

# **KERNVISIE** MAGAZINE



➤ **GESLAAGDE  
IRRS-MISSIE**

➤ **EERSTE PATIËNT  
HOLLANDPTC**

➤ **DEMONSTREREN  
VOOR KERNENERGIE**

**NUCLEAIR VOOR  
CO<sub>2</sub>-VRIJE TOEKOMST**

# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



**JAARGANG 13, NUMMER 5/6, DECEMBER 2018**  
**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**

Mathijs Beckers  
Foto © Sherpa en de Fries

*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.*



2018. Nog een paar dagen en we kunnen alweer een nieuw jaar verwelkomen. Maar 2018 is wel een opvallend jaar gebleken. Het 'venijn' (of zegen) zat 'm in de staart van het jaar met een uitzending van Zondag met Lubach waarin plotseling kernenergie als gelijkwaardige partner naast renewables werd opgevoerd en Klaas Dijkhoff van de VVD die kernenergie als noodzakelijk beschouwt om de klimaatdoelen te halen. In Nieuwsuur verklaarde hij: "Ik zie niet hoe je de doelen haalt zonder kernenergie. Dus wat mij betreft gaan we snel beginnen met bouwen." En wat te denken van Greenpeace die bij monde van Faiza Oulahsen op tv vertelde dat Greenpeace niet principieel tegen kernenergie was? Schuivende panelen. Langzaam vallen de bezwaren tegen kernenergie weg. Niet in de laatste plaats omdat nú de klimaatverandering plaatsvindt en er nog geen kentering in de stijgende CO<sub>2</sub>-uitstoot is te zien. Volgens Thies Beckers, de Nuclear Humanist, is er sprake van een enorm kenniscat wat de vooruitgang naar een CO<sub>2</sub>-vrije samenleving in de weg staat. Hij kwam daar zelf ongeveer tien jaar geleden achter toen hij een energieneutraal huis wilde bouwen, maar de sommetjes niet kloppend kreeg. Zijn zoektocht naar antwoorden leidde tot de productie van vier boeken. In zijn laatste Climate Zero Hour vertelt hij dat de negatieve effecten van kernenergie in de afgelopen jaren schromelijk zijn overdreven: "Terwijl de voordelen opzettelijk zijn verzwegen. Het wordt tijd om dit denkkader om te draaien." Dat lijkt mij nou een goed voornemen voor het komende jaar!

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)

# INHOUD

## ENERGIE

### NUCLEAIR NOODZAKELIJK VOOR CO<sub>2</sub>-VRIJE ENERGIEVOORZIENING

Met zijn vierde boek *Climate Zero Hour* voegt Mathijs Beckers, de Nuclear Humanist, daad bij het woord: "Ik wil kennis delen. Ik wil iets bieden aan een breder publiek waarmee we de toekomst in kunnen gaan." Zijn doel: voorkom klimaatverandering door grootschalige inzet van kernenergie.



P04

### P08 ITER VOOR DE HELFT GEREED

Volgens Bernard Bigot, DG van ITER, ligt de bouw van de experimentele fusiereactor op schema.

### P11 PROTESTEREN VOOR KERNENERGIE

Op 21 oktober vond in München de Nuclear Pride Fest plaats, een grote manifestatie vóór kernenergie.

### P11 INBEELD

Constructiebedrijf ENSA in Madrid werkt aan twee mock-up-sectoren van het ITER-vacuümvat om het gereedschap uitvoerig te testen.

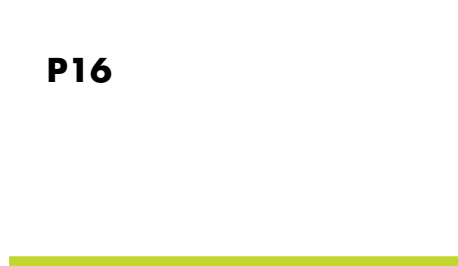
### P11 COLUMN

Remco de Boer - Als een duvel uit een doos: Klaas Dijkhoff. Zonder kerncentrales klimaatdoelen onhaalbaar.

## MAATSCHAPPIJ

### IAEA: NEDERLAND HEEFT REGELGEVEND KADER AANZIENLIJK VERSTERKT

Staatssecretaris Stientje van Veldhoven heeft onlangs het conceptrapport van de IRRS-ervolgmissie in ontvangst genomen. Hierin staat dat bijna alle van de 26 aanbevelingen en 19 suggesties uit 2014 zijn overgenomen.



P16

## MEDISCH

### EERSTE PATIËNT BEHANDELD MET PROTONEN IN DELFT

In Delft is onlangs de eerste patiënt van HollandPTC succesvol bestraald met protonen. Het is na Groningen de tweede kliniek in Nederland die patiënten met protonen behandelt.



P18



## P16 SPECIAL

### KERNVISIE MAGAZINE SPECIAL PALLAS

De Stichting Voorbereiding Pallas-reactor (PALLAS) werkt aan de realisatie van een state-of-the-art multifunctionele reactor voor de productie van medische isotopen en nucleair technologisch onderzoek. Twee mijlpalen markeren dit jaar de ontwikkeling van PALLAS. De ondertekening van de overeenkomst met de ontwerpers en bouwers en de overheveling van het PALLAS-dossier van EZK naar VWS. Speciaal voor Kernvisie Magazine geven zes stakeholders hun visie over nut en noodzaak van de komst van PALLAS.



ENERGIE

**» DE NUCLEAR HUMANIST:  
NUCLEAIR NOODZAKELIJK  
VOOR CO<sub>2</sub>-VRIJE  
ENERGIEVOORZIENING**

**Met zijn vierde boek *Climate Zero Hour* voegt Mathijs Beckers, de *Nuclear Humanist*, daad bij het woord: “Ik wil kennis delen. Ik wil iets bieden aan een breder publiek waarmee we de toekomst in kunnen gaan.” In aansluiting op zijn vorige boeken: *Highway to Dystopia* (2015), *Science a la Carte* (2016) en *the Non-Solutions Project* (2017) heeft Beckers met zijn laatste boek een reeks op zijn naam staan waarvan de inhoud eenduidig is: “We moeten alles op alles zetten om de risico’s van klimaatverandering tegen te gaan.”**

De enige manier waarop klimaatverandering een halt is toe te roepen, is de grootschalige inzet van kernenergie. Populisme van rechts en links werkt op dit moment een haalbare oplossing tegen. Vanuit zijn huis in Geleen reist Beckers over de hele wereld om kennis op te doen en kennis te delen. Via zijn YouTube-kanaal *The Nuclear Humanist* volgen op dit moment zo’n 750 volgers zijn ervaringen. Hij benadrukt zelf geen wetenschapper te zijn en wil juist het idee van kennis over een CO<sub>2</sub>-vrije toekomst niet vanuit een ivoren toren maar vanaf ‘de vloer’ verspreiden. Volgens Beckers is er sprake van een enorm kenniscat wat de vooruitgang naar een CO<sub>2</sub>-vrije samenleving in de weg staat. Hij is daar zelf ongeveer tien jaar geleden achter gekomen. “Ik wilde destijds een energieneutraal huis bouwen, maar ik kreeg de sommetjes niet kloppend. De oplossingen die werden voorgeschoteld waren duur en bleken niet haalbaar.” Beckers was aanvankelijk enthousiast over *The Solutions Project* van Mark Jacobson (<http://thesolutionsproject.org/>) die een wereld voorspiegelt waarin alle energie door wind- en zonne-energie en waterkracht wordt voorzien. “Het was voor mij in ieder geval de aanleiding om pro-renewables te zijn.” Tot Beckers ook hier de sommetjes kloppend wilde krijgen. “Ik kreeg geen antwoord op mijn mails en kwam er gaandeweg achter dat we het

met renewables alleen niet gaan redden.” Het leidde uiteindelijk tot het schrijven van zijn derde boek: *The non-Solutions Project*, waarin hij aantoonde dat een energievoorziening die volledig afhankelijk is van renewables niet haalbaar is.

#### POPULISTEN

Beckers ziet renewables eerder als complementair aan nucleair, maar twijfelt of ze echt nodig zijn. “Ik denk dat windenergie van de drie bovengenoemde bronnen het minst toepasbaar is. Het is een verkwisting van materialen en het heeft een enorme negatieve impact op de natuur.” Zonne-energie vereist nog meer grondstoffen, maar door ze vooral op daken te monteren, legt het in ieder geval minder beslag op de vrije ruimte. Over waterkracht is hij ook niet helemaal positief. Bij het onder water laten lopen van gebieden voor de vorming van stuwmeren, rot de vegetatie wat de vorming van methaan en CO<sub>2</sub> tot gevolg heeft. Bovendien blijkt uit de recente geschiedenis dat het breken van stuwdammen desastreuze gevolgen kan hebben voor mens en milieu. Toch vindt hij dat je renewables niet helemaal moet afschrijven. “Het is niet mijn bedoeling om ideologisch alle bruggen te slechten.” Dat gebeurt natuurlijk al bij kernenergie en Beckers laakt daarom partijen zoals Groen Links die in hun reclames roepen dat de kerncentrale van Borssele dicht moet. “Wilders mag dan



© Sherpa en de Fries

de naam hebben populist te zijn, maar het is niet voorbehouden aan rechts of links." Groen Links verdraait de feiten voor eigen gewin en dat maakt ze volgens Beckers ook tot een partij met populistische standpunten.

### MACRON

Om de feiten boven tafel te krijgen wil Beckers met iedereen communiceren. "De leiders zijn wel de spil in het wiel. Die moeten we eigenlijk als eerste benaderen." Hij verwijst hierbij ook naar Emmanuel

✦ *Mathijs Beckers maakt pro-nucleaire video's die geschikt zijn om snel te delen via sociale media. Onder de naam 'The Nuclear Humanist' heeft hij internationaal een groeiende groep volgers weten te bereiken.*

Macron, de president van Frankrijk die voor hij zijn ambt betrok een groot deel van de Franse kerncentrales wilde sluiten, maar tot inkeer kwam door kennis te nemen van de gevolgen van een eventuele uitfasering. Die omslag is bijzonder omdat mensen van nature niet zomaar van standpunt durven te veranderen. Michael Shermer, wetenschappelijk auteur,

historicus en oprichter van The Skeptics Society, wordt in dat licht door Beckers in zijn boek aangehaald: "People won't change their mind. It's about being a consistent tribal member." Mensen die 'uit de kast komen' wat betreft hun ideeën over kernenergie kunnen hun vrienden verliezen en die prijs moet je willen betalen. "Iemand zoals Bill McKibben,

environmentalist en medeoprichter van [www.350.org](http://www.350.org) zit nog 'in de kast' en is bang om eruit te komen en daarmee zijn milieubeweging in tweeën te splijten." Dit is een verschijnsel dat ook zichtbaar is binnen het IPCC-forum en de Verenigde Naties (Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change). Mensen moeten weten hoe het zit, maar zijn gebonden door de heersende dogma's van de groep.

### BOVENGRONDSE OPSLAG

Beckers hoopt dat de verschuiving die met Macron heel langzaam zichtbaar wordt, de komende jaren doorzet. Voor Duitsland komt die in ieder geval te laat. "De Duitsers hebben rond 2020 vijfhonderd miljard euro uitgegeven aan wind- en zonne-energie, terwijl ze voor dat geld vijftig kerncentrales hadden kunnen bouwen en daarmee voor hun stroomvoorziening CO<sub>2</sub>-vrij hadden kunnen zijn." Maar dan, hoor je de tegenstanders zeggen, hadden de Duitsers ook weer veel meer afval gehad, terwijl voor een eindberging nog geen maatregelen zijn genomen. "Ik ben tegen een eindberging van wat nu als radioactief afval wordt gezien. In de gebruikte splijtstof zit nog steeds bruikbare splijtstof en isotopen van bijvoorbeeld molybdeen, strontium, cesium en jodium die voor medische toepassingen zijn te gebruiken. Dat we het uranium en plutonium nu niet kunnen gebruiken, betekent niet dat ze voor altijd afval zijn. Bovengrondse opslag of opslag op een toegankelijke locatie is daarom een betere oplossing."

