

# **KERNVISIE** MAGAZINE

➤ **DE GESLOTEN  
FUSIE-REACTORCYCLUS**

➤ **KERNUITSTAP FNUIKT  
BELGISCHE KLIMAATAMBITIE**

➤ **PETTEN INVESTEERT  
IN FIELD-LAB**

**ZORG OM ONBETAALBARE  
KANKERMEDICIJNEN**

# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**JAARGANG 14, NUMMER 1, FEBRUARI 2019**  
**KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEMAANDELIJKS**  
**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. Schuuring, 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 Uiter

## **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**

Marcel Stokkel  
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 PEROONSgegevens**

*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**

# **HET SUCCES VAN MEDISCHE ISOTOPEN**

In de medische special van Kernvisie Magazine uit 2015 besteedden we uitgebreid aandacht aan de toepassing van lutetium-177 voor de behandeling van NET-tumoren die bij het Erasmus MC werd ontwikkeld. Het medicijn bleek succesvol en is inmiddels in productie bij het farmaceutische bedrijf Novartis onder de naam Lutathera. De schrik was groot toen bleek dat Novartis de prijs per behandeling verzesvoudigde. Marcel Stokkel, nucleair geneeskundige in het Antoni van Leeuwenhoek is fervent voorstander van de nieuwe PALLAS-reactor. Maar hij vreest, in lijn met wat er met lutetium-177 gebeurde, dat wanneer farmaceuten participeren in PALLAS medicijnen op termijn mogelijk onbetaalbaar worden. De Stichting PALLAS deelt die zorg niet omdat een mogelijke prijsstijging van isotopen weinig effect zal hebben op de prijs van het medicijn die partijen aan het eind van de keten vaststellen en waarbij vraag en aanbod leidend zijn. Een en ander laat niet onverlet dat de ontwikkeling van nucleaire medicijnen een grote vlucht neemt. Ook de ontwikkeling in Petten getuigt daarvan met de plannen voor de bouw van het nieuwe Field-Lab bij NRG dat zij zien als een unieke broedplaats om nieuwe nucleaire geneesmiddelen te ontwikkelen. Zo kunnen er in de toekomst nog meer patiënten geholpen worden met een behandeling op maat.

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 uitgave 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

## MEDISCH

### VERZESVOUDIGING PRIJS VAN KANKERMEDICIJN ZORGWEKKEND

De behandeling van NET-tumoren met lutetium-177 (Lutetium-octreotaat) blijkt succesvol. De schrik was groot toen bleek dat farmaceut Novartis de prijs per behandeling van een medicijn dat werd ontwikkeld door het Erasmus MC onlangs verzesvoudigde.



### P10 MEDISCH

Met behulp van nucleaire technieken gaan wetenschappers in Sierra Leone de strijd aan tegen ebola.

### P12 INBEELD

Sinds kort zijn de contouren van het eerste reactorgebouw bij de Hinkley Point C-kerncentrale te zien.

### P14 ENERGIE

Rosatom dochteronderneming TVEL levert brandstof voor China's kweekreactor CFR-600.

### P17 COLUMN

Remco de Boer; Nucleair spijbelen

### P20 BOEKBESPREKING

Mathijs Beckers' Climate Zero Hour

## ENERGIE

### DE GESLOTEN FUSIEREACTORCYCLUS

Een fusiereactor 'draait' op de samensmelting van deuterium- en tritiumkernen in een plasma. Ir. Jaap van der Laan over de ontwerpactiviteiten van zes verschillende experimentele systemen voor het kweken van tritium in de fusiereactor ITER.

P10

## MAATSCHAPPIJ

### KERNUITSTAP FNUIKT KLIMAATAMBITIES BELGIË

In 2025 wordt de laatste van zeven reactoren in België uit bedrijf genomen. Maar door de kerncentrales te sluiten die nu bijna vijftig procent aan CO<sub>2</sub>-vrije stroom produceren, stevent de transitie af op een mislukking waarbij er vanaf 2025 juist meer CO<sub>2</sub> geproduceerd wordt in plaats van minder.



## **X** P16 MEDISCH

### PETTEN INVESTEERT IN NIEUWE NUCLEAIRE GENEESMIDDELEN

Het samenwerkingsverband Kansen voor West heeft een subsidie van 6,8 miljoen euro toegekend aan de ontwikkeling van het FIELD-LAB op de Energy & Health Campus in Petten. Het FIELD-LAB is een initiatief van het consortium Advancing Nuclear Medicine en is belangrijk voor de ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen. Dr. Wouter Vogel, nucleair geneeskundige AVL: "Het FIELD-LAB van NRG geeft ons een wereldwijde voorsprong bij het ontwikkelen van nieuwe manieren voor het onderzoeken en behandelen van kanker."





MEDISCH

**➤ VERZESVOUDIGING PRIJS  
VAN KANKERMEDICIJN  
GROTE ZORG MEDICI**

**De behandeling van NET-tumoren met lutetium-177 (Lutetium-octreotaat) blijkt succesvol. Inmiddels is het medicijn in productie bij het farmaceutische bedrijf Novartis onder de naam Lutathera. De schrik was groot toen bleek dat Novartis de prijs per behandeling verzesvoudigde. Ontwikkeld door een groep nucleair geneeskundige specialisten van het Erasmus MC, is het nu een melkkoe voor aandeelhouders. Marcel Stokkel, nucleair geneeskundige in het Antoni van Leeuwenhoek: "Als farmaceuten participeren in PALLAS dan voel je op je klompen aan welke kant het opschuift."**

De behandeling met lutetium-177 is effectief bij de behandeling van Neuro-Endocriene Tumoren (NET). Inmiddels zijn meer dan duizend patiënten behandeld en hoewel bij slechts een zeer klein aantal de NET niet meer op een scan zichtbaar zijn, verkleinen de tumoren bij ongeveer een kwart van de patiënten aanzienlijk, bij een vijfde enigszins en bij 35 procent blijft de kanker stabiel, zoals eerder in Kernvisie Magazine werd bericht. Leveringszekerheid van het medische radionuclide is daarom van levensbelang. Om het middel op de markt te kunnen brengen en daarmee een groter aanbod van het medicijn te kunnen garanderen (en daarmee meer patiënten te kunnen helpen) doorliep het Franse farmaceutische bedrijf AAA (Advanced Accelerator Applications) een traject voor de registratie van het lutetium-177 gekoppelde peptide bij de European Medicines Agency. Onlangs echter bleek dat het lutetium octreotaat dat onder de naam Lutathera op de markt kwam in prijs bijna was verzesvoudigd van 4.000 euro per enkele behandeling naar 23.000 euro. Marcel Stokkel, hoofd van het cluster Diagnostische Oncologische Disciplines (DOD) en hoofd van de afdeling Nucleaire Geneeskunde van het Antoni van Leeuwenhoek (AVL): "Wij schrikken daarvan. Als je ziet wat de grondstoffen kosten en het personeel dat je moet inzetten om het te fabriceren, dan snap je die prijsstijging

niet. Het bizarre van dat Lutathera is dat de farmaceut het lutetium in Petten bestelt, dan gaat het op transport naar Italië, daar wordt het gekoppeld aan het eiwit en komt het als Lutathera weer terug. Dus je betaalt ook nog eens 2.500 euro transportkosten."

#### TE GEK VOOR WOORDEN

De Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde heeft als beroepsvereniging al aangegeven een dergelijke prijsstijging niet op te kunnen vangen. Dat heeft puur te maken met de prijzen die zijn afgesproken met de zorgverzekeraar. "Wij maken een prijsafpraak voor 2019 en daarin is een prijs voor het medicijn van 4.000 euro opgenomen. En als het dan plotseling 23.000 euro wordt, ga je wel heel snel door je budget heen." Een prijsstijging van 19.000 euro betekent een verhoging per patiënt die vier behandelingen ondergaat van 90.000 euro. "We doen hier zo'n 150 behandelingen per jaar maal 19.000 euro. Wij leggen het probleem neer bij de zorgverzekeraar die de discussie met de farmaceut overneemt. Zij kunnen vervolgens zeggen: wij nemen het product op in ons arsenaal maar we kunnen niet de prijs betalen die jullie vragen. En dan ontstaat er een patstelling want de zorgverzekeraar heeft de zorgplicht, maar ze zijn niet verplicht om dat bedrag te betalen en dan schuift het probleem langzaam op naar de minister die

er vervolgens wat van moet vinden." Nu ook de minister het te gek voor woorden vindt, is er volgens Stokkel vervolgoverleg gewenst tussen de minister en de farmaceut om snel tot een prijsafpraak te komen. "

## WIJ ZIJN ER VOOR DE PATIËNT

Stokkel kan de enorme prijsstijging niet duiden. "Als je vraagt hoe komt het nou dat de prijs verzesvoudigd is, dan komt er geen goed antwoord op." Novartis is daarin coulant. Zij schijnen ook in te zien dat er iets niet goed gaat. "Ze zeggen een kwaliteitsslag te maken met documentatie en registratie die ze in de prijs verdisconteren. Maar het was al een bekend medicijn. We begrijpen dus niet waar de prijsstelling vandaan komt." Mondeling is wel al eens verklaard dat Novartis de prijs afzet tegenover de levenswinst. Ze maken een kosten- en batenaafweging waarbij ze verschillende therapieën tegen het licht houden. "Vergelijk je de werking van Lutathera met immuuntherapie dan zie je dat een behandeling met lutetium vergelijkbare of soms zelfs betere resultaten behaalt en dan mag het best zo duur zijn." Stokkel heeft duidelijk moeite met de wijze waarop een marktpartij die in de gezondheidszorg werkt omgaat met de 'waarde' van een geneesmiddel. Op basis van de gedachtegang van deze farmaceut zou dus een effectief middel duurder moeten zijn dan een minder effectief middel, los van de productiekosten. "Het is een heel lastig vraagstuk waar ik mij als behandelaar liever niet in wil mengen maar ook de beroepsvereniging wil zich liever niet mengen in deze medisch-ethische discussie



© P. Bregman

✎ *Internationaal gezien behoort het AVL als enig Nederlandse kankercentrum tot de tien Comprehensive Cancer Centers van Europa. Het op internationaal niveau uitwisselen van kennis versnelt het kankeronderzoek. Het AVL streeft ernaar in de nabije toekomst iedereen met kanker een zo goed mogelijke behandeling op maat te kunnen bieden.*

met politieke elementen." Dit neemt niet weg dat de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde in het debat wordt gezogen. "Ik heb altijd gezegd: Wij zijn er voor de patiënt; daar moeten wij voor gaan en staan. Wij hebben een plicht om de zorg te blijven leveren en het kan niet zo zijn dat een marktpartij over de rug van de patiënt zijn eigen belang nastreeft."

## TAAK VAN DE OVERHEID

In lijn van de discussie zijn er ook zorgen bij de ontwikkeling van PALLAS over de uiteindelijke betaalbaarheid van medicijnen. Dat de nieuwe faciliteiten er moeten komen, staat buiten kijf. Stokkel vindt het geweldig. "Wij wisten al van NRG dat het Field-lab eraan kwam en de PALLAS-reactor moet er gewoon komen. Het is al erg genoeg dat

we het LightHouse Project van ASML kwijt zijn", zegt hij in een adem. "De ontwikkeling is noodzakelijk, al is het alleen maar om de expertise wereldwijd te behouden en dat we vooral ook koploper blijven op het gebied van nucleaire geneeskunde." Het probleem zit 'm in de kostprijs van medicijnen. "Als farmaceuten participeren in PALLAS dan voel je op je klompen aan welke kant het opschuift." Beursgenoteerde farmaceuten moeten niet alleen winst maken, ze moeten heel erg veel winst maken. Dat zijn ze verplicht aan hun aandeelhouders die zich niet bekommeren om het product of de zorgen van medici en patiënten maar gewoon zo veel mogelijk geld willen zien. Bij te lage winsten kan een farmaceut onder druk van de aandeelhouders immers worden verkocht. De verzesvoudiging van de prijs

## REACTIE STICHTING PALLAS

Marcel Stokkel heeft zijn zorg geuit over de participatie van farmaceuten bij de ontwikkeling van de nieuwe PALLAS-reactor en de gevolgen die dat kan hebben voor de prijsontwikkeling van medicijnen. In een reactie hierop verklaart Stichting PALLAS: PALLAS is straks een onderdeel van een keten. De prijs die de patiënt betaalt, wordt in hoge mate bepaald door partijen aan het eind van de keten. Deze partijen zijn over het algemeen privaat. Zij maken bij de prijszetting gebruik van het 'vraag en aanbod' principe. Daarnaast zijn isotopen maar een zeer klein onderdeel van de totale prijs (3 procent tot 5 procent). Mochten de prijzen voor reactor isotopen al stijgen, dan zal het effect op de prijs voor de patiënt marginaal zijn.

van een medicijn vindt plaats omdat de productie en productontwikkeling worden overgelaten aan de markt. Hier ligt dus een taak voor de overheid om in te grijpen. "Wat gaat er in Petten gebeuren als je ziet dat de prijs van het Lutathera verzesvoudigd is, wie zegt dat het lutetium niet zes keer zo duur gaat worden of het lutetium-PSMA als de studie en de overlevingscijfers over enkele jaren bekend zijn. Hou het betaalbaar voor ons. Wij stoppen onze energie erin, wij innoveren en ontwikkelen nieuwe medicijnen en dan komt er een farmaceut die het in de verkoop doet en ons de rekening presenteert." Het is een zorgwekkende situatie waarbij de vraag gesteld kan worden waar de regie van de minister ophoudt.

### MAGISTRALE BEREIDING

Om de behandeling toch uit te kunnen voeren produceert het AVL het Lutetium-preparaat zelf. Omdat de grondstoffen nog steeds de oude prijs hebben, koopt het AVL het lutetium in bij IDB-Holland en we maken het medicijn nu zelf. "Met toestemming van de minister", voegt Stokkel eraan toe. "En onder rugdekking van de zorgverzekeraar die ons gezegd heeft dat we mogen doorgaan met de eigen fabricage zolang

de onderhandelingen met de farmaceut nog gaande zijn." Het AVL betreft het eiwit van ABX advanced biochemical compounds. De chelator, DOTA die het eiwit met het lutetium verbindt, is niet het probleem volgens Stokkel. "Dat is net alsof je bij de bouwmarkt naar binnenloopt voor een koppelstuk." De afdeling voor de 'magistrale bereiding' is een paar jaar geleden al gebouwd. Hiervoor is een labeling-unit aangeschaft waarin dit kan. Zo'n systeem gaat minimaal tien jaar mee en daar kan je dagelijks vele labelingen mee verrichten, niet alleen lutetium-PSMA maar ook verschillende andere radiofarmaca. Elk ziekenhuis dat met medische isotopen werkt, heeft daar verplicht een beveiligde route voor met een kluis waarin de isotopen worden ontvangen. Vanuit de kluis gaat het isotoop naar het radionuclidecentrum waar het verder wordt verwerkt en bereidingsklaar wordt gemaakt. "Eenvoudig uitgelegd komt het neer op drie potjes: het eiwit, de chelator en de nuclide. Daarna neemt de labelingmachine vanuit elk potje de juiste verhouding om het product te vervaardigen." Door kwaliteitscontrole checkt het ziekenhuis hoeveel er gekoppeld is. In de regel is dat minimaal 97 procent. "Wij streven een hoge labeling na om te voorkomen dat het

isotoop los in de patiënt wordt ingespoten." Stokkel merkt op dat de grootschalige toepassing van Lu-PSMA nog geen gelopen race is. "De farmaceut die dit op de markt heeft gebracht heeft recentelijk de levering stopgezet, omdat er naar verluidt te weinig bekend is van het werkelijke effect op de overleving en daar wordt nu eerst onderzoek naar verricht." Het onderzoek richt zich op de effecten op progressievrije overleving en op totale overleving. "Bij de progressievrije overleving breng je de tumor tot stilstand. Wij willen kijken hoe lang die standhoudt." In Duitsland wordt het middel evenwel al volop toegepast. Binnen Europa en Amerika vinden nu studies plaats waar een aantal centra uit verschillende landen aan deelnemen die zich richten op de werkzaamheid van het product. Nederland doet er met drie centra aan mee. "We hopen in een korte tijd vele patiënten geïnccludeerd te hebben." De resultaten van het onderzoek worden binnen twee jaar verwacht. Het is volgens Stokkel een goede ontwikkeling dat dit soort studies samen met de farmaceut worden uitgerold. Die samenwerking is essentieel voor innovatie en implementatie in de zorg. **K**

*Menno Jelgersma*

### DOSIMETRIE

Het bepalen van de stralingsbelasting voor een patiënt is lastig. "De hele wereld is daar mee bezig", zegt Stokkel. Als je zo'n diagnostische scan doet met gallium, zie je bijvoorbeeld in uitzaaiing één, drie procent opname, in twee anderhalf procent, in drie twee procent enzovoort. Dan wil je eigenlijk zien, dat je in het totaalbeeld rekenkundig zo uitkomt dat je weet hoeveel uitzaaiingen er zijn en dus dat je ook weet hoeveel behandelisotoop nodig is. Dan verwacht je, of kan je ervan uitgaan dat de verdeling goed is. Op het moment dat je weet dat er van het behandelisotoop ook daadwerkelijk de vooraf bepaalde hoeveelheid op de juiste plaats terecht is gekomen, pas dan kan je de dosimetrie goed berekenen." Het vervelende is dat je niet kan zeggen dat het een één-op-één verhouding is tussen diagnostische opname en therapeutische opname. "Er zit een stukje variatie in de tijd en een stukje variatie door andere invloeden, zoals b.v. hormonen." Dit heeft tot gevolg dat een diagnostische scan enigszins kan afwijken van een therapeutische scan. "Je vraagt je dan af waarom uitzaaiing één die drie procent opname had in de diagnostische fase nu 2,5 procent opname op de therapeutische scan laat zien. Bereiken we dan wel voldoende straling op die locatie?" Wat er nu gebeurt, is dat van heel veel patiënten alle data wordt verzameld met scans na een half uur, na vier uur, na een dag en na een week, waarmee je dan de verschuivingen in de tijd kan zien en wat het gedaan heeft. Nadien volgt weer een diagnostische scan op basis waarvan je kan zien wat er is gebeurd ten opzichte van de eerste diagnostische scan. Dat willen we begrijpen: het beginpunt en het eindpunt." En dan zijn er ook nog enorme verschillen die veroorzaakt worden door hormoonbehandelingen die de opname van radiofarmaca beïnvloeden en waar rekening mee gehouden moet worden. "We zijn er nog lang niet in de nucleaire geneeskunde", aldus Stokkel.

# DE GESLOTEN FUSIE-REACTIECYCLUS

**K Een fusiereactor 'draait' op de samensmelting van deuterium- en tritiumkernen in een plasma van 150 miljoen graden Celsius. Terwijl deuterium redelijk eenvoudig uit zeewater is te winnen (33 milligram per kubieke meter zeewater), is dat bij tritium een stuk lastiger. De oplossing ligt in het kweken van tritium in de fusiereactor door transmutatie van lithium in een Test Blanket Systems (TBS). Binnen ITER worden verschillende ontwerpen getest die een gesloten fusiebrandstofcyclus mogelijk moeten maken. Ir. Jaap van der Laan is in de Tritium Breeding Blanket sectie bij ITER onder meer verantwoordelijk voor de technische coördinatie van de ontwerpactiviteiten van de zes verschillende experimentele Test Blanket Systems.**

Tijdens het fusieproces 'klonteren' tritium- en deuteriumkernen samen tot helium dat uit twee protonen bestaat en twee neutronen. Dat betekent dat er een hoogenergetisch neutron vrijkomt, dat met hoge snelheid naar de blanket vliegt en daar zijn energie afgeeft aan het koelwater, dat net zoals bij bestaande centrales leidt tot de opwekking van stoom met behulp van stoomgeneratoren. Tritium en deuterium zijn dus de noodzakelijke isotopen van waterstof die de fusiereactie in de experimentele ITER-reactor in aanbouw in Cadarache mogelijk maken. Deuterium is ruim voorradig in zeewater met 33 milligram per kubieke meter, maar tritium komt in de natuur slechts voor in zeer beperkte hoeveelheden. Door kosmische stralen in de buitenste lagen van de atmosfeer wordt jaarlijks van een paar gram tot een paar kilogram tritium gevormd; dit verschilt bovendien per jaar. Enkele tientallen kilo's zijn in de oceanen opgelost door kernproeven die tussen 1945 en 1980 zijn uitgevoerd. De hoeveelheden zijn te klein om uit het zeewater te halen. Ook worden

kleine hoeveelheden tritium geproduceerd in zwaar-water reactoren waarvan de CANDU-reactor van Canadees ontwerp de meest toegepaste variant is. Een CANDU-reactor van 600 MW produceert jaarlijks ongeveer 100 gram tritium. Wereldwijd is hierbij in totaal een voorraad van ongeveer 20 kilogram tritium geproduceerd. Dit is in principe genoeg om ITER voor vijftien jaar van brandstof te voorzien. Op de lange termijn zal het echter nodig zijn om naar andere bronnen op zoek te gaan voor het op grote schaal produceren van tritium. Geschat wordt dat de demonstratiereactoren die na ITER gebouwd worden ongeveer 150 gram tritium per dag nodig hebben voor de productie van 800 MW.

## TRITIUMPRODUCTIE

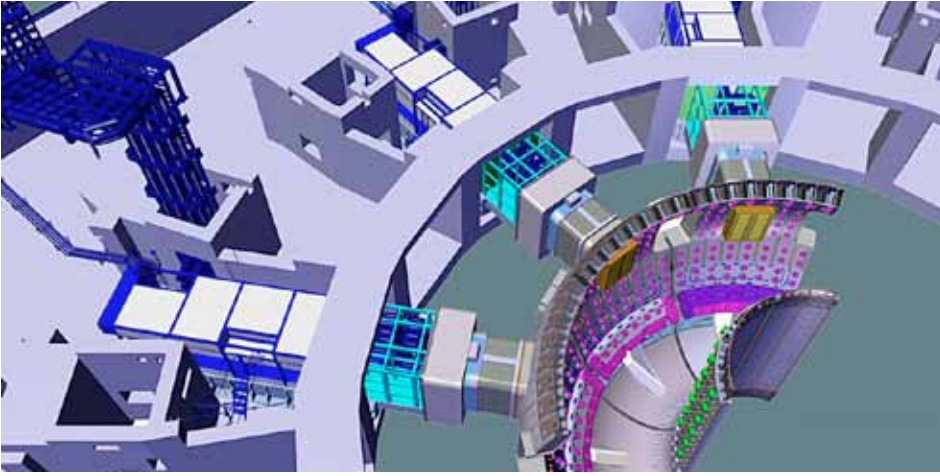
In een commerciële Tokamak hangt de productie van tritium af van het beoogde vermogen, maar moet zo'n 70 kilogram bedragen per jaar per GWth piekvermogen. Om tritium te produceren is bedacht om het vrijgekomen neutron op een lithium-6-kern

te laten botsen. Lithium-6 is opgebouwd uit drie protonen en vier neutronen. Na de invangst van een neutron breekt deze kern op in een heliumatoom (2 protonen, 2 neutronen) en een atoom tritium (1 proton, 2 neutronen). Hierbij komt ook weer energie vrij. Natuurkundig gezien is het probleem van tritiumproductie opgelost als voldoende lithium-6 in de wand van het reactorvat van de Tokamak is opgenomen. Het is een generieke uitdaging om de verhouding te bepalen tussen de neutronen die door de fusiereactie worden opgewekt en de daadwerkelijke hoeveelheid tritium die wordt geproduceerd. Daarbij buigen wetenschappers en ingenieurs zich over technische oplossingen om tot een gesloten fusiebrandstofcyclus te komen, de zogenaamde 'tritium self-sufficiency'. Om de fusiebrandstofcyclus rond te krijgen moet de verhouding hoger zijn dan één en dat betekent dat er meer neutronen worden geproduceerd dan er door de primaire fusiereactie vrijkomen. Daarom is het nodig om een geschikte neutronenvermenigvuldiger toe te voegen. Hiervoor komen de elementen lood en beryllium in aanmerking. Als een hoogenergetisch neutron op een lood- of berylliumkern botst, zal die kern het neutron absorberen en zullen er vervolgens twee neutronen met een lagere energie vrijkomen.

## KANDIDATEN

Eén van de onderwerpen waar het ITER-experiment zich op richt, betreft de demonstratie van de productie van tritium in kandidaat-lithiumverbindingen en de extractie ervan. Van der Laan legt uit dat er twee opties voor onderzoek zijn voor lithiumverbindingen in zowel een vaste stof als in vloeibaar metaal. Bij de vaste keramische verbinding en een berylliumverbinding bevindt het materiaal zich in een stalen box binnen in een vacuümvat. De tritiumextractie vindt dan ook binnen het vacuümvat plaats. In geval van een vloeibaar metaal van lood en lithium (Pb16Li) dat zowel binnen als buiten het vacuümvat circuleert, wordt het tritium buiten





➤ Zes experimentele Test Blanket Modules in drie doorgangen die verschillende lithiumverbindingen bevatten zullen aan de binnenzijde van het ITER vacuümvat worden gepositioneerd om de diverse tritiumkweekconcepten in een representatieve omgeving te kunnen testen. ITER Organization, <http://www.iter.org/>

het vat geëxtraheerd. “Deze laatste optie kan ook worden opgeschaald met een koelfunctie”, licht Van der Laan toe. “Maar alleen in combinatie met helium voor het koelen van de plasma-facing-wand.”

### NIET ALLEMAAL EVEN KANSRIJK

Hoewel de Tritium Blanket Modules (TBMs) allemaal zijn gebaseerd op hetzelfde principe van de reactie tussen een neutron en lithium-6, zal elk ontwerp uniek zijn in ontwerp, geometrie, toegepaste materialen, het koelsysteem, de vorm waarin lithium (vloeibaar of vast) aanwezig is en de wijze waarop het tritium zal worden gewonnen. Zes voorstellen voor de kweekmodules zijn toegeleverd. Europa richt zich op twee Test Blanket-Systemen. China, India, Japan en Zuid-Korea hebben elk één systeem voorgesteld. De VS en Rusland

participeren ook in het programma. Hoewel de resultaten van de experimenten voor alle leden beschikbaar zijn, zal elk lid de productiedetails voor zichzelf willen houden, vanwege de grote belangen die er spelen in de ontwikkeling van commerciële fusie.

De zes TBM-ontwerpen van respectievelijke leden binnen ITER zijn: van de EU de HCLL = heliumgekoeld lithium-lood en de HCPB = heliumgekoeld kogelbed, Japan de WCCB = watergekoelde keramische kweekmodule, Korea de HCCR = heliumgekoelde keramische reflector, China de HCCB = heliumgekoelde keramische kweekmodule en uit India de LLCB = lithium-lood keramische kweekmodule. Naar schatting produceert elke testmodule zo'n 20 milligram tritium per dag. **K**

*Menno Jelgersma*

### TRITIUM EN DEUTERIUM

De Test Blanket Systemen zijn voor een groot deel bepalend om de doelen van ITER te bereiken en die van de toekomstige fusiemogelijkheden voor energievoorziening.

Door aan te tonen dat de kweekmodules in staat zijn om tritium op efficiënte wijze te produceren en terug te voeren in de brandstofcyclus maken ze de weg vrij voor de industriële en commerciële toepassing van fusie-energie. De vraag is of er genoeg lithium zal zijn om de tritiumproductie op gang te houden en zo de belofte van ongelimiteerde energie voor de komende eeuwen te waarborgen? Jaap van der Laan:

“De beschikbaarheid van lithium lijkt me geen reëel probleem voor, pak 'm beet, de komende duizend jaar.” Zijn vertrouwen is gestoeld op algemeen verkrijgbare gegevens. “Er is een geschatte reserve van ongeveer 50 miljoen ton aan lithiumvoorraden wereldwijd, wat inhoudt dat er ongeveer 3 miljoen ton lithium-6 is.” Zoals met de meeste mineralen is lithium ook in zeewater te vinden. Met een concentratie van 0,1 p.p.m. bedraagt de totale massa lithium in de oceanen ongeveer 250 miljard ton. Lithium is niet alleen van belang voor fusie. De markt voor lithium-ion batterijen groeit enorm met toepassing ervan in laptops, mobiele telefoons, snoerloze elektrische apparatuur en natuurlijk batterijen voor elektrische auto's. Deze markt neemt nu al 40 procent van de lithiumproductie wereldwijd voor zijn rekening en zal snel verder groeien met de groeiende populariteit van elektrisch rijden. “Maar ik zou deze markt niet als concurrerend willen betitelen waar het gaat om reserves in de nabije toekomst, omdat we voornamelijk 6Li nodig hebben”, aldus Van der Laan.

### TRITIUM EN DEUTERIUM

*In zijn 'normale' vorm bestaat de kern van het atoom waterstof uit een proton. Een isotoop hiervan is deuterium dat naast een proton een neutron heeft. Een tweede isotoop is het radioactieve tritium dat uit een proton en twee neutronen bestaat. Tritium heeft een halfwaardetijd van 12,3 jaar en is een bèta-emitter. Het energieniveau is laag en de radioactiviteit gaat niet door de huid of een vel papier. Het kan wel schadelijk zijn wanneer het afhankelijk van de hoeveelheid wordt ingeademd of doorgeslikt, bijvoorbeeld wanneer tritium in drinkwater zou zitten. Het tritium-management bij ITER zal daarom aan strenge eisen en procedures moeten voldoen.*



© Credit: Laura Gil / IAEA

## NUCLEAIRE TECHNIEKEN BASIS EBOLABESTRIJDING

**K** Het slaapt ondersteboven, komt 's nachts tot leven en kan drager van Ebola zijn. Ra, ra, wat is het? Het is een vleermuis. Sierra Leone kreeg in 2014 te maken met een verwoestende uitbraak van het gevreesde Ebola-virus. Veterinaire wetenschappers trainen nu hun collega's uit heel Afrika in het vangen, bemonsteren en diagnosticeren van vleermuizen. Dit alles met hulp van onderzoeken die zijn afgeleid van nucleaire technieken.

Dickson Kargbo is een lokale veterinaire wetenschapper. Gewapend met een net, hoofdlamp en blauwe chirurgenhandschoenen loopt hij in de avondschemer de diepte van de jungle in. "We hebben helaas een epidemie meegemaakt", zegt hij terwijl hij takken opzijschuift. In zijn kielzog volgt een rij dierenartsen. "Maar van de positieve kant bezien: nu hebben we de technologie en ervaring die we kunnen delen. De veterinaire wetenschappers en natuurspecialisten die deelnemen aan de training komen uit acht Afrikaanse landen: Burkina Faso, Burundi, Cameroon, de Centraal Afrikaanse Republiek, Ghana, Liberia, Nigeria en Togo." Hun doel? Het monitoren van ziektes. Met hulp van de IAEA en de Food and Agriculture

Organization van de Verenigde Naties (FAO) leren ze over het gedrag van vleermuizen, hoe ze te vangen en te onderzoeken met inachtname van de veiligheid van zowel de deelnemers als de vleermuizen.

### EBOLA

"Het idee is om de wetenschappers en specialisten praktische ervaring te geven en de juiste wetenschappelijke kennis om vleermuizen in het wild te kunnen vangen, ze te kunnen onderzoeken zonder ze dood te maken en ze weer vrij te laten", verklaart Hermann Unger, technisch medewerker bij de afdeling Nuclear Applications in Food and Agriculture, een gezamenlijk initiatief van de FAO en de IAEA. "Tijdens het

proces moet je zowel jezelf als het dier beschermen." Tijdens een training, die twee weken duurt, zijn in de bossen van Njala, in centraal Sierra Leone, meer dan dertig vleermuizen gevangen voor onderzoek. Eenmaal in het laboratorium werden de dieren geïdentificeerd en gemeten. Vervolgens werden er bloed-, fecaliën- en mondmonsters afgenomen om te zien of ze drager zijn van een van de honderden virussen die ze kunnen overbrengen op dieren en mensen. Hier valt ook het Ebolavirus onder. Om dit te kunnen doen, maken ze gebruik van een van oorsprong nucleaire techniek en van instrumenten die zijn gedoneerd door het Technical Cooperation programma van de IAEA. Tot dusverre zijn nog geen virussen gevonden. "In Togo durfden we de vleermuizen eerst niet aan te raken voor onderzoek omdat we de noodzakelijke vaardigheden misten. Nu kunnen we het wel en dat moet ook om het werk goed te kunnen doen. Maar we moeten wel waakzaam blijven", aldus een deelnemer aan de training, Komlan Adjabli uit Togo. Dit is de tweede training van een serie die speciaal bedoeld is voor Afrikaanse dierenartsen en wildlife wetenschappers. Samen kunnen ze hun krachten bundelen en zo actief toezicht houden, anticiperen en zelfs uitbraken voorkomen. Dit toezicht is maar al te relevant nu de Democratische Republiek van Congo oog in oog staat met een nieuwe Ebola crisis met het risico van verspreiding.

### PALEN EN NETTEN

Om zo goed mogelijk toezicht te kunnen houden, bestuderen de wetenschappers de dieren in hun eigen natuurlijke omgeving. Dit betekent dat ze letterlijk hun handen moeten vuilmaken. "Het is niet eenvoudig. Om een virus te diagnosticeren en identificeren heb je hoog kwalitatieve monsters nodig die correct zijn genomen en op de juiste

manier zijn getransporteerd”, aldus Unger. “Om een vleermuis te vangen heb je een team nodig van minimaal zes mensen. In daglicht moeten ze in de jungle de palen en netten installeren voor de vallen. Vervolgens moeten ze wachten tot het donker is en de eerste vleermuizen verschijnen.”

Het is de bedoeling om het bestaande ecosysteem zo min mogelijk te verstoren. Vleermuizen zijn nachtzoogdieren dus werken de virusjagers 's nachts, rekening houdend met het dag- en nachtritme van de dieren. Eenmaal gevangen worden de vleermuizen voorzichtig in een speciale zak gestopt waarna ze naar het lab gaan voor verder onderzoek. “We vangen ze en we zetten ze daarna weer uit”, vertelt Temidayo Adeyanju, wildlife onderzoeker uit Nigeria en een van de docenten van de training. Wetenschappers en onderzoekers leren over verschillende methodes om de vleermuizen te vangen, afhankelijk van hun habitat en het soort vleermuis.”

## STIGMA

Ondanks het stigma dat op vleermuizen rust spelen ze een sleutelrol in het ecosysteem”, legt Adeyanju uit. “Het zijn rare beestjes. Ze leven 's nachts, ze eten insecten of fruit en toch zijn mensen bang voor ze. Maar zonder de vleermuizen breng je allerlei andere soorten dieren en planten in gevaar. Ze zijn van levensbelang.” Ze dragen echter ook virussen mee die gevaarlijk zijn voor de mens. Ieder jaar worden er ongeveer tien nieuwe virussen bij vleermuizen ontdekt. Onder die virussen bevindt zich ook Ebola dat kan worden overgebracht door contact met bloed, uitscheiding, organen of andere vloeistoffen van de vleermuis. “Mensen zijn bang voor Ebola,” aldus Hawa Walker, conservation specialist uit Liberia. Dit buurland van Sierra Leone had ook zwaar te lijden onder de 2014

epidemie. “Mensen zijn geobsedeerd met het wassen van hun handen en het schoonmaken van hun huis. Maar in veel huishoudens worden vleermuizen gegeten. Voor wie geen andere keuze heeft is dat de enige mogelijkheid om te overleven.”

## HOLISTISCHE AANPAK

Eenmaal terug in Liberia zal Walker een overleg organiseren met de vertegenwoordigers van relevantie ministeries om hen te wijzen op het belang van het monitoren van vleermuizen



✖ *Veterinaire wetenschappers nemen monsters van gevangen vleermuizen*

op virussen. Tegelijkertijd zijn er lokale wetenschappers bezig met een onderzoek naar een nieuw ontdekte stam van het Ebolavirus, de Bombali-stam. Er is nog weinig bekend over deze stam die voor het eerst in juli 2018 in Sierra Leone is ontdekt. Wel is duidelijk dat het in staat is om menselijke cellen te infecteren. “We moeten gezondheid holistisch aanpakken”, zegt Michel Warnau, een project manager van de IAEA die toezicht houdt op de trainingen. “Een belangrijk punt tijdens de Ebola-uitbraken in 2014 en 2015 in West Afrika bleek het gebrek aan voorbereiding. Met deze trainingen willen we de kennis en kunde opbouwen om zoönotische ziektes te bestuderen en te diagnosticeren bij zowel in het wild levende als gedomesticeerde dieren. Op

die manier kunnen we beter anticiperen op wat de risico's zijn voor de mensen.”

## NUCLEAIRE TECHNIEK: ELISA EN PCR

De enzymgekoppelde immunosorbent analyse (ELISA) en de polymerasekettingreactie (PCR) zijn twee van oorsprong nucleaire technieken die nu algemeen gebruikt worden bij de diagnose van ziektes. ELISA is eenvoudig op te stellen en te gebruiken, wat het uitermate geschikt maakt voor een diergeneeskundig laboratorium. Wetenschappers plaatsen een verdund serummonster van een dier op een speciale schaal. Wanneer het monster de ziekte bevat zal een enzym in de vloeistof het van kleur doen veranderen, hiermee is de aanwezigheid van de ziekte bevestigd. ELISA wordt vaak gebruikt bij eerste testen, het heeft een beperkte gevoeligheid en kan niet worden gebruikt om specifieke virusstammen te identificeren. PCR is een techniek met verfijnder gereedschap en procedures dan ELISA. Het is zeer gevoelig en accuraat waardoor het bijzonder geschikt is om virusstammen en bacteriën te identificeren. Het maakt gebruik van een enzym om een specifiek genetisch gebied van het DNA van een ziekteverwekkend organisme in slechts een half uur te kopiëren of te versterken. Wetenschappers sporen dit DNA op en monitoren het met behulp van radioisotopen of door het tellen van fluorescerende moleculen die speciaal hiervoor zijn bevestigd aan de gecreëerde gen reeks. Beide methodes werkten oorspronkelijk met radio-isotopen waar nu enzymen worden gebruikt. Dit heeft de IAEA en haar partners geholpen bij het verfijnen en stroomlijnen van de testprocessen. Voor wie meer wil weten over het vleermuizen vangproces, op de site van de IAEA staat een fotoverslag: <https://www.iaea.org/newscenter/multimedia/photoessays/the-ebola-hunters-of-sierra-leone-the-nuclear-angle>. **K**



# INBEELD

## CONTOUREN EERSTE REACTORGEBOUW HINKLEY POINT C

**Op dit moment bouwen EDF (Electricité de France SA) en CGN (China General Nuclear Power Corp) twee nieuwe reactoren voor de Hinkley Point C-kerncentrale in Somerset in het zuidwesten van het VK waarvan de contouren van het eerste reactorgebouw nu vorm krijgen.**

In totaal is er 4.500 ton beton gestort voor de draagvloeren van de gebouwen. Volgens EDF gaat het niet alleen om het leveren van 7 procent van de benodigde stroom voor de komende zestig jaar in het VK maar ook om de regio een blijvende economische impuls te geven met 25.000 banen en kansen voor nationale en internationale bedrijven. Op de site zijn volgens EDF ongeveer 3.200 mensen werkzaam. Als de centrale eenmaal in bedrijf is betekent dat werk voor 900 mensen. Als het werk conform planning wordt uitgevoerd, gaan de reactoren vanaf 2025 stroom leveren.

Kernenergie is sinds tientallen jaren een belangrijke bron van CO<sub>2</sub>-vrije energie in de Britse energiemarkt. Om die positie te behouden zouden de acht centrales van EDF op termijn vervangen moeten worden. De Britten hebben 100 miljard pond gereserveerd voor nieuwbouw en de upgrade van hun bestaande kerncentrales om leveringszekerheid van stroom te kunnen blijven garanderen. Kerntechnologie wordt in het VK gezien als een noodzakelijk onderdeel van een CO<sub>2</sub>-vrije energievoorziening.

Dit streven liep recentelijk een deuk op nadat Hitachi, het tweede Japanse bedrijf dat bij de ontwikkeling van nucleair in Groot-Brittannië is betrokken, zich bij het Wylfa-project heeft teruggetrokken. Hitachi Ltd. stopt de deelname nadat onderhandelingen met de Britse overheid vastliepen, zoals in de Nikkei Newspaper was te lezen. In november trok Toshiba Corp. zich ook al terug uit de ontwikkeling van de Moorside-kerncentrale. De Britten blijven kernenergie zien als een klimaatvriendelijk alternatief voor kolencentrales die allemaal voor 2040 zullen zijn uitgefaseerd. Het terugtrekken van de Japanse bedrijven betekent niet dat het pronucleaire beleid wordt aangepast. De overheid zal met nieuwe voorwaarden komen die ontwikkelaars zullen aantrekken om het aandeel nucleair te kunnen blijven garanderen, aldus Bloomberg.com. Andere projecten die nog in ontwikkeling zijn naast Hinkley Point C, zijn Sizewell C (EDF en CGN) en Bradwell B (EDF en CGN). **K**









# TVEL LEVERT BRANDSTOF VOOR CHINA'S KWEEK- REACTOR



**TVEL en CNLY hebben een contract voor de levering van kernsplijtstof ondertekend voor de natriumgekoelde 'pool-type' CFR-600 snelle kweekreactor in aanbouw in de provincie Fujian. TVEL is de dochteronderneming van de splijtstoffabrikant van het Russische staatsbedrijf Rosatom, terwijl CNLY deel uitmaakt van China National Nuclear Corporation (CNNC).**

Het contract dat recentelijk in Peking werd aangekondigd, omvat een eerste levering en lading van kernsplijtstof evenals de levering voor het herladen tijdens de eerste zeven jaar die de reactor in bedrijf zal zijn. Om aan het contract te voldoen, wordt een nieuwe productielijn opgezet voor de CFR-600 brandstofassemblage bij de Elektrostal Machine-Building-installatie, een faciliteit van TVEL die in de regio van Moskou is gevestigd. TVEL president Natalia Nikipelova zei dat het Russische bedrijf betrokken zal zijn bij alle mogelijke samenwerkingen met de Chinese partners bij de snelle kweekreactoren en het bijdragen aan een gesloten splijtstofcyclus. Zij merkte op dat, naast de ervaring van

Rosatom met de productie van op uranium gebaseerde brandstof voor commerciële snelle kweekreactoren, het vorig jaar al de productie van uranium-en-plutonium mix-oxide (MOX) voor de snelle reactor BN-800 van Rusland had opgezet. De Chinese portefeuille omvat ook een contract voor de levering van op uranium gebaseerde splijtstof voor de Experimentele Snelle Reactor van China, de CEFR, met leveringen die reeds plaatsvinden, voegde Nikipelova toe.

Evgeny Pakermanov, voorzitter van Rosatom Overseas, die de onderhandeling voor het contract coördineerde, merkte op dat aangezien dit een demonstratieproject

is, de Russische ingenieurs een nieuw soort splijtstof gaan maken dat geheel op het Chinese ontwerp is gericht. "Ons team moest het gehele contract van begin af aan opstellen en daarbij rekening houden met alle karakteristieken van het project", aldus Pakermanov, toevoegend dat de besprekingen met de Chinese kant al afgelopen juni waren begonnen. "Dankzij het hoge professionalisme van het gezamenlijke team van Rosatom en de Chinese partners, is het contract tot stand gekomen in een recordtijd."

Het CFR-600 splijtstoffeveringscontract werd ondertekend als deel van een intergouvernementele overeenkomst tussen Rusland en China over de gezamenlijke bouw en inbedrijfstelling van een demonstratie snelle kweekreactor in China. Het is een onderdeel van een groot programma van bilaterale samenwerking in de kernindustrie voor de komende decennia, aldus TVEL. De overeenkomst behelst ook de bouw van kernreactoren op basis van het Russisch ontwerp VVER-1200 op twee locaties in China: Tianwan en Xudabao. Het pakket



van intergouvernementele documenten en kadercontracten voor deze projecten werd ondertekend op 8 juni 2018, door de Russische president Vladimir Poetin en China's Voorzitter Xi Jinping bij Poetins bezoek aan Peking.

De snelle kweekreactoren worden gezien als belangrijkste reactortechnologie voor China. Men verwacht dat dit type reactor halverwege deze eeuw het meest gangbare zal zijn. Onderzoek en ontwikkeling in China van snelle kweekreactoren startte in 1964.

Een 65 MWt snelle kweekreactor - de Chinese Experimentele Snelle Reactor (CEFR) - dichtbij Peking bereikte kritikaliteit in juli 2010 en werd een later jaar aan het net gekoppeld.

Hierop gebaseerd ontwikkelde het China Institute of Atomic Energy de CFR-600, een 600 MWe ontwerp. De Xiapu-reactor waarvan de bouw in december 2017 begon, zal een demonstratiereactor zijn van het natriumgekoelde bassin-type snelle reactorontwerp. Deze reactor krijgt een thermisch vermogen van 1.500 MW en zal 600 MW elektriciteit leveren. De reactor zal gebruik maken van mix-oxide (MOX)-splijstof met een opbrand van splijstof van 100 GWd/ton.

Verder kent deze reactor twee primaire koelleidingen en zal stoom produceren van 480°C. De latere splijstof zal metaal zijn met een opbrand van 100-120 GWd/t. De reactor zal actieve en passieve instelsystemen hebben en passieve afvoer van vervalwarmte. Een eenheid op commerciële schaal, de CFR - 1000 zal een capaciteit van 1.000-1.200 MWe hebben. Op basis van een in 2020 te nemen besluit, kan de bouw hiervan in december 2028 starten met een te verwachten ingebruikname vanaf ongeveer 2034. Dit ontwerp zal ook metaalsplijstof gebruiken met een opbrand van 120-150 GWd/t. **K**

Bron: World Nuclear News



## UNIT 1 VAN DE TAISHAN KERNCENTRALE GEREED VOOR GEBRUIKT



**Unit 1 van de Taishan kerncentrale in de Chinese provincie Guangdong is opgeleverd en gereed voor commercieel gebruik. Het is de eerste EPR-reactor van Frans ontwerp die in gebruik wordt genomen. De ervaringen die zijn opgedaan in projectmanagement en technische expertise zijn van belang voor alle EPR-reactoren in aanbouw wereldwijd waaronder Hinkley Point C. Dit heeft de China General Nuclear (CGN) onlangs bekend gemaakt.**

De oplevering vond officieel plaats nadat de Taishan 1 een test afslot waarbij de centrale op vol vermogen 168 uur in bedrijf was. Hoewel er nog wel de nodige vergunningen noodzakelijk zijn, wordt ervan uitgegaan dat de unit nu commercieel in bedrijf genomen kan worden, aldus CGN. "De succesvolle test markeert het behalen van alle vereiste voorwaarden voor de veilige ingebruikstelling van de reactor", verklaarden CGN en het Franse EDF in een gezamenlijk persbericht. Het Taishan-project – 140 kilometer ten westen van Hong Kong – is eigendom van de Guangdong Taishan Nuclear Power Joint Venture Company Limited, een samenwerkingsverband tussen EDF (30 procent) en CGN. De bouw van de Unit 1 van de kerncentrale startte in 2009 en werd gevolgd door Unit 2 in 2010. Beide Units zijn de respectievelijk derde en vierde EPRs in aanbouw, na het Olkiluoto-project in Finland en de Flamanville 3 in Frankrijk. Het EPR-ontwerp werd ontwikkeld door Framatome dat nu deel uitmaakt van de EDF-groep. Het bedrijf leverde de grote onderdelen van de centrale waaronder het nucleaire stoomgeneratorsysteem, de veiligheidsinstrumentatie en controlesystemen, de aanbesteding en ondersteuning bij de installatie en ingebruikstelling.

Jean-Bernard Lévy, voorzitter en CEO bij EDF: "De EPR is een grote aanwinst voor de uitdagingen waar veel landen op dit moment voor staan: de groei in de vraag naar stroom in combinatie met de noodzaak de CO<sub>2</sub>-emissies naar beneden te brengen." Zowel de Hinkley Point C in aanbouw als de Sizewell C-centrales zullen zijn gebaseerd op de Franse EPR reactortechnologie. Olkiluoto 3, de allereerste EPR, heeft zijn 'hot functional tests' afgerond en maakt zich op voor het laden van benodigde splijstof. Dit staat ook op het programma bij de Flamanville EPR aan het einde van dit jaar. **K**

# PETTEN INVESTEERT IN NIEUWE NUCLEAIRE GENEESMIDDELEN

infrastructuur vaak complex, erg duur of zelfs helemaal niet aanwezig en dit zorgt voor veel vertraging.

## NAAST DE HFR

Volgens NRG kan dat efficiënter en daarom ontwikkelt het samen met zeven andere partners onder de naam Advancing Nuclear Medicine het FIELD-LAB: een efficiënte nucleaire infrastructuur om de doorlooptijd van de ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen in te korten en een zogenaamde 'one-stop-shop' waar producten en diensten op een locatie samenkomen. Binnen het FIELD-LAB kunnen bedrijven, ziekenhuizen en kennisinstellingen samenwerken om zo academische kennis te bundelen en om te zetten in innovatieve nucleaire geneesmiddelen. Dat het FIELD-LAB in de nabijheid staat van de Hoge Flux Reactor op de Energy & Health Campus in Petten is logistiek en organisatorisch zeer efficiënt. In Petten wordt een derde van alle veelgebruikte medische isotopen wereldwijd geproduceerd. Dit betekent dat alle relevante schakels voor de productie van isotopen en radioactieve uitgang producten al aanwezig zijn. De betrokkenheid van bedrijven zorgt voor versnelling van de ontwikkeling en de focus ligt op het naar de markt brengen van concrete verbeteringen voor de patiënt.

## WERELDWIJDE VOORSPRONG

Philippe Brouwers, NRG-Business Director: "Om de ontwikkeling kracht bij te zetten heeft het Europese Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) subsidie toegekend



**Het samenwerkingsverband Kansen voor West heeft een subsidie van 6,8 miljoen euro toegekend aan de ontwikkeling van het FIELD-LAB op de Energy & Health Campus in Petten. Het FIELD-LAB is een initiatief van het consortium Advancing Nuclear Medicine en is belangrijk voor de ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen. Dr. Wouter Vogel, nucleair geneeskundige AVL: "Het FIELD-LAB van NRG geeft ons een wereldwijde voorsprong bij het ontwikkelen van nieuwe manieren voor het onderzoeken en behandelen van kanker."**

## EFFICIËNTE INFRASTRUCTUUR

De moderne scanapparatuur voor het opsporen van ziektes zoals kanker stelt artsen in staat om steeds nauwkeurigere diagnoses te stellen, waardoor behandeling op maat voor de patiënt steeds beter mogelijk wordt. Nucleaire geneesmiddelen spelen hierin een zeer belangrijke rol en de vraag naar deze medicijnen voor

diagnoses en behandelingen neemt de laatste jaren sterk toe. De weg naar nieuwe, innovatieve nucleaire geneesmiddelen is niet altijd gemakkelijk. Toegang tot een nucleaire infrastructuur en beschikking hebben over de juiste materialen en ervaring zijn vaak een grote uitdaging. Vanwege uitgebreide nucleaire veiligheidsmaatregelen is de vereiste

## ADVANCING NUCLEAR MEDICINE

Het FIELD-LAB-voorstel is een initiatief van NRG en partners en is uitgebracht onder de naam Advancing Nuclear Medicine. Samen zijn zij van mening dat het versnellen van de ontwikkeling van de nieuwe generatie nucleaire geneesmiddelen zowel een kans als een maatschappelijke verantwoordelijkheid is. Deelnemende organisaties zijn onder andere het Antoni van Leeuwenhoekziekenhuis, Stichting Voorbereiding Pallas-reactor, Radboudumc, Erasmus MC, Amsterdam UMC, NucMed en FutureChemistry. Het voorstel wordt ook internationaal ondersteund door vijftien organisaties waaronder het Duitse Kankercentrum (DKFZ) en BTG, een Canadees farmaceutisch bedrijf. Het Advancing Nuclear Medicine-consortium wordt naar verwachting al op korte termijn met nieuwe partners uitgebreid.



aan NRG en haar partners. Een aantal jaren geleden heeft NRG de focus verlegd om de ontwikkeling van nucleaire medicijnen te stimuleren. Hierin hebben wij met verschillende partners, zoals universitaire ziekenhuizen, de samenwerking opgezocht om de plannen voor FIELD-LAB te creëren. 30.000 patiënten per dag hebben nu al baat bij onze producties vanuit Petten. Met de toekenning van deze financiële steun kunnen we het FIELD-LAB gaan realiseren en kunnen we in de toekomst nog meer patiënten helpen.” Nucleair geneeskundige bij het Antoni van Leeuwenhoek in Amsterdam, dr. Wouter Vogel, deelt deze mening: “Het FIELD-LAB van NRG geeft ons een wereldwijde voorsprong bij het ontwikkelen van nieuwe manieren voor het onderzoeken en behandelen van kanker.” **K**

### KANSEN VOOR WEST

Kansen voor West is het samenwerkingsverband van de vier Randstadprovincies (Noord- en Zuid-Holland, Utrecht en Flevoland) en de vier grote steden Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht. Deze acht hebben voor de tweede keer gezamenlijk een programma gemaakt om de regionale economie in de Randstad een innovatieve impuls te geven. Dit gebeurt door het geven van subsidies aan het bedrijfsleven in de regio. Het programma wordt voor een belangrijk deel gefinancierd door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO). EFRO is onderdeel van de structuurfondsen en wordt in heel Europa ingezet om de regionale economieën te stimuleren. Op deze website vindt u meer informatie: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/information/legislation/index\\_nl.cfm](http://ec.europa.eu/regional_policy/information/legislation/index_nl.cfm)

## COLUMN



### NUCLEAIR SPIJBELN

Behalve een berichtje op de website van een regionale krant was er weinig aandacht voor het profielwerkstuk van de 16-jarige vwo-scholier Jort Hautvast. Hij pleit daarin voor kernenergie als oplossing voor de opwarming van de aarde. Opvallend was vooral de oproep aan het einde van zijn pleidooi. Jongeren zouden tijdens de klimaatdemonstratie van 7 februari in Den Haag de straat op moeten vóór kernenergie.

Terwijl ik dit schrijf moet deze actie – ‘ga spijbelen voor onze toekomst’ – nog plaatsvinden, maar het zou me zeer verbazen als die inderdaad is uitgedraaid op een pro-kernenergiebetoging. Net als de jongeren die al enige tijd in België demonstreren, pleiten ook hun Nederlandse leeftijdgenoten toch vooral voor strenger klimaatbeleid. Eigenlijk niet veel anders dan volwassenen doen.

Natuurlijk is het flauw om van jongeren te vragen om eventjes met dé oplossing te komen voor een probleem waarmee de wereld worstelt en dat zij niet hebben veroorzaakt. Toch zou het mooi zijn als jongeren bij volgende demonstraties, die er ongetwijfeld zullen komen, meer dan nu gebruikmaken van wat ze onderscheidt van volwassenen: hun onbevangenheid en frisse blik.

Natuurlijk is het goed dat jongeren in actie komen, waarvoor of waartegen dan ook. Alles beter dan een lethargische generatie die het allemaal wel best vindt. Maar wie jongeren echt serieus neemt, wie oprecht gelooft in hun kracht en in de waarde van jeugdige overmoed, daagt ze uit om met meer te komen dan alleen een pleidooi voor strenger beleid.

Anders dan volwassenen hebben jongeren geen last van ervaring of cynisme en serveren ze ideeën niet meteen af met ‘kan niet’. Kom met ideeën, doe suggesties en zwengel het debat aan. Jongeren kunnen zo als geen ander de discussie nieuwe impulsen geven. Niet dromen of drammen, maar realistisch en betrokken. Om jongeren en volwassenen aan het denken te zetten. Zoals Jort Hautvast doet. **K**

*Remco de Boer*

---

*Ir. Remco de Boer is onderzoeker, publicist en interviewer. Hij adviseert, schrijft en spreekt over de energietransitie, onder meer bij BNR Nieuwsradio en energienieuwsdienst Energiea. De Boer is sinds 2012 columnist bij Delft Integraal, het wetenschappelijke magazine van de TU Delft. In 2015 verscheen zijn boek ‘Tussen hoogmoed en hysterie’, een reconstructie van de strijd tegen schaliegas in Nederland.*

# KERNUITSTAP FNUIKT KLIMAATAMBITIES BELGIË



**In 2025 wordt de laatste van zeven reactoren in België uit bedrijf genomen, waarmee de complete kernuitstap een feit zal zijn. Ook in België is een energietransitie beoogd naar een CO<sub>2</sub>-vrije (arme) energievoorziening in 2030. Maar door de kerncentrales te sluiten die nu bijna vijftig procent aan CO<sub>2</sub>-vrije stroom produceren, stevent de transitie af op een mislukking waarbij er vanaf 2025 juist meer CO<sub>2</sub> geproduceerd wordt in plaats van minder. In Wat zijn de mogelijke gevolgen van een kernuitstap in 2025? geeft het Belgisch Nucleair Forum (BNF) op zijn website in een helder, overzichtelijk en goed gedocumenteerd verhaal aan wat de concrete impact van de kernuitstap zal zijn en hoe dit het dagelijks leven in België verandert.**

Volgens een wet uit januari 2003 maakt België in 2025 de gefaseerde kernuitstap compleet. De wet werd in 2013 en in 2015 aangepast om de operationele levensduur van Tihange 1, Doel 1 en Doel 2 met 10 jaar te verlengen. De uiteindelijke sluitingsdatum staat nu vast op december 2025. De vier reactoren van kerncentrale Doel en de drie van Tihange zullen in dat jaar definitief gesloten zijn, met Doel 3 als eerste in oktober 2023 en Doel 2 die als laatste in december 2025. Het Energiepact heeft een toezichtcomité opgericht dat moet toezien op de haalbaarheid van een volledige kernuitstap in 2025. Het Energiepact is het energieoverleg tussen de federale staat en de gewesten, dat de lijnen uitzet die

de energietransitie naar een CO<sub>2</sub>-vrije samenleving vorm moeten geven. BNF heeft als missie om over nucleaire technologie te informeren en deel te nemen aan het debat. In 2018 werd in het kader van het Energiepact een toezichtscomité opgericht dat moet toezien op de haalbaarheid van een volledige kernuitstap in 2025. "Dit toezichtscomité monitort verschillende parameters zoals klimaatdoelstellingen, bevoorradingszekerheid en prijs", aldus Matthias Meersschaert, woordvoerder PR & PA van het Belgisch Nucleair Forum. Volgens verschillende studies zullen door de kernuitstap deze parameters hoogstwaarschijnlijk negatief worden beïnvloed. "Studies tonen daarnaast aan dat de kernuitstap in 2025 een negatieve



**K** Matthias Meersschaert

impact zal hebben op de elektriciteitsprijzen, aangezien er nieuwe gascentrales zullen moeten worden gebouwd, met tal van gevolgen die de prijs van elektriciteit negatief beïnvloeden als gevolg van een verdubbeling van de kosten om stroom te genereren.

## **ANTI-KERNENERGIELOBBY**

Net als in Nederland is de energietransitie erop gericht om te streven naar een koolstofarme energiesysteem dat de uitstoot van broeikasgassen terugdringt. In vergelijking met Nederland staat België er eigenlijk hartstikke goed voor, want de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor stroomopwekking is vele malen schoner dan bij ons door de inzet van kerncentrales. Hernieuwbaar en kernenergie leveren nu al 70 procent van alle elektriciteit. Bij ons is dat ongeveer 17 procent! Het BNF meldt dat net als in vorige jaren ook in 2018 kernenergie met 48 procent de belangrijkste elektriciteitsbron in België was (Nederland 3,5 procent) vóór fossiele energie (40 procent), wind (7 procent) en zon (5 procent). Met een elektriciteitsproductie van 27,3 terawattuur was kernenergie goed voor 75 procent van alle CO<sub>2</sub>-arme elektriciteit die in 2018 in België werd opgewekt. Dit zijn schone CO<sub>2</sub>-cijfers waar Nederland likkebaardend

naar zou moeten kijken. Maar de anti-kernenergielobby heeft ook in België de maatschappelijke opinie beïnvloed en de sluiting lijkt onafwendbaar. Daardoor ziet het er nu naar uit dat de energietransitie tot meer in plaats van minder CO<sub>2</sub>-uitstoot zal leiden. Het BNF heeft op zijn website alvast een prikkelende kop voorspeld die op 3 januari 2025 in de kranten te lezen kan zijn: De kernuitstap: harde klap voor onze klimaatdoelstellingen. Meersschaert: "Wanneer we in 2025 uit kernenergie stappen, zullen de kerncentrales voornamelijk worden vervangen door gascentrales. Met 30 keer meer uitstoot, wat problematisch zal zijn voor onze klimaatdoelstellingen." Het Federaal Planbureau heeft berekend dat de uitstoot van broeikasgassen in 2030 47 procent hoger zal zijn in vergelijking met 2010. "Na 2030 zal de ontwikkeling van hernieuwbare energie ons toelaten om de uitstoot te verminderen, maar niet genoeg om onze klimaatdoelstellingen te halen", licht Meersschaert toe.

### KERNENERGIE EN HERNIEUWBARE ENERGIE ZIJN COMPLEMENTAIR

Hernieuwbare energie alleen kan de energietransitie niet verzekeren. Meersschaert: "Wind en zon produceren geen elektriciteit de klok rond. Zelfs een sterke verhoging van die capaciteit (67 procent van de elektriciteitsproductie in België tegen 2050 volgens het Federaal Planbureau) lost het probleem van onregelmatigheid en onvoorspelbaarheid van wind en zon niet op." Het BNF ziet kernenergie niet als alternatief voor hernieuwbaar. "Hernieuwbare en kernenergie zijn complementair. Ze leveren tezamen nu al 70 procent van alle elektriciteit. Dankzij de combinatie van hernieuwbaar en kernenergie is onze huidige elektriciteitsproductie al grotendeels koolstofarm. Enkel het behoud van kernenergie en de verdere ontwikkeling van hernieuwbare bronnen kunnen er op termijn voor zorgen dat

we de klimaatdoelstellingen bereiken. Kernenergie staat daarbij de ontwikkeling van hernieuwbare energie niet in de weg."

### KERNENERGIE MAAKT ENERGIETRANSITIE MOGELIJK

2025 klinkt ver weg, maar is het niet. "2025, dat is bij wijze van spreken morgen al", aldus Meersschaert. En ook het Energiepact bevestigt de kernuitstap binnen 7 jaar. Maar er zijn wel enkele voorwaarden aan verbonden: bevoorradingszekerheid, het behoud van een aanvaardbare prijs voor gezinnen en bedrijven, respect voor de



klimaatdoelstellingen en de veiligheid van de installaties. Het ruime dossier dat het BNF heeft aangelegd geeft inzage in de verschillende studies en onderzoeken over een energietransitie zonder kernenergie en of die überhaupt haalbaar is. De rode draad is dat de Belgische elektriciteitsmix voornamelijk bestaat uit kernenergie, gas en hernieuwbare energie. "Dankzij de combinatie van kernenergie en hernieuwbare energie, is onze Belgische elektriciteitsmix nu ongeveer 70 procent koolstofarm. Kernenergie stelt België dus vandaag in staat om de bevoorradingszekerheid van zijn elektriciteit te garanderen, stabiele prijzen te behouden en verder te streven naar de gestelde klimaatdoelstellingen. Kernenergie maakt met andere woorden de energietransitie mogelijk", verklaart Meersschaert.

### LEVERINGSZEKERHEID NA 2025

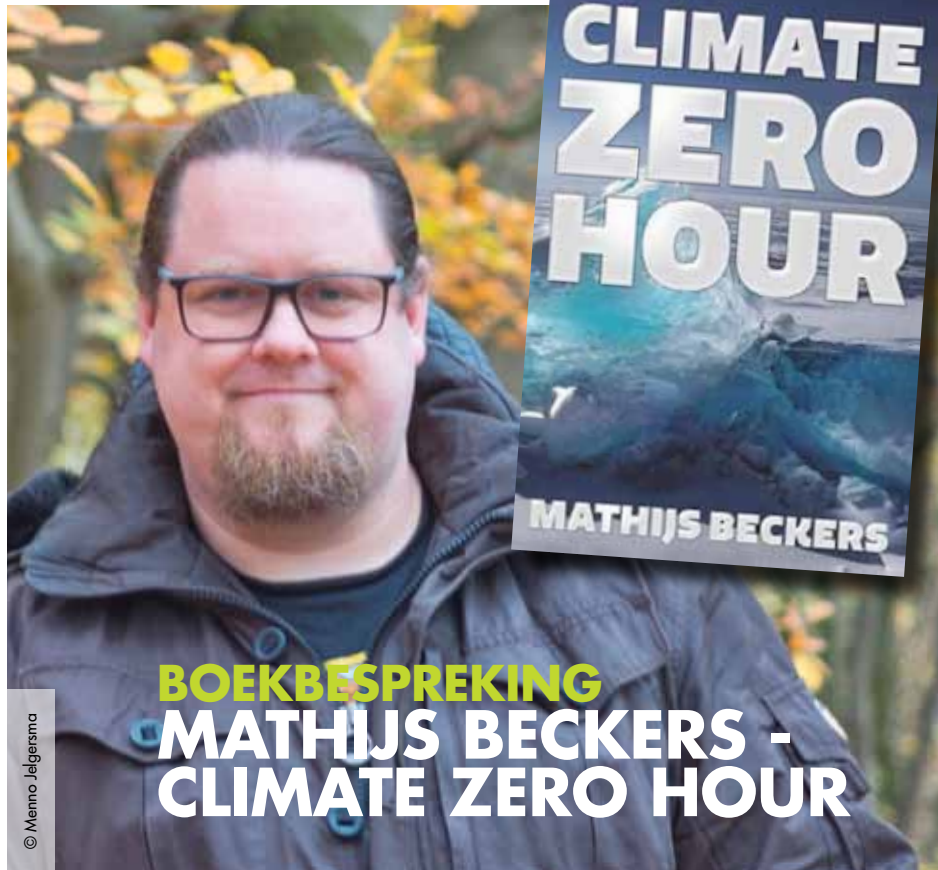
Na de sluiting van 7 Belgische

kernreactoren zal België meer dan de helft van de elektriciteitsproductie verliezen. "Verscheidene studies wijzen uit dat de bevoorradingszekerheid niet gegarandeerd zal worden als we uit kernenergie stappen. En dat het risico op een black-out met 10 procent zal toenemen na 2025." Wat in ieder geval nodig zal zijn, is een aangepaste energie-infrastructureur. Bij een kernuitstap in 2025 zal deze energie niet enkel vervangen worden door hernieuwbare energie, maar voornamelijk door energie van nieuwe gascentrales. "Ook in het scenario waarin twee kerncentrales

operationeel blijven, moeten we nog steeds nieuwe gascentrales bouwen, zowel ter vervanging van kernenergie, als voor de back-up van wind en zon." Kunnen de Belgen de levensduur van hun kerncentrales verlengen? "Ja", aldus een stellige Meersschaert: "Sluiten of openhouden is een politieke beslissing, geen technische. Het is technisch haalbaar om de kerncentrales langer dan 40 of 50 jaar open te houden en er zijn veel voorbeelden in het buitenland. De kerncentrales in Nederland, Zwitserland, Zweden en de Verenigde Staten blijven 60 jaar open, en in de Verenigde Staten wordt er nagedacht over het langer operationeel houden tot 80 jaar. De bestaande nucleaire infrastructuur van ons land is veilig en kan en zal onze bevoorradingszekerheid garanderen." **K**

*Menno Jelgersma*

<https://www.nuclearforum.be/watna-2025>



© Menno Telgersma

## BOEKBESPREKING

# MATHIJS BECKERS - CLIMATE ZERO HOUR

**K** **Climate Zero Hour, a plea for sanity in the Energy debate is het laatste boek van Mathijs Beckers, die zich in de laatste tien jaar bezig heeft gehouden met het energievraagstuk en hoe we de aarde leefbaar kunnen houden. Beckers: "De negatieve effecten van kernenergie zijn in de afgelopen jaren schromelijk overdreven, terwijl de voordelen opzettelijk zijn verzwegen. Het wordt tijd om dit denkkader om te draaien."**

In zijn vorige boek *The non solutions project* richtte Beckers zich helemaal op Mark. Z. Jacobson, de Stanford professor die een roadmap schreef waarin hij stelt dat het heel goed haalbaar is om in 2050 alle energie in de Verenigde Staten op te wekken zonder CO<sub>2</sub>-uitstoot. Hoewel het rapport is omarmd door invloedrijke beroemdheden zoals Leonardo DiCaprio, Bill Nye en Mark Ruffalo liet Beckers zien dat het idee aantrekkelijk

is, maar de uitvoering verre van haalbaar. Ook in zijn nieuwe boek richt hij zijn pijlen op Jacobson en de onmogelijkheid van renewables om zonder kernenergie in een betrouwbare 24/7-energievoorziening te voorzien. Hij toont de lezer ook even fijntjes hoe het mensen vergaat die kanttekeningen plaatsen bij het pleidooi van Jacobson; die maken grote kans om voor de rechter te worden gedaagd wegens smaad.

Zelf wordt Beckers door Jacobson een "Creepy Stalker" genoemd, "een hele eer" aldus Beckers, die verder niet wakker ligt van eventuele represailles vanuit de VS. Met de handelwijze van Jacobson wordt een mogelijke oplossing om de klimaatverandering tegen te gaan van haar wetenschappelijke sokkel gestoten en in een bijna religieus anti-nucleair domein getrokken, waar absolute waarheden en dogma's heersen en waar je niet mag tornen aan het gesproken woord van leiders zoals Jacobson. In aanvulling op zijn vorige boek zoekt Beckers ook de confrontatie met: Naomi Klein (journalist, publicist en activist) en Naomi Oreskes (Prof. history of science, Harvard) en toont aan dat de keuze voor renewables een politieke keuze is, die niet is gestoeld op kennis maar op de angst voor gezichtsverlies en op verlies van populariteit van kiezers maar ook gelijkgestemden binnen een groep. Hij zet vraagtekens bij de opstelling van het UN Environmental Programme (UNEP) dat wordt geleid door Erik Solheim. Solheim gaat ervan uit dat renewables de enige oplossing zijn voor het klimaatprobleem. "Maar het gaat niet om de inzet van alleen renewables. Het gaat om de inzet van alle energiebronnen die ons helpen om de CO<sub>2</sub>-emissies terug te dringen terwijl je tegelijkertijd de mensheid vooruit helpt", schrijft Beckers. Hij verwijst ook naar het feit dat wij in de westerse wereld zuiniger aan kunnen doen, maar dat het ook gaat om een miljard mensen die nog geen of beperkte stroomvoorziening hebben en drie miljard mensen die nu nog op hout stoken en de miljarden die er deze eeuw nog bijkomen. Hij citeert tweets van Solheim waaruit blijkt dat hij niet zozeer de CO<sub>2</sub>-emissies wil terugbrengen maar meer de anti-nucleair is: "It's decided! Switzerland says no more nuclear. Path forward is renewables!" Met elk boek dat Beckers schrijft, en dat zijn er inmiddels vier over dit onderwerp, lijkt hij de inhoud steeds beter over te brengen; minder statistieken, tabellen of formules en



meer voorbeelden en logisch redeneren: wat draagt windenergie bij aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot als je die combineert met een opschaalbare Natural Gas Combustion Turbine-gascentrale? En levert dat CO<sub>2</sub>-winst ten opzichte van een zuinigere Combined Cycle Gas Turbine? Nee dus. Beckers somt aan het einde van zijn boek de zeven geheimen op die Michael Shellenberger postuleerde en die moeten leiden tot goedkope en ruim beschikbare kernenergie, en voegt daar nog eens vijf aanbevelingen aan toe die de innovatie van kernenergie inluiden. Beckers is voorstander van wind- en zonne-energie én kernenergie. Alleen tezamen is er enige kans op het in aanzienlijke mate terugdringen van de CO<sub>2</sub>-emissies. Het idee van: 'Als we het echt willen, is het mogelijk om onze complete energievoorziening voor honderd procent afhankelijk te laten zijn van renewables', is zo aantrekkelijk dat we het willen geloven, maar Beckers laat zien dat we ondanks de honderden miljarden die bijvoorbeeld de Duitsers in de Energiewende hebben gestoken, we nog geen steek zijn opgeschoten in de goede richting. "Ik heb me in de afgelopen tien jaar in het onderwerp energie verdiept en heb kunnen constateren dat de negatieve effecten van kernenergie schromelijk zijn overdreven, terwijl de voordelen opzettelijk zijn verzwegen. Het wordt tijd om dit denkkader om te draaien." **K**

*Menno Jelgersma*

Boek: Climate Zero Hour, A plea for sanity in the Energy debate  
Auteur: Mathijs Beckers  
Uitgever: Createspace Independent Publishing Platform  
ISBN: 978 198 358 962 1  
Taal: Engels, 132 pagina's  
Prij: 9,99 euro bij [www.bol.com](http://www.bol.com)



## HITACHI STAAKT NIEUWBOUW- PLANNEN WYLFA NEWYDD NA MISLUKKEN FINANCIERING

**Het Japanse Hitachi liet op 17 januari weten de geplande werkzaamheden voor de bouw van twee Britse kokendwaterreactoren op het Wylfa Newydd nucleaire terrein in Noord-Wales op te schorten. Als reden werden de stijgende bouwkosten genoemd en de mislukte onderhandelingen met de Britse overheid over de financiering.**

Het Japanse bedrijf was in onderhandeling over de financiering van het project met de Britse regering sinds juni vorig jaar. De bouw zou worden gefinancierd met behulp van de subsidies van het Europese subsidieprogramma Horizon 2020. De overheid heeft laten weten dat het niet is gelukt om tot een

overeenkomst te komen met Hitachi. Het besluit is genomen vanuit het oogpunt van Hitachi's financiële situatie als private onderneming, aldus een eigen verklaring. Volgens het bedrijf kost het Hitachi naar schatting 300 bn yen (2,3 miljard euro) met nog eens hetzelfde bedrag aan 'buitengewone verliezen'. **K**

## BOUW BARAKAH-KERNCENTRALE (VAE) VOOR 91 PROCENT GEREED

**De bouw van unit 2 van de Barakah-kerncentrale in de Verenigde Arabische Emiraten (VAE) is voor meer dan 94 procent voltooid aldus ENEC (Emirates Nuclear Energy Corporation). Unit 3 is voor 86 procent gereed en unit 4 voor meer dan 78 procent.**

EneC, het bedrijf achter het 19 miljard dollar kostende project voor de bouw van vier Zuid-Koreaanse 1.345 MW APR-1.400 centrales in Barakah, stelt dat rond het einde van november vorig jaar de algehele bouw van de faciliteit voor 91 procent was voltooid. Unit 1 was in maart 2018 opgeleverd maar in mei van datzelfde jaar liet ENEC weten dat het inladen van de splijtstof was vertraagd tot eind 2019, begin 2020.

Volgens het bedrijf was de vertraging een gevolg van "een uitgebreide toetsing van de operationele gereedheid" door Nawah Energy Company, de gemeenschappelijke onderneming van EneC en Korean Electric Power Corporation (Kepco) verantwoordelijk voor de bedrijfsvoering van de centrale. De vier units tezamen zullen de VAE gaan voorzien van 25 procent van de totale elektriciteitsbehoefte van het land. **K**

# ZONNEPALEN VAN MUSK



**Teslabouwer Elon Musk en eigenaar van de zonnecelfabriek SolarCity heeft gepleit voor de sluiting van de Diablo Canyon-kerncentrale in Californië. Hij heeft daarbij voorgesteld om de CO<sub>2</sub>-vrije basislast die deze kerncentrale opwekt door PV-panelen en batterijen te vervangen. De vraag is of het milieu hier beter van wordt.**

Teslabouwer Elon Musk en eigenaar van de zonnecelfabriek SolarCity heeft gepleit voor de sluiting van de Diablo Canyon-kerncentrale in Californië. Hij heeft daarbij voorgesteld om de CO<sub>2</sub>-vrije basislast die deze kerncentrale opwekt door PV-panelen en batterijen te vervangen. De vraag is of het milieu hier beter van wordt.

In de afgelopen jaren is Elon Musk in de media meermalen geroemd als klimaatheld voor de ontwikkeling van de elektrische auto Tesla en SolarCity, een snelgroeende zonnecelfabriek die Musk - van zijn neven - opkocht voor 2,6 miljard dollar. Zonnepanelen zijn een uitstekende manier om CO<sub>2</sub>-vrije stroom op te wekken, zeker in combinatie met andere CO<sub>2</sub>-vrije bronnen. Als voorstander van een gezondere leefomgeving zou je verwachten dat Musk alles op alles zou zetten om de klimaatverandering tegen te gaan. Desondanks vond het bedrijf van Musk het belangrijk te benadrukken dat het een

voorstander is van het sluiten van de Diablo Canyon (DC) kerncentrale, de grootste bron van CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteit in Californië.

## 46 KEER DE GROOTSTE BATTERIJ

In een reactie gericht aan het California Public Utilities Commission (CPUC) stelt Musk dat het mogelijk is om het verlies aan nucleaire capaciteit goed te maken door meer zonnepanelen te plaatsen en batterijen voor opslag op te stellen. Het sluiten van de Amerikaanse kerncentrales: Crystal River, SONGS, Kewaunee, Vermont Yankee, Fort Calhoun en Oyster Creek heeft vooralsnog geleid tot een jaarlijkse toename van ongeveer 25 miljoen ton CO<sub>2</sub>, aldus James Conca op [www.Forbes.com](http://www.Forbes.com). De DC-kerncentrale heeft met twee reactoren van ruim 1.100 MW een vermogen van 2,2 GW die tezamen vierentwintig uur per dag stroom leveren. Omdat de kerncentrale 24/7 basislastenergie levert, mag je dat ook verwachten van

batterijen en zonnepanelen wanneer die de kerncentrale gaan vervangen. Om de DC-kerncentrale te vervangen heb je dan zeker 6,6 GW-piekvermogen aan opgestelde zonnepanelen nodig, uitgaande van gemiddeld 8 uur per dag voldoende zon over het gehele jaar gerekend. Op [www.environmentalprogress.org](http://www.environmentalprogress.org) zijn berekeningen te vinden voor zo'n situatie die aangeven wat nodig is aan opslagcapaciteit en oplaadvermogen. Hun berekeningen komen uit op een opslag van 28,6 GWh met 4,6 GW laadvermogen. Dat is een vermogen van 46 keer dat van de grootste batterij die op dit moment in Australië wordt gebouwd en een opslagcapaciteit van zelfs 222 keer zo groot.

## DRIE MAAL NATIONAAL PARK DE HOGE VELUWE

De kosten voor de zonnepanelen zijn geraamd op 17 miljard dollar. De kosten achterhalen voor de bouw van de batterij is problematischer. Analisten schatten de kosten tussen 750 tot 950 dollar per kWh. Op basis van wat Musk hierover heeft gezegd, valt af te leiden dat de bouw van een batterij meer dan 11 miljard dollar bedraagt; wat het totaal op ruim 28 miljard dollar brengt om de DC-kerncentrale 'duurzaam' te vervangen. Californië een stuk zonniger dan Nederland. Toch is het ook daar ook moeilijk om 100 procent onafhankelijkheid met zonnepanelen en een accu te halen, omdat je ook daar winters hebt en dagen aaneengesloten bewolkt weer. Sowieso is een grotere batterij nodig dan hierboven is aangegeven om de wisselvallige energieopbrengst op te vangen. Theoretisch is het plan van Musk alleen haalbaar als je maar voldoende pv-parken en batterijcapaciteit koppelt tegen elke maat van redelijkheid wat betreft kosten en ruimte-inbeslagname in. Bovendien heeft zonne-energie een grote footprint. Het zonnepark zal volgens [www.environmentalprogress.org](http://www.environmentalprogress.org) 163 miljoen vierkante meter ofwel 16.300 hectare aan oppervlakte in beslag nemen. Dat is driemaal het Nationaal Park de Hoge Veluwe.

**83,6 MILJARD**

Een alternatief in op [www.cgnp.org](http://www.cgnp.org) te vinden. Combineer PV met waterkracht. Volgens deze site geven PV-panels hun piekvermogen gedurende 5 uur per etmaal, gemiddeld. Die piek komt zes uur te vroeg ten opzichte van de stroomvraag-piek. Dat vergt opslagcapaciteit. Om de energie op te kunnen slaan zijn zeven waterkrachtcentrales van het type Helms Pumped Storage Facilities nodig. Geraamde kosten: 35 miljard dollar. Hoewel een waterkrachtcentrale behoorlijk efficiënt is met 75 procent, zal de input van PV moeten worden verhoogd tot

24.000 GWh per jaar om het verlies te compenseren. Het Topaz Solar-park leverde in 2015 1.301 GWh. Dus zijn er achttien nieuwe parken nodig van dit formaat. Kosten: 43 miljard dollar. De totale begrote kosten komen daarmee op 78 miljard dollar. Daar komen ook nog de kosten voor een extra netwerk bij om de parken te verbinden met de in de bergen gelegen waterreservoirs en de afnemers. Dit gaat volgens de California Energy Commission (CEC) 5,6 miljard kosten - <https://www.energy.ca.gov> - wat de totale kosten naar 83,6 miljard tilt. Een fors bedrag als je bedenkt dat de bestaande DC-kerncentrale

niet voor grote investeringen staat en CO<sub>2</sub>-vrije stroom tot 2050 kan leveren. Het bouwen van de zonneparken zal daarbij nog eens minimaal tien jaar in beslag nemen en een ruimte innemen van ruim 440 vierkante kilometer: bijna een derde van de provincie Utrecht, voor één kerncentrale. Ik betwijfel of het milieu hier bij dit alles gebaat is. De portemonnee van Musk waarschijnlijk wel. Met zijn bedrijven Tesla, SolarCity en SpaceX heeft hij volgens The Times alleen al aan subsidie inmiddels 4,9 miljard dollar ontvangen. **K**

*Menno Jelgersma*



## PROMOTIE VAN DR. MATTEO GAMARINO AAN TU DELFT

**Op 20 November 2018 is Matteo Gamarino gepromoveerd aan de TU Delft op het onderwerp Modal methods for rehomogenization of nodal cross sections in nuclear reactor core analysis. Promotor was prof. Jan Leen Kloosterman en copromotor was dr. Danny Lathouwers.**

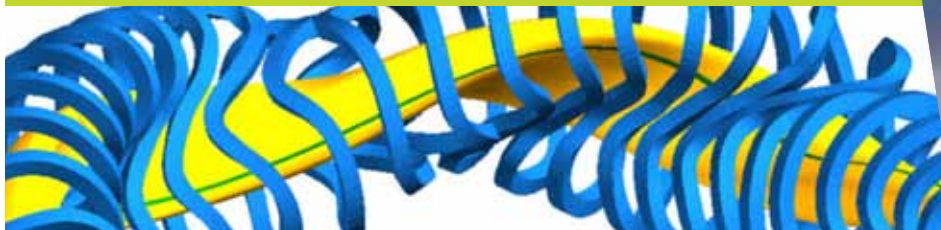
Numerieke methoden voor de beschrijving van de vermogensverdeling in een reactorkern zijn gebaseerd op gebruikmaking van de herhalende structuur van splijtstofelementen in de reactorkern. Met de introductie van MOX-splijtstof en steeds sterkere heterogeniteit zowel binnen als tussen assemblages leidt deze aanpak tot afwijkingen in de voorspelde pinvermogens en criticiteit van de kern.

Matteo heeft aan methoden gewerkt die deze kernheterogeniteit beter kunnen verdisconteren. Specifiek behelst het werk de voorspelling van de veranderingen van het lokale neutronenenergiespectrum en van de spatiale variaties binnen een assemblage om betere voorspellingen te maken van werkzame doorsneden.

Matteo's werk is tot stand gekomen binnen een intensieve samenwerking tussen TU Delft en Framatome op het gebied van rekenmethoden voor reactorkernen en zijn resultaten zullen worden geïmplementeerd in de nieuwste kernsimulatie software van Framatome. **K**

*Danny Lathouwers, TU Delft*

# UITNODIGING



**Wendelstein is to demonstrate the suitability of fusion devices of the stellarator type for a power plant ([www.ipp.mpg.de/w7x](http://www.ipp.mpg.de/w7x) )**

Stichting KernVisie organiseert voor de leden van KernVisie, NNS, KIVI-KE, DYG en overige belangstellenden op 7-8 april 2019 een excursie naar Wendelstein 7-x, de fusie-onderzoeksfaciliteit van het Max Planck Institute for Plasma Physics in Greifswald (D).

## 7 april

**10:00 uur:** vertrek met de bus vanaf Station Arnhem naar Greifswald.

**18:00 uur:** aankomst in hotel in Greifswald, diner en overnachting.

## 8 april

**9:00 uur:** aanvang excursie Wendelstein 7-x.

**12:00 uur:** vertrek uit Greifswald terug naar Arnhem.

**20:00 uur:** aankomst Station Arnhem.

Bij voldoende aanmeldingen rijdt de bus via Urenco Almelo. Inclusief: busvervoer, diner en excursie. Exclusief: hotelovernachting (€2-88 p.p.), lunches en overige uitgaven.

Er kunnen maximaal 40 deelnemers mee.

### Informatie en aanmelding:

[excursie@kernvisie.com](mailto:excursie@kernvisie.com)

Daarbij vermelden: naam, emailadres en telefoonnummer.

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 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 van Kernvisie [www.kernvisie.com](http://www.kernvisie.com)



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

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