



**KERNVISIE  
MAGAZINE**

Duitse Ausstieg  
veroorzaakt 1.100  
doden per jaar

Een derde van  
bevolking positief  
over kernenergie

Nederland is te  
klein voor wind  
en zon alleen

**1**  
Februari  
2020

UITGAVE VAN  
STICHTING KERNVISIE

**Elekta voorziet  
groeimarkt  
brachytherapie**



KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**Jaargang 15**  
**Nummer 1**  
**Februari 2020**  
**Kernvisie verschijnt tweemaandelijks**  
**Oplage 2200 ex**

**Ontwerp & Grafische realisatie**  
StudioHusken.nl, Alkmaar

### **Bestuur Stichting KernVisie**

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter  
Ir. G.H. Boersma, secretaris  
Ir. E.W. Schuurin, penningmeester  
J.D. Bruin  
Ing. W. Hiddink  
Drs. J.J. de Jong  
Ir. J.C.L. van Cappelle  
Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld  
Ir. G.C. van Uitert

### **Redactie KernVisie**

Ir. G.H. Boersma  
M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)  
E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)  
I. van Kessel (Irene van Kessel Fotografie)

### **Redactie adres**

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen  
Telefoon 026-2130214  
E-mail: kernvisie@kernvisie.com  
Internet: www.kernvisie.com  
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v. Kernvisie,  
Foundation for Nuclear Energy te Zwijndrecht.

### **Op de Cover**

Dr. John Lapré  
Foto © Irene van Kessel

*Distributie, onder vermelding Stichting Kernvisie, via eigen e-mail systemen en gebruik van de informatie voor lezingen, presentaties, studies, discussies, publicaties, enz. wordt op prijs gesteld en toegejuicht.*

### **Omgang met persoonsgegevens**

*KernVisie Magazine is een uitgave van de Stichting KernVisie. Onze website [www.kernvisie.com](http://www.kernvisie.com) bevat een uitgebreide privacyverklaring over het gebruik van de persoonsgegevens die nodig zijn ten behoeve van de verzending van het Magazine.*

## Voorwoord

# Één op de drie mensen positief tegenover kernenergie



**E**r is weer veel onderzocht in de afgelopen periode. Uit een recent onderzoek blijkt dat in Nederland één op de drie mensen positief staat tegenover kernenergie. Evenveel mensen zijn neutraal over deze energiebron en slechts een vijfde ziet kernenergie als negatief. Een ander onderzoek toont aan dat de uitfasering van kernenergie in Duitsland jaarlijks 1.100 slachtoffers extra eist door verhoogde luchtvervuiling. Toch heeft de EU voorgesteld om dit decennium duizend miljard euro in groene ondernemingen te investeren waarbij kernenergie is uitgesloten. Hieruit blijkt dat de energievoorziening toch vooral langs ideologische lijnen loopt. Gelukkig is er ook goed nieuws, want kerntechnologie is immers breder dan energie alleen. We schrijven regelmatig over de bescheiden maar diverse nucleaire sector die we in Nederland hebben, van uraniumverrijking, energieopwekking en productie van medische isotopen tot onderzoek en veilige opslag van radioactief afval bij COVRA. Minder bekend is dat er ook bedrijven zijn die weliswaar geen kernenergievergunning hebben, maar wel degelijk deel uitmaken van ons 'nucleaire landschap'. Zo is in Veenendaal het bedrijf Elekta gevestigd dat wereldleider is op het gebied van de ontwikkeling en productie van apparatuur waarmee brachytherapie kan worden uitgevoerd. Brachytherapie wordt ingezet bij de behandeling van kanker waarbij, anders dan bij externe bestraling, de radioactieve bron tijdelijk in het lichaam wordt gebracht. Hoe dat gebeurt legt dr. John Lapré van Elekta uit in het hoofdartikel. **K**

André Versteegh  
voorzitter Stichting Kernvisie



**P04**

## Medisch

---

### Wereldleider apparatuur brachytherapie Elekta voorziet groei markt

Elekta in Veenendaal is wereldwijd de grootste fabrikant op het gebied van brachytherapie, waar onder meer de software, applicators en afterloaders worden ontworpen en gemaakt om de therapie mogelijk te maken. Dr. John Lapré, president brachy solutions Elekta | Nucletron: "Brachytherapie is de oervorm van radiotherapie en de effectiviteit en toepasbaarheid nemen nog steeds toe."

## P08 Maatschappij

---

### Een derde van bevolking positief over kernenergie

Eén op de drie mensen staat positief tegenover kernenergie. Evenveel mensen zijn neutraal over deze energiebron en een vijfde ziet kernenergie als negatief. Ook wil één op de vier mensen geïnformeerd worden over de voordelen en/of nadelen van kernenergie. Er is potentie om in de samenleving een dialoog te voeren over de toekomstige rol van kernenergie.



**P09**

## Energie

---

### De Duitse Ausstieg veroorzaakt 1.100 doden extra per jaar

Uit een Amerikaanse studie blijkt dat door de keuze in de Energiewende in Duitsland voor de uitfasering van kernenergie boven die van kolencentrales jaarlijks 1.100 mensen meer dood gaan door luchtvervuiling.

## P14 Energie

### Bezorgde burgers: "Nederland is te klein voor wind en zon alleen."

Europa moet het eerste klimaatneutrale continent ter wereld worden. Ir. Arnold Uijlenhoet onderzocht met studiegenoten wat het betekent als Nederland volledig zou zijn aangewezen op hernieuwbare bronnen. "Ons land is te klein en te dicht bevolkt om dertig procent van het totale oppervlakte van het land te reserveren voor wind- en zonne-energie."



## P12 Inbeeld

Nieuwe beplating voor de koepel van het RID.

## P17 Medisch

NRG-labs maken plaats voor bouwlocatie Pallas-reactor.

## P18 Column

André Wakker: Businesscase?

## P19 Boekbespreking

Rocket Science, From Fireworks to the Photon Drive van de auteurs Mark Denny en Alan McFadzean.



Medisch

# Wereldleider apparatuur brachytherapie Elekta voorziet groei markt

**E**lekta is de grootste fabrikant wereldwijd op het gebied van brachytherapie, of wel inwendige bestraling, en in Veenendaal staat de vestiging waar de software, applicators en afterloaders worden ontworpen en gemaakt om brachytherapie mogelijk te maken. State of the art medische apparatuur waaraan instrumentmakers ter plaatse de laatste hand leggen en waar de apparatuur uitgebreid wordt getest voor ze naar de ziekenhuizen gaan. Dr. John Lapré, president brachy solutions Elekta | Nucletron: “Brachytherapie is de oervorm van radiotherapie en de effectiviteit en toepasbaarheid nemen nog steeds toe.”



Elekta is een van origine Zweeds bedrijf dat onder meer radiotherapie, radiochirurgie, en apparatuur levert voor de behandeling van kanker. Eén van de vestigingen bevindt zich in Veenendaal op de locatie waar voorheen het Nederlandse bedrijf Nucletron was gevestigd voor het in 2011 in de handen van Elekta overging. In Veenendaal ontwerpt en vervaardigt Elekta apparatuur waarmee brachytherapie kan worden uitgevoerd. Op de vestiging werken ongeveer tweehonderd mensen, bij Elekta wereldwijd bijna vierduizend.

## Marie Curie

Brachytherapie, ook wel inwendige bestraling genoemd, is een vorm van radiotherapie waarbij een stralingsbron binnen het gebied van de vereiste behandeling van de tumor wordt geplaatst. Het is ook de oervorm van radiotherapie die voor eerst door Marie Curie rond de eeuwwisseling van de negentiende en twintigste eeuw werd toegepast door radiumdeeltjes op tumoren te plakken. Dr. John Lapré leidde vanaf 2012-2016 de business area Brachytherapy, was daarna verantwoordelijk voor Elekta's R&D, en hij is sinds juni 2019 president Elekta brachy solutions. "Wij zijn wereldwijd een serieuze speler op het gebied van medical solutions met een jaaromzet van circa 1,3 miljard euro. Brachytherapie is een van de vijf onderdelen binnen Elekta waar we zelfs wereldleider mee zijn met een omzet van ongeveer 110 miljoen euro per jaar." Dit verschil in omzet geeft ook het aandeel brachybestraling aan ten opzichte van andere technieken. Negentig procent van de bestralingen is 'telebestraling', bestraling op afstand waarbij een LINAC (lineaire versneller) de straling aflevert en tien procent wordt ingenomen door brachytherapie waarbij de straling door een radioactieve isotoop wordt geleverd. Veel behandelingen zijn een combinatie van beide technieken vaak ook nog samen met chemotherapie en/of chirurgie.

## Geen Haarlemmerolie

Lapré legt uit dat er twee vormen van brachytherapie zijn: de lage dosistherapie

waarbij bijvoorbeeld een radioactieve jodium-125 bron in het lichaam achterblijft en een lage dosis afgeeft. Daarnaast is er de hoge dosistherapie waarbij de bron voor korte tijd in het lichaam wordt gebracht met behulp van een afterloader zoals Elekta levert en waarbij een enkele behandeling ongeveer twintig minuten in beslag neemt. Lapré: "Bij onze therapievorm brengen we een bron in of bij de tumor, meestal iridium-192 of kobalt-60. Deze techniek wordt ook wel internal beam genoemd en het grote voordeel daarvan is dat je met de bestraling niet door gezond weefsel heen hoeft om bij het te behandelen gebied te komen. In principe is brachytherapie daarmee een manier van behandelen die minder schadelijk voor gezond weefsel is dan extern bestralen, maar wel arbeidsintensiever." Een bijkomend voordeel van brachytherapie is het beperkt aantal behandelingen. Interne bestraling vindt doorgaans vier tot vijf keer plaats per cyclus en externe bestraling twintig tot vijfentwintig keer. Het verschil komt doordat de arts bij interne bestraling een hogere dosis kan geven omdat het

gezonde weefsel minder wordt belast door de bestraling. Lapré wil absoluut niet suggereren dat brachytherapie de enige goede oplossing is. "Brachytherapie is geen Haarlemmerolie. Bij behandeling gaat het daarom vaak om combinatietherapieën." Bij baarmoederhalskanker geeft Lapré het voorbeeld van een combinatie van brachy en een lineaire versneller. "Met brachy als onderdeel van de behandelingscyclus is er een extra overlevingskans van 25 procent voor deze kanker." Anderzijds zijn er weinig behandelingen waarbij je alleen maar brachy geeft. "Brachy is vaak een boost. Je geeft de tumor een knal en dan kan je de behandeling vervolgen met aanvullende therapieën."