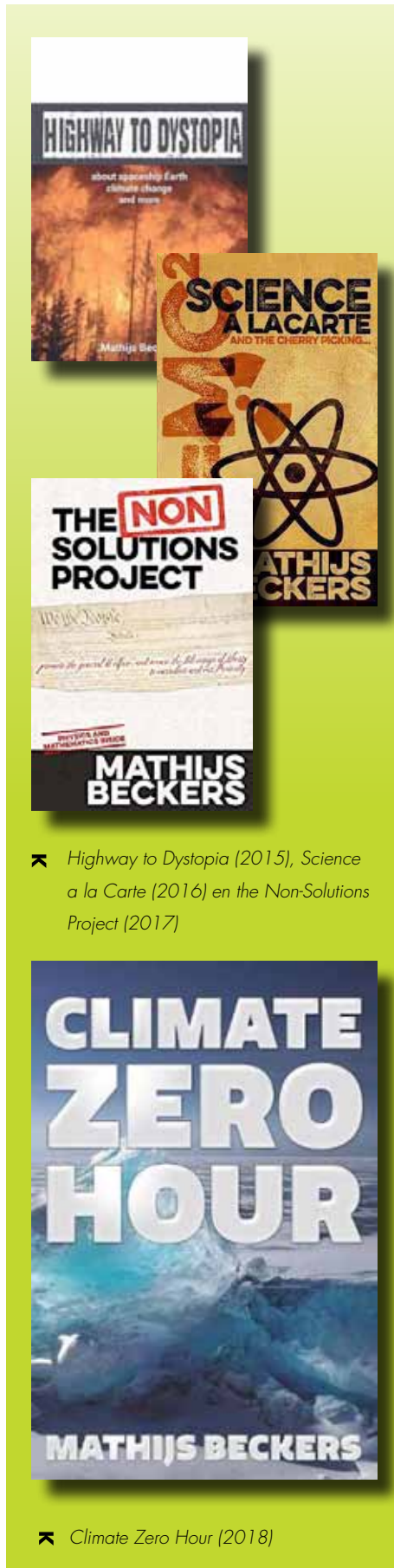
### KLIMAATVERANDERING KENT GEEN GRENZEN

Becker ijvert ervoor om nu in hoog tempo kerncentrales te bouwen. "Het gaat om uiterst betrouwbare installaties, zoals: de EPR, de AP1000 en de (Russische) VVER. Tegelijkertijd moeten we doorgaan met de ontwikkeling van generatie IV-reactoren en technieken die het mogelijk maken om reactoren met behulp van robots

te bouwen." We zullen ons tot 2030 vooral op de bouw van conventionele reactoren moeten richten. "Pas na 2030, als er nieuwe reactoren op de markt komen, belanden we wat betreft de klimaatverandering in een gunstiger vaarwater." De heersende argwaan waarmee nu nog in Europa en de VS kernenergie wordt benaderd, heeft voorsnog tot gevolg dat de Russen en Chinezen ons aan alle kanten voorbij streven. "De Russen en Chinezen zijn heel pragmatisch. Je ziet dat ze niet alleen conventionele kerncentrales bouwen, maar ook bouwen aan een nieuwe generatie reactoren, zoals snelle kweekreactoren en thoriumcentrales. Alles is erop gericht om op termijn over een complete nucleaire infrastructuur te beschikken om de landen van CO<sub>2</sub>-vrije energie te voorzien." Beckers legt uit dat die infrastructuur ook inhoudt dat er voldoende instroom van technici en wetenschappers is en dus dat de hoge scholen en universiteiten met het oog op de toekomst hun opleidingen aanpassen en uitbreiden. Beckers laat niet onvermeld dat de nucleaire infrastructuur in Nederland weliswaar gering is, maar toch behoorlijk compleet met de TU Delft, NRG met zijn labs, de HFR, de COVRA, EPZ en URENCO. De basis is goed; uitbreiding is noodzakelijk om tot een CO<sub>2</sub>-vrije energievoorziening te komen.

Een vijfde boek staat nog niet op de planning, maar Beckers werkt wel aan een documentaire in de geest van Robert Stone en het onlangs verschenen *The New Fire* van David Schumacher. Beckers wil zijn documentaire vrij verspreiden, geen kosten in rekening brengen om zijn kennis makkelijker te kunnen delen. "Ik wil mensen iets bieden waarmee we de toekomst in kunnen gaan. Klimaatverandering kent geen grenzen, dus mijn activiteiten om die tegen te gaan zijn ook grensoverschrijdend." **K**

*Menno Jelgersma*



➤ *Highway to Dystopia* (2015), *Science a la Carte* (2016) en *the Non-Solutions Project* (2017)

➤ *Climate Zero Hour* (2018)

# ITER VOOR DE HELFT GEREED

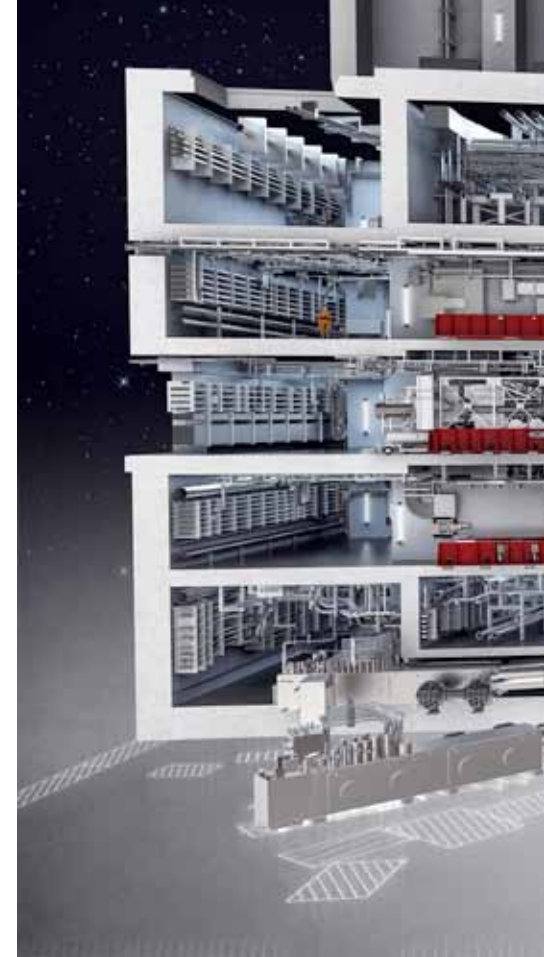
**K** **ITER is een mondiaal samenwerkingsproject met als doel de wetenschappelijke en technologische haalbaarheid aan te tonen van kernfusie als energiebron. Eind vorig jaar maakte de Director-General van ITER Bernard Bigot wereldkundig dat de uitvoering van het project, waarvoor de schop in 2010 de grond inging, op schema ligt en op de helft van zijn bouw was. Blijft het project op schema dan zal naar verwachting vanaf 2025 voor het eerst plasma in het Tokamak-reactorvat worden gevormd.**

De partners in het unieke ITER-project zijn de Europese Unie, Japan, Zuid-Korea, China, India, de Verenigde Staten en de Russische Federatie. ITER is daarmee de grootste internationale samenwerking en als big science project is alleen ISS groter in budget. ITER betekent in het Latijn 'de richting', 'de reis' of 'de weg' wat in deze context een symbolische waarde heeft. De betrokkenen realiseerden zich bij de start van het project dan ook dat het een lange en intensieve reis zou worden en trokken daarom voor de bouw een periode van tien jaar uit. Zoals Kernvisie Magazine eerder berichtte was de verwachting dat ITER na die periode van tien jaar wel klaar zou zijn, niet haalbaar. Factoren zoals de ongelofelijke complexe organisatie waren daaraan debet. Toch liet Director-General Bernard Bigot eind 2017 weten dat de bouw volgens planning verliep en dat toen 50 procent van de constructiewerkzaamheden was voltooid. Aanvankelijk was nog gedacht om 'first plasma' in 2020 te halen, maar problemen 'onderweg' hebben die datum naar achteren geschoven, zij het minder

ver dan eerst gedacht. De inhaalslag op het aanvankelijk lastig van de grond komen van het project is te danken aan aanpassingen in het projectmanagement en de bereidheid van betrokken partijen om aan hun verplichtingen te voldoen.

## **BIJDRAGE AAN ENERGIEVOORZIENING VANAF 2070**

Effectieve deuterium-tritium-fusie wordt in 2035 verwacht. De eerste stap daartoe zal een vermogensopshaling zijn en het creëren van de eerste waterstof-helium plasma's in de Tokamak in 2025. Maar ook als 2025 echt wordt gehaald is het tijdspad lang en komt volgens veel critici de ITER te laat tot leven om op tijd een bijdrage te kunnen leveren aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-emissies om de negatieve gevolgen van klimaatverandering tegen te gaan. ITER is een experimentele reactor die eerst nog moet gaan aantonen dat kernfusie kansrijk is. De reactor zelf zal namelijk nog geen stroom leveren. De mogelijkheid om feitelijk stroom te kunnen leveren moeten de navolgende demo's



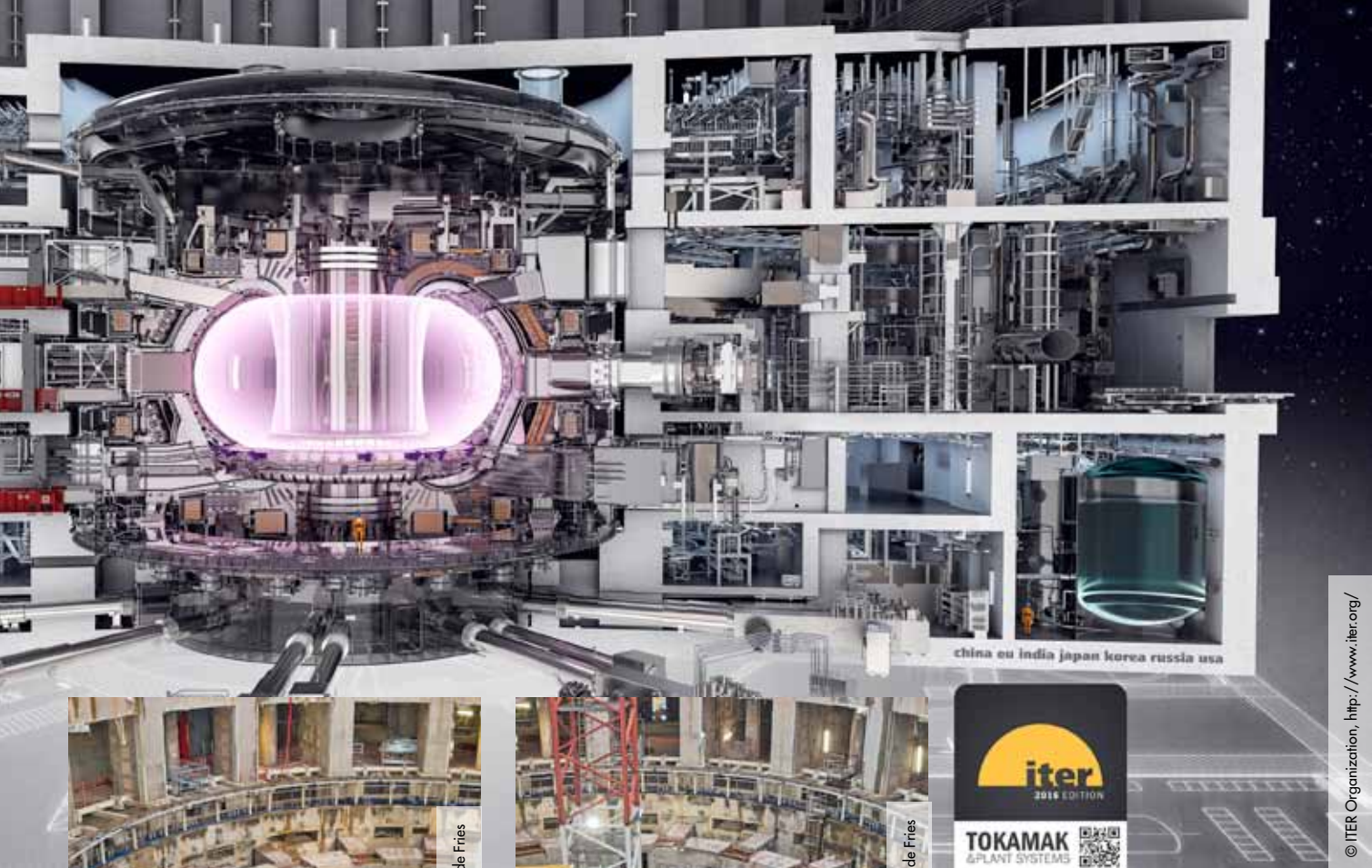
gaan aantonen. Pas als dat het geval blijkt, kunnen de allereerste commerciële centrales in bedrijf komen. Vanaf 2070 zou dan een merkbare bijdrage aan onze energievoorziening geleverd kunnen worden.

Het lijkt alsof er met de ontwikkeling van kernfusie geen vooruitgang wordt geboekt. Maar als je de ontwikkeling volgt, blijkt die net zo snel te kunnen gaan als voor wind, zon en, wat langer geleden, voor kernsplijting. Bronnen ontwikkelen zich met iets wat op een universele groeisnelheid lijkt met een factor tien groei in elke tien jaar. En als kernfusie grootschalig beschikbaar komt, zal het CO<sub>2</sub>-vrij zijn, een gesloten fusiebrandstofcyclus hebben en slechts een beperkte hoeveelheid afval produceren dat voor relatief korte duur radioactief zal zijn.

## **DRIËNHALVE EIFFELTOREN**

Het enorme project wordt qua kosten geraamd op 20 miljard euro. Maar wat het uiteindelijk gaat kosten, zal niet duidelijk worden omdat de zeven leden, EU, China, Japan, Rusland, India, USA,





© ITER Organization, <http://www.iter.org/>



➤ Zicht op de Tokamak pit.



➤ Het fundament waarop de fusiereactor gebouwd gaat worden.



