



DELFT Nr. 1 APR 2018 JAAR-GANG 35
INTEGRAAL 

**Wilma van
Wezenbeek en
Geert-Jan Houben**
'Deel je onderzoeksdata'

TROPOMI
*Luchtvervuiling
identificeren op
detailniveau*

Project Deshima
*Diepte in de
sterrenhemel*

THEMA
Circulariteit

Cover:

Het is vooraf moeilijk in te schatten hoe foto's bij een metaalrecyclingbedrijf eruit zullen zien. Grote bergen klein materiaal: de verhoudingen zijn al snel zoek. Maar er is altijd een combinatie te vinden waarbij alles op zijn plek valt. (Fotograaf Sam Rentmeester)

REDACTIONEEL
Saskia Bonger

Circulariteit

Nederland, met de TU Delft voorop, hét gidsland voor circulaire economie. Dat is in het kort wat David Peck (Bouwkunde) voor ogen heeft. In 2012 introduceerde hij de term op de TU, in dit themanummer geeft hij zijn visie op de toekomst. Daarin geen fossiele brandstoffen en bergen afval vol bruikbare grondstoffen. Juist gesloten kringlopen waarin kritische materialen behouden blijven, zijn gemeengoed.

Voordat we daar zijn, zullen overheden wet- en regelgeving moeten maken en grote bedrijven productieprocessen moeten veranderen. In de tussentijd zijn er steeds meer onderzoekers en ondernemers die gewoon beginnen. TU-alumnus Derk-Jan van Heerden, bijvoorbeeld. In dit nummer vertelt hij over de totstandkoming en het werk van zijn bedrijf Aircraft End-of-Life Solutions (AELS), dat oude vliegtuigen uit elkaar haalt en recyclet. Op de TU zijn inmiddels zo'n honderd onderzoekers bezig met projecten gerelateerd aan

duurzaamheid en circulaire economie. Jaco Quist en zijn afstudeerder Eline Leising maakten een stappenplan dat één van de meest afval producerende sectoren van ons land, de bouwwereld, moet helpen zichzelf om te vormen. Yongxiang Yang probeert met zijn onderzoek bij te dragen aan het terugwinnen van metalen uit afval, met een gigantische afvalberg vol waardevolle metalen in de Rotterdamse haven als concreet voorbeeld.

Het begrip circulaire economie staat in relatie tot oudere bewegingen, toont onze 'kleine geschiedenis van de circulaire economie'. Nieuw is het concept niet. Een verschil lijkt er wel te zijn: de kringloopgedachte is niet alleen nodig, maar kan en moet ook rendabel zijn om David Pecks toekomstvisie werkelijkheid te laten worden.

*Saskia Bonger,
hoofdredacteur*

pagina 07
Thema Circulariteit



KORT DELFTS
04

NA DELFT
Alwyn Voorman
26

COLUMN
Tonie Mudde
27

DE ZAAK
Polytentials
31

DESHIMA
Diepte in de sterrenhemel
32

BEST GRADUATES
Tien jaar later
40

ALUMNINIEUWS
42

COLOFON

Coverfoto Sam Rentmeester
Redactie Saskia Bonger (hoofdredacteur),
Dorine van Gorp, Katja Wijnands (eind-
redactie), Tomas van Dijk,
Sam Rentmeester (beeldredacteur),
Roos van Tongeren,
Connie van Uffelen, Jos Wassink
Telefoon (015) 278 4848,
e-mail delftintegraal@tudelft.nl
Medewerkers aan dit nummer Tonie Mudde,
Stephan Timmers
Ontwerp Maters en Hermesen
Vormgeving Liesbeth van Dam
Druk Quantes
Abonnementsadministratie
delftintegraal@tudelft.nl
Advertentie H&J Uitgevers, (010) 451 5510

Delft Integraal is een uitgave van de TU Delft

18

Interview
Wilma van Weezenbeek en
Geert-Jan Houben
'Blijf niet zitten op je onderzoeksdata'



22

Satellietinstrument Tropomi
Rode vegen NO₂ boven de Randstad



28

Renovatieproject
portiekflats
Energie neutraal wonen in Vlaardingen



KORT DELFTS



Hoe een cel zijn DNA bijeenraapt

Voorafgaand aan een celdeling moet een cel twee meter DNA, dat als een soort spaghetti in de celkern ligt opgeslagen, keurig bijeen brengen om het over de twee dochtercellen te verdelen.

Een spraakmakende publicatie in Science van dr. Mahipal Ganji, prof.dr. Cees Dekker en anderen

laat zien hoe het eiwit-complex *condesin* dat doet. Een filmpje op Youtube (TU Delft, *condesin loop extrusion*) toont hoe een *condesin* molecuul zich aan een DNA-streng hecht en vervolgens een lange lus naar binnen trekt. Dankzij die lussen is een kluwen aan DNA een stuk georganiseerder dan op het eerste gezicht lijkt.



Roeitracker

Metamateriaal voor kunstheup

Dr. Amir Zadpoor en medewerkers van de afdeling biomaterialen en weefselbiomechanica (faculteit 3mE) ontwikkelden een bijzonder type implantaatbaar materiaal. Het meta-biomateriaal, een samenstelling van driedimensionale titaniumstructuren, wordt dikker als er kracht op wordt gezet. Normaal gesproken worden materialen juist dunner als er aan getrokken wordt. Vooral bij heupimplantaten pakt dat vervelend uit, doordat ze op den duur losraken van het omhullende bot. Zadpoors metamateriaal wordt dikker als er kracht op komt, en zet zich schrap als een keilbout. Of dat nadelig is voor het omhullende bot wordt nader onderzocht, evenals de vraag hoe het materiaal een factor zes sterker gemaakt kan worden.



De start-up Otis Insight ontwikkelde technologie waarmee een roeicoach vier ploegen tegelijk op het water kan volgen. Hun product Row4 won de Nationale Sportinnovator Prijs. Natuurkundestudent Sybren Zwetsloot stelde een tracker voor aan boord samen uit een GPS-unit, een magnetometer, een versnellingsmeter, een microcomputer en een zender/ontvanger met een bereik van zes kilometer. De ontvanger in de usb-poort van een tablet zorgt ervoor dat een coach van vier ploegen de snelheid, tempo en versnelling ziet. De eerste serie wordt getest door studentenroeiverenigingen (waaronder Laga en Nereus) en door roeibond KNRB.

Foto: Sam Renmeester

Zachtjes heien

Het Energieakkoord wil windenergie op zee stimuleren. Het opgestelde vermogen zal tot 2023 vertienvoudigen tot 4.450 megawatt en daarna nog verder groeien. Tegelijkertijd stelt een rapport van Rijkswaterstaat vast dat zeezoogdieren tijdelijk of permanent gehoorverlies lijden als gevolg van het heien van de enorme funderingspalen. Het consortium Grow (Growth through research, development & demonstration in offshore wind) waar de TU Delft deel van uitmaakt, wil bestaande trillende of hydraulische heimethoden verder ontwikkelen om heien stiller te maken. Grow, dat hiervoor 2.7 miljoen euro heeft ontvangen, zal de effectiviteit van hoogfrequente trillingen bij het heien onderzoeken.

Delft Blockchain Lab

Honderden geïnteresseerden woonden de opening van de Delft Blockchain Lab op 1 februari bij. Dankzij de hoge koers van de bitcoin, één van de bekendste toepassingen, staat blockchaintechnologie enorm in de belangstelling. Dat merken directeur prof.dr.ir. Dick Epema en wetenschappelijk leider dr.ir. Johan Pouwelse ook aan de masteropleiding die drie keer meer inschrijvingen trok dan er plaats is.

Blockchain is meer dan bitcoin. Hypotheken, energiehandel, logistiek: overal waar geregistreerde transacties plaatsvinden kan blockchaintechnologie een alternatief bieden zonder de noodzaak van een centraal overzichtsorgaan.

Stikstof tegen aardbevingen?

Verlaging van de gaswinning naar 12 miljard kuub per jaar lost de aardbevingsproblematiek in Groningen waarschijnlijk niet op, meent TU-hoogleraar reservoir systems and control Jan Dirk Jansen (faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen). Hij pleit voor stikstofinjectie in het aardgasveld. “Door stikstof te injecteren in de velden ga je bodemdaling tegen. Je haalt de wortel van het kwaad weg”, redeneert Jansen, die tevens lid is van de Mijnraad, een orgaan dat de minister van Economische Zaken en Klimaat adviseert over het verlenen van opsporings- en winningsvergunningen en winningsplannen. De NAM is niet overtuigd en zegt dat injectie ook extra aardbevingen kan veroorzaken.



Vice-rector magnificus

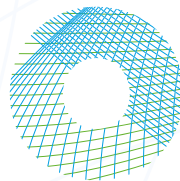
Prof.dr. Rob Mudde is sinds 1 maart de nieuwe vice-president onderwijs en de nieuwe vice-rector magnificus van de TU Delft. Hij volgt Anka Mulder op, die vertrok naar de Saxion Hogeschool. Hij is tevens de nieuwe vicevoorzitter van het college van bestuur. Mudde werkt al bijna dertig jaar aan de TU, als laatste als professor multiphase flows bij TNW, als distinguished professor in science education, en als hoofd van de Teaching Academy en het Teaching Lab. "Onderwijs is mensen kansen bieden", zegt hij op universiteitsplatform Delta. delta.tudelft.nl

Plasma vergassen in scheepsrecycling

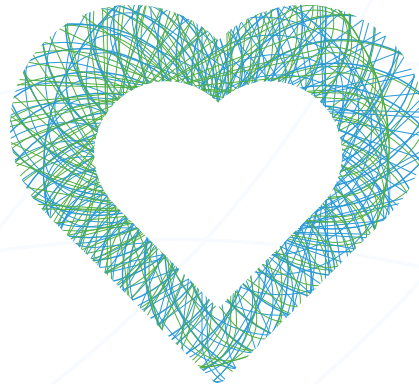
Afgedankte oceaaneuzen worden verkocht aan de hoogst biedende. Vaak zijn dat sloopwerven in Bangladesh, India of Pakistan die een markt zien voor tweedehands apparatuur van het schip. Daarnaast is het merendeel (85%) metaalschroot en een klein deel organisch afval, dat geld kost om het af te voeren. Dr.ir. Jeroen Pruijn (faculteit 3mE) onderzocht of plasmavergassing van het organisch afval geld kan opleveren. Een werf hoeft dan niet te betalen voor de afvoer van organisch materiaal, en met het gas kunnen brandstof of chemicaliën worden geproduceerd. Technisch kan het, maar de markt volgt momenteel de waarde van de tweedehands apparatuur aan boord, aldus Pruijn.



Advertentie



INTERNATIONAL FESTIVAL OF TECHNOLOGY



YOU

Prove it | Proef 't

Find out and have a taste of what the future can bring
at the International Festival of Technology on

6 - 8 June, Delft

TECHNOLOGY - MUSIC - ART - FOOD

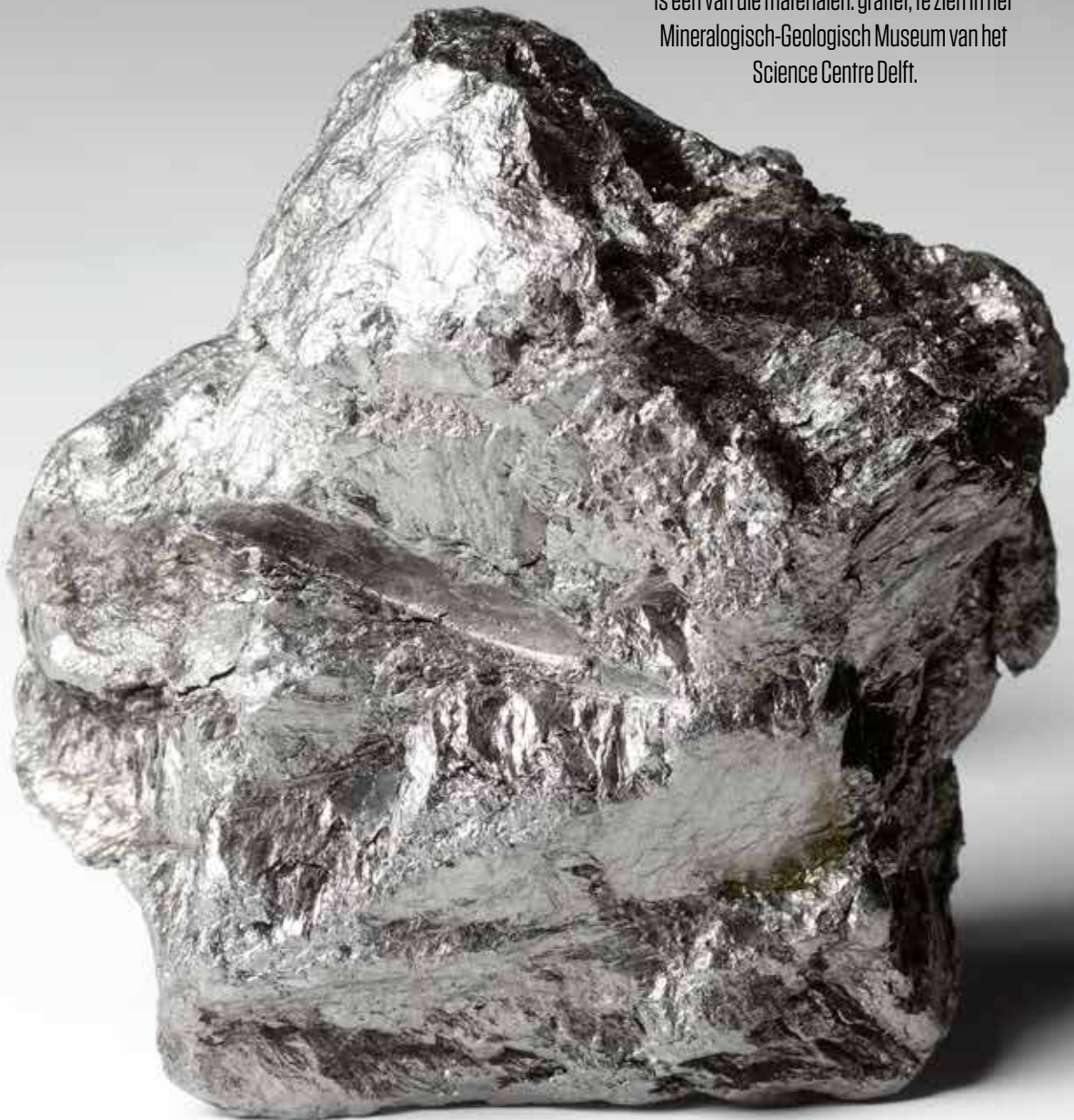
Share your passion:



