddelenonderzoek steeds meer met deze nieuwe technologie gaan werken. 'Belangrijk', stelt Ostendorf. 'Nu omvat het alle activiteiten om menselijke cellen te kweken en te testen. Dat moet uiteindelijk leiden tot het verminderen van het gebruik van proefdieren bij het ontwikkelen van geneesmiddelen.'

Hij benadrukt het belang van standaardisering: 'Er is steeds meer mogelijk en door technologie kunnen we steeds meer meten. De rol van organen, dat proces wat je in de mens ziet, wil je ook zien in je Organ-on-a-chip-modellen. Door dit stapsgewijs in te voeren, weten we meer en kunnen we meer. Uiteindelijk moet er een platform komen dat alle onderzoeken aan elkaar koppelt.'

Heel veel bedrijven bouwen inmiddels hun eigen systemen voor Organ-on-a-chip, dat is het leuke, stelt Robert Ostendorf. 'Tegelijkertijd moeten we concluderen dat het daardoor lastig is om tot één systeem te komen.' Zo'n eenduidig systeem is wel het streven. De onderzoekende bedrijven kunnen dan op grotere schaal werken en de technologie wordt goedkoper. 'Daarnaast maakt uniformiteit het valideren eenvoudiger, en je kunt gemakkelijker de nieuwe technolo-

gie eraan koppelen.' Om die reden werkt TNO samen met TU Twente en TU Eindhoven aan een universeel Ooc-platform met geïntegreerde vloeistofstroompjes en uitleesttechnologieën.

### GroEIFonds

Een ander voorbeeld van samenwerking is het groEIFondsproject NXTGEN Hightech. In dit consortium van verschillende universiteiten, kennisinstituten en bedrijven wordt de hele keten ontwikkeld en opgeschaald, van materialen tot (stam)cel beschikbaarheid, en van modellen tot hun applicaties. Hierin wordt gewerkt aan de koppeling van lever en darm, en aan een derde orgaan, de nier. Ostendorf: 'TNO heeft daarin de rol van applicator en validator; inbreng van onze kennis over biologie helpt de modellen toepasbaar en betrouwbaar te maken.' ■

**Wie:** TNO, TU Twente, TU Eindhoven, en onderzoeksgroepen van universiteiten, (farmaceutische en tech-) bedrijven, stichtingen en kennisinstellingen.

**Vervolg:**  
- verdere verfijning van lopende modellen;  
- platform dat alle onder-

zoeken koppelt;  
- groEIFonds: consortium van universiteiten, kennisinstituten en bedrijven, waarin de hele keten wordt ontwikkeld en opgeschaald, en waarin partijen werken aan de koppeling van lever en darm, en aan een derde orgaan, de nier.

# Vangrails op zee

Door de toename van scheepvaart op de Noordzee en de bouw van windturbines neemt de kans op aanvaringen toe. MARIN heeft samen met experts uit de offshore sector drie veiligheidssystemen ontwikkeld om botsingen met windturbines te voorkomen. Een daarvan is een drijvende kabel die een op drift geraakt schip opvangt. ►

## MARIN

**?! Probleem:** het aantal windturbines op de Noordzee neemt de komende jaren flink toe om de klimaatdoelstellingen te halen. Tegelijkertijd groeit de scheepvaart, waardoor de kans op aanvaringen met deze windturbines groter wordt. Onderzoek voorspelt dat een tot twee keer per jaar een schip op de Noordzee tegen een windturbine botst.

**💡 TO2-oplossing:** MARIN heeft in samenwerking met experts uit de offshore sector mogelijke oplossingen voor 'vangrails' ontwikkeld om te voorkomen dat op drift geraakte schepen op de Noordzee - zo'n tachtig per jaar - tegen windturbines aanvaren.

**📋 Impact:** nu al zorgen schepen voor flinke schade aan windparken. Met de dit jaar op drift geraakte Julietta D was er vooral materiële schade, maar een botsing van een cruiseschip of olietanker met een turbine kan grote gevolgen hebben voor mens en milieu. Vangrails kunnen de scheepvaartveiligheid vergroten en zo ongelukken en economische en maatschappelijke schade voorkomen.

In 2022 heeft het kabinet besloten om het vermogen aan windenergie op zee verder te verhogen naar 21 gigawatt rond 2030, goed voor zo'n zevenhonderd extra windturbines op de Noordzee. Tegelijkertijd neemt het aantal zeeschepen op de Noordzee toe en is het er nu al druk. Er varen een kwart miljoen schepen per jaar, waarvan er vijftigduizend naar Nederlandse havens gaan. De kans op ongelukken neemt daarmee toe. Uit eerder onderzoek van MARIN bleek al dat er 1,5 tot 2,5 keer per jaar een schip tegen een windturbine aanvaart of -drijft. Dit jaar ging het flink mis toen het op drift geraakte zeeschip Julietta D in een storm op de Noordzee een transformatorplatform en een fundering van een windturbine beschadigde.