➤ Zicht op werkplatform in de centrale werkhal



➤ Laswerkzaamheden in de centrale werkhal

en Zuid-Korea niet in geld maar voor tachtig à negentig procent in de vorm van onderdelen ('in kind') bijdragen. Zo kan elk ITER-lid onderdelen leveren die weliswaar in kosten kunnen worden geraamd, maar of dat lid meer of minder geld aan de productie besteedt, verandert niets aan de afgesproken 'in-kind waarde'. Het onderdeel wordt geleverd en daarmee is de kous af. Elk van de zeven participanten heeft een eigen organisatie met bijbehorende systemen

voor aanbestedingen. Wie nu het terrein bezoekt kan een kijkje nemen in wat het heilige der heiligen voor fusiefanaten is, maar eigenlijk voor iedereen die zich een toekomst voorstelt met een onuitputtelijke energiebron: de betonconstructie waarin het reactorvat, de donutvormige Tokamak, geplaatst zal worden. Deze staat centraal in het Tokamakcomplex, een 400.000 ton wegend gebouw waarin de reactor en de tritium-gebouwen zijn opgenomen. Het is het project van de grote getallen

➤ Doorsnede van het Tokamakgebouw met centraal de Tokamak, de donutvormige reactorkern waarin de fusie plaatsvindt

met een reactor waarin een hoeveelheid staal zal zijn verwerkt gelijk aan die van drieënhalve Eiffeltoren. Op deze plaats zal op een onderlinge afstand van een paar meter een temperatuurverschil worden gecreëerd van enkele graden boven het absoluut nulpunt tot 150 miljoen graden Celsius, zijnde ongeveer de maximale en de minimale temperaturen die in het universum te meten zijn.

**NEUTRONEN**

Een fusiereactor is een energieconversie plant met hoogenergetische neutronen als primaire energiedrager. Wanneer er fusie plaatsvindt, ontsnappen er uit het plasma hoogenergetische neutronen die hun energie afgeven aan een koelmiddel, net zoals dat het geval is bij bestaande splijtingsreactoren en centrales die op fossiele brandstoffen draaien. Het gedrag van neutronen mag nogal grillig lijken, het is goed voorspelbaar op basis van zeer gedetailleerde analyses, gestaafd met ➤

vele experimentele verificaties. Sommige botsen bovenop atomen in de wand van het reactorvat, verliezen hun energie en 'verdwijnen', sommige schieten dwars door de wanden heen en botsen pas later. Weer andere neutronen kunnen ergens op hun pad worden geabsorbeerd door een atoom en/of veroorzaken een transmutatie. Om te voorkomen dat grote delen van de constructie radioactief worden geactiveerd, kiest de ITER-organisatie voor het gebruik van roestvaststaal met bekende eigenschappen en strikte limieten voor bijvoorbeeld kobalt, waardoor de reactor na gebruik minder tijd nodig heeft om (radioactief) af te koelen. Er zijn zowel isotopen van kobalt die geactiveerd worden, als kobaltisotopen die ontstaan uit verval van geactiveerd ijzer of nikkel. Vanwege de straling wordt uitgebreid onderzoek gedaan naar de beste stralingsafscherming rond de Tokamak. De faciliteit is zodanig

© ITER Organization, <http://www.iter.org/>

✎ *Ir. Jaap van der Laan, verantwoordelijk voor de technische coördinatie van ontwerpactiviteiten van experimentele Test Blanket Systems bij ITER.*

ontworpen dat de materialen met de hoogste radioactiviteit in het centrum van het complex worden gehouden omgeven door verschillende afschermende lagen. Waar mogelijk vindt onderhoud en herstel plaats met behulp van remote handling. Een betonnen wand van enkele meters dik en dertig meter hoog, het zogenaamde bioshield, omgeeft de Tokamak om de werknemers en de omgeving te

beschermen. Openingen in dit bioshield voor onderzoek en remote handling zijn voorzien van pluggen die voorkomen dat straling ontsnapt. Maar voor daar de kans toe bestaat, zal eerst plasma in het Tokamak-reactorvat moeten worden gevormd en dat zal naar verwachting pas vanaf 2025 het geval zijn. **K**

*Menno Jelgersma*

## KERNFUSIE

Bij kernfusie smelten kernen van verschillende atomen samen waarbij andere, zwaardere kernen worden gevormd. Bij het samensmelten van een tritiumkern en een deuteriumkern is de massa van de door fusie ontstane heliumkern en het daarbij vrijkomende neutron tezamen lager dan de totale massa van de fuserende deuterium- en tritiumkern. Volgens Einstein is massa uitwisselbaar met energie zoals in zijn beroemde formule staat weergegeven:  $E=mc^2$ . Dat is de reden dat er bij kernfusie energie vrijkomt. Het fuseren van zware atomen kost echter energie. Bij zware atomen levert juist de splijting (fissie) van atomen energie op. De overgang tussen 'licht' (waar fusie massa omzet in energie) en 'zwaar' (waar splijting massa omzet in energie) ligt bij het element ijzer. De splijtingsproducten van bijvoorbeeld uranium-235 hebben tezamen minder massa dan de splijtingsproducten daarvan. Deze vrijgekomen energie wordt ook wel de bindingsenergie genoemd. Dat splijting of fusie veel energie kan opleveren blijkt uit Einsteins formule. Voor de beeldvorming: 1 kilogram fusiemateriaal levert net zoveel energie op als de verbranding van ruim 4 miljoen kilogram olie, maar dan  $CO_2$ -vrij en, zoals bij splijting wel het geval is, zonder de vorming van radioactieve splijtingsproducten. Sinds de wetenschap rond 1920 begreep hoe het kan dat de zon zoveel energie uitstraalt, is het een droom geweest om die energiebron op aarde na te bouwen. Kernfusie zoals in ITER is geen kettingreactie. Er komen geen deeltjes bij vrij die direct een nieuwe fusie kunnen veroorzaken, zoals bij kernsplijting de vrijgekomen neutronen wel een kettingreactie in gang kunnen zetten. Het fusieproces kan slechts aan de gang worden gehouden onder extreem hoge temperatuur en druk, zoals die in het inwendige van een ster zoals de zon heersen. In een fusiereactor geschiedt het proces bij de extreem hoge temperatuur van 150 miljoen graden. Bij zulke hoge temperaturen vormt materie een plasma. Dit is een heet gas van positief geladen atoomkernen en negatief geladen elektronen. Een plasma kan dankzij de elektrische lading van die deeltjes vastgehouden worden in een ringvormige reactor met behulp van krachtige magneetvelden. De energie die vrijkomt als de atoomkernen fuseren kan dan worden gebruikt om elektriciteit op te wekken. Het doel van ITER is het bijdragen aan de realisatie van een prototype fusie-energie die voldoet aan de eisen die de maatschappij daaraan stelt: veilig, betrouwbaar, ruim voorradige brandstof, minimale milieubelasting en economisch rendabel.

*Menno Jelgersma*



## PROTESTEREN VÓÓR KERNENERGIE IN DUITSLAND

**Op 21 oktober vond op de Marienplatz in München een opmerkelijk feest plaats: het Nuclear Pride Fest, een grote manifestatie vóór kernenergie, georganiseerd door de onlangs opgerichte Nuclear Pride Coalition. Pal onder de wereldberoemde klok van het Raadhuis, stonden informatiestands met namen als 'Fun with radiation' en 'Gallery of insight' waar je uitleg kon krijgen over het meten van straling of met een quizje je kennis over kernenergie kon testen. Dit alles om de centrale boodschap van het festival voor het voetlicht te brengen: Kernenergie is onmisbaar wanneer we naar een CO<sub>2</sub>-arme samenleving willen.**

### NEDERLANDSE INBRENG

Vanuit Urenco Nederland reisde een bus met 56 mensen naar München om het festival te supporten. Niet alleen Urenco-collega's, maar ook echtgenotes en kinderen waren van de partij. Daarmee maakte Nederland goede sier. Ook vanuit de Nederlandse Ecomodernisten en Nuclear4ClimateNL waren veel mensen aanwezig. De grote Nederlandse inbreng in het Fest vertaalde zich in veel positieve media-aandacht in de dagen en weken die volgden, van Nieuwsuur tot Lubach, van Volkskrant tot RTLZ.

### ZANG EN DANS EN SPEECHES

Verspreid over de dag trok het festival honderden mensen. De sfeer was prima en tegendemonstraties bleven gelukkig uit. De Polizei zag erop toe dat alles vreedzaam verliep. Naast zang- en dansvoorstellingen, waren er de hele dag door toespraken. Hoogtepunt was de toespraak van Environmental Progress President Michael Shellenberger. Hij riep de aanwezigen op om de schroom van zich af te werpen en vol trots uit te komen voor hun support voor kernenergie. "We are the new gay," riep hij met gebalde vuist.

De reacties van voorbijgangers op het Nuclear Pride Fest waren over het algemeen goed. Veel mensen waren nieuwsgierig en bezochten de stands om zich te verdiepen in de informatiepanelen. Vaak klonk een positief verbaasde reactie over de gepresenteerde feiten. Ondertussen lieten kinderen zich schminken en gingen vele gezinnen op de foto met Melty de ijsbeer.

### NUCLEAR PRIDE COALITION

De internationale groep initiatiefnemers, onder aanvoering van Michael Shellenberger, is nogal groen en links. Opmerkelijk, want groene en linkse mensen zijn doorgaans tégen kernenergie. Vanuit een persoonlijke drive, zetten ca. 50 pro-nucleaire actievoerders het festival in nog geen 8 weken tijd op poten. Een prachtige prestatie en één die volgend jaar hopelijk navolging vindt in Parijs.

*Judith Slijkhuis, URENCO*

### DE FOUNDING MEMBERS VAN DE NUCLEAR PRIDE COALITION ZIJN:

- Ecomodernist Society (Finland)
- Ecomodernist Society (Nederland)
- Energy for Humanity (VK - Zwitserland)
- Environmental Progress (U.S.)
- Humanistische partij (Duitsland)
- Generation Atomic
- Mothers for Nuclear (Zwitserland)
- Nuclearia (Duitsland)
- Duitse Werkgeversvereniging (Duitsland)
- Saving Our Planet (Frankrijk-VK-Noorwegen-Turkije)
- Ecomodernist Society ("Ecomodern", Duitsland)
- De Thorium MSR Foundation (Nederland)
- Students for Nuclear (VS)
- Voices of Nuclear (Frankrijk)



© ITER Organization, <http://www.iter.org/>



## INBEELD

### LASPROEF MOCK-UP-SECTOREN ITER- VACUÛMVAT

Om er zeker van te zijn dat het laswerk aan alle eisen voldoet om de extreme omstandigheden in het ITER-reactorvat te kunnen weerstaan, zijn recentelijk bij constructiebedrijf ENSA in Madrid twee mock-up-sectoren op ware grootte van het ITER-vacuümvat gemaakt, elk met een hoogte van een flatgebouw van zes verdiepingen.

ENSA gebruikt de mock-up om het gereedschap, dat speciaal werd ontwikkeld binnen het contract van het bedrijf met de ITER-organisatie, in gebruik te nemen en uitvoerig te testen. Het 'echte' laswerk in de Takomak-pit in Cadarache (F) staat gepland om van start te gaan in de herfst van 2020 en zal vier jaar in beslag nemen.

# WORLD NUCLEAR ASSOCIATION POCKET GUIDE 2018/19



**Onlangs is de nieuwe World Nuclear Association Pocket Guide 2018/19 verschenen. In ruim veertig pagina's behandelt de kleine gids vier hoofdonderwerpen waarin de laatste up-to-date feiten zijn opgenomen over onder anderen CO<sub>2</sub>-uitstoot van verschillende landen en hun energiegebruik. De gids is gratis te downloaden via de WNA-website. Helaas is de hard copy van de gids slechts beperkt beschikbaar.**

De World Nuclear Association Pocket Guide 2018/19 is een gids met veel foto's, illustraties en statistieken en geeft basisinformatie die voor iedereen toegankelijk is. De gids is ingedeeld in vier hoofdstukken: Kernenergie, energie en omgeving - Hoe veel kooldioxide komt er bij welke bron vrij? Welke landen hebben de hoogste en welke de laagste CO<sub>2</sub>-emissie? Hoe kan kernenergie een bijdrage leveren aan het terugdringen van de klimaatverandering? Straling - Wat is straling en welke soorten ioniserende straling zijn er? Waar komt het vandaan? Hoe kan het gemeten worden? Welke stappen kunnen worden ondernomen om iemand tegen hoge doses straling te beschermen? Kernreactoren - Hoe werkt een kernreactor? Welke verschillende typen kernreactoren worden gebruikt? Welke landen hebben voor kernenergie in hun stroombehoefte gekozen? Uranium van mijn tot reactor - Waar komt uranium vandaan? Welke landen zijn de grootste producenten? Hoe wordt uranium uit het erts gehaald en geschikt gemaakt voor gebruik in een kerncentrale?

## HARMONY GOAL

Uiteraard heeft de WNA ook een missie en bepleit de noodzaak van kernenergie als bijdrage om de klimaatverandering tegen te gaan. De gids verwijst naar een studie van de IAEA en de enorme besparing aan de uitstoot van CO<sub>2</sub> door bestaande reactoren in vergelijking met fossiele brandstoffen en ook, maar dan bescheidener, ten opzichte van renewables. Met een bijdrage van ruim tien procent aan de mondiale stroomproductie in 2017 voorkomt kernenergie een extra CO<sub>2</sub>-uitstoot van 2,1 miljard ton in een jaar. Volgens de International Energy Agency (IEA) heeft kernenergie de uitstoot voorkomen van ongeveer 56 gigaton CO<sub>2</sub>, wat overeenkomt met twee jaar wereldwijde emissie op basis van de huidige uitstoot. De IEA voorspelt een stijging in de mondiale stroombehoefte van tachtig tot honderddertig procent in 2050. Onderzoek toont aan dat een aanzienlijke beperking in koolstofuitstoot in combinatie met de groeiende vraag naar stroom niet haalbaar is zonder kernenergie als belangrijk onderdeel van de energiemix.