THEMA

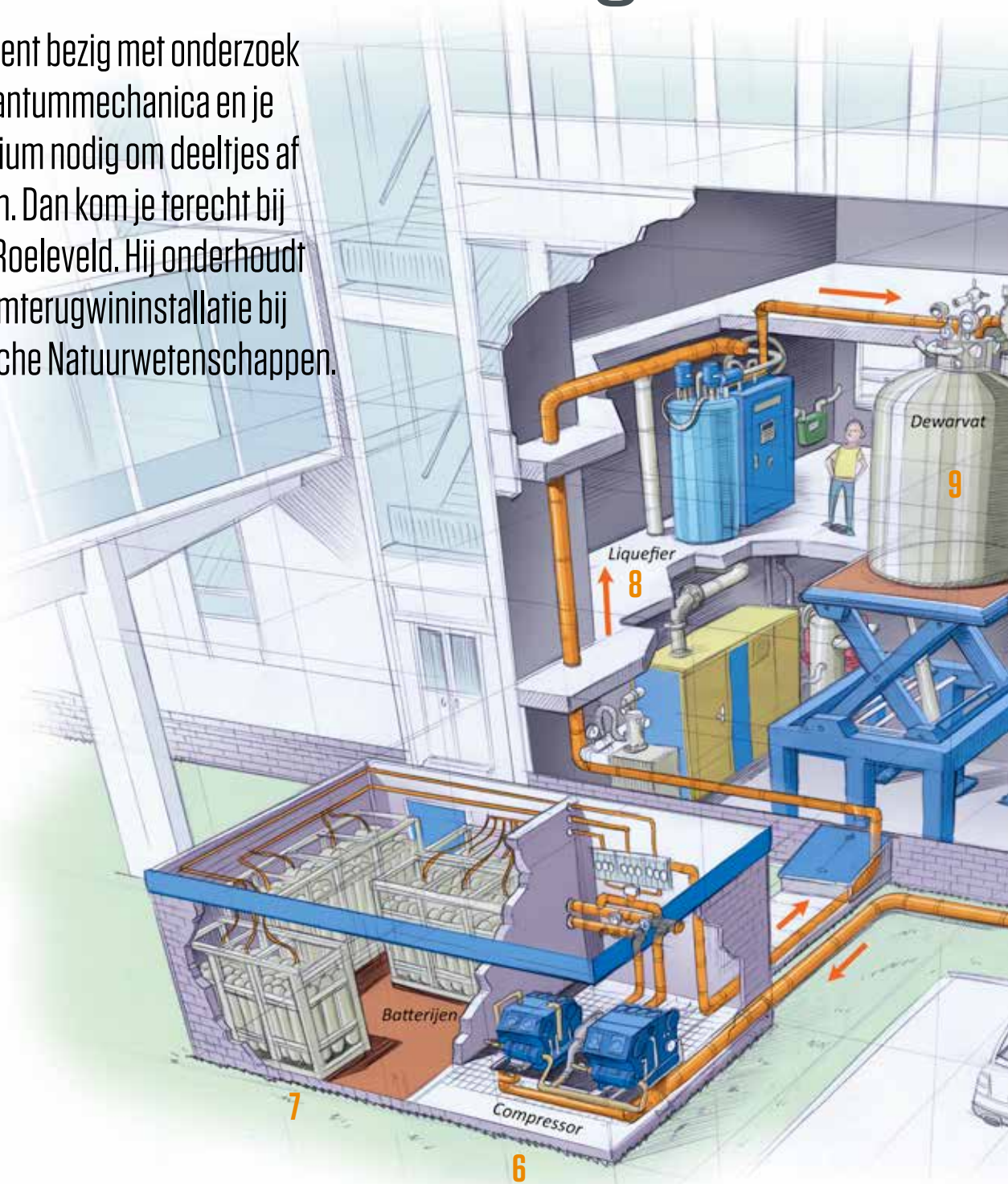
Circulariteit

Maar liefst 27 zeldzame materialen bevat het actieplan voor de circulaire economie van de Europese Commissie. Deze materialen zijn van groot belang voor de Europese economie maar zijn in Europa niet of nauwelijks van nature aanwezig. Spaarzaam gebruiken dus en nieuwe aanvoer uit oude apparaten en andere vormen van recycling proberen te vergroten. Hieronder afgebeeld is een van die materialen: grafiet, te zien in het Mineralogisch-Geologisch Museum van het Science Centre Delft.

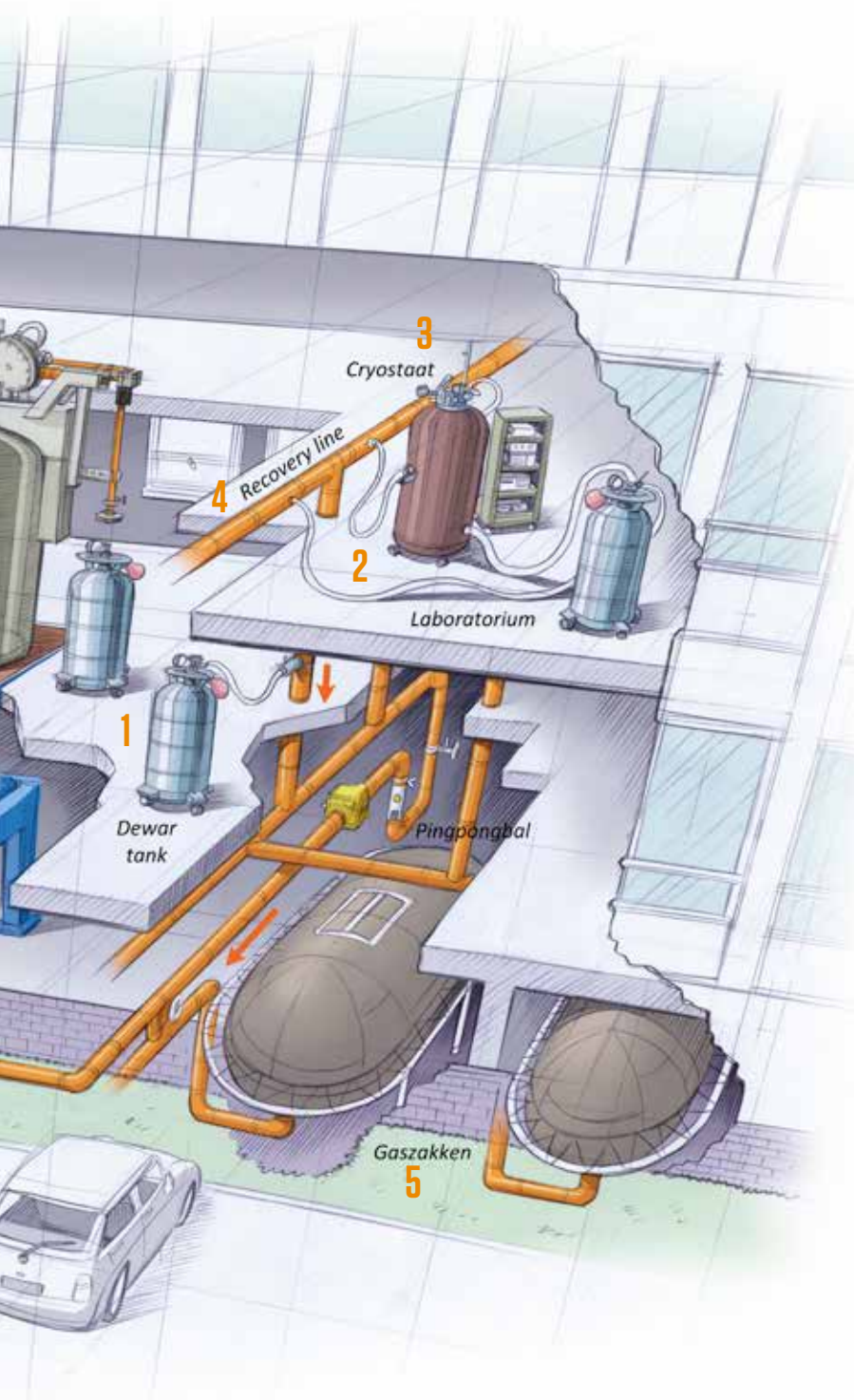


De weg van het

Stel, je bent bezig met onderzoek naar quantummechanica en je hebt helium nodig om deeltjes af te koelen. Dan kom je terecht bij Remco Roeleveld. Hij onderhoudt de heliumterugwininstallatie bij Technische Natuurwetenschappen.



helium bij TNW



Een dewartank (1) met gekoeld, vloeibaar helium rijdt naar het laboratorium (2). Hier wordt het helium overgeheveld naar een cryostaat (3), een vat met temperaturen tot bijna het absolute nulpunt – slechts 20 millikelvin erboven.

Na gebruik wordt het helium gerecycled, want het is duur spul: “Even uit mijn hoofd: 7,68 exclusief btw voor een liter”, aldus Remco Roeleveld, die de installatie onderhoudt.

De cryostaat is aangesloten op de recovery line (4), een buizenstelsel dat door het hele gebouw loopt. Het gebruikte helium gaat door deze buizen naar een van de vier grote gaszakken (5) in de kelder, elk met een inhoud van tienduizend liter. Als de zakken vol zijn, slaat de compressor (6) aan en pompt hij ze leeg.

Een overdrukventiel voorkomt knappen. “Maar dat hoeven we bijna nooit te gebruiken”, zegt Roeleveld.

Zodra de gaszakken vol zijn, wordt het gas afgevoerd naar een compressorhok. De compressor vult rijen gasflessen - batterijen (7) en brengt ze onder druk. Deze druk kan oplopen tot 200 bar, waardoor tot maximaal 2,76 miljoen liter gasvormige, oftewel 3.680 liter vloeibare, helium kan worden opgeslagen. Via de computer wordt geregeld welke batterijen gelegeed worden.

Via een ander buizensysteem komt het helium uit de batterijen weer terug in het gebouw. Nu kan het recycelen beginnen. Turbines in de liquefier (8) zorgen voor een drukverschil waardoor het helium wordt gekoeld, en daardoor weer vloeibaar wordt. In de purifier wordt het helium gereinigd. Er zit lucht en stikstof in, en door een ander proces komt er ook wat olie bij. Zeoliet, actieve kooldeeltjes en koeling filteren het helium. Uiteindelijk komt de schone, vloeibare helium terecht in een groot vacuüm-geïsoleerde dewarvat (9) van 4.300 liter. Het helium heeft inmiddels een temperatuur van 4 kelvin en wordt in kleine dewars overgeheveld, waarna het weer naar het lab kan om onderzoek mee te doen. (AVT)

Grondstoffen traceren met blockchaintechnologie

De berg elektrisch en elektronisch afval in Europa groeit enorm. Het gaat jaarlijks om zo'n tien miljoen ton aan afgedankte computers, televisies, koelkasten, tablets en mobieltjes. Waar blijven die allemaal?



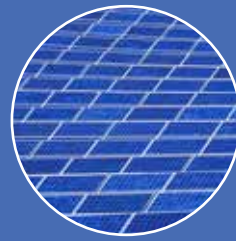
Foto: Sam Rentmeester

Exporteren van dit afval naar Afrika, India of China is verboden. Maar zolang recycling in Europa moeilijk en duur is, blijft illegaal dumpen aantrekkelijk. Redenen voor het exportverbod zijn de beroerde arbeidsomstandigheden in de dumplanden waar mensen vergiftigd worden door ons afval, en ook het besef dat elektrische apparaten grondstoffen bevatten die schaars zullen worden.

Als voorbeeld van moeizame recycling in Europa toont Mesbah Sabur, een van de oprichters van het bedrijf Circularise, een video van een afvalverwerker van beeldschermen. Sommige beeldschermen bevatten een buisvormige kwiklamp die verwijderd moet worden. Maar omdat niemand weet welk beeldscherm een kwiklamp bevat, worden ze allemaal met de hand opengeschroefd voor inspectie. Wat zou het fijn zijn als je een QR-code kon scannen en je meteen zou weten of er kwik in verwerkt zit of niet. Precies zo'n systeem heeft de Delftse start-up Circularise ontwikkeld.

PRIVACY

Het aantal partijen dat betrokken is bij de afvalindustrie is enorm: mijnbouwbedrijven, hoogovens, onderdeelfabrikanten, elektronica producenten, consumenten, ophaaldiensten en recyclebedrijven. Al die partijen willen hun privacy in stand houden. Een fabrikant wil zijn bedrijfsgeheimen beschermen, consumenten hun bezittingen. Weinigen zullen akkoord gaan met een wereldwijde centrale databank die het gebruik van grondstoffen traceert. Bovenstaand netwerk klinkt als een blockchain, waarbij iedere transactie tussen partijen beveiligd wordt vastge-



Hoe circulair is een zonnepaneel?

legd (een block) en gelinkt (de chain) met eerdere en latere transacties van die partijen. Er bestaat geen centrale database. Het register is verdeeld over alle deelnemers, waardoor er niet mee te frauderen valt. Encryptie zorgt ervoor dat iedere deelnemer alleen de eigen transacties ziet, maar die zijn niet meer te veranderen.

SMART QUESTIONING

Blijft over: het bedrijfsgeheim. Om dat te omzeilen zet mede-oprichter van Circularise Jordi de Vos *zero knowledge proof* in. Dit komt erop neer dat er door herhaald vragen zekerheid

Het register is verdeeld over alle deelnemers, waardoor er niet mee te frauderen valt

verkregen kan worden zonder dat het geheim zelf wordt onthuld. In het geval van de vraag of een bepaald beeldscherm kwik bevat kan het netwerk door middel van smart questioning gegevens ophalen bij onderdelenfabrikanten en producenten. Hoe langer de zoektijd in het netwerk, hoe zekerder het antwoord.

In de praktijk werkt de grondstofboekhouding van Circularise met een kleine QR-code op het product. De startup rekent daar één cent voor. Maar voor 15 cent biedt Circularise bedrijven een pluslabel dat hen in staat stelt om in contact te blijven met hun klanten. Dat is een meerwaarde die bedrijven wellicht meer aanspreekt dan een EU-verordening. 

circularise.com

Dat elektriciteit afkomstig van zonnepanelen beter is voor het milieu dan van een kolencentrale, is geen nieuws. Maar hoe recyclebaar is een zonnepaneel als het na twintig jaar is afgeschreven? Een goede vraag voor prof.dr. Miro Zeman, hoofd van de afdeling electrical sustainable energy (EWI). Hij doet al bijna dertig jaar onderzoek naar zonnepanelen.

“Bij negentig procent van de geproduceerde zonnepanelen is het belangrijkste onderdeel silicium”, vertelt Zeman. “Silicium is gemaakt van zand, na zuurstof het meest voorkomende element op aarde. Daar hoeven we ons dus geen zorgen over te maken. Verder bestaat een zonnepaneel uit metalen elektroden. Metaal is een stuk zeldzamer. We zoeken oplossingen om metaal te vervangen door koolstoflagen die net zo goed elektriciteit geleiden. Een nadeel aan metaal is dat het bescherming nodig heeft tegen oxidatie door lucht. Daarom zitten zonnecellen van een zonnepaneel tussen glasplaten. Glas bestaat voornamelijk uit de stof silica of siliciumdioxide, wat weer wordt gemaakt van zand.”

Op dit moment komt wereldwijd ongeveer twee procent van alle elektriciteit van zonnepanelen. “We willen dat omhoog brengen naar vijftig procent”, vertelt | Zeman. “Dit kan, want elektriciteit van zonne-energie wordt steeds

goedkoper en is op bepaalde plaatsen zelfs de goedkoopste vorm van bruikbare energie: een kWh geleverd door zonnepanelen die in Nederland staan, kost nu minder dan 8 cent. Door de enorm gestegen productie van zonnepanelen in China worden ze goedkoper.” Zeman is blij met deze stijging.

‘Op dit moment is recyclen van zonnepanelen commercieel nog niet interessant’

“We gebruiken nu veel primaire, fossiele bronnen om bruikbare energie op te wekken. Die zijn niet circulair en raken op. Hernieuwbare bronnen, zoals zon en wind, zijn wel circulair.”

Daarnaast zijn zonnepanelen volgens Zeman prima te recyclen. “Op dit moment is het commercieel nog niet interessant. Toch zijn er veel initiatieven om recycling te ontwikkelen met gebruik van thermische, mechanische en chemische scheidingsmethodes. Dit zal de komende jaren groeien. Het wordt al op kleine schaal gedaan, bijvoorbeeld in Japan en Europa. Daarbij is een recyclingspercentage van 96 procent gehaald voor silicium zonnepanelen.” 