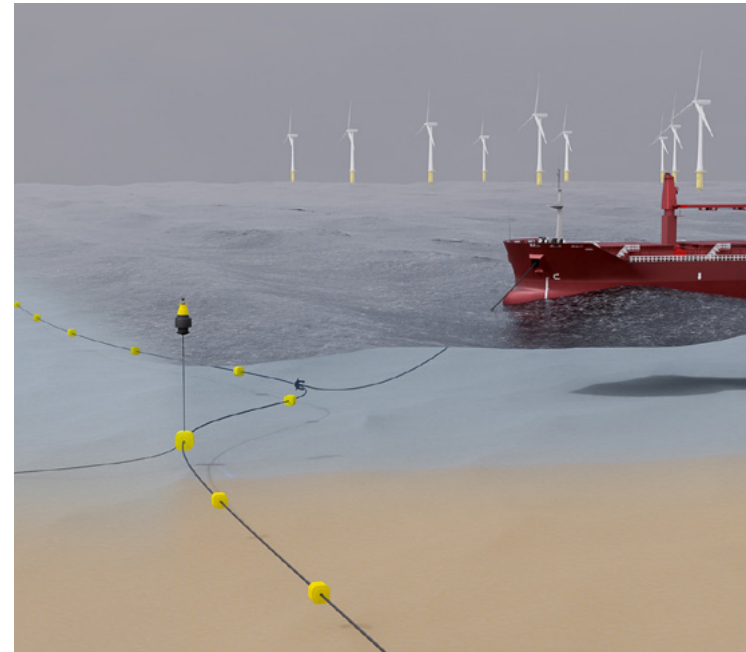
### Julietta D

Het ongeluk met de Julietta D was voor MARIN aanleiding om een dag te organiseren met twintig experts uit de offshore sector om naar oplossingen te kijken. MARIN doet al langer onderzoek naar de veiligheid van schepen op de Noordzee, dat al leidde tot voorstellen voor extra noodsleepvaartuigen en intensiever verkeersmanagement op de Noordzee. 'Bij ons speelde al langere tijd het idee om concepten te ontwikkelen om aanvaringen met zeeschepen bij windparken te voorkomen. Het ongeluk met het schip Julietta D versnelde deze wens voor een bijeenkomst', zegt Yvonne Koldenhof, teamleider Traffic & Safety bij MARIN.

Een maand na de bijeenkomst werden drie systemen in een MARIN's Offshore bassin in Wageningen getest. Het eerste systeem bestaat uit een lijn met boeien, die op de zeebodem is verankerd en als een soort vangrail voorkomt dat een schip tussen de windmolens belandt. De tweede methode is een verankerde haaklijn onder water om het anker van een stuurloos geraakt schip op te vangen. Het derde concept bestaat uit een opgehangen net tussen vaste palen die het driftende schip moet tegenhouden.

### Open innovatieproject

'Alle drie concepten zijn in staat zijn het schip op te vangen', vult William Otto aan, projectmanager Offshore bij MARIN. 'De slepende ankers van de boeienlijn voeren de driftenergie mooi geleidelijk af. Het schip blijft in de lijn dwars op de golven liggen. Bij de onder-

