

# KERNVISIE MAGAZINE

► 'ECOMODERNISME':  
KOOP DAT BOEK!

► URENCO  
EN DE U-BATTERY

► VIA PET-SCAN ZIEN  
OF KANKERTHERAPIE  
AANSLAAT

KIVI/NNS-EXCURSIE  
ONTMANTELING MÜK

# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**JAARGANG 12, NUMMER 3, JUNI 2017**  
**KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEAANDELIJKS**  
**OPLAGE 2200 EX**

## **ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE**

StudioHusken.nl, Den Helder

## **BESTUUR STICHTING KERNVISIE**

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter  
Ir. G.H. Boersma, secretaris  
Ir. E.W. Schuurig, penningmeester  
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)  
Dr. Ir. A. van Heek  
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**

*De bijna lege reactorhal van MÜK © RWE*

*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.*



Elke keer, wanneer ik de teksten voor de nieuwe KernVisie onder ogen krijg, verbaast me het brede scala van onderwerpen. Het aantal toepassingen van nucleaire technologie is veel en veel breder dan men zich realiseert. Nucleaire technologieën worden in het dagelijks leven toegepast in allerlei producten en diensten. Straling is daarbij het kernwoord. Straling voor verbetering van het milieu, voor de ontwikkeling van elektrische auto's, voor de bouw van windmolens, voor de bestrijding van ziektes in ontwikkelingslanden en voor de diagnostiek en behandeling van verschillende vormen van kanker.

KernVisie probeert dit breder beeld van nucleaire technologie onder de aandacht te brengen. Ook in dit nummer gebeurt dit onder andere door interviews met Meera Venkatesh, directeur van de afdeling Physical and Chemical Sciences bij de IAEA en Marlène Hekman van de afdeling radiologie en nucleaire geneeskunde van het Radboud UMC in Nijmegen.

Vanzelfsprekend wordt ook aandacht besteed aan de energie toepassingen, onder andere aan de ontwikkeling van de U- Battery, de ontwikkelingen bij Westinghouse, de Position Paper van Foratom en de KIVI/NNS-excursie "Decommissioning project Mük" naar de Mülheim-Kärlich-kerncentrale bij Koblenz.

Het is zeker ook de moeite waard om voor het laatste nieuws onze website te bezoeken [www.kernvisie.com](http://www.kernvisie.com).

André Versteegh  
voorzitter Stichting Kernvisie

Disclaimer: De redactie van Kernvisie Magazine heeft haar uiterste best gedaan om de rechthebbenden van alle foto's in deze special te achterhalen. In enkele gevallen is dat niet gelukt. Mocht u in geval van een omissie of een vergissing menen de rechthebbende van een foto of illustratie te zijn, gelieve contact op te nemen met de Stichting Kernvisie: [info@kernvisie.com](mailto:info@kernvisie.com)



# **X** INHOUD

## **ENERGIE**

### **KIVI-EXCURSIE NAAR DE MÜLHEIM-KÄRLICH-KERNCENTRALE**

In het televisieprogramma Van Onze Centen komt André van der Toorn in actie tegen de vaak pijnlijke verspilling van belastinggeld. De KIVI/NNS-excursie naar de Mülheim-Kärlich-kerncentrale bij Koblenz maakte duidelijk dat de onzinnig sluiting ervan stof voor minimaal een compleet seizoen had kunnen opleveren.



### **P08 BOEKBESPREKING**

Ecomodernisme – Het nieuwe denken over groen en groei van Marco Visscher, Ralf Bodelier en anderen.

### **P12 INBEELD**

IAEA ondersteunt veterinaire laboratoria in Afrika.

### **P17 COLUMN**

Aliki van Heel over vasten

### **P18 GAST-COLUMN**

Gastcolumnist Co van Liere over Zeeuwen en rendement.

### **P20 ENERGIE**

In een Position Paper verwelkomt FORATOM de Europese publicatie Clean Energy for All Europeans – unlocking Europe's growth potential.

## **MAATSCHAPPIJ**

### **STALINGSTECHNOLOGIE HELPT MENS EN SAMENLEVING**

Straling kan helpen de wereld en de levens van mensen veiliger en gezonder te maken. Het Internationaal Atoomagentschap (IAEA) ondersteunt landen over de hele wereld bij het veilig en verantwoord toepassen van straling voor vreedzame doeleinden.

### **P10**

## **MEDISCH**

### **UNIEKE DIAGNOSTIEK VOOR PATIËNTEN MET LONGKANKER**

Bij de behandeling van sommige vormen van longkanker wordt tegenwoordig gebruikgemaakt van 'targeted therapy' met chemotherapie in tabletvorm. Er is een nieuwe techniek ontwikkeld om na te gaan of deze medicijnen de tumor bereiken. Longarts Idris Bahce promoveerde hierop.



## **X** P15 ENERGIE

### **ONTWERP U-BATTERY TER BEOORDELING IN CANADA**

Het U-Battery-consortium dat wordt geleid door URENCO heeft zijn ontwerp voor micro-modulaire reactortechnologie voor vergunningverlening aangeboden bij de Canadese Nuclear Safety Commission (CNSC). Steve Threlfall, URENCO general manager van U-Battery gaat in op de kansen voor het innovatieve reactortype.



ENERGIE

# ➤ KIVI-EXCURSIE NAAR DE MÜLHEIM- KÄRLICH- KERNCENTRALE

© Menno Jeligesma

Sinds enige tijd is er het televisieprogramma **Van onze Centen** waarin **André van der Toorn** in actie komt tegen de vaak pijnlijke verspilling van belastinggeld, of nog erger: **óns belastinggeld**. Miljoenen euro's verdwijnen in een bodemloze put die natuurlijk volgens de programmamakers veel beter besteed hadden kunnen worden. Het is jammer dat Van der Toorn alleen in Nederland kijkt, want de KIVI/NNS-excursie Decommissioning project MüK naar de Mülheim-Kärlich-kerncentrale bij Koblenz had stof voor minimaal een compleet seizoen kunnen opleveren als je de omvang van de verspilling in ogenschouw neemt.

Met frisse moed vertrokken ongeveer dertig mensen waar niet alleen KIVI-, maar ook NNS-leden en Kernvisie-begunstigers aan deel konden nemen, vanuit Almelo en Arnhem naar het hotel in Koblenz. Mooi hotel, lekker eten en goed gezelschap, waarbij tijdens het diner onder andere de toenemende energiehonger in de wereld en de kansen voor kernenergie werden besproken.

Op dag twee stond het bezoek aan de stilgelegde kerncentrale op het programma. De regen die op die dag viel was eigenlijk net dat extractie dat nodig was om de



stemming rond de ontmanteling kracht bij te zetten. De kerncentrale bleek bij aankomst wel wat weg te hebben van een tijdmachine. De bouw duurde tot 1986, maar het ontwerp is onvervalst midden jaren zeventig: groen tegelwerk met afgeronde hoekjes, 'spannende' betonnen elementen, telefoons met draaischijven, schrootjesplafonds en alles in originele staat. Zelfs bij het mini-symposium dat later op het programma stond, maakten de sprekers geen gebruik van een, in deze setting, anachronistisch beamer maar van een echte originele overhead projector.

### CAROLINE

Waar eens honderden mensen werkten, lopen nu nog 35 mensen van RWE rond. Dat rondlopen moet je ook met een korreltje zout nemen. We komen een paar RWE-medewerkers tegen die de paspoorten controleren of de dosimeters uitdelen en, naar het schijnt, de hele dag in een klein hokje zitten te wachten op de resterende medewerkers en eventuele bezoekers. Wel zijn er nog zo'n slordige zestig mensen werkzaam van de aannemer die de taak heeft de centrale in stukken te knippen, letterlijk. Het komt over als een soort vernedering waarbij de reus niet alleen op zijn knieën moet, maar helemaal moet worden vernietigd alsof hij nooit heeft bestaan. Tijdens de rondleiding toont dr. Thomas Volmar, directeur van de

MüK de open draadstalen kratten waarin ongeveer anderhalve kuub materiaal past. Op zware elementen na, zoals de stalen buizen van de primaire loop, gaat alles in stukken van ruim een meter in de kratten. Alle onderdelen worden gecontroleerd op eventuele besmetting of activering. Veel is dat nooit want de centrale heeft slechts 13 maanden gedraaid en 99 procent van de 'activiteit' heeft de locatie al verlaten. Eenmaal gereinigd gaan de kratten nog door het laatste checkpoint dat de koosnaam 'Caroline' draagt, voordat de onderdelen bij hun nieuwe eigenaar worden versnipperd, gescheiden, gehakt of omgesmolten om als basismateriaal een nieuwe bestemming te krijgen. De grote onderdelen zoals de brokken primaire loop worden met een elektrische frees van hun 'huid' ontdaan die in plastic zakjes wordt opgevangen en apart wordt gecheckt. De losse hompen staal gaan naar verluidt 1:20 in de smelterij voor verdere verwerking.