Pocket Guide  
Environment • Radiation • Reactors • Uranium

Om de klimaatdoelen te halen zal tegen 2050 25% van de stroomvoorziening door kernenergie gegenereerd moeten worden wat inhoudt dat er zo'n 1.000 GWe aan nieuwe kerncentrales nodig is. Om dit te halen heeft de nucleaire industrie een plan van aanpak bedacht waarbij er 10 GWe per jaar extra nodig is tussen 2018 en 2020; 25 GWe per jaar tussen 2021 en 2025; en 33 GWe per jaar tussen 2026 en 2050. Om tot dit 'Harmony Goal' te komen, is onder meer een level playing field voor alle koolstofarme technologieën nodig. Het doel is alleen te bereiken wanneer er eendrachtig wordt samengewerkt in de gehele nucleaire community: "Harmony provides the framework for the nuclear industry to deliver its potential." **K**

*Menno Jelgersma*

*De Pocket Guide is te downloaden via: [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org) of <https://bit.ly/2S2K7sf>*



© ANVS

➤ Marco Brugmans (ANVS) en Gillian Hirth (ARPANSA) ondertekenen de samenwerkingsovereenkomst.

## ANVS EN ARPANSA ONDERTEKENEN SAMENWERKINGS-OVEREENKOMST

De plaatsvervangend bestuursvoorzitter van de ANVS Marco Brugmans en de plaatsvervangend algemeen directeur van de Australian Radiation Protection And Nuclear Safety Agency (ARPANSA) Gillian Hirth, ondertekenden op woensdag 19 september 2018 tijdens de IAEA General Conference in Wenen een samenwerkingsovereenkomst. In

deze overeenkomst is vastgelegd hoe zij hun samenwerking gaan vormgeven. Het sluiten van deze overeenkomst is mede gericht om informatie over onderzoeksreactoren uit te wisselen met het oog op de bouw van de Pallas reactor. De ANVS en de ARPANSA zien in respectievelijk Nederland en Australië toe op de nucleaire veiligheid en op de

bescherming van de bevolking en het milieu tegen het gevaar van ioniserende straling. Beide organisaties hechten een groot belang aan het delen van informatie met betrekking tot reglementaire vraagstukken en standaarden voor de regulering van veiligheid, beveiliging en milieueffecten van nucleaire installaties.

### SAMENWERKEN EN INFORMATIE UITWISSELEN

In de samenwerkingsovereenkomst staat beschreven hoe de beide autoriteiten hun samenwerking gaan vormgeven en waarover ze elkaar gaan informeren. Verder maken ze in de overeenkomst afspraken over deelname aan opleidingen en trainingen en samenwerking op het gebied van onderzoek. Samenwerken is voor de ANVS als kennisintensieve organisatie zeer belangrijk. Daarom wordt nauw samengewerkt met internationale organisaties, autoriteiten in buurlanden en nationaal belanghebbenden. Op die manier wil de ANVS haar kennis met andere delen en kennis ophalen waarover de ANVS niet beschikt. **K**

Bron: ANVS



## PROMOTIE PELIN ÇAKIR

Op dinsdag 23 oktober heeft Pelin Çakir haar proefschrift getiteld Redox behaviour of model systems for spent nuclear fuel surfaces bij de TU Delft verdedigd ten overstaan van een commissie met als promotor prof. dr. Rudy Konings. Çakir heeft haar onderzoek uitgevoerd bij het Joint Research Center in Karlsruhe in de leerstoel

Chemie van de nucleaire splijstofcyclus van TU Delft onder leiding van prof. dr. Rudy Konings. De leerstoel wordt in Delft mede ingevuld door dr. Anna Smith. Çakir heeft onderzocht in welke mate het oppervlak van de uraniumoxidematrix in gebruikte splijstof oxideert gedurende de opslag in een bovengrondse of ondergrondse faciliteit. Alhoewel Nederland ervoor gekozen heeft om de gebruikte splijstof van de kerncentrales in Dodewaard en Borssele te recycleren en het afval te verglazen, wordt de splijstof van de onderzoeksreactoren in Petten en Delft wel direct opgeslagen. Çakir heeft de oppervlakteverandering onder invloed van straling onderzocht voor thoriumoxide en voor de mengoxiden van uranium-thorium, uranium-plutonium en uranium-neptunium. Het proefschrift is te downloaden via: <https://repository.tudelft.nl> **K**



## **IAEA: NEDERLAND HEEFT REGELGEVEND KADER AANZIENLIJK VERSTERKT**

**Staatssecretaris Stientje van Veldhoven heeft in november in Den Haag het conceptrapport van de IRRS-vervolgmis­sie in ontvangst genomen van het review team van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) waarin staat dat bijna alle van de 26 aanbevelingen en 19 suggesties uit 2014 zijn overgenomen. Van Veldhoven sprak haar waardering uit voor het rapport. Zij gaf daarbij aan grote waarde te hechten aan adviezen van het IAEA en bedankte de betrokken medewerkers voor hun deskundige bijdrage aan het nog veiliger maken van Nederland.**

Met het bezoek aan Nederland van 19 tot 26 november gaf het IAEA een vervolg aan de Integrated Regulatory Review Service (IRRS) missie van 2014. De vervolgmis­sie werd uitgevoerd op verzoek van de Nederlandse overheid, georganiseerd door de ANVS met ondersteuning van het ministerie van VWS. Bij de missie in 2014 deed het reviewteam, bestaande uit internationale experts van het IAEA, 26 aanbevelingen en 19 suggesties voor het verbeteren van de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming in Nederland. Afgelopen week heeft het internationale reviewteam onderzocht of de aanbevelingen en suggesties zijn opgevolgd. Eén van de belangrijkste aanbevelingen was dat er een onafhankelijke organisatie moest komen om de nucleaire veiligheid en

stralingsbescherming te borgen. Op 1 januari 2015 is de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) van start gegaan en in augustus 2017 een zelfstandig bestuursorgaan geworden.

### **ENTHOUSIASME EN TOEWIJDING**

“Het team was onder de indruk van het enthousiasme en toewijding van de ANVS-medewerkers in hun aanpak van het verbeteren van het regelgevend toezicht”, aldus teamleider Andrej Stritar, Directeur van de Slovenian Nuclear Safety Administration. Bij het aantreden van de missie in 2014 schrok Stritar aanvankelijk van de versnippering van verantwoordelijkheden onder de betrokken instellingen, bedrijven en onderscheidenlijke ministeries en de complexiteit die dat tot gevolg had om tot goed toezicht te komen. Het feit dat

mensen niet met elkaar wilden, konden of mochten praten, maakte de situatie alleen maar lastiger. Het was dan ook op zijn minst opmerkelijk te noemen dat het, in positieve zin ‘Nederland’ was gelukt om praktisch alle aanbevelingen en suggesties binnen een relatief kort tijdsbestek van vier jaar over te nemen. Stritar noemde zijn vervolgmis­sie daarom gekscherend ‘slaapverwekkend’. “Meestal als we na een aantal jaren terugkomen, is vijftig procent van de aanbevelingen en suggesties overgenomen. Hier in Nederland bijna alles.” Een vermeldenswaardige prestatie volgens Stritar: “We kwamen hier om het systeem van toezicht op de nucleaire veiligheid te verbeteren en om de best practices die we hier zouden opdoen met andere landen te delen.” Die opzet lijkt nu meer dan geslaagd.

### **CONTINU VERBETEREN**

Het werk van de vervolgmis­sie bestond uit het beoordelen van de voortgang van de uitvoering van aanbevelingen en suggesties door de regelgeving en de werkwijzen van de overheid te vergelijken met de eisen en richtlijnen van het IAEA. Daarnaast sprak het reviewteam met deskundigen van de betrokken overheden. Het IAEA geeft aan dat er opvallende verbeteringen in de wettelijke kaders voor nucleaire veiligheid en



stralingsbescherming bij de onafhankelijke ANVS te zien zijn op samenwerking, deskundigheid, crisisbeheersing en het op orde hebben van de systemen en planning van vergunningen. “Continu verbeteren is het leidende principe voor Nederlandse vergunninghouders en de autoriteit” zegt Jan van den Heuvel, bestuursvoorzitter van de ANVS. “We zoeken doorlopend naar manieren om onze organisatie en de manier waarop we werken te verbeteren, samen met onze partners. De waardevolle bevindingen helpen ons hierbij.”

## TWEDE KAMER

“Ik heb veel vertrouwen in de kracht van onze gezamenlijke inspanningen om de veiligheid te vergroten”, zei Van Veldhoven. “En ik ben verheugd dat de positieve bevindingen in dit rapport dat vertrouwen bevestigen, we blijven op deze manier samenwerken om de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming verder te borgen en continu te verbeteren.” David Senior, afdelingshoofd Regulerende Activiteiten van de IAEA: “De missie heeft laten zien dat Nederland hoge prioriteit geeft aan het waarborgen van de wettelijke kaders en dat de organisatie van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming effectief georganiseerd is met als doel inwoners en werknemers te beschermen.” Het officiële rapport van het IAEA verschijnt naar verwachting in het eerste kwartaal van 2019 en wordt aansluitend naar de Tweede Kamer gestuurd. In dit rapport zijn de bevindingen over hoe Nederland voldaan heeft aan de aanbevelingen terug te vinden. De resultaten worden ook aan de Europese Commissie en andere lidstaten gemeld. Met de succesvolle afsluiting van de vervolgmisssie kan de ANVS echter niet op haar handen gaan zitten. Strital: “Veiligheid blijft een proces van continue verbetering. Dit gaat voor altijd door en we zullen nooit de eindstreep bereiken.” Een volgende missie staat voor 2024 op het programma. **K**

# COLUMN



## KERNCENTRALE-KLAAS

Plotseling was hij daar. Als een duveltje uit een doosje: Klaas Dijkhoff. Zonder nieuwe kerncentrales zijn de klimaatdoelen onhaalbaar, zei de VVD-fractievoorzitter in de Tweede Kamer begin november. Twijfel had hij niet. Onhaalbaar. Pats! Vol op het orgel, noem je dat. Dijkhoff had het nog niet gezegd of hij leek al een rechtse meerderheid achter zich te hebben. Zowel PVV als

FvD zijn namelijk dol op kernenergie. De SGP is zeker niet afkerig en ook het CDA is er absoluut niet vies van. Sterker nog, het waren CDA en VVD die in 2010 in hun gezamenlijke regeerakkoord schreven: “Meer kernenergie is nodig.” Maar nadat hun kabinet al snel was gesneuveld, was de VVD bij de volgende verkiezingen alweer minder enthousiast. In het verkiezingsprogramma 2012 stond slechts dat er een centrale gebouwd ‘mocht’ worden, zonder overheids geld welteverstaan. Bij de volgende verkiezingen, in 2016, stond er niets meer over kernenergie in het programma, terwijl het in 2006 ‘essentieel’ was en in 2002 ‘niet bij voorbaat uitgesloten’.

Dat de VVD zwabbert, werd helemaal pijnlijk duidelijk vijf dagen vóór Dijkhoff’s hartenkreet. Toen debatteerde de Tweede Kamer over het Klimaatakkoord, de nationale marsroute naar het behalen van ons klimaatdoel. Maar waarover de VVD het ook had, kernenergie was het niet. De liberalen spraken met geen woord over wat vijf dagen later volgens Dijkhoff ineens cruciaal was.

Haagse volgers halen hun schouders op; dit is zoals het gaat. Een dingetje doen voor de achterban, ‘rechts’ wat wind uit de zeilen nemen, het moment pakken – geef het maar een naam. Momenten die plots op tafel ploffen, één week – nou vooruit, twee weken – buitensporig veel aandacht krijgen om vervolgens net zo plots weer van tafel te gaan.