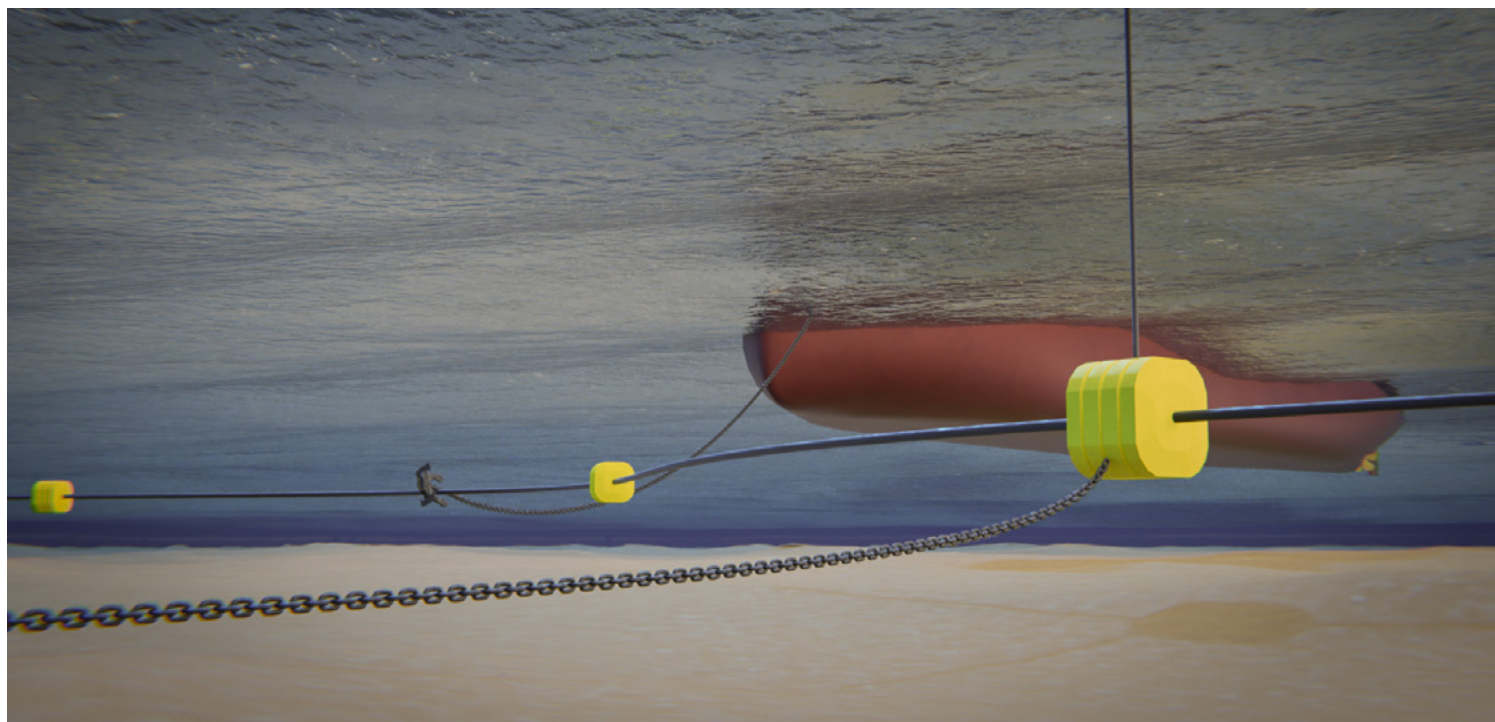


waterhaaklijn draait het schip als vanzelf met de kop in de golven, waardoor het in de eindstand nauwelijks slingert en met relatief lage krachten op zijn plek blijft liggen. Het net hing in eerste instantie te veel door, maar na wat fine-tuning hebben we deze ook werkend gekregen. We gaan de resultaten als open innovatieproject delen en de meest veelbelovende concepten kunnen we daarna verder ontwikkelen.'

### Werkschepen

Want er zijn nog genoeg andere zaken te bestuderen, zegt Koldenhof. 'Het windpark kan bijvoorbeeld niet in z'n geheel door een boeienlijn worden omsloten. Werkschepen die het onderhoud en beheer doen, moeten immers toegang houden tot het windpark. Verder rekenen we uit waar de verkeerstromen liggen, waar de hoogste kans is op aanvaringen. Aan de hand daarvan kun je bepalen om

## MARIN



Bekijk hier  
de video

alleen vangrails te plaatsen waar het risico het hoogst is, bijvoorbeeld waar de vaarroutes dicht bij de windparken komen.

Het eerste onderzoek is afgerond, maar Koldenhof verwacht dat het vervolgonderzoek niet lang op zich laat wachten. “Nu is er nog genoeg ruimte op zee, maar met al die toekomstige windmolenparken in aanbouw wordt het risico op ongelukken groter. Bij de Julietta D was de schade beperkt, het schip heeft slechts één windmolen en een transformatorplatform geraakt en miste er een paar rakelings. Aangezien de molen en het platform nog in aanbouw waren, was de schade nog te overzien. Maar ook een cruiseschip met duizenden passagiers of een olietanker met chemicaliën kan op drift raken, wat kan leiden tot gevaarlijke situaties voor de bemanning en het milieu. Niks doen, kan niet meer, de risico's zijn reëel.” ■

**Wie:** MARIN in samenwerking met Bluewater Energy Services, Mooreast, Vuyk Engineering, Heerema Marine Contractors, Boskalis, GustoMSC, KRVE (Rotterdam Boatmen), Pinkster Marine Hydrodynamics, Huisman Equipment, Orca Offshore en SBM Offshore.

**Looptijd:** 2022.

**Budget:** er is geld vanuit eigen research budget voor dit project.

**Vervolg:** de rapportage is in de zomer van 2022 afgerond. Daar komen nog vervolgssessies op, dit was een eerste stap. De con-

cepten en resultaten van alle tests worden als open innovatieproject gedeeld en de partijen werken de meest veelbelovende verder uit.

# Veilig varen in ondiep water

MARIN doet in samenwerking met Rijkswaterstaat onderzoek naar het vaargedrag en de gevolgen van squat van binnenvaartschepen in ondiep water. Zeker nu schippers door de toenemende droogte vaker te maken krijgen met periodes van laag water op de Nederlandse rivieren, is een beter inzicht van squat bij schepen belangrijk. ►

*Wytze de Boer van MARIN doet onderzoek naar het vaargedrag van squat.*

## MARIN

**?! Probleem:** waar een schip in statische toestand voldoende water onder de kiel heeft, kan het tijdens het varen tientallen centimeters lager komen te liggen. Dat verschijnsel heet 'squat'. De mate van inzinking varieert met de omstandigheden, in extreme condities kan dit tot schade aan de boeg of roer en schroef leiden.

**💡 TQ2-oplossing:** MARIN doet onderzoek naar het vaargedrag van schepen en squat in ondiep water. De uitkomsten maken schippers ervan bewust dat ze snelheid moeten verminderen of meer marge moeten aanhouden in de meest ondiepe gedeeltes op de route. Ook helpen de berekeningen in meer extreme condities de werkelijkheid te voorspellen, zodat vaarbeheerders tot betere richtlijnen komen voor breedtes en dieptes van vaarwegen.