### ZEVEN MILJARD DUITSE MARKEN

Tijdens de rondleiding in de reactor is iedereen gekleed in oranje werkjassen, voorzien van overtreksoffen en getooid met een bouwhelm. Een persoonlijke dosimeter is de krent op de taart. De kans dat je een besmetting oploopt, lijkt hier kleiner dan bijvoorbeeld in mijn kruipruimte thuis, door het eten van een flinke tros bananen of het



leegdrinken van een flesje mineraalwater. Het prachtige bouwwerk, het containment, de schoorsteen en de koeltoren; over een paar jaar is alles weg. Ruim zeven miljard Duitse marken door het putje. Eén van 's werelds modernste en veiligste kerncentrales door een juridische vormfout uit bedrijf genomen. De theoretische draaiuren (107,25 terawattuur) voor de complete technische levensduur mocht RWE wel verdelen over zijn overige centrales, maar dat bleek met 'der Ausstieg' ook weer een leugen of in het beste geval een niet ingeloste belofte. Waarschijnlijk zouden zelfs de programmamakers van Van onze Centen hier in huilen uitbarsten. **K**



# K HET MINISYMPOSIUM

**Na de rondleiding in de kerncentrale volgt het minisymposium dat RWE voor het gezelschap heeft georganiseerd. Dr. Thomas Volmar, directeur van de MÜK gaat in op de ervaringen die worden opgedaan tijdens het "tweede leven van een kerncentrale." Volmer wint er geen doekjes om: "Commissioning is producing nothing." Wat je hebt is radioactief afval en materiaal dat voor recycling in aanmerking komt: "Het is allemaal geen rocket science dat we hier bedrijven."**



© Menno Jelgesma

De ontmanteling startte in 2004 en op dit moment is het primaire circuit aan de beurt. Het werk ligt op schema en de locatie wordt naar verwachting in 2025 schoon opgeleverd. Volmer snijdt nog even kort de geschiedenis aan over hoe 'de Groenen' lucht kregen van een wijziging in de aanvraaggoedkeuring. Hoe dat eindigde is genoegzaam bekend. Nog even de data: de MÜK is een PWR die op turnkey basis werd gebouwd door het consortium BBC, BBR en Hochtief AG, Frankfurt/Main onder contract bij de Rheinisch-Westfaelisches Elektrizitaetswerk (RWE). Alle mooie namen ten spijt kan alles in de shredder. Slechts enkele onderdelen konden worden verkocht zoals de turbines en de generatoren die naar Egypte zijn overbracht voor de opwekking van stroom in een gasgestookte centrale. De dieselgeneratoren zijn bij RWE gebleven om dienst te doen bij hun andere kerncentrales.

Voor het huidige management ligt het zwaartepunt op het aanpassen van bestaande services en infrastructuur. Sommige onderdelen zoals ventilatiesystemen die voor de gehele

centrale waren ontworpen, worden buiten gebruik gesteld en vervangen door nieuwe energiezuinigere en meer doelmatige systemen. Om de ontmanteling succesvol te laten zijn is het volgens Volmar belangrijk te focussen op de strikt noodzakelijke services en optimalisatie van de resterende en in de tijd afnemende service operations. Verder wijst hij erop dat hergebruik van materiaal, eventueel gebouwen en de uiteindelijke locatie die vrijkomt een zeer belangrijk drijfveer vormen voor het project zijn.

## REDUNDANT SYSTEEM

In een tweede lezing gaat dr. Markus Rost in op de ontmanteling van de 162 meter hoge koeltoren. Geen spectaculair plan met springstoffen maar slooprobots die op de bovenrand worden geplaatst tot een hoogte waarop het werk vanaf het maaiveld kan worden gedaan. Voor deze werkwijze is gekozen om ervoor te zorgen dat het nabijgelegen druk bereden spoor geen hinder van de sloop ondervindt. Dr. B. Lorenz sluit het symposium af met een uiteenzetting over het veranderende landschap van de Duitse stralingsbescherming

en afvalverwerking. Hierna volgt de groepsfoto en gaan de aanwezigen naar de bus met bestemming Arnhem en Almelo. Saillant is wat er vervolgens gebeurt. Een gezelschap waarvan bijna iedereen vanuit de professie bezig is met technische systemen die zowel op component- als systeemniveau redundant kunnen worden uitgevoerd, stapt in de bus bij een chauffeur die niet op zijn metertjes kijkt. In de buurt van Düsseldorf komt de bus om 17:30 uur tot een 'grinding halt'. De diesel is op. Een deel heeft geluk want na twee uur ziet een buschauffeur uit Venlo de mensen staan en brengt het grootste deel excursiegangers naar Arnhem. Een dag later e-mailt Danny Semmekrot, deputy shiftmanager URENCO dat ook de Almeloërs vrijdag 'nog' zijn aangekomen: "Tegen 21:00 uur kwam de hulpdienst; na 60 liter diesel en vele keren ontluchten liep de motor weer. Bij het eerstvolgende tankstation is de dieseltank met ruim 180 liter diesel gevuld en hebben wij de inwendige mens verzorgd. Rond 23:45 uur stonden we op de URENCO-parkeerplaats. Conclusie: het was een topdag bij de centrale en een prachtverhaal over de terugreis." **K**



## VAN BOUW TOT ONTMANTELING

© RWE

**Innig vasthouden aan een vormfout om een politiek doel te dienen en daarmee 7 miljard Duitse marken weg te gooien, is wat er met de Mülheim-Kärlich-kerncentrale (MüK) bij Koblenz is gebeurd. Een deelstaat geeft een vergunning af, een rechtbank trekt die weer in en dat besluit wordt door de allerhoogste administratieve rechter in Berlijn tien jaar later bevestigd. Een klassiek drama in (minimaal) vijf bedrijven.**

De bouw van de Mülheim-Kärlich-kerncentrale (MüK) bij Koblenz startte in 1975 en duurde tot 1986. Gedurende het bouwproces regende het klachten van omliggende gemeenten en vertragingen van leveranciers. De nieuwe kerncentrale zou op een breuk liggen in een aardbevingsgevoelig gebied: het Neuwieder Becken. De plannen werden hierop aangepast door gebouwen zeventig meter te verplaatsen. Maar de centrale werd continu belaagd door klachten. Zo werd de centrale stilgelegd vanaf de herfst van 1986 tot de zomer 1987 vanwege bezwaren over de uitstoot van de koeltoren. De waterdamp zou in het dal waarin de nabijgelegen stad Neuwied ligt tot een klimaatverandering leiden en mogelijk tot gezondheidsproblemen, zoals het Reformatorisch Dagblad in september 1988 meldde. De MüK werd al na 13 maanden uit bedrijf genomen. Een herstart zou volgen na een juridisch besluit. Nieuwe eisen voor

een bouwvergunning werden getekend en het vergunningenproces moest geheel over worden gedaan. De overheid van Rheinland-Pfalz verstrekte die goedkeuring maar werd teruggefloten door een hogere rechtbank in Koblenz. Het was dit rechtbankoordeel dat uiteindelijk door het hoge administratieve hof in Berlijn in 1998 werd overgenomen en van doorslaggevende betekenis bleek. Maar zover was het nog niet.

### ANTINUCLEAIRE DEELSTATEN

Vanaf 1987 vond geen herstart plaats vanwege juridisch getouwtrek over de originele bouwvergunning. Klaudia Martini de milieuminister van Rheinland-Pfalz en lid van de antinucleaire SPD was niet van plan een vergunning af te geven. Ze werd op haar plaats gezet door de 'hogere' federale minister Klaus Töpfer die er op wees dat een dergelijk besluit alleen met toestemming van de centrale overheid genomen kon worden. Töpfer maakte trouwens vaker gebruik van

**K** Stukje oppervlak afslijpen

zijn constitutionele recht om antinucleaire deelstaten terecht te wijzen die belangrijke nucleaire projecten traineerden. De druk die Töpfer uitoefende had effect en Martini haalde bakzeil omdat ze 'onwettig' had gehandeld. Een RWE-woordvoerder wees er daarbij wel op dat dit niet betekende dat de kerncentrale in bedrijf kon worden genomen; de zaak rond de bouwvergunning was echter nog steeds niet afgehandeld.

### AARDBEVINGSGEVAAR

Begin 1995 oordeelde een rechtbank dat de overheid van Rheinland-Pfalz de helft van de kosten moest gaan betalen die volgde uit de beslissing om de productie in de kerncentrale te staken. Het hof van beroep in Koblenz verwees naar een soortgelijke zaak uit 1992 waarin de kosten werden gedeeld. De rechtbank oordeelde dat de autoriteiten van Rheinland-Pfalz aansprakelijk waren omdat ze niet de juiste procedures hadden gevolgd bij de het afgeven van de exploitatievergunning. Toch werd RWE ook aansprakelijk gehouden voor de bouwkosten. De hoogte zou later worden bepaald. RWE hield de overheid volledig verantwoordelijk omdat zij de ingebruikname verhinderde. De bouwkosten destijds bedroegen meer dan 7 miljard Duitse marken. Tegenstanders houden het erop dat de vergunning onvoldoende rekening hield met aardbevingsgevaar. In 1993 stelde de SPD-overheid zich op het standpunt geen volledige exploitatievergunning te zullen afgeven. Na de uitspraak wilden zowel de lokale overheid als RWE in hoger beroep.

### KERNENERGIEWETGEVING

Eind 1995 besluit een rechtbank dat de vergunning moest worden ingetrokken op grond van aardbevingsgevaar dat niet voldoende zou zijn 'geëvalueerd'. Hiertegen kon niet meer in beroep worden gegaan. Het is echter nog steeds niet duidelijk of het besluit ook daadwerkelijk





#### ✘ *Controle op restactiviteit*

het einde betekent van juridische steekspel over de toekomst van de centrale. RWE was zeer ontevreden over de uitspraak die het "niet uit te leggen" noemde. Het was een tegenslag voor de 461 mensen die toentertijd op de centrale werkzaam waren en RWE zou alles in het werk stellen om de centrale alsnog op te starten. De uitspraak in 1995 volgde op een beslissing van de rechtbank in Koblenz dat een deelvergunning van de centrale zoals in 1990 was afgegeven in tegenspraak was met de Duitse kernenergiewetgeving omdat de mogelijkheid van een aardbeving onvoldoende was meegewogen. Toen de SPD eenmaal de macht had, kon ook de nieuwe deelvergunning worden ingetrokken. De overheid kondigde in 1993 aan dat het niet zou overgaan tot het verlenen van een volledige exploitatievergunning. In 1996 vecht RWE het oordeel van de rechtbank uit 1995 aan. In een verklaring zegt RWE dat het zich niet neerlegt bij de uitspraak van de administratieve rechter die zich beroept op de gebrekkige evaluatie van het aardbevingsrisico en wendt zich tot het hoogerechtshof in Berlijn. Begin 1997 krijgt RWE inderdaad toch nog de

mogelijkheid om in beroep te gaan bij de hoogste administratieve rechter die in Berlijn zetelt. Deze rechtbank beslist dat RWE een tegemoetkoming in een groot deel van de kosten kan verwachten voor zowel de bouwkosten en financiering als kosten die zijn veroorzaakt door het niet in bedrijf zijn van de centrale sinds 1988. RWE werd echter niet gecompenseerd voor verloren gegane winsten, de kosten voor vervanging van elektriciteitscapaciteit en de ontmantelingskosten. De hoogte van het bedrag zou weer door de rechtbank in Koblenz moeten worden vastgesteld.

#### **VERNIETIGING VAN KAPITAAL**

In januari 1998 is het dan zover; de rechtbank beslist dat de kerncentrale Mülheim-Kärlich dicht moet. De federale administratieve rechtbank in Berlijn verwerpt de juridische vordering van RWE om de centrale in bedrijf te nemen. De rechters bevestigen het oordeel van de lagere rechtbank in 1995 die de vergunning tegenhield. De belangrijkste reden hiervoor bleef de ontoereikende evaluatie van het aardbevingsgevaar door de toezichthouder.

Werner Hlubek, lid van de raad van bestuur van RWE verklaarde destijds dat het volkomen onbegrijpelijk was dat een

van 's werelds veiligste kerncentrale niet mocht draaien puur op grond van juridisch formaliteit. De Duitse economische status was volgens hem een slag toegebracht door een technisch foutloos project te laten struikelen op formele gronden. Het Deutsches Atomforum veroordeelde ook het handelen van de autoriteiten. Op dat moment werd nog door het Forum gesteld dat de beslissing niet het einde van kernenergie in Duitsland zou inluiden. Volgende de toenmalige president van het Forum dr. Wilfried Steuer is kernenergie onmisbaar en milieuvriendelijk. Als de rechtbank tot oordeel was gekomen dat Mülheim-Kärlich open mocht dan had dat een besparing van tien miljoen ton CO<sub>2</sub>-uitstoot per jaar geschied. Voor het Forum was het rechtelijk oordeel uiterst betreutswaardig. De vergunningverlenende autoriteiten zouden de verantwoordelijkheid moeten nemen voor de "economische en absurde vernietiging van kapitaalinvestering die in de miljarden liepen."

#### **LAATSTE POGING**

In een laatste poging probeert RWE het nog een keer en legt een aanvraag voor om de kerncentrale te herstarten bij de vergunningverlenende autoriteit van het ministerie van milieu van Rheinland-Pfalz. RWE had nu aan alle voorwaarden voldaan voor goedkeuring van een nieuwe voorlopige deelbouwvergunning – de eerste noodzakelijk goedkeuring die volgens de Duitse wet noodzakelijk is voor een centrale kan starten met herstartgerelateerde activiteiten. De laatste actie volgt na acht maanden nadat de federale administratieve rechtbank in Berlijn een eerder gerechtelijk verzoek van RWE had verworpen om de centrale weer in gebruik te nemen. Maar het mocht allemaal niet baten. In de zomer van 2004 krijgt RWE toestemming om de kerncentrale te ontmantelen. In 2002 was al gestart met de verwijdering van de splijtstof. **K**

*Bron Van bouw tot ontmanteling: NucNet*



## ECOMODERNISME

**Ecomodernisme – Het nieuwe denken over groen en groei van Marco Visscher, Ralf Bodelier en anderen is een even welkom als uniek boek over een nieuwe groeiende beweging van groene denkers en doeners. Ecomodernisten vinden dat de mens meer controle over de natuur moet nemen en zien meer in kernenergie en gentech dan in windmolens en biologisch boeren.**



Anders dan de klimaatontkenners die ondanks overtuigende bewijzen denken dat de mens geen bijdrage levert aan de opwarming van de aarde en volop doorgaan met het opstoken van fossiele brandstoffen en de Greenpeace/milieudefensie-aanhangers die terug willen naar het pré-industriële tijdperk met beperkte kleinschalige energievoorziening en biologisch radijsjes kweken, zijn ecomodernisten van mening dat de natuur voornamelijk wordt beschermd door alles wat onze westerse samenleving zo modern maakt. Wanneer je vreest voor afname van biodiversiteit hoef je je gelukkig niet meer te conformeren aan het bijna religieuze gedachtengoed van de groene beweging. Binnen die stroming wordt gedacht dat moderne samenlevingen geheel op wind en zon kunnen draaien. Ze bekijken wetenschappelijke ontwikkeling en innovatie met een schuin oog, wijzen genetische modificatie af en werken daarmee onder andere de ontwikkeling van ontwikkelingslanden tegen. Bij de ecomodernisten is bovendien geen aanleiding in het boek te vinden op het risico van excommunicatie zoals Mark Lynas en Steven Tindale ten deel viel toen zij als actieve milieubeweging-aanhangers kernenergie mogelijk ook als oplossing voor het klimaatprobleem zagen. Kennis

en wetenschap worden juist omarmd en gezien als de sleutel naar een oplossing voor de patstelling in het milieudebat en voortschrijdend inzicht is een pré. Is ecomodernisme nieuw? Ja, in zekere zin wel en voor zover er een aanwijsbaar beginpunt is van het nieuwe denken, dan is dat in 2004. In dat jaar publiceerden Michael Shellenberger en Ted Nordhaus (<https://thebreakthrough.org>) een controversieel essay met de titel *The Death of Environmentalism*. Ze lieten een nieuw optimistisch geluid horen dat was gespeend van morele oproepen tot soberheid. Ecomodernisten stellen dat de huidige groene beweging faalt en dat "nieuwe alternatieve ideeën nodig zijn die realistischer, wenselijker en ambitieuzer zijn – en groener, bovendien." Dat is hard nodig want de tientallen miljarden euro's die met steun van Greenpeace en Natuur & Milieu voor Nederland aan het Energieakkoord zijn verbonden komen met name ten goede aan energiebedrijven, landeigenaren en investeerders, terwijl de winst voor het milieu ver te zoeken is. In het hoofdstuk *Het sprookje van Zon en Wind* legt Bart Coenen uit waarom de Energiewende in Duitsland in de soep draait. De onvoorstelbare vermogensvernietiging (150 miljard Euro) leidt niet tot een afname van CO<sub>2</sub>. De wil om te slagen is zo groot en de windlobby zo sterk dat windturbines worden geplaatst op locaties waar het onvoldoende waait. En je kan nog zo veel windparken bouwen, als het windstil is heb je een back-up nodig van fossiel of kernenergie

en als het veel waait daalt de stroomprijs tot negatief door overschot aan aanbod. Hetzelfde geldt natuurlijk voor zonne-energie. Stroom wordt waardeloos als de zon schijnt. Maar de lobby is ook hier krachtig. De Nederlandse overheid verloor de geruchtmakende zaak tegen Urgenda om zich te committeren aan de acht procent extra CO<sub>2</sub>-reductie. Dat lijkt natuurlijk hartstikke groen maar blijkt een dure aflaat. Het Energieakkoord gaat een kleine 100 miljard euro kosten (Dat zijn de Deltawerken, de Hogesnelheidslijn, de Betuwelijn, Noord/Zuidlijn en Joint Strike Fighter tezamen, vermenigvuldigd met vier) en dat levert 0,0001 graad minder opwarming op in 2100. Hoera. **K**

*Menno Jelgersma*

**Titel:** Ecomodernisme – Het nieuwe denken over groen en groei  
**Auteur:** Marco Visscher, Ralf Bodelier, Hidde Boersma, Bart Coenen, Marcel Crok, Joost van Kasteren en Rypke Zeilmaker  
**Uitgever:** Nieuw Amsterdam  
**Pagina's:** 304  
**Taal:** Nederlands  
**Uitvoering:** paperback  
**Te koop bij:** [www.amazon.com](http://www.amazon.com)  
**Prijs** € 22,99 (paperback),  
 € 13,99 (eBook)



# STRALINGSTECHNOLOGIE HELPT MENS EN SAMENLEVING

**Straling kan helpen de wereld en de levens van mensen veiliger en gezonder te maken. Wie goed kijkt, beseft dat straling overal in ons leven aanwezig is. Van de warmte van de zon tot het voedsel op ons bord. Het Internationaal Atoomagentschap (IAEA) ondersteunt landen over de hele wereld bij het veilig en verantwoord toepassen van straling voor vreedzame doeleinden.**

In dit kader werd in april de International Conference on Applications of Radiation Science and Technology (ICARST) gehouden in Wenen. Van gezondheidszorg tot milieuontwikkeling en van industrie tot infrastructuur, nucleaire technologie wordt breed toegepast om de duurzaamheidsdoelstellingen van de Verenigde Naties te behalen. Meera Venkatesh is director van de afdeling Physical and Chemical Sciences bij de IAEA. Zij ziet een enorm potentieel voor nucleaire technologie om de levensstandaard van mensen te verbeteren en de ontwikkeling van landen te stimuleren. "Straling kan worden gebruikt om ziektes als kanker te bestrijden, schadelijke ziektekiemen in ons voedsel te vernietigen of chirurgische instrumenten te ontsmetten. Maar het kan ook worden ingezet om vervuiling van water, lucht of aarde te bestrijden voordat het in ons milieu terecht komt. Ook kan het de mens helpen om onze afvalstromen beter te beheersen." Als voorbeeld noemt ze de afvalstof 'bagasse', een vezelachtig materiaal wat overblijft na de productie van suiker. Door deze te behandelen met straling kan het worden omgezet in biologisch afbreekbaar en milieuvriendelijk materiaal dat geschikt is voor het maken van voedselverpakkingen of te gebruiken is als meststof. Ook de afvalresten van zeevruchten zoals garnalenschillen en schelpen kunnen op deze manier worden

verwerkt. "Met behulp van straling kunnen we op moleculair niveau sterkere verbindingen maken waardoor we duurzame kabels en draden kunnen produceren. Dit hoogwaardig materiaal en coatings worden wereldwijd gebruikt in huishoudens, auto's en fabrieken. We kunnen zelfs door gebouwen en installaties 'heen kijken' met straling om te zien of ze nog veilig zijn na, bijvoorbeeld, een natuurramp", legt Venkatesh uit. Dat nucleaire technologie in het dagelijks leven van de mensen al een belangrijke rol speelt, is lang niet altijd bekend. Toch krijgt iedereen er regelmatig mee te maken. "Iedere keer wanneer je op het vliegveld komt, kan je het zien wanneer mensen en bagage worden gescand om te zorgen dat iedereen veilig kan reizen. Dat is een mooi voorbeeld van nucleaire technologie in de dagelijkse praktijk."

## PLATFORM VOOR SAMENWERKING

Om gebruik te maken van dit grote potentieel hebben landen niet alleen de juiste apparatuur maar ook gekwalificeerde professionals nodig. De IAEA helpt landen daarom met trainingen, begeleiding van experts en materiele ondersteuning. Ook coördineert het Atoomagentschap onderzoeksprojecten waar honderden wetenschappers van organisaties en instituten uit zowel ontwikkelde als ontwikkelingslanden samenwerken. Vaak leiden deze

onderzoeken tot praktische toepassingen die weer kunnen worden ingezet in het Technical Cooperation Program van de IAEA waarbij nucleaire technologie beschikbaar wordt gemaakt voor armere landen die vaak te maken hebben met beperkte middelen.

Om alle mensen te laten delen in het nut en de opbrengst van nucleaire technologie is samenwerking dan ook een belangrijke voorwaarde. De IAEA-bijeenkomsten en conferenties, zoals de ICARST, waar wetenschappers, experts en specialisten uit de industrie elkaar kunnen ontmoeten, fungeren daarbij als een platform voor onderzoek, innovatie en vooruitgang. Venkatesh:

"Het is voor een belangrijk deel de sterke samenwerking tussen academici en industrie die het mogelijk maakt dat stralingsonderzoek en technologie voorbij de muren van het laboratorium komen en de huishoudens, fabrieken en ziekenhuizen bereiken. Wij helpen de strategische en publiek-private samenwerkingen te faciliteren op nationaal, regionaal en mondiaal niveau. Wanneer wetenschappers en experts een team vormen met de industrie kan de technologie worden opgeschaald en gecommercialiseerd."

## VEILIGE TOEPASSING

Venkatesh benadrukt dat een verantwoorde en veilige toepassing een voorwaarde is voor het gebruik van nucleaire technologie. "Wanneer je nucleaire technologie gaat toepassen, dan gaat dat hand in hand met het uitrollen van een veiligheids- en beveiligingssysteem. Landen werken dan ook samen met de IAEA aan het opzetten van hun pakket van wet- en regelgeving om aan de internationaal overeengekomen standaarden van veiligheid en beveiliging te voldoen. Er moeten passende kwaliteitsvoorschriften worden opgesteld en personeel moet de juiste opleiding en certificering krijgen. Zo kunnen, in handen van goed opgeleide professionals die op een veilige manier werken, stralingstechnologieën helpen het leven van mensen en de ontwikkeling van landen wereldwijd te verbeteren." **K**



# K UNIEKE DIAGNOSTIEK VOOR PATIENTEN MET LONGKANKER

VIA PET-SCAN ZIEN OF ANTI-KANKER-THERAPIE KAN AANSLAAN

**Bij de behandeling van sommige vormen van longkanker wordt tegenwoordig gebruikgemaakt van 'targeted therapy' met chemotherapie in tabletvorm. Er is een nieuwe techniek ontwikkeld om na te gaan of deze medicijnen de tumor bereiken.**

Aan de medicijnen worden kortlevende isotopen zoals koolstof-11, zuurstof-15, fluor-18 en het langlevende isotoop zirconium-89 gehangen. Via een PET-scan kan vervolgens bekeken worden of de medicijnen de tumor bereiken en de behandeling effect kan hebben. Hiermee kan het afnemen van een - voor de patiënt belastend - longbiopt zelfs achterwege blijven. Longarts Idris Bahce promoveerde hierop op 22 mei bij VUmc. Bij de behandeling van uitgezaaide kanker, en in het bijzonder longkanker, is het van belang om de kenmerken van de kanker te achterhalen door het nemen van een biopt uit de tumor.

Op basis van bepaalde kenmerken kunnen patiënten met longkanker namelijk behandeld worden via targeted therapy met chemotherapie in tabletvorm. Deze tabletten werken beter en veel langer dan de klassieke chemotherapie via een infuus. Soms is het lastig of zelfs onmogelijk om een tumorbiopt te nemen. In deze gevallen kunnen patiënten op dit moment nog geen targeted therapy krijgen. Om zonder tumorbiopt toch te kunnen inschatten of deze gerichte therapie zal werken bij een patiënt, worden er nieuwe voorspellende technieken ontwikkeld. Een nieuwe techniek is het radioactief markeren van de targeted therapy-medicijnen en deze in de patiënt volgen via Positron Emissie Tomografie (PET)-beeldvorming. Idris Bahce deed onderzoek

naar deze techniek. "Mijn onderzoek laat zien dat tumoren waarbij een bepaald tablet (Erlotinib) effectief is, een hoger radioactief signaal afgeven dan tumoren waarbij het medicijn niet werkt. Hierdoor verwachten we in de toekomst via een PET-scan na te gaan of een patiënt baat zal hebben bij het medicijn en hoeven we geen tumorbiopten af te nemen", aldus Bahce. Dat tumoren waar het medicijn effectief is, een hoger signaal geven dan tumoren waar het medicijn niet werkt, komt volgens Bahce omdat er voor de *small molecules* (tyrosine kinase remmers) er een toename lijkt te zijn van de affiniteit na mutatie. "Met andere woorden: het doelwit-eiwit wat tegelijkertijd ook gemuteerd is trekt het medicijn meer aan en dat geeft een hoger signaal af. Voor de monoclonale antilichamen lijkt expressie het verschil te bepalen. Ofwel, het aantal doelwiteiwitten lijkt daar een hoger signaal af te geven op de PET-scan", aldus Bahce.

## CYCLOTRON

De techniek die Bahce onderzocht heeft, vraagt om een ingewikkelde logistiek. "De logistiek is complex omdat er een grote tijdsdruk is. Dat komt doordat ter plekke met behulp van een cyclotron het gewenste isotoop wordt gemaakt. Het middel wordt dan meteen gekoppeld aan het isotoop en na een kwaliteitscontrole meteen doorgestuurd naar het ziekenhuis en in de

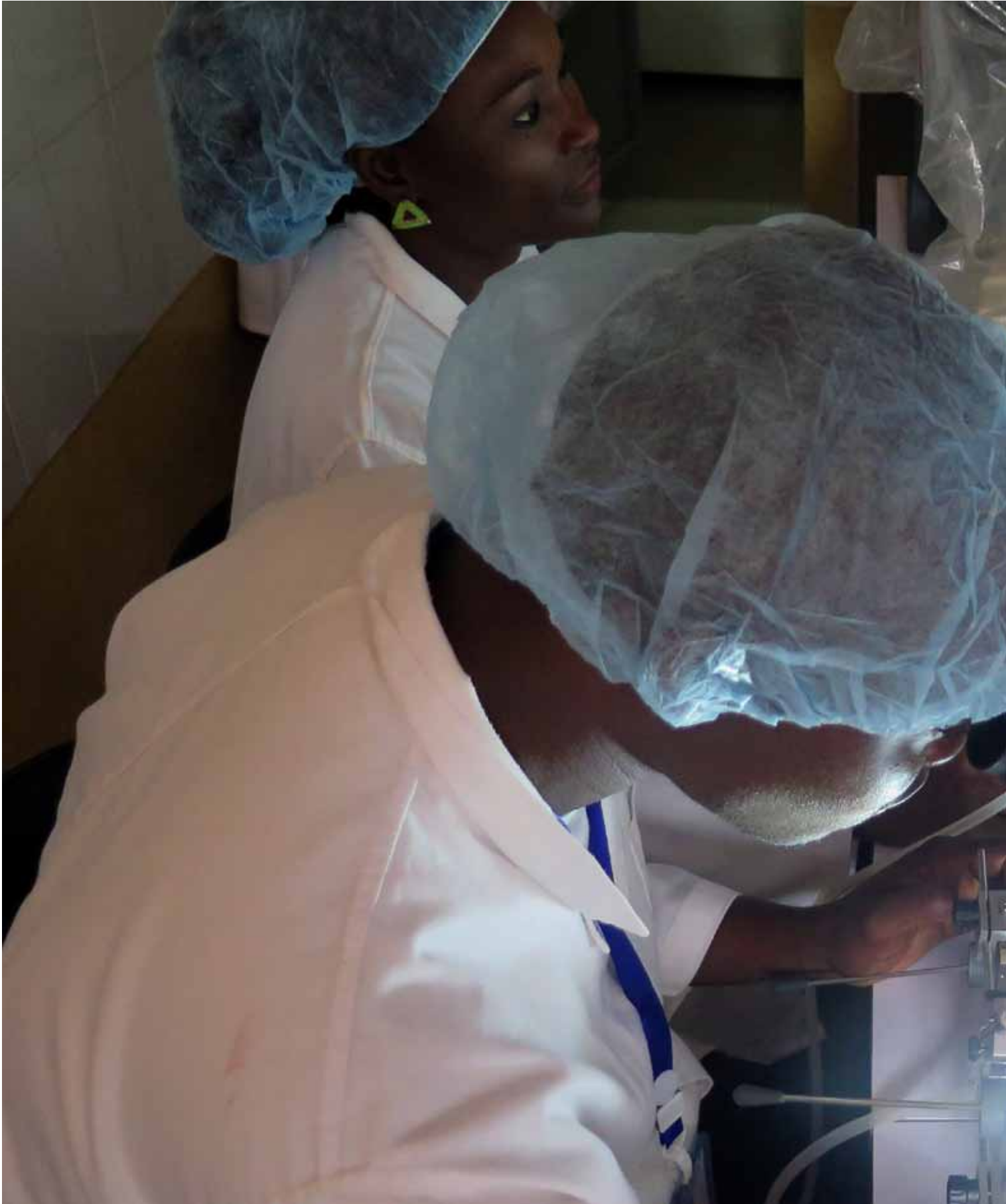


✎ Idris Bahce

patiënt ingespoten. De patiënt wordt meteen gescand. Binnen eenzelfde dagdeel moet het middel geproduceerd, gecontroleerd, bij de patiënt ingespoten en gescand worden, anders vervalt het isotoop al", licht Bahce toe. De techniek is redelijk uniek in de wereld. Bahce: "Naast het VUmc Imaging Center zijn er wereldwijd misschien vier of vijf andere centra die dit soort klinisch onderzoek doen met radioactief gelabelde medicijnen bij longkanker. Ook is het belangrijk dat je daarna direct kwaliteitscontroles kan uitvoeren en vervolgens het medicijn snel kan toedienen aan de patiënt." De techniek wordt nog niet grootschalig toegepast. "We zijn nog in een fase waarin alleen studiepatiënten gescand kunnen worden", besluit Bahce.

## VUMC IMAGING CENTER

Op dit moment vordert de nieuwbouw van het VUmc Imaging Center Amsterdam volgens schema. Het gebouw gaat in 2019 open. In dit gebouw komen de nieuwste medische beeldvormende technieken bij elkaar en daarmee wordt het Imaging Center uniek in de wereld. De grootste winst zal er zijn voor patiënten met kanker, hersenaandoeningen of hart- en vaatziekten. Met behulp van de nieuwste imagingtechnieken wordt therapie nog beter afgestemd op de betreffende patiënt. **K**





## INBEELD

### IAEA ONDERSTEUNT VETERINAIRE LABORATORIA I N AFRIKA

Wetenschappers van het Nationaal Veterinair Laboratorium (LANAVET) in Yaoundé, Kameroen, verrichten genetisch onderzoek aan een grote variëteit aan insecten. Voor Afrikaanse landen die zich geconfronteerd zien met uitbraak van ziektes bij vee helpt de IAEA met het uitrusten van laboratoria en het trainen van wetenschappers in het gebruik van nucleaire technieken voor het snel vaststellen van diagnoses. Een voorbeeld van een door insecten overdraagbare ziekte is blauwtong die zich sinds kort ook in Europa verspreidt en oorspronkelijk uit Noord-Afrika komt. Blauwtong is een virusziekte. De ziekte komt voor in de veestapel en kan zich verspreiden naar schapen, geiten en runderen. Vooral schapen kunnen ernstig ziek worden of zelfs sterven.

## THE BOY WHO PLAYED WITH FUSION

**Tom Clynes werkte als freelance redacteur voor het tijdschrift Popular Science toen hij kennismakte met een gemeenschap van 'nucleaire hobbyisten', veelal autodidacten die zich bezighielden met kernfysica in zelfgebouwde laboratoria. Hier hoorde hij het verhaal van een 14-jarige jongen uit Texarkana, Arkansas die een werkende fusiereactor had gebouwd, iets wat slechts 32 mensen wereldwijd ooit was gelukt.**

Hij schreef een artikel over deze Taylor Wilson dat veel stof deed opwaaien. Clynes raakt niet alleen gefascineerd door de jongen, maar ook door zijn familie, die zich in alle bochten heeft gewrongen om hun hyperintelligente zoon de ruimte te bieden om zijn onverzadigbare honger naar kennis te stillen. Het boek *The Boy who played with Fusion* heeft dan ook als ondertitel *Extreme Science, Extreme Parenting and How to Make a Star*, waarbij de ster niet alleen verwijst naar de energie van een fusiereactor, maar ook naar de heldenstatus die Wilson uiteindelijk bereikt.

Het verhaal over Taylor Wilson wordt verteld in chronologische volgorde waardoor de lezer een mooi inkijkje krijgt in de belevingswereld van zijn ouders. Van een verlegen kleuter die ze liever nog een jaar langer op de kleuterschool willen laten houden tot een extreem nieuwsgierige puber die zich vastbijt in wetenschappelijke vraagstukken. Op zijn negende is dat ruimtevaart en raketaandrijving. Hij bouwt zijn eigen raketten met materiaal uit de lokale doe-het-zelf-winkel en probeert ze uit in de tuin van zijn oma die hij ternauwernood



✦ Tom Clynes

mist bij een mislukt lancering. Later raakt hij gefascineerd door nucleaire technologie. Wanneer zijn oma kanker krijgt, gaat hij op zoek naar nieuwe manieren om medische isotopen te produceren. Clynes volgt het wonderkind terwijl hij zoekt naar praktische toepassingen en oplossingen en waarbij hij zijn ouders en omgeving afwisselend verbaast, verrukt en soms tot wanhoop drijft. "Taylor, you are NOT going to build a nuclear reactor in the house", protesteert zijn moeder wanneer ze in de winkel vol tweedehands laboratoriummateriaal afrekenen. Maar Taylor is niet van zijn plan af te brengen en bouwt zijn werkende reactor in de schuur naast het huis. Zijn uraniumerts mijnt hij zelf in de bergen van Nevada. Clynes maakt al snel duidelijk dat Taylor Wilson niet het introverte en sociaal onhandige wonderkind is zoals Sheldon Cooper uit de hit-serie *Big Bang Theorie*.



Wilson beschikt over een aanstekelijk enthousiasme en zijn welbespraaktheid en optimisme maken hem al snel geliefd bij een groter publiek.

De roman is afwisselend grappig, melodramatisch en leerzaam. Tussen de bedrijven door krijgt de lezer een aardige dosis achtergrondinformatie over nucleaire technologie, radioactiviteit, kernfusie en non-proliferatie. Inmiddels is Taylor 23 jaar en houdt hij zich bezig met het ontwerpen van kleine ondergrondse reactoren en gesmoltenzoutreactoren. Hij is nog steeds een magere, bewegelijke spraakwaterval die zijn boodschap met passie ten tonele brengt. Voor wie nieuwsgierig is geworden na (of voor) het lezen: de Ted-talk van Wilson die hij in 2013 gaf over kleine splijtingsreactoren is beschikbaar, met Nederlandse ondertiteling, op de website [www.ted.com](http://www.ted.com).

*Ellen Jelgersma*

**Titel:** The Boy who played with Fusion - Extreme Science, Extreme Parenting and How to Make a Star  
**Auteur:** Tom Clynes  
**Uitgever:** Faber & Faber  
**Taal:** Engels  
**Uitvoering:** paperback  
**Te koop bij:** [www.amazon.com](http://www.amazon.com)  
**Prijs:** € 10,99 bij [www.bol.com](http://www.bol.com)  
**ISBN13:** 9780571298143





➤ Steve Threlfall

## ➤ ONTWERP U-BATTERY TER BEOORDELING IN CANADA

**Het U-Battery consortium dat wordt geleid door URENCO heeft zijn ontwerp voor micro-modulaire reactortechnologie voor vergunningverlening aangeboden bij de Canadese Nuclear Safety Commission (CNSC). Steve Threlfall, URENCO general manager van U-Battery gaat in op de kansen voor het innovatieve reactortype.**

De U-Battery is een inherent veilige grafiet gemodereerde microreactor die in staat is op locatie stroom en warmte te leveren. De reactor is met name geschikt voor industriële complexen en locaties die niet op het net zijn aangesloten. De reactor maakt gebruik van Triso-splijstof (Tristructural-isotropic). Triso-splijstof bestaat uit bolletjes uranium voorzien van een koolstof coating wat elk deeltje zijn eigen containment geeft. Deze brandstoffen worden gegoten in bolletjes van grafiet of grafiet brandstofstaven. Elke U-battery-unit produceert 10 MWth en kan tot 4 MWe stroom leveren en proceswarmte tot 750 graden Celsius. De U-Battery is geschikt voor modulaire fabricage, is proliferatie- en terrorismebestendig en kan zelfstandig draaien zonder personeel.

### KANSEN IN CANADA

Het concept van de U-Battery werd in 2008 op initiatief van URENCO ontwikkeld door de universiteiten van Manchester, het Dalton Institute (VK) en de TU Delft. Het consortium bestaat uit URENCO, Amec Foster Wheeler, Cammell-Laird en Laing O'Rourke en wil in 2025 een demonstratiereactor in bedrijf hebben. De geschatte kosten voor een unit wanneer ze eenmaal in productie zijn, bedragen tussen de 47 en 83

miljoen euro. Onlangs heeft het U-Battery-consortium het ontwerp ter beoordeling voorgelegd aan de Canadese toezichthouder. De reden hiervoor is om te kijken of de nieuwe technologie een kans van slagen maakt in Canada. Volgens Threlfall is het contact met de



➤ Triso-splijstof

Canadese toezichthouder een belangrijke stap voorwaarts voor het consortium dat daarmee de weg effent voor markten wereldwijd. De keuze voor Canada is ingegeven door het feit dat de lokale markt voor micro-reactoren zeer groot is met meer dan driehonderd potentiële

locaties waar behoefte zou zijn aan een tot zes U-reactoren. Naast Canada timmert het consortium ook aan de weg in het Verenigd Koninkrijk (VK) en in Polen.

Steve Threlfall is de general manager van U-Battery. Gedurende zijn dertigjarige carrière bij URENCO is hij steeds hoger opgeklommen binnen de organisatie met verantwoordelijkheden op een breed gebied van commercieel gerichte posities waaronder het leiden van URENCO's uraniumactiviteiten en een vierjarige detachering naar de US marketing office in Arlington, Virginia. De functie van U-Battery general manager bekleedt hij al sinds september 2013.

**Aanvankelijk was het conceptontwerp van de U-Battery ontwikkeld door de universiteiten van Manchester, het Dalton Institute en de TU Delft. Zijn deze instellingen nog steeds betrokken bij het ontwikkelingsproces? En voor de Nederlandse situatie: onderhoudt u nog steeds contact met de TU Delft over de ontwikkeling?**

**Threlfall:** "We zijn erg dankbaar voor het werk dat de universiteiten hebben verricht om de verschillende technologieën



✖ Zo zou het er kunnen uitzien.

die wereldwijd beschikbaar zijn te analyseren. Hierdoor zijn we ertoe gekomen dat de High Temperature Gas Reactor de beste technologie is die inspeelt op de markt. Deze reactor maakt gebruik van TRISO-splijtstof en een 'prismatic block' in plaats van een kogelbedontwerp. De volgende stap in het ontwerp zal voornamelijk het werken aan de Product Breakdown Structure (staat voor hiërarchische decompositie van de producten die in een project worden opgeleverd – red.) en kostenraming zijn en betreft werk dat door partnerbedrijven moet worden gedaan. Wij hebben nog contact met de universiteiten en toekomstig werk is wellicht nodig wanneer we bij het Front End Engineering Design (ook wel omschreven als pre-project planning – red.) en interactie met toezichthouders komen.”

**Het concept was een initiatief van URENCO in 2008. Wat zijn sindsdien de grote mijlpalen en loopt de ontwikkeling conform de oorspronkelijke planning?**

**Threlfall:** “In het begin was het concept op het niveau van een studie om te zien of er een nucleaire technologie was die de juiste markt zou kunnen bedienen. Toen de studie gereed was, bleef het daar eigenlijk bij. In september 2014 besloot URENCO

de studie weer op te pakken om te zien of een commerciële toepassing mogelijk was. Het was noodzakelijk om partnerbedrijven te interesseren om in investering en risico te delen en om de juiste expertise in te zetten om het ontwerp vooruit te brengen. Vervolgens was het noodzakelijk om de grootte van de potentiële markt in kaart te brengen en te onderscheiden wat de eerste markten zouden zijn en die direct te benaderen. We zijn een commercieel bedrijf. We vinden het belangrijk om de business case te ontwikkelen parallel aan de ontwikkeling van de technologie. We lopen op schema om de eerste unit halverwege de 2020 – 2030 in bedrijf te nemen.”

**Is er een reden waarom U-battery Canada heeft gekozen als eerste land in de wereld voor een beoordeling voorafgaand aan vergunningverstrekking voor deze technologie?**

**Threlfall:** “Wij geloven dat er heel wat markten zijn voor de U-battery en we proberen om Canada, het Verenigd Koninkrijk (VK) en Polen hiervan tegelijkertijd te overtuigen. Onder meer in het VK zijn we aangeland in de overheidsmededinging voor Small Modular Reactors, ondanks dat de U-battery eigenlijk een micro-modulaire reactor is. We wachten op een aankondiging van

de volgende stap binnen de mededinging. In Polen hebben we een intentieverklaring om door te gaan met de implementatie op de locatie van het NCBJ (National Centre for Nuclear Research) in Swierk waar ook al een andere reactor staat. In Canada bestaat een grote potentiële markt en we zijn aangespoord door de hoeveelheid steun voor de U-Battery die we kregen van zowel provinciale als federale overheden, nutsbedrijven en de industrie.”

**Hoe lang gaat het duren voor de Canadese toezichthouder met zijn beoordeling komt?**

**Threlfall:** “Er zijn verschillende stadia bij de beoordeling van ons ontwerp (Vendor Design Review) en de locatievergunning. De Vendor Design Review is een vrijwillig proces en is bedoeld om de leveranciers een vroegtijdige beoordeling van hun technologie te geven. We zitten nu in Fase 1 van de review en zullen aansluitend de CNSC een planning voorstellen. CNSC heeft te kennen gegeven dat de review in 18 maanden gereed kan zijn. Als wij beslissing om tot fase 2 over te gaan, duurt het nog 18 tot 24 maanden maar het is goed mogelijk om van fase 1 direct naar Site Licensing te gaan.”

**Welke stappen worden er na de pre-licensing in Canada genomen?**

**Threlfall:** “Na een milieueffectrapportage zou het de eigenaar of exploitant moeten zijn die een locatievergunning gaat aanvragen voor het bouwrijp maken van de locatie, de bouw en de exploitatie.”

**Wat is de voortgang die jullie maken in Polen waar het consortium de intentieverklaring heeft ondertekend voor de mogelijke plaatsing van de U-Battery?**

**Threlfall:** “We werken nauw samen met de NCBJ en het Poolse ministerie van

energie met daarbij de ondersteuning van het Britse Department for International Trade over hoe de bedrijven en landen op detail samen kunnen werken om tot bouw te komen, inclusief financiering en vergunningverlening.”

**Hoe gaan jullie om met al die verschillende toezichthouders wereldwijd? Je kan toch niet elke keer als je een ander land benadert opnieuw een vergunningsbeoordeling aanvragen die elke keer weer jaren in beslag neemt?**

**Threlfall:** “Met een dergelijk formaat reactor kunnen de kosten voor vergunning aanzienlijk zijn. De toezichthouders in elk land nemen inderdaad de uiteindelijke beslissing voor dat land. Hoewel het ideaal zou zijn als de nucleaire industrie naar bijvoorbeeld de luchtvaartindustrie zou kijken met het oog op internationale vergunningverstrekking, hebben we nog te werken met het systeem zoals het nu is. Zeker, Groot-Brittannië en Canada beschikken over doelgerichte (goal-based) vergunningen en dat komt de U-Battery ten goede. Anderszijds weten we dat de VS een meer voorschrijvend vergunningensysteem heeft dat ontworpen was voor grote lichtwaterreactoren.”

**Zou de U-Battery ook in dichtbevolkte stedelijke gebieden kunnen worden gebouwd, zoals we ook in Engeland en Nederland hebben?**

**Threlfall:** “We geloven dat er een rol is voor U-Battery voor grote gebieden in de wereld, inclusief voor plaatsing op industrieële terreinen in dichtbevolkte landen zoals het VK en Nederland.”

**Zal er ook een rol zijn weggelegd voor URENCO Nederland (en/of andere Nederlandse bedrijven) als de U-Battery in productie wordt genomen?**

**Threlfall:** “Op dit moment bevindt het ontwerp zich nog in een vroeg stadium. We hebben al enig contact gehad met Tier 1-bedrijven (bedrijven die bovenaan in de leveringsketen staan - red) in het VK die wellicht geschikt zijn om de grotere, nucleaire componenten te maken om de totale kosteninschatting te kunnen maken. Terwijl we doorgaan naar het volgende stadium van ontwerp, kunnen we verder kijken naar wat we allemaal aan componenten nodig hebben. De splijstof voor de U-Battery heeft een 19,5 procent verrijking, wat nog steeds laag verrijkt uranium is maar hoger is dan wat URENCO Nederland op basis van zijn vergunning mag produceren. We onderzoeken nog waar dergelijke verrijking en productie van TRISO zullen worden uitgevoerd, maar we geloven dat het logisch is om deze faciliteiten voor de productie samen te voegen.” **K**

Menno Jelgersma

## COLUMN



### VASTENTIJD VOOR ELEKTRICITEIT

Van 1 maart tot 13 april was het dit jaar weer vastentijd voor het christelijk deel van de wereld, net als dit ook geldt voor andere wereldreligies in andere delen van het jaar. Voor de verschillende gezinden en stromingen heeft dit verschillende betekenissen, maar het meest aansprekend

vind ik nog wel die van het je weer even realiseren hoe het is om honger te hebben, en het even niet zo welvarend te hebben als nu. Met de vastentijd wordt dit elk jaar weer even in het bewustzijn gebracht.

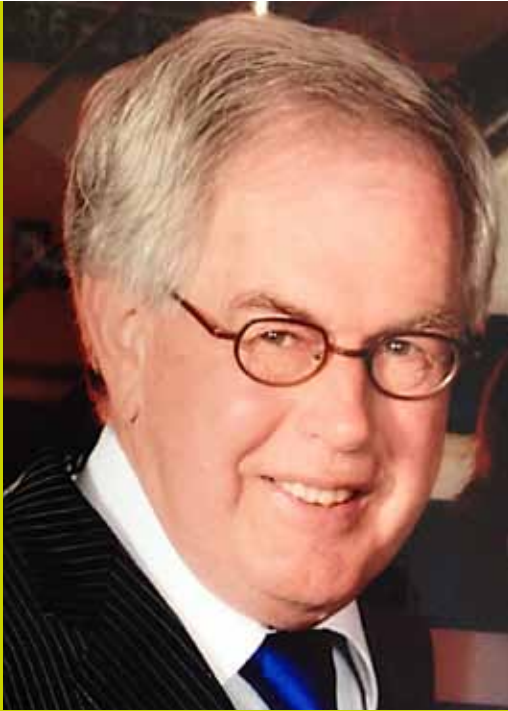
Eigenlijk zouden we zoiets ook voor de stroomvoorziening moeten hebben. De beschikbaarheid van elektriciteit is namelijk zo iets vanzelfsprekends, dat niemand meer weet hoe het is om het zonder elektriciteit te moeten doen. Er zijn wel van die acties van doe een uur het licht uit voor het milieu, maar dat is iets anders. Door eenmaal in het jaar een zekere periode af te zien van het gebruik van elektriciteit, kan iedereen zich weer even realiseren waar al die centrales met hun beruchte nadelen ook al weer voor waren.

Dat bedoel ik dan niet als een vorm van demand side management op een tijdstip dat het de netbeheerder goed uitkomt, maar als een min of meer vaste jaarlijks terugkerende periode met een symbolische betekenis, zoals in de christelijke traditie de periode tussen Aswoensdag en Pasen. Je zou bijvoorbeeld de recente periode van ‘Dunkelflaute’ in Duitsland kunnen nemen, een bewolkte, windarme periode van tien dagen in januari van dit jaar, waarin zo’n beetje elke nog werkende fossiel-gestookte centrale aan het net gehangen werd, en zo op het nippertje nog aan de vraag kon worden voldaan.

Zoals aardig uitgewerkt in de roman Blackout door Marc Elsberg, is een stroomuitval van meerdere dagen over een groter gebied een catastrofe van ongekende omvang. Maar onder vasten kan ook een bewust verminderd verbruik verstaan worden, om zo stil te staan bij het rondom de klok op afroep beschikbaar zijn van elektriciteit voor iedereen. **K**

Aliki van Heek



**K LUCTOR  
ET EMERGO**

**Jaap Gelok, met zijn robuuste Zeeuwse kop de scheidend burgemeester van Borsele ligt al een aantal weken op mijn bureau. Onder het motto 'Luctor et Emergo' moet hij als burgemeester heel wat afgeworsteld hebben tegen het water dat centraal staat in Zeeland. Deze lijfspreuk heeft van oorsprong overigens weinig met de strijd tegen het water te maken.**

In 1585 lieten de Zeeuwen een munt slaan met aan de ene kant de tekst 'Autore Deo, Favente Regina' en aan de andere kant 'Luctor et Emergo'. Door het gezag van God en de gunst der koningin worstel ik en kom ik boven. Het worstelen der Zeeuwen slaat dus in oorsprong niet op de strijd tegen het water maar op die tegen de Spaanse overheersing. Maar voor de echte Zeeuwen is de strijd tegen het water toch de kern van de zaak. Sinds James Watt in 1769 water gebruikte om zijn eerste stoommachine te bouwen is dit

lange tijd het belangrijkste medium gebleven om fossiele en nucleaire energie om te zetten in kracht. Water en stoom was een logische keuze omdat dit eigenlijk het enige medium was dat men voor dit doel kon gebruiken. Water is thermisch stabiel, vloeibaar onder normale omgevingscondities, niet brandbaar, niet giftig, eenvoudig te zuiveren en vrijwel overal beschikbaar. De hoge soortelijke warmte maakt het geschikt om veel warmte op te slaan. Voor kernreactoren van de tweede en derde generatie is water dus het preferente medium dat enerzijds gebruikt wordt om de warmte die bij de kernsplijtingen vrijkomt af te voeren en anderzijds om de uitgezonden neutronen af te remmen. Maar het gebruik van water heeft ook een nadeel en dat is de efficiency. De afgevoerde warmte voor de stoomturbine van de kerncentrale Borssele heeft globaal een temperatuur van 325 °C.

Dat betekent dat de thermische efficiency van de reactor beperkt is tot ongeveer 32% en dat is laag. Stoommachines worden bovendien altijd gebouwd via het 'economy of scale' principe en niet via 'the economy of numbers'. Dit past dus ook niet in de huidige trend naar kleinschaligheid en duurzaamheid. Omdat de investeringskosten hoog zijn moet zo'n centrale continue als basislasteenheid draaien. In een geliberaliseerde markt is dat niet op voorhand te garanderen. Overgang naar recentere typen kerncentrales (zoals de EPR en de SBWR) maakt de veiligheid beter en het ontwerp simpeler maar het blijven stoommachines met een laag rendement. Het is de vraag of we op deze waterrijke route moeten doorgaan; stroom zonder stoom zou de nieuwe leidraad kunnen zijn.

De overgang naar nieuwe heliumgekoelde reactoren zoals de HTR en de PBMR onderscheidt zich niet alleen op het gebied van veiligheid, maar ook op economie, duurzaamheid en toepasbaarheid. In een snel duurzamer wordende wereld hebben deze reactoren toekomstig een betere kans. De tijd van James Watt is voorbij en we zullen nieuwe technologieën moeten inpassen in de nieuwe wereld. Jaap Gelok en diens opvolger, ondertussen, zijn zich van deze ontwikkelingen waarschijnlijk nauwelijks bewust. In een gemeente waar het water van oudsher met ontzag werd bejegend en Luctor et Emergo de kernwaarden zijn wordt de nucleaire stoommachine van Borssele ongetwijfeld met grote zorg behandeld. Niettemin ben ik maar wat blij dat de centrale door verantwoordelijke ingenieurs ook wil behoren bij de 25% kerncentrales van Europa, de VS en Canada die het meest veilig zijn.

*Co van Liere*



## FORATOM BENADRUKT BELANG KERNENERGIE IN EU-KLIMAATBELEID

**Onlangs publiceerde de Europese organisatie voor de nucleaire industrie FORATOM een Position Paper naar aanleiding van de Europese Clean Energy for All Europeans – unlocking Europe’s growth potential. FORATOM verwelkomt de wetgevende voorstellen die in de publicatie staan en vindt dat het pakket maatregelen een coherente en optimale benadering verzekert richting de EU 2030 energie- en klimaatdoelstellingen, voor zover het ook de nucleaire industrie erin betreft.**

In Clean Energy for All Europeans presenteert de EC een pakket maatregelen die de EU concurrerend moet houden in een tijd waarin de energietransitie een verandering teweegbrengt in de mondiale energiemarkt. FORATOM herhaalt daarom nog eens krachtig dat het doel van de EU om de economie in 2050 met meer dan tachtig procent koolstofvrij te maken niet haalbaar is zonder de inzet van kernenergie.

### CONFLICTERENDE WETGEVING

In de Position Paper gaat FORATOM in op de wetgevingsvoorstellen die tot doel hebben om de energiemarkt beter te laten functioneren en om ervoor te zorgen dat alle energietechnologieën een gelijke concurrentiepositie krijgen zonder de klimaat- en energiedoelen tekort te doen. FORATOM roept daarbij op te kiezen voor: kostenefficiënte decarbonisatie, een effectieve energiemarkt die leidt naar concurrerende en betaalbare stroomprijzen voor de eindgebruikers en de stimulering van investeringen in lagekoolstoftechnologieën. ▶

FORATOM onderschrijft ook het belang van het EU Emissions Trading Scheme (ETS) ter voorkoming van conflicterende (overlappende) wetgeving, in het bijzonder voor het nieuwe voorgestelde bindende streefdoel van dertig procent energie-efficiëntie.

## KWANTIFICEREN

FORATOM focust op het formuleren van voorstellen die zijn gerelateerd aan onderwerpen als: overheden, ontwerp van een elektriciteitsmarkt, energie-efficiëntie, innovatie stroomprijzen en –kosten. Wat betreft de overheden stelt FORATOM voor dat de lidstaten gevraagd zouden moeten worden om hun koolstof-intensiteit te kwantificeren en om expliciet rekening te houden met de huidige en toekomstige bijdrage van kernenergie om de Europese energie- en klimaatdoelstellingen te halen. Betreffende de marktopzet vraagt FORATOM om een EU-raamwerk voor lange termijn kapitaalintensieve laagkoolstof-investeringen die via marktprijken wordt aangemoedigd. Wat betreft energie-efficiëntie zou FORATOM graag een effectieve aanpak zien voor de uitwerking van het basiseennergiegebruik die de emissiereductie niet verstoort. Op innovatiegebied raadt FORATOM aan



om een strategie aan te houden die ervoor zorgt dat de EU het technologische en industriële leiderschap in de nucleaire sector behoudt. Als laatste, waar het om energieprijzen en –kosten gaat, verzoekt FORATOM de EC om de data voor kernenergie aan te passen in lijn met de opmerkingen die het eerder in 2015 heeft gemaakt.

## RENEWABLES

De Europese nucleaire industrie is een strategische sector voor de Europese economie met een omzet van zeventig miljard euro per jaar waarbij rond de 800.000 banen betrokken zijn. Kernenergie levert een onmisbare bijdrage aan de Europese energie- en klimaatdoelstellingen. Kernenergie is goed voor 27 procent van de opgewekte stroom in de EU en vormt vijftig procent van de lage CO<sub>2</sub>-stroom die op dit moment in de EU wordt opgewekt. In de totale levenscyclus van bouw, exploitatie en ontmanteling zijn de emissies vergelijkbaar met die van de renewables. Kernenergie heeft een gemiddelde uitstoot van 15 gram CO<sub>2</sub>/kWh. Dat is dertig keer minder dan aardgas, 65 keer minder dan steenkool en drie keer minder dan zonne-energie en gelijk aan windenergie. Kernenergie voorziet dus in betrouwbare koolstofarme basislast en geeft de flexibiliteit van levering die nodig is om het toenemende deel van wisselende stroombronnen op te vangen en daarmee bij te dragen aan de leveringszekerheid. **K**

<http://bit.ly/2qrff>

**FORATOM**  
THE VOICE OF THE EUROPEAN NUCLEAR INDUSTRY

# UITZAAIINGEN OPSPOREN EN VERWIJDEREN MET SPECT/CT EN FLUORESCENTIE

## DUBBEL-MODALITEIT KAN KANKERCHIRURGIE LEIDEN

**Onderzoekers in het Radboud UMC in Nijmegen hebben aangetoond dat het combineren van de weergave van SPECT/CT en fluorescentie chirurgen kan helpen om tumorweefsel van normaal weefsel te onderscheiden. Het onderzoek is gedetailleerd uitgewerkt in het basiswetenschappelijk artikel in de uitgave mei van The Journal of Nuclear Medicine.**

De studie concentreerde zich op darmkanker die voorbij de primaire tumor is uitgezaaid. Darmkanker is de op één na meest voorkomende kanker bij mannen en de derde meest komende kanker bij vrouwen. In 2015 stierven 5.200 mensen in Nederland

aan de gevolgen van darmkanker. Volgens het CBS neemt het aantal mensen dat aan darmkanker sterft jaarlijks toe door bevolkingsgroei en vergrijzing. In 2016 werd er bij 15.427 Nederlanders de diagnose darmkanker gesteld.

“De studie toont aan dat micrometastasen van darmkanker specifiek met SPECT/CT en fluorescentieweergave kunnen worden ontdekt voordat ze met het blote oog zichtbaar worden,” zegt Marlène C.H. Hekman van de afdeling radiologie en nucleaire geneeskunde van het Radboud UMC in Nijmegen. De onderzoekers gebruikten een muis om aan te tonen dat longmicrometastasen afkomstig van darmkanker die met een nabij-infrarood fluorescente kleurstof (IRDye800CW) en het radioactief isotoop indium-111 zijn gelabeld, met Labetuzumab kunnen worden geïdentificeerd. Labetuzumab, dat door



Immunomedics, Inc. werd ontwikkeld, is een antilichaam dat specifiek gericht is op het Carcinoembryonic Antigeen (CEA) wat oververtegenwoordigd is in ongeveer 95 percent van darmkankergevallen.

Sub-millimeter longtumorkolonies waren zichtbaar met zowel micro-SPECT- als fluorescentieweergave in de eerste week van de tumorgroei. Bovendien toonde de studie aan dat de dubbel-modaliteitenweergave kan worden gebruikt om resectie van tumorletsels te realiseren. De "volledige tumorresectie is essentieel voor optimale prognose van kankerpatiënten," verklaart Hekman. "De intraoperatieve weergave kan de chirurg helpen om overgebleven uitzaaiingen volledig uit te snijden. Om optimaal te profiteren in de operatieruimte zou de dubbel-modaliteitenweergave zeer kleine tumorbeschadigingen moeten kunnen ontdekken die anders kunnen worden gemist."

Ze wijst erop dat: "De studie aan toont dat dubbel-modaliteitenweergave van SPECT en fluorescentie na het injecteren van indium-111-labetuzumab-IRDye800CW in staat is zeer kleine gezwellletjes te ontdekken waarin zich CEA bevindt. De nieuwe strategie kan ook voor andere soorten kanker worden gebruikt, wanneer een verschillend 'tumor-targeted' antilichaam wordt gebruikt." Het is daarom relevant voor een breed scala aan kankertypes. Daardoor kan volgens Hekman de dubbel-modaliteitenweergave de oncologische chirurgie hervormen en de prognose van kankerpatiënten verbeteren.

De auteurs van Detection of micrometastases using SPECT/fluorescence dual-modality imaging in a CEA-expressing tumor model zijn onder meer Marlène C.H. Hekman, Mark Rijpkema, Desirée Bos, Egbert Oosterwijk, Peter F.A. Mulders, en Otto C. Boerman, Radboud UMC Nijmegen en David M. Goldenberg, Immunomedics, Inc., Morris Plains, New Jersey. **K**

Bron: [www.snmmi.org](http://www.snmmi.org)



© Georgia Power Company

## **K** INNOVATIE, MANAGEMENT EN NRC (NUCLEAR REGULATORY COMMISSION) DOEN WESTINGHOUSE DE DAS OM

**Met de faillissementsaanvraag van Westinghouse is het de vraag wat er gaat gebeuren met de kerncentrale VC Summer in aanbouw in Georgia en de Vogtle-kerncentrale in South Carolina. Slecht management, een innovatieve maar onbewezen bouwmethode en steeds stingentere eisen van de toezichthouder hebben de projecten tot stilstand gebracht. VC Summer waar twee units in aanbouw zijn wordt wellicht toch afgebouwd.**

Voor het eerst sinds decennia werden er weer kerncentrales gebouwd in de VS. Maar net zoals in Europa is nieuwbouw precair. Kostenoverschrijdingen door onder meer steeds strengere eisen, die ook tijdens de bouw kunnen veranderen en conflicterende wetgeving zijn een

grote rem op nieuwbouw. Westinghouse, dochteronderneming van Toshiba heeft een ijzersterke naam opgebouwd als betrouwbare kerncentralebouwer uit de vorige eeuw. Om de bouw van nieuwe centrales aantrekkelijk te maken, bedacht Westinghouse een innovatief systeem **K**

met een opbouw van geprefabriceerde onderdelen die onder geconditioneerde omstandigheden konden worden vervaardigd en op afroep naar de bouwlocatie konden worden vervoerd. Die aanpak werd gezien als een revolutionaire manier om de industrie kerncentrales juist goedkoper en veiliger te bouwen. Maar helaas liepen de projecten anders; het nieuwe systeem was nog nooit uitgetoetst en vertragingen waren vanaf dag één een probleem.

### INNOVATIE

Maar de grootste vertragingen zijn terug te voeren op het innovatieve ontwerp van de AP1000 en de uitdagingen door de onbewezen aanpak voor de productie van de onderdelen en de bouw van de reactoren. Volgens publicaties van Westinghouse zou deze methode de bouw van kerncentrales standaardiseren. Gespecialiseerde bouwers konden in een fabriek de onderdelen fabriceren om vervolgens op transport te worden gezet naar de plaats van bestemming voor assemblage. "In de basis was het een experimenteel project maar ze stonden onder druk om te laten zien dat het een commercieel haalbaar project zou zijn. Hierdoor hebben ze de tijd, kosten en moeilijkheidsgraad onderschat", aldus Edwin Lyman, senior wetenschapper bij de Concerned Scientists in een artikel op de Business News-pagina van Reuters.com

### MANAGEMENT

In 2012 stagneerde de bouw van de Georgia-kerncentrale voor een periode van acht maanden toen ingenieurs wachtten op de juiste handtekeningen en papieren die nodig waren om een onderdeel vanuit de fabriek op transport te krijgen. Volgens een nucleair specialist die de bouw vanaf het begin volgde, duurde de vertraging langer dan de tijd die nodig was om het onderdeel te maken en dat was exemplarisch voor de

problemen waarmee Westinghouse Electric Co te kampen had.

In mei 2010, zeven maanden na aanvang van het werk bleek al dat het niveau van toezicht van het management over de dagelijkse activiteiten tekort schoot. In deze periode ontstond er al een waslijst aan tekortkomingen die uiteenliepen van het onvermogen om slechte onderdelen uit de leveringsketen te halen tot de wijze waarop constructiematerialen werden opgeslagen. Wanneer een onderdeel beschadigd was door bijvoorbeeld een val moesten de werknemers van hun meerderen het incident verdoezelen. Componenten werden niet goed gelabeld; vereiste testen genegeerd en sommige onderdelen hadden verkeerde afmetingen. De NRC heeft elke fout omschreven in openbare kennisgevingen. Het duurde tot juni 2015 voordat de fabrikant en onderaannemer bij Lake Charles acceptabele modules gingen bouwen. Tot op zekere hoogte werd Westinghouse echter ook gehinderd door de NRC die zeer stringente eisen opstelde voor de twee nieuwe reactoren. Om hieraan te voldoen voerde Westinghouse geringe en soms grotere ontwerpwijzigingen door.

### TOEZICHTHOUDER NRC

Problemen met de toezichthouder deden zich al vanaf het bouwrijp maken van de locatie voor. Toen in 2009 werd begonnen met het uitgraven van het terrein in Georgia voor de funderingswerken werd 2,7 miljoen kubieke meter grond afgevoerd. De helft van het materiaal dat werd gebruikt om het gat op te vullen voldeed echter niet aan de eisen van de toezichthouder wat het project zes maanden vertraging gaf. De toezichthouder NRC is ook debet aan de vertragingen en kostenoverschrijdingen verderop in het bouwtraject. In 2002 had Westinghouse al een goedkeuring voor de bouw op zak. In 2009 volgde een wijziging op de exploitatievergunning.

Er moest aan nieuwe voorwaarden worden voldaan om te voorkomen dat er stralingslekken zouden ontstaan bij inslag van een vliegtuig. Het was een veiligheidseis die volgde na de aanvallen op het WTC in september 2001. Het bedrijf verklaarde tijdens de rechtszaak over het faillissement dat de eis van NRC voor een onverwacht engineering-probleem had gezorgd. Westinghouse voerde de verandering door tegen vliegtuiginslag

### Centrale in aanbouw



maar op dat moment vroeg de NRC zich af of het nieuwe ontwerp wel in staat was tornado's en aardbevingen te weerstaan. Uiteindelijk voldeed Westinghouse in 2011 aan alle eisen.

### DOORSTART EN AFBOW

Westinghouse neemt zeker geen afstand van de AP1000-technologie en gaat door met de bouw van vier units in China en verwacht nieuwe aanbestedingen in India en elders. De bouw in China heeft niet te lijden van het faillissement en verloopt

volgens interim president en chief executive officer José Gutiérrez voorspoedig. Hij benadrukt dat de faillissementsaanvraag geheel losstaat van de AP1000-technologie. De VC Summer (units 2 en 3) is op dit moment voor 64 procent gereed. Unit twee staat nog steeds voor oplevering in april 2020 en 3 in december 2020. De bouw gaat nog steeds door maar er vindt wel een evaluatie plaats om te zien wat de consequenties van het Westinghouse faillissement zijn. Daarbij overweegt opdrachtgever dochter SCE&G

van SCANIA verschillende scenario's: het helemaal stoppen van de bouw, één unit afbouwen en/of wellicht een unit ombouwen naar een gascentrale. Het werk aan de Vogtle-kerncentrale zou inmiddels stilliggen. Volgens de allerlaatste berichten in de media werkt Westinghouse hard aan een oplossing om zowel de Vogtle- als de Summer-reactoren af te bouwen. **K**

Bronnen, onder meer: [www.reuters.com](http://www.reuters.com)  
- <http://reut.rs/2pEknr6>







De Stichting KernVisie streeft naar het vergroten van het draagvlak voor kerntechnologie en al haar toepassingen. Haar communicatiemiddelen zijn het tweemaandelijks magazine Kernvisie en de website. Daarnaast verzorgen vertegenwoordigers van de stichting lezingen en gastcolleges. De stichting streeft er naar om de informatie over kerntechnologie toegankelijk en aantrekkelijk te maken voor haar lezers en bezoekers van hun website.

### **WILT U ZICH AANMELDEN ALS BEGUNSTIGER VAN STICHTING KERNVISIE?**

Geef dan uw gegevens door via het contactformulier op de website:

**[www.kernvisie.com](http://www.kernvisie.com)**

*\* De bijdrage is minimaal 25,- euro per jaar (studenten 10,- euro), over te maken naar het banknummer NL19 INGB 0006 8513 70 ten name van Kernvisie, Foundation for Nuclear Energy te Zwijndrecht.*



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

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