## Afterloader en applicator

De afterloader is een high tech robot van ongeveer 1 meter hoog en 40 centimeter breed, en is dankzij de wieltjes makkelijk te verplaatsen. In de afterloader bevindt zich ook de kluis waarin de bron zich bevindt. De kluis met het formaat van een flinke grapefruit is van wolfram en weegt ongeveer 28 kilogram. Alle onderdelen van de afterloader en de applicatoren ✂



✂ Bij Elekta in Veenendaal leggen instrumentmakers de laatste hand aan de apparatuur. Na uitgebreide testen gaat de apparatuur naar de ziekenhuizen.

worden in Veenendaal ontworpen als ook de software die nodig is voor brachytherapie. Onderdelen kunnen elders worden gefabriceerd maar medewerkers van Elekta assembleren beide apparaten in Veenendaal. Op de verschillende afdelingen werken instrumentmakers aan de finishing touch van de specifieke applicatoren. De hoogwaardige materialen moeten alle voldoen aan de internationale eisen die worden gesteld aan medical devices. Daar komt bij dat applicatoren tot wel driehonderd keer door ziekenhuizen kunnen worden ingezet met tussendoor voortdurende sterilisatie van deze apparaten.

## Baarmoederhalskanker

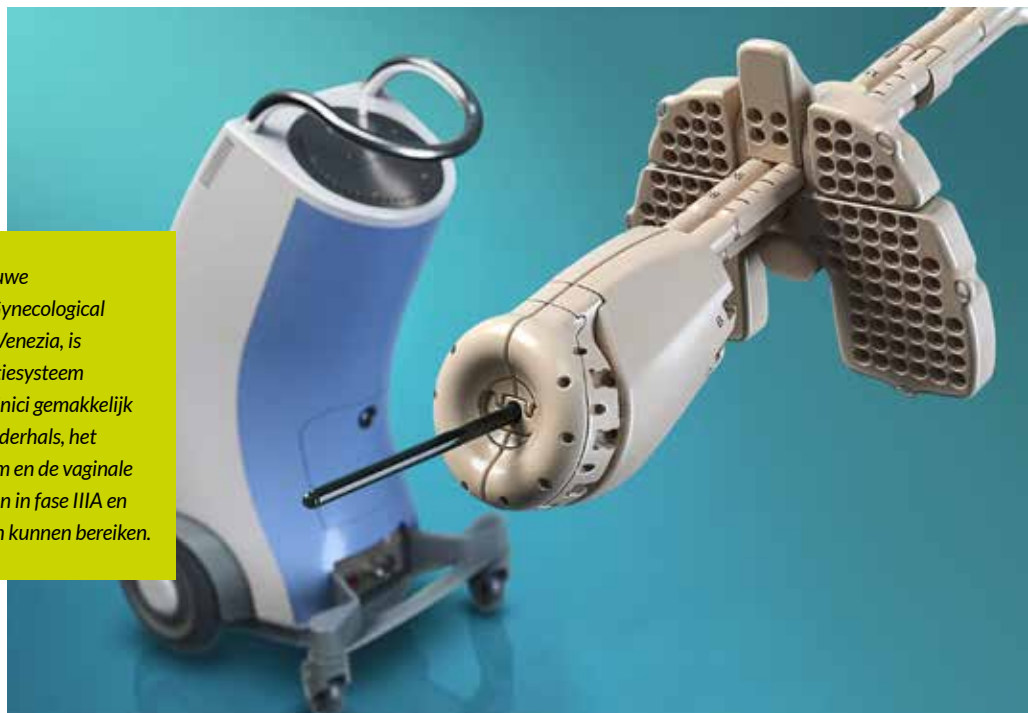
Een van de grootste toepassingsgebieden van brachytherapie is de gynaecologie bij de behandeling van baarmoederhalskanker maar ook de behandeling van prostaatkanker is een belangrijke brachytoepassing. Voor beide behandelingen heeft Elekta verschillende speciale applicatoren ontwikkeld bijvoorbeeld afhankelijk van de tumorstatus. De toepassing van hoge dosis brachybehandeling groeit. De lage dosisbehandeling, waarbij radioactieve 'zaadjes' worden ingebracht neemt volgens Lapré enigszins af omdat steeds vaker voor laag-risico prostaatkanker door artsen wordt geadviseerd om 'af te wachten' en niet te snel te gaan behandelen zonder dat het strikt noodzakelijk is. Direct meekijken tijdens het uitvoeren van brachytherapie kan nog niet echt met bijvoorbeeld MRI, omdat er vrij veel metalen aan de apparatuur zitten en dat gaat niet goed samen met MRI-beeldvorming. Maar anders dan bij uitwendige bestraling is het een voordeel van brachytherapie dat de applicator in of vlakbij de tumor zit. Wanneer de tumor beweegt, beweegt de bron in principe mee in de anatomie waardoor de afwijkingen beperkt blijven.

✎ *Elekta's nieuwe Advanced Gynecological Applicator, Venezia, is een applicatiesysteem waarmee klinici gemakkelijk de baarmoederhals, het parametrium en de vaginale uitbreidingen in fase IIIA en IIIB tumoren kunnen bereiken.*

## Hermetisch afgesloten rvs-huls

Voorafgaand aan de behandeling wordt eerst een beeld gevormd van het te behandelen doelgebied met behulp van een diagnostische CT of MRI. Dan wordt de definitieve behandeling vastgesteld. Vervolgens wordt de applicator die later wordt aangesloten op de afterloader bij de patiënt in positie gebracht. Dat kan op de huid zijn of in het lichaam via een lichaamsopening of door het gebruik van naalden. Dit inbrengen vervormt de

gebracht via de applicator of naalden." Vanuit de kluis wordt de bron die zich in een hermetisch afgesloten rvs-huls bevindt volledig geautomatiseerd aan een kabel naar de applicator geleid. Het juist positioneren bij of in de tumor is mogelijk doordat de kabel via kanalen in de applicator op de juiste plek terechtkomt. Als de bron conform het behandelplan een aantal seconden op verschillende plekken in het kanaal is geweest, gaat hij weer terug naar de afterloader en zo nodig via een nieuw kanaal naar de volgende



anatomie dus volgt nieuwe beeldvorming. Hierop wordt door de arts aangegeven waar de tumor zich bevindt die zoveel mogelijk straling moet ontvangen en welke gebieden zo min mogelijk straling moeten krijgen. Lapré: "Vervolgens gaat ons systeem rekenen om te bepalen exact waar hoeveel straling afgegeven moet worden. Hieruit volgt een gedetailleerd behandelplanoverzicht ter goedkeuring van de arts. Dit behandelplan wordt dan doorgestuurd naar de afterloader. Het programma 'weet' op exact welke locaties in fracties van millimeters en hoe lang in of bij de tumor de bron moet worden

locatie, net zolang als het plan voorschrijft. Als de bestraling is afgerond gaat de bron weer terug in de kluis van de afterloader. Een behandeling duurt gemiddeld twintig minuten. Net zoals bij externe bestralingen vinden ook brachybehandelingen plaats in de bunker van het ziekenhuis waarbij het behandelende personeel op afstand staat.

## Iridium-192 en kobalt-60

Van de twee favoriete isotopen voor brachytherapie: iridium-192 en kobalt-60 wordt in de meeste gevallen gebruik gemaakt van het iridium. Deze bron levert 10-12 Curie (370-444 GBq) en heeft een

halfwaardetijd van 74 dagen. “Op zich lijkt dat een flinke tijd maar bij export naar landen waar bijvoorbeeld een hoge wachttijd is om de douane te passeren kan dat een probleem opleveren”, vertelt Lapré. Vandaar dat Elekta ook nog met kobalt-60 werkt omdat dit isotoop een halfwaardetijd van ruim vijf jaar heeft. Dat scheelt ook met de hoeveelheid bezoeken van Elekta voor bronwissels heeft. “Bij onze iridiumbronnen gaan we elke drie maanden naar een afterloader om de bron te vervangen. Er staan

brachytherapie wordt gebruikt. De bron is 3,5 millimeter lang en heeft een diameter van 0,6 millimeter. Dat Iridium-192 ook een bètastraler is, is voor de behandeling nauwelijks van invloed. Op zich zou de bètastraling ook de tumor kunnen vernietigen maar de rvs-huls waarin de bron is opgenomen voorkomt dat de bèta's buiten de huls komen, maar daarmee wordt ook voorkomen dat eventueel gezond weefsel oncontroleerbaar wordt bestraald. Wel komen er gamma's in het omliggende gezonde weefsel terecht, maar dat is

naar de ziekenhuizen. “Dan komen onze service engineers die de nieuwe bron in de afterloader plaatsen en de oude iridiumbronnen gaan in een container van Elekta richting COVRA en de kobaltbronnen gaan terug naar de leverancier in Duitsland.”

## Toekomst

De toekomst voor brachytherapie ziet er goed uit volgens Lapré. Dat geldt ook voor de behandeling van baarmoederhalskanker in een tijd waarin steeds meer jonge vrouwen worden gevaccineerd tegen het HVP-virus. “Er is sprake van een ‘vaccinatie-gap’. Als je nu start met het inenten van meisjes van twaalf jaar dan mis je de groep die pas over dertig jaar de ziekte kan

ontwikkelen. Daar komt bij dat de groep die nu wordt gevaccineerd slechts een kleine hoeveelheid mensen bevat ten opzichte van het totaal aantal vrouwen dat besmet kan raken met het HPV-virus zoals in Afrika.”

Hij denkt daarom dat

het aandeel brachytherapie binnen de bestralingstherapieën eerder toe- dan afneemt. Maar er is nog een andere beperking. Zo lijkt het dat brachytherapie met intensief patiëntencontact minder ‘sexy’ is voor jonge medici dan werken met grote geavanceerde lineaire versnellers, waar volgens Lapré meer aandacht naar uit gaat. “Dat is een ontwikkeling die we de laatste jaren waarnemen. Wij zijn dan ook druk bezig om ondersteuning te bieden dankzij BrachyAcademy in de vorm van training en educatie. Daarnaast komen er steeds meer klinische data beschikbaar over positieve effecten van brachytherapie in de behandeling van kanker. Verder wijzen we er natuurlijk altijd op dat de beste behandeling van een patiënt voorop staat waarbij brachytherapie met minimale dosis aan omliggend weefsel een voordeel is.” **K**

Menno Jelgersma

drieduizend afterloaders inclusief die van de concurrenten in ‘het veld’ om elke dag 1.000 patiënten wereldwijd te behandelen. Het gaat om enkele duizenden bronnen iridium per jaar.” Het activeren van iridium-191 door neutroneninvangst naar iridium-192 gebeurt onder andere bij NRG in de HFR in Petten. De bronnen neemt Elekta af van Curium. Iridium-192 is een bètastraler: iridium-192 vervalt voor 96 procent tot de stabiele isotoop platina-192. De resterende 4% vervalt via elektronenvangst (vangst van een elektron uit een van de binnenste elektronschillen) tot osmium-192. Hierbij komt gammastraling vrij die voor de

volgens Lapré slechts ten dele het geval. “Met het kwadraat van afstand neemt de hoeveelheid straling af. De dosis voor het omliggende gezonde weefsel is minimaal. Dit wordt allemaal berekend in onze software met gevalideerde algoritmes.” De kobaltbronnen betreft Elekta van Eckert & Ziegler Bebig uit Duitsland, maar deze worden slechts beperkt ingezet. Een nadeel van de kobaltbron is dat er minder activiteit in de bron past. Dat betekent dat bestraling iets meer tijd in beslag neemt. “We kunnen gewoon niet meer specifieke activiteit in zo’n kleine pellet krijgen.” Nieuwe bronnen gaan vanuit Curium in Petten direct



**K** In de werkplaats waar werknemers van Elekta de afterloaders samenstellen laat dr. John Lapré een aantal wolfram kluisen zien waarin later voor behandeling de radioactieve bronnen worden opgenomen.

E. Janssen van Kessel



## Een derde van bevolking positief over kernenergie

**E**én op de drie mensen staat positief tegenover kernenergie. Evenveel mensen zijn neutraal over deze energiebron en een vijfde ziet kernenergie als negatief. Ook wil één op de vier mensen geïnformeerd worden over de voordelen en/of nadelen van kernenergie. Het vertrouwen in de informatiebronnen loopt echter uiteen: wetenschappers worden het meest vertrouwd, journalisten het minst. “Er is potentie om in de samenleving een dialoog te voeren over de toekomstige rol van kernenergie”, concludeert Ted van Hintum in zijn thesis op basis van onderzoek uitgevoerd door Motivaction.

De algemene houding tegenover kernenergie is verspreid: 32 procent van de bevolking staat (heel) positief tegenover deze energiebron, 33 procent is neutraal, 22 procent is (heel) negatief en 13 procent weet het niet. Nederlanders hebben het meest vertrouwen in kernenergie als een relatief goedkope, schone, ruimtelijk efficiënte en onafhankelijke energiebron. Het veilig opslaan van het afval vertrouwen zij niet.

### Dialogoog is mogelijk

Van de ondervraagden wil 22 procent geïnformeerd worden over de voordelen van kernenergie en 24 procent over de nadelen (beide antwoordmogelijkheden waren mogelijk). 56 procent heeft geen

behoefte aan meer informatie en 16 procent heeft geen mening. Dit betekent dat in totaal 28 procent informatie wil ontvangen over de voor- en/of nadelen. “Het spreken over kernenergie als mogelijke energiebron is lang taboe geweest”, zegt Van Hintum. “Standpunten over kernenergie komen vaak gepolariseerd naar buiten wat een dialoog belemmert. Ik ben geen uitgesproken voor- of tegenstander maar vind wel dat er in het licht van de energietransitie over gesproken moet kunnen worden. De onderzochte aspecten rond kernenergie worden in meerderheid vertrouwd, met uitzondering van het veilig opslaan van het afval. Een grote groep mensen staat actief open om zich te laten informeren. Dit bij

elkaar genomen biedt potentie om een dialoog te voeren over de toekomstige rol van kernenergie in Nederland”, aldus Van Hintum.

### Wetenschappers belangrijke informatiebron

Als het aankomt op informatiebronnen over de voor- en nadelen van kernenergie, worden nucleaire wetenschappers het meest vertrouwd. Journalisten zijn volgens de respondenten het minst betrouwbaar. Milieuorganisaties nemen een middenpositie in.

Van Hintum: “Vertrouwen is een voorwaarde om een dialoog te kunnen voeren. Wetenschappers, journalisten en milieuorganisaties spelen een belangrijke rol omdat zij van nature een verantwoordelijkheid hebben om te informeren. Echter, het vertrouwen in wetenschappers is hoog, in journalisten laag en het is verspreid over geslacht, leeftijd en opleidingsniveau voor vrijwel alle informatiebronnen, waaronder milieuorganisaties. Er is geen consensus over wie op dit domein kan worden vertrouwd. Dit maakt een dialoog lastig.”

### Opvallende verschillen binnen bevolking

Het onderzoek voor Van Hintums thesis voerde Motivaction in zijn opdracht uit. In totaal ondervroeg het onderzoeksbureau 1.091 mensen van 18 tot 75 jaar. De resultaten zijn representatief voor de Nederlandse bevolking onder meer voor geslacht, leeftijd en opleiding. Er zijn opvallende verschillen binnen de bevolking: mannen, mensen van 25 - 34 jaar en mensen met een hogere opleiding hebben significant meer vertrouwen in kernenergie en in de onderzochte informatiebronnen. Vrouwen en mensen met een lagere opleiding hebben significant minder vertrouwen in kernenergie en in de informatiebronnen. Dat laatste geldt ook voor mensen ouder dan 55 jaar. Er is één uitzondering: milieuorganisaties worden niet vertrouwd door mannen en wel door vrouwen. **K**





© Shutterstock

# K De Duitse Ausstieg veroorzaakt 1.100 doden extra per jaar

**D**oor de keuze in de Energiewende in Duitsland voor de uitfasering van kernenergie boven die van kolencentrales gaan jaarlijks 1.100 mensen meer dood door luchtvervuiling. Dit blijkt uit: *The private and external costs of Germany's phase-out*, een recente studie van de National Bureau of Economic Research, Cambridge US.

De vijfde Intergovernmental Panel on Climate Change Assessment Report (IPCC 2013) en de 21st United Nations Climate Change Conference (COP21) kwamen beide met de aanbeveling dat kernenergie een deel van de mondiale oplossing is om de klimaatverandering te lijf te gaan. Dat is omdat kernenergie slechts minimaal bijdraagt aan de CO<sub>2</sub>-emissies - vergelijkbaar met wind- en zonne-energie - in tegenstelling tot fossiele bronnen die door het vrijkomen van broeikasgassen verantwoordelijk worden gehouden voor de klimaatverandering en voor de negatieve gevolgen door lokale luchtverontreiniging,

die direct gevolgen hebben voor de gezondheid van mensen (en dieren). Desondanks hebben veel landen besloten om kerncentrales te sluiten, waaronder: Italië, België, Spanje en Zwitserland die allen beleid hebben ontwikkeld voor de uitfasering van kernenergie. Het lijkt erop dat met het besluit tot uitfasering landen veronderstellen dat de verwachte kosten van kernenergie de voordelen overstijgen. Er bestaat echter aanzienlijke onzekerheid over deze kosten en baten-vergelijking omdat er een gebrek aan empirische studies is om de volledige omvang van de gevolgen van grootschalige uitfasering van nucleair voor de economie en

het milieu in kaart te brengen. Het rapport *The private and external costs of Germany's phase-out* is een poging om deze leemte op te vullen door de impact van de uitfasering van kernenergie in Duitsland vanuit verschillende invalshoeken waaronder de economische impact en het milieu in kaart te brengen.

## Luchtvervuiling

De Duitse Energiewende is de gefaseerde overgang met als doel te streven naar een koolstofarme, milieuvriendelijke, betrouwbare en betaalbare energievoorziening, die zwaar leunt op het aandeel hernieuwbare energiebronnen. De meeste, zo niet alle, steen(bruin) koolcentrales zullen conform plan op termijn de deuren moeten sluiten. Centraal onderdeel van de Energiewende is de uitfasering van kernenergie die in 2022 gereed moet zijn vóór de sluiting van de kolencentrales. De overhaaste uitfasering is door de Duitse regering in gang gezet na het ongeluk met de kerncentrale in Fukushima ✘

in 2011. Uit onderzoek blijkt nu dat wanneer de Duitse overheid de nucleaire uitfasering op de lange baan zou hebben geschoven en eerst voor de sluiting van kolencentrales was gegaan, dit jaarlijks 1.100 doden en 12 miljard euro aan maatschappelijke uitgaven zou hebben geschied. Het gaat daarbij niet om mensen die komen te overlijden door de luchtvervuiling van bestaande kolencentrales, maar veeleer door de bruin- en steenkoolcentrales die het wegvallen van de uitstootvrije kerncentrales moeten opvangen. Dit heeft geleid tot een toename van luchtvervuiling van 12 procent. Deze stijging kost de Duitse maatschappij aldus het rapport waaraan economen van de University of California in Santa Barbara, de University of California in Berkeley en de Carnegie Mellon University deelnamen, 7,8 miljard euro per jaar wat meer dan 70 procent is van de beoogde kosten voor de uitfasering van 10,9 miljard euro.

## Slecht nieuws voor het klimaat

Het rapport over de Duitse situatie onderzocht de sluiting van 10 van de 17 kerncentrales tussen 2011 en 2017. Hieruit blijkt dat uitfasering ook geld oplevert, namelijk een jaarlijkse besparing van 1,8 miljard euro aan afvalverwerking en beveiliging. Maar die besparing valt weg tegen 11 miljard aan kosten. De uitfasering is ook slecht nieuws voor de

## Fukushima

Het onderzoek staat niet op zich en volgde op een andere studie (Be Cautious with the Precautionary Principle: Evidence from Fukushima Daiichi Nuclear Accident) waaruit blijkt dat van 2011 tot 2014 meer mensen stierven in Japan als gevolg van het sluiten van de kerncentrales na het ongeluk in Fukushima dan door de evacuatie na de kernramp. Het kernongeluk zelf leidde niet tot dodelijke slachtoffers, de evacuatie die erop volgde kostte meer dan 1.200 mensen het leven. In een periode van 14 maanden na het ongeluk sloot de Japanse overheid alle kerncentrales. Het verlies van kernenergie werd opgevangen door fossiele bronnen waardoor de stroomprijzen stegen met soms wel 38 procent.



klimaatverandering. De economen schatten dat het sluiten van de kerncentrales een jaarlijkse toename veroorzaakt van 36,3 miljoen ton CO<sub>2</sub>-uitstoot wat 1,6 miljard euro kost en een toename is van 13 procent hogere emissies dan wanneer Duitsland de kerncentrales in bedrijf had gehouden. De meeste toegenomen uitstoot komt van de stijging in steen- en bruinkoolproductie. Over het geheel leidde het vervangen van kernenergie tot een maandelijkse groei van 2 tot 3 terawattuur fossiele verbranding, ondanks de groei van hernieuwbare energiebronnen. De economen hebben ook een scenario onderzocht waarin Duitsland zijn investeringen in hernieuwbare energie

heeft verhoogd, in overeenstemming met de doelstelling van het land om tegen 2020 30 extra terawattuur per jaar aan hernieuwbare energie te leveren. Maar zelfs dat scenario leidde tot schade door luchtvervuiling van 6,8 miljard euro en klimaatschade van 1,2 miljard euro, aldus het rapport.

## Hogere stroomprijzen

De uitfasering zorgt ook voor hogere stroomprijzen in Duitsland. De economen schatten dat de sluiting van de kerncentrales de groothandelsprijzen voor energie met bijna 4 procent verhoogde. Desalniettemin merkten ze op dat het Duitse publiek de nucleaire uitfasering nog steeds steunt, ondanks de kosten. Uit een onderzoek uit 2015 bleek bijvoorbeeld dat meer dan 81 procent van de Duitsers de nucleaire uitfasering omarmden. Dat is ondanks het feit dat Duitsers ook klimaatverandering willen aanpakken, zoals in het rapport valt te lezen. "Burgers kunnen ook antinucleair zijn, omdat de risico's van kernenergie meer in het oog springen dan de kosten van luchtvervuiling die met de productie van fossiele brandstoffen worden geassocieerd," schrijven de auteurs. "Publieke steun voor nucleaire uitfasering vormt wereldwijd een lastige afweging voor beleidsmakers, vooral als landen proberen de klimaatverandering te beteugelen." Veel experts op het gebied

## België

In Europa is kernenergie de grootste bron van koolstofvrije energie. In België, bijvoorbeeld, wordt gemiddeld 55 procent van de stroom koolstofvrij opgewekt met behulp van kernenergie. Wanneer volgens plan de zeven kernreactoren in 2025 sluiten, ligt het voor de hand dat het gat dat ontstaat door fossiele brandstoffen wordt opgevuld omdat meer dan de helft van de elektriciteitsproductie verloren gaat. De kerncentrales zullen voornamelijk worden vervangen door gascentrales. Met 30 keer meer uitstoot, wat problematisch zal zijn voor de Belgische klimaatdoelstellingen. Het Belgische Federaal Planbureau heeft al berekend dat de uitstoot van broeikasgassen in 2030 47 procent hoger zal zijn in vergelijking met 2010. Bovendien wijzen meerdere studies uit dat de bevoorradingszekerheid niet gegarandeerd zal worden als de Belgen de kerncentrales sluiten en dat het risico op een black-out met tien procent zal toenemen.

van klimaatverandering en wetenschappers zeggen dat koolstofvrije kernenergie van cruciaal belang is om de uitstoot te verminderen op de schaal die nodig is om de wereldwijde klimaatdoelstellingen te halen.

### Antinucleair

Los van de onderliggende oorzaken waarom Duitsland abrupt in 2011 koos voor de uitfasering is het duidelijk dat de Duitse burgers zich enerzijds zorgen maken over klimaatverandering maar anderzijds antinucleair zijn. Beleidsmakers over de hele wereld zien zich dus geconfronteerd met een moeilijke afweging. Veel experts op

het gebied van klimaatverandering hebben betoogd dat kernenergie een noodzakelijk onderdeel is van de verschuiving van koolstofintensieve fossiele brandstoffen naar emissievrije bronnen. Bovendien zijn veel kiezers bereid aanzienlijke kosten te maken om het risico van klimaatverandering te verminderen. Tegelijkertijd zijn veel van dezelfde kiezers echter niet bereid nucleair te ondersteunen door al dan niet terecht angsten rond nucleaire ongevallen en het vraagstuk rond kernafval. Geconfronteerd met deze politieke druk, lijken heel veel landen er toch voor te kiezen de nucleaire 'route' te verlaten, ondanks de aanzienlijke

stijging van exploitatiekosten en de kosten van luchtvervuiling die daarmee samenhangen. "Dit onderstreept dat het essentieel is voor beleidsmakers en academici om de relatieve kosten van klimaatverandering en luchtvervuiling versus het risico van nucleaire ongevallen en afvalverwerking voor het stemgerechtigde publiek uit te dragen." **K**

*Menno Jelgersma*

*Het rapport The private and external costs of Germany's phase-out is te downloaden onder: <https://www.nber.org/papers/w26598>*

## Annemiek van Bolhuis nieuwe bestuursvoorzitter ANVS

**A**nnemiek van Bolhuis (1961) wordt per 15 april 2020 de nieuwe bestuursvoorzitter van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). Zij volgt Jan van den Heuvel op, die de functie in de afgelopen periode als eerste bestuursvoorzitter van de in 2015 opgerichte ANVS heeft vervuld.

Bolhuis is nu directeur Volksgezondheid en Zorg van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Daarnaast heeft zij in deeltijd voor ABD Topconsult het Programma Duurzame Veiligheid 2030 voor de Chemische Sector begeleid. Eerder in haar loopbaan was Annemiek directeur Voeding, Gezondheidsbescherming en Preventie en plaatsvervangend Directeur Generaal Volksgezondheid en Sport bij het ministerie van VWS. Brede internationale ervaring deed ze op door haar werk voor het drugsprogramma van de Verenigde Naties (VN) en als strategisch adviseur bij de World Health Organisation (WHO).

Jan van den Heuvel: "Het was een groot voorrecht om de ANVS samen met

de bevlogen en deskundige collega's door de pioniersfase van zijn bestaan te mogen leiden. Nederland voldeed destijds niet aan de hoge standaard die internationaal wordt gesteld aan het toezicht op de veiligheidsrisico's die zijn verbonden aan nucleaire activiteiten en stralingstoepassingen. Die achterstand is volledig ingehaald. Nationaal en internationaal wordt de ANVS gezien als een professionele en hooggekwalificeerde autoriteit. Ik draag het voorzitterschap over aan Annemiek en ga met een gerust hart met pensioen."

Annemiek van Bolhuis kijkt er naar uit om het stokje over te mogen nemen: "De ANVS verdient respect voor wat in de eerste jaren is bereikt. Er ligt een stevige

basis voor de verdere ontwikkeling van de organisatie. Toepassing van radioactiviteit kan alleen als dit veilig gebeurt en als de burgers van Nederland dit ook als veilig ervaren. Daar ga ik mij voor inzetten. Ook beveiligingsrisico's bijvoorbeeld vanwege cybersecurity en terrorismedreiging zullen mijn bijzondere aandacht hebben. Met energie zal ik mijzelf de materie en het werkveld van de ANVS eigen maken. Ik kijk ernaar uit om samen met mijn nieuwe ANVS-collega's de nucleaire veiligheid, beveiliging en stralingsbescherming in Nederland te bewaken en bevorderen."

De opvolging vindt plaats per 15 april. Vanaf die datum vormt Annemiek van Bolhuis, samen met het zittende tweede lid Marco Brugmans, het bestuur van de ANVS. **K**

## Nieuwe beplating voor de koepel van het RID

De aluminium beplating van koepel van het Reactor Instituut Delft (RID) wordt vervangen. Hiervoor werd een omvangrijke steigerconstructie gebouwd die vanwege de vorm van de koepel die 27 meter hoog is en een diameter heeft van 26 meter een bijzondere vorm heeft gekregen. De steiger zal geheel rondom de koepel worden gebouwd. Volgens projectmanager Simone Janssen was de vervanging noodzakelijk omdat de aluminium platen aan het einde van hun technische levensduur waren. Bovendien was de constructie niet meer geheel waterdicht, waardoor de onderliggende thermische isolatie nat was geworden. In totaal worden 1.200 metalen platen van 1 bij 2 meter in de constructie verwerkt. Bevestiging vindt plaats met behulp van een speciaal klemsysteem. Hierdoor is het in de toekomst mogelijk om, als dat nodig is, voor inspectie een enkele plaat te verwijderen. Het nieuwe aluminium is licht bewerkt met een patroon, zodat dit geen reflectie van zonlicht geeft, vanwege omliggende bebouwing en de luchtvaart. Dat het een duurzame oplossing is, bewijzen de oude platen die sinds de bouw van de koepel in 1963 dienst hebben gedaan. Naar verwachting zijn in het tweede kwartaal van 2020 alle platen vervangen. **K**

© Irene van Kessel





Bezorgde burgers:

**K** “Nederland is te klein voor wind en zon alleen.”

Veel van het geld van de Green Deal zal gaan naar landen zoals Polen die nu bijna helemaal afhankelijk zijn van steenkool en het geld niet hebben om het roer om te gooien. Nederland is al ‘op de goede weg’. Het komende jaar steekt het kabinet in totaal 11,4 miljard euro aan subsidie in biomassa centrales die belangrijk zijn voor het bereiken van de klimaatdoelen, hoewel er veel vragen bestaan over de mate van duurzaamheid en de bijkomende luchtvervuiling. Vorig jaar juni verklaarde minister Eric Wiebes: “Het is gelukt”, nadat het Klimaatakkoord dat was overeengekomen ervoor moet zorgen dat

er in 2030 49 procent minder CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten ten opzichte van 1990.

### **Windmolens in Drenthe en Groningen**

Maar of ‘het gelukt is’ of niet, in Nederland gaat evengoed niet alles zonder slag of stoot. Als alles echt zo goed en groen zou zijn geweest als de bevolking wordt voorgelaten, zouden er nauwelijks bezwaren rijzen. Uijlenhoet verbaasde zich er dan ook over dat er zoveel weerstand in Drenthe en Groningen ontstond nadat bouwplannen voor nieuwe windparken waren aangekondigd. Als je

toch met hernieuwbare bronnen zoals zon en wind de klimaatverandering te lijf kunt gaan, wat is dan het probleem? “Vanaf dat moment ben ik gaan rekenen om erachter te komen wat de gevolgen zijn voor onze leefomgeving van de energietransitie van fossiele naar hernieuwbare bronnen”, zegt Uijlenhoet. De resultaten verbaasden hem. Nog los van de haalbaarheid of een elektriciteitsnet stabiel te houden bij 100 procent renewables doemt er een ander probleem: “Ons land is te klein. Het ruimtebeslag van windmolenparken, zonneweides en gebouwen voor opslagcapaciteit bedraagt met ruim

**M**et het sluiten van de Green Deal in Brussel moet Europa het eerste klimaatneutrale continent in de wereld worden, kosten: een biljoen euro wat moet bijdragen aan een golf van groene investeringen binnen Europa. Ir. Arnold Uijlenhoet onderzocht met studiegenoten als 'bezorgde burgers' wat het betekent als Nederland volledig zou zijn aangewezen op hernieuwbare bronnen. Eén van zijn conclusies luidt: "Ons land is te klein en te dicht bevolkt om dertig procent van het totale oppervlakte van het land te reserveren voor wind- en zonne-energie."

dertienduizend vierkante kilometer meer dan dertig procent van het hele land. Met de hoge bevolkingsdichtheid van 510 mensen per vierkante kilometer moeten wij toch al woekeren met onze vrije ruimte. Van het totale grondoppervlak van bijna 34.000 vierkante kilometer zijn 1.400 vierkante kilometer natuurlijk nat en droog terrein en 3.233 km<sup>2</sup> bossen. Het resterende oppervlak van 23.509 km<sup>2</sup> wordt gebruikt voor bebouwing, bedrijven, infrastructuur, recreatie en agrarische toepassingen." Naast het ruimtebeslag door de hernieuwbare energiebronnen vormen, volgens Uijlenhoet, recente

ontwikkelingen ook nog eens een bedreiging voor de nog vrije natuur en het agrarisch areaal. "Zo moeten op korte termijn 263.000 huizen worden gebouwd, gaat Prorail twintig nieuwe stations bouwen, wil de overheid dat het spoorweginet sterk wordt uitgebreid en vragen het toenemende aantal logistieke centra en datapakhuisen met duizenden servers steeds meer ruimte en energie (momenteel 1.350 MW)."

### Ons kleine beetje natuur

Om helemaal over te gaan naar een energievoorziening gebaseerd op hernieuwbare bronnen zou: "Ons kleine beetje natuur dat er nog over is verdwijnen en ook zou de helft van het agrarisch areaal nodig zijn", verklaart Uijlenhoet. Vrije ruimte op de Noordzee geeft maar ten dele soelaas. "Op de Noordzee is ongeveer drieduizend vierkante kilometer beschikbaar. De rest is bestemd voor defensie, Natura-2000 gebieden, olie- en gaswinning, visserij en zeevaart." Kernenergie, zou ook naar de mening van Uijlenhoet, een oplossing kunnen bieden voor het CO<sub>2</sub>-probleem, of tenminste het probleem verminderen, maar daar wil Nederland vooralsnog niet aan. "Ik denk dat de grootste weerstand komt door het ongelukken bij Tsjernobyl, Three Mile Island (TMI) en Fukushima. Bij TMI zijn geen slachtoffers gevallen, bij Fukushima mogelijk een persoon en bij Tsjernobyl zijn relatief wel veel mensen omgekomen. Maar zowel bij Fukushima als bij Tsjernobyl waren de ongelukken het gevolg van falend management en foute beslissingen en niet te wijten aan de onderliggende kerntechnologie." Kernenergie heeft volgens Uijlenhoet ten onrechte een slechte reputatie. "Door de ongelukken en beeldvorming in de media lijkt kernenergie eng en levensgevaarlijk. Dat gevoel leeft niet alleen onder de bevolking, maar ook onder politici. Beelden die het gevolg waren van de zeebeving bij Sendai en de daardoor veroorzaakte tsunami waardoor bijna

twintigduizend mensen omkwamen, worden onterecht geassocieerd met de 'kernramp' in Fukushima."

### Energiedichtheid

Wat betreft energiedichtheid van de drie belangrijkste groepen energiedragers voor onze elektriciteitsvoorziening staat kernenergie bovenaan en wind en zon onderaan. Fossiele brandstoffen nemen een tussenpositie in. De fossiele brandstoffen, kolen, gas en olie, hebben een energiedichtheid die duizendmaal hoger ligt dan die van wind en zon. De energiedichtheid van kernenergie is een miljoenmaal hoger dan fossiel. Een en ander heeft tot gevolg dat bijbehorend grondbeslag bij kernenergie vele malen geringer is. Uijlenhoet heeft berekend dat de totale hoeveelheid energie die in Nederland wordt gebruikt 584 miljoen MWh bedraagt. "Dat is inclusief het huidige stroomverbruik, fossiele brandstoffen voor de industrie, huishoudens, verkeer, land- en tuinbouw, handel, diensten en overheid." Wanneer deze jaarproductie door kerncentrales en conventionele centrales geleverd zou worden, waarbij rekening wordt gehouden met acht procent reservecapaciteit, zou volgens hem hiervoor een geïnstalleerd vermogen van 72.000 MW nodig zijn. "De kerncentrale Doel in België heeft met vier productie-eenheden een vermogen van 2.923 MW. Het complex beslaat een oppervlakte van slechts 0,8 km<sup>2</sup>. Het geïnstalleerde vermogen van 72.000 MW komt dus overeen met  $72.000 / 2.923 = \text{circa } 25$  Doelcomplexen met een totaal grondbeslag dus van  $25 \times 0,8 = 20 \text{ km}^2$ ." Uijlenhoet bevestigt dat het bouwen van een groot aantal kernreactoren op een gering oppervlak niet haalbaar is, maar het gaat hem vooral om het idee: er bestaat eenvoudigweg niet één oplossing om het energievraagstuk op te lossen. Dus volledig inzetten op wind en zon zonder andere opties in overweging te nemen is onverstandig. "Daar komt bij dat Nederland mondiaal gezien maar 0,5 procent aan ✎

CO<sub>2</sub>-uitstoot bijdraagt en deze uitstoot, evenals die van de hele EU, sinds 2000 afneemt, terwijl de uitstoot in China en India in die periode sterk is gestegen. Als wij nu in allerijl voor miljarden maatregelen gaan treffen, zal dat niet van invloed zijn op de huidige trend van CO<sub>2</sub>-emissies wereldwijd. We kunnen beter eerst eens goed nadenken over de te nemen stappen.” Het idee van Frans Timmermans om de sub-Sahara vol te zetten met PV-panelen hoort daar voor Uijlenhoet niet bij. “Ik heb in mijn werkzame leven gezien wat de verwoestende werking kan zijn van zandstormen op gegalvaniseerde masten van elektriciteitsleidingen in woestijngebieden. Het plaatsen van zonnepanelen in een dergelijke omgeving lijkt mij op zijn minst onverstandig, nog los van de afhankelijkheid van onze energievoorziening in een gebied vol politieke onrust.”

## Hartstikke duur

Timmermans liet zich onlangs in een interview in de NRC nog uit over de bezorgdheid die bij hem in de afgelopen tijd is toegenomen: “Hoe meer je er over weet, hoe groter je zorgen worden.” Toch koos deze krant voor dit interview voor een kop met een opmerkelijke citaat van Timmermans: “Kernenergie? Niet duurzaam en bovendien hartstikke duur.” Uijlenhoet merkte hierbij op dat niet duurzaam een onterechte opmerking is en dat hartstikke duur ook geldt voor windenergie wanneer die kosten vergeleken worden met die van gas- en kolencentrales. In een rapport van een aantal jaren geleden vermeldde het Rathenau Instituut dat in Europa de gemiddelde investeringskosten voor een kerncentrale 2,4 miljoen euro per MW bedroegen. De kosten voor kerncentrales die momenteel in aanbouw zijn in Flamanville in Frankrijk en Olkiluoto in Finland bedragen ongeveer 6 miljoen euro per MW. De verwachting is dat de kosten met uitgebreide veiligheidsvoorzieningen bij volgende opdrachten aanzienlijk

lager zullen zijn. “De kosten voor de vier windmolenparken die in bedrijf zijn en de twee die zijn aanbesteed bedragen voor de eigenaren circa 1,5 miljoen euro per MW. Daarboven wordt in de vorm van subsidie 4 miljoen euro per MW verstrekt. De investeringskosten voor kerncentrales en windmolenparken liggen dus op hetzelfde niveau.” Niet meegerekend zijn de ‘stopcontacten’ op zee. Dit zijn enorme platformen die een vermogen van 750 MW kunnen verwerken. De kosten hiervan komen ten laste van de nationale netbeheerder TenneT. “Volgens minister Wiebes gaat de bouw daarvan de belastingbetaler niets kosten. Tot het subsidiepotje op is natuurlijk, want dan mag TenneT de transportkosten gewoon weer doorberekenen.” Wat Timmermans ‘hartstikke duur’ vindt, lijkt ook ideologisch te zijn ingegeven. Zoals Remco de Boer onlangs in het FD schreef: “Als ‘hartstikke duur’ doorslaggevend was geweest, was Nederland nooit aan windparken op zee begonnen. In 2013 waren die met € 0,15 per kilowattuur een van de allerduurste opties. Met een unieke aanpak hebben overheid en markt die prijs samen zo ver naar beneden gekregen dat inmiddels geen subsidie meer nodig is.” Terecht schrijft De Boer dat het juist die unieke aanpak was die deze ontwikkeling realiseerde. Dat geldt voor elke technologische ontwikkeling, inclusief kerntechnologie.

## Gegoochel met opbrengsten wind en zon

De politieke ideologie zou verlaten moeten worden bij een probleem zoals de klimaatverandering die een directe bedreiging voor de aarde vormt. Uijlenhoet wijst op het belang van een samenspel tussen alle CO<sub>2</sub>-vrije opties. “Uit onderzoek blijkt dat als je een stabiel elektriciteitsnet wil beheren, het aandeel renewables niet boven de dertig procent mag komen.” Wat Uijlenhoet steekt, is dat volgens hem in de media en in reclames van energieleveranciers nogal gegoocheld

wordt met de opbrengsten van wind en zon, waardoor het lijkt alsof je er met een paar windmolenparken en zonneweides wel komt. Zo adverteerde Vattenfall in 2019 in paginagrote advertenties in landelijke dagbladen dat: De windparken Hollandse Kust Zuid 1,2,3 en 4, waarvoor wij de bouwvergunning hebben ontvangen, leveren straks genoeg stroom voor ongeveer 3 miljoen huishoudens. “Ongeveer, is hier een rekbaar begrip, want de capaciteit zal genoeg zijn voor maximaal 1,6 miljoen gezinnen. Drie miljoen huishoudens zou kloppen als de turbines honderd procent van de tijd op volle kracht kunnen draaien. Dit is niet het geval. Over het jaar gemiddeld leveren windturbines op zee 40 tot 50 procent van hun volle vermogen. Ik heb Vattenfall om uitleg gevraagd. Ik moest mijn verzoek een paar maal herhalen voordat ik antwoord kreeg. Het antwoord was: ‘We kunnen in deze fase van het project, ook vanwege vertrouwelijkheid, geen precieze gegevens verstrekken.’”

## Bezorgde burgers

Uijlenhoet en zijn jaargenoten zijn ‘outsiders’ die weliswaar niet actief zijn in de energiebranche en er geen financiële belangen in hebben, maar wel als bezorgde burgers actie willen ondernemen en daarom zelf onderzoek hebben gedaan naar de gevolgen van het huidige beleid. “Wij hebben alle politieke partijen op landelijk en provinciaal niveau aangeschreven. De reacties die wij ontvingen volgden de ideologische lijnen. Positieve reacties vooral van rechter zijde en afwijzende vooral van linker zijde. Maar zij geven de moed niet op. “De patstelling waarin de Europese en Nederlandse keuze vooralsnog op wind en zon gokt dreigt te leiden naar een situatie waarbij een continue stroomvoorziening niet meer verzekerd is. We zullen alles op alles moeten zetten om ons verhaal zo breed mogelijk onder de aandacht te brengen.” **K**

*Menno Jelgersma*



# K NRG-labs maken plaats voor bouwlocatie Pallas-reactor



**O**p de Energy & Health Campus (EHC) in Petten voert Beelen Sloopwerken sloopwerkzaamheden uit op de locatie waar de nieuwe Pallas-reactor moet komen. Het gaat om het oude chemisch laboratorium, het materiaalkundelaboratorium en de markante 40 meter hoge schoorsteen. Rob Stapersma is de projectleider van de unit Radioactive Waste Management Program (RWMP) die namens NRG de werkzaamheden leidt.

Stapersma is verantwoordelijk voor de algehele sloopwerkzaamheden. Hieronder valt onder meer het saneren van chemische onderdelen en het asbestvrij maken van de laboratoria die beide ongeveer 65 x 50 meter groot zijn en twee bouwlagen tellen. Michel Kok, site manager decommissioning van NRG is verantwoordelijk voor de sanering van de radiologische verontreinigingen van de gebouwen. Stapersma noemt twee risico-onderdelen die bij de sloopwerkzaamheden extra aandacht verdienen. “Een van de eisen binnen het project was het trillingvrij uitvoeren van de sloop in verband met de gevoeligheid van het nabijgelegen Hot Cell Laboratory (HCL).” Om de trillingen tot een minimum te beperken maakte Beelen Sloopwerken gebruik van een grote kraan

waardoor rupsbewegingen beperkt bleven door de reikwijdte van de kraan. “Het tweede belangrijke punt was natuurlijk het garanderen van de veiligheid omdat gewerkt wordt in een saneringsgebied van radiologische, chemische en asbestverontreinigingen.”

## Zorgplicht beschermde diersoorten

Tijdens de meervoudige onderhandse aanbesteding nodigde Stapersma drie aannemers uit met ervaring op het gebied van radiologische en asbestsanering en sloop om een offerte te maken. “Op basis van alle gegevens konden wij Beelen Sloopwerken de opdracht gunnen.” NRG heeft er uiteindelijk voor gekozen om zelf

de radiologische sanering uit te voeren. “Wij wilden dat de aannemer ervaring met dergelijke werkzaamheden had, omdat we ook niet precies wisten of en wat we tijdens de sloop voor onverwachte verontreiniging zouden aantreffen”, licht Stapersma toe. Toch kon NRG nog niet direct starten met de sloop. Voorafgaand geldt een verplichting voor het uitvoeren van een flora- en faunaonderzoek. Hierbij gaat onder andere specifieke aandacht uit naar de zorgplicht voor beschermde diersoorten, waarbij in dit project in het gebouw de gewone dwergvleermuis werd aangetroffen. Stapersma: “Tezamen met een ecooloog hebben we de verblijfplaats van de vleermuis ongeschikt gemaakt volgens de opgelegde eisen in de ontheffing en alternatieve verblijven in de vorm van vleermuiskasten elders op het terrein geplaatst.” Ook vonden de medewerkers in de oude laboratoria een geskeletteerde ekster en een gemummificeerde kwikstaart die door de klimaatbeheersing van de oude laboratoria nog volledig intact waren. Beide dieren zijn ondergebracht bij Naturalis.

## Betongruis en poetsmateriaal

In juli 2018 startte NRG met het leeghalen van beide gebouwen, die al sinds 2008 niet

meer in gebruik waren. “Voor het overzicht hebben we het gebouw eerst helemaal leeggehaald om vervolgens een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van wat we tijdens de saneringen en de sloop aan zouden kunnen treffen. Mede door de leeftijd van het gebouw waren niet alle gegevens van het gebouw bekend en hadden we te maken met het ‘verrassingseffect’. Dit maakte de klus voor ons extra interessant”, aldus Stapersma. Overal zijn metingen uitgevoerd om de radiologische spots in kaart te brengen. “De besmettingen zijn ter plaatse gedecontamineerd of afgevoerd naar de unit Decontamination & Waste Treatment voor decontaminatie. Een klein deel van het afval is vervolgens op transport gezet naar de COVRA.” Om een groot volume ging het volgens Stapersma niet: “Alles bij elkaar ging het om twee vaatjes van negentig liter waarin wat betongruis, absoluutfilters en poetsmateriaal was opgenomen.”

### **Volgende fase: Pallas-reactor**

Hierna kon Beelen Sloopwerken aan de slag met de asbestsanering. “Dan zie je echt wel dat het gebouw uit de jaren zestig dateert. Er is heel veel asbest aangetroffen, zoals achter panelen, rond leidingen en bij afsluiters. Het asbestgevaar zat hem vooral in de plekken waar je het op voorhand niet verwachtte. Door goede samenwerking tussen de aannemer, de asbestadviseur en het projectteam zijn er geen incidenten geweest.” Voor de kerstvakantie zijn ook deze werken afgerond. Nu is de sloper bezig met het neerhalen van de gebouwen zelf. Als ook de schoorsteen weg is, is het volgens Stapersma nog een kwestie van afvoeren van het betonpuin en de locatie opschonen. Stichting Voorbereiding Pallas-reactor (PALLAS) kan dan een begin maken met de voorbereidende werkzaamheden op het bouwterrein, zoals een grondonderzoek. Na het verkrijgen van de Kernenergiewet-vergunning zullen de eerste werkzaamheden starten met betrekking tot de bouw van de nieuwe reactor. **K**

*Menno Jelgersma*

## Column



### **Businesscase?**

“Brussel, met alle respect, stop een sok in jullie megafoon.” Aan deze uitspraak van de Britse premier Johnson moest ik denken toen de impact van de in januari gepresenteerde EU Green Deal tot me doorgedrongen was. De EU gaat dit decennium duizend miljard euro aan publiek-private investeringen naar groene ondernemingen sluisen; kernenergie is daarvan uitgesloten. In een interview met NRC Handelsblad

rechtvaardige Klimaatcommissaris Timmermans dit onomwonden: kernenergie is duur, niet duurzaam, en zon en wind worden steeds goedkoper; er is gewoon geen businesscase voor nieuwe kerncentrales.

Tja. Wat moet ik nou met zo'n uitspraak, meneer Timmermans? In Frankrijk, dat op kernenergie draait, kost de stroom de helft van wat Duitse stroom kost, terwijl Duitsland kerncentrales sluit om ze te vervangen door zon en wind, samen goed voor een schamele 5 procent van alle energie in Duitsland. Wat als dat over dertig jaar 50 procent of meer moet zijn, zoals uw Green Deal wil?

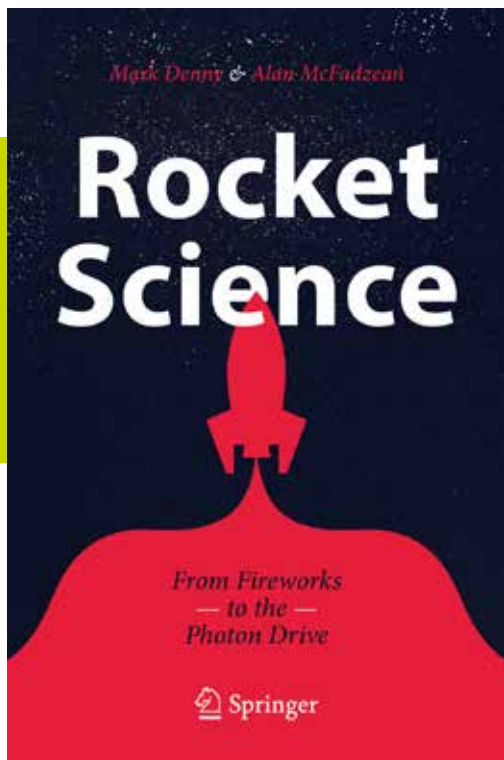
Nog maar wat feitjes, ik kom op stoom. Zonnepanelen en windturbines worden inderdaad goedkoper, maar ze maken het energiesysteem duurder naarmate hun aandeel in de energiemix groeit. Dit komt door al die nieuwe, decentrale netten die moeten worden aangelegd om de stroom uit al die puntbronnetjes te land, ter zee, en op daken bij elkaar te sprokkelen. Ook de gunstige plekken voor zon en wind zijn schaars. Groeiende systeemkosten maken zon en wind steeds duurder; burgers en bedrijven krijgen de rekening daarvan gepresenteerd.

Nee, meneer Timmermans, het zit dus anders. Overal in de wereld is een businesscase voor kernenergie. Maar de EU stelt voorrang voor groene energie verplicht. Niemand gaat nog een kerncentrale bouwen in de wetenschap dat die superschone stroom steeds verder moet worden teruggedraaid ten behoeve van steeds meer fluctuerende zon en wind, en biomassa-centrales (die de CO<sub>2</sub> uitstoot alleen maar doen toenemen). Na Berlijn wil ook Brussel van kernenergie af, meneer Timmermans, zoveel is wel duidelijk. Zeg dat dan gewoon. **K**

*André Wakker*

---

Dr. Ir. André Wakker is zelfstandig organisatieadviseur, en energiedeskundige. Voorheen werkte hij als business developer bij achtereenvolgens Shell, ECN en NRG. Als levenslang voorvechter van kernenergie mengt hij zich regelmatig in het energietransitie-debat. Hij is afgestudeerd in de kernfysica en gepromoveerd op fluctuaties in extreem onderkoeld water.



# Rocket Science, From Fireworks to the Photon Drive

**O**f het nu door science fiction-boeken komt of door de grote hoeveelheid films over ruimtereizen, of andersom: mensen zijn gek op raketten en daarom verschijnen er zoveel boeken en films over het onderwerp. Een ding is duidelijk: Raketten spreken tot de verbeelding. Om de lezer niet direct te laten afschrikken met formules hebben de auteurs Mark Denny en Alan McFadzean hun boek *Rocket Science, From Fireworks to the Photon Drive* in tweeën ingedeeld: een deel proza en de mathematische verantwoording in de appendix. Het levert een uiterst leesbaar boek op zonder dat je het idee krijgt rakettechnologie op Jip en Janneke-formaat te lezen.

Als je iets te weten wilt komen over raketten ben je doorgaans veroordeeld tot hetzij fantasie dan wel ruimtevaarttechnologie. Of zoals de schrijvers het formuleren: "Veel mensen zijn geïnteresseerd in raketten maar niet in wiskunde." 'It's not rocket science' wordt niet voor niets vaak in het dagelijkse leven gebruikt om op laatdunkende wijze de ander te zeggen dat wat hij of zij doet eigenlijk niet zo veel voorstelt, immers: rocket science geeft aan hoe moeilijk rakettechnologie is. Om toch een serieus boek te schrijven is gekozen voor een tweedeling met een 'leesbaar' deel dat zoals de schrijvers het zeggen voorzien is van "Soepele en ononderbroken proza die de rakettechniek zal verhelderen." Iedereen die de middelbare school heeft afgemaakt heeft voldoende natuurkunde als bagage om het proza te doorgronden; met een bachelor natuurkunde/wiskunde op zak zal de appendix geen probleem opleveren. Het boek gaat chronologisch van de geschiedenis van vuurwerk via wapens naar raketten en rakettechnologie van de toekomst.

## Eerste mens op de maan

De auteurs starten de geschiedenis van 'raketten' met de uitvinding van het buskruit in China dat via omwegen ook in

Europa terechtkomt. De mogelijkheden om pijlen en kogels af te voeren worden door militairen gretig omarmd en de eerste eeuwen wordt rakettechnologie vooral gebruikt voor militaire slagkracht. Pas met mensen zoals Werner von Braun, die aan de wieg van rakettechnologie in Nazi-Duitsland stond en in de jaren zestig in het NASA-team werd opgenomen voor de ontwikkeling van onder meer de Saturn-raketten, werd het breder. Met de vooruitgang op ballistisch gebied ontstond de behoefte aan betere brandstoffen voor meer stuwkracht. Daarvan zijn er in principe twee: vaste en vloeibare. De laatste zijn duurder maar hebben een hogere energiedichtheid en de verbrandingssnelheid is beter te regelen. In de Gouden Eeuw van de raketten – de koude oorlog – kwam de militaire rakettechnologie tot een hoogtepunt. Tegelijkertijd ontstond de 'race naar de ruimte', met grote ontwikkelingen in korte tijd van de eerste Sputnik in 1957 tot de

eerste mens op de maan met de Apollo-11 in 1969.

Alle science fiction ten spijt; echt ver zijn we nog niet gekomen, als je ons zonnestelsel als onze achtertuin beschouwt. Toch is hiermee een eerste hobbel genomen: loskomen van de aardse zwaartekracht. Eenmaal hieraan ontsnapt blijft een raket dezelfde richting en snelheid houden als hij heeft zolang er geen externe kracht meer op wordt uitgeoefend, zoals bijvoorbeeld de zwaartekracht van een andere planeet. Om geheel aan de zwaartekracht van de zon te ontsnappen moet je trouwens zo'n 2,5 lichtjaar van de aarde verwijderd zijn. (De Voyager doet daar ongeveer 40.000 jaar over) Het probleem om 'los' te komen in het vacuüm van het heelal is dat je niks hebt om je 'tegen af te zetten' om bij te sturen of af te remmen. Bij een vaste snelheid kan je de motoren uitzetten; snelheid en richting blijven behouden. Met behulp van stuwkrachten is het mogelijk ✎

van richting of snelheid te veranderen: “Gooi wat materiaal uit de achterkant met grote snelheid en laat de rest over aan (de derde wet van) Sir Isaac Newton.” Ofwel: Als voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan oefent voorwerp B een even grote maar tegengesteld gerichte kracht uit op voorwerp A. Maar de ruimte mag dan een vacuüm zijn, er zijn wel degelijk ‘hindernissen’ zoals zwaartekrachtvelden van andere planeten, steen en gruis en elektromagnetische straling. Röntgenstraling van de zon, bijvoorbeeld, duwt, al is de kracht heel klein, tegen objecten en kan de richting veranderen. Ook zijn er geladen deeltjes afkomstig van zonnewind die de beweging van een ruimteschip kunnen beïnvloeden.

## Kunstmatige zwaartekracht

Uitgebreid gaan de auteurs in op de terugkeer naar de aarde en de problemen die astronauten (of kosmonauten, zoals de Russen zeggen) ondervinden om veilig te landen. Voor de appendix eindigt het proza met het hoofdstuk Into the Future. Hoewel de kosten voor ruimtereizen vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw tot nu geleidelijk zijn gedaald, blijft het een kostbare onderneming. Hergebruik lijkt een optie, maar alleen bij het ontwerp van de Space Shuttle waarmee verscheidene bemanningen de ruimte in zijn gebracht, is dat tot nu toe gelukt. Astronauten verbleven tot nu toe relatief kort in de ruimte. Voor ruimtereizen die jaren duren zou een kunstmatige zwaartekracht een uitkomst kunnen bieden door ruimteschepen om hun as te laten draaien en met behulp van centrifugaalkrachten het lichaam voor de gek te houden. Maar we weten er nog niet veel van; wel dat mensen het niet prettig vinden om al te snel te draaien in een kleine ruimte. Grote ruimteschepen bieden op papier soelaas, maar hoe krijg je die in de ruimte?

## Fotonen-voorstuwning

De mens heeft op de maan gestaan en Mars zit in het verschiet. Om écht het

heelal te ontdekken moeten we natuurlijk veel verder. Met de huidige chemische brandstoffen zijn we beperkt in stuwkracht en dus in snelheid (maximaal 4,5 km/s). De auteurs geven een paar oplossingen: elektronische raketten en thermo-elektrische systemen, waaronder de ionenmotor. Dat is een raketmotor die voortstuwingskracht produceert door ionen met hoge snelheid af te stoten. In een



ionenmotor worden (kleine xenon)atomen geïoniseerd door ze te bombarderen met elektronen, waarbij een tweede elektron vrijkomt en dus een positief ion overblijft. Om de lading van het ruimtevaartuig neutraal te houden worden met een apart onderdeel, de neutralizer, ook elektronen naar de ruimte uitgestoten, maar met een lagere snelheid. En er zijn kernraketten die, anders dan kruisraketten geladen met een kernkop, kernenergie aanwenden om vooruit te komen. De energiedichtheid van kernenergie is grofweg een miljoen keer hoger dan die van chemische verbindingen; dat biedt mogelijkheden. Als drijfgas zou waterstof kunnen dienen. De snelheid die de raket kan ontwikkelen is tweemaal zo groot als met chemische stuwgassen. Het is daarbij van belang, schrijven de auteurs, om de temperatuur in de reactor laag genoeg te houden om kernsmelting te voorkomen. Bovendien zijn er ‘wat veiligheidsuitdagingen’ en een groter startgewicht. Vervolgens komt de antimaterie-raket aan bod, een concept waarbij materie (elektronen) en antimaterie (positronen) worden

samengebracht en annihilieren. De vrijkomende gamma’s en subatomaire deeltjes geven de raket dan stuwkracht. “Als het je lukt om de gamma’s met lichtsnelheid en in eenzelfde richting de machine te laten verlaten dan zou je een fotonen-voorstuwning hebben die je naar de sterren kan brengen. Theoretisch.”

## Zonnezeilen

Het gebruik van grote chemische raketten zal uiteindelijk verdwijnen, zoals houten schepen hun tijd hebben gehad. Als laatste gaan de auteurs dan ook in op het gebruik van zonnezeilen waarmee ruimteschepen worden voortgestuwd door de stralingsdruk op het zeil afkomstig van lichtfotonen.

Denny en McFadzean komen hun belofte na door een boek te presenteren dat de uitdagingen en problemen waar rakettechnologie mee te maken heeft helder uiteenzet, aangevuld met onderliggende natuur- en wiskunde voor de liefhebber. Elk hoofdstuk is voorzien van een lijstje naslagwerken. Het boek besluit met een uitgebreide bibliografie voor wie zich na het lezen helemaal wil uitleven in rocket science. Er staan een aantal interessante websites vermeld en er is een uitgebreide index. Kortom: dit boek geeft je al menig uur verpozing, maar je kunt er zo’n beetje de rest van je leven mee vullen! **K**

*Menno Jelgersma*

### Overzicht

Boek: **Rocket Science, From Fireworks to the Photon Drive**

Auteurs: **Mark Denny en Alan McFadzean**

Uitgever: **Springer International Publishing**

Taal: **Engels**

eBook ISBN: **978-3-030-28080-2**

Softcover ISBN: **978-3-030-28079-6**

Aantal pagina's: **IX, 302**



## Bestrijding tsetseevlieg met nucleaire technologie onschadelijk voor andere insecten

**I**n Senegal is nucleaire technologie succesvol ingezet om de tsetseevlieg te bestrijden. De populatie nam in het doelgebied af met meer dan 98 procent. Volgens een acht jaar durende studie heeft de aanpak van de ernstige ziekteverwekker geen nadelige gevolgen gehad voor andere insecten in Senegal. Dit blijkt uit een studie die recentelijk werd gepubliceerd in *Nature's Scientific Reports*. De studie is onderdeel van een project om de tsetseevlieg in Niayes (een 1.000 vierkante kilometer vruchtbare vallei in de buurt van de hoofdstad Dakar) uit te roeien met behulp van met insecticide-geïmpregneerde vallen en aansluitend met de toepassing van de Sterile Insect Technique (SIT).

De SIT is een geboortecontrole methode voor insecten die is gebaseerd op het steriel maken van mannelijke vliegen, die in grote aantallen worden gekweekt en losgelaten om met wilde vrouwtjes te paren. De steriele mannetjes zorgen ervoor dat er geen nakomelingen komen, wat op den duur leidt tot afname van de populatie. Binnen het milieuonderzoek werden kevers en vlinders gevolgd. De studie toonde aan dat

de verdelging de tsetseevliegen nauwelijks gevolgen had voor de onderzochte populaties. Er was sprake van kleine fluctuaties in populaties op het moment dat insecticiden werden gebruikt om de grond te prepareren ten behoeve van een effectieve SIT-toepassing. Maar de kever- en vlinderpopulaties keerden onmiddellijk terug naar hun pre-interventieniveau na het stoppen van de insecticidentoediening en

na het vrijlaten van de steriele mannetjes van de tsetseevliegen. Dit toonde aan dat SIT niet van invloed was op het milieu. "Alle uitgevoerde controleacties in het milieu, met of zonder het gebruik van insecticiden, vereisen een milieu-impactstudie", zegt co-auteur van de studie en IAEA medisch entomoloog Jeremy Bouyer. "De studie toont aan dat SIT een milieuvriendelijke methode is en dat we erin zijn geslaagd om bijna alle tsetseevliegen te verdelgen zonder gevolgen voor het ecosysteem."

### Slaapziekte

De bloedzuigende tsetseevlieg brengt trypanosome parasieten over die nagana veroorzaken, een slopende ziekte bij vee die leidt tot onvruchtbaarheid, gewichtsverlies en afname van melk- en vleesproductie. Ziek vee dat te zwak is om akkers te ploegen of goederen te transporteren heeft ook gevolgen voor de productie van groenten. Maar niet alleen vee wordt getroffen. In sommige delen van Afrika brengt de tsetseevlieg ook de ondermijnende en vaak fatale slaapziekte over. De IAEA, in samenwerking met de



Foto: J. Bouyer/IAEA

**K** Volwassen *Charaxes epijasius*: De *Jasiusvlinder* of *Pasja* is een vlinder uit de familie *Nymphalidae*, de vossen, parelmoervlinders en weerschijnvlinders. De *Pasja* is wijdverspreid in sub-Sahara Afrika en er is een direct verband tussen de populatiedichtheid ervan en de gezondheid van het ecosysteem. Met een spanwijdte bij het mannetje rond 70 mm en het vrouwtje van 75-90 mm is het ook de grootste dagvlinder van Europa.

wereldvoedselorganisatie, helpt Senegal al sinds 2005 om de tseetseevlieg te verdelgen. Hierdoor kunnen lokale boeren geïmporteerd vee houden dat tien keer meer melk produceert dan inheemse koeien.

### Afname tseetseevlieg bemoedigend

De specifieke kever- en vlindersoorten waren gekozen als ecologische indicatoren omdat ze gevoelig zijn voor menselijke activiteiten zoals jagen en landbouw en bovendien kosteneffectieve monitoringsystemen zijn. De tseetseevlieg speelt geen belangrijke

rol in het lokale milieu volgens Bouyer, omdat ze geen planten bestuiven en geen essentiële prooi zijn voor andere insecten of vogels. Gedurende acht achtereenvolgende jaren werden een week lang in oktober/november fruitvallen geplaatst op vijf belangrijke locaties in de vallei, de periode met de hoogste diversiteit en aantallen na het regenseizoen. Meer dan 14.400 soorten insecten werden onderscheiden en geteld tijdens verschillende fasen van de verdelgingscampagne met behulp van statistische modellen. “De impact van de campagne op het milieu is minimaal en

tijdelijk en de aanzienlijke afname van de tseetseevliegen – meer dan 98 procent – is zeer bemoedigend”, aldus Mireille Bassene, een co-auteur van de studie en medisch entomoloog aan het Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) en een van de collega’s die betrokken zijn bij het project. De IAEA, in samenwerking met de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties gaf ondersteuning aan Senegal. De Amerikaanse overheid droeg bij aan het project onder het Peaceful Uses Initiative. **K**

Bron: IAEA

## Sterile Insect Technique (SIT)

De nucleaire wetenschap biedt een alternatief voor pesticiden om insectenplagen te bestrijden: Sterile Insect Technique (SIT) - de steriele-insectentechniek. De techniek is een milieuvriendelijke manier van insecten- en ongediertebestrijding en is gebaseerd op het op grote schaal kweken en met behulp van gammastraling steriliseren van mannetjes. Deze steriele insecten worden systematisch en op grote schaal vrijgelaten waarna ze met natuurlijke vrouwtjes paren maar waarbij geen bevruchting kan plaatsvinden en de populatie afneemt. De vrouwtjes leggen wel eitjes, maar die komen niet uit. Tezamen met andere methoden is SIT succesvol gebleken bij het beperken van een aantal ernstige plaaginsecten, waaronder: fruitvliegen (mediterrane fruitvlieg, Mexicaanse fruitvlieg, Aziatische fruitvlieg, meloenvlieg), tseetseevliegen, schroefwormvliegen, diverse soorten motten en muggen. In verscheidene landen waar de technologie werd toegepast, hebben economische beoordelingsstudies een zeer hoog rendement op de investering van een SIT-programma aangetoond. Voordelen van het gebruik van de nucleaire technologie zijn onder meer: een aanzienlijk afname in het verlies van productie in landbouw en veeteelt door plaaginsecten, bescherming van de land- en tuinbouw en veehouderij door het voorkomen van ziekte-uitbraken, het voorzien van goede condities voor exportmogelijkheden zonder quarantainebeperkingen, behoud en creëren van banen, aanzienlijke reductie van de kosten voor medische zorg bij mensen, bescherming van het milieu door minder gebruik van insecticiden.

Promotie

# Fulvio Bertocchi

**O**p 27 januari is aan TU Delft dr. Fulvio Bertocchi gepromoveerd op experimenteel onderzoek aan de koelmiddelstroming in snelle metaalgekoelde reactoren. Het onderzoek maakte deel uit van het Europese SESAME-project en zijn promotoren waren dr. ir. Martin Rohde en prof. dr. ir. Jan Leen Kloosterman.

In de meeste kerncentrales zijn de splijstofelementen opgebouwd uit splijstofstaven omgeven door een verticale koelmiddelstroom. In een dergelijke configuratie kunnen periodieke wervelingen optreden die aan beide zijden van de spleet tussen de splijstofstaven bewegen. Deze wervelingen verbeteren de koeling van de splijstof, maar kunnen ook leiden tot vibraties van de staven. Dat laatste moet uiteraard vermeden worden om schade aan de splijstof te voorkomen.

Het tweede fenomeen betreft migratiestroming van koelmiddel. In snelle metaalgekoelde reactoren zijn de splijstofpinnen gerangschikt in een hexagonale matrix. In dit ontwerp is een draad als een helix rond elke pin gewikkeld om ze van elkaar gescheiden te houden. Hierdoor wordt het koelmiddel rondom de splijstof geleid, waardoor oververhitting vermeden wordt. Het blijkt echter dat de koelmiddelstroming ten gevolge van deze draad veel complexer is dan gedacht.

Beide effecten, wervelingen en migratiestromen, zijn experimenteel onderzocht met geavanceerde optische technieken in unieke zelfgebouwde opstellingen en uiteindelijk ook theoretisch geanalyseerd. Dit heeft geleid tot een nieuwe correlatie die de lengte van de coherente structuren voorspelt. De frequentie van de coherente structuren neemt toe met de koelmiddelsnelheid. Als de frequentie gelijk wordt aan tweemaal de natuurlijke frequentie van de staaf, wordt een drastische toename in de amplitude van de trillingen waargenomen, waardoor schade aan de splijstofstaven zou kunnen optreden. Dankzij het onderzoek van dr. Bertocchi kan dit vermeden worden. Fulvio Bertocchi is nu werkzaam bij NRG. **K**

*Jan Leen Kloosterman, TU Delft*



## Word begunstiger\* van Stichting Kernvisie en ontvang Kernvisie magazine 6x per jaar

De Stichting KernVisie streeft naar het vergroten van het draagvlak voor nucleaire technologie en al haar toepassingen. Haar communicatiemiddelen zijn het tweemaandelijks Kernvisie Magazine en de website.

Het Magazine wordt verstuurd aan begunstigers van de Stichting, leden van NNS en KIVI-Kerntechniek waarvan de gegevens die nodig zijn voor verzending bij de Stichting bekend zijn en aan andere belanghebbenden. Daarnaast verzorgen vertegenwoordigers van de Stichting lezingen en gastcolleges. De Stichting streeft ernaar om de informatie over kerntechnologie toegankelijk en aantrekkelijk te maken voor haar lezers en bezoekers van hun website.

Leden van de NNS en KIVI-Kerntechniek kunnen zich, met vermelding van NNS resp. KIVI-KE en lidmaatschapsnummer, voor het Magazine aan- of afmelden via het contactformulier op de website.

### \* Wilt u zich aanmelden als begunstiger van Stichting Kernvisie?

Geef ook daarvoor uw gegevens door via het contactformulier op de website. De bijdrage is minimaal €25,- per jaar (studenten €10,-) over te maken naar het banknummer NL19 INGB 0006 8513 70 ten name van Kernvisie, Foundation for Nuclear Energy te Zwijndrecht.

### Mededeling:

**KIVI-KE/NNS**  
organiseert op **17 april a.s.**  
het symposium:

## ‘Historisch Radioactief Afval’

Plaats: **Den Haag**  
Tijd: **13:00 uur**

Nadere informatie te zijner tijd op de website van KIVI: [www.kivi.nl](http://www.kivi.nl)



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: [kernvisie@kernvisie.com](mailto:kernvisie@kernvisie.com)