**📊 Impact:** inzicht in vaargedrag van binnenvaartschepen voorkomt dat schippers, rederijen en verladers kostbare tijd verliezen aan oponthoud of reparaties, schade aan vaarwegen en kunstwerken (sluizen, kades) en vermindert verkeershinder op vaarwegen door vastgelopen schepen. Het verbetert de vaarrichtlijnen voor schippers en reders de ontwerprichtlijnen voor vaarwegen en schepen.

**S**quat (vrij vertaald: inzinking van het schip) is het verlies van ruimte onder de kiel van een schip dat vaart vergeleken met wanneer het stilligt. Het is een hydrodynamisch effect waarbij een schip naar beneden zinkt (de 'inzinking'), vooral in smal, ondiep vaarwater. Het ontstaat door de stroming van het water om het varende schip, waardoor de drukverdeling in het water verandert. 'Het water voor de boeg wordt bij een varende schip weggedrukt en verdwijnt naast en onder het schip door. Dit zorgt voor een lagere druk in het water rond en onder het schip, waardoor het schip lager komt te liggen', zegt Wytze de Boer, senior projectmanager Binnenvaart bij MARIN.

### Interactie met schepen

Ook de interactie met passerende schepen heeft impact op de inzinking. MARIN analyseerde een situatie waarbij een beladen binnenschip van 110 meter in het Amsterdam-Rijnkanaal (diepte van 6 meter) een geladen tanker van 135 meter passeerde. 'Tijdens de passage had het 110m schip bijna een halve meter inzinking', vertelt De Boer. Dat verschil kan er net voor zorgen dat schepen de bodem raken of erger - hun roer of kiel beschadigen. De Boer: 'Zeker als er stenen op de bodem liggen. Ga je vervolgens met de achterkant van het schip over die stenen dan kan het roer beschadigen. Ook is een incident bekend van lekstoten bij de boeg. Op zich kan de schade meevallen, maar het kan dagen duren voordat het schip op de werf is hersteld. Vastgelopen schepen kunnen ook het scheepsverkeer hinderen wat tot vertraging leidt. Schippers en rederijen lopen daardoor veel inkomsten mis.'

MARIN onderzocht veel aspecten van squat. Zo neemt de inzinking toe bij een hogere vaarsnelheid of naarmate een schip op een rivier meer uit het midden vaart. Ook de scheepsafmetingen en scheepsvorm hebben invloed op de squat. Bij grotere lengte neemt de squat wat af, bij grotere breedte neemt de squat juist toe.

### Aanscherpen richtlijnen

Vaarwegenbeheerders hebben ook baat bij het onderzoek. 'We kunnen met de uitkomsten steeds beter in meer extreme condities de werkelijkheid op een kanaal of rivier voorspellen, zodat de vaar-



*'Squat kan er voor zorgen dat schepen de bodem raken en vastlopen of erger - hun roer of kiel beschadigen'*

wegbeheerder betere richtlijnen kan maken. In de richtlijnen staan onder andere dieptes en breedtes van vaarwegen en de vaarwegbeheerder moet garanderen dat schippers op basis van die vaardieptes kunnen varen.'

De rapportage van het onderzoek wordt eind 2022 afgerond. De uitkomsten maken schippers ervan bewust in welke situaties ze meer marge moeten aanhouden bij ondiepe vaarweggedeeltes. 'Door ons onderzoek wordt het begrip squat steeds meer bekend bij schippers en weten ze dat ze bij laag water op de ondiepe stukken of meer marge moeten aanhouden of snelheid verminderen', besluit De Boer. ■

**Wie:** MARIN en Rijkswaterstaat in samenwerking Platform Zero Incidents en Vof Shalimar/NPRC.

**Looptijd:** vanaf 2018 tot eind 2022.

**Budget:** zowel MARIN als Rijkswaterstaat besteden jaarlijks 150.000 euro aan het project.

**Vervolg:** de invulling van een Vervolgonderzoek.

wordt eind 2022 bepaald. Denk aan de invloed van stroomop en stroomaf varen en de laagwatercondities op de IJssel.



**Bekijk hier de video: De simulatie van een inhaalmanoeuvre van twee geladen 110m binnenschepen.**

Marta Tojal Castro  
van NLR.

# Veilig vliegende drones in drukke steden

Drones kunnen helpen om snel en veilig je weg te vinden in een drukke stad. Een geautomatiseerde luchtverkeersleiding moet ervoor zorgen dat voertuigen veilig het stedelijk luchtruim gebruiken. Projectleider Marta Tojal Castro van Het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) coördineert demonstraties met onbemande drones, waarbij diverse scenario's worden getest. ►



## NLR

**Probleem:** in drukke steden met volle wegen biedt het voordelen om drones in te zetten om patiënten te vervoeren of bij calamiteiten verkenningsvluchten te maken. Maar de drukte boven ons hoofd neemt daarmee ook toe. Hoe zorgen we ervoor dat al die voertuigen het luchtruim op een veilige manier delen en effectief met elkaar communiceren?