Misschien is het deze keer anders, maar voorlopig blijft kernenergie de Heintje Davids onder de energiebronnen, met als belangrijkste verschil dat zij wél een imposante carrière had. **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 energienieuwsvaardij Energeia. De Boer is sinds 2012 columnist bij Delft Integraal, het wetenschappelijke magazine van de TU Delft. In 2015 verscheen zijn boek ‘Tussen hoogmoed en histerie’, een reconstructie van de strijd tegen schaliegas in Nederland.*



# EERSTE PATIËNT BEHANDELD MET PROTONEN IN DELFT

K Marco van Vulpen



**In Delft is onlangs de eerste patiënt van HollandPTC succesvol bestraald met protonen. Het is na Groningen de tweede kliniek in Nederland die met protonen patiënten behandelt. Inmiddels hebben al meer patiënten de weg naar HollandPTC gevonden voor een behandeling. Na een intensieve voorbereidingsperiode wordt het aantal patiënten de komende tijd gefaseerd uitgebreid naar 600 in 2020. Naar verwachting wordt ook in Maastricht binnen afzienbare tijd een protonenkliniek in gebruik genomen.**

Met de ingebruikname van HollandPTC wordt de behandelcapaciteit van deze voor Nederland nieuwe bestralingstechniek tegen specifieke soorten kanker aanzienlijk uitgebreid. Of de bestraling succesvol is, valt volgens Ilse Groesz, woordvoerder van HollandPTC nog niet te zeggen. "Het antwoord daarop is lastig te geven. De bijwerkingen op de korte termijn vallen mee, in die zin voldoen de resultaten. Maar het is nog te vroeg om iets te zeggen over de bijwerkingen op de lange termijn." Tot nu toe komen de patiënten uit ziekenhuizen uit de regio, maar HollandPTC werkt met alle ziekenhuizen in Nederland samen en alle radiotherapeuten kunnen naar de Delftse faciliteit verwijzen. Om de behandelingen goed te kunnen volgen werkt het HollandPTC met detacheringen van medici vanuit de ziekenhuizen. "We zijn een open werkplaats waarbij de radiotherapeuten uit de verwijzende ziekenhuizen ook deels werkzaam zijn bij HollandPTC", aldus Groesz. Voor

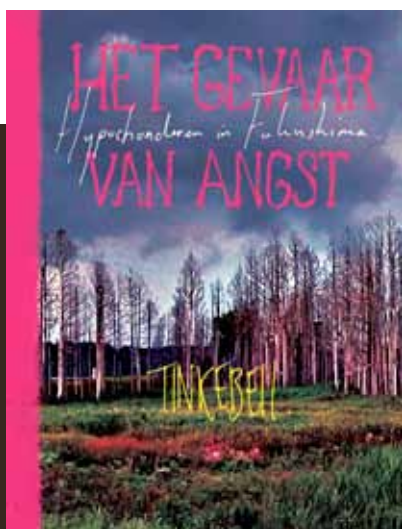
het bestralen van kinderen heeft Delft geen vergunning, maar die kunnen in Groningen terecht bij het UMCG Protonentherapiecentrum dat op dit moment het enige centrum in Nederland is dat kinderen in behandeling neemt. Hiervoor werkt het UMCG intensief samen met het Prinses Máxima Centrum in Utrecht. Het UMCG was de eerste instelling in Nederland waar patiënten al vanaf januari

met protonentherapie behandeld worden. Naar verwachting wordt ook in Maastricht binnen afzienbare tijd een protonenkliniek in gebruik genomen.

Tegelijk met de bestraling van patiënten wordt binnen HollandPTC een omvangrijk wetenschappelijk onderzoeksprogramma uitgerold waarvoor de eerste studies binnenkort zullen starten. HollandPTC heeft in totaal drie behandelkamers waarvan de eerste nu in gebruik is genomen. De tweede behandelkamer is binnen afzienbare tijd operationeel. De derde, die als enige in Nederland is ingericht voor de behandeling van patiënten met oogtumoren, zal in de loop van 2019 open gaan. "Wij zijn trots en blij dat alles goed is verlopen en we werken nu hard aan de verdere vergroting van onze capaciteit en de uitvoering van ons onderzoeksprogramma", aldus medisch directeur van HollandPTC Marco van Vulpen. Naast patiëntenzorg zijn onderwijs en wetenschappelijk onderzoek naar de meerwaarde en effectiviteit van protonentherapie en de (technische) verbetering van deze behandeling belangrijke speerpunten van HollandPTC. "Dat is een belangrijke reden dat ons centrum is gevestigd op de technische campus van de TU Delft, uniek voor Nederland", aldus Van Vulpen. Vrijdag 30 november vond de officiële opening plaats, waar de eerste patiënt een van de eregasten was. **K**

## TPROTONENTHERAPIE

*Protonen hebben in vergelijking met fotonen die in conventionele radiotherapie worden gebruikt fundamenteel andere eigenschappen. Protonen zijn positief geladen deeltjes die hun maximale dosis afgeven bij het bereiken van een bepaalde indringdiepte. Het belangrijkste voordeel van protonentherapie is dat tumoren daardoor veel gericht kunnen worden aangepakt, met veel minder schade aan het omliggende weefsel. Voor sommige kankersoorten, bijvoorbeeld rond het oog, het hoofd-, halsgebied en de hersenen is een dergelijke precieze bestraling van groot belang. Ingrijpende bijwerkingen kunnen met protonentherapie voorkomen worden. Deze en andere patiënten die nu nog met conventionele radiotherapie behandeld worden, zullen duidelijk voordeel hebben bij de nieuwe therapie.*



© C. Ruben Orieel

## BOEKBESPREKING TINKEBELL - HET GEVAAR VAN ANGST



**Er is niets moeilijkers dan mensen van gedachten te laten veranderen. Zeker wanneer het gaat om emotionele zaken waar elementen van angst, boosheid en verdriet bij zijn betrokken. Dat gegeven alleen al maakt het boekje *Het gevaar van angst, hypochonderen in Fukushima* van Tinkebell een bijzonder document.**

Ze begint haar verhaal met een fragment van een brief aan haar geliefde F.: "Ik heb je al heel veel geschreven. Te veel, want ik weet dat je mijn laatste brieven ongeopend in een doos hebt opgeborgen. Maar ik moet je iets vertellen. Ik ben van gedachten veranderd." In de bladzijden die volgen schrijft ze beurtelings over haar bevindingen tijdens haar verblijven in Japan en openhartige fragmenten van brieven aan dezelfde F. En langzaam wordt duidelijk hoe haar visie op kernenergie en straling verandert wanneer ze er meer over te weten komt.

Na de kernramp werd Fukushima talloze keren bezocht door journalisten. Veel van deze journalistieke producties werden

gemaakt volgens de 'hit and run' techniek waarbij ze maar kort in de ontruimde zones waren uit angst voor de straling. Het Groene Kruis echter organiseert een studiereis voor leken en experts van een week. Wanneer de kunstenaar Tinkebell in 2015 wordt uitgenodigd om mee te gaan, is ze in eerste instantie verbaasd. Weten ze bij het Groene Kruis dan niet dat ze niets weet van kernenergie en dat ze een kunstenaar is waar alleen maar trammelant van komt als ze zich ergens mee gaat bemoeien? Maar het Groene Kruis wil juist graag trammelant en dus vertrekt Tinkebell voor een studietour rondom het rampgebied van Fukushima. Ze keert nog drie keer terug naar het gebied. De tweede keer wederom met het Groene Kruis, de derde keer samen

met een goede vriend voor drie weken en de vierde reis in de zomer van 2018.

Tinkebell wil Fukushima en de mensen observeren waarbij ze zich niet wil laten beïnvloeden door enige voorkennis. Kan het eigenlijk wel? Onbevangen en onbevooroordeeld afreizen naar Fukushima waar na de kernramp al zo ontzettend veel is geschreven en gefilmd? Misschien juist omdat ze geen expert of journalist is, lukt het haar om onbevangen verslag te doen vanuit de gedecontamineerde zones. Met de nodige zelfspot en, voor een groot gedeelte van de tijd, zonder geigeteleer, dwaalt ze door de verlaten dorpen met leegstaande en vervallen huizen. Maar ze interviewt ook de mensen die zijn geëvacueerd en in sommige gevallen weer terug zijn gekomen.

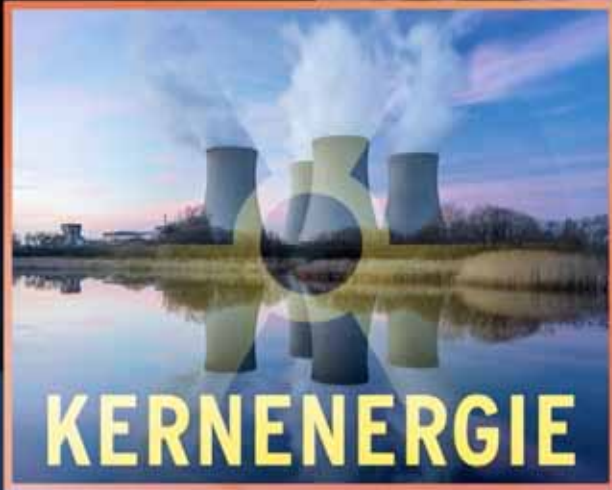
Ze geeft inzicht in onderwerpen en feiten zoals achtergrondstraling, millisievert, de desastreuze gevolgen van een grootschalige evacuatie, cultuurverschillen (in Japan is hiërarchie en respect voor je leidinggevende heel belangrijk) en, het belangrijkste, de schade die angst voor straling aanricht. Of het Groene Kruis de trammelant heeft gekregen waar ze misschien op hoopte, is de vraag. Wat we wel hebben is een boeiend en verhelderend verslag over de humane gevolgen van de ramp en de slopende angst voor straling. **K**

*Ellen Jelgersma*

---

*Het gevaar van angst  
Hypochonderen in Fukushima  
Auteur: Tinkebell  
Uitgeverij: Atlas Contact, Amsterdam/  
Antwerpen  
ISBN: 978 90 450 3475 1*

---



# KERNENERGIE REDDING VOOR BEHALEN VAN KLIMAATDOELEN?



**Er is veel gebeurd sinds Zondag met Lubach op 4 november aandacht besteedde aan kernenergie en zich er uitdrukkelijk positief over uitliet. Op de maandag erna betoogde VVD-fractievoorzitter in de 2e Kamer Klaas Dijkhoff in Nieuwsuur dat om de klimaatdoelen te halen er zo snel mogelijk nieuwe kerncentrales gebouwd moeten worden in Nederland. Van alle bezwaren die er in de afgelopen jaren tegen kernenergie werden genoemd, komt er één vooral in de laatste weken naar boven drijven: de kosten. Het steeds maar veiliger maken en normen aanscherpen tot onwaarneembare waarden ver onder de pijngrens hebben van de nieuwbouw van kerncentrales in het westen, een hachelijke onderneming gemaakt. Tijd om de Linear No-Threshold-hypothese en ALARA onder de loep te nemen.**

Op dinsdag 6 november mochten luisteraars van Standpunt.nl reageren op Lubachs uitzending en Dijkhoffs uitspraken, en een dag later konden de lezers van De Telegraaf zich uitspreken. Opvallend resultaat was dat een overgrote meerderheid van de respondenten zich uitsprak vóór kernenergie. Dat is opvallend omdat de meeste politici als ze om een reactie of er kerncentrales bijgebouwd moeten worden om de klimaatdoelen te

halen, tot dusverre altijd reageerden met: "Er is geen maatschappelijk draagvlak." Nou, dat valt dus nog wel te bezien. Net zo opvallend was de uitspraak van Greenpeace-activist Faiza Oulahsen die op tv vertelde dat Greenpeace niet principieel tegen kernenergie was. Langzaam vallen de bezwaren tegen kernenergie weg. Niet in de laatste plaats omdat nú de klimaatverandering plaatsvindt en er nog geen kentering in

de stijgende CO<sub>2</sub>-uitstoot is te zien. De bijdrage van renewables wereldwijd vervangt voornamelijk nog geen fossiel, maar komt bovenop het totale, nog steeds stijgende, energieverbruik. En de CO<sub>2</sub>-uitstoot stijgt ook steeds, zoals blijkt uit een artikel in de New York Times. (<https://nyti.ms/2hDfA7I>) Het voorlaatste bezwaar was radioactief afval. Maar veel mensen hebben liever een beetje beheersbaar afval, dan op

korte termijn een onleefbare planeet. Het laatste belangrijke bezwaar dat wordt genoemd is het kostenplaatje. Kernenergie is duur. Dat klopt. Maar toen de kosten als bezwaar werden aangevoerd om windparken op zee te gaan bouwen, prevaleerde het belang van een CO<sub>2</sub>-vrije emissie. Waarom hierbij niet? Bovendien zijn de bouwkosten met name in de laatste decennia gestegen door het verschijnsel van ALARA. ALARA staat voor As Low As Reasonably Achievable en hangt nauw samen met de LNT-hypothese, wat staat voor Linear No-Threshold en verwijst naar een lineair verband tussen straling en schade die het veroorzaakt, ongeacht hoe hoog die straling is, vandaar: No-Threshold – geen drempelwaarde.

### CONSERVATIEVE AANPAK

De nucleaire wereld werkt al tientallen jaren met de LNT-hypothese en het vermeende ontbreken van drempelwaarden. Rond 1928 werd duidelijk dat hoge doses ioniserende straling schadelijke effecten konden hebben. Een internationale groep mensen die destijds bekend was met straling dan wel met radioactieve materialen werkte, maakte zich hierover zorgen en kwam samen om een standaard voor stralingsbescherming vast te stellen. Ze stelden waarden voor maximale doses voor, maar omdat ze geen drempelwaarde konden vaststellen, was het advies: "De meest conservatieve aanpak is om aan te nemen dat er geen drempel is en geen herstel, wat betekent dat ook een lage dosis leukemie kan veroorzaken bij sommige daarvoor gevoelige personen en de incidentie zou proportioneel kunnen zijn met de toegenomen doses." (INIS.IAEA.org - <https://bit.ly/2zC1p7D>) Hiermee was een standaard gezet waar we bijna een eeuw later nog steeds mee werken en die, naar we nu weten, ontzettend veel leed heeft veroorzaakt, miljarden kost en de klimaatverandering in stand houdt. Want hebben kleine hoeveelheden straling invloed op ons? Ja, dat hebben ze, maar

misschien niet op de manier waarop je denkt, schreef James Conca onlangs op Forbes.com. Waar het op neerkomt is dat we volgens hem zelfs een klein beetje straling nodig hebben om in goede conditie te blijven. Het heeft allemaal met onze genen te maken. Uit recente studies van de New Mexico State University volgt dat het de afwezigheid van straling is die ons schade berokkent.

### ONDERZOEK

Als de LNT-hypothese correct is en helemaal geen straling het beste is voor een organisme, dan is het meest voor de hand liggende experiment om een organisme te laten groeien in een omgeving waar niet of nauwelijks straling is en te observeren hoe datzelfde organisme groeit in een omgeving waar wel hogere achtergrondstraling is. Een groep wetenschappers voerde zo'n studie uit (Forbes.com - Castillo et al., 2015; Smith et al., 2011). Waar naar werd gekeken, was onder meer hoe stressgerelateerde genen in bacterieculturen op doseswaarden van 400 maal onder de normale achtergrondstralingsniveaus, reageerden. Uitkomst: stress neemt toe onder het achtergrondstralingsniveau en stress neemt af bij waarden gelijk of hoger dan achtergrondstralingsniveaus. Als de traditionele LNT-hypothese zou kloppen zouden de hogere niveaus van straling juist meer stress hebben moeten leiden, maar dat gebeurde niet (GEOF SMITH/NMSU). Experimenten met longweefsel en verschillende soorten bacteriën uitgevoerd door Hugo Castillo, Xiaoping Li, Faye Schilkey, and Geof Smith, schrijft Conca, tonen aan dat de groei achterblijft bij gebrek aan straling. Conca: "Dit weersprekt de voorspellingen van de traditionele hypothese over de biologische effecten van straling."

### ALATA

Als uit onderzoek blijkt dat de LNT-hypothese aangepast moet worden

door voortschrijdend inzicht, dan moet de ALARA (1958) ook nader bekeken worden. De American Nuclear Society en de Health Physics Society organiseerden onlangs een internationaal forum voor nucleaire en stralingsexperts over de kwestie of de lage doses veiligheidsstandaard heroverwogen zou moeten worden. Onze huidige absurd lage standaard heeft meer schade dan goed gedaan met onbedoelde consequenties die we vooraf nooit voorspeld hadden. In de praktijk, schrijft Conca is ALARA verworden tot ALATA – As Low As Technologically Achievable - met de daarbij behorende extreme uitgaven en onbedoelde zij-effecten (zoals mensen die geen medisch onderzoek of behandeling willen uit angst voor straling) die in de afgelopen zestig jaar wereldwijd veel geld hebben gekost voor de bescherming tegen lage doses straling zonder aantoonbaar voordeel. Aanpassing van de hypothese en de ALARA-standaard zou een enorme kostenreductie voor de sector kunnen betekenen. Angst voor straling heeft er in Japan toe geleid dat er door de evacuatie na het ongeluk bij Fukushima honderden doden zijn gevallen. Maar ook in Duitsland waar geen enkel slachtoffer is gevallen ten gevolge van straling, maar uit angst voor straling men wel alle kerncentrales wil sluiten voor 2020, zullen duizenden mensen voortijdig komen te overlijden door fijnstof en andere gevolgen van de daardoor veroorzaakte opgevoerde bruinkoolproductie. Tijdens zijn bezoek aan Europa en in het bijzonder aan Amsterdam pleitte ecomodernist Michael Shellenberger voor de bouw van kerncentrales van de derde en 3+ generatie, zoals de EPR en de AP1000. Allemaal betrouwbare installaties die relatief snel gebouwd kunnen worden en hoe meer we er bouwen hoe sneller en goedkoper het zal gaan, om te beginnen in Nederland. **K**

*Menno Jelgersma*

# KERNVISIE MAGAZINE SPECIAL

# PALLAS

---

**De Stichting Voorbereiding Pallas-reactor (PALLAS) werkt aan de realisatie van een state-of-the-art multifunctionele reactor voor de productie van medische isotopen en nucleair technologisch onderzoek. Twee mijlpalen markeren dit jaar de ontwikkeling van PALLAS. De ondertekening van de overeenkomst met de ontwerpers en bouwers van het Argentijns - Nederlandse bedrijf ICHOS en de overheveling van het PALLAS-dossier van het ministerie van EZK (Economische Zaken en Klimaat) naar VWS (Volksgezondheid, Welzijn en Sport). Hermen van der Lugt, algemeen directeur van PALLAS: "Hiermee wordt onderkend dat vanuit het gezondheidsperspectief voor de bevolking de 'site' in Petten heel relevant is."**

De activiteiten van PALLAS zijn verdeeld in verschillende fasen. De eerste fase betreft het ontwerp, de aanbesteding van de bouw van de reactor en het verkrijgen van de vereiste vergunningen. Parallel hieraan loopt het traject voor het opstellen van een business case om zo private financiering aan te kunnen trekken voor zowel bouw, in bedrijfstelling en exploitatie van de reactor. Het ministerie van Economische Zaken en de Provincie Noord-Holland hebben samen een lening van 80 miljoen euro verstrekt. Het streven is de werkzaamheden voor deze fase in 2020 af te ronden. De tweede fase zal door private bedrijven of instellingen gefinancierd worden. PALLAS zal in 2020 starten met (de voorbereidingen voor) de bouw. Deze fase neemt circa vijf jaar in beslag. Het is de bedoeling dat de nieuwe reactor in 2025 operationeel is en daarna de productie van medische isotopen door de Hoge Flux Reactor (HFR) geleidelijk overneemt. De levensduur van de nieuwe reactor is naar verwachting ten minste veertig jaar.

Het belang van PALLAS blijkt onder andere uit het rapport Productie en gebruik van medische radio-isotopen in Nederland dat het RIVM in 2017 schreef in opdracht van het ministerie van VWS. Het rapport geeft de analyse weer van het gebruik van radioactieve isotopen voor medische doeleinden in Nederland en de wereldwijde productie daarvan. In Nederland worden jaarlijks ongeveer 400.000 diagnostische scans uitgevoerd en 4.000 therapeutische behandelingen met radioactieve isotopen verricht bij mensen met kanker of een andere ernstige aandoening. Wereldwijd maken dagelijks 30.000 mensen gebruik van medicijnen uit Petten. Voor al deze mensen is een diagnose of behandeling met radioactieve isotopen de beste zorg. Zonder deze isotopen krijgen zij een slechtere of helemaal geen diagnose en therapie. Zij zouden dan korter leven en meer bijwerkingen of meer pijn hebben. De radioactieve stof die het meest voor diagnoses in ziekenhuizen wordt gebruikt is technetium-99m. Dit isotoop wordt nu alleen in kernreactoren voor commerciële doeleinden geproduceerd. Het gaat daarbij om zes kernreactoren wereldwijd, waarvan er één in Petten staat: de HFR. Op dit moment komt tachtig procent van de in de Nederlandse ziekenhuizen gebruikte isotopen uit deze reactor. Zeker tot 2020 en waarschijnlijk tot 2025 is de markt voor isotopen (zowel voor diagnostiek als voor therapie) fragiel omdat er bij uitval van één reactor al tekorten kunnen ontstaan. Op de langere termijn zullen isotopen die voor diagnoses worden gebruikt ook met deeltjesversnellers geproduceerd kunnen worden. Het is echter niet zeker of die in voldoende mate en betaalbaar gemaakt kunnen worden om aan de vraag te kunnen voldoen.

Speciaal voor Kernvisie Magazine geven zes stakeholders hun visie over nut en noodzaak van de komst van PALLAS.

*Menno Jelgersma*

# PALLAS ONDERDEEL VAN DE ENERGY & HEALTH CAMPUS

**Voor de inwoners van de kop van Noord-Holland is het al decennia lang heel gewoon om met de HFR, een nucleaire faciliteit, in hun omgeving te leven. Volgens de burgemeester van Schagen, Marjan van Kampen staan nut en noodzaak van een onderzoeksreactor voor de productie van medische isotopen buiten kijf. En ook over de bouw van de nieuwe PALLAS-reactor is zij kristalhelder: "PALLAS komt. Het allerbelangrijkste voor de gemeente blijft: het moet veilig zijn."**

Marjan van Kampen is de burgemeester van Schagen, de fusiegemeente die is vernoemd naar de hoofdplaats binnen de gemeente die in 2013 tot stand kwam en waar ook Petten deel van uitmaakt. Al twintig jaar werkt Van Kampen op bestuursniveau bij de lokale overheid en sinds vijf jaar bekleedt zij het ambt van burgemeester. Met de hoge flux reactor (HFR) is Schagen een van de weinige Nederlandse gemeenten waarin een kernreactor staat. Maar Van Kampen denkt niet dat Schagen daardoor een bijzondere positie inneemt.

Het hebben van een nucleaire installatie binnen de gemeentegrenzen is volgens haar eigenlijk niet veel anders dan de aanwezigheid van andere industrieën waaraan speciale veiligheidseisen worden gesteld. "En waar het gaat om het opstellen en handhaven van eisen beschikken we in Nederland over de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS)", licht Van Kampen toe. "En die waarborgt de veiligheid, niet in de laatste plaats doordat ze er continu bovenop zit." Bij elkaar heeft dat ertoe geleid dat de mensen in de kop van Noord-Holland eraan gewend zijn: "Te wonen, te leven en te werken in een omgeving waarin een nucleaire reactor belangrijk onderzoekswerk verricht."

## BESTEMMINGSPLAN

Daar komt volgens haar bij dat het voor de voormalige gemeente Zijpe, waar Petten deel van uitmaakte, ook normaal was om



**"IK VIND HET GEWELDIG DAT DE PROVINCIE EN HET RIJK 80 MILJOEN EURO ALS LENING HEBBEN VRIJGEMAAKT, OMDAT JE DAT NIET VAN PRIVATE MARKTPARTIJEN KAN VERWACHTEN."**

Marjan van Kampen

een reactor binnen de grenzen te hebben die al tientallen jaren onderzoekswerk verrichtte. Met betrekking tot de ontwikkeling van de nieuwe PALLAS-reactor verklaart Van Kampen dat er voor de fusie van gemeentes er in de gemeente Zijpe al consensus was over de bouw van een opvolger voor de HFR. "De huidige onderzoeksreactor is nu zestig jaar oud; die wordt ontmanteld

en voor dat gebeurt, moet er een nieuwe komen", zegt Van Kampen heel resoluut. Dat de gemeente goed bekend is met de HFR houdt niet automatisch is dat er voldoende kennis is om een nieuwe reactor te bouwen. "Er zijn maar heel weinig kernreactoren in ons land en het bouwen van een nieuwe reactor komt bijna niet voor." Bij de voorbereidingen voor de ontwikkeling van PALLAS werkt de gemeente dan ook nauw samen met mensen buiten de gemeente. "Samen met de ANVS en een paar bedrijven onderzoeken we wat er zoal op ons pad komt bij de ontwikkeling van een nieuwe reactor om de stappen te nemen die we moeten nemen." Van Kampen legt uit dat het bestemmingsplan eigenlijk al rond was, maar door een kleine aanpassing van de bouwlocatie werd een nieuw bestemmingsplan noodzakelijk. "En als je dan ziet hoeveel veiligheidseisen er, terecht, gesteld worden aan het bouwen van een reactor, dan moet je die wel kunnen beoordelen." Dat werk wordt verricht door twee gedreven medewerkers van de gemeente, naast juridische adviseurs en anderen die op onderdelen worden ingehuurd en de expertise inbrengen om de plannen te beoordelen. "Wij bouwen de reactor niet", benadrukt Van Kampen: "Wij beoordelen 'slechts' het bestemmingsplan."

## 80 MILJOEN EURO

Niet alleen op gemeentelijk niveau wordt er hard aan de nieuwe reactor gewerkt ➤

ook op provinciaal en landelijk niveau vindt ondersteuning plaats. "De provincie maakt de realisatie van de reactor mogelijk, tezamen met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Zij hebben 80 miljoen euro vrijgemaakt voor een lening aan de Stichting PALLAS-reactor om de procedure voor het bestemmingsplan en daarmee de bouw voor de reactor mogelijk te maken." Je kunt niet van het ene op het andere moment zeggen: we gaan een reactor bouwen. Daar gaan volgens Van Kampen op zijn minst jaren aan voorbereiding aan vooraf. "Ik vind het geweldig dat de provincie en het rijk dit geld als lening hebben vrijgemaakt, omdat je dat niet van private marktpartijen kan verwachten." Van Kampen is positief over de ontwikkeling van de nieuwe reactor. "PALLAS komt. Die weg zijn we tien jaar terug ingeslagen. In de afgelopen tien jaar hebben we daarom intensief overleg gevoerd met de landbouwbedrijven en toeristische sector in de nabijheid van Petten die hun vragen en zorg konden uitspreken."

## ENERGY & HEALTH

Om de zorgen weg te nemen en de vraag of het echt nodig is dat er een

nieuwe reactor komt, vindt Van Kampen het belangrijk dat er een informatie- of bezoekerscentrum komt. De nieuwe reactor zet het werk voort voor de productie van medische isotopen waarmee op dit moment dagelijks 30.000 mensen worden geholpen. "Dat betekent dat er ook nu al tientallen jaren lang heel belangrijk werk wordt verricht in Petten. Als de HFR stilvalt werkt dat onmiddellijk door in de medische wereld. Daarover moet gecommuniceerd worden", vindt Van Kampen. Zij ziet daarnaast grote mogelijkheden waar het gaat om een volgende stap met het verder ontwikkelen van medische isotopen voor de behandeling van kanker. "Er zal een toenemende uitwisseling van kennis en informatie zijn tussen PALLAS, de medische wereld en de universiteiten." Van Kampen refereert hierbij aan de Energy & Health Campus. Dit is een initiatief van de Gemeente Schagen, het Ontwikkelingsbedrijf Noord-Holland Noord en de Stichtingen ECN/TNO en PALLAS waar ontwikkelingen op het gebied van duurzame energiehuishouding en gezondheidszorg op één onderzoekslocatie worden gerealiseerd, waarbij het beoogde Solar Lab van TNO belangrijk is voor

onderzoek naar duurzame energie. Daarnaast is het Health cluster in Petten uniek, omdat op één fysieke locatie de hele keten voor de productie en verwerking van medische isotopen aanwezig is. Deze uitgangspunt biedt kansen voor startups, kleine en grote bedrijven, universiteiten en UMC's om met behulp van een gemeenschappelijk 'processing facility' sneller tot productontwikkeling en productie te komen. "Dit zal mensen aantrekken van MBO, HBO en universiteiten en een enorme impuls geven aan de economische ontwikkeling van de kop van Noord-Holland. Het is de ambitie om ons te richten op kennisdeling op het vlak van Energy & Health onder andere door het organiseren van congressen met mensen uit wetenschap en onderzoek." Daarnaast wordt gewerkt aan opleidingsmogelijkheden en wordt onderzocht of verblijfsvoorzieningen voor studenten, promovendi en wetenschappers haalbaar zijn. "We zitten hier op een prachtige locatie. Waar sommige onderzoekers vooral de nabijheid van de stad of universiteiten zoeken, is de grote kracht van Petten juist de setting midden in de natuur. Maar het allerbelangrijkste voor de gemeente blijft: "Het moet veilig zijn." **K**





# “IK BENADRUK MET KLEM DAT PALLAS ER MOET KOMEN”

**Prof. dr. Marnix Lam is hoogleraar nucleaire geneeskunde in het UMC Utrecht. Als zodanig werkt hij in de kliniek op de afdeling radiologie en nucleaire geneeskunde, en geeft daarnaast onderwijs en verricht onderzoek. Lam ziet binnen zijn werkterrein een duidelijke toename in het gebruik van medische isotopen en ziet het gevaar van een terugval in de productie die direct tot problemen in de zorg kan leiden. Lam over de noodzaak van PALLAS: “Ik benadruk met klem dat PALLAS er moet komen. Het is goed voor onze patiënten, het is goed voor nieuwe ontwikkelingen voor kankerpatiënten, en het is goed voor de Nederlandse kenniseconomie!”**

Op dit moment zijn er wereldwijd zes reactoren die medische isotopen produceren. Van die zes is de HFR (Hoge Flux Reactor) in Petten één van de belangrijkste productiefaciliteiten en produceert maar liefst dertig procent van alle isotopen wereldwijd. Lam: “Recent was er een probleem met de huidige reactor in Petten en werd het weer eens duidelijk hoe belangrijk deze reactor is voor de productie van isotopen voor medische toepassingen. Als de productie stilvalt is er direct een probleem en komt de zorg van honderden patiënten per dag in Nederland in gevaar. Concreet kunnen we dan geen beeldvorming doen, bijvoorbeeld voor het opsporen van kanker, en kunnen we bepaalde behandelingen niet uitvoeren, bijvoorbeeld de behandeling tegen schildklierkanker.”

## TECHNETIUM-99M

Vanwege het enorme belang voor de medische sector is Lam ook persoonlijk bij de Stichting voorbereiding PALLAS betrokken. “Ik geef advies over het huidige gebruik van isotopen voor medische toepassingen en het toenemende gebruik daarvan in de toekomst”, vult Lam aan. Over nut en noodzaak van medische isotopen is hij helder: “Isotopen uit de reactor worden ingezet voor beeldvorming



© UMC Utrecht

**“PALLAS IS GOED VOOR NIEUWE ONTWIKKELINGEN VOOR KANKERPATIËNTEN EN IS GOED VOOR DE NEDERLANDSE KENNISECONOMIE!”**

Prof. dr. Marnix Lam

en therapie. Door isotopen te binden aan bepaalde stoffen kun je processen in het lichaam in beeld brengen.” Een goed voorbeeld daarvan is volgens hem suiker. “Tumoren gebruiken meer suiker dan de

rest van het lichaam, dus na het innemen van suiker zal een groot deel daarvan naar deze tumoren gaan. Door de suiker radioactief te maken met isotopen kun je de suiker in het lichaam volgen en kun je op een scan zien waar het zich ophoopt.” Dat geeft medici de mogelijkheid om kanker en uitzaaiingen van kanker heel gevoelig op te sporen. Daarnaast worden krachtige isotopen ingezet als behandeling tegen kanker. Een voorbeeld daarvan is jodium. “Dat wordt vrijwel alleen opgenomen in schildklierweefsel en schildklierkanker. Door radioactief jodium in te nemen kun je heel gericht schildklierkanker bestrijden. Alles wat niet naar de schildkliertumor gaat plas je uit. Daardoor zijn bijwerkingen van nucleaire geneesmiddelen meestal zeer gering. “Het belangrijkste isotoop dat voor beeldvorming wordt gebruikt, is technetium-99m. Zonder reactor krijgen wij geen technetium-99m en kunnen we die beeldvorming niet doen”, aldus Lam. Belangrijke andere isotopen voor behandeling die uit de reactor komen, zijn: jodium-131 en lutetium-177.

## BEHANDELINGEN VERVIERVOLDIGD

Lam constateert ook een stijging in de behoefte aan radio-isotopen. De groei is enorm. De laatste jaren bedroeg die zo'n dertig procent per jaar voor diagnostische **X**

en tot wel honderd procent per jaar voor therapeutische toepassingen. "Dat komt door een toenemend gebruik van beeldvorming in het algemeen en voor kanker in het bijzonder, plus goede resultaten van nucleair geneeskundige behandelingen in grote internationale studies." Wat betreft de groei van het aantal behandelingen is de toepassing van het isotoop lutetium-177 een goed voorbeeld. Dit isotoop valt binnen de groep van 'opkomende' isotopen voor therapeutische toepassingen waarvan een aanzienlijke toename in gebruik wordt verwacht. "De laatste jaren zijn er belangrijke resultaten geboekt voor wat betreft geneesmiddelen die gebruik maken van lutetium-177 als interne straler ter bestrijding van kanker. Het gebruik hiervan wordt getypeerd door een hoge effectiviteit in combinatie met geringe bijwerkingen. Niet alleen langer leven dus, maar ook met behoud van kwaliteit van leven." Lutetium-177 wordt onder andere gebruikt voor medicijnen tegen zeldzame vormen van kanker zoals neuro-endocriene tumoren, maar nu ook voor veelvoorkomende prostaat-kanker. "Het aantal behandelingen op onze afdeling is de laatste jaren maar liefst verviervoudigd."

## **ALTERNATIEVE PRODUCTIEMETHODEN**

Als er wordt gesproken over de bouw van een nieuwe reactor, zijn er ook altijd mensen die wijzen op alternatieve routes voor de productie van medische isotopen. Over

de kwaliteit van dergelijke 'alternatieven' is Lam niet erg te spreken. "De huidige protocollen zijn er voor een goede reden, namelijk bewezen effectief. Dat wil zeggen, kwalitatief goede beeldvorming, goede klinische implementatie en kosteneffectief. Alternatieven zijn per definitie inferieur op één of zelfs alle punten. Daarnaast zijn er voor veel indicaties geen alternatieven voorhanden. Dat geldt bijvoorbeeld in hoge mate voor de behandelingen tegen kanker, daar zijn geen alternatieven beschikbaar. "Cyclotronproducten kunnen soms als alternatief gebruikt worden, maar zijn voor veel indicaties minder kosteneffectief", aldus Lam. "Belangrijker is dat niet voor alle indicaties cyclotronproducten bestaan, zeker niet voor de behandelingen."

## **OPKOMST THERANOSTICS**

Er is een groot aanbod aan medische isotopen. Welke isotopen een ziekenhuis inkoopt, wordt niet zozeer bepaald door het ziekenhuis, legt Lam uit, als wel door de gehanteerde (inter)nationale richtlijnen. "Evidence-based medicine dicteert dat er een gedegen wetenschappelijke basis is voor al ons handelen, dus inclusief medische beeldvorming en behandelingen. Daarin wordt niet alleen gekeken naar kwaliteit, maar bijvoorbeeld ook naar kosteneffectiviteit." De protocollen die daaruit voortkomen worden opgenomen in de richtlijnen. Daarin staat ook welke tracers met welke isotopen gebruikt zouden moeten worden. Dit laatste geldt voor

bestaande medicijnen, maar er wordt momenteel op veel plaatsen ook onderzoek gedaan naar nieuwe toepassingen van medische isotopen. Het gebied van 'theranostics', een combinatie van therapie en diagnose gebruikmakend van hetzelfde molecuul, is zeer in opkomst. "Een belangrijk voorbeeld is de stof PSMA (prostaat specifiek membraan antigeen). Deze stof bindt aan de PSMA-receptor op de prostaat-kankercel. Vervolgens wordt het opgenomen in de cel en blijft het daar zitten. Door PSMA te binden aan gallium-68 kun je met behulp van een scan zien waar de prostaat-kankercellen allemaal zitten. Uitzaaingen van prostaat-kanker kun je dan opsporen. Door PSMA te binden aan lutetium-177 kun je die uitzaaingen vervolgens behandelen. Het lutetium-177 is krachtig genoeg om de prostaat-kankercellen van binnenuit kapot te maken." Daarnaast wordt er veel onderzoek gedaan naar PSMA-achtige stoffen die specifiek aan bepaalde kankersoorten binden, zodat er ook voor andere kankersoorten mogelijkheden ontstaan voor betere beeldvorming en behandeling.

Op de vraag of PALLAS er komt reageert Lam heel resoluut: "Ik denk zeker dat dit gaat gebeuren en ik benadruk met klem dat dit ook moet gebeuren. Het is goed voor onze patiënten, het is goed voor nieuwe ontwikkelingen voor kankerpatiënten en het is goed voor de Nederlandse kenniseconomie!" **K**



# PALLAS IS GOED VOOR NUCLEAR MEDICINE WERELDWIJD

**Frank de Lange is de vestigingsdirecteur van Curium in Petten. Het internationale bedrijf heeft in Petten een eigen molybdeen-productiefaciliteit en produceert medische isotopen voor diagnostische en therapeutische toepassingen. Elk jaar krijgen zo'n 14 miljoen patiënten producten van Curium toegediend. Over de komst van PALLAS zegt De Lange: "Het is niet alleen goed voor Curium, maar ook voor de nucleaire infrastructuur in Petten en voor de ontwikkeling van Nuclear Medicine wereldwijd."**

Curium is een internationaal bedrijf en heeft ongeveer 2.000 werknemers waarvan er 350 in Petten werkzaam zijn. Curium heeft drie grote SPECT-fabrieken met elk ongeveer 300 tot 330 mensen: één in Petten, één in Maryland Heights bij St. Louis (VS) en één in Saclay bij Parijs (F). Het bedrijf ontwikkelt, produceert en levert producten voor PET- en SPECT-onderzoeken in ziekenhuizen. Curium onderhoudt daartoe een nauwe band met NRG en de HFR waar de targets worden bestraald voor de productie van onder meer molybdeen. "Wij zijn de enige van de fabrieken binnen Curium met een eigen molybdeen-productiefaciliteit (MPF). Het molybdeen is een grondstof voor onszelf maar ook voor onze fabrieken in Amerika en Frankrijk." In Petten produceert Curium ook de molybdeen/technetiumgeneratoren. Elk jaar krijgen zo'n 14 miljoen patiënten producten van Curium toegediend. Het is daarom voor alle betrokkenen belangrijk dat er een soepele overgang komt van het productieproces van molybdeen als de PALLAS-reactor de bestralingen van de HFR overneemt.

## DEZELFDE TARGETS

Eerder was al in Kernvisie Magazine te lezen dat Curium met succes het conversieproces van hoogverrijkt (HEU) naar laagverrijkt uranium (LEU) heeft volbracht. De Lange: "Ik voorzie een significant korter



**"HET IS PRACHTIG DAT WE IN NEDERLAND AL ZO VER ZIJN MET DE ONTWIKKELING VAN PALLAS. WAT MIJ BETREFT ZOU DIE ER MOETEN KOMEN."**

Frank de Lange

proces dan we hebben doorgemaakt met de conversie van HEU naar LEU dat bij elkaar zeven jaar ontwikkeling en uitwerking vereiste." Dit is volgens De Lange mogelijk omdat de targets hetzelfde blijven, onafhankelijk van de reactor waarin ze worden bestraald. "Toen de HFR in 2010

voor reparatie was stilgelegd, hebben we bestralingsfaciliteiten in de Mariareactor in Polen laten bouwen en in gebruik genomen. We hebben toen wel enig kwalificatiewerk moeten verrichten, maar op zich veranderde de fysieke samenstelling van de target niet. Een neutron is een neutron. Het chemisch proces verandert niet en dus ook niet het werk in onze MPF." Maar als PALLAS andere bestralingsmogelijkheden gaat bieden, kan dat betekenen dat Curium nieuwe targets gaat ontwikkelen. "Maar dan verwacht ik dat we met de ervaring die we hebben opgedaan met de HEU-LEU-conversie sneller kunnen omschakelen en de doorlooptijden aanzienlijk kunnen verkorten." De Lange gaat er echter nu nog vanuit dat er vanuit de bestaande target een reactorqualificatie volgt en niet andersom.