Een snufje zink uit kilo's magneet

Een Duits bedrijf parkeerde twintig jaar geleden vijfduizend ton aan afval met zinkferriet – een molecuul van zink en ijzer – in de haven van Rotterdam. Het bedrijf ging failliet en de afvalberg ligt er nog steeds. Zink is waardevol. Hoe krijg je dit eruit?

Dr. Yongxiang Yang, groepsleider van de sectie *metals production, refining and recycling* (3mE), houdt zich sinds 2005 aan de TU bezig met het terugwinnen van metalen uit afval. “Voor dit afvalprobleem in Rotterdam ontwikkelden we onlangs een nieuwe techniek”, vertelt hij. “We mengen het materiaal met natriumcarbonaat en bakken het mengsel bij ongeveer 800 graden Celsius. Dan vallen de moleculen uiteen.” Via enkele vervolgstappen, waarbij het mengsel onder andere wordt opgelost in natriumhydroxide (NaOH) gevolgd door een elektrolysereactie, kan Yang het metaal terugwinnen.

Yang hoopt met de techniek de interesse te wekken van Tata Steel. Hij werkt al langer samen met de staalfabrikant en het bedrijf Nyrstar aan technologieën om zink en ijzer terug te winnen uit afval. Onlangs kreeg hij financiering voor twee postdocs en een promovendus voor onderzoek naar een ijzerverwerkingstechniek van Tata Steel, Hisarna. Yangs

team probeert ook de zeldzame aardmetalen neodymium, praseodymium en dysprosium uit elektronisch afval terug te winnen. In het lab, waar promovendi Prakash Venkatsen en Sebastiaan Peelman werken, staan kartonnen dozen met in stukken geknipte magneten van harddisk drives en een mengsel van fijngeraspte e-waste (stukjes moederbord en allerlei elektronische componenten).

De promovendi verpulveren het materiaal tot poeder en extraheren vervolgens de aardmetalen. Venkatsen toont een erlenmeyer met roze vloeistof. “Die roze kleur komt door het neodymium. Dat molecuul kunnen we laten neerslaan en dan houden we dit poeder over”, vertelt de onderzoeker terwijl hij een bekertje met een snufje – enkele grammen – van het waardevolle materiaal tevoorschijn haalt. De oogst uit enkele kilo's magneet. In totaal richten vier promovendi zich op het terugwinnen van zeldzame aardmetalen. Deze zomer verdedigen ze hun proefschrift. 

Van groene smurrie tot vliegtuiginterieur

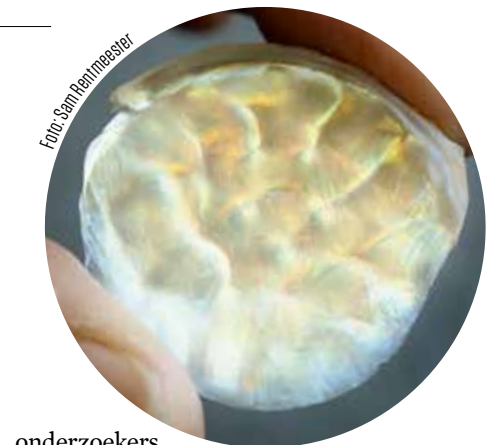
Slijmerige groene smurrie. Dat is een aardige omschrijving van het product dat overblijft na zuivering van rioolwater met de Nereda-methode, een aan de TU ontwikkelde aerobe korrelslibtechnologie.

De biopolymeren uit dit goedje zijn veelbelovend. De lange ketens van suikers en eiwitten hechten goed aan nanoklei en grafeenoxide. Je kunt er lichtgewicht materialen mee maken die zeer stijf zijn en bovendien vrijwel onbrandbaar.

De producten zien er ook mooi uit, als parelmoer. Daar valt munt uit te slaan, denken hoogleraar biotechnologie Mark van Loosrecht – geestelijk vader van de Nereda-technologie – en hoogleraar polymere materialen Stephen Picken (beiden van de faculteit TNW).

Ze begonnen een bedrijf: Slimy Green Stuff, een naam die voor gefronste wenkbrauwen zorgde. “Zo'n naam blijft goed hangen”, zegt Picken. “Hoe had het bedrijf anders moeten heten, Delft Polymeren BV? Dat is een beetje boring.”

“Van het materiaal kun je onderdelen van het interieur van vliegtuigen maken”, vervolgt Van Loosrecht. “Of surimi sticks”, vult Picken aan. “De polymeren lijken namelijk op algiinaat. Maar we gaan geen voedsel maken.” Eind vorig jaar ondertekenden de



onderzoekers een samenwerkingsovereenkomst met Royal HaskoningDHV, dat wereldwijd betrokken is bij de bouw van tal van Nereda-installaties. Het bedrijf financiert de komende jaren vier promovendi die zich onder meer richten op efficiëntere methoden om de polymeren uit het restafval te halen en om te zetten in veelbelovende materialen. 

Het gebouw als materialenbank



Artist impression: Project Park20|20.

Overstappen naar circulair bouwen? Dr.ir. Jaco Quist ontwikkelde met afstudeerder Eline Leising een stappenplan met richtlijnen, waarin hij er voor pleit een gebouw te zien als materialenbank voor hergebruik.

Bijna veertig procent van het jaarlijkse afval in Nederland komt uit de bouw, blijkt uit cijfers van Rijkswaterstaat. De bouwsector loopt achter in hoogwaardig hergebruik van materialen, aldus dr.ir. Jaco Quist van de faculteit Techniek, Bestuur en Management. Hij onderzocht een sloop-, een renovatie- en een nieuwbouwproject waarbij circulariteit – het sluiten van materiaalketens – wél voorop stond.

Het sloopproject liet zien dat er weliswaar netjes kan worden gesloopt met sortering van afval, maar dat er geen garantie is dat dit wordt hergebruikt als je de nieuwbouw er niet bij betreft. “Ideeën hierover zijn er al langer”, zegt Quist. “Maar hoe je het echt doet en wat je dan tegenkomt, weet je pas als je het gaat uitproberen.”

Het nieuwbouwproject betrof Park20|20, een kantorenpark in Hoofddorp met gesloten water-, afval- en energiestromen. Voor alle materialen werd een functie of bestemming gezocht als ze niet meer nodig zijn.

Quist ontwikkelde een stappenplan met richtlijnen.

• STEL ANDERE VRAGEN

Opdrachtgevers stellen vaak specifieke eisen aan producten, maar het gaat volgens Quist om visieontwikkeling en ambitie. Wat houdt een circulair gebouw in? Wat betekent dat voor de verschillende fases zoals ontwerp, bouw, gebruik, sloop of bestemmingsverandering? “Het idee is dat de leverancier eigenaar blijft van het bouw materiaal, net zoals dat gebeurt met kopieermachines”, zegt Quist. “Dat vergt een andere manier van denken.”

• DENK IN DISCIPLINES

Momenteel voeren bedrijven elk hun eigen opdracht uit in een van de genoemde fases. Door die partijen, inclusief afvalverwerking, al aan het begin bij het ontwerp- en bouwproces te betrekken, kunnen alle bedrijven hun deel op een duurzamere manier doen. Dat vereist volgens Quist nieuwe verdienmodellen waarin eigendom bij andere partijen komt te liggen die het

kunnen aanbieden als dienst.


• GEZAMENLIJKE DOELEN

Zet in nieuwe contracten gezamenlijke doelen centraal en maak materiaalstromen voor alle partners inzichtelijk. “Samenwerking in het begin is nodig om voldoende vertrouwen te krijgen en samenwerking later soepel te laten verlopen”, zegt Quist.

• GEBOUW ALS MATERIELENBANK

In de uitwerking gaat het om ontwerpen voor hergebruik, nieuwe vormen van samenwerking en verdienmodellen, met het gebouw als metaforische materialenbank. De waarde van materialen is er slechts tijdelijk in opgeslagen en is te monitoren via een materialenpaspoort. Daarin staat precies beschreven waar welke hoeveelheid is verwerkt.

• MATERIELENMARKTPLAATS

Gedemonteerde gebruikte materialen en producten kunnen een nieuwe bestemming krijgen via een materialenmarktplaats. 

Van hergebruik naar circulaire economie

Wat ooit begon met hergebruik van tweedehands spullen, groeide uit tot duurzaam ontwerpen van producten die zo lang mogelijk in het economisch systeem blijven. Een kleine geschiedenis van de circulaire economie.


Circulariteit, het sluiten van materialenkringlopen, is al decennia een thema bij ontwerpers. In 1972 verschijnt het boek 'Design for the Real World' van Victor Papanek, die daarmee grondlegger wordt voor duurzaam ontwerpen. Hij verbindt design en productontwikkeling aan sociale duurzaamheid. Producten moeten nuttig zijn voor mensen die in Afrika in armoede leven. Op basis daarvan wordt in 1990 de term ecodesign bedacht: ontwerpen voor de planeet. Er waren problemen met verzuring, de ozonlaag en klimaatverandering. Hoe maak je producten minder milieubelastend? De planeet staat centraal. In 2002 verschijnt het boek 'Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make

Things' van Michael Braungart en William McDonough. Zij vinden dat ecodesign zich alleen maar richt op verbetering van producten, maar wanneer is een product dan goed genoeg? Hun credo is: afval = voedsel.

Principes cradle to cradle:

- 1) Alles wat je ontwerpt moet je kunnen composteren of recyclen
- 2) Gebruik hernieuwbare energie
- 3) Respecteer diversiteit: houd rekening met verschillen en lokale omstandigheden

Cradle to cradle gaat vooral over recycling: producten uit elkaar halen om materialen opnieuw te gebruiken. Vanuit deze gedachtegang komt in hetzelfde jaar de term circulaire economie op, waarin businessmodellen meer aandacht krijgen. Producten en materialen moeten kunnen circuleren bin-

nen biologische en technische *loops*. In 2006 komt er meer aandacht voor mensgericht duurzaam ontwerpen. Gedrag bepaalt duurzaamheid van vooral producten die stroom en water verbruiken. Voorbeelden: waterbesparende douchekoppen, grote en kleine speelknop van toiletten. Trend: consumenten kopen geen producten maar nemen abonnementen op gebruik. Voorbeeld: pay per wash, Swapfiets. 

Dit artikel kwam tot stand in samenwerking met prof.dr.ir. Conny Bakker. Zij is sinds eind december hoogleraar methodology for sustainability and circular economy bij de faculteit Industrieel Ontwerpen.



Re-use

Hergebruik zonder veel aan het artikel te doen.



Repair

Reparatie door de consument of een servicemonteur.



Refurbish

Niet repareren maar opknappen door onderdelen te testen en zonodig te vervangen.



Remanufacture

Grote, complexe producten terughalen en bewerken tot zo goed als nieuw.

‘Aan hergebruik valt goed te verdienen’

Universitair docent Jan-Henk Welink (faculteit 3mE) weet duurzaam beheer van grondstoffen te vertalen in zakelijke concepten. Met cursussen, seminars en lesdagen leert hij managers over de kansen die de circulaire economie biedt.

Mr. Jan-Henk Welink vertelt niet alleen over duurzaam grondstoffenbeheer, hij brengt het ook in de praktijk. De hoek van zijn stoel is versleten, maar dat is geen reden om hem weg te doen. Die stoel is nog zeker vijftig euro waard, schat hij, en de fabrikant zet er zo een nieuwe bekleding op. Zijn mobieltje is klein, verouderd en bekrast, maar hij belt er nog steeds mee.

In 2011 zette hij het kennisplat-form duurzaam grondstoffenbeheer op, waarvan hij zelf secretaris is. Op de

website is informatie te vinden over circulair inkopen, levenscyclusanalyse, gescheiden inzameling, waarde van elektrisch afval en gedragsverandering.

De kern van de zaak laat zich in een formule samenvatten: $Mp = N \cdot W \cdot (1 - R) / L$, waarbij Mp de jaarlijkse gebruikte hoeveelheid van een bepaald materiaal is. N is het aantal apparaten, W de hoeveelheid van dat materiaal per apparaat, R het gedeelte dat gerecycled wordt en L de levensduur in jaren.



De formule geldt net zo goed voor het neodymium in magneten als voor goud en coltan in mobieltjes. Duurzaam grondstoffenbeheer wil het verbruik Mp minimaliseren door de waarden van N , R en L te veranderen.

R komt dichterbij 1 naarmate mensen minder weggooien en meer delen, onderhouden, opknappen, hergebruiken, repareren en recyclen. Welink verwijst ter illustratie naar het ‘vlinderdiagram’ van de Ellen MacArthur-stichting en het vrolijke initiatief Krijg de Kleertjes.

N , het aantal apparaten, neemt af in een deeleconomie. Het verhuur van gereedschap en auto’s, Greenwheels en de Swapfiets zijn voorbeelden van geslaagde businessmodellen die voortbouwen op het delen van goederen.

Een lange levensduur L vermindert het grondstofgebruik, maar staat loodrecht op het lineaire ‘Action’ model van zoveel mogelijk dingen te produceren die zo snel mogelijk vervangen moeten worden. In een leasing businessmodel is het voordelig als een apparaat lang meegaat omdat je er dan meer klanten mee kunt helpen. Voorbeelden zijn wasmachines die per wasbeurt afgerekend worden, of liftinstallaties met een langjarig leasecontract.

“ N en L bieden beide kansen voor nieuwe businessmodellen”, houdt Welink zijn cursisten uit bedrijfsleven en maakindustrie voor, “terwijl de overheid invloed kan uitoefenen door het stellen van regels en een circulair inkoopbeleid.” 



Vliegtuigen recyclen

Speel het werk van Derk-Jan van Heerden versneld af en het lijkt alsof je naar een scène uit een natuurdocumentaire kijkt waarin rode mieren in sneltreinvaart een karkas opruimen.

Alleen verwerkt de TU-alumnus niets van vlees en bloed maar van metaal.

“**Z**o'n 250 ton aluminium hebben we staan op Twente Airport”, zegt Derk-Jan van Heerden. De ingenieur heeft onlangs twee afgedankte Boeing 747's gekocht die voor KLM hebben gevlogen en twee A340's van Air France. Zijn bedrijf Aircraft End-of-Life Solutions (AELS) haalt de toestellen uit elkaar en zorgt voor hergebruik van onderdelen en recyclage van de rest-materialen.

De vliegtuigen - ongeveer twintig jaar oud - deden het nog prima. Maar het zijn viermotorige toestellen. Tegenwoordig steken luchtvaartmaatschappijen liever de oceaan over met tweemotorige toestellen; die zijn zuiniger. Tijdens zijn studie lucht-

vaart- en ruimtevaarttechniek in Delft liep Van Heerden stage bij KLM en werd hij geconfronteerd met een ander aspect van de luchtvaart dan waar

Het is winstgevend om een Boeing uit elkaar te halen

hij tot dan toe over geleerd had: vliegtuigwrakken. Voor KLM rekende hij uit dat het winstgevend is om een gestrande Boeing uit elkaar te halen en onderdelen te hergebruiken. Hij richtte direct na zijn afstuderen in 2005 AELS op.

“De twee A340's waar we nu aan werken zijn heel interessant omdat ze tegelijk zijn ontwikkeld met de twee-

motorige A330's, die nog wel populair zijn”, aldus de ondernemer. “De apparatuur is voor een groot deel gelijk. Er kan dus veel hergebruikt worden.”

Tal van onderdelen worden gereviseerd en opnieuw gecertificeerd. Het de-assembleren van zo'n heel toestel duurt bijna twee maanden. Voor de cockpit kan AELS ook dikwijls een bestemming vinden. Vaak gaat die naar bedrijven die er een simulator in bouwen. Stoelen gaan naar trainingsfaciliteiten voor stewards en stewardessen of komen terecht in wachtruimtes in reisbureaus. Wat AELS niet weet te verkopen - een groot deel van de romp - wordt in stukjes geknipt en gaat naar de metaalrecyclage. 



Visie

Dr. David Peck (faculteit Bouwkunde, klimaatontwerp en duurzaamheid) voorziet een belangrijke rol voor de TU en Nederland in de circulaire economie.

“Omschakelen van een lineaire naar een circulaire economie is geen kwestie van een beetje meer recyclen of minder energie gebruiken. Het is een totaal andere manier van handelen voor bedrijven, organisaties, onderwijs, en de samenleving.

Eind januari presenteerden Stientje van Velthoven (staatssecretaris Infrastructuur en Waterstaat) en Eric Wiebes (minister van Economische Zaken en Klimaat) het Grondstoffenakkoord met de ambitie van een totaal circulaire economie in 2050. De transitieagenda stelt dat in 2030 alle nieuwe producten en diensten op circulaire ontwerpprincipes gestoeld moeten zijn.

Ik introduceerde het begrip circulaire economie op de TU Delft in 2012. Nu werken er zo'n honderd onderzoekers op de TU aan onderwerpen gerelateerd aan duurzaamheid en circulariteit. Tegen 2030 hoop ik dat het er duizenden zijn. Dan zal het ondenkbaar zijn om onderzoek en onderwijs in te richten op het lineaire economische model van produceren, gebruiken en wegwerpen. Fossiele brandstoffen zullen van de agenda verdwenen zijn, en het ontwerpen en maken van kortetermijnoplossingen die aan het eind van hun leven vernietigd worden en als afval verwerkt, zullen beschouwd worden als het nieuwe roken. De stuwende kracht is dat er voor zulke projecten geen financiering meer te krijgen zal zijn. Tenminste, dat hoop ik. Twaalf jaar geleden hadden we ook grote

plannen voor de energieagenda in 2020, en daar is niet veel van terechtgekomen. Ik heb goede hoop dat het nu anders loopt. Het initiatief komt dit keer niet alleen van de Europese Commissie en de nationale overheid, die hierin leiderschap tonen en dat met forse onderzoeksgelden ondersteunen, maar ik zie ook beweging bij de banken en het bedrijfsleven.

De sector van elektrische apparaten en elektronica is het meest kwetsbaar voor een tekort aan kritische materialen. Maar als je nagaat welke sectoren gebruikmaken van elektronica en elektromotoren, dan treft een schaarste aan grondstoffen vrijwel onze hele economie. Vooral toekomstige ontwikkelingen in opwekking van duurzame energie, smartgrids, elektrisch vervoer, en robotica zijn afhankelijk van die grondstoffen. Momenteel is het bedrijfsleven zich daar nog onvoldoende van bewust en is het slecht voorbereid op een tekort aan kritische materialen. Dat gaat veranderen, bedrijven zijn niet dom.

Onderzoek op gebied van circulariteit is bij uitstek multidisciplinair, met inbegrip van sociale en politieke wetenschappen en geopolitiek. We hebben al die vakgebieden nodig om dit 21ste-eeuwse probleem aan te pakken. De circulaire economie biedt kansen. Nederland en de TU Delft kunnen een hotspot worden in de circulaire economie. Er is al veel ervaring met duurzaamheid, recycling, en bouwen met de natuur. Er is steun vanuit de overheid en vanuit de Europese Commissie. En er zijn samenwerkingen met andere universiteiten en onderzoekscentra in Nederland en daarbuiten. Circulariteit is een veld waarin Nederland een gidsland kan worden.” 





‘De ratrace
is nog niet
voorbij’



Blijf niet zitten op je onderzoeksdata, maar deel ze met de rest van de academische wereld. Daarvoor pleitten TU-Library-directeur Wilma van Wezenbeek en hoogleraar data science Geert-Jan Houben tijdens de dies. "Je wordt een betere student, docent of onderzoeker als je data deelt."

TEKST TOMAS VAN DIJK FOTO'S SAM RENTMEESTER

Een onderzoeker is als een fotograaf. De wetenschapper verzamelt data en creëert daarmee een virtuele weergave van de werkelijkheid. Wanneer is het kiekje geschoten, vanuit welke hoek, met welke belichting en sluitertijd? Alleen de onderzoeker kent die details en weet hoe hij of zij de weergave – lees data – moet interpreteren. Deze analogie gebruikte Geert-Jan Houben in zijn lezing tijdens de dies in januari, die in het teken stond van open science. Bij het ontsluiten van data komt nogal wat kijken, wil Houben maar zeggen. “Je hebt de verantwoordelijkheid om daar goed over na te denken. Je wilt voorkomen dat andere onderzoekers verkeerde conclusies trekken uit jouw data omdat ze er niet dezelfde feeling mee hebben.”

We hebben voor een dubbelinterview afgesproken in de TU Delft Library, de werkplaats van Van Wezenbeek. Ze is er de directeur en houdt zich in die hoedanigheid bezig met open science. Houben is hoogleraar data science bij de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica en ontwikkelt systemen om data te ontsluiten en doorzoekbaar te maken.

Nu het publiceren van artikelen in openbare registers en open access-tijdschriften – bladen die voor iedereen vrij toegankelijk zijn – steeds meer gemeengoed wordt, richt de open access-beweging haar pijlen op data. Met overheidsgeld betaald onderzoek en de afgeleiden daarvan, de publicaties en de data moeten voor iedereen toegankelijk zijn, luidt het credo van de open access beweging.

CV

Geert-Jan Houben (1963) is hoogleraar web information systems en directeur onderwijs bij de faculteit EWI. Hij is ook wetenschappelijk directeur van Delft Data Science en houder van de Kivi-leerstoel Big Data Science.

Wilma van Wezenbeek (1967) is directeur van de TU Delft Library. Ze is dit jaar benoemd tot programmamanager Open access bij de VSNU en is hoofdauteur van het rapport Nationaal Plan Open Science.

Waarom is het delen van data belangrijk?

Van Wezenbeek: “Onderzoekgegevens moeten de maatschappij ten goede komen, zeker als ze met behulp van publieke middelen zijn verzameld. Het is een logische verbreding van de wetenschap. Zowel diegenen die de data openbaar maken als diegenen die er op voortborduren, kunnen ervan profiteren. Je krijgt meer kruisbestuiving van vakgebieden. Mensen kunnen patronen vinden in jouw data die je zelf over het hoofd hebt gezien omdat ze er op een andere manier naar kijken.”

Houben: “In de wetenschap wil je zo veel mogelijk veralgemeniseren. Stel: je doet onderzoek naar de prestaties van wielrenners en je wilt weten hoe die samenhangen met het weer. Met de luchtvochtigheid bijvoorbeeld. Je hebt metingen verricht met inachtneming van allerlei veronderstellingen en condities. En je meent wellicht dat je conclusies ook gelden voor sportprestaties op andere plekken in de wereld. Als je de onderliggende data deelt, kunnen wetenschappers elders het werk reprodu-



ceren. Uit dergelijke studies kan dan blijken dat de prestaties van wielrenners in Washington op een andere manier samenhangen met weercondities dan in Nederland. Dat levert nieuwe inzichten op, voor jou en voor de collega's in de VS.”

Van Wezenbeek: “Ik ben ervan overtuigd dat je een betere student, docent of onderzoeker wordt als je gebruikmaakt van kennis van anderen en je kennis deelt. Daar geloof ik in. We hebben al honderden jaren wetenschapstijdschriften waarvoor je moet betalen. En dan krijg je alleen de uitwerking van onderzoek te lezen. Nu is er zoveel meer gaande. Ik vind het mooi om daar een bijdrage aan te leveren.”

Maar je stelt je ook kwetsbaar op. Stel dat anderen slordigheden ontdekken in jouw gegevens. Zal de angst hiervoor onderzoekers er niet van weerhouden om data te delen?

Van Wezenbeek: “Het is goed dat je als wetenschapper gedwongen wordt om beter over je data na te denken en over de wijze waarop je ze presenteert.”

Onderzoekers die data bewust manipuleren, lopen eerder tegen de lamp. Gaaf er een zuiverende werking uit van open science?

Van Wezenbeek: “Als wetenschappers zich er meer van bewust zijn dat hun werk voor een grote groep onderzoekers interessant kan zijn, voelen ze zich misschien meer gedwongen om hun data volgens bepaalde standaarden te bewaren, omschrijven en bewerken, om er zeker van te zijn dat alles klopt. Ik volg je redenering, maar een zuiverende werking vind ik een enge term. Alsof er zo ontzettend veel *sloppy science* zou zijn. Open science zorgt voor aanscherping van de wetenschap.”

Houben: “Door data te delen creëer je een vorm van *peer review* die veel verder reikt dan de colle-



giale toetsing die we nu kennen in de tijdschriftenwereld. Een grote gemeenschap kan verifiëren of je gegevens correct zijn. Je kunt het vergelijken met open source software. Je deelt je werk met de *community*, en die als geheel kan een oordeel vellen.”

Toch kan ik me voorstellen dat onderzoekers niet staan te springen om hun data te delen. Die vormen immers de basis voor publicaties. Als andere wetenschappers een primeur halen met jouw gegevens, is de kans klein dat jij nog in een hoog aangeschreven blad kunt publiceren. 'Publish or perish' luidt het spreekwoord in de wetenschap. Zou deze rat race voorkomen dat onderzoekers hun data openbaren?

Van Wezenbeek: “Een van de mooie verworvenheden van het debat rondom open science is dat we op een andere manier zijn gaan nadenken over de erkenning van wetenschap. Het gaat niet alleen maar om de *high impact*-publicaties. Een wetenschapper die data goed weet weg te zetten zodat anderen er ook mee kunnen werken, verdient erkenning.”

Maar krijgt hij of zij die erkenning ook?

Van Wezenbeek: “De ratrace is nog niet verdwenen, maar we zijn op de goede weg.”

Houben: “Competitie is goed. Maar de vraag is of de rivaliteit alleen gericht moet zijn op de klassieke artefacten - de publicaties - of ook op andere artefacten van het onderzoeksproces. We kunnen ook met zijn allen het belang onderschrijven van goede bijsluiters bij data en daar een beloningssysteem voor optuigen.”

Wat bedoelt u met bijsluiters?

Houben: “De metadata. Oftewel de beschrijving van de data, onder welke omstandigheden ze zijn

verzameld en hoe je ze moet interpreteren. Op het moment dat een arts jou een medicijn voorschrijft, heeft hij de verantwoordelijkheid om erbij te vertellen hoe je het geneesmiddel moet gebruiken. Net zo heeft een wetenschapper de verantwoordelijkheid om data met de juiste bijsluiters vrij te geven. Daar gaat dit hele verhaal over.”

Op enkele faculteiten zijn sinds kort data-stewards aan de slag. Zij helpen wetenschappers bij het ontsluiten van hun onderzoeksgegevens. Is het delen van data zo lastig?

Houben: “Binnen elk vakgebied gelden conventies over de betekenis van termen. Neem sportonderzoekers. Wat zij onder motregen verstaan, zouden wetenschappers uit andere vakgebieden misschien als mistig omschrijven of juist als forse neerslag. Als die onderzoekers data van elkaar gebruiken, moeten de termen voor iedereen duidelijk zijn. Je kunt data niet zomaar wegzetten in een *repository* zonder hier over na te denken. En andersom, als je andermans data gebruikt, moet je je bewust zijn van verschillen in interpretatie tussen vakgebieden. Onderzoekers zullen altijd eerst aan elkaar en aan elkaars vakgebied moeten snuffelen om tot een goede data-uitwisseling te komen.”

Dit klinkt omslachtig. Worden er standaarden ontwikkeld voor het wegzetten van data?

Houben: “Ik denk dat het een combinatie wordt. Sommige dingen kun je ‘weg-standaardiseren’ of ‘weg-automatiseren’. En voor het juist interpreteren van andere data – veelal de wat meer spannende gegevens - zal je toch contact moeten opnemen. In veel gevallen moet je ook de privacy van proefpersonen waarborgen. Tegelijk wil je bepaalde gegevens over hen kwijt, anders hebben andere wetenschappers natuurlijk niets aan de data. Hierin moet je goede afwegingen maken. Wat is van belang om naar buiten te brengen en wat niet?”

We hebben het gehad over onderzoek dat met publiek geld betaald is. Dat moet geopenbaard, aldus het Nationaal Plan Open Science. Voor onderzoek dat is bekostigd door bedrijven geldt deze afspraak niet. Daar zijn bedrijfsbelangen in het geding. Maar hiertussen zit een groot grijs gebied. Wetenschappers genieten een overheidssalaris en maken gebruik van de faciliteiten van de universiteit. Onderzoek aan universiteiten is dus altijd deels door het publiek betaald. Hoe gaan jullie om met dit grijze gebied?

Van Wezenbeek: “In het plan staat dat het uitgangspunt moet zijn dat onderzoek in principe openbaar wordt. Als er argumenten zijn om het niet te doen, bijvoorbeeld bedrijfsbelangen, kan daarvan worden afgeweken. Maar open access is de *default*. We hanteren het adagium ‘*as open as possible, as closed as necessary*’.” <<

Een kleine wasmachine met een brede kijkhoek

Met ongekende precisie brengt Tropomi luchtvervuiling wereldwijd in beeld. KNMI- en TU-onderzoekers Pieter Levelt en Pepijn Veefkind stonden aan de wieg van dit satellietinstrument. “We kunnen nu stikstofdioxidepluimen terug de schoorsteen in modelleren.”



Foto: ESA

Het meetinstrument Tropomi ging op 13 oktober de ruimte in aan boord van de Europese satelliet Sentinel-5P.

Een grote rode vlek ont-
siert Rusland. ‘Welke
stad zou daar liggen?’,
vraagt hoogleraar
atmospheric remote
sensing Pieterneel Le-
velt zich af, onder de indruk van zoveel
stikstofdioxide-vervuiling (NO₂).
Het blijkt Novosibirsk te zijn. We vlie-
gen richting Amerika. Onderweg zien
we in Noord-India pluimen koolmo-
noxide die zich om de Himalaya heen
richting China bewegen. En dan
Mexico-Stad. De metropool ziet paars
van NO₂.
“Er valt zoveel te ontdekken”, zegt
Levelt, terwijl ze samen met dr. Pepijn
Veeffind de eerste beelden toont van
november vorig jaar, gemaakt met het
satellietinstrument Tropomi. Beide
onderzoekers werken bij het KNMI en
hebben een deeltijdaanstelling bij
Civiele Techniek en Geowetenschap-
pen.

VAN POOL TOT POOL

Het TROPOspheric Monitoring
Instrument, zoals Tropomi voluit heet,
ging op 13 oktober de ruimte in aan
boord van de Europese satelliet
Sentinel-5P, die ESA bouwde als
onderdeel van het Europese aard-
observatieprogramma Copernicus.
Het instrument meet de concentraties
van een tiental gassen in de atmosfeer.
De wetenschappelijke leiding is in
handen van het KNMI en SRON.
Airbus en TNO bouwden het instru-
ment. De satelliet draait op zo’n acht-
honderd kilometer hoogte van pool tot
pool, veertien en een half rondje per
etmaal. Bij elke ronde observeert ze
een ander deel van de planeet.
Tropomi is de opvolger van OMI,
een instrument dat sinds 2004 rond
de aarde draait en waarvoor Levelt de
principal investigator is. Levelt: “OMI
heeft nog altijd de langste meetreeks
voor stikstofdioxide en zwavelstof-
dioxide in de atmosfeer en doet het na
bijna veertien jaar dienst uitzonderlijk
goed.”

Tropomi verschilt op belangrijke pun-
ten van OMI. Zo is de resolutie van het
instrument tien keer beter en dat biedt
onderzoekers nieuwe mogelijkheden.

‘Met bijkomend
modellerwerk kunnen
we een NO₂-pluim
herleiden tot een
afzonderlijke vervuiler’

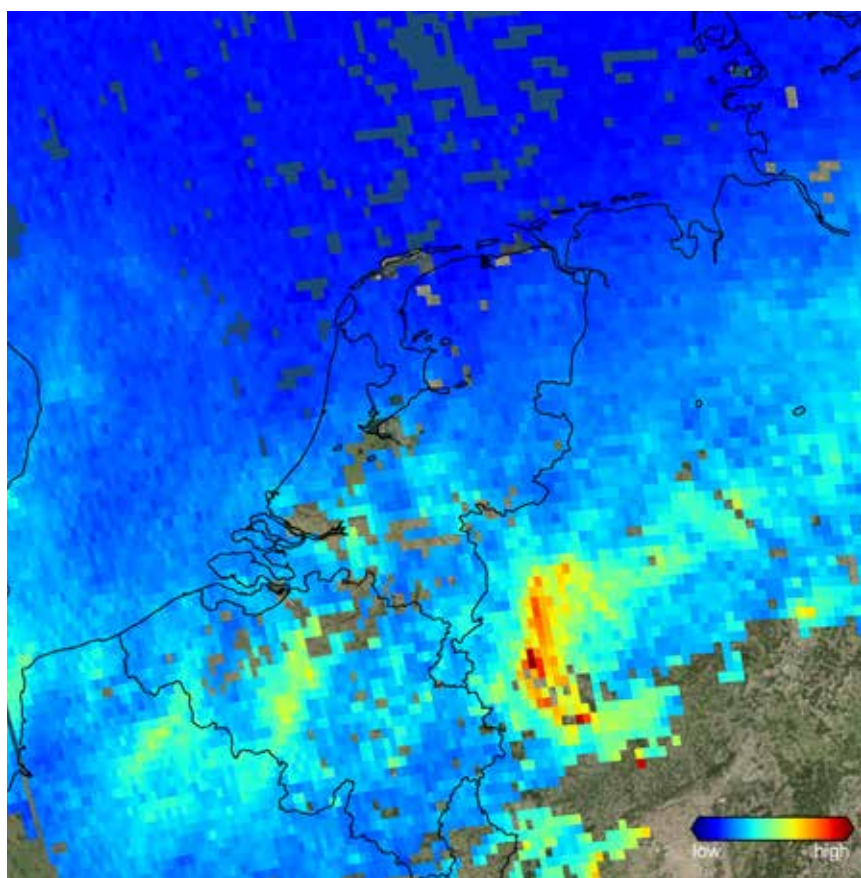
Levelt: “Tropomi heeft een ruimtelijke
resolutie van 3,5 bij 7 kilometer, waar-
mee het mogelijk wordt om verschil-
lende bronnen van luchtvervuiling te
identificeren.”

Levelt haalt op haar computer beelden

van Nederland tevoorschijn. We zien
rode vegen NO₂ boven de Randstad,
fnet als bij Novosibirsk, maar minder
intens. “Dit zijn beelden van één dag.
Als we de gegevens over meerdere
dagen middelen, verkrijgen we een
hogere resolutie en kunnen we in
Rotterdam de luchtvervuiling boven
de haven onderscheiden van luchtver-
vuiling boven het stadscentrum.”
“Met bijkomend modellerwerk kun-
nen we een NO₂-pluim herleiden tot
een afzonderlijke vervuiler, een elek-
triciteitscentrale bijvoorbeeld. Je mo-
delleert die pluim als het ware terug de
schoorsteenpijp in. Met deze inzichten
kunnen beleidsmakers hun voordeel
doen.”

De extra resolutie dankt Tropomi aan
grotere optische onderdelen.

[Lees verder op pagina 24](#)



Computerbeelden waarop de vervuiling in het Ruhrgebied goed te zien is.



Foto: Sam Rentmeester

Pieterneel Levelt: "Je hoort niets van de Russen."

Het optische gedeelte van OMI heeft de grootte van twee schoendozen. Bij Tropomi is dat gedeelte zo groot als een kleine wasmachine.

Tropomi heeft een brede kijkhoek. Op het aardoppervlak geprojecteerd scant het over een breedte van 2600 kilometer. "Dat komt overeen met 120 graden", zegt Levelt. Ze gaat staan en steekt haar armen in diezelfde hoek voor zich uit. "Zo beweegt Tropomi van pool naar pool. De Swath noemen we deze configuratie." En de hoogleeraar loopt door de kamer met uitgestrekte armen, zoals iemand een vogel zou nadoen.

Het instrument kan daarnaast twee belangrijke broeikasgassen meten: methaan en ozon. Over de hoeveelheid ozon in de troposfeer bestaan nog grote onzekerheden. En ook methaan is in nevelen gehuld. Het gas kent vele bronnen; de veeteelt, rijstvelden, moerasgebieden, vuilstortplaatsen, olie- en gaswinning en de ontthooide permafrost. In welke mate al deze bronnen bijdragen aan de uitstoot is nog onduidelijk.

In 2003, nog voor de lancering van

OMI, dachten de onderzoekers al na over een opvolger. "Een satellietinstrument heeft normaal gesproken een levensduur van ongeveer zes jaar", zegt Veefkind. "Zo lang duurt het ook om een nieuw instrument te maken. Dus moet je meteen aan de slag aan een opvolger."

Levelt was de principal investigator van OMI en later van Tropomi. In 2009 gaf ze het stokje door aan Veefkind, toen ze de rol van hoofd R&D satellietwaarnemingen bij het KNMI op zich nam. De twee trekken al vijftien jaar samen op.

BIJGELOVIGE WETENSCHAPPERS

Vrijdag 13 oktober om 13 uur (lokale tijd bij het lanceerplatform in het Russische Plesetsk) schoot Tropomi aan boord van de Sentinel-5P de lucht in met een Russische 'Rockot', de dertiende versie van dit type raket. Het getal dertien komt veel voor in de geschiedenis van Tropomi. Zoveel zelfs dat men zich in de wandelgangen afvroeg of de lancering niet beter op een ander moment kon plaatsvinden. "Ook wetenschappers kunnen bijgelovig zijn", zegt Levelt met een lach. Na de lancering verdween de satelliet anderhalf uur van de ESA-radar. Na

haar eerste rondje om de aarde, pikte een Zweeds grondstation de satelliet op.

Op een groot wit scherm bij ESA-ESTEC in Noordwijk was een streep van ruis geprojecteerd. In die ruis verscheen plots een piepklein piekje. "Gejuich alom", zegt Levelt. "Wat waren we opgelucht." Veefkind: "Je moet je realiseren dat de Russen er andere gewoontes op nahouden dan wij. Om te beginnen tellen ze niet af. Op een ge-

'Dit project is geen theoretische exercitie. Er wordt echt een instrument gebouwd'

geven moment schiet die raket gewoon weg. En je hoort verder niets van ze." Na een maand beschikten de KNMI-onderzoekers over de eerste metingen. Het instrument meet spectraallijnen in de atmosfeer. Elk gas absorbeert licht van bepaalde golflengtes, en elk gas doet dat op een manier die hem karakteriseert. Door de spectra te meten – vierduizend kleuren



Tropomi ondergaat de laatste tests in de cleanrooms van Dutch Space in Leiden.

Foto: Dutch Space/Sander Kooenen

van de regenboog – en te zoeken naar dipjes in de spectraallijnen kunnen de onderzoekers de concentraties van verschillende gassen herleiden. “De metingen bleken uitzonderlijk goed”, zegt Veefkind. “En dat terwijl het instrument nog moest afkoelen. Direct na de lancering werd Tropomi verhit, een protocol om vervuiling aan de optische oppervlakken af te stoten. Na verhitte moest een systeem geactiveerd worden om het instrument weer af te koelen. Daarvoor moest een deurtje in de satelliet geopend. Dat is goed gegaan. Ook dat was erg spannend.”

JARENLANGE LOBBY

Er zijn meer enerverende momenten geweest in de Tropomi-saga. In 2008 kreeg het team groen licht voor de ontwikkeling van de satelliet. Daar was jaren aan lobbywerk aan vooraf gegaan.

De Nederlandse overheid nam het gros van de financiering voor het instrument voor haar rekening: zo’n honderd miljoen euro verspreid over vijftien jaar. “Uiteindelijk is het besluit genomen door toenmalig minister Maria van der Hoeven van EZ, eindverantwoordelijk voor ruimtevaart”, zegt Levelt. “De champagne kon ontkurkt. De minister en ik werden beiden door de NOS geïnterviewd. Het is een enorm project.”

Nederland stuurt zo’n satelliet niet zelf de lucht in, maar is daarvoor afhankelijk van organisaties als ESA en Nasa. “We hebben op verschillende manieren in projecten gewerkt om het instrument op een missie te krijgen”, zegt Levelt. “Er zijn altijd talloze goede ideeën. Een fractie haalt de eindstreep.”

Uiteindelijk zag ESA het zitten om Tropomi onderdeel te laten uitmaken van aardobservatieprogramma Copernicus en kon het instrument mee met satelliet Sentinel-5P. Ter opvolging van Tropomi gaan de komende

jaren nog twee Sentinel satellieten de ruimte in met instrumenten om aan de chemie van de atmosfeer te meten. “Het is fijn om deel uit te maken van het Copernicus-project”, vervolgt Levelt. “Daarmee zijn we verzekerd van datacontinuïteit. Maar het betekent tegelijkertijd dat we een stap terug zetten. OMI en Sciamachy (een spectrometer aan boord van ESA’s Envisat-missie 2002-2012, red.) maakten deel uit van puur wetenschappelijke satellietmissies. Alleen de wetenschappers zaten aan de knoppen. Copernicus heeft een operationele en commerciële insteek. Het idee is dat bedrijven diensten ontwikkelen als Buienradar, maar dan gericht op de chemische kant van het weer.”

EMOTIEEEL

Terug naar 2008. De financiering was geregeld. “Daarna volgde een lange periode met ontwerpwerk en het reviewen van documenten”, zegt Veefkind. “Na drie jaar werd het pas echt leuk. Toen begon de bouw: het frasen van stukken aluminium.”

Levelt: “Wil je dit werk goed kunnen doen, dan moet je affiniteit hebben met de daadwerkelijke bouw van satelliet-instrumenten. Tijdens mijn promotieonderzoek heb ik experimenteel optisch werk gedaan. Met die achtergrond snap je tegen welke problemen de industrie aan loopt. Dit project is geen theoretische exercitie. Er wordt echt een instrument gebouwd. Het is prachtig. Ik kan er emotioneel van worden.”

“In de cleanroom van TNO in Delft zagen we de eerste contouren van het optische deel van het instrument ontstaan”, zegt Veefkind. “In de jaren die volgden zijn we door Europa gekaheid in het zog van Tropomi. In Luik deden we ijkmetingen. Van daaruit ging het instrument naar Toulouse voor een vibratietest, die moest uitwijzen of het instrument de hevige trillingen tijdens de lancering zou



Foto: Sam Reintmeester

Pepijn Veefkind: “Na drie jaar werd het pas echt leuk.”

overleven. Vervolgens gingen we naar Duitsland voor akoestische proeven. Volgende stop was een fabriek van Airbus in Engeland, waar Tropomi in de satelliet werd geschroefd. En vandaar uit naar Rusland voor lancering”

Levelt: “En dan ben je je kindje kwijt.”

Veefkind: “We hebben hier op aarde een kopie van de boordcomputer van Tropomi. Als we nieuwe meetsettings hebben bedacht, testen we die eerst daarop.”

Vanaf eind juni geeft het KNMI alle metingen van Tropomi vrij. Met maar enkele uren vertraging kan iedereen de data dan downloaden.

“De satelliet meet spectraallijnen”, zegt Veefkind. “Hij meet niet direct de vervuiling. Om die spectraallijnen om te zetten in de juiste vervuilingdata gebruiken we behoorlijk ingewikkelde algoritmes. We zullen ervoor zorgen dat iedereen - klimaatonderzoekers, epidemiologen en beleidsmakers – de gegevens op een presenteerblaadje aangereikt krijgt.” <<

Bewuste beslissingen bestaan niet, het brein zorgt voor een vals gevoel van controle.

Ronald Poelman, informatica-ingenieur

Mensen zijn zoals ze kiezen te zijn.

Pengling Wang, transportingenieur

De effectiefste manier om collega's uit de noordelijke EU te ontdooien is door tiramisu naar het werk mee te nemen.

Alessio Bazzica, informatica-ingenieur

We zijn momenteel te afhankelijk van technologie.

Olga Didova, aardwetenschapper

Zonder veldobservaties is het beheersen van ijsgang als het je begeben op dun ijs.

Chunqing Wang, waterbouwkundig ingenieur

Hoe meer onderwijs je hebt genoten, des te minder baanopties je hebt.

Jingtang Liao, informatica-ingenieur

Kinderen zijn betere waarnemers dan wetenschappers. Zij beschrijven wat zij zien, terwijl wetenschappers beschrijven wat zij denken te zien.

Frederik Bisschop, waterbouwkundig ingenieur

'Slimme steden' kunnen niet gerealiseerd worden zonder 'slimme burgers' die zich bewust zijn van hun omgeving.

Merve Bedir, bouwkundig ingenieur

Lease-jeans

Ik draag sinds kort spijkerbroeken die niet van mijzelf zijn. Ik huur mijn jeans, voor 7,50 euro per maand. Na een jaar kan ik kiezen: de broek houden, waarna ik niks meer betaal, maar wel 10 euro terugkrijg als ik 'm later alsnog retourneer. Of: de broek inruilen voor een nieuwe, en weer 7,50 euro per maand betalen.

Klinkt ingewikkeld? Is het niet. Het is alleen even wennen. Met als bonus een iets schoner geweten. Mijn spijkerbroekenleasemaatschappij - MUD Jeans, de gedeeltelijke overeenkomst met mijn achternaam is puur toeval, ik ken niemand bij het bedrijf - heeft zich gespecialiseerd in het hergebruiken van de geretoureerde spijkerbroeken. Afhankelijk van hun staat krijgen de jeans een nieuw leven als vintage kleding, of worden ze versnipperd waarna het materiaal in nieuwe spijkerbroeken belandt. Details doen ertoe: zo hebben de broeken geen leren patches, zodat je alleen het metaal (rits en knoop) eruit hoeft te knippen om zo'n zuiver mogelijk basismateriaal terug te winnen.

Ook deze manier van spijkerbroeken dragen belast het milieu en kost grondstoffen. Toch lijkt deze manier van omgaan met mode me een stuk beter dan hoe ik het vroeger deed: een spijkerbroek kopen en een paar jaar later achteloos in de vuilnisbak gooien zodra er een gat in knie of kruis sleet.

Anders nadenken over bezit is cruciaal voor het slagen van een circulaire economie - het thema van deze Delft Integraal. Wie goed om zich heen kijkt, ziet overall mooie voorbeelden. Zo las ik laatst in De Utrechtse Internet Courant over een project in de Utrechtse wijk Lombok. Bewoners gebruiken daar hun elektrische auto's tevens als accu voor de huizen. Overdag vangen de zonnepanelen op de daken zonne-energie op, 's avonds als de zon onder is en iedereen thuis komt geven de elektrische auto's extra stroom af om de vaatwassers en de verlichting te laten draaien.

Vanzelfsprekend hoeft daarbij niet iedereen een eigen elektrische auto te hebben. De gemiddelde auto staat negentig procent van de tijd stil, meldt de ANWB. Voor een stuk of twintig woningen kun je waarschijnlijk prima af met een stuk of acht elektrische deelauto's.

Zelf reed ik jarenlang tevreden rond in deelauto's van Greenwheels en ConnectCar. Met de komst van kinderen kwam wel de aanschaf van een eigen auto, moet ik bekennen. Waarom? Vanwege de kinderzitjes: teveel gedoe om die elke keer in en uit zo'n deelauto te krijgen.

Wie dit leest en daar een oplossing voor weet: gat in de markt. De circulaire markt wel te verstaan.



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

Na Delft

Zonder zijn werk kan niemand bellen en internetten en werken de kassa's van de supermarkt niet meer. Alwyn Voorman studeerde elektrotechniek en is verantwoordelijk voor het beheer van de vaste en mobiele netwerken van KPN.

Alwyn Voorman stuurt ruim tweehonderd medewerkers aan, verdeeld over Den Haag en Amersfoort. Zijn team beheert de netwerken, lost storingen op en breidt de netwerken uit. "Ik zorg ervoor dat iedereen in Nederland kan blijven bellen en internetten", vertelt Voorman. "De impact van mijn werk is groot, dat vind ik mooi. Een ander pluspunt is dat ik leiderschap kan combineren met techniek. De mensen in mijn team zijn technisch, die kennen het netwerk door en door. Als er problemen zijn, kan ik meekijken en bepalen hoe we zaken beter kunnen organiseren." Het leiderschap zat er tijdens zijn studietijd al in. Niet een, maar twee besturen deed Voorman, bij de studievereniging van elektrotechniek ETV en bij volleybalvereniging Punch. "Ik vond organiseren en leidinggeven leuker dan de studie zelf", vertelt hij. Hij kijkt met plezier terug op die tijd. "Voor het eerst op kamers, stage lopen bij het ministerie van Binnenlandse Zaken, afstuderen in Londen, een wereldreis om elektrotechnische bedrijven over de hele wereld te bezoeken... Je bouwt banden op voor het leven, ik zie veel van mijn studiegenoten nog steeds." Na zijn studie begon Voorman in 1998 bij KPN als consultant. "Dat was een heel andere tijd", herinnert hij zich. "Bijna niemand had een mobiel en even later werd sms'en heel populair. Nu is de mobiele telefoon vooral een datadienst geworden. Vroeger moest



Naam: Alwyn Johannes Voorman
Leeftijd: 43
Burgerlijke staat: Getrouwd, dochter van 12 en zoon van 9
Opleiding: Elektrotechniek (1998)
Vereniging: Punch en ETV
Functie: Beheer van vaste en mobiele netwerken bij KPN
Woonplaats: Delft

Foto: Sam Rentmeester

je inbellen op een modem, nu is er glasvezel. In die tijd was KPN nog aan het omvormen van een staats-

'Tijdens je studietijd bouw je banden op voor het leven'

bedrijf naar een commercieel bedrijf. En naast een veel groter netwerk is er televisie bij gekomen."

"De afgelopen twintig jaar heb ik zo'n tien verschillende functies gehad. Ik begon als consultant en klom op tot projectmanager en manager. Een van de dingen die ik heb geïntroduceerd, is KPN Compleet. De klanten hebben diverse voordelen als ze een pakket

kopen met Vast en Mobiel. Dat sloeg aan en nu hebben meer dan een miljoen huishoudens die pakketten." In de toekomst ziet Voorman voor KPN wel uitdagingen liggen. "Denk aan *internet of things*, we verwachten dat er straks miljoenen apparaten met elkaar communiceren. En ook security is een steeds belangrijker thema aan het worden."

Over zijn eigen toekomst heeft Voorman nog geen duidelijk beeld. "Ik denk niet in eindstations, zo heb ik ook nooit een carrièreplan gehad. Ik wil vooral leuk en uitdagend werk hebben. Een carrière kun je plannen, maar het loopt toch anders, anders is het maar saai. Ik heb tien banen achter me en ik denk dat er ook nog wel tien banen voor me liggen. Dit is niet mijn eindstation!" **RVT**



Afgelopen winter zijn twaalf portiekwoningen in Vlaardingen energieneutraal gemaakt. De TU was bij de proef betrokken vanwege de bouwtechniek en de bewonerscommunicatie.

TEKST: JOS WASSINK FOTO'S: SAM RENTMEESTER

De portiekflat aan de rand van Vlaardingen is er een van vele in de naoorlogse wijk. Een open portiek, drie hoog zonder lift. Dunne stenen muren, enkel glas en beschimmeld behang. In de zomer stijgt het kwik in de woonkamer boven de dertig graden, in de winter moet flink gestookt worden om het warm te krijgen. De verleiding is groot om dit soort woningen te slopen en te vervangen

door iets met meer allure. In dat geval zouden de huizen te duur worden voor de huidige bewoners.

Woningbouwcorporatie Waterweg Wonen koos ervoor de woningen te renoveren en energieneutraal te maken. De bewoners hoeven niet weg, ook niet tijdens de renovatie, en gaan niet meer huur betalen.

PERSPECTIEF BEWONERS

De woning links onder fungeert als kantoor en als proefwoning. Leveran-

ciers, bewoners, technici, bouwvakkers, iedereen loopt binnen en krijgt koffie. Een warme pr, zo begrijpen we later, is een essentieel onderdeel van een geslaagde energierenovatie. Het maatschappelijk doel van het project 2nd Skin is energiebesparing met het oog op beheersing van de klimaatverandering. Maar dat is niet altijd het perspectief van de bewoners, zegt onderzoekster dr. Stella Boess (spreek uit als bo-es) van de faculteit Industrieel Ontwerpen (IO). "Soms is

Plezierig wonen in een portiekflat



het: ik woon hier fijn, wat wil jij nou van mij?” Klimaatverandering staat niet hoog op hun agenda. Boess: “In de sociale huursector wonen statistisch gezien mensen die het financieel niet breed hebben. Voor hen telt vooral één ding, en dat is een veilig en betaalbaar huis.”

EXTRA SCHIL

“Net als bij de TU-inzending ‘Prêt-à-Loger’ op The Green Village van de campus, gaat het project 2nd Skin uit van een extra schil om de woning. Alle installaties zitten in die schil”, vertelt dr.ir. Sacha Silvester (IO). Door de concentratie in de schil vindt tachtig procent van de werkzaamheden buiten de woningen plaats. De schil omvat isolatie rondom. Op de gevel is dat een twintig centimeter dikke laag piepschuim die later

wit gepleisterd wordt. Het dak wordt vervangen door geïsoleerde platen en ook de vloer krijgt een extra laag. De nieuwe kozijnen krijgen drievoudig glas. Het dak wordt bedekt met zonnepanelen (vijftien per huishouden). Eén warmtepomp voorziet drie huishou-

‘In de sociale huursector telt vooral één ding, en dat is een veilig en betaalbaar huis’

dens van verwarming en koeling met een aansluiting op warme en koude grondwaterlagen. “De kosten voor de renovatie bedragen per woning 69 duizend euro”, zegt Silvester. “Om er een levensvatbaar businessmodel

van te maken moet dat terug naar 55 duizend.”

De proef is haalbaar geworden dankzij een bijdrage van het Europese Climate-KIC-fonds, dat ongeveer tien procent van de projectkosten betaalt. KIC staat voor kennis, innovatie en commercialisatie.

Na renovatie voldoen de woningen aan de 2050-norm van nul op de meter (NOM) en zijn ze gasvrij. Ze zijn dan per saldo energieneutraal. De bewoners krijgen geen energierekening meer, maar betalen een energieprestatievergoeding (EPV) die is vastgesteld op maximaal €1,40 per vierkante meter per maand.

Lees verder op pagina 30



Stella Boess en Sacha Silvester zijn bij het project betrokken vanuit de faculteit Industrieel Ontwerpen.

Directeur Onno de Wal van BIK-bouw, die het project coördineert, vertelt in de proefwoning over de uitdagingen. “Portiekwoningen zijn lastig energie-neutraal te krijgen omdat je het dakoppervlak met meer huishoudens moet delen. Een eengezinswoning heeft genoeg oppervlakte voor zonnepanelen op het dak, maar hier moet je met meer slimmigheden komen om met de beperkte energieopwekking te voorzien in energie voor warmte, warm water, ventilatie, en huishoudelijk gebruik van elektriciteit.”

De gevelonderzoeksgroep van dr.ir. Tillmann Klein (Bouwkunde) is verantwoordelijk voor de energieberekeningen. “Het punt is dat de energieneutraliteit voor twintig jaar gegarandeerd moet worden”, vertelt Klein. Die verantwoordelijkheid is gedelegeerd aan een bedrijf, Klimaatgarant, dat de installaties levert en de warmtepompen en zonnepanelen onderhoudt.

De bewoners hebben zelf ook invloed op het energieverbruik. Ze krijgen nieuwe bedienelementen voor verwarming, ventilatie en energieverbruik waar ze mee moeten leren omgaan. Onderzoekster Stella Boess is al voor

de renovatie begonnen met het bijhouden van het binnenklimaat. Drie kastjes per woning meten iedere vijf minuten temperatuur, vocht, licht en CO₂-gehalte. Daarnaast hield ze een enquête onder de bewoners en er waren bewonersavonden. Minstens zeventig procent van de bewoners moest akkoord gaan met het plan voordat de bouw kon beginnen. Ze stemden allemaal voor.

PERSOONLIJKE BENADERING

“De persoonlijke benadering heeft het verschil gemaakt in dit project”, denkt Boess. De bewoners kregen in de proefwoning uitgebreid voorlichting over de aanpassingen in hun huis. Boess zegt diep respect te hebben voor de vakkennis en de planningsvaardigheden van de uitvoerders, maar ziet mogelijkheden voor doorontwikkeling van de bediening van de techniek zodat deze beter aansluit op de beleving van de bewoners. Onderzoeker Tillmann Klein is benieuwd hoe de woningen straks functioneren. Hoe houdt de techniek zich? Hoe gaan de bewoners ermee om? Wordt de nul-op-de-meternorm ge-

haald? Ook zou hij het project willen opschalen en dan van prefab technologie gebruik maken voor de gevels in plaats van piepschuim en pleister. Onno de Wal (BIK bouw) wil de woningen in de gaten houden. Niet alleen om de NOM-prestatie te garanderen, maar ook om te horen wat de impact op de bewoners is. “Die ervaringen willen we meenemen als leerpunten voor volgende projecten.”

TOEKOMST

In totaal staan er 380 duizend van dit soort woningen in Nederland. Als die in 2050 allemaal gasvrij en energie-neutraal moeten zijn, dan moet dat in een tempo van tienduizend portieketagewoningen per jaar. En dan hebben we het nog niet over andere huizentypes. De energieopgave in de woningbouw is onvoorstelbaar groot, zegt De Wal: “Het betekent gas op de plank. Ik denk dat verschillende oplossingen voor eengezinswoningen en portiekwoningen welkom zijn. Aannemers zullen al hun capaciteit nodig hebben om de bestaande woningvoorraad op de norm te krijgen.” <<



Onderzoeker Tillmann Klein is benieuwd hoe de techniek zich zal houden.

DE ZAAK

Kunststof afval is goud waard. Zeker als je precies weet wat de chemische samenstelling is, waardoor je het zo efficiënt mogelijk kunt hergebruiken. Polytential brengt een apparaat op de markt dat plastic afval analyseert tot op de laatste vezel.

Dat hij een eigen bedrijf wilde, wist Jeroen Cevaal (26), mede-oprichter van Polytential, al op zijn vijftiende. Tijdens het vak *turning technology into business* bij de faculteit Techniek, Bestuur en Management, waar hij op basis van een patent op plasticscheiding een businessplan moest maken, besloot hij een eigen bedrijf in plastic afval op te richten. In mei 2016, nog voor zijn compagnons Yuri van Engelshoven en István Deák waren afgestudeerd, was Polytential een feit. “Dat wij de kennis, tijd en het geld niet hadden om een scheidingsmethode voor plastic te ontwikkelen, werd al snel duidelijk”, vertelt hij. “Maar uit gesprekken met *compounders* en *recyclers* bleek dat een nauwkeurige analyse van plastic wél interessant was om een bedrijf rond op te bouwen.”

Inmiddels heeft Polytential een prototype van The Virtual Chemist. Dit is een analysesysteem dat informatie verschaft over de chemische samenstelling van kunststof afval, met een nauwkeurigheid van 99,5 procent - zo beloven de makers.

“Onze analyse is geheel geautomatiseerd”, zegt Cevaal. “Er is geen handwerk of expertise nodig, wanneer een bedrijf aan de slag gaat met onze *virtual chemist*.” De gebruiker doet een zak met plastic monsters in het apparaat, dat ze verspreidt over een lopende band. Een hyperspectrale camera



Naam: Polytential
Opgericht: 2016
Oprichters: Jeroen Cevaal en Yuri van Engelshoven
Studie: Public administration; economics & governance (Cevaal) en environmental engineering (Van Engelshoven)
Werknemers: Drie, plus twee stagiairs
Omzet: Nog niet
Doelgroep: Plasticcompounders en -recyclers
Over vijf jaar: Wil Polytential zich richten op de handel in plastic.
Doel: ‘Erkend worden als onafhankelijke Certificering voor gegarandeerde kwaliteitsgarantie voor de handel in plasticafval.’

scant die *flakes*, waarna een algoritme in de cloud (gebouwd door een collega-start-up in Amsterdam), de chemische samenstelling analyseert en de klant binnen vijf minuten een keurig rapport presenteert met alle gegevens.

‘Het prototype hebben we betaald met prijzengeld en subsidies’

Zo weet hij precies hoe hij zijn plastic het best kan toepassen, en met welke additieven of plastics hij zijn product moet bijmengen. Om het om te smelten tot halffabrikaat voor bloempotten, bijvoorbeeld. Of laptopbehuizingen.

Sinds oktober is het eerste prototype in gebruik. Het komende halfjaar geven ze vier demonstraties. “Klanten moeten ons product zelf ervaren, en feedback geven over het design.” Omdat alleen de speciale camera in het apparaat al 35 duizend euro kost, lijkt het Cevaal het meest logisch dat klanten de scanner zullen leasen.

Leven van hun onderneming kunnen ze nog niet, al hebben ze inmiddels één parttime werknemer in dienst voor het design en de bouw van het apparaat. “Het prototype hebben we gebouwd met behulp van prijzengeld en subsidies. Voor gebruik van ons prototype vragen we een vergoeding aan de klant, maar daarvoor komen we het gebruik wel een week lang elke dag begeleiden.” **RVT**

Diepte in de sterrenhemel

Astronoom en fysicus Akira Endo noemt zijn maanden bij de Aste-telescoop 'de gelukkigste dagen van mijn leven'. Stap voor stap bouwde hij zijn zelf ontwikkelde camerasysteem in de radiotelescoop. Toen bij het passeren van Saturnus een piekje oprees uit de ruis was de euforie compleet.

Overdag lijkt de Atacama-woestijn in Chili het meest op Mars. Eindeloze vlakten bedekt met rood gruis, wolkeloze luchten en rondom heuvels met hier en daar een restje sneeuw. Hier op vijfduizend meter hoogte leeft ogenschijnlijk niets meer.

Of toch? Zware terreinwagens kachelen brommend door de verlatenheid, een grote stofwolk achter zich meevoerend. Bij het bordje A.S.T.E. slaan ze linksaf. Het bordje wijst naar een witte schotelantenne, omringd door een stel rode en blauwe zeecontainers, in de beschutting van een flinke heuvel. 's Nachts trekt hier een sterrenhemel voorbij met een helderheid die ieders voorstellingsvermogen tart.

Voor TU-onderzoeker dr. Akira Endo (Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica) is de Aste radiotelescoop bekend terrein. Als student sterrenkunde bezocht hij in 2004 het Atacama Submillimeter Telescope Experiment. "Ik werd geacht te helpen bij de installatie van instrumenten, maar eigenlijk was ik vooral aan het spelen en ontdekken. Ik zag de ontwikkeling van instrumenten waarmee nieuwe ontdekkingen konden worden gedaan. Dat vond ik fantastisch. Ik besloot dat ik zelf ook een instrument wilde ontwikkelen, al wist ik toen nog niet wat. Toch ben ik dat na mijn promotie in Tokyo komen doen in Delft."

RECHTERHAND

Bij de ontwikkeling van Deshima heeft Endo met veel mensen samengewerkt. Het project is een samenwerking tussen de TU Delft, het Nederlands instituut voor ruimteonderzoek SRON, de Leidse sterrenwacht en de Universiteit van

Tokyo. Technicus David Thoen verdient volgens Endo een bijzondere vermelding als rechterhand in de praktische realisatie van het instrument. Samen met Endo maakte hij Deshima en monteerde hem in de radiotelescoop.

Aste was een prototype voor de constellatie van tientallen radiotelescopen onder de naam Alma (Atacama large millimeter/submillimeter array) die er nu verrijst. "Andere telescopen bepalen de plaats aan het uitspansel in x- en y-coördinaten", legt Endo uit. "Deshima voegt daar de diepte z aan toe." De diepte, of

De afstand tot verre melkwegstelsels komt tot uiting in de roodverschuiving van het licht

afstand tot verre melkwegstelsels, komt tot uiting in de roodverschuiving van het licht. De heldere lijn van koolstofionen met frequentie 1900 gigahertz verschuift daardoor naar frequenties van een paar honderd gigahertz. Deze vroegste signalen van het jonge heelal zijn tien tot dertien miljard jaar onderweg geweest. Uit de frequentieverschuiving is de afstand tot sterrenstelsels te bepalen. Daarvoor is het nodig dat het instrument de golflengte kan meten van deze (sub)millimeter straling.

VERGELIJKING MET HARP

Het concept van Deshima is gebaseerd op supergeleidende technologie, en



Akiro Endo en collega's na de installatie van Deshima in de Atacama-woestijn in Chili.

bedacht door dr. Jochem Baselmans van SRON en TU Delft. “Je kunt de opbouw vergelijken met een harp”, zegt Endo. Zoals als een harp honderden snaren heeft met ieder een precies vastgestelde resonantiefrequentie, geldt datzelfde voor Deshima. Binnenkomend signaal wordt vanuit de schotelantenne langs filters en 49 supergeleidende resonatoren geleid. De structuren op de vingerlange chip zijn, net als de snaren van de harp, afgestemd op één bepaalde frequentie. Het prototype bevat 49 Kinetic Inductive Detectors (KIDs) en werkt tussen 330 en 370 GHz. Het uiteindelijke instrument moet twee spectrometers bevatten, ieder met 500 KIDs en een bandbreedte tussen 240 en 720 GHz. “Deshima vertaalt miljarden lichtjaren in centimeters op een chip”, aldus Endo.

Vanaf eind september tot begin december 2017 hebben Endo, Thoen en collega's aan de installatie gewerkt. Ze verbleven in het basiskamp op 2.400 meter hoogte, waar nog bomen groeien en winkeltjes zijn. Elke dag reden ze naar de Pampa la Bola, een hoogvlakte op vijfduizend meter. Het transport in kratten, de montage van het honderd kilo zware maar uiterst fragiele instrument in de telescoop: het had op honderd manieren fout kunnen gaan.

EERSTE STAP

Maar alles ging goed. Op 19 oktober stond het instrument voor het eerst aan. De antenneschotel draaide naar Saturnus en de meters sloegen uit. “We waren zo blij dat we Saturnus zagen”, herinnert Endo zich. De kwetsbare detector, waar hij ruim zeven jaar aan

gewerkt had, bleek daadwerkelijk te functioneren.

Hoe opgetogen Endo en zijn collega's ook waren, het succes in Chili is slechts de eerste stap. Ze werken nu aan een instrument met de volledige bandbreedte (240 - 720 GHz). In februari 2019 wordt dat instrument op de telescoop geplaatst. Verder is in samenwerking met SRON een opvolger voor Deshima in voorbereiding. Jochem Baselmans werkt bij SRON aan een versie met 25 pixels onder de naam Mosaic. Als alles vlot blijft verlopen, verwachten de onderzoekers over drie jaar te kunnen beginnen aan de eerste 3D-sterrenkaart die teruggaat tot het begin der tijden. <<

Op tudelft.tv staat de korte documentaire 'Deshima, birth of a universe' van Sven Peetoom.

De beste van de TU. En dan?



Maaike Kroon 2004-2005

'Mijn instelling in het leven verandert'

Scheikundig ingenieur Maaike Kroon was de allereerste 'Best Graduate of TU Delft'. Haar afstuderen versnelde een nieuwe productiemethode voor de chemische en farmaceutische industrie, een ongekende doorbraak voor een afstudeeronderzoek. Niet alleen de TU eerde haar, ook DSM deed dat. Kroon wilde door met haar onderzoek. Haar toenmalige decaan en de latere rector Karel Luyben vond geld voor het eerste halve jaar promoveren; daarna was het aan Kroon zelf om financiering te vinden. Na twee jaar promoveerde zij al. Natuurlijk had zij daarvoor genoeg informatie verzameld, maar er was ook een financiële noodzaak: het geld voor haar aanstelling was op. Daarna vertrok ze naar Barcelona en Stanford en werd ze op haar 29ste hoogleraar *separation technology* aan de TU Eindhoven. Een kleine vijf jaar later werd ze hoogleraar aan het Petroleum Institute in Abu Dhabi. Dat is ze nu nog, naar volle tevredenheid. Waarom? "In Nederland kost het schrijven van onderzoeksvorstellen dertig procent van je tijd. Hier kan ik vol gaan voor mijn onderzoek in een dynamische en jonge omgeving, krijg ik goed betaald, is de werksfeer rustiger en heb ik tijd voor mijn gezin. En dat op zes uur vliegen van Nederland." Kroon heeft tijd om na te denken over haar leven. "Mijn instelling in het leven verandert, ik vind andere dingen belangrijk: vrienden, familie, nieuwe dingen ontdekken. Als de kinderen wat ouder zijn, zullen we zeker teruggaan naar Nederland. Daarna wil ik best in de wetenschap werken, maar niet meer zoals voorheen."



Gert Kragten 2005-2006

'Salaris is te dun om voldoening uit te halen'

Gert Kragten studeerde af op de analyse van een handprothese-mechanisme. Hij vond dat niet alleen mechanisch interessant, maar ook maatschappelijk relevant. Van zijn titel 'Best Graduate of TU Delft' hoorde hij in India, waar zijn vrouw en hij vrijwilligerswerk deden. "Dat was een verrassing. Het voelde alsof het me gegund werd", herinnert hij zich. De prijs hielp hem zijn twijfels in perspectief te plaatsen tijdens zijn promotie over robothanden. "Het was brandstof om door te gaan als ik me afvroeg of ik het wel kon. Dat mijn werk door anderen was gezien en erkend, gaf houvast." In 2011 promoveerde Kragten. Omdat hij tot dan toe puur theoretisch en solistisch had gewerkt, wilde hij de praktijk in. Bij Lely in Maassluis, een bedrijf dat onder meer melkrobots bouwt, vond hij praktische uitdaging en samenwerking: organiseren, uitproberen, regelen, in een overall boerderijen langs. "Dat bracht me teamgeest en praktische vaardigheden. Wel vroeg ik me soms af: gebruik ik mijn academische vaardigheden nog genoeg?" Zo kwam Kragten terecht bij zijn huidige werkgever, *fluid and motion control*-bedrijf Gevasol. Kragten is er 'een brug tussen klant en engineers en tussen engineers en productie'. "Ik probeer oogkleppen te vermijden." Intussen denkt Kragten na over de toekomst. Hij wil Gevasols engineering afdeling naar Delft halen, en studenten, kinderen en mensen met afstand tot de arbeidsmarkt aantrekken. "De afstand tussen theorie en de praktijk kan erg groot zijn, terwijl je elkaar juist aan nieuwe ideeën kunt helpen. Dat is enorm stimulerend, ook voor mij."

De titel 'Best Graduate of TU Delft' (uitgereikt door het Universiteitsfonds Delft) bestaat sinds 2004. Hoe is het de eerste vier beste afstudeerders vergaan en wat zijn hun lessen voor 'gewone' studenten en alumni?



Helma van Rijn 2006-2007

'Ik duik graag in nieuwe werelden'

Helma van Rijn wist dat haar afstudeerbegeleiders tevreden waren, maar dat ze een tien zou krijgen was een verrassing. Van Rijn ontwierp interactief speelgoed waarmee kinderen met autisme hun taalvaardigheid kunnen ontwikkelen.

Ze heeft grote interesse in moeilijk bereikbare doelgroepen. "Ik duik graag in nieuwe werelden", verklaart Van Rijn. Die eigenschap wil ze gebruiken om de zorg te verbeteren. "Nu begeleid ik voor mijn huidige werkgever Muzus een project met daklozen. Ik wil mensen beter begrijpen, leren wat ze nodig hebben, hoe ik ze kan helpen, een ontwerp kan maken dat nuttig is. Dat doe ik door veel te vragen en goed te luisteren."

Tijdens de promotie die volgde op haar afstuderen, was het niet anders. Ze wilde leren van het contact met mensen met dementie en autisme. Er kwam zelfs een product op de markt, dat mensen met dementie activeert door herinneringen. Die promotie was niet iets waar ze als student al op gebrand was, vertelt Van Rijn. "Het was de invloed van de 'beste afstudeerder' dat dat gebeurde. Het maakte me zichtbaar en zo kreeg ik mijn onderzoek gefinancierd."

Van Rijn heeft altijd een stap extra gezet. "Ik ben perfectionistisch en wil iets bijdragen", vertelt ze. En dus haalde ze een propedeuse psychologie naast haar studie industrieel ontwerpen, deed ze een onderzoekstage bij studievereniging I.D., bracht ze producten op de markt en houdt ze zo soms gastlezingen op de TU. Haar tip voor anderen? "Laat zien waar je voor gaat en toon dat je ondernemend bent."



Dawid Strebicki 2007-2008

'Werkgevers moeten je enthousiasme zien'

Dat Dawid Strebicki een architectenbureau heeft in Polen, het land dat hij als tienjarige verliet, was niet gepland. In 2011 kwamen zijn Poolse vriendin en hij voor de keuze: blijven we hier of willen we een nieuw avontuur? "Haar ouders in Polen hadden een grote zolder. Daar zijn we ons ontwerpbureau gestart met projecten in België en Polen." Strebicki kreeg in 2008 een tien voor zijn afstuderen: een ontwerp voor een middelbare school in een achterstandswijk in Amsterdam-Noord. Dat cijfer relativeert hij: "Veel gaat in de architectuur om emotie. Ik had veel werk uitgevoerd. Ik heb goede herinneringen aan onze afstudeergroep: we inspireerden en stuwden elkaar omhoog."

Het was crisis in de bouw toen Strebicki afstudeerde. Toch was hij twee weken later al aan het werk in Rotterdam. Mooi, maar het klikte niet. "Ik kon er mijn energie niet kwijt. Al snel ben ik overgestapt naar het kleinere, Vlaamse bureau van mijn afstudeerdocent. Daar kon ik veel leren. Ik was er met iedereen tegelijk in gesprek, van politicus tot metselaar." Hij heeft een competitief beroep, vindt Strebicki, waarin veel neerkomt op jezelf als ontwerper. Dat begint al tijdens de studie. "De manier van onderwijzen stuwde ons voor mijn gevoel in de richting van een eigen bureau. Ik weet niet of dit mijn perceptie is of dat de meesten zo terugkijken op hun architectuurstudie." Eén les blijft voor Strebicki overeind: "Klanten en werkgevers moeten je enthousiasme zien, je moet ze het gevoel geven dat ze je kunnen vertrouwen. Anderzijds word je sterk beoordeeld op je realisaties. Dat is nog belangrijker gebleken dan een diploma."

ALUMNI NIEUWS

Activiteitenkalender

12 april
Bezoek D:DREAM hall voor TU Delft Alumni (Delft)

12 april
First EPA Alumni Event (Den Haag)

17 april
Dutch Engineers Alumni Event (Madrid)

18 april
Dutch Engineers Alumni Event (Barcelona)

24 april
TU Delft Alumni Backstage Tours (Delft)

16 mei
Uitreiking Marina van Dammebeurs (Delft)

25 mei
First Indian Alumni Event – m.m.v. Indian Student Association (Delft)

25 mei
TU Delft Alumni Backstage Tours (Delft)

6 t/m 8 juni
International Festival of Technology (Delft) met op 7 juni het Alumni Relatie Event

CONTACT

Vragen, opmerkingen of adreswijzigingen?
e-mail: alumnirelations@tudelft.nl
website: alumni.tudelft.nl
community: tudelftforlife.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 tudelftforlife.nl. Je kunt er ook je (adres)gegevens of communicatievoorkeuren wijzigen.



De D:DREAM hall is een van de locaties waar de TU Delft Alumni Backstage Tour langs gaat.

TU Delft Alumni Backstage Tours

Op onze campus van meer dan 161 hectare blijft veel van jaar tot jaar hetzelfde, maar verandert nog veel meer. Een backstagetour is dan ook een mix van nostalgie en toekomstmuziek. Bezoek nieuwe en bekende plekken,

laat je bijpraten over onderwijs en onderzoek en neem een kijkje achter de schermen bij een aantal van onze bijzondere onderzoekslabs. Kijk voor data en aanmelden op: alumni.tudelft.nl

International Festival of Technology 2018 (IFoT) 'Prove It - Proef 't'

Van woensdag 6 tot en met vrijdag 8 juni biedt het IFoT weer een mix van technologie, muziek en kunst. Het is bijna traditie dat we tijdens dit festival ook onze jaarlijkse bijeenkomst voor alumni en relaties van het Universiteitsfonds Delft organiseren. Op **donderdagmiddag 7 juni** heten we u van harte welkom in een speciaal programmaonderdeel van IFoT, waar onder meer de Alumnus van het Jaar 2018 bekend wordt gemaakt. Daarnaast zijn er diverse TU

Delft Thema Tours voor alumni en relaties en kunt u kennis-nemen van de laatste ontwikkelingen binnen de universiteit. In de avond organiseren de verschillende faculteiten een eigen alumnibijeenkomst. Een ideaal moment om jaargenoten weer eens te spreken of juist nieuwe mensen te leren kennen. Voor deze besloten programmaonderdelen ontvangt u binnenkort een persoonlijke uitnodiging. alumni.tudelft.nl/ifot



Van het Universiteitsfonds Delft

Universiteitsfonds Delft lanceert crowdfunding

Het Universiteitsfonds Delft heeft op 15 januari het crowdfunding platform supporttudelft.nl gelanceerd om impactvolle onderzoeksprojecten en studenteninitiatieven aan de universiteit mogelijk te maken. Iedereen kan zo bijdragen aan het oplossen van een maatschappelijk vraagstuk.

Het Universiteitsfonds Delft is initiator en beheert het platform. Directeur Evelyn Esveld: "We willen mensen die de TU Delft graag een warm hart toedragen inspireren en betrekken bij Delftse pareltjes in onderzoek en onderwijs. De bijzondere projecten laten niet alleen zien waar we goed in zijn, het gaat ook om waar we goed voor zijn."

Gezuiverd water in India

Neem bijvoorbeeld het project Gezuiverd water in India. Tientallen Indiase, Nederlandse en internationale studenten en promovendi werken de komende tijd samen met de TU Delft aan watermanagement en sanitatie in India.

"Dat is twee vliegen in een klap. Want aan de ene kant maakt het toekomstige Indiase ingenieurs bewust van het belang van zuivering en hergebruik van vervuild water en aan de andere kant leren Delftse wetenschappers over de culturele context in India, zodat ze beter kunnen inschatten welke technologische oplossingen aanslaan", aldus dr.ir. Ralph Lindeboom van Civiele Techniek en Geowetenschappen (CiTG).



Gezuiverd water in India is een van de projecten van supporttudelft.nl.

Inmiddels is het crowdfunding platform zes weken live. "We kunnen nu al concluderen dat veel onderzoekers, studenten en het publiek blij zijn dat crowdfunding een extra mogelijkheid biedt om donaties, bewustzijn en publieke betrokkenheid mogelijk te maken", zegt Jacqueline Leemkuil, contactpersoon en coördinator van het crowdfunding platform.

Meer weten?

Bezoek de website supporttudelft.nl. Voor vragen en informatie over het crowdfunding platform kunt u contact opnemen met Jacqueline Leemkuil via crowdfunding@tudelft.nl of (015) 278 23 81.

Team UP
WITH
excellence

TU Delft

Universiteitsfonds

Carrièrekrant

Ready for the next step

after your master?

TU Delft
Delft University of Technology

TU/e
Technische Universiteit Eindhoven
University of Technology

UNIVERSITY OF TWENTE.

WAGENINGEN UR
For quality of life

More information www.4tu.nl/sai

Apply for a PDEng and become a technological designer!

- 20 Technological designer programs
- Post-MSc
- Learning and earning
- Developing technological and professional skills
- Assignment in high-tech industry
- Academic PDEng degree

4TU. School for Technological Design **STAN ACKERMANS INSTITUTE**

STEM OP ONS!

Help het **SCIENCE CENTRE DELFT** van de TU Delft
Museum van het jaar 2018 te worden.

WWW.MUSEUMPRIJS.NL
Maak kans op een reis voor twee naar New York.

GENOMINEERD 2018
BankGiro Loterij
MUSEUMPRUS

TU Delft

PDEng Process and Equipment design

Een vliegende start op de arbeidsmarkt

De Nederlandse procesindustrie is grootschalig, zeer innovatief en voldoet aan de hoogste standaarden. Om dáár een baan in te vinden, wist Panos Efstathiou, had hij meer bagage nodig dan de master chemical engineering die hij in 2015 behaald had aan de universiteit van Athene. Om zich te onderscheiden op de arbeidsmarkt koos hij voor de tweejarige PDEng Process and Equipment Design van de TU Delft. Begin dit jaar vond hij een baan bij multinational Fluor in Hoofddorp.

Als PDEng-trainee volg je verdiepende en verbredende vakken die je kennis in jouw vakgebied vergroten. Daarnaast zijn er vakken waarmee je je professionele vaardigheden ontwikkelt - zoals projectmanagement en presentatietechnieken. Na succesvolle afronding mag je de graad Professional Doctor in Engineering (PDEng) voeren. Een PDEng geeft je carrière een vliegende start omdat je studeren (helpt van de tijd) en werken (ontworpodracht in de praktijk) combineert en daarvoor ook nog een salaris ontvangt. 'Je leert veel over methodes en analytische tools voor het ontwerpen van processen voor de chemische industrie én je raakt vertrouwd met een wijze van probleembenadering die je niet tijdens een masterstudie leert. Bovendien pas je die kennis direct toe tijdens een groepsproject en een individueel project. Met die kennis en ervaring op zak heb je een dikke streep voor op masterstudenten', aldus Panos.

NIEUW PRODUCTIEPROCES

Na een semester met veel nieuwe theorie, begon hij het tweede semester met drie medestudenten aan een project van de Katholieke Universiteit van Leuven. Doel was bij te dragen aan een ontwerp voor het productieproces van een nieuwe methanol-verbinding. Methanol wordt onder andere gebruikt als component van brandstoffen of coatings. Maar er kan ook een duurzame brandstof mee geproduceerd worden door het te verbinden met waterstof en koolmonoxide (CO). 'CO is een afvalstof van de chemische industrie; uitstoot ervan schaadt het milieu en kost geld. Door het te verbinden – in een microwave plasma reactor - voorkom je

die uitstoot en produceer je een duurzame brandstof', legt hij uit. Panos en zijn collega-studenten ontwierpen in concept een proces voor productie op industriële schaal. 'Heel uitdagend want je ontwerpt iets compleet nieuws. Er zijn geen data uit eerdere processen beschikbaar op basis waarvan je je berekeningen kan maken.

BOTSINGEN

Het individuele onderzoeksproject, dat het gehele tweede PDEng-jaar beslaat, voerde hij uit bij MARIN (Maritiem Research Instituut Nederland) in Wageningen. Dat project – Sloshing of Liquefied Natural Gas, afgekort SLING – had als doel het hydrodynamische gedrag van NLG in tankers op zee in kaart te brengen. Door de bewegingen van het schip botst het vloeibare gas, opgeslagen bij een temperatuur van 160 graden Celsius en een druk van 250 bar, voortdurend en met geweld tegen de wanden van de tank. Daardoor roest het metaal sneller en is de tank eerder aan vervanging toe. Dat kost miljoenen euro's. Met deze nieuwe inzichten in het gedrag van NLG kunnen tanks en schepen ontwerpen worden die zo gevormd zijn dat de impact van de botsingen op de wand geringer is waardoor ze langer meegaan. Panos ontwierp onder andere een gas transfersysteem, bestemd voor het doen van bepaalde experimenten. 'Zo'n systeem is nog niet eerder gebouwd. Voor het ontwerp moest dus veel wetenschappelijk onderzoek gedaan worden. Erg interessant!'

SNEL EEN BAAN

Afgelopen najaar rondde Panos Efstathiou zijn PDEng af en ging hij op zoek naar een baan. Al gauw vond hij die bij Fluor in Hoofddorp waar hij nu als proces engineer



aan de slag is. 'Zonder de PDEng had ik deze baan niet gekregen', zegt hij. En, al heeft dat voor hem niet direct een rol gespeeld, door ontwerp opdrachten in de praktijk te doen bouw je direct een persoonlijk netwerk op, van begeleiders, directe collega's en stakeholders van partnerbedrijven en instellingen, zo heeft hij ervaren.

De opleiding die Efstathiou voltooid heeft, Process and Equipment Design, is een van de twintig tweejarige technologische ontwerpopleidingen die de (technische) universiteiten van Delft, Eindhoven, Twente en Wageningen aanbieden onder de vlag van de 4TU.School for Technological Design, Stan Ackermans Institute.

www.4tu.nl/sai



TALENTED, AMBITIOUS AND OPEN TO NEW IDEAS?

JOIN THE PROUD PROFESSIONALS AT VMI

People feel a real pride when they create technical innovations that keep manufacturers ahead in their markets. That's the passion behind the VMI Group and our work with tire, rubber, can and care machinery.

We offer a professional and open environment that respects an individual's contribution to the team, and gives people room to grow. With training opportunities, international travel, direct contact with customers – and inspiration from colleagues and an ever-changing marketplace.

Learn more about VMI at vmi-careers.com.

vmi-group.com

A photograph of industrial machinery, likely a tire manufacturing machine, with a large, dark, curved component on the left and various mechanical parts on the right. The scene is lit with dramatic, low-key lighting, highlighting the metallic surfaces and creating a sense of depth and complexity.

“How
technology
meets success.”

SOFTWARE

MECHATRONICS

AUTOMOTIVE

MATHWARE

ELECTRONICS

We bring
high-tech
to life

Build your future at Sioux

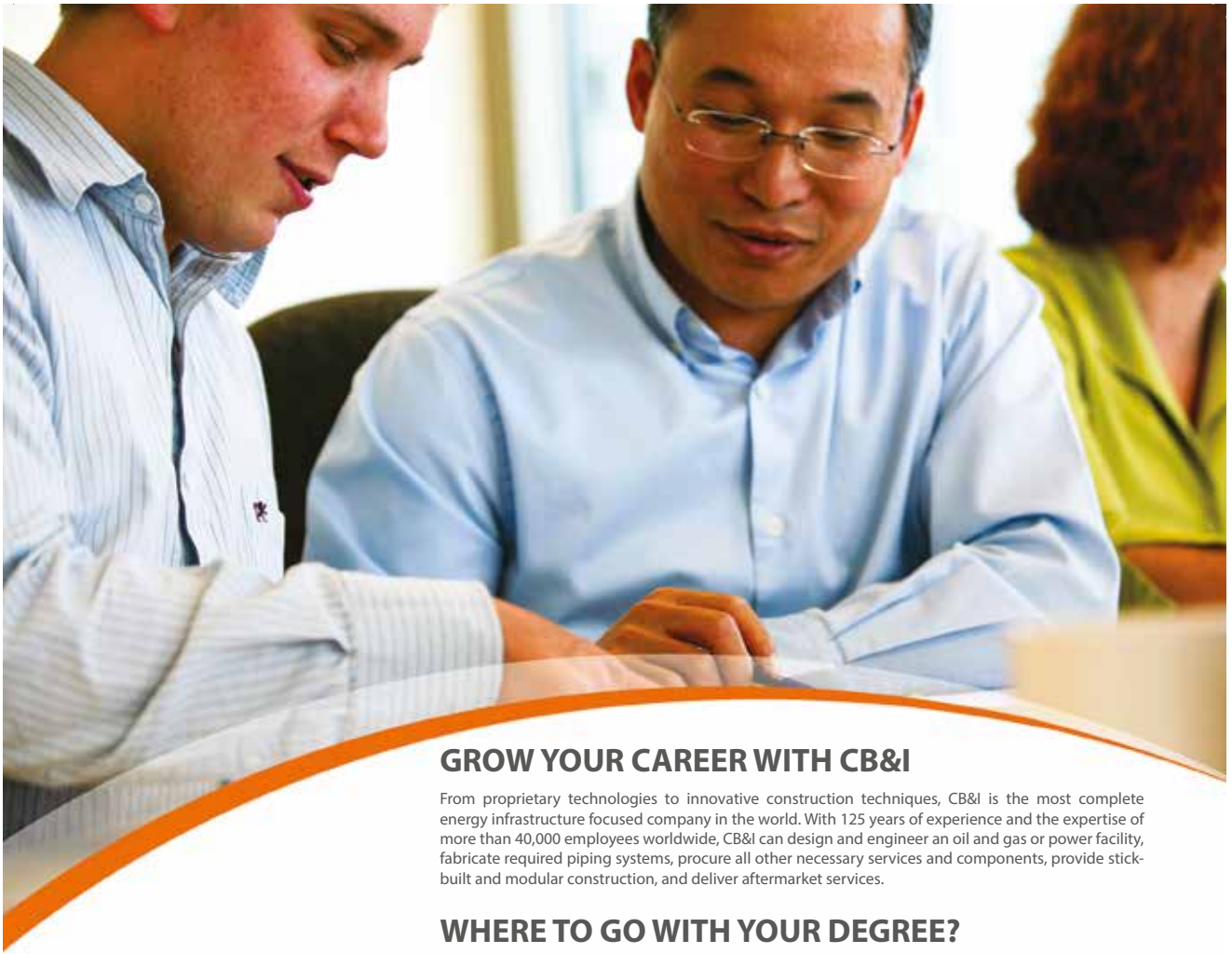
Working at Sioux means working together with a team of driven, smart and fun colleagues on high-tech solutions that make a difference. You will work on a project for a big multinational in the region or for a promising start-up tackling the next breakthrough technology.

Do you have a background in software, electronics, mechanics, mechatronics, mathematics, physics or automotive? Go to jobs.siox.eu and start your career today.

You can find us in Delft, Mijdrecht, Eindhoven and Nuenen.

www.siox.eu

SIoux 
SOURCE OF YOUR TECHNOLOGY



GROW YOUR CAREER WITH CB&I

From proprietary technologies to innovative construction techniques, CB&I is the most complete energy infrastructure focused company in the world. With 125 years of experience and the expertise of more than 40,000 employees worldwide, CB&I can design and engineer an oil and gas or power facility, fabricate required piping systems, procure all other necessary services and components, provide stick-built and modular construction, and deliver aftermarket services.

WHERE TO GO WITH YOUR DEGREE?

The CB&I Training Program (CTP) is a two-year, hands-on rotational program designed to expose recent graduates to various functions within CB&I. Trainees rotate through four to six assignments during the program and every trainee's path is different. With on-the-job training and the opportunity to work with employees around the world, trainees develop the skills needed to build a successful long-term career at CB&I.



"The CB&I Training Program offers a unique opportunity to ambitious graduates to explore the numerous possibilities within the company. As part of the program, I have worked in our India office in engineering and I have seen design turn into reality on a construction site in Canada. The CTP program has given my career a head start."

Adam van de Haar
Delft University of Technology



"The CB&I Training Program offers very diverse rotations for trainees to develop themselves. Each rotation will expose you to new experiences, e.g. new projects, new aspects of the business, new cultures, and new teams."

After this program, you will possess a better understanding of the industry and the company, which is a great basis for future growth!"

Christine Yip,
Delft University of Technology



"The CB&I Training Program gave me a much wider perspective of project execution. Also the program allows you to work around the world in very culturally diverse teams, which is an exciting and valuable experience to me. I've met a number of people in whom I see an example and who make me think about where I want to be in 5 years' time."

Tom Willemse
Delft University of Technology

A World of Solutions
Visit www.CBI.com

Corporate Office
CB&I Nederland B.V.
Prinses Beatrixlaan 35
2595 AK The Hague
cln.recruit@cbi.com





A great opportunity is waiting for you!

Would you enjoy developing ground-breaking new technologies in a multidisciplinary team? A great opportunity is waiting for you at DEMCON! We are a high-end system supplier in the areas of hightech, embedded, industrial, optomechanics and medical. We support our clients along the entire system development chain, from proof of principle, prototyping and

pre-production to series production. Join us at DEMCON and experience how your own capabilities grow in a team of technology professionals! We have clients worldwide, from the Netherlands and Germany to Asia and the US. Our headquarters is situated in Enschede, with subsidiary locations in Son, Münster (Germany), Oldenzaal, Groningen and Delft.

Our vacancies:

- > Electronics system engineer
- > Mechatronic system engineer
- > Mechanical lead engineer

Het lab van...

TNW

Promovenda Ingrid Pinel (milieu-biotechnologie, faculteit Technische Natuurwetenschappen): “Vervuiling van membraanelementen is een groot probleem bij waterzuiveringsinstallaties, ook voor drinkwaterproductie. In ons onderzoek maken we gebruik van simulatoren die de aangroei die optreedt in grootschalige installaties, namaken. Op deze manier kunnen we de bio-vervuiling efficiënt onderzoeken. Dit leidt tot een betere werking van de industriële processen.”