**TO2-oplossing:** het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) organiseert als leider van het Europese project AMU-LED enkele grootschalige demonstraties met bemande en onbemande drones. NLR test diverse scenario's voor efficiënte communicatie via een deels en volledig geautomatiseerde luchtverkeersleiding.

**Impact:** de demonstraties leveren waardevolle informatie op om de protocollen en systemen voor de luchtverkeersleiding te verbeteren. Ze zijn bovendien een testcase voor de maatschappelijke acceptatie van (on)bemande drones. Wanneer de techniek en de geesten er rijp voor zijn, worden steden in de toekomst veiliger, duurzamer en slimmer.

Voor veel mensen lijkt het nog sciencefiction, maar het is bijna realiteit. Misschien al over vijf jaar vliegen er in steden boven onze hoofden drones rond die personen vervoeren of bij calamiteiten assisteren. Binnen vijf tot tien jaar moet het mogelijk zijn, denkt Marta Tojal Castro, onderzoeker en consultant bij NLR. Tojal Castro leidt het Europese project Air Mobility Urban – Large Experimental Demonstrations (AMU-LED). Dit jaar organiseerde het consortium onder andere in Amsterdam, Enschede en Rotterdam grootschalige demonstraties met bemande en onbemande drones. Daarbij testten ze diverse scenario's voor de geautomatiseerde luchtverkeersleiding voor drones, U-space genaamd.

### Voordelen

Onze steden worden drukker en voller. Het inzetten van drones, bijvoorbeeld door hulpdiensten, biedt dan veel voordelen volgens Tojal Castro. 'Een onbemande drone kan boven een brandend gebouw hangen en de bron van het vuur in kaart brengen of detecteren waar zich nog personen bevinden. Met die kennis kun je de brandweerlieden op een veilige manier direct naar de juiste plek sturen.' Drones komen op moeilijk bereikbare plekken, bijvoorbeeld ongelukken of overstromingen. Ze kunnen ook bemanning efficiënt naar hun schip vervoeren. Bijkomend voordeel: ze vliegen elektrisch, dus ze creëren geen uitstoot. 'Het is veiliger, sneller en economisch rendabel', aldus Tojal Castro.

## 'Drones kunnen boven een brandend gebouw hangen en de bron van het vuur in kaart brengen'

### Veiligheid

Om dat toekomstbeeld te realiseren, is het belangrijk dat vliegen met drones veilig kan. Dat ging Tojal Castro en haar team uitgebreid testen tijdens de demonstraties. Er zijn immers straks veel meer verkeersdeelnemers in het luchtruim die op verschillende manieren communiceren. Zo zijn er scenario's waarbij de ene drone in de ruimte van de ander terecht komt. Hoe lost de luchtver-

keersleiding dat op? 'U-space zal volledig geautomatiseerd een 'alert' geven en instructies om te blijven hangen, te stijgen of te dalen.'

### Maatschappij

Tojal Castro beseft dat er in de samenleving weerstand kan zijn tegen het vliegen met onbemande taxidrones. 'Mensen kunnen er een beetje bang voor zijn', zegt ze. Daarom doet ze met haar team tijdens de demonstratie in Amsterdam onderzoek naar de maatschappelijke impact van U-space. Een focusgroep beantwoordt vooraf en naderhand een reeks vragen om te beoordelen of ze anders zijn gaan denken over de inzet van drones.

In Enschede gaat het vooral over de sociale impact: 'Daar willen we laten zien wat U-space kan doen voor de stad van de toekomst, met name voor de hulpdiensten.' In Rotterdam ligt de nadruk op economische levensvatbaarheid. Zo wil het Havenbedrijf Rotterdam graag het transport van scheepsbemanning met een onbemande drone testen. 'Dit wordt een demonstratie van de stad van de toekomst.'

### Toekomst

Zien we in de toekomst duizenden drones zweven als we omhoogkijken? Daar is Tojal Castro stellig in: 'Nee, dat accepteert het publiek niet. Bovendien vliegen ze op grotere hoogtes. Je ziet en hoort ze alleen als ze erg dichtbij zijn. Geen duizenden drones dus, maar wel dagelijkse realiteit als je omhoogkijkt, over een jaar of tien.' ■

**Wie:** Airbus, AirHub, Altitude Angel, ANRA Technologies, Boeing Research & Technology-Europe, FADA-CATEC, Cranfield University, EHang, ENAIRE, NTT Data, Gemeente Amsterdam, INECO, ITG,

Jeppesen, NLR, Space53 en Tecnalia.

**Looptijd:** 2020-2023.

**Budget:** 4 miljoen euro via programma Horizon2020 van Europese Commissie

**Vervolg:** op langere termijn onderzoek en testen van een door alle voertuigen gedeeld luchtruim met geautomatiseerde luchtverkeersleiding.

# Sneller zekerheid over veiligheid in Gronings aardbevingsgebied

Als gevolg van de gaswinning wordt Groningen al jaren opgeschrikt door aardbevingen. Dit leidt tot vragen over de veiligheid van de inwoners. De Nationaal Coördinator Groningen (NCG) beoordeelt de gebouwen op veiligheid. De typologieaanpak zorgt voor een sneller proces van beoordeling, een oplossing ontwikkeld door een team van onderzoekers van TNO en TU Delft. Daarmee is er sneller zekerheid over de veiligheid van deze huizen. ►

*Chris Geurts van TNO ontwikkelde een aanpak om gebouwen in Groningen binnen drie maanden te beoordelen.*

## TNO

**?! Probleem:** de gaswinning in Groningen heeft geleid tot zorgen over de veiligheid van de inwoners van Groningen. De Nationaal Coördinator Groningen (NCG) toetst de gebouwen in Groningen op veiligheid, maar de bestaande individuele doorrekening per woning van zes tot negen maanden duurt te lang om snel de veiligheid voor alle Groningers te garanderen.

**💡 T02-oplossing:** TNO en TU Delft ontwikkelden de typologieaanpak die ingezet kan worden om gebouwen in minder dan drie maanden te kunnen beoordelen.

**📅 Impact:** de nieuwe aanpak levert een tijdsbesparing voor de beoordeling op van vijftig tot zeventig procent en geeft bewoners sneller zekerheid over de veiligheid van hun huizen. Daarmee is sneller duidelijk of versterkingsmaatregelen nodig zijn.

De aardbeving op 16 augustus 2012 in Huizinge vormde een kantelpunt in de discussie over de risico's van gaswinning. Vanaf dat moment ontstonden zorgen over de veiligheid. De vraag die beantwoord moest worden was 'wanneer is een gebouw veilig en hoe maak je dat meetbaar?' Aan het woord is Chris Geurts, als specialist in bouwdynamica en principal consultant bij TNO betrokken bij de ontwikkeling en de uitrol van deze aanpak. Dat gebeurt traditioneel aan de hand van geavanceerde rekenmodellen waarbij elk gebouw individueel moet worden gemodelleerd en doorge-rekend. Een jarenlange opgave, gezien het aantal van 27000 adressen die behoren tot de werkvoorraad van NCG.

Dat moest sneller kunnen, vonden Chris en zijn collega's bij TNO en zo ontstond al in 2017 het idee voor de zogenoemde typologie-aanpak: de doorrekening van de invloed van seismische krachten op huizen met een vergelijkbare constructieve eigenschappen. De toetsing van huizen met de typologieaanpak leidt tot een snellere doorlooptijd voor de beoordeling. In plaats van na negen maanden kan de beoordeling van de Groningse gebouwen nu al binnen drie maanden plaatsvinden. Zo hebben bewoners sneller zekerheid over de veiligheid en/of versterkingsmaatregelen van hun woning.

### Mandjes en vlekkenkaarten

De aanpak achter de typologieaanpak startte met het verzamelen van alle berekeningen die er al waren. Geurts: 'Samen met TU Delft brachten we allereerst de werkvoorraad van zo'n 27.000 huizen in kaart en stopten de huizen vervolgens in 'mandjes'. Het indelen gebeurde aan de hand van zeven gebouw- en constructiekenmerken, zoals type en materiaal van de draagconstructie, maar ook het aantal woonlagen en de hoeveelheid openingen als ramen en deuren. Daar kwamen uiteindelijk dertig typologieën uit voort. 'Dan ben je er nog niet', weet Geurts. 'Voor die typologieën moet de kwetsbaarheid worden



### Chris Geurts: 'Groningse bewoners hebben sneller zekerheid over de veiligheid van hun woning'

vastgesteld? Een kwestie van hoe de constructie van een huis op bevingintensiteit reageert. Daarnaast is voor de beoordeling relevant waar het huis staat. TNO en TU Delft ontwikkelden vlekkenkaarten die per typologie weergeven waar deze typologieën in Groningen niet voldoet aan de veiligheidseisen, en waar deze wel voldoende veilig zijn. Deze kaarten zijn gebaseerd op de te verwachten nieuwe aardbevingen en

de sterkte-eigenschappen binnen de beschouwde typologie.

### Maatschappelijke impact

Inmiddels werkt de NCG met de typologieaanpak en vlekkenkaarten. Op dit moment is zo'n zestig procent van de 27.000 gebouwen al beoordeeld. Medio 2023 moet de gehele voorraad zijn beoordeeld. Daarna volgt voor die gebouwen die nog niet voldoen aan de veiligheidsnorm nog een vervolg waarbij versterkingsmaatregelen worden ontworpen en toegepast.

Geurts en zijn team is het niet alleen om de tijdwinst te doen. Door de aanpak en door het beste advies te geven hopen ze vooral onzekerheid weg te nemen bij bestuurders én bewoners. 'Het is een met emoties beladen opdracht met maatschappelijke impact. Wat we zeker niet willen is meer onzekerheid creëren. Dat is best lastig, want ook al ben je niet verantwoordelijk, het voelt soms wel zo.' ■

**Wie:** TNO, TU Delft en NCG.

**Looptijd:** van 2019 - 2023.

**Budget:** ongeveer 3 miljoen euro.

**Vervolg:** ontwikkelen versterkingsmaatregelen die snel kunnen worden toegepast.

# Cybercrime bestrijden met universele cybertaal

Om cybercrime te bestrijden, is internationale samenwerking door opsporingsdiensten belangrijk. Het NFI was één van de initiatiefnemers voor een 'taal' om dit mogelijk te maken. TNO is een van de partijen die deze CASE-taal verder ontwikkelt om gegevensuitwisseling tussen internationale opsporingsystemen te vergemakkelijken. ►



## TNO



**Probleem:** digitale misdaad laat zich niet beperken door landsgrenzen. Bij het opsporen van deze cybercrime moeten internationale politiediensten nauw samenwerken. De uitwisseling van digitale informatie is lastig omdat veel internationale systemen niet 'dezelfde taal' spreken.



**T02-oplossing:** het NFI gebruikt voor het vastleggen en analyseren van sporen zijn dataplatform Hansken. Het probleem was dat dit systeem nog geen 'CASE' sprak, een gemeenschappelijke cybertaal om gegevens op internationaal niveau met elkaar uit te wisselen. TNO ontwikkelde een module waardoor Hansken in de CASE-taal gegevens kan uitwisselen met andere opsporingssystemen.



**Impact:** door de verdere ontwikkeling van CASE kunnen rechercheurs uit verschillende landen sneller betrouwbare gegevens uitwisselen om internationale cybercrime aan te pakken.

Het slachtoffer is Nederlands, de crimineel Spaans, de software is in Tsjechië gemaakt en draait op een Poolse server. Cybercrime kent geen grenzen. Om deze vorm van criminaliteit te bestrijden, is internationale samenwerking door opsporingsdiensten belangrijk. Maar in de praktijk is dat lastig. 'Cybercrime bestond vijf jaar geleden nog nauwelijks', zegt Freek Bomhof, business consultant Data Science for Safety & Security bij TNO. 'Het is een nieuwe vorm van misdaad, verandert continu en dat maakt samenwerken complex. Als Nederlandse rechercheurs met andere landen een zaak onderzoeken, is er vaak een taalbarrière. Je grijpt naar het Engels, maar niemand spreekt het perfect. En in de context van het ene land is de definitie van een wallet of hidden server net iets anders dan in het andere land, waardoor spraakverwarring kan ontstaan.'

### Serie afspraken

Het kan maanden duren voordat een ander land een rechtshulpverzoek honoreert. Om die internationale samenwerking te vergemakkelijken, ontwikkelde het NFI samen met andere partners een internationale taal: Cyberinvestigation Analysis Standard Expression (CASE). Bomhof: 'Het is een computertaal met een serie afspraken van woorden en definities die onderling zijn gemaakt. Zo van: als wij deze term gebruiken, dan is dat de exacte definitie. Dat is belangrijk, want als je een zaak voor de rechter brengt, moet het voor iedereen glashelder zijn hoe het bewijs tot stand is gekomen.'

### Hansken

Het NFI gebruikt voor het vastleggen en analyseren van sporen het dataplatform Hansken. Het probleem was dat dit systeem nog geen CASE sprak. TNO heeft in 2021 een module gemaakt die het mogelijk maakt dat Hansken in de CASE-taal gegevens kan uitwisselen met andere internationale opsporingssystemen. 'We hebben een

koppeling gemaakt binnen Hansken met CASE, zodat Hansken gegevens met andere informatiesystemen kan uitwisselen.'

### CASE community

TNO heeft ook een bijdrage geleverd aan uitbreiding van de woorden en termen van CASE. 'We hebben een lijst van begrippen en definities ontwikkeld, in samenwerking met INTERPOL, voor cryptomunten en ondergrondse marktplaatsen', vertelt Bomhof. TNO blijft actief in de CASE-community en roept andere organisaties op die veel met cybercrime-data werken om zich bij de community aan te sluiten. 'Het leuke was dat we met dit Hansken-project de Impact Award hebben gewonnen tijdens het jaarevent van onze business unit. In korte tijd en met weinig budget konden we dit voor elkaar krijgen en dat maakte bij iedereen indruk.' ■

**Wie:** TNO in samenwerking met NFI, INTERPOL en andere partijen.

**Doorlooptijd:** het maken van de CASE-koppeling in Hansken duurde zes maanden.

**Budget:** 50.000 euro.

**Vervolg:** TNO werkt aan het CASE-proof maken van tools die fraude en witwassen kunnen detecteren in het 'DEFRAUDify' project.

*'Cybercrime is een nieuwe vorm van misdaad, verandert continu en dat maakt samenwerken complex'*

# Met simulaties beter voorbereid op vredesmissies



Van kleine diplomatieke missies tot grote mobilisaties van militaire eenheden; Nederland nam in de afgelopen decennia deel aan tientallen vredesmissies. TNO ontwikkelt simulaties met nieuwe technologie om militairen goed voor te bereiden op de extreme omstandigheden waarmee ze te maken krijgen. ►

## TNO



**Probleem:** vredesmissies zijn uitdagend en kunnen tot stressvolle en gevaarlijke situaties leiden, omdat de militairen onder extreme omstandigheden hun taken moeten verrichten. Hoe zorgen we voor een goede voorbereiding?



**T02-oplossing:** TNO ontwikkelt simulaties met de nieuwste technologie om militairen goed voor te bereiden op (gevaarlijke) situaties waar ze mee te maken krijgen. Denk aan levensechte trainingen in een virtual reality omgeving of in klimaatkamers waarin mensen aan extreme temperaturen kunnen wennen.



**Impact:** militairen zijn beter voorbereid op hun missie en kunnen de risico's beperken in gevaarlijke situaties. In steeds meer opleidingen bij Defensie neemt het gebruik van simulatoren toe, omdat het tijd en geld bespaart en veiliger is.

De inzet van simulaties bij de voorbereiding op vredesmissies gebeurt al jaren: in Afghanistan, Mali en recenter tijdens de “*enhanced Forward Presence*” missie in Litouwen waar Nederlandse eenheden in NATO-verband diverse taken verrichten. Maar simulatietechnologie ontwikkelt zich in hoog tempo. Denk aan levensechte situaties in een virtual reality 3D-omgeving, klimaatkamers waarin mensen aan extreme temperaturen kunnen wennen (dat gebeurde in Mali, Afghanistan, maar ook anti-piracy van de Marine voor de kust van Afrika), maar ook ingenieuze technologische oplossingen om gevechtsvliegers, UAV (Drone) operators of marinepersoneel te ondersteunen.

### Virtueel model

Simulaties helpen om deelnemers van een missie beter voor te bereiden. ‘Door simulaties te gebruiken kun je veel meer praktijksituaties oefenen en ook (veilig) fouten maken, zodat die minder snel in de werkelijkheid zullen gebeuren’, zegt Wim Huiskamp, Chief Scientist Modelling & Simulation and Gaming bij TNO. Deelnemers van een missie oefenen in een virtuele omgeving de procedures, de werking van apparatuur en de samenwerking met alle partners. ‘Vooral dat laatste is belangrijk’, zegt Huiskamp. ‘Bij vredesmissies werk je nauw samen in coalitieverband met de NATO, andere landen en civiele organisaties, zoals ngo’s en met de plaatselijke bevolkingsgroepen. Om die wereld goed te begrijpen, bouwen we virtuele modellen met alle spelers op het veld, met hun rollen, gedragingen, bewegingen en we brengen de belangrijkste infrastructuur in kaart door satelliet- en luchtfoto’s te verzamelen en daarvan 3D-terreinmodellen te maken. Daarbij gebruikt TNO de nieuwste technieken, zoals artificial intelligence en machine learning. Met deze technologie kun je in kortere tijd missiegebieden in kaart brengen, het gedrag van tegenstanders nauwkeurig analyseren en de verschillende scenario’s doorrekenen van wat de militairen kunnen verwachten. Ook als een missie is afgerond, kun je in een simulatie missies analyseren en leren van de fouten.’

### Opleidingen

Defensie gebruikt de nieuwste technieken om hun eigen simula-

## ‘In steeds meer opleidingen bij Defensie gebruiken de cursisten simulatoren’

toren te perfectioneren. In de opleidingen van Defensie en andere partijen neemt het gebruik van simulatoren toe, weet Huiskamp. ‘In sommige opleidingen zijn cursisten al meer dan de helft van hun tijd bezig met het oefenen met simulatoren. Het bespaart tijd, geld en is veiliger en flexibeler dan live training. In een live oefening kunnen mensen meer gevaar lopen dan in een virtuele omgeving of kan het weer een ingeplande training onmogelijk maken. En vliegen in een F35 of oefenen op zee met fregatten is ontzettend duur. Die live oefeningen blijven belangrijk vanwege het realisme, maar die beperkte tijd en gelegenheden moeten zo effectief mogelijk gebruikt worden.’ TNO onderzoekt daarnaast hoe Nederlandse simulatiesystemen beter integreren met simulatoren van andere landen, zodat ze in een gedeelde virtuele wereld samen kunnen oefenen met hun verschillende nationale systemen. Dit onderzoek wordt in NATO-verband uitgevoerd in het kader van ‘Mission Training through Distributed Simulation (MTDS)’ en resulteert in een permanente virtuele trainingsomgeving. ■



Bekijk de video video

**Wie:** samenwerking in verschillende verbanden. Bijvoorbeeld Aeolus die samenwerkt met de Luchtmacht.

**Looptijd:** doorlopend.

**Budget:** het onderzoeksbudget komt uit de doelfinanciering van het ministerie van Defensie. Er zijn meerdere projecten; een van de lopende onderzoekprogramma's betreft cloud based-simulatie services.

**Vervolg:** TNO onderzoekt de komende tijd hoe Nederlandse simulatiesystemen beter kunnen integreren met simulatoren van andere landen, zodat er meer uitwisseling en samenwerking mogelijk is (“sharing and pooling”).

## 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. ©2021.

**Meer informatie:**  
[www.to2-federatie.nl](http://www.to2-federatie.nl).

**Tekst en redactie:**  
TO2, ministerie EZK en Maters & Hermsen.

**Eindredactie en vormgeving:**  
Maters & Hermsen

**Beeld:**  
Deltares, MARIN, NLR,  
TNO, WUR, TO2,  
Niels Blekemolen en iStock.

**Deltares**



**TNO** innovation  
for life