## 300 DRAAIDAGEN

De overgang van de HFR naar PALLAS gaat volgens De Lange via een 'overlap'. "Ik ga er vanuit dat het niet zo zal zijn dat de HFR wordt stilgezet waarna PALLAS wordt opgestart, maar dat er een periode zal zijn waarin beide reactoren beschikbaar zijn. Daar zie ik echt geen problemen in." De Lange is concreet in gesprek met PALLAS om duidelijk te maken welke technische specificaties voor Curium belangrijk zijn. "Dat heeft onder meer te maken met de hoogte van de neutronenflux, de posities in de kern en de hoeveelheid warmte die er **X**

gegenereerd mag worden in een target. De engineers van PALLAS zullen op basis van onze specificaties rekening houden met het ontwerp van de reactor." Uiteindelijk is voor Curium de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de reactor van belang en dat de bestraalde targets in de MPF terechtkomen voor verdere verwerking. De HFR, legt De Lange uit, heeft negen cycli van 31 dagen per jaar, wat met enkele dagen stilstand neerkomt op een totaal van 270 zogenaamde 'draaidagen'. Met de 270 draaidagen komt het elk jaar voor dat tijdens sommige stilstanden ook de (Belgische reactor) BR2 als 'achtervang' net buiten gebruik is en dan is Curium helemaal afhankelijk van de relatief kleine reactor in Polen met een duidelijk lagere capaciteit dan de HFR of BR2. "Het zou voor ons mooi zijn als PALLAS hier een maand aan vast zou kunnen plakken en te streven naar minimaal 300 draaidagen per jaar. Naar ik heb begrepen, is dat ook wat de PALLAS-organisatie zelf beoogt."

### **GEGARANDEERDE LEVERINGEN**

De HFR met een leeftijd van zestig jaar heeft natuurlijk ook meer onderhoud nodig dan een moderne reactor. "Hoe meer dagen de PALLAS beschikbaar kan zijn, hoe beter de productie van medische isotopen gegarandeerd is." De Lange is duidelijk waar de prioriteit voor Curium ligt. Het maakt hem niet uit waar de bestraalde targets vandaan komen, als ze er maar komen. Hij is daarom geïnteresseerd in elke beschikbare reactor en volgt dus ook de ontwikkelingen zoals met de bouw van de Jules Horowitz-reactor in Frankrijk. "Als er zich een nieuwe reactor aandient, zijn wij erin geïnteresseerd om potentiële gaten in ons productieschema op te vangen." De HFR kan het niet alleen, maar PALLAS gaat het ook niet in zijn eentje doen. "We hebben dus minimaal twee, maar liever nog drie of meer reactoren waar we op kunnen rekenen om de productie op peil te houden." De uitbreiding van 270 naar

300 draaidagen in Petten hangt daar ook mee samen en is niet direct gerelateerd aan uitbreiding van de eigen capaciteit. "We hopen natuurlijk wel op groei van Curium, maar we zijn nu ook gebonden aan de productiecapaciteit van onze eigen MPF. En naast een uitbreiding van de productie volgt ook het verwerken en opslaan van meer vast en vloeibaar afval. Bovendien vindt er regulier onderhoud plaats aan onze productielijnen, waardoor we soms aangewezen zijn op een enkele productielijn. We kijken daarom wel naar toekomstige uitbreiding om aan gegarandeerde wekelijkse leveringen te kunnen blijven voldoen." Op dit moment zijn er rapporten die aangeven dat de vraag naar molybdeen licht stijgt, maar De Lange ziet dat nog niet echt terug in de vraag. Dat komt volgens hem ook omdat het product in de afgelopen jaren duurder is geworden door hogere kosten voor de targets, de afvalverwerking en de bestraling zelf. "We zijn dus ook op zoek om manieren te vinden die ertoe leiden dat we nog zuiniger met het molybdeen om kunnen gaan." Groeimogelijkheden ziet De Lange nog wel in die delen van de wereld waar nog geen gebruik wordt gemaakt van het type product dat Curium produceert.

### **THERAPEUTISCHE ISOTOPEN**

De HFR werd gebouwd als onderzoeksreactor voor fundamenteel natuurkundig onderzoek. In de loop der jaren kwam de isotopenproductie op gang die relatief goedkoop geproduceerd kon worden omdat de reactor 'er toch al was'. Met de bouw van een nieuwe reactor die geheel gericht is op de productie van medische isotopen ligt dat anders. "Het moet natuurlijk wel betaalbaar blijven en we maken ons daarom licht zorgen omdat onze klanten moeite hebben met de stijgende kosten van molybdeen als gevolg van de almaar toenemende kosten van reactorbestralingen. De kosten zouden zelfs zozeer kunnen stijgen

dat partijen actief op zoek gaan naar alternatieven voor de productie." Het gaat dan bijvoorbeeld om productie van molybdeen/technetium met behulp van een versneller. Bestaande cyclotrons rekent De Lange hier niet onder. "Daar hebben we samen met NRG aan gerekend en dat traject is echt factoren duurder dan het gebruik van een reactor." Maar wat betreft nieuwe ontwikkelingen zal uiteindelijk de goedkoopste technologie het winnen, denkt De Lange. "Voor PALLAS is het belangrijk om naast molybdeen vooral in te zetten op therapeutische isotopen die alleen een reactor kan produceren." Een groot deel van de business case gaat over de ontwikkeling en productie van therapeutische isotopen. Ook Curium volgt die trend. "Nuclear Medicine is behoorlijk in beweging en je ziet een ontwikkeling van een reeks nieuwe medische radio-isotopen. Dat zijn vaak de therapeutische isotopen met hoge energetische straling zoals lutetium-177 die in een reactor gemaakt worden." Curium vervaardigt op dit gebied twee van dergelijke therapeutische isotopen: jodium-131 voor de behandeling van schildklierkanker en iridium-192 voor de bestraling van diverse soorten tumoren. Daarnaast is Curium op zoek naar mogelijkheden van nieuwe producten. "Wij zijn met PALLAS in gesprek om te zien waar wij elkaar in kunnen versterken."

Maar wat voor Curium sowieso belangrijk is, is dat er een alternatief voor de HFR komt. "En in dat opzicht is het prachtig dat we in Nederland al zo ver zijn met de ontwikkeling van PALLAS. Wat mij betreft zou die er moeten komen." De Lange hoopt daarom dat de Stichting Voorbereiding Pallas-reactor in 2019 de nodige investeerders kan binden om de bouw mogelijk te maken. "Het is niet alleen goed voor Curium, maar ook voor de hele nucleaire infrastructuur die we hier in Petten hebben en voor de ontwikkeling van Nuclear Medicine wereldwijd." **K**

# ONTWIKKELING PALLAS MET GROTE STAPPEN VOORUIT

**Als het aan stichting Voorbereiding PALLAS-reactor ligt zal in 2025 hun reactor één van 's werelds toonaangevende leveranciers van medische isotopen zijn en een cruciale rol spelen in de leveringsketen voor radiofarmaceutische producten wereldwijd. Begin dit jaar was de ondertekening van de overeenkomst met de ontwerpers en bouwers een mijlpaal voor de organisatie. Algemeen directeur Hermen van der Lugt ziet ook de overheveling in 2018 van het PALLAS-dossier van het ministerie van EZK (Economische Zaken en Klimaat) naar VWS (Volksgezondheid, Welzijn en Sport) als een belangrijke ontwikkeling. "Hiermee wordt onderkend dat vanuit het gezondheidsperspectief voor de bevolking de 'site' in Petten heel relevant is."**

In december 2013 is het project in een onafhankelijke stichting ondergebracht: de Stichting Voorbereiding Pallas-reactor (PALLAS). Inmiddels heeft de PALLAS-organisatie vaart gemaakt met de afronding van de aanbesteding voor het ontwerp en de bouw van de PALLAS-reactor. Volgens Van der Lugt is de ondertekening van de overeenkomst met de ontwerpers en bouwers van het Argentijns - Nederlandse bedrijf ICHOS (INVAP en de TBI-bedrijven Croonwolter&dros en Mobilis) de mijlpaal van 2018 voor de PALLAS-organisatie van. "We hebben de partijen natuurlijk al goed leren kennen tijdens de aanbestedingsprocedure, maar door de overeenkomst aan te gaan kunnen we ons gaan richten op de uitvoering en dat betekent voor onze organisatie echt een hele grote stap voorwaarts." ICHOS doorloopt drie fases van ontwerp. De eerste fase werd in september afgerond met het Conceptual Design. De tweede fase is het Basic Design. "We staan op het punt om deze ontwerpfase te starten die ruwweg tot september volgend jaar zal duren. Op basis van dit ontwerp op detailniveau kunnen wij de vergunningsaanvraag indienen." De derde en laatste fase gaat in als bekend is wie de investeerders zijn. "Dat is de fase waarin op het kleinste niveau alle componenten



**"WIJ HEBBEN DE OPDRACHT OM DE LEVERINGSZEKERHEID TE GARANDEREN EN HOUDEN ONS DAARBIJ AAN ALLE PROCEDURES DIE DAARVOOR GELDEN."**

Hermen van der Lugt

worden gespecificeerd en gedetailleerd." Parallel aan deze ontwikkeling loopt de vergunningenprocedure. "Naar mate meer duidelijkheid ontstaat over het uiteindelijke ontwerp informeren

wij de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) over de inhoud. Ook zij zijn intensief bij het proces betrokken." Afgelopen zomer heeft de ANVS een eerste review gedaan over de aanpak op het gebied van de reactorveiligheid. De toezichthouder is verantwoordelijk voor de toetsing aan de Nederlands wetgeving, waaronder de Dutch Safety Requirements. "Daarnaast gebruikt de ANVS de ondersteuningsorganisatie GRS (Global Research for Safety) uit Duitsland."

## BUSINESS CASE

Ondertussen is de Stichting nog steeds in gesprek met investeerders. "Het hele traject om tot investeerders te komen kent een aantal stappen verdeeld over een aantal jaren. Ten eerste is dat het maken van de Business Case waarin je allerlei marktanalyses maakt en verschillende scenario's ontwikkelt. Hiervoor ga je onder meer in gesprek met bestaande en toekomstige klanten en wat PALLAS voor hen kan betekenen. Maar we kijken bijvoorbeeld ook naar alternatieve productiemogelijkheden. Alles wat we onderzoeken heeft betrekking op de vraag hoe we PALLAS wereldwijd kunnen positioneren in het veld van de productie en ontwikkeling van medische isotopen" **X**

en op het terrein van nucleair onderzoek." Ook de kostenramingen voor de bouw en ontwikkeling zijn input voor de Business Case. "Pas wanneer je alle gegevens tezamen hebt, krijg je een beeld waarmee je investeerders kan benaderen." In 2017 is de Pallas-organisatie, zoals Van der Lugt zegt, 'hier flink mee op stoom gekomen'. Wat er vervolgens gebeurt, is dat de investeringskandidaten aan de hand van de Business Case zelf onderzoek gaan doen.. "Een en ander moet in de loop van 2019 helderheid gaan bieden wie de vervolgfase van PALLAS gaat financieren." De benaderde partijen worden gekenmerkt door een internationaal profiel zoals bijvoorbeeld infrastructuurfondsen, financiers en investeerders in de farmaceutische industrie. Van der Lugt benadrukt dat PALLAS geen Nederlands maar een internationaal project is. "We richten ons op de Europese markt, maar ook de Amerikaanse markt. De investeerders hebben een mondiale blik."

### **INSPRAAK**

Een aantal keer per jaar vindt overleg met bewoners en bedrijven plaats. Heel vaak naar aanleiding van verzoeken van een dorpsraad of politiek partij. Daarnaast zijn er formele inspraakavonden die voortvloeien uit de wijziging van het bestemmingsplan voor de bouw van de reactor die door de gemeente Schagen zijn georganiseerd. Het gaat daarbij om een totaal aantal bezoekers tussen 40 en 50 mensen. "Belanghebbenden volgen het project op de voet. De komst van PALLAS wordt gezien als vernieuwing of verbetering van de huidige HFR en men wil er absoluut over meedenken." Natuurlijk zijn ook altijd de tegenstanders bij de inspraakavonden aanwezig, maar de eventuele discussies die ontstaan, verlopen volgens Van der Lugt beheerst. "Er is weinig weerstand. Mensen willen vaak meedenken en zien ook dat de komst van een nieuwe reactor zorgt voor meer werkgelegenheid. Maar het heeft ook een sterk maatschappelijke component met betrekking tot medische isotopen. Iedereen

kent wel iemand die gediagnostiseerd of behandeld is met isotopen." Elk jaar worden wereldwijd ongeveer 48 miljoen mensen onderzocht of behandeld met medische isotopen. Alleen al met isotopen uit Petten gaat het om dertigduizend behandelingen per dag. "Wij hebben de opdracht om de leveringszekerheid te garