



**Leermeester  
Jenny Dankelman**  
‘Technische innovaties  
hebben tijd nodig’

**DELFT** | Nr. 3 | OKT 2019 | JAAR-  
**INTEGRAAL** | GANG 36 |  
TU Delft

**KAUMERA**  
Toevalstreffer wordt  
topmateriaal

**Vliegtuig van  
de toekomst?**  
Flying-V krijgt vorm

THEMA  
**Ondergronds**



## Cover:

Voor een ondergronds project hoeft je op de TU niet lang te zoeken: Onder de hele TU-wijk ligt een warmtekoker om de gebouwen te verwarmen vanuit een centraal punt. Inmiddels liggen er ook andere verbindingen in. Een inspectie van de leidingen is een mooi moment om eens onder de grond te kijken. (Foto: Sam Rentmeester)

Voorwoord  
*Tim van der Hagen*

# Ondergronds

Bewogen we ons in de vorige editie van Delft Integraal in de ruimte, dit keer begeben we ons ondergronds, want ook daar gebeurt heel wat op onderzoeksgebied. Helemaal

CSI gingen studenten applied earth sciences Claire Mulder en Frederikke Hansen toen ze op de forensische begraafplaats in Amsterdam onderzochten of en hoe je een lichaam onder de grond kunt lokaliseren.

Misschien minder tot de verbeelding sprekend, maar niet minder spannend is het onderzoek onder leiding van Ramon Hanssen naar de bodemdaling in Nederland. Een interactieve bodemkaart van Nederland laat namelijk zien dat heel Holland zakt en dat bovendien sneller dan we dachten. Naast bekende oorzaken als de gaswinning lijkt klimaatverandering hier ook een rol te spelen.

Ik sluit me volledig aan bij de visie van Timo Heimovaara, die stelt dat we de ondergrondse capaciteit optimaal voor de maatschappij moeten inzetten.

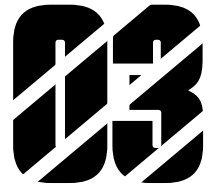
Onze kennis opgedaan tijdens onderzoek naar de olie- en gaswinning kan nu ten goede komen aan milieuvriendelijke toepassingen als geothermie. Zoals altijd vind ik dat we daar als TU Delft dan zelf het goede voorbeeld in moeten geven. Met de voorgenomen aardwarmtebron op de campus lijkt dat te zullen gebeuren. Die moet niet alleen onze gebouwen duurzaam gaan verwarmen, maar wordt vooral ook een geothermische onderzoekspuut. Het idee voor die bron werd overigens al in 2008 geopperd door een groep studenten. Maar zoals ook onze kersverse Leermeester Jenny Dankelman zegt: "Technische innovaties hebben tijd nodig. Daar moet je geduld voor hebben." Intussen is onze campus bovengronds ook volop in ontwikkeling; daar vertel ik u zelf verderop in dit blad graag meer over.

*Prof.dr.ir. Tim van der Hagen,  
Rector Magnificus TU Delft*

Pagina 07  
Ondergronds



FOTO: SAM RENTMEESTER



**KORT DELFTS**  
04

**HORA EST**  
28

**NA DELFT**  
JORIS THIJSSSEN  
29

**THORIUMREACTOR**  
HARD NODIG?  
34

**COLUMN**  
TONIE MUDDÉ  
36

**DE ZAAK**  
FLYING FISH  
37

**VISIE OP STRATEGIE**  
TIM VAN DER HAGEN OVER SAMENWERKING  
38

**ALUMNUS NIENKE MAAS**  
'TROTS KUNNEN ZIJN IS BELANGRIJK'  
40

**ALUMNINIEUWS**  
42

#### COLOFON

Coverfoto Sam Rentmeester  
Redactie Saskia Bongers (hoofdredacteur),  
Dorine van Gorp, Katja Wijnands  
(eindredactie), Tomas van Dijk,  
Sam Rentmeester (beeldredactie),  
Connie van Uffelen, Marijolein van der Veldt,  
Jos Wassink  
Telefoon (015) 278 4848,  
e-mail [delftintegraal@tudelft.nl](mailto:delftintegraal@tudelft.nl)  
Medewerkers aan dit nummer  
Agaath Diemel, Michiel de Haan, Christian  
Jongeneel, Auke Herrema, Tonie Muddé,  
Stephan Timmers, Amanda Verdonk  
Ontwerp Maters en Hermsen  
Vormgeving Saskia de Been, Liesbeth van Dam  
Druk Quantes  
Abonnementsadministratie  
Adres- en andere wijzigingen naar  
[delftintegraal@tudelft.nl](mailto:delftintegraal@tudelft.nl) onder vermelding van  
'Administratie' in onderwerpregel  
Advertentie H&J Uitgevers, (010) 451 5510



22

## Jenny Dankelman

Hoogleraar Jenny Dankelman is onderscheiden met de Leermesterprijs 2019. "Ik leer veel van mijn promovendi."



26

## Toevalstreffer wordt topmateriaal

Delftse onderzoekers ontdekten een nieuwe grondstof die ontstaat tijdens het Nereda-zuiveringsproces van rioolwater. De eerste fabriek gaat het zogenaamde Kaumera nu terugwinnen.



30

## Vliegtuig in V-vorm

Onderzoekers van twee faculteiten werken aan de Flying-V, een staartloos toestel met passagierscabine, vrachtdak en brandstoftanks geïntegreerd in de vleugel.



# KORT DELFTS



## Elektrische bacteriën

Bacteriën in het slib van de Westerschelde kunnen elektriciteit geleiden. Duizenden bacteriën rijgen zich aan een tot een ragfijne draad van enkele centimeters lang. Dat lieten prof.dr.ir. Filip Meysman en prof.dr.ir. Herre van der Zant met hun team

zien in een artikel in Nature Communications (11-09-2019). Dit nooit eerder waargenomen gedrag stelt slibbacteriën, die leven van de oxidatie van sulfiden, in staat hun leefgebied te verruimen.



## Solar Boat wint op zee

Het TU Delft Solar Boat Team heeft afgelopen zomer in Monaco de Offshore Class gewonnen. De studenten ontwikkelden een boot die de zee op kon. De trimaran van 8 bij 6 meter met 28 m<sup>2</sup> aan zonnecellen wist tussen Monaco en Ventimiglia een topsnelheid van 35 kilometer per uur te bereiken. De tweede dag moesten de zonnecellen afgekoppeld worden vanwege brandgevaar en voer het team behoedzaam op accustroom. Eerder brak een draagvleugel.

Illustratie: Solar Boat Team



## Tentoonstelling in Gistfabriek

In het oude directiegebouw van de Koninklijke Gist- en Spiritusfabriek zijn gratis twee tentoonstellingen te bezoeken. Life science & technology-studenten geven uitleg. Het gaat om de historische expositie '150 jaar gist in Delft' en de toekomstgerichte Artis-Micropia tentoonstelling 'Klein leven, grote impact', die bezoekers bekend maakt met microben en hun verdiensten. Beide zijn tot 14 december te zien. Meer informatie op [150jaargist.nl](http://150jaargist.nl).

## Geboorte van sterrenstelsels

Niets minder dan de geboorte van sterrenstelsels hopen Delftse onderzoekers te aanschouwen met het mede door hen ontwikkelde instrument Deshima. Hierin zit een chip die tientallen tinten ver-infraroodlicht meet. Teamleider is astronoom dr. Akira Endo (TNW). Hij en zijn collega's koppelden het instrument aan de Japanse Aste-telescoop in Chili. Ze willen de afstanden en leeftijden van verre sterrenstelsels meten en kijken daarvoor naar het Doppler-effect van licht. Hoe roder het licht, hoe hoger de snelheid en hoe verder het sterrenstelsel. Het licht van de snelste, verste sterrenstelsels is op aarde te zien als ver-infraroodlicht. De techniek werkt, zo bleek na een eerste test.



## Rivieren in keurslijven

Het is triest gesteld met de rivieren op aarde. Een internationaal team wetenschappers nam 12 miljoen kilometer aan rivier van alle continenten onder de loep. Van de 246 langste rivieren stroomt nog maar ongeveer een derde ongehinderd de zee in, schreef het team deze zomer in Nature. De rest is door dammen en sluizen in keurslijven geperst. Een van de auteurs is hydroloog Michael McClain (CiTG). "Vrijelijk stromende rivieren zijn van groot belang voor gezonde visstanden en voor het vervoer van sediment richting delta's", zegt McClain. "Zonder het vervoer van sediment dreigen deltagebieden nog sneller ten prooi te vallen aan de stijgende zeespiegel."



## Vooruitgeschoven observatiepost

Delftse onderzoekers van het *micro aerial vehicle laboratory* (MAV-lab) werken aan een drone die kan opstijgen en landen vanaf een deinend schip op zee. Dit gevaarte met twaalf propellers, vier vleugels en een spanwijdte van ruim twee meter moet dienen als vooruitgeschoven observatiepost van marineschepen. De drone krijgt een brandstofcel met waterstof waarmee het tientallen kilometers kan vliegen, tot ver voorbij het radarobservatiegebied van de marine. Drones zijn natuurlijk niet nieuw, maar ermee opereren op zee is dat wel. Zoutaanslag, corrosie, weer en magnetische velden beïnvloeden de werking van drones. Allemaal uitdagingen in een maritieme setting.





## EWI verbouwt hoogspanningslab

Het kathedraalachtige hoogspanningslab van de faculteit EWI is vanwege verbouwing gesloten. Begin 2021 wordt de heropening verwacht van wat dan het Electrical Sustainable Power (ESP) lab heet. Hier is de hele keten van duurzame elektriciteit ondergebracht, van zonnecellen en laadpalen tot *smartgrids* en transportnet. Het ESP lab is volgens prof.dr. Miro Zeman, hoofd van de afdeling electrical sustainable engineering, het antwoord van de faculteit op de uitdagingen voor de elektriciteitssector in de 21ste eeuw als kolen- en gascentrales plaatsmaken voor duurzame bronnen. Het project werd mogelijk door de deelname van transportnetbeheerder TenneT.



Illustratie: ESP-lab

## Stikstof en woningbouw

De stikstofuitspraak van de Raad van State dreigt desastreus uit te pakken voor de weg- en woningbouw. Welke uitwegen zien Delftse onderzoekers? Woningmarkthoogleraar prof. dr. Peter Boelhouwer wil het landbouwareaal met 20 procent terugbrengen. Microbioloog en materiaalonderzoeker dr. Henk Jonkers (CiTG) wil een integrale aanpak van woningbouw en luchtkwaliteit met meer groen in de wijk. Prof.dr.ir. Rogier Wolfert denkt de overlast van bouw in steden te verminderen door bouwactiviteit beter te combineren.



Foto: Sam Reinmeester



## Twintig jaar Nuna



De eerste Nuna in 1999.

Twee TU-studenten droomden van deelname aan de World Solar Challenge, een drieduizend kilometer lange tocht van Adelaide naar Darwin. Ze bouwden in 1999 de allereerste Nederlandse zonnewagen. Begeleid door Wubbo Ockels racete het studententeam direct naar goud. Ruim twintig jaar later rijdt er opnieuw een Delftse zonnewagen over Australische wegen. Vanaf 13 oktober hoopt dit team met de NunaX, de tiende in de reeks, haar achtste wereldtitel te veroveren.



De NunaX in 2019. (Foto's: Vattenfall Solar Team)

## Recycling van beton

De productie van beton veroorzaakt 5 tot 10 procent van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-uitstoot. Voor recycling-hoogleraar prof.dr. Peter Rem (CiTG) was dat een belangrijke motivatie bij de ontwikkeling van een installatie die beton terugbrengt tot de bestanddelen grind, zand en cement. Hij ontwikkelde samen met bouwbedrijf Strukton een mobiele betonkraker die met een snel draaiende rotor beton tot gruis vermaalt. TU-TV maakte er een video over.





# THEMA

## Ondergronds

Onder de grond is het donker, maar de onderwerpen van dit thema zijn dat niet. Zo ontdekten Delftse onderzoekers dat aardbevingen in kaart kunnen worden gebracht door infrageluid uit de atmosfeer te analyseren. Hun vondst zou levens kunnen redden. Ook zonnig nieuws voor dr. Hadi Hajibeygi, die met zijn voorstel voor ondergrondse gasopslag in geologische formaties een Vidi-onderzoeksbeurs van NWO won. Tekenaar Stephan Timmers maakte een kraakheldere illustratie bij een verhaal over het Delftse Aardwarmte Project, dat de campus en omgeving van warmte moet gaan voorzien. En de studentes op deze foto onderzochten met hun scanner hoe je een lichaam onder de grond kunt lokaliseren. Dit en meer in dit thema 'Ondergronds'.





# Hoe Shell en Delft elkaar vonden

Wat was de TU Delft geweest zonder Koninklijke Olie/Shell? Nederlands grootste onderneming heeft altijd zijn stempel gezet op het technische onderwijs en onderzoek. Misschien wel meer dan welk ander bedrijf ook. Toch moet de band niet overdreven worden.

**N**a de afscheiding van België in 1830 kwam het Koninkrijk der Nederlanden zonder geologische kennis te zitten. Dat was niet zo erg, want de Nederlandse ondergrond bestond uit vette klei met af en toe een zandlaag. Daar had je niets aan. Mijnbouw werd in Delft wel onderwezen in de negentiende eeuw, maar slechts een handvol roekelozen koos hiervoor. Het perspectief was namelijk op zoek gaan naar ertslagen of ander speurwerk in de jungle van Nederlands-Indië. Nogal wat ingenieurs konden dat niet navertellen.

Een van die roekelozen was Adriaan Stoop. Op zoek naar waterbronnen op Oost-Java stuitte hij rond 1880 meermaals op olie. In 1887 richtte Stoop de Dordtsche Petroleummaatschappij op, drie jaar voor Koninklijke Olie. In 1911 gingen de twee samen verder. Wie de film 'There will be blood' gezien heeft, weet dat oliewinning in die pioniersjaren een kwestie was van veel geluk en *rücksichtslos* zaken doen. Dat bleek ook uit de bedrijfs-geschiedenis die Shell in 2007 liet optekenen.

Uit hetzelfde onderzoek bleek echter ook dat het Nederlandse oliebedrijf als een van de eerste inzag dat technologie cruciaal was voor langjarig succes. Delftse ingenieurs speelden een sleutelrol bij dat inzicht en zijn altijd talrijk gebleven in de top van het bedrijf. In zekere zin kun je stellen dat 'Delft' eerder een grote stempel op Shell drukte dan andersom.

## INNIGE BAND

Het omgekeerde, invloed van Shell op onderwijs en onderzoek in Delft, dateert eigenlijk pas van na de Tweede Wereldoorlog. Voor de opbouw van de

industrie werden indertijd zelfs twee extra technische hogescholen opgericht om het bedrijfsleven te voeden met kennis en ingenieurs. Delft hield het monopolie op de mijnbouwstudie en er was maar één grote Nederlandse afnemer van afgestudeerden, zeker toen de mijnen in Limburg uitgeput raakten.

Er hoefden niet eens formele afspraken te zijn om een innige band te doen ontstaan. Als je in Delft mijnbouw en petroleumwinning ging studeren, werd Koninklijke Olie vrijwel zeker je werkgever. Later in je carrière keerde je dan misschien terug naar Delft om nieuwe ingenieurs op te leiden of onderzoek te doen dat net iets fundamenteeler was dan dat bij Shells R&D-laboratoria, een paar kilometer verderop in Rijswijk. Ook Delftenaren in vakgebieden als scheikundige technologie, proces-technologie en technische natuurkunde volgden dit carrièrepad.

*Ging je in Delft mijnbouw studeren, dan werd koninklijke olie vrijwel zeker je werkgever*

Een bekend voorbeeld is Guus Berkhout, die in 1970 promoveerde in de signaalverwerking, vervolgens enkele jaren bij Shell werkte en toen terugkeerde aan de universiteit. Als hoogleraar akoestiek wist hij vervolgens in de jaren tachtig en negentig het nodige geld bij Shell los te peuteren om te onderzoeken of je met geluidsgolven olievelden kon opsprengen. Daarvoor richtte hij ook het





Foto: Wikipedia

De directie van de Dordtse Petroleummaatschappij in 1896. Dit bedrijf van pionier Adriaan Stoop (rechts op de foto) ging in 2011 samen verder met Koninklijke Olie.

Delphi Consortium op, een alliantie van oliebedrijven die zijn onderzoek ondersteunden. Berkhout is inmiddels met pensioen, maar Delphi financiert nog altijd ruim twintig promovendi en postdocs.

### MINDER VANZELFSPREKEND

In de nieuwe eeuw is de band veranderd. Shell heeft tegenwoordig ook onderzoekscentra in Houston en Bangalore. Het rekruteert internationaal. Een studie in Delft leidt niet meer automatisch naar een baan bij een Nederlands bedrijf. Sterker nog, Shell daalt op het lijstje van favoriete bedrijven om voor te werken, vooral vanwege het weinig duurzame imago van het bedrijf. Wanneer de keuze voor elkaar minder vanzelfsprekend is, wordt een verbintenis opmerkelijker. In 2011 verklaarden de TU Delft en Shell elkaar plechtig tot 'preferred partner'. De overeenkomst hield in dat Shell vijf jaar lang vier miljoen euro in de universiteit stak – om precies te zijn in onderzoek op het gebied van geofysica, procestechnologie, stromingsleer en olie-

winning. Dat die formele overeenkomst inmiddels is afgelopen, betekent natuurlijk niet dat de connectie is verbroken. Een voorbeeld: een van de begunstigden indertijd, Hans Geerlings, is nog altijd één dag in de week hoogleraar in Delft en de andere vier dagen onderzoeker bij Shell. Hij houdt zich bezig met www-neutrale brandstoffen, zoals waterstof.

Meer duurzaamheid volgde in het voorjaar van 2019 met een overeenkomst om te werken aan technieken om de uitstoot van de petrochemische industrie terug te dringen. Hoewel er, onder andere via het Delphi Consortium, nog steeds veel olie-onderzoek gedaan wordt, kentert het tij in Delft. In september besloot de universiteit te stoppen met de masteropleiding petroleum engineering.

**De bronnen die werden gebruikt bij de totstandkoming van dit artikel staan op [tudelft.nl/delft-integraal](http://tudelft.nl/delft-integraal)**

# Lichamen lokaliseren

Zoeken naar vuurwapens of menselijke resten tot wel meters diep in de grond. Makkelijker gezegd dan gedaan.

**B**ij het opsporen van wapens kan iedereen zich een voorstelling maken, maar hoe zoek je naar menselijke resten in een stugge kleibodem? Studentes Claire Mulder en Frederikke Hansen (*applied earth sciences*) weten het. Zij onderzochten met behulp van verschillende scan- en meettechnieken of en hoe je een lichaam onder de grond kunt lokaliseren.

## RADARGRAMS

Het onderzoek, onderdeel van hun bachelor eindproject, voerden ze uit op twee totaal verschillende locaties: de TU-campus en de forensische begraafplaats van het Amsterdam Medisch Centrum (AMC). Die brachten ze in kaart met behulp van een apparaat voorzien van *electrical resistivity tomography (ERT)* en een *ground penetrating rader (GPR)*.

De GPR werd ingezet om tweedimensionale beelden te creëren, zogeheten radargrams, die reflecties in de grond tonen. Gebruik van ERT vergde meer inspanning. “Hiervoor moesten honderd stalen pinnen de grond in”, legt Mulder uit. “Aan de hand van een bepaald patroon stuur je vervolgens stroom de grond in en meet je de weerstand van de grond.” In eerste instantie scanden Mulder en Hansen de grond achter de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen. “We zochten twee tonnen die daar in 2018 voor een ander eindproject waren begraven”, legt Hansen uit. “Een actie zo spontaan, dat zelfs de TU daar geen weet van had. De studenten zijn de coördinaten van die tonnen zelfs kwijtgeraakt”, lacht Hansen.

Gelukkig vonden de twee de vaten snel terug en lonkte het echte

werk in Amsterdam. Op de forensische begraafplaats, de enige en eerste in Europa, liggen drie lichamen begraven. Ook is er een leeg graf. Een unieke locatie, niet in de laatste plaats omdat het onderzoek van Mulder en Hansen hierdoor het eerste ooit was op Nederlandse bodem. “Er zijn weinig van dit soort plekken op de wereld”, legt Hansen uit. “Onderzoekers maken normaal gesproken gebruik van varkens, maar het vetgehalte, de aanwezige enzymen en chemicaliën in varkenslijken zijn niet vergelijkbaar met die in menselijke resten.” Deze wetenschappelijke primeur bracht





flinke uitdagingen met zich mee. Omdat de forensische begraafplaats pas vorig jaar is vrijgegeven, was nog niet nagedacht over welke experimenten er konden vinden.

**‘Voor de politie waardevolle informatie, want zo kan er gericht gegraven worden zonder hele locaties open te breken’**

Hansen: “Zo lagen de twee graven die wij bestudeerden tegen een metalen hek aan. Metaal interfereert met de signalen van de GPR, dus die resultaten waren niet bruikbaar.” Juist deze informatie bleek nuttig. “Zij weten nu dat ze lichamen in het vervolg niet in de nabijheid van een hek moeten begraven.” Daarnaast registreerden de twee een verschil tussen grond waar een lichaam lag en grond waar geen lichaam lag. “Voor de politie waardevolle informatie, want zo kan er gericht gegraven worden zonder hele locaties open te breken”, aldus Mulder. 

Frederikke Hansen en Claire Mulder (Civiele Techniek en Geowetenschappen) schreven afzonderlijk een scriptie over hun bevindingen. Hansen over de inzet van GPR-methoden voor forensisch onderzoek, Mulder over het gebruik van ERT. Het bachelor eindproject kwam voort uit een samenwerking tussen de TU Delft en het Nederlands Forensisch Instituut.

## Hoe onderstroming dijken bedreigt

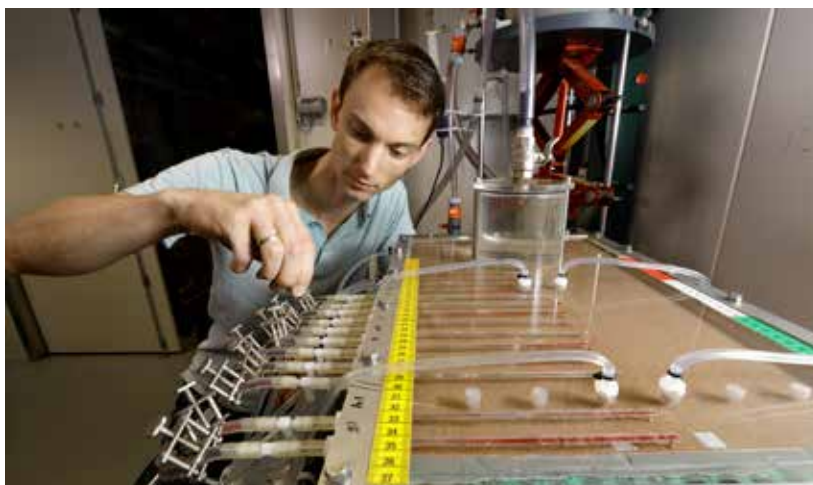



FOTO: SAM BENTMEESTER

Het is de nachtmerrie van iedere dijkgraaf. Na een week hoog water verzakt een rivierdijk opeens en breekt hij door. Hoe kan zo iets gebeuren? Promovendus ir. Joost Pol onderzoekt bij Deltares hoe onderstroming van dijken ontstaat.


**E**en kleidijk mag solide lijken, maar als die op een zandbodem staat en het water stijgt, dan stijgt ook de waterdruk onder de dijk. Een kleine scheur in de klei kan het begin zijn van een lekkage. Aan de binnenkant van de dijk, diep in de polder, wordt dat zichtbaar als een hoopje zand dat opwelt uit de bodem. Deskundigen spreken over *piping* als een gevreesd faalmechanisme voor rivierdijken. Want wat begint als een miniem stroompje groeit uit tot een waterstroom die de dijk ondergraaft, met een exponentieel versnelde erosie tot gevolg. Zand spoelt weg en de dijk zakt in. Hoe snel verloopt dat proces, en waarvan is dat afhankelijk?

In het geofysisch laboratorium van Deltares bootst Joost Pol het *piping* proces na in een zandlaag onder een perspex plaat. Een rij buisjes meet de lokale druk en een camera boven de opstelling legt het verloop van de proef vast. Hij ziet sleuven ontstaan

van enkele centimeters breed en enkele millimeters hoog die met ongeveer een halve meter per uur groeien. Wanneer zo'n sleuf helemaal onder de dijk door naar de rivier is gegroeid, vindt een plotselinge versnelling van het proces plaats omdat het water dan vrij baan heeft. Halverwege zijn promotietraject heeft Pol vastgesteld dat de snelheid waarmee de sleuf groeit afhankelijk is van de eigenschappen van zand en stroming. “Kort gezegd is de groei sneller naarmate het zand grover is en de waterdruk hoger”, vat hij zijn bevindingen samen.

Pol maakt een numeriek model dat het proces simuleert. Daarmee wil hij zijn onderzoeksresultaten inpassen in een risicoanalyse van rivierdijken. Eerder onderzoek heeft laten zien dat driekwart van de rivierdijken versterking nodig heeft. Naarmate beter bekend is welke plaatsen het meeste risico lopen, kan de dijkversterking efficiënter verlopen. 

## Radioactief afval veilig onder de grond

Nederlands radioactief afval kan veilig diep in klei- of steenzoutlagen worden opgeslagen. Stralingsgevaar voor de mens levert dat op de lange termijn niet op. Dat was de belangrijkste conclusie van het onderzoeksprogramma Opera dat vorig jaar is afgerond en waar de TU Delft aan meewerkte. De organisatie voor radioactief afval Covra coördineerde het onderzoek dat zeven jaar duurde. Universitair docent dr. Phil Vardon en dr. Patrick Arnold (beiden CiTG) simuleerden in een computer hoe kleilagen zich zouden gedragen als de grond zou opwarmen door het radioactieve materiaal. Pas in 2130 wordt het radioactieve afval dat bij Covra in Borssele in depot ligt, definitief diep in de aarde geborgen. Deze eindberging wordt ontworpen voor een duur van zeker 100 duizend jaar. In 2130 heeft Nederland naar verwachting ruim 170 duizend vaten kernafval, waarvan zo'n 1200 vaten hoogradioactief afval. 



# Heel Nederland zakt

Onderzoekers onder leiding van prof. Ramon Hanssen (CiTG) hebben een interactieve kaart gemaakt die de bodemdaling van Nederland toont.

**D**e wetenschappers verwerkten drie verschillende soorten meetdata in het onderliggende model: satellietradars, GPS, en zwaartekrachtmetingen.

De kaart toont de verschillende grondsoorten in Nederland en de locatie van olie- of gasvelden. Hierdoor is goed te zien wat de oorzaak is van de waargenomen bodemdaling. De kaart wordt actueel gehouden met de nieuwe satellietmetingen die dagelijks beschikbaar komen. Bijhouden of bodemdaling afneemt bij verminderde gaswinning in Groningen is dus mogelijk.

Met de kaart hebben de onderzoekers onderscheid kunnen maken tussen de diepe oorzaken van bodemdaling, zoals gaswinning, en de effecten in de bovenste paar meter. Dat laatste kon tot nu toe niet direct gemeten worden. Het blijkt dat die 'ondiepe' bodemdaling op verschillende plekken in Nederland zelfs groter is dan die door de bekende, diepe oorzaken. Vooral in veen- en kleigebieden in het westen



Bodemverzakking in Kanis.

FOTO: SAM REINTMEESTER

van het land is deze bodemdaling nu duidelijk meetbaar. Klimaatverandering lijkt een grote rol te spelen bij deze versnelde bodemdaling. Door de relatief warme zomers drogen veenbodems meer uit, waardoor een snellere bodemdaling optreedt. Dit is een onomkeerbaar proces: het veen oxideert, waardoor er bovendien ook meer CO<sub>2</sub> vrijkomt in de atmosfeer. 

[bodemdalingskaart.nl](http://bodemdalingskaart.nl)

## Aardbevingen beter voorspellen

Aardbevingen kunnen in kaart worden gebracht door infrageluid uit de atmosfeer te analyseren, ontdekten Delftse onderzoekers. Hun vondst zou levens kunnen redden.

**O**p 12 januari 2010 werd Haïti getroffen door een aardbeving met een kracht van zeven op de schaal van Richter. Het duurde dagen voordat de omvang van de ramp duidelijk werd. In de wijde omtrek waren geen seismometers en het natuurgeweld was daardoor niet in kaart gebracht.

Delftse onderzoekers vonden een manier om ook zonder seismometers de trilintensiteit op de grond te bepalen. Ze zijn in staat om akoestische signalen (infrageluid) die door aardbevingen zijn gecreëerd, te detecteren in de

atmosfeer. “Een deel van de energie die wordt veroorzaakt door een aardbeving lekt naar de atmosfeer”, zegt seismisch expert dr. Shahr Shani-Kadmiel (CiTG). “Je kunt die signalen op duizenden kilometers afstand van het epicentrum oppikken en gebruiken om een *shake map* te maken, een kaart met de verdeling van de trillingsintensiteit.” De wiskundige verklaring voor het weglekken van de energie in de atmosfeer was er al een eeuw. Maar tot op heden was het onmogelijk om met druksensoren (barometers) de zwakke golven uit het achtergrondgeluid in de atmosfeer op te pikken. Nu kan dit wel. “We hebben genoeg gegevens verzameld om onze filteralgoritmen precies genoeg af te stellen en onze modellen te kalibreren”, zegt Shani-Kadmiel. “Veel van deze gegevens zijn afkomstig van onderzeese

vulkaanuitbarstingen. Een andere belangrijke bron was de ondergrondse kernproef van Noord-Korea op 3 september 2017 in Punggye-ri, in het noordoosten van het land. Dit was een veel grotere explosie dan die van de voorgaande jaren. De kracht was gelijk aan die van een aardbeving met een kracht van zes op de schaal van Richter.” Het onderzoek werd uitgevoerd in het kader van een Vidi-project, dat gebruikmaakt van verificatiemaatregelen voor het kernstopverdrag uit 1996, ook bekend als het ‘Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty’. Projectleider prof. Láslo Evers (CiTG), ook in dienst van het KNMI, werkt mee aan de handhaving van het kernstopverdrag. Een artikel over de reconstructie van de *shake map* van Haïti is voorgelegd aan tijdschrift Nature. 

# Online leren

De TU Delft besteedt in het online onderwijs veel aandacht aan nieuwe en duurzamere vervoermiddelen. Daarom starten nu twee online cursussen over onderwerpen die voor een revolutie kunnen zorgen in het openbaar vervoer.

## Hyperloop: Changing the Future of Transportation

Is een passagierscapsule die door een vacuümbuis zoef een levensvatbaar alternatief voor huidige vervoermiddelen? In deze nieuwe baanbrekende mooc krijg je antwoord op deze vraag. De cursus is ontwikkeld door het Delft Hyperloop Team, dat in 2017 de SpaceX Hyperloop Pod Competition won. Daarnaast heeft het team de Excellence-prijs in de wacht gesleept bij de Open Education Awards 2019. Stel je voor dat je net zo snel kunt reizen als met een vliegtuig, maar met het gemak en het energieverbruik van een trein. Hyperlooptunnels kunnen interessante mogelijkheden bieden voor passagiersvervoer. Reizen zou sneller en duurzamer worden, en dit vervoermiddel kan tevens benut worden voor transport van energie en grondstoffen, zoals gas-, water- en elektriciteitsleidingen. Hyperloopbuizen kunnen boven en onder de grond worden aangelegd, wat diverse toepassingen biedt afhankelijk van de behoeften van de regio. Er zijn nog veel technologische en politieke uitdagingen voordat dit vervoermiddel een realistische optie wordt. Daarom nodigen we iedereen uit om deel te nemen aan deze cursus en bij te dragen aan een duurzamere en meer verbonden wereld.

Start: Februari 2020

[edx.org/course/hyperloop-changing-the-future-of-transportation-2](https://edx.org/course/hyperloop-changing-the-future-of-transportation-2)



## Railway Engineering: Design, Operations and Maintenance

In dit tijdperk van groeiende vraag in transport en vervoer staat de spoorwegindustrie onder druk om te vernieuwen. De faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen biedt een programma om het spoornetwerk te verbeteren en vanuit kennis en kunde, duurzame effectieve en betaalbare oplossingen tot stand te brengen.

Dit lukt alleen als deskundigen niet alleen hun eigen specialisatiegebied beheersen, maar ook het spoorvervoer vanuit een breder systeem perspectief kunnen beschouwen. Essentieel hierbij is hoe alle systemen zich tot elkaar verhouden en elkaar beïnvloeden, om vervolgens op een efficiëntere wijze operationele en onderhoudsstrategieën te plannen en implementeren.

In het Professional Certificate Program in Railway Engineering wordt praktijkervaring versterkt met academische kennis dat professionals in de sector waardevolle inzichten en bruikbare instrumenten biedt voor de toepassing van deze nieuwe systeembenadering van spoorwegtechniek en -exploitatie.

Start: Maart 2020

[online-learning.tudelft.nl/programs/railway-engineering](https://online-learning.tudelft.nl/programs/railway-engineering)





# Ondergrondse opslag van groen gas

Een volledig duurzaam geproduceerde energievoorziening kan niet zonder grootschalige energieopslag. Dr. Hadi Hajibeygi won met zijn voorstel voor gasopslag in geologische formaties een Vidi-onderzoeksbeurs van NWO.



Het gasreservoir Bergemeer in Alkmaar.

FOTO: TAOA

“Ik bied een voorspellende simulatiemethode voor het veilige gebruik van ondergrondse formaties tijdens herhaaldelijk injecteren en produceren van groene brandstoffen”, belooft Hajibeygi in zijn onderzoeksvoorstel Admire. Zijn specialisme is stromingsleer, maar dan in de ondergrond. Wat er voor leken uitziet als ondoordringbare zandsteen, is voor hem het domein van ondergrondse stromingen van gas, olie en water. “*Life is porous*”, luidt zijn motto.

Ondergrondse gasvelden zijn een optie voor het maandenlang opslaan van duurzame energie. “De opslagcapaciteit meten we in terawatt-uur zegt Hajibeygi. “Dat is de orde van grootte van een nationale energieopslag; 10 miljoen keer meer dan de capaciteit van een nieuwe autoaccu.” Het Nederlandse nationale energiegebruik bedraagt bijvoorbeeld ongeveer 800 TWh per jaar.

Er is al ervaring met de ondergrondse opslag van gas, vertelt de Vidi-laureaat. Hij noemt het gasreservoir Bergemeer bij Alkmaar dat sinds 2014 in gebruik is als commerciële seizoensopslag van aardgas. Elders zijn ervaringen opgedaan met de

opslag van waterstof in zoutkoepels. Dat gebeurt vaak bij hoge druk (tot 200 bar). In vergelijking met aardgas geeft waterstof meer lekkage, maar de omzettingen zijn eenvoudiger. Een overschot aan elektriciteit wordt

Duurzame energie: het is er volop wanneer je er de minste behoefte aan hebt

direct omgezet in waterstof voor opslag. Een brandstofcel of gasmotor kan de waterstof dan weer omzetten in elektriciteit. Het rendement van de hele cyclus is circa 40 procent. Ondergrondse gasopslag draait om de vraag hoe het gas door het gesteente en het reservoir stroomt. Hajibeygi gaat laboratoriummetingen koppelen aan simulaties en seismische metingen om geschikte plaatsen te vinden voor ondergrondse gasopslag.

Hoe denkt hij dat bewoners zullen reageren op herhaaldelijk gas in en uit de bodem pompen onder hun woonplaats? Veiligheid staat voorop, zegt Hajibeygi. “We moeten de plaats voor gasopslag wijs kiezen. Daarvoor is goed onderzoek nodig naar de gasstromen en de bodemeigenschappen.” Bij Alkmaar vreesde men aanvankelijk voor aardbevingen, maar het KNMI heeft nauwelijks activiteit waargenomen. Voor het Admire-project is een promovendus aangetrokken, volgend jaar volgt er nog één en een postdoc. Met dat team, en in samenwerking met onderzoekslaboratoria en universiteiten in Nederland, Duitsland en de Verenigde Staten wil Hajibeygi modellering en monitoring koppelen om zodoende onzekerheden omtrent de groene gasopslag te verkleinen. ●

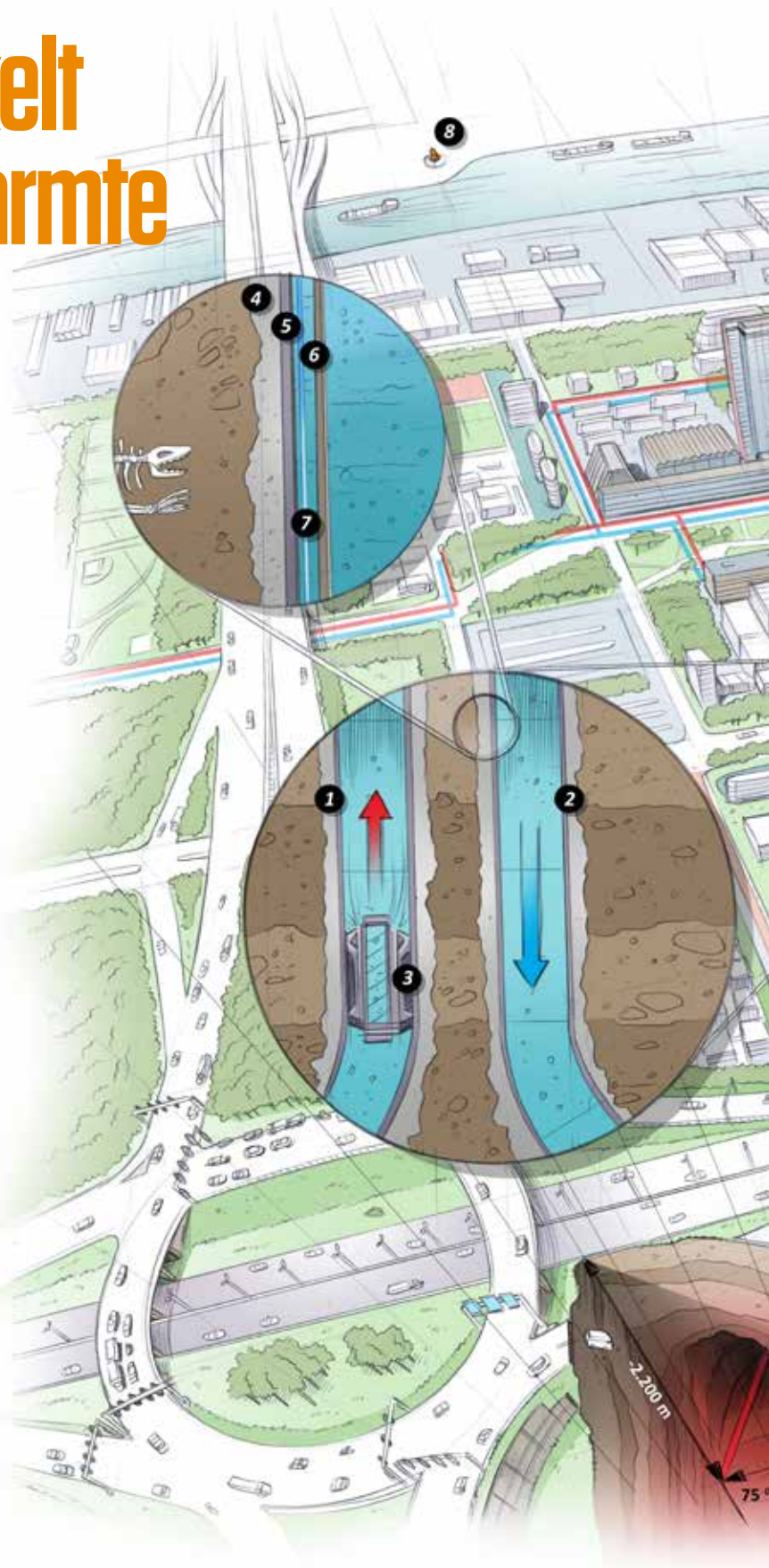
# Campus schakelt over op aardwarmte

Eind 2020 worden er twee leidingen geboord vanaf de campus naar een warmwaterreservoir op ruim twee kilometer diepte onder de A13. Die geothermische bron van 75 graden moet gebouwen op de campus en omgeving van warmte voorzien.

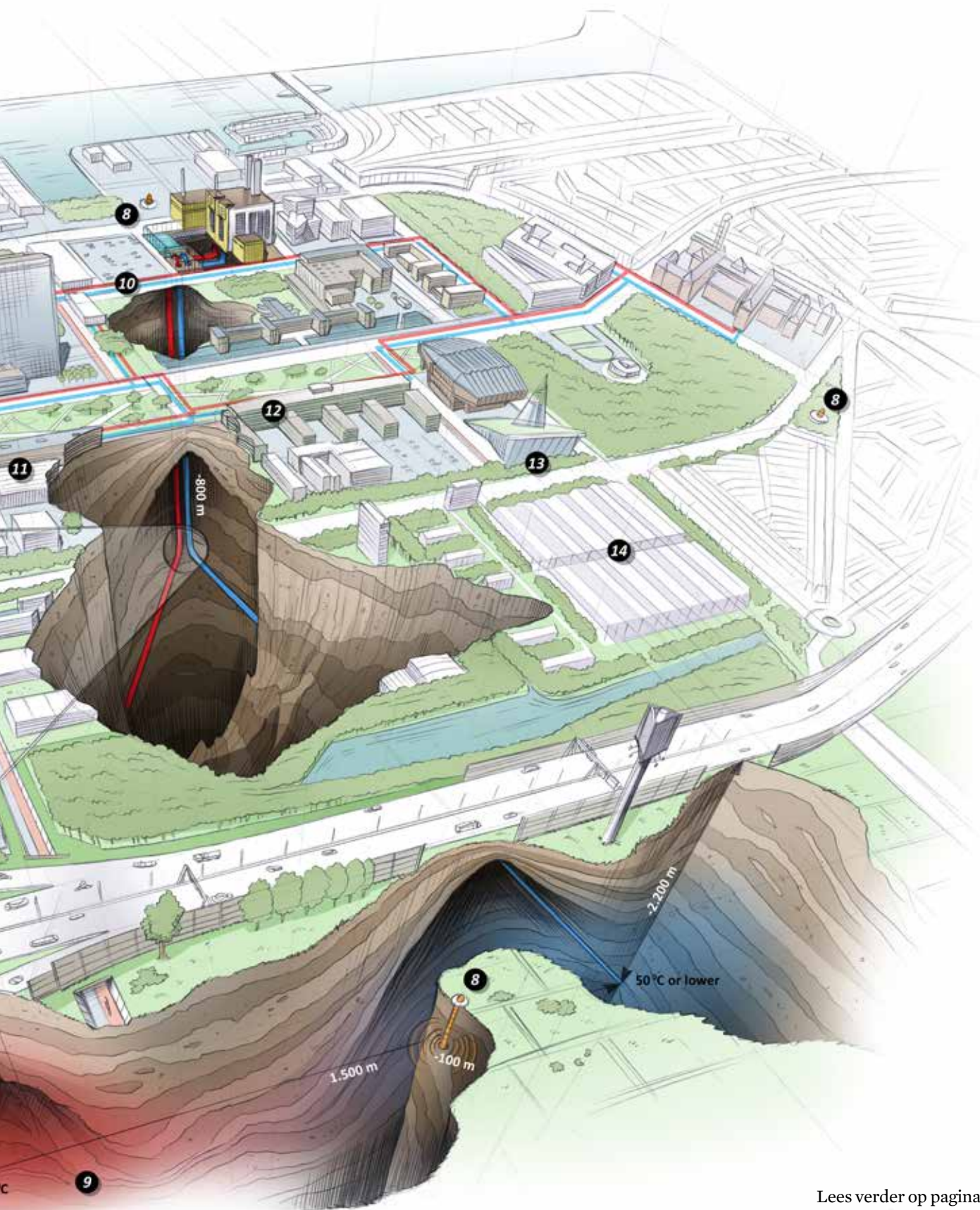
**D**e installatie bestaat uit een (1) aanvoer- en een (2) afvoerleiding die vanaf de Leeghwaterstraat 800 meter verticaal omlaag gaan. Op ongeveer 500 meter diepte bevindt zich een (3) pomp die 300 kubieke meter water per uur verpompt – een volume van twaalf vrachtwagens. Vanaf een knik op 800 meter diepte lopen de leidingen naar verschillende plekken van hetzelfde warmwaterpakket op 2,3 kilometer diepte. De aanvoer (producer) heeft aan het oppervlak een temperatuur van ongeveer 75 graden. De afvoer (injector) heeft een temperatuur van 50 graden. In de tijd dat het grondwater van de injector naar de producer vloeit, warmt het weer op door de aardwarmte.

## Meerlaagse leidingen

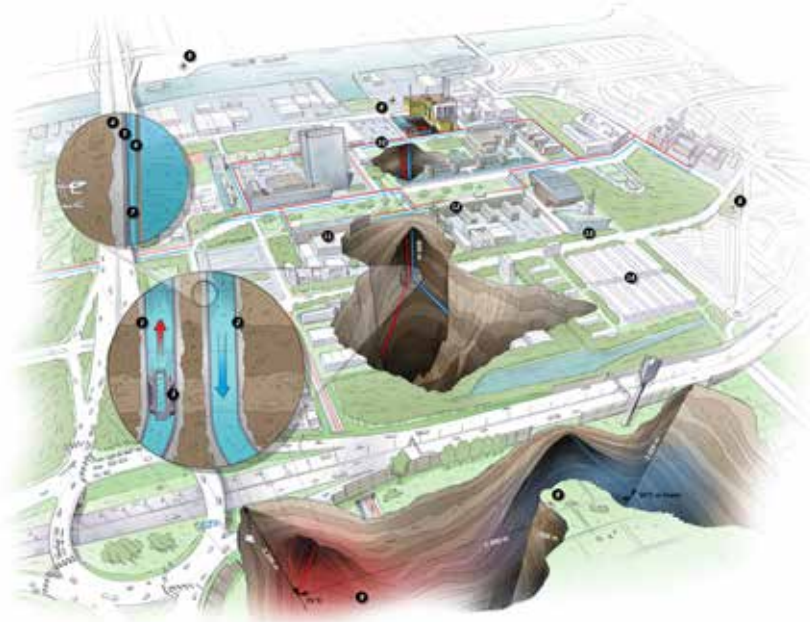
De leidingen hebben aan de oppervlakte een diameter van 50 centimeter, onderin de put 10 tot 15 centimeter. Om lekkages te voorkomen door corrosie van het warme zoute grondwater, zijn de leidingen meerlaags uitgevoerd. De buitenwand (4) is van cement, gevolgd door een stalen pijp (5) en een epoxy binnenmantel (6). In de waterstroom bevindt zich (7) een glasfiber voor de meting van temperatuur en druk binnen de leiding. Op vier plekken rondom de put zijn seismometers (8) aangebracht op ongeveer 100 meter diepte. Dat is genoeg om ze te isoleren van de bedrijvigheid aan de oppervlakte. De meetpunten registreren de opbouw van de ondergrond door seismische metingen in hoge resolutie. Daarnaast registreren ze met elektromagnetische metingen dichtheidsverschillen, en daarmee de grondwaterstromen door het (9) reservoir.







Aan de Leeghwaterstraat, naast de bestaande warmtekrachtinstallatie, komt een installatie die aardgas uit het grondwater afvangt. Daarna wordt het hete grondwater gefilterd en door een warmtewisselaar geleid die de warmte van het grondwater overbrengt naar het (10) warmtenet van de campus bij een temperatuur van 75 graden. Bij oudere gebouwen (11,12) zullen aanpassingen aan de verwarming nodig zijn omdat die op een hogere ingangstemperatuur is ingesteld. Die aanpassingen stonden in de planning, maar worden nu eerder uitgevoerd. Na de warmtewisselaar is de temperatuur van het water zo'n 50 graden.



### 30 Jaar klimaatneutrale warmte

De aanleg van het doublet (combinatie van aan- en afvoer van heet grondwater) kost zo'n 22 miljoen euro. Daar komt nog 8 miljoen euro bij voor onderzoek. Naar verwachting levert de bron zo'n dertig jaar lang klimaatneutrale warmte voor de campus en omgeving. Bij een retourtemperatuur van 50 graden levert de bron ruim 8 megawatt thermisch vermogen. Nederland telt momenteel ruim twintig doubletten, de meeste zijn op initiatief van tuinders aangelegd. Nabij Delft zijn dat Duijvestein en Ammerlaan. Het Platform Geothermie wil dat aantal in 2025 verdrievoudigen naar 75. Op lange termijn wordt door het Energie Bedrijf Nederland (EBN) zelfs gedacht aan 700 doubletten in het Nederland van 2050.

Dr. Phil Vardon (faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen) coördineert het geothermieproject, of het Delfts Aardwarmte Project (DAP) zoals dat bij het initiatief in 2008 werd genoemd. Het bijzondere aan dit project is volgens Vardon dat warmteproductie hand in hand gaat met onderzoek. Hij noemt de betrokken vakgebieden: geologie, geofysica, data-assimilatie, reservoirsimulaties en geochemie.

Met vier meetputten en twee glasfibers door de leidingen wordt dit het

best bemeten doublet ooit. De vorm en afmetingen van het reservoir, de stroming van water van verschillende temperaturen, het ontstaan van scheuren in het gesteente – ze gaan het allemaal meten. Vardon hoopt op een veelvoud van data zodat de onderzoekers in praktijk met veel minder meetinstallaties toch voldoende informatie over de bron verkrijgen. Door computersimulaties continu te voeden met nieuwe meetgegevens worden de onzekerheden in de berekeningen kleiner. Die methode, data-assimilatie, wordt ook bij weersmodellen toegepast.

Voor een ander programma zullen onderzoekers veel boorkernen gaan winnen. Vooral uit de laag tussen de 100 meter en 2 kilometer diepte, waar weinig over bekend is. Omdat op die hoogte geen olie of gas voorkomt, was daar nooit veel belangstelling voor. Nu willen onderzoekers weten of die tussenlaag mogelijkheden biedt voor diepe warmte- en koudeopslag (*aquifer thermal energy storage of ATES*).

Wat te doen met aardwarmte wanneer de verwarming uitstaat? In de zomer is de behoefte aan aardwarmte klein, maar de pomp blijft draaien, al is het mogelijk minder hard. Wat doe je met water van 75 graden als het buiten 30 graden is? Vardon kan drie toepassin-

gen verzinnen die nader onderzocht worden. Het opwarmen van ondiepe geothermie systemen, zoals in gebruik bij de bibliotheek (13), is een mogelijkheid. Omzetting in elektriciteit middels een organische rankinecyclus kan ook. Hierbij wordt een organische vloeistof met laag kookpunt gebruikt om een stoomturbine aan te drijven. En dan is er nog een paradoxale mogelijkheid om de aardwarmte in te zetten om te koelen.

### Installatie en exploitatie

De TU Delft is partner in het Delftse geothermie project, samen met EBN en Hydreco Geomec. Als de laatste onderhandelingen zijn afgerond zullen de partners een bedrijf starten dat de installatie en exploitatie van aardwarmte voor de campus zal verzorgen. Ook heeft de TU Delft in juli een samenwerkingsovereenkomst getekend met woningcorporaties Woonbron, Vestia, Videomes, DUWO, NetVerder en gemeente Delft voor de aanleg van een warmtenet waarmee de resterende aardwarmte op 50 graden de wijken (14) in stroomt. De retourtemperatuur daalt dan naar 30 graden waardoor het afgenomen vermogen toeneemt van 8 naar 15 megawatt. <<



# Bruiswater voor meer st(r)room

Delftse geofysici nemen deel aan het internationale onderzoek Succeed naar de effecten van opslag van CO<sub>2</sub> in geothermische geisers. Wat is het effect van het gas in de ondergrond?

“**I**n Nederland kun je warm water uit de bodem pompen, maar in IJsland, Turkije of Nieuw-Zeeland giert de stroom om je oren”, vertelt dr. Karl-Heinz Wolf. “Geisers staan onophoudelijk te brullen, gevoed door bijna eindeloze aardwarmte en door water dat door grote breukzones naar beneden stroomt.” Daarbij komt zoveel stoom vrij dat aangesloten generatoren een elektriciteitsproductie leveren die vergelijkbaar is met die van een grote kolencentrale. Een geothermische stoombron lijkt een eeuwigdurende bron van groene stroom. Maar zo lang duurt het vaak niet. De stoomdruk kan na verloop van tijd terugvallen (minimaal 40 bar werkdruk is nodig om een turbine te laten draaien) omdat de wateraanvoer vermindert, of doordat een aardstroom doorgangen blokkeert. Klimaatneutraal is geothermische stroom ook niet. Samen met water en stoom komen er broeikasgassen zoals CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> (methaan) los uit de ondergrond. Afhankelijk van de bodemsamenstelling kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de buurt komen van de helft van een gascentrale.

## SUCCEED

Hoe mooi zou het zijn als je de CO<sub>2</sub> afvangt en met het koude water terug injecteert in de bodem op een manier die ook nog de productie stimuleert? Dat is een hoofdmotief achter het onderzoeksproject Succeed (Synergetic Utilisation of CO<sub>2</sub> Storage Captured with gEothermal



FOTOS: KARL-HEINZ WOLF

Het Wairakei energiestation in Nieuw-Zeeland.

Energy Deployment). Een kubieke meter water kan in de ondergrond ongeveer 10 volume-percent CO<sub>2</sub> bevatten, schat Wolf. Dat bruiswater wordt onder hoge druk geïnjecteerd en zal op een paar kilometer diepte, bij vloeistofdrukken boven de 100 bar, oplossen in water. Koolzuurgas in de retourstroom kan een dubbele werking hebben, den-

ken de onderzoekers. Onder invloed van het zure bronwater vinden in de ondergrond mineralogische veranderingen in poreus gesteente plaats. Bijvoorbeeld, de microporiën in krijtkalksteen kunnen wormgang-achtige poriën worden, wat de doorlaatbaarheid vergroot. Tijdens de reis omhoog zal het in heet water opgeloste koolzuurgas voor extra uitzetting zorgen, en een hogere stoomdruk.

## VELDMETINGEN

Om die verwachtingen te testen willen onderzoekers de CO<sub>2</sub>-watermix kunnen volgen in de ondergrond. Hiervoor zijn veldmetingen en gesteente-fysisch laboratoriumonderzoek nodig. Bij veldexperimenten in Turkije zal de sectie toegepaste geofysica en petrofysica (faculteit CiTG) als onderzoekspartner, beelden produceren van de ondergrond en lab-ondersteuning verzorgen. Delftse onderzoekers werken samen met het bedrijf Seismic Mechatronics voor seismische metingen en de interpretatie daarvan. Een milieuvriendelijke elektrische trilbron, ontwikkeld door dr.ir. Guy Drijkoningen (CiTG), zendt signalen door de ondergrond, terwijl een netwerk van glasfibers in de put en aan het oppervlak de retoursignalen vanuit de ondergrond registreert. Over vier jaar moet duidelijk worden wat het effect is van CO<sub>2</sub>-injectie in de geothermische bron. 

# Expeditie onder de campus

In het meer dan zeven kilometer lange tunnelstelsel onder de campus vind je verwarmingsleidingen, kabels en eens per jaar een inspecteur. Delft Integraal mocht met hem mee.

**O**p ondergrondse expeditie, dat lijkt ons wel wat. Voor toegang tot het mysterieuze gangenstelsel wenden we ons tot

Anne Medema, projectmanager Team Energie en werkzaam in de warmtekrachtcentrale van de TU Delft.

Voordat we de diepte ingaan laat Medema de centrale zien, het beginpunt van onze reis. In het massieve pand, gebouwd in 1952, staan drie grote ketels en twee warmtekrachtkoppelingen die warmte en stroom leveren. De ketels genereren per jaar ongeveer 50 duizend MWh aan thermische


warmte die door vele leidingen naar alle gebouwen op de campus wordt gepompt. “Die leidingen lopen door de warmtekoker, die jullie tunnels noemen”, zegt Medema.

Deze warmtekoker is al 65 jaar oud maar verkeert nog in prima staat. “Het warmtenet is wel behoorlijk veranderd”, vertelt Medema. “Eerst kolen, later volgde stookolie en uiteindelijk de gasgestookte ketels.” Momenteel wordt het warmtenet van de campus geschikt gemaakt voor duurzamere bronnen waardoor de warmte al vanaf lagere temperaturen aan de gebouwen kan worden afgegeven.

Na de rondleiding door de centrale neemt beheertechnicus Benno Bajema ons mee voor een proefexpeditie. Hij inspecteert jaarlijks de tunnels. Enigszins gespannen kijken we toe hoe Bajema de putdeksel verwijdert. Een blik over de rand toont een ijzingswekkend steil trapje dat eindigt in een plas troebel water. Na het waardevolle advies ‘voorzichtig’ te zijn, laten we ons een beetje onbeholpen zakken in de vijf

meter diepe put. Medema blijft boven, “Om ervoor te zorgen dat niemand de deksel terugschuift”, knipoogt hij. Met een zaklamp in onze handen schuifelen we voorzichtig achter elkaar aan. Om de zoveel stappen wijst Bajema punten aan waarop hij controleert. “Werkt de noodverlichting nog, zijn de leidingen intact, dat soort dingen.”

Met de herfst in aantocht merken we dat de tunnel aangenaam warm is. “Mijn voorganger vertelde dat er vroeger om die reden wel eens zwervers sliepen”, vertelt Bajema. “Maar sinds de putdeksels zijn voorzien van alarm, is dat verleden tijd.”

Behalve een paar spinnen komen we tijdens onze expeditie gelukkig geen andere bewoners tegen. Na ruim een half uur in het donker zit onze tocht erop en beklimmen we de ijzeren trap naar boven. Terwijl onze ogen wennen aan het daglicht leggen Medema en Bajema de putdeksel weer terug op hun plek. “Hebben we iedereen?” 

De ketels genereren per jaar ongeveer 50 duizend MWh aan thermische warmte die door vele leidingen naar alle gebouwen op de campus wordt gepompt



Benno Bajema inspecteert elk jaar de warmtekoker onder de campus.



# Visie

Hoogleraar milieu-geotechnologie Timo Heimovaara (CiTG) werkt aan een wereld waarin de winning van grondstoffen zonder afval en emissies gebeurt.

“Ik bestudeer de impact van menselijk handelen op de ondergrond en hoe we die kunnen reduceren. Toen ik in 2007 bij de TU Delft kwam, was één van de eerste initiatieven het STW-perspectief programma Bio-GeoCivil. Daarin gingen we op zoek naar de inzet van natuurlijke processen als bouwmiddel. Een collega van mij, Leon van Paassen, onderzocht de inzet van micro-organismen om zand te cementeren tot zandsteen. De ondergrond is een levend ecosysteem dat ons veel diensten kan leveren. Mijn droom is dat we die diensten gaan waarderen en dat we het gebruik ervan verduurzamen zodat toekomstige generaties dat kunnen blijven doen.

Het is de missie van de afdeling

geoscience and engineering om ondergrondse rijkdommen te ontdekken en te bestuderen, en het gebruik ervan op een milieuvriendelijke manier te ondersteunen. Zo staat het op de gevel. We ondersteunen het gebruik van de ondergrond en de winning van grondstoffen. Dat doen we milieuvriendelijk, wat betekent: geen afval, geen emissies en minimale impact, waarbij we streven naar circulariteit.

Nederland haalt momenteel nog 90% van zijn energie uit fossiele brandstoffen. Daar zijn we niet zomaar vanaf. Ik zeg dan: we moeten die fossiele industrie leiden naar een winning zonder afval en zonder emissies. Onze studenten eisen dat ook van ons. Zij zullen die energietransitie moeten maken.

De eerste insteek is dat we tegen het bedrijfsleven zeggen: wij willen graag met jullie onderzoek doen - we zijn ook afhankelijk van externe midde-

len - maar we willen dat zo doen dat we aan de langetermijndoelstelling van nul afval en emissies en minimale impact kunnen voldoen.

Vooraf bij mijnbouw is dat moeilijk. Het voorkomen van emissies en afval voegt kosten toe. Als consument moeten wij dat willen betalen, en dat willen we niet. Toch vind ik dat wij als TU Delft het lef moeten hebben om voorop te lopen. Bijvoorbeeld door te adviseren op het gebied van minimale impact. Er zijn methodes waarbij het afval beneden blijft en het erts met zuur uit het gesteente opgelost wordt en bovengronds gezuiverd. Maar die manier van winning wordt pas haalbaar als we de huidige mijnbouw belasten op alle impact die ze veroorzaakt. Er is veel mogelijk als je de beprijzing goed regelt. Hier spreekt een optimist.

Maar ook duurzaam bodemgebruik heeft impact. Er bestaan ambities om geothermie in de komende 30 jaar 100 keer groter te maken tot 2050. Dat betekent dat we Nederland lek gaan prikken. Daarmee maak je ondergrondse opslag van waterstof onmogelijk, terwijl dat een veel hogere toegevoegde waarde voor Nederland kan hebben dan heet water.

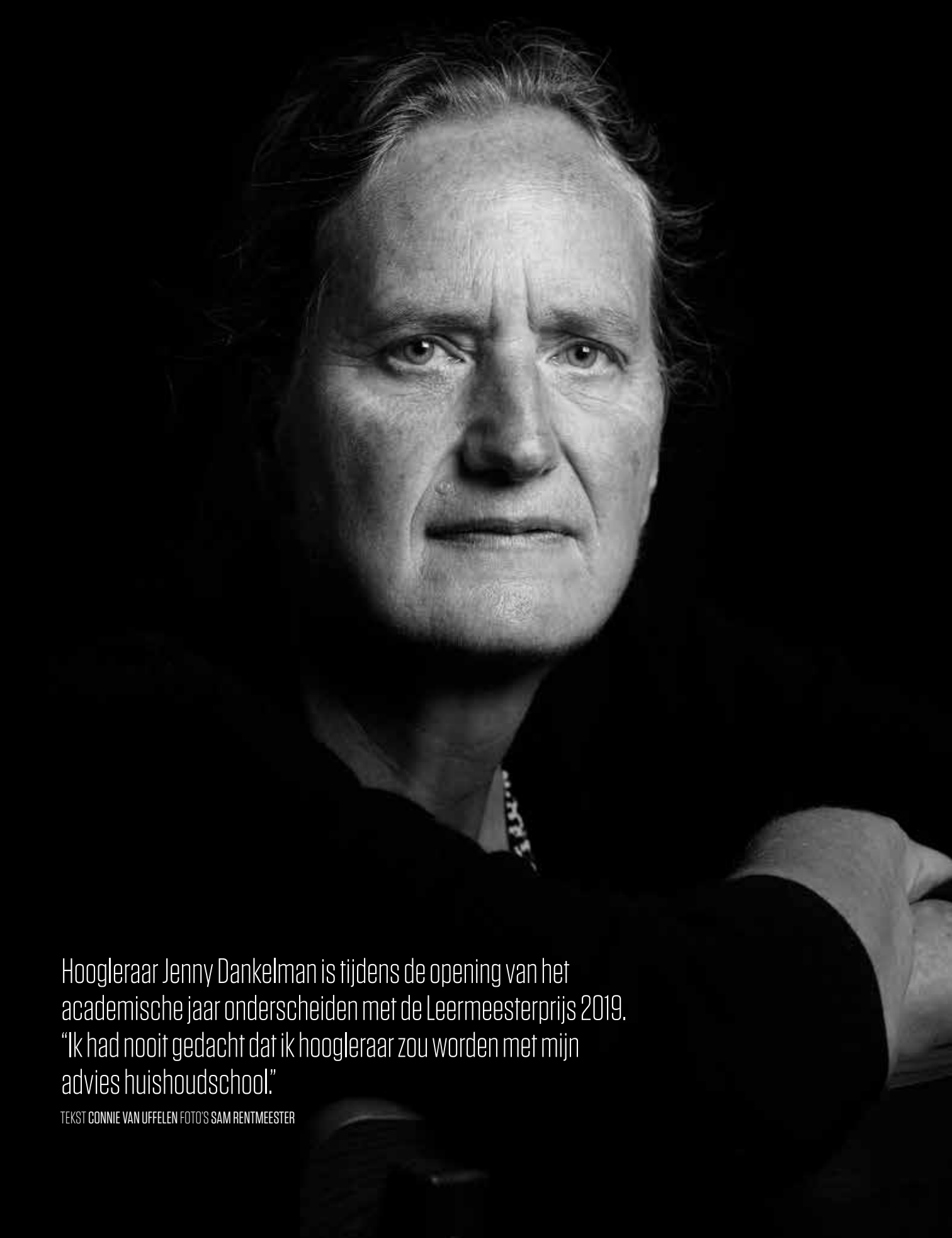
Als universiteit bouwen we op de kennis die we hebben opgedaan voor de olie- en gasindustrie, maar die kennis en ervaring kunnen we ook gebruiken voor compleet andere toepassingen van de ondergrond zoals gasopslag en geothermie. We willen de ondergrondse capaciteit optimaal inzetten voor de maatschappij.”





‘Ik leer veel  
van mijn  
promovendi’





Hoogleraar Jenny Dankelman is tijdens de opening van het academische jaar onderscheiden met de Leermeesterprijs 2019. "Ik had nooit gedacht dat ik hoogleraar zou worden met mijn advies huishoudschool."

TEKST CONNIE VAN UFFELEN FOTO'S SAM RENTMEESTER

**E**en hoogleraar die uitblinkt in onderwijs en onderzoek, voorgedragen op aanbeveling van studenten en promovendi: alleen die komt in aanmerking voor de Leermeesterprijs.

Jenny Dankelman ontvangt de onderscheiding van het Universiteitsfonds Delft voor haar onderzoek naar innovatieve medische instrumenten en haar begeleiding van studenten.

#### Wat betekent de Leermeesterprijs voor u?

“Dit is een bijzondere prijs omdat ik die krijg van de mensen met wie ik nauw samenwerk en die ik probeer te helpen om hun werk zo goed mogelijk te doen. Die waardering is dus bijna om verlegen van te worden. Heel bijzonder.”

#### Wat doet het u dat u deze prijs van collega's en promovendi krijgt?

“Ik denk dat ik de prijs vooral krijg omdat ik het leuk vind om afstudeerders en promovendi te begeleiden. Ik vind het leuk ze te helpen het maximale eruit te halen, maar ik probeer ook oog te hebben voor problemen. Mijn deur staat zoveel mogelijk open zodat ze gewoon naar binnen kunnen lopen.”

#### Wie beschouwt u zelf als uw leermeester?

“Het belangrijkste zijn mijn voorgangers en promotors geweest die mij goed begeleid hebben en van wie ik veel geleerd heb: Henk Stassen, Jos Spaan van het AMC en Kees Grimbergen.”

#### Waarin waardeerde u ze?

“Henk Stassen heeft me veel geleerd over nauwe samenwerking met klinici, dat je ook in de operatiekamer moet kijken en precies moet weten wat ze daar doen en waarom. Hij geloofde veel meer in wat ik kon dan ikzelf. Ik had nooit gedacht dat ik hoogleraar zou worden met mijn advies huisoudschool. Jos Spaan heeft mij geleerd hoe je goed onderzoek opzet, kritisch kijkt naar je data en hoe je wetenschappelijke artikelen schrijft. Kees heeft me geïntroduceerd in minimaal-invasieve technieken.”

#### U bent ooit afgestudeerd in de wiskunde. Hoe bent u in die medische hoek terechtgekomen?

(Lacht) “Ik had niet kunnen dromen dat ik zelfs nog chirurgie zou leren. Dat was een beetje toevallig. Tijdens mijn afstudeerwerk werd ik gewezen op een promotieplek technische wiskunde in Delft. Ik had gesolliciteerd en dacht dat ik moest oefenen op een sollicitatiegesprek. Dat had ik nog

nooit gevoerd. Ik pakte de eerste de beste vacature: bij werktuigbouwkunde onderzoek doen naar de doorbloeding van de hartspeer. Het was een informeel gesprek en ik was helemaal relaxt. De promotoren Jos Spaan en Henk Stassen waren enthousiast en zeiden direct dat ik kon komen. Ik vroeg twee weken bedenktijd. Ze hadden me allemaal artikelen nagestuurd die ik niet kon lezen omdat ik de medische terminologie niet kende. Het leek me zo leuk dat ik toch besloot het te gaan doen. Ik heb er nooit spijt van gehad.”

#### Was het moeilijk die technische en medische wereld met elkaar te verbinden?

“Moeilijk niet, het kost veel tijd. Je moet je verdiepen in elkaars vakgebied, weten wat daar speelt en vaktermen leren. Je kunt elkaar verder brengen omdat het medisch vakgebied veel meer technische middelen ter beschikking krijgt waar klinici mee moeten leren omgaan. Zij hebben meer behoefte aan nieuwe technologische oplossingen. Begin 1990 begonnen de minimaal-

### ‘Mijn deur staat zoveel mogelijk open voor afstudeerders en promovendi’

invasieve chirurgische technieken hun intrede te doen. Vanaf toen is de techniek veel meer in de operatiekamer gekomen. Daarvoor was dat niet zo nodig: chirurgen konden veel doen met een naald of een schaar. Nu wil je alles doen met minimale schade aan gezond weefsel.”

#### U bent zeer actief in het ontwikkelen van nieuwe curricula voor masteropleidingen. Wat wilt u masterstudenten meegeven?

“Voldoende medische kennis over anatomie en fysiologie. Het is belangrijk goed te communiceren met medici en hun vakgebied te kennen. Daar moet je tijd en energie in stoppen. Er zijn veel dwarsverbanden: als ons lichaam niet meer goed functioneert, proberen we dingen te vervangen, te ondersteunen of te herstellen. Daar heb je techniek voor nodig. Met minimaal-invasieve technieken proberen we meer te doen door een kleine opening. Sinds een jaar of vijf probeer ik studenten en promovendi enthousiast te krijgen om wat te doen in ontwikkelingslanden. Ken je mijn verhaal?”

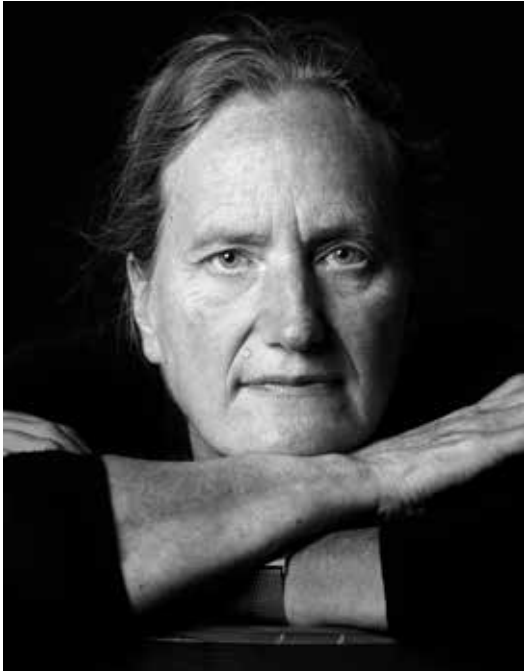
#### Vertelt u maar.

“Vijf jaar geleden heeft iemand een aantal pagi-

#### CV

Prof.dr Jenny Dankelman (1961) studeerde wiskunde aan de Rijksuniversiteit Groningen. Ze behaalde haar doctoraat aan de Man-Machine Systems Group aan de TU Delft en werd in 2001 hoogleraar minimaal-invasieve chirurgie. In 2018 werd zij Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw vanwege de ontwikkeling van medische instrumenten die minimale schade aan gezond weefsel toebrengen, en vanwege het verbinden van de technische en medische wereld. Ze is lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.





na's uit de Linda in mijn postvak gelegd. Ik weet nog steeds niet wie het is geweest." Dankelman staat op en pakt de pagina's erbij. "Het ging over vrouwen in Afrika die verstoten waren, omdat ze stonken. Dat kwam doordat ze op een verschrikkelijke manier waren verkracht, maar geen toegang hadden tot chirurgie en dus niet behandeld werden. Dat verhaal heeft weken op mijn bureau gelegen. Ik ben me er in gaan verdiepen en ontdekte dat drie miljoen vrouwen met vergelijkbare problemen rondlopen omdat hun bevalling te lang duurde. Weefsel in je baarmoeder en buikholte gaat dan stuk. Ik ontdekte dat twee miljard mensen geen toegang hebben tot chirurgie en vijf miljard geen toegang tot veilige chirurgie."

#### **Dat zijn enorme aantallen...**

"Ja, ik vond dat ik er iets mee moest doen. Ik diende een projectvoorstel in voor het project Open Mind van technologiestichting STW, maar eindigde op de vijfde plaats. In die tijd werd Delft Global opgericht. Ik diende een aanvraag in en kon beginnen met een promovenda. Ze was vaak in Afrika geweest en kende de cultuur. Zij leerde mij - want ik leer veel van mijn promovendi - dat het belangrijk is de context te kennen. Je moet weten wat daar gebeurt. Een andere onderzoeker, ook bij mij gepromoveerd, vertelde na vier jaar bedrijfsleven dat hij met zijn gezin naar Nepal wilde. Of ik een idee had wat hij kon doen?"

Dat had ik wel: kijken hoe we de opleiding van biomedische ingenieurs kunnen verbeteren en medisch-technologische afdelingen in ziekenhuizen kunnen ondersteunen. Vorig jaar zijn acht studenten naar Nepal geweest, vijf naar Kenia en drie naar Suriname. Die helpen allemaal wat te doen aan ziekenhuisapparatuur."

#### **U zet zich sowieso voor vrouwen in want u was een van de medeoprichters van het vrouwennetwerk Dewis, Delft Women in Science. Wat was voor u de aanleiding?**

"Ik was daarvoor gevraagd, maar vond dat ik dat maar niet moest doen. Ik dacht dat dat niets voor mij zou zijn, ik was gewend aan de 'mannenwereld'."

#### **Was u bang te worden aangezien voor 'een zeur'?**

"Ja. Toen ik nogmaals werd gevraagd, dacht ik: waarom ook niet? Ik heb er veel van geleerd, bijvoorbeeld dat het belangrijk is om het verschil in mannen- en vrouwengedrag te weten. Ik was in december 1984 de eerste vrouwelijke promovendus van de faculteit. Achteraf merk je dat je toch niet altijd wordt gezien als één van hen. Je doet je best om niet al te veel op te vallen en gewoon één van hen te zijn, maar op een gegeven moment is dat toch moeizaam."

#### **Wat was er moeizaam?**

"Brieven beginnen bijvoorbeeld met 'sir', je wordt vaak niet herkend als onderzoeker, ze denken dat je secretaresse bent. Niets ten nadele daarvan, maar je voelde je niet helemaal thuis. Uiteindelijk leerde ik het gedrag van mannen beter herkennen en snappen. Als je bijvoorbeeld een groep leidt en de keuze hebt tussen A en B en je zegt 'wat zullen we doen: A of B', word je gezien als iemand die niet weet welke richting je op moet. Een man zou zeggen 'zullen we voor A gaan?' en als iedereen B zegt, daar dan vol voor gaan. De keuze laten is ook goed, dat is een meer vrouwelijke aanpak. Ik heb geleerd om beter bij mezelf te blijven."

#### **U maakt een bescheiden en beetje verlegen indruk, tegelijkertijd wordt u in de technische en de medische wereld enorm gerespecteerd. Wat is uw geheim?**

"Mijn best doen. Belangrijk is de verschillen te respecteren. We moeten voorzichtig zijn als we vanuit een technische kant denken dingen snel beter te kunnen maken. Technische innovaties hebben tijd nodig. Daar moet je geduld voor hebben. Ik vind veel leuk, dat is misschien het belangrijkste." <<

# Toevalstreffer wordt **topmateriaal**



De Kaamerafabriek in aanbouw.

Delftse onderzoekers ontdekten een veelzijdige nieuwe grondstof die ontstaat tijdens het zogeheten Nereda-zuiveringsproces van rioolwater. In Zutphen komt de eerste fabriek die het goedje, genaamd Kaamera, terug gaat winnen. De mogelijke toepassingen variëren van zaadcoating tot composietmateriaal.

**W**e staan in een bescheiden fabriekshal in Zutphen, gelegen naast de rioolwaterzuivering, waar installateurs druk aan het monteren of lassen zijn. Ze leggen de laatste hand aan de allereerste zo-

geheten Kaamera extractie-installatie ter wereld. Door deze verzameling van procesinstallaties, zoals een bandindikker, warmtewisselaar, reactor, centrifuges en opslagsilo, stroomt binnenkort een gloednieuwe grondstof.

“Dit is de eerste keer dat we een totaal nieuwe stof winnen uit afvalwater”, aldus Sandra de Wit, beleidsadviseur communicatie bij het Waterschap Rijn en IJssel. “Dit kan heel groot worden”, is haar overtuiging. De grondstof werd enkele jaren geleden per toeval ontdekt door Delftse wetenschappers. Ze noemden de stof Kaamera, wat kameleon in het Maori betekent, de taal van de oorspronkelijke Nieuw-Zeelands bewoners. De Wit: “Net als een kameleon kan de stof zich aanpassen aan

zijn omgeving en heeft daardoor veelzijdige toepassingen.”

Een afnemer is al gevonden: het Amsterdamse biotechbedrijf Chaincraft. De mogelijke toepassingen variëren van zaadcoatings in de landbouwsector en betoncoating voor de bouwsector tot composietmateriaal voor bijvoorbeeld de auto-industrie. Maar liefst een derde van al het afvalslib kan op deze manier zinvol worden ingezet en belandt dus niet in een verbrandingsoven of afvalverwerker.

## Bijproduct Nereda

Kaamera ontstaat niet zomaar in elk waterzuiveringsproces – het is een bijproduct van de nieuwe zuiverings-technologie genaamd Nereda. Ook bij

# 3000 ton

Hoeveelheid natte stof dat de fabriek jaarlijks gaat produceren, de droge stof is 10% van dat volume. Er is ruimte om de capaciteit te verdubbelen

Aandeel van het afvalslib dat Kaumera bevat  
**1/3 deel**

Investeringskosten, gefinancierd door het Waterschap Rijn en IJssel en de Europese Unie

# €13,6 miljoen

**Aantal wereldwijd geïnstalleerde Nereda-afvalwaterzuiveringen**

# 70

Aantal partners dat bij de Kaumera-fabriek is betrokken: Waterschap Rijn en IJssel, Waterschap Vallei en Veluwe, TU Delft, RoyalHaskoning DHV, Chaincraft, Stowa, Energie- en Grondstoffenfabriek, Koploperwaterschappen en het EU Life Programma

# 9

deze technologie staan Delftse onderzoekers aan de basis: zij ontdekten een methode om afvalslib met behulp een specifieke bacteriële behandeling niet te laten bezinken in vlokken, maar in korrels. Hierdoor bezinkt het sneller, zijn er minder opslagtanks nodig en neemt de gehele installatie minder ruimte in beslag. Deze technologie is de afgelopen jaren verder ontwikkeld en door RoyalHaskoningDHV inmiddels al op zeventig plaatsen wereldwijd geïnstalleerd.

### Grondlegger

Mark van Loosdrecht, hoogleraar milieubiotechnologie en waterzuivering en Spinozawinnaar, was de grondlegger van de Nereda-technologie. Hij stuitte op het promotieonderzoek van de Chinese Yuemei Lin; zij ontdekte een alginaat-achtige stof in de slibkorrels. Alginaat is een grondstof voor bioplastic, die doorgaans uit zeewier wordt gewonnen.

“De stof lijkt op alginaat, maar blijkt een totaal andere samenstelling te hebben”, aldus Van Loosdrecht. “Het heeft een hoge stijfheid, is behoorlijk sterk en niet brandbaar. Die eigenschappen zie je niet in andere materialen. Dat maakt de stof geschikt voor *high performance* materialen, zoals

brandwerende deuren, coatings op schepen of materialen in de vliegtuig- of auto-industrie.”

Het materiaal kan ook op grotere schaal geproduceerd worden dan alginaat uit zeewier, en is daarmee een stuk goedkoper. “Als alle huidige Nereda-installaties Kaumera zouden produceren, dan levert dat al meteen

*Niet alleen fabrieksafvalwater, maar ook onze poep en pies krijgen een nuttig tweede leven*

hetzelfde marktvolume op als de totale alginaatmarkt”, aldus Van Loosdrecht. Door de samenwerking met Chaincraft, die de eerste twee jaar alle productie zal afnemen, is de verwachting dat het uiteindelijk een kosteneffectieve investering wordt.

De installatie in Zutphen heeft maar één bron: de zuivelfabriek van FrieslandCampina in Lochem. Een persleiding die het afvalwater voorheen naar de naastgelegen rioolwaterzuivering pompte, is omgelegd zodat het afvalwater nu direct in een van de nieuwe Nereda-tanks terecht komt. Daar ontstaan de slibkorrels die vervolgens door de nieuwe extractie-installatie

worden geleid en daar Kaumera produceren.

Begin 2020 wordt ook in Epe een Kaumera-installatie in gebruik genomen, die ook huishoudelijk afvalwater gaat zuiveren. Niet alleen fabrieksafvalwater, maar ook onze poep en pies krijgen daarmee een nuttig tweede leven. Van Loosdrecht: “Ik vind het mooi dat we, met de nodige creativiteit, high performance materialen kunnen maken van iets dat je door het toilet spoelt.”

Is de ontdekking van Kaumera van dezelfde orde als die van grafeen, het tweedimensionale koolstofmateriaal dat de Brits-Nederlandse Andre Geim de Nobelprijs voor de Natuurkunde opleverde? Van Loosdrecht aarzelt.

“Dat oordeel laat ik liever over aan anderen. Maar de speelsheid van het ontdekken van grafeen, door gewoon op een vrijdagmiddag wilde ideeën uit te werken, is misschien vergelijkbaar.” Wat hem betreft toont deze ontdekking aan dat ook onderzoek zonder een duidelijk vooraf opgesteld doel nuttig kan zijn. “Toen we hieraan begonnen was het geen mode-onderwerp. We wilden gewoon meer over die bacteriën weten en wisten toen nog niet dat we met deze stof een materiaal konden maken. Dat was een toevallig treffer.” <<



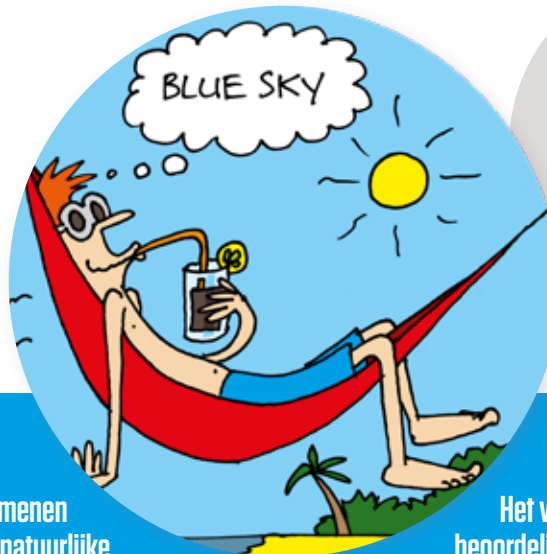

 HORA EST

## Om minderheden te helpen met integreren zou de Nederlandse taal niet langer gebruik moeten maken van verschillende voorzetsels maar alleen van het voorzetsel 'de'.

Dr. Alaaeddin Ayyoub Swidan, ICT ingenieur

“Ik leer nu sinds vier jaar Nederlands, maar ik vind het nog steeds moeilijk om in het openbaar te spreken. Een van de redenen is dat ik fouten maak met ‘de’ en ‘het’, en ook met bezittelijke voornaamwoorden ‘onze’ en ‘ons’ en bijvoeglijke voornaamwoorden zoals ‘mooi’ en ‘mooie’. Ik wil perfect spreken, maar niet hoeven te onthouden welk woord welk voorzetsel heeft. Er is geen logica! En het ondermijnt mijn zelfvertrouwen. Nederlanders horen ‘de’ en ‘het’ fouten

onmiddellijk, en ze delen je meteen in als niet-Nederlander. Mijn dochter zit op de lagere school en, misschien omdat ze vooral optrekt met andere kinderen van minderheden, voorzetsels kunnen haar niet zoveel boeien. Ik denk dat het Nederlands zich dynamisch ontwikkelt en dat de woord ‘het’ vervalt. Maar ook als dat niet gebeurt, kunnen we dan afspreken dat er belangrijkere zaken zijn dan ‘de’ en ‘het’ fouten?”



**Vrijdenken leidt bij de meeste promovendi tot falen.**

Zhaoling Li

**Bovennatuurlijke fenomenen en wonderen zijn natuurlijke fenomenen die we nog niet begrijpen!**

Hamed Ahmadpanani

**Een cursus doen is efficiënter om een taalprogramma te leren dan oefenen.**

Yaqing Shu

**Voor het waarnemende systeem van een robot is realiteit niet meer dan een zeer complexe simulatie.**

Kirk Yannick Wilhelm Scheper

**Het veelal op het individu gerichte beoordelingsmechanisme in de academische wereld belemmert samenwerken.**

Danique Ton

**Waterbatterijen zullen stationaire Li-ion batterijen vervangen.**

Zhaoling Li

**Een goede onderzoeker is iemand die snel en gedurfd kan denken, maar langzaam en zorgvuldig schrijft en praat.**

Qingli Li

# Na Delft

Joris Thijssen raakt gefascineerd door ruimtevaart als hij als kind hoort dat Wubbo Ockels astronaut wordt. Zijn studie brengt hem echter niet naar de ruimte, maar naar Greenpeace.

**H**oe bijzonder is dat? Je wilt als kind astronaut worden vanwege Wubbo Ockels en jaren later hoor je dat diezelfde Ockels hoogleraar wordt aan jouw TU Delft. Student Joris Thijssen bedenkt zich geen moment en stapt op Ockels af met de vraag wat hij moet doen om bij hem af te studeren. Hij krijgt te horen dat hij eerst maar eens wat verder moet zijn, hij heeft immers net zijn propedeuse.

Thijssen vindt dat er meer is dan studeren en gaat na zijn tweede jaar een jaartje reizen. Het zet hem aan het denken over wat de mensheid de aarde 'aandoet' en hij besluit als vrijwilliger aan de slag te gaan bij Greenpeace, naast zijn studie. De milieuactivist in Thijssen is geboren.

In 2000 studeert hij, jawel, bij Ockels af op het doorlichten van het ontwerp van de maanlander die met de Ariane4-raket naar de Zuidpool van de maan zou gaan. Hij onderzoekt of het ook een Ariane5-missie kan zijn met extra satellieten en hoe de raket dan vanuit een baan rond de aarde naar de maan kan vliegen.

Daarna gaat Thijssen met Greenpeace zes weken naar Rusland om publiciteit te zoeken voor weggelekte olie van Shell. Met een andere TU-alumnus, de latere PvdA-politicus Diederik Samsom, verricht hij in Frankrijk metingen naar radioactiviteit bij een lozingspijp.

Terug in Nederland kan hij als typist bij Greenpeace beginnen. Van 'oude rotten in het vak' leert hij



**Naam:** Joris Thijssen  
**Woonplaats:** Muiderberg  
**Burgerlijke staat:** Samenwonend, twee zonen  
**Opleiding:** Luchtvaart- en ruimtevaarttechniek (1992-2000)  
**Vereniging:** Proteus-Erefes

Foto: Sam Renimaeester


wat campagnevoeren is. Zijn studie komt daarbij van pas. "We maken een analyse van het milieuprobleem, zoeken een oplossing en rekenen daar aan", zegt hij. Binnen een jaar is hij campagneleider, eerst voor kernenergie, daarna voor klimaatverandering.

Toch denkt Thijssen nog lang na of hij wat moet doen met zijn ingenieursopleiding. Hij solliciteert in 2003 in Engeland bij Astrium, de civiele ruimtevaarttak van het Europese defensiebedrijf EADS, waar hij stage heeft gelopen. Een dag voordat hij er zal beginnen, krijgt hij een telefoontje dat hij niet hoeft te komen vanwege bezuinigingen. Greenpeace ziet hem graag terugkeren als campagneleider. Hij helpt in 2007 het kantoor in China

en werkt vervolgens met twintig kantoren wereldwijd bij Greenpeace International, totdat hij vader wordt en minder wil reizen. Het 'mysterie

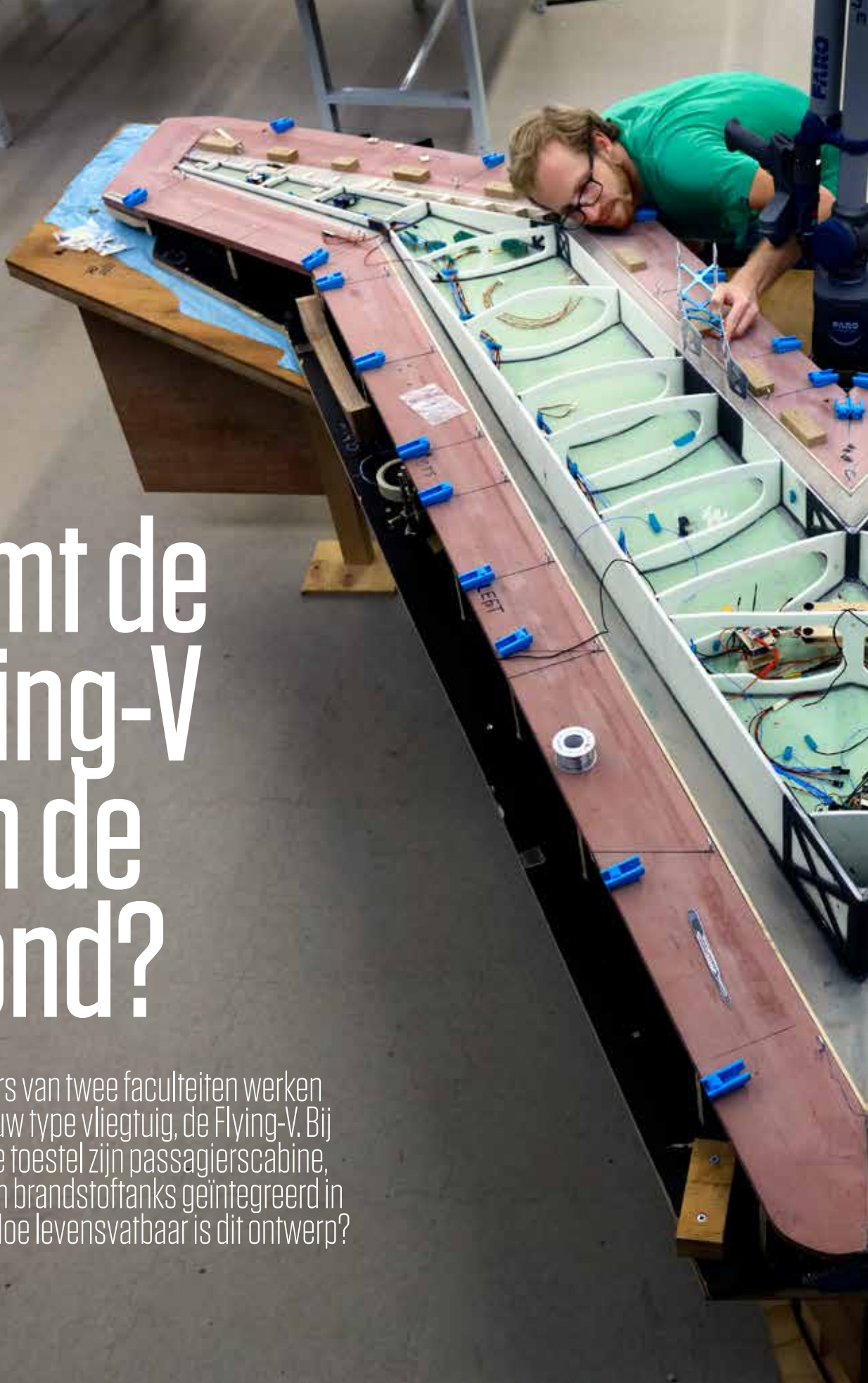
Zijn studie komt van pas bij het actievoeren

van het managen', zoals hij dat noemt, lonkt. Hij wordt campagnedirecteur en in 2016 directeur van Greenpeace Nederland.

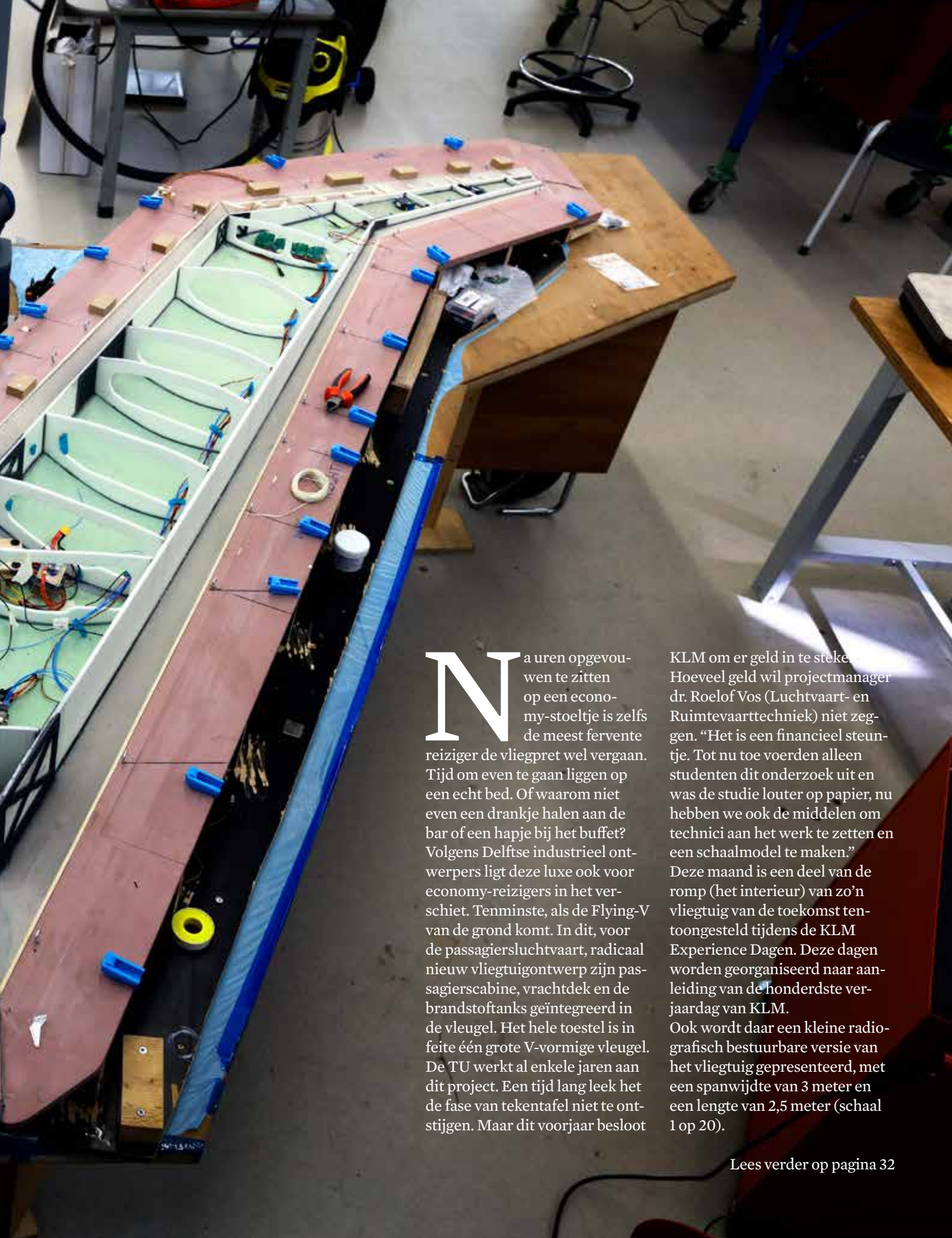
Pal daarna spant hij met anderen tussen twee windmolens in de Eemshaven een lijn van vijfhonderd meter om er daarna 24 uur lang in een klimgordel aan te hangen, om een steenkolenschip tegen te houden. "Mijn tofste actie." 

# Komt de Flying-V van de grond?

Onderzoekers van twee faculteiten werken aan een nieuw type vliegtuig, de Flying-V. Bij dit staartloze toestel zijn passagierscabine, vrachtdak en brandstoftanks geïntegreerd in de vleugel. Hoe levensvatbaar is dit ontwerp?







**N**a uren opgevouwen te zitten op een economy-stoeltje is zelfs de meest fervente reiziger de vliegpret wel vergaan. Tijd om even te gaan liggen op een echt bed. Of waarom niet even een drankje halen aan de bar of een hapje bij het buffet? Volgens Delftse industrieel ontwerpers ligt deze luxe ook voor economy-reizigers in het verschiet. Tenminste, als de Flying-V van de grond komt. In dit, voor de passagiersluchtvaart, radicaal nieuw vliegtuigontwerp zijn passagierscabine, vrachtdek en de brandstoftanks geïntegreerd in de vleugel. Het hele toestel is in feite één grote V-vormige vleugel. De TU werkt al enkele jaren aan dit project. Een tijd lang leek het de fase van tekentafel niet te ontstijgen. Maar dit voorjaar besloot

KLM om er geld in te steken. Hoeveel geld wil projectmanager dr. Roelof Vos (Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek) niet zeggen. “Het is een financieel steuntje. Tot nu toe voerden alleen studenten dit onderzoek uit en was de studie louter op papier, nu hebben we ook de middelen om technici aan het werk te zetten en een schaalmodel te maken.” Deze maand is een deel van de romp (het interieur) van zo’n vliegtuig van de toekomst tentoongesteld tijdens de KLM Experience Dagen. Deze dagen worden georganiseerd naar aanleiding van de honderdste verjaardag van KLM. Ook wordt daar een kleine radiografisch bestuurbare versie van het vliegtuig gepresenteerd, met een spanwijdte van 3 meter en een lengte van 2,5 meter (schaal 1 op 20).

Het interieur, met twee rijen van elk vier stoelen, was in augustus te zien tijdens het International Comfort Congress in het faculteitsgebouw van IO. Projectmedewerker van de Flying-V, Thomas Rotte, legt uit wat voor innovaties in het interieur verwerkt zitten. “De stoelen zitten niet recht op één lijn zoals in een huidig toestel, maar verspringen, om meer been- en schouder ruimte te creëren. Aangezien het vliegtuig een V-vorm heeft, en de lengterichting van de romp dus niet de vliegrichting is, levert het trapsgewijs plaatsen geen extra loze ruimte op. En per toeval kunnen we de stoelen daarvoor ook precies in de vliegrichting zetten.”

### Zitvlakken opvouwen

Ook aardig: de zitvlakken van de stoelen kunnen opgevouwen worden. “Dat vergemakkelijkt het boarding proces. Bijkomend voordeel is dat kinderen op de opgeklapte stoel prettiger kunnen zitten en dat volwassenen een andere houding kunnen aannemen om de benen te strekken.”

Voor de conferentiebezoekers is het even wennen. “Toegegeven, je zit iets ruimer. Maar het is ook een stuk intiemer”, zegt een dame die op de tweede rij zit. “Doordat de stoelen verspringen, zit ik schuin achter mijn buurman en kan ik makkelijk meelesen op zijn tablet.” Haar buurman verbaast zich er op zijn beurt over dat de stoelen niet evenwijdig aan de romp zijn geplaatst. “We worden toch misselijk op deze manier? We zitten niet in de vliegrichting.” Maar dat laatste is juist wel het geval, doordat het vliegtuig een V-vorm heeft.

### Privacy

Voor het euvel van de privacy heeft promovenda Meng Li, van de sectie applied ergonomics and design, iets bedacht. Zij voorziet dat reizigers zichzelf in de toekomst kunnen afschermen met een kap die je tot aan de schouders over je heen kunt buigen. Hierin zit een beeldscherm verwerkt waardoor je ongestoord films kunt kij-



Voor de conferentiebezoekers is de opstelling van de stoelen even wennen.

ken tijdens de vlucht. De kap is doorzichtig, maar je kunt hem met een simpel schuifje ook donker maken. Niet alleen de extra beenruimte en gadgets moeten zorgen voor extra comfort. In het toestel komen ook bedden. Volgens projectmedewerker

*‘Ons vliegtuig kan makkelijk verlengd of verkort worden. Dat is noodzakelijk om zo’n nieuw type vliegtuig rendabel te krijgen. Bij de blended wings die tot nu toe zijn ontworpen was dat niet mogelijk’*

Rotte is er ruimte voor stapelbedden tussen de spijlen, die voor extra stevigheid zorgen, aan de binnenkant van het vliegtuig.

Tijdens de conferentie zijn de bedden nog niet te zien. “Het was nog een hele toer om stapelbedden te maken die je ook in stoelen kunt transformeren”, zegt Rotte. “Dat is noodzakelijk, want bij het opstijgen en landen moeten passagiers verplicht zitten met een gordel om. We hebben een techniek bedacht en die gaan we patenteren.” Het vliegtuig krijgt ook plekken waar je met vier mensen tegenover elkaar kunt zitten, net als in de trein. En loungestoelen die ver naar achteren kunnen worden gezet. Ook deze zijn

trapsgewijs geplaatst om ruimte te besparen, maar dan in verticale richting. Hierdoor ligt de achterste passagier met zijn benen half onder de passagier voor hem.

Rest de vraag hoe de *cabin crew* drankjes en hapjes gaan uitdelen. Met rijen van vier stoelen lukt het al niet om de verste passagier te bedienen, laat staan als de rijen nog langer worden.

Rotte denkt dat de bediening misschien herzien moet worden. “De plek in het toestel waar de twee vleugels samenkomen, wordt lastig in te richten. Je krijgt daar passagiersstromen uit beide vleugels. Het is niet handig om daar stoelen te plaatsen. Een buffet daarentegen zou mogelijk zijn.”

### Blended wing-concept

Terug in de tijd. Als sinds de jaren vijftig wordt er geschaafd aan straalvliegtuigen met de bekende sigaarvormige romp. Sinds deze toestellen het luchtvaartvervoer veroverden, zijn ze energiezuiniger en stiller geworden, maar de rek is er uit. Voor een efficiëntieslag moeten vliegtuigfabrikanten overstappen op een radicaal ander ontwerp.

Vliegtuigen waarbij romp en vleugels ineenvloeien in een zogenaamde *blended wing body*, zijn veel aerodynamischer. Het leger maakt al sinds de jaren veertig gebruik van die vorm.



Neem de Amerikaanse Northrop YB-49, die in 1947 voor het eerst vloog. De Flying-V lijkt er veel op. Alleen transporteerde de Northrop bommen en geen passagiers. In de burgerluchtvaart wil het niet vloten met de *blended wings*. De Delftse onderzoekers hopen daar verandering in te brengen.

L&R-projectleider Roelof Vos legt uit dat het ontwerp op een cruciaal punt afwijkt van het oude *blended wing*-concept. "Ons vliegtuig kan makkelijk verlengd of verkort worden. Dat is noodzakelijk om zo'n nieuw type vliegtuig rendabel te krijgen. Bij de *blended wings* die tot nu toe zijn ontworpen was dat niet mogelijk."

De Delftse ingenieurs borduren voort op een patent van Airbus. In 2014 plakte een student van de TU Berlijn, die stage liep bij Airbus, op de tekentafel twee A320-rompen in een V-vorm aan elkaar en gaf deconstructie een meer gestroomlijnde vleugelvorm. Hij plaatste twee kleine extra vleugeltjes aan de tips. Airbus zag wel wat in het ontwerp en patenteerde het.

Vos was geïntrigeerd. "Met een gezonde academische kritische houding zijn we een onafhankelijk onderzoek gestart. We zijn gaan rekenen en hebben de vorm wat aangepast."

Doordat dit toestel een betere aerodynamische vorm heeft en een lager gewicht, zou het twintig procent minder brandstof moeten verbruiken dan de Airbus A350, die als referentie dient. De Flying-V moet ongeveer hetzelfde aantal passagiers gaan vervoeren (314) en dezelfde hoeveelheid vracht (160 kubieke meter).

Hoewel het toestel minder lang is dan een A350, heeft het dezelfde spanwijdte. Daardoor zou de Flying-V probleemloos gebruik moeten kunnen maken van de huidige infrastructuur op luchthavens en past het toestel in dezelfde hangar als de A350. Maar het zal nog een hele tijd duren voordat een vliegtuig als deze passagiers vervoert. Als het al doorgaat. "Passagiers zullen tot op zijn vroegst tot 2040 moeten wachten", zegt Vos.

### Assemblage model

Vlak voordat dit blad naar de drukker ging werd nog hard gewerkt aan het radiografisch bestuurbare model. Onderzoeker Malcom Brown (L&R) laat de werkplaats zien. Met een robotarm assembleert Brown stap voor stap het vliegtuig. "Binnenkort plakken we de onder- en bovenkant van het vliegtuig aan elkaar, en dan kunnen we nergens meer bij. Alle elektronica moet dan

foutloos werken."

Brown ziet een grote uitdaging in de stabiliteit van het vliegtuig. "Bij een traditioneel vliegtuig staat het roer ver naar achteren, bij de staart. Bij ons toestel moet er met de vleugels gestuurd worden. Dat is een stuk lastiger."

Of het toestel zal vliegen voordat hij op Schiphol te zien is? Brown durft het niet met zekerheid te zeggen. "Hij zal in ieder geval niet vliegend op Schiphol gepresenteerd worden. Dat is te gevaarlijk."

### G-krachten

Op technologiewebsite *arstechnica.com* werd kritisch gereageerd op het Flying-V-project. Het zal voor passagiers voelen alsof ze in een achtbaan zitten, stelt de site. Doordat reizigers relatief ver van de middenlijn van het vliegtuig zitten, ervaren ze hogere G-krachten op momenten dat het toestel draait. Dit zou zeker gelden voor economy class-passagiers omdat zij verder naar achteren en naar de zijanten zitten.

Volgens Vos valt dit wel mee. "Airbus heeft er indertijd onderzoek naar gedaan door mensen in een simulator te stoppen. Tot 11 à 12 meter van de middenlijn hadden passagiers nergens last van. Die afstand houden wij aan."

Belangrijke vraag is hoe snel de passagiers het toestel kunnen verlaten in geval van nood. Alle passagiers moeten het vliegtuig binnen 90 seconden hebben verlaten, gebruikmakend van slechts de helft van het aantal nooduitgangen. "Dat zullen we nog uitproberen", zegt Vos. "Daar hebben we niet het echte toestel voor nodig. We gaan experimenteren met proefpersonen in een ruimte met hetzelfde formaat. Mogelijk zullen we het toestel moeten aanpassen om aan de evacuatie-eisen te voldoen. Maar ik verwacht niet dat dit een *show stopper* zal zijn." <<



Een deel van de romp wordt in elkaar gezet voor de conferentie.



# 'Nederland zal thoriumreactor hard nodig hebben'

Nederland heeft kernenergie nodig voor de reductie van CO<sub>2</sub>, denkt Jan-Leen Kloosterman. Hij leidde afgelopen zomer in Delft een conferentie over een nieuw type kernreactor: de thoriumreactor. Nederland zou moeten investeren in een prototype, vindt de hoogleraar reactorfysica.



Jan-Leen Kloosterman: "De overheid lijkt volledig te vertrouwen op zon en wind."

**K**ernenergie is in Europa een ongemakkelijk onderwerp. Duitsland heeft kernenergie in de ban gedaan na

Fukushima, maar ziet sindsdien de CO<sub>2</sub>-uitstoot stijgen door het gebruik van kolencentrales. Frankrijk heeft echter geen enkel probleem met kernenergie, maar de reactoren zijn wel

een halve eeuw oud. Het gezamenlijke probleem van eeuwig levend kernafval wordt doorgeschoven naar volgende generaties. Alle redenen, zou je denken, voor een

Europese ontwikkeling van veiliger kernreactoren en oplossingen voor kernafval. Maar zo gaat het niet, legt prof.dr.ir. Jan-Leen Kloosterman uit. Hij is hoogleraar reactortechnologie bij de faculteit Technische Natuurwetenschappen (TNW) en hij leidt

## Het gezamenlijke probleem van eeuwig levend kernafval wordt doorgeschoven naar volgende generaties

Europese onderzoeksprogramma's op het gebied van kernenergie. "Er is in Europa weinig onderzoeksgeld voor kernsplijting", constateert hij. Europa investeert wel fors in de experimentele fusiereactor ITER met een budget van minimaal 20 miljard euro, maar er gaat geen procent van dat bedrag naar een prototype gesmolten-zoutreactor.

De reden? Europese onderzoekfondsen mogen zelf geen onderzoeklijnen initiëren maar volgen investeringen van lidstaten. Daarom vindt Kloosterman dat Nederland €200 miljoen zou moeten investeren in een prototype van een thoriumreactor (zie kader).

### Virtuele reactor

Kloosterman heeft berekend dat in een CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteitsvoorziening, zoals die voor 2050 bedoeld is, Nederland ongeveer 10 procent van de elektriciteit uit kernenergie moet halen. Kernenergie zou dan de basisvoorziening zijn in het variërende aanbod van zonne- en windenergie. "De overheid lijkt volledig te vertrouwen op zon en wind", zegt Kloosterman. "Of ze nemen hun eigen klimaatbeleid niet serieus en houden fossiele centrales aan als back-up." Voor een stabiele fossielvrije stroomvoorziening is de vraag volgens hem dus: houden we vast aan de bestaande reactortechnologie, of gaan we iets beters ontwikkelen?

Alle onderzoekers die afgelopen juli in Delft aanwezig waren voor de afsluiting van het onderzoeksprogramma Samofar (Safety Assessment of Molten Fast Reactor, 2015-2019) zijn ervan

overtuigd dat de thoriumreactor de betere optie is (zie kader). Kloosterman vindt, als voorzitter van het programma, dat er veel bereikt is gezien het beperkte budget van circa 4 miljoen euro. Het onderzoek gaat door in het volgende Europese onderzoeksprogramma Samosafer (2019-2023). Het plan is om fysische modellen te ontwikkelen voor het smelten en stollen van zout (het transportmiddel binnen de reactor), voor de vrijkomende stralingswarmte, en voor het ontwerp van de vriesplug die dient als veiligheidsklep als de reactor oververhit zou raken. De plug smelt dan en het gesmolten zout loopt uit de reactor waardoor de kernreactie dooft.

Het eindproduct van het onderzoek, dat al sinds 2010 loopt, is een compleet softwarepakket dat de reactor tot in details simuleert. Vooral onder extreme omstandigheden, om de veiligheid onder alle omstandigheden te garanderen.

### Aan de slag

Zowel Kloosterman als dr.ir. Danny Lathouwers, die het onderzoek naar mogelijke ongevallen met de thoriumreactor leidde) vinden dat het dan, over vier jaar, hoog tijd is voor praktisch onderzoek.

Ze willen, net als onderzoekers in het Sinap-laboratorium in Sjanghai willen doen, een klein prototype bouwen van een gesmolten-zoutreactor. De kosten daarvan worden op € 200 miljoen geschat.

Is dat niet veel geld voor een klein land? Kloosterman vindt van niet, en wijst naar België dat € 500 miljoen uittrekt voor de speciale kernreactor Myrrha die geschikt is om langlevend kernafval te versplijten.

Als de overheid besluit om de ontwikkeling van een thoriumreactor te steunen kan er volgens hem in 2030 een klein prototype staan. Kloosterman schetst het vervolg in grote lijnen: een demonstratiereactor in 2040 en een Europese commerciële thoriumreactor in 2050. Die komt dan waarschijnlijk als geroepen om het elektriciteitsnet te stabiliseren. <<

## Waarom een thoriumreactor?

Het hart van het ontwerp is een gesmolten-zoutreactor (Molten Salt Fast Reactor of MSFR). Dat is een sterk aangepast ontwerp van de reactor die in de jaren 'zestig van de vorige eeuw duizenden uren heeft gefunctioneerd in het Oak Ridge Lab in de Verenigde Staten. In het gemoderniseerde Franse ontwerp is de kern van de reactor een twee meter hoge en brede stalen cilinder, gevuld met gesmolten zout en uranium (U-233) als splijtstof. De hitte van de reactor (op ongeveer 750 graden Celsius) wordt met warmtewisselaars afgevoerd naar stoomturbines (voor de stroomopwekking).

In het ontwerp van het CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) functioneert de reactor op omgevingsdruk, waardoor er geen risico bestaat op explosies. Thorium is geen splijtstof, maar door het met neutronen te bestralen wordt thorium omgezet in U-233, wat wel een splijtstof is. Aan de buitenzijde van de reactor wordt daarom splijtstof uit thorium gekweekt.

Splijtingsproducten worden continu uit het gesmolten zout gezuiverd. Het grootste deel daarvan is na tien jaar nauwelijks radioactief meer, en een klein deel (ongeveer 20 procent) moet 300 jaar bewaard worden. Vergelijk dat eens met de geologische opslagplaatsen die voor het huidige kernafval nodig zijn.

## PERSOONLIJK

**Drs. Aulke Hassoldt** is de nieuwe decaan van de faculteit TBM. Zij studeerde natuurkunde en werkte onder meer bij Rijkswaterstaat, RIZA, TNO en het RIVM en is voorzitter van het Nationaal Netwerk Risicomanagement.

**Prof.dr.ir. Margot Weijnen** (hoogleraar process & energy systems engineering) treedt toe tot de raad van bestuur van NWO. Zij wordt voorzitter van het domein Toegepaste en Technische Wetenschappen.

**Dr.ir. Norbert Kalb** (QuTech) heeft de Stevin Hoogendijkprijs ontvangen van het Bataafsch Genootschap. Hij toonde aan dat verstrengelde quantumbits sneller communiceren dan de lichtsnelheid. Dit vormt de basis voor een veilig quantuminternet.

**Prof. Boudewijn Lelieveldt** (EWI), **prof. Catholijn Jonker** (EWI) en **prof. Ibo van der Poel** en **prof. Sabine Roeser** (TBM) hebben miljoenen ontvangen van het ministerie van OCW voor hun zwaartekrachtprogramma's. Met het geld kunnen de onderzoekers 10 jaar lang toponderzoek doen.

Vijf Delftse onderzoekers hebben een Europese starting grant gekregen waarmee ze vroeg in hun carrière een onderzoeksgroep kunnen starten. Dit zijn **Daan Brinks**, **Arjen Jacobi** en **David Vermaas** van TNW en **Tim Taminiau** en **Menno Veldhorst** van QuTech.

Hiberband, een innovatie van het door alumnus **Coen Janssen** opgerichte Hiber, is benoemd tot één van de drie 'Nationale Iconen van Nederland.' Hiberband leest via een eigen satellietnetwerk allerlei sensoren en toepassingen uit. Het heeft een grotere werelddekking dan GSM, wifi en bluetooth samen. Eerdere winnaars waren onder andere QuTech (2014) en Blue Energy (2016).

## Scheve tegels

Het voltrok zich zo langzaam dat ik er zelf amper erg in had, totdat bezoek me erop wees. "Je stoep-tegels liggen er lekker bij zeg.

Verzakkingje?" Ineens keek ik naar mijn voortuin door zijn ogen en inderdaad, het begon daar een hindernisparcours van scheve tegels te worden.

Heel Holland Zakt luidde de titel van een artikel van wetenschapsjournalist René Didde dat de Volkskrant een paar jaar geleden publiceerde over de grond onder onze voeten. Prachtige titel, maar de inhoud was zorgelijk. De meest drassige plekken in Nederland zakken nog deze eeuw tot 84 centimeter; dan gaat het land harder omlaag dan de zeespiegel stijgt. Veengrond oxideert en klinkt in zodra het wordt blootgesteld aan de lucht. Wat zou helpen is een hogere grondwaterstand, maar dat willen de boeren niet. Wordt dat gras al te drassig dan loopt de tractor vast in de blubber. Dus blijft de grondwaterstand laag, blijven we zakken en leidt dat oxiderende veen bovendien tot de uitstoot van extra broeikasgassen.

In Heel Holland Zakt komen experts aan het woord die allerlei creatieve oplossingen aandragen, van lichtgewicht koeien die de grond minder in elkaar drukken tot drijvende woonwijken. Out of the box-denken is hard nodig, maar het is de vraag of de innovaties bijtijds doordringen.

Het is al een flinke tijd opvallend droog in Nederland, met een daarbij horende lage grondwaterstand en extra verzakingsproblemen. Bij een miljoen huizen dreigt het mis te gaan, waarschuwde het Kenniscentrum Aanpak

Funderingsproblematiek dit jaar. Vooral huizen die gebouwd zijn voor 1970 lopen risico, aldus het bericht van RTL Nieuws: één op de vier dreigt te verzakken. De kosten voor huiseigenaren kunnen oplopen tot 100 duizend euro. Volgens mij is mijn huis van voor 1970. Ik heb zéker geen 100 duizend euro. En mijn stoeptegels liggen scheef.

Terwijl ik naar de bouwmarkt rij voor een paar zakken dekzand om de boel weer recht te leggen, probeer ik mezelf tot kalmte te manen. Natúúrlijk zegt zo'n Kenniscentrum Aanpak Funderingsproblematiek dat er grote funderingsproblemen zijn; elk kenniscentrum in wat dan ook heeft belang de eigen problematiek dik aan te zetten. Stel je voor dat zo'n Kenniscentrum zegt 'verzakkingen vallen reuze mee, top al die funderingen, honderd jaar niks meer aan doen'. Zo'n Kenniscentrum zou zichzelf direct kunnen opdoeken.

Bovendien - kalm blijven nu Mudde! - betekenen scheve stoeptegels niet dat er ook iets mis is met je huis. Dat huis staat op heipalen, er is in geen enkele muur een scheur te bekennen, alle ramen en deuren gaan nog soepel open en dicht.

Terug van de bouwmarkt wip ik één voor één mijn stoeptegels op, strooi het dekzand uit, stamp het aan en leg de tegels weer terug. Ziet er goed uit - het oppervlak zo plat als een biljartlaken. Voor even

weer dan, want onder die tegels is iets gaande en niemand kan het stoppen. Heel Holland zakt.

Ir. Tonie Mudde (1978) is chef wetenschap bij de Volkskrant en studeerde luchtvaart- en ruimtevaarttechniek aan de TU Delft.





# DE ZAAK

Met de ervaring die ze opdeden bij het Solar Boat Team begonnen drie (oud) TU-studenten Flying Fish, een bedrijf in maritieme innovatie. Hun advies: "Als medewerkers het gezellig hebben, motiveert dat jou ook."

**G**ijsbert van Marrewijk en zijn medeoprichters van het bedrijf Flying Fish kennen elkaar van het Solar Boat Team van de TU Delft. Ze willen vervoer over water een efficiënt en duurzaam alternatief maken voor vervoer over land door de draagvleugeltechniek van de Solar Boat commercieel toe te passen. Met hun simulatiesoftware HOST kunnen

## Met een app moeten reizigers een watertaxi kunnen reserveren

ze berekenen en testen welke draagvleugel bij welke boot past. "Met een draagvleugel zweeft een boot boven het water en verbruikt je tot zestig procent minder brandstof", vertelt Van Marrewijk. "Onze Solar Boat haalde met het vermogen van twee waterkokers vijftig kilometer per uur."

Van Marrewijk behaalde in 2018 zijn master space systems engineering. Zijn medeoprichters, de broers Gerben en Johan Schonebaum, studeerden lucht- en ruimtevaarttechniek en High Tech Engineering. Hun vierde partner Olivier Prakken komt van buiten de TU en is een ervaren ondernemer. "Olivier gaf ons een netwerk cursus. We raakten aan de praat en vroegen hem advies. Uiteindelijk werd hij onze vierde oprichter." In december 2018 ging Flying Fish formeel van start. Met de zakelijke ervaring van Prakken

haalde het bedrijf direct een grote partner binnen: de watertaxi in Rotterdam. Van Marrewijk: "Wij benaderden hen met onze draagvleugel, maar zij wilden juist software om taxiriten efficiënter te plannen. Als ingenieur denk je: jammer, we komen over een paar jaar wel terug. Olivier zag juist kansen."

Zo begon Flying Fish met een tweede product: het Watertaxi Operations System. Door middel van data-analyse bestuderen ze de vaarroutes en de bezetting van de boten. Tim Visser houdt zich daar fulltime mee bezig: "De watertaxi heeft een grote set data, waarvan ze zelf niet wisten hoeveel waardevolle informatie daarin zit. Nu werken we aan een softwaresysteem om de boten optimaal te benutten. Met een app moeten reizigers een watertaxi kunnen reserveren."

De meeste andere medewerkers van het bedrijf zijn parttimers: oud-leden

Bedrijf: Flying Fish  
 Naam: Gijsbert van Marrewijk, medeoprichter en Tim Visser, medewerker  
 Studies: Luchtvaart- en ruimtevaarttechniek  
 Producter: Watertaxi Operations System en HOST Draagvleugel Simulator  
 Opgericht in: 2018  
 Medewerkers: Vijf voltijd (waaronder drie oprichters) en zes deeltijd medewerkers  
 Omzet: Naar schatting 150 duizend tot 200 duizend euro in 2019  
 Over vijf jaar: 6 miljoen passagiers in watertaxi's of draagvleugelboten met hun innovaties



Gijsbert van Marrewijk (r) en Tim Visser.

van het Solar Boat Team die naast hun masterstudie een paar dagen per week voor Flying Fish werken. "Je merkt als ondernemer dat het jou verantwoordelijkheid is om een goede werksfeer te creëren", vertelt Van Marrewijk. "Als medewerkers het gezellig hebben, motiveert dat mij ook."

Het creëren van zijn eigen opdrachten is voor hem de grootste uitdaging. "Als je naar een bedrijf toestapt hoop je dat ze zeggen: bedenk maar een draagvleugboot met deze specificaties. Zo werkt het niet. Jij moet een goed verhaal vertellen, zodat je de opdracht terugkrijgt die je wilt hebben en waar de klant het meest aan heeft. Dat is anders dan op de universiteit, waar een docent precies weet wat hij van zijn studenten kan vragen." 

# Samen met bedrijfsleven werken aan innovatie

'TU Delft sloopt laatste muur tussen wetenschap en bedrijfsleven' kopte het Financieele Dagblad in februari. Geen nood, de universiteit blijft een plaats voor onderzoek en onderwijs. Daarnaast werkt de TU steeds meer samen met bedrijven aan versnelde innovatie. Collegevoorzitter Tim van der Hagen legt het uit.

TEKST: AGAATH DIEMEL FOTO: DANIEL VERKLIJK

“In februari lanceerden we X!Delft, een nieuw programma waarbinnen we samenwerken met grote bedrijven en financiële instellingen. Niet aan specifieke projecten, zoals in het verleden vaak in de vorm van contractonderzoek gebeurde, maar juist in brede zin: kunnen nieuwe technologieën leiden tot nieuwe producten of businessmodellen? Dat alles vanuit onze filosofie dat wat we doen, impact moet hebben voor een betere samenleving. Zo kijken we met Heineken naar circulaire productie en met VolkerWessels naar het terugbrengen van hun CO<sub>2</sub>-voetafdruk.”

## Fieldlabs

“Die lancering was de aanleiding voor de kop in het FD. X!Delft is echter slechts een van de manieren waarop we onze samenwerkingen uitbreiden. Met Ahold Delhaize sloten we vorig jaar een overeenkomst om toepassingen voor robotica in de retail te verkennen. Verder hebben we de afgelopen jaren een flink aantal fieldlabs opgezet. Het Researchlab Autonomous Shipping bijvoorbeeld, waar alle partijen die bij de ontwikkeling van autonoom

varen betrokken zijn – onderzoekers, ondernemers en overheden – elkaar ontmoeten. The Green Village, ons openluchtlab waar we werken aan oplossingen voor wateroverlast in de stad, of testen of waterstofgas een alternatief kan zijn voor aardgas.”

## Medische samenwerking

“Verder werken we intensief samen met onze collega-universiteiten in Leiden en Rotterdam. Op de campus is dat terug te zien bij HollandPTC, het behandel- en researchcentrum voor protontherapie dat we met het Erasmus MC en het LUMC hebben opgericht. Vorig jaar hebben we de banden met het Erasmus MC en de Erasmus Universiteit Rotterdam (EUR) nog nauwer aangetrokken, zodat we geneeskunde, technologie en de sociale wetenschappen met elkaar kunnen verbinden om complexe vraagstukken op het terrein van gezondheid en gezondheidszorg aan te kunnen pakken.”

## Incubators

“Ook de bedrijvigheid op de campus neemt gestaag toe. Onze incubators Yes!Delft en Yes!Delft Labs bieden een plek aan tientallen innovatieve start-ups die voortkomen uit

Delftse kennis. En met succes: vorig jaar stond Yes!Delft op de tweede plek in de wereldranglijst voor universitaire bedrijfsincubators.

*‘Ontmoetingen zijn een belangrijk onderdeel van het innovatieproces; ontmoetingen die kunnen leiden tot inspiratie, kruisbestuiving en nieuwe samenwerkingen’*

Samen met het ASR Dutch Science Park Fund verkennen we inmiddels de mogelijkheden om een verzamelgebouw te realiseren voor scale-ups vanuit Yes!Delft en voor andere ondernemers die zich op de campus willen vestigen. Bedrijven als Applikon Biotechnology, VSL, Exact en 3M gingen hen voor en elektronicaconcern ABB volgt binnenkort.”

## Co-creatie

“Al met al zijn we aan het uitgroeien tot een universiteit 4.0: een innovatie-ecosysteem waarbinnen we samen optrekken met bedrijven, overheden en andere kennisinstellingen om de resultaten van onderzoek



Rector Magnificus prof.dr.ir. Tim van der Hagen heet iedereen welkom op de TU Delft Campus.

sneller bij markt en maatschappij te krijgen. Dat is nodig, want uitdagingen als de energietransitie, grondstoffenschaarste, een dichtslibbend wegennet, stijgende zeespiegel en dalende grondwaterstand zijn hoogst urgent. Het oude model, waarbij onderzoeksresultaten al dan niet tot verdere ontwikkeling kwamen in het bedrijfsleven, werkt dan niet meer. Die innovatieketen kost te veel tijd en te veel ideeën en vindingen halen nooit de eindstreep van de toepassing. Daarom zoeken we elkaar tegenwoordig op en werken niet meer naast of na elkaar, maar gezamenlijk en gelijktijdig. Juist die co-creatie versnelt innovatie.”

### TU Delft Campus

“Om deze ontwikkeling kracht bij te zetten hebben we besloten om het hele TU-gebied, inclusief het voormalige Technopolis-terrein verder te laten gaan onder één naam: TU Delft Campus. Tja, TU Delft Campus wordt dus eigenlijk TU Delft Campus, hoor ik u nu denken. Toch is

het een belangrijke stap. Het fysieke verschil zit hem dus daarin, dat we het voormalig Technopolis-terrein nu ook tot de campus rekenen. Nog veel belangrijker is dat we daarmee ook onze ‘zakelijke’ bewoners welkom heten in onze TU Delft-gemeenschap: één gemeenschap verbonden door technologie en de gezamenlijke drijfveer om te komen tot duurzame innovaties.”

### Ontmoetingen

“Dit hebben we op 20 september formeel gevierd met een kick-off waarbij meer dan 300 mensen uit alle hoeken van de campus aanwezig waren: studenten, onderzoekers en medewerkers van fieldlabs, start-ups, scale-ups en grote bedrijven. Het was nog maar het begin, want ontmoetingen zijn een belangrijk onderdeel van het innovatieproces; ontmoetingen die kunnen leiden tot inspiratie, kruisbestuiving en nieuwe samenwerkingen. Zelf moest ik trouwens wat eerder weg bij het evenement. Een uur later zat ik, samen met minister Van Engelshoven, op

de voorste rij bij de uitreiking van de Zwaartekrachtpremies, de subsidies voor ‘consortia van excellente wetenschappers die binnen hun vakgebied vernieuwend en invloedrijk wetenschappelijk onderzoek verrichten.’ Want onderzoek blijft uiteraard ook core business aan de TU Delft.”

### Toekomst

“En hoe ziet onze campus er over tien of twintig jaar uit? Iets tussen een traditionele campus en een hightech bedrijventerrein in, vermoed ik. Nog steeds een plek waar we excellent onderwijs geven en fundamenteel en toegepast onderzoek doen; tegelijkertijd een locatie waar we allemaal samen bouwen aan de toekomst en ons daarbij focussen op onze missie: impact voor een betere samenleving. Eén ding is zeker: op de campus blijft altijd plaats voor onze alumni, want ook u vormt een onmisbare schakel in ons Delftse ecosysteem. Niet voor niets zeggen we ‘TU Delft for Life.’” <<



# ‘Trots zijn is het belangrijkste voor alumni’

Ir. Nienke Maas is senior adviseur energietransitie bij TNO en heeft daardoor nog regelmatig contact met TU Delft. Ook is ze vaak op de campus te vinden als lid van het bestuur van het Universiteitsfonds Delft. “Ik ben blij met het commitment dat de universiteit toont in het contact met alumni.”

TEKST: AGAATH DIEMEL FOTO: GIJUS SCHOONWILLE

**N**ienke Maas heeft altijd oog gehad voor de gebouwde omgeving. “Wanneer ik als kind met mijn ouders in de auto zat, vroeg ik me al af hoe bruggen of viaducten gebouwd waren.” De keus voor civiele techniek lag voor de hand. “Dat zichtbare trok mij: je bent niet bezig met iets minuscuuls in een lab, maar met infrastructuur waar mensen dagelijks gebruik van maken.”

## Collectieve oplossingen

Bij TNO houdt ze zich al meer dan twintig jaar bezig met complexe stedelijke opgaven. “Ik werk nu aan het majeure vraagstuk van de energietransitie. Die gaat grote impact hebben op de gebouwde omgeving. Als je tien huizen energieneutraal maakt, valt dat wel mee, maar wat als we de huidige oplossingen opschalen naar hele woonwijken? Dat vraagt om slimme collectieve oplossingen, maar daarvoor moeten we ook scherp hebben hoe ons elektriciteitssysteem als geheel moet gaan functioneren”, legt ze uit. “Tegelijkertijd schrijdt de techniek voort. Drie jaar geleden was waterstof nog niet aan de orde, inmiddels zijn er een paar pilots met ‘groene’ waterstof. Het zou veel makkelijker zijn om huizen daarmee te verwarmen, omdat dan niet alle woningen geïsoleerd hoeven worden.

Maar wanneer is zo’n technologie klaar om veilig toe te passen? En hebben we wel genoeg waterstof voor laagwaardige energie als warmte?” Maas gelooft in actiegericht onderzoek, waarbij je oplossingen in de praktijk test, en tegelijkertijd wetenschappelijk evalueert. “We hebben echter ook weer niet de tijd of het geld om op honderd plekken met evenzoveel technieken te experimenteren. Dat maakt het een complex probleem, dat onderzoeksinstellingen, energiebedrijven, woningcorporaties of gemeentes gezamenlijk moeten aanpakken.”

## Polderen

Samenwerken is dus het credo. In Den Haag leidde ze recent een project tussen al die belanghebbenden in de energietransitie. “Dat draaide vooral

## De TU kan nog veel meer gebruikmaken van alumni en hun netwerken

om het vergroten van onderling begrip. Gemeentes bijvoorbeeld krijgen een grote verantwoordelijkheid vanuit de overheid; ze moeten vervolgens aan tafel met bewoners. Daar horen stevige



Nienke Maas: "We willen met het Universiteitsfonds bijdragen aan de excellentie van de TU Delft"

gesprekken en onderhandelingen bij, maar het begint bij oog hebben voor elkaars – vaak tegengestelde – belangen”, vertelt ze. “Dat is overigens niets nieuws. Vijfhonderd jaar geleden moesten we ook al polderen om droge voeten te houden in Nederland. De energietransitie is polderen bij uitstek en dat zit in ons DNA.”

“Om complexe maatschappelijke vraagstukken op te lossen, moeten we heel veel multidisciplinaire en ontwerpende kennis verbinden”, stelt Maas. Bij TNO gebeurt dat, net als bij de TU Delft. Dat ontdekte ze jaren geleden al toen ze afstudeerders begeleidde. “Het viel mij op dat de TU Delft zo’n ontwerpende, oplossingsgerichte universiteit is. Delftse studenten werken niet vanuit een hypothese, maar zoeken gericht naar een oplossing. Dat zie je ook nu nog bijvoorbeeld in de Dream Hall waar studenten uit alle faculteiten met enorme drive en ambitie samenwerken aan hun projecten: ze gaan net zolang door tot het gelukt is.”

### Commitment

Maas komt nog regelmatig in contact met TU Delft, zoals bij gezamenlijke onderzoeksprojecten of het opstellen van adviezen over energie-innovatie. Sinds een jaar of twaalf is ze ook

als alumnus actief betrokken bij de organisatie. “Ik trad toe tot het bestuur van de toenmalige alumnivereniging. Die stond destijds nog los van het Universiteitsfonds Delft.” Inmiddels is ze bestuurslid van het UfD. “Daar probeer ik zo veel mogelijk de continuïteit in het contact tussen alumni en de universiteit te bewaken. Ik ben blij met het commitment dat de TU nu toont.”

### Koers bepalen

Dat contact kan het beste al tijdens de studie gelegd worden, vindt ze. “De eerste jaren na mijn studie had ik vooral contact met studievrienden; de TU als instituut was niet zo relevant. Dat zie ik ook bij mensen in mijn omgeving. Ze voelen zich geen alumnus en pas als de kinderen een studie moeten kiezen, komt de universiteit weer in beeld.” Als lid van het alumnipanel helpt Maas het Universiteitsfonds bij het bepalen van de koers richting alumni. “We fungeren als klankbordgroep en adviseren bijvoorbeeld over hoe de TU zich richting alumni kan opstellen. De TU kan nog veel meer gebruikmaken van alumni en hun netwerken. Je kunt achterhalen hoe alumni staan in vraagstukken rondom integriteit of nieuwe technologieën,

wat helpt om het maatschappelijk debat te voeren”, zegt ze. Omgekeerd kunnen alumni ook veel halen uit het contact. “Alumni worden graag op de hoogte gehouden van het onderzoek op de TU en zijn geïnteresseerd in baanbrekende nieuwe kennis. Sommigen gebruiken de TU ook om kennis in hun vakgebied op peil te houden in het kader van leven lang leren.” Toch is trots op je alma mater volgens Maas misschien wel het belangrijkste voor alumni. “We willen met het Universiteitsfonds bijdragen aan de excellentie van de TU Delft. Als alumnus heb je er profijt van als je aan een topuniversiteit hebt gestudeerd. Positieve berichtgeving over de TU straalt ook op alumni af. Er is heel veel waar alumni trots op kunnen zijn, maar trots is net als vertrouwen: het komt te voet en vertrekt te paard. Dus ook daar is die continuïteit in het contact belangrijk voor.” <<

**Ben je geïnspireerd door dit verhaal en wil je ook de mogelijkheden tot blijvende betrokkenheid bij de TU Delft verkennen? Dan komen we graag met je in contact. Stuur een e-mail naar [alumnirelations@tudelft.nl](mailto:alumnirelations@tudelft.nl).**

# ALUMNI NIEUWS

## Activiteiten kalender

### 30 oktober

Karel Luyben Lezing Londen

### 7 november

Alumni Event Hamburg

### 14 november

Alumni Backstage Tour Robotics

### 17 november

Alumni Event Genève

### 23 november

Reünie Virgjel

Je kunt je aanmelden via de alumnicommunity [tudelffforlife.nl](http://tudelffforlife.nl) of via de website [alumni.tudelft.nl](http://alumni.tudelft.nl).

### Contact:

Vragen, opmerkingen of ideeën?

E-mail: [alumnirelations@tudelft.nl](mailto:alumnirelations@tudelft.nl)

Website: [alumni.tudelft.nl](http://alumni.tudelft.nl)

Community: [tudelffforlife.nl](http://tudelffforlife.nl)



'TU Delft for Life' is de online community voor alle Delftse alumni. Breid je netwerk uit, kom in contact met oud studiegenoten en blijf op de hoogte van het laatste nieuws en evenementen. Meld je aan via [tudelffforlife.nl](http://tudelffforlife.nl). Je kunt er ook je gegevens of communicatievoorkeuren wijzigen.

## Karel Luyben Lezing Londen | 30 oktober

Dr. Eline van der Kruk zal op woensdag 30 oktober de Karel Luyben Lezing 2019 geven in Londen. Zij neemt je mee in de wondere wereld van biomechanica, waar computersimulaties en

slimme sensoren de grenzen verleggen van menselijke beweging.

De Karel Luybenlezings zijn opgedragen aan rector magnificus emeritus Karel Luyben. Ze worden één keer per jaar in Delft en daarnaast één keer per jaar elders in wereld georganiseerd om jonge talentvolle onderzoekers en lokale wetenschappelijke communities te verbinden. Het een sociaal event waarbij studenten, alumni en betrokkenen die de TU Delft en haar onderzoek een warm hart toe dragen van harte welkom zijn.

Meer informatie kun je vinden op [alumni.tudelft.nl/events](http://alumni.tudelft.nl/events).



**Karel Luyben  
Lecture**

## Wetenschappelijke literatuur beschikbaar voor alumni

Veel alumni blijven ook na de studie geïnteresseerd in de wetenschappelijke literatuur, maar hebben na het afstuderen geen directe toegang meer via de oude studenten inloggegevens. Speciaal voor afgestudeerden die graag artikelen willen naslaan, heeft Alumni Relations een overzicht gemaakt van de verschillende manieren waarop nog wel toegang gekregen kan worden tot literatuur. Je vindt de diverse manieren op de website: [alumni.tudelft.nl/getthearticle](http://alumni.tudelft.nl/getthearticle).







## KUNNEN ALGEN HET KANKERVERWEKKENDE CHROOM-6 VERVANGEN?

In het lab van dr. Santiago García in de faculteit Luchtvaart-en Ruimtevaarttechniek gebeuren bijzondere dingen. Zijn onderzoeksgroep werkt aan nieuwe oplossingen voor problemen op het gebied van vliegtuigmaterialen. De groep boekt op dit moment succes met het gebruik van algen bij de ontwikkeling van een veilig en milieuvriendelijk corrosiebeschermer ter vervanging van het kankerverwekkende chroom-6. Een eigen algenkwekerij kan dit onderzoek versnellen.

### HELPT U mee?

Kijk op [universiteitsfondsdelft.nl/algen](https://universiteitsfondsdelft.nl/algen)

‘wanneer we algen gebruiken om duurzame corrosiebeschermers te maken, kunnen allerlei constructies worden beschermd zonder giftige en dure materialen te gebruiken’

Dr. Santiago García

## KOMT U OOK NAAR HET TASTE OF EXCELLENCE DINNER?



Word Goede Vriend en ontmoet het beste van de TU Delft. Het inspirerende *Taste of Excellence Dinner* is de feestelijke afsluiting van de *TU Delft Best Graduate Award Ceremony*, dit jaar op 12 november 2019. Goede Vrienden en de Best Graduates van de TU Delft dineren samen met andere genodigden en worden bedankt voor hun bijzondere betrokkenheid.

Goede Vrienden steunen het Universiteitsfonds met een fiscaal aantrekkelijke schenking vanaf jaarlijks 500 euro. Onder het motto *Team up With Excellence* helpen zij Delftse ambities op het gebied van onderwijs, onderzoek en talentontwikkeling mogelijk te maken.

**Wanneer u vóór 31 oktober 2019 Goede Vriend wordt, ontvangt u een uitnodiging. Voor meer informatie kun u contact opnemen met Machteld von Oven, relatie manager Goede Vrienden.**

✉ [m.w.vonoven@tudelft.nl](mailto:m.w.vonoven@tudelft.nl)

☎ +31 (0)15 278 8262

🌐 [www.universiteitsfondsdelft.nl/goedevriend](http://www.universiteitsfondsdelft.nl/goedevriend)



## Het lab van...

### Cognitieve robotica (3mE)

Stefan Bonhof (vehicle engineering) werkt voor zijn masterthesis aan 'knowledge-based robot control' binnen de afdeling Cognitive Robotics. De robot op de foto is een zogenaamde 'mobile manipulator' oftewel een robot-arm (met hand) op een mobiel platform. Bonhof programmeert de robot om zelfstandig voorwerpen en hun gebruiksmogelijkheden te herkennen. De robot heeft kennis over wat bijvoorbeeld kopjes, glazen, bekers, etc. zijn, hoe die eruit (kunnen) zien, en wat je ermee kunt doen (vloeistof in of uit gieten). Ook heeft de robot algemene kennis over hoe je dit soort dingen bijvoorbeeld het best beet kunt pakken en er taken mee uitvoeren. Zo kan de robot zelfstandig verzinnen hoe hij een nieuwe taak in een nieuwe omgeving moet uitvoeren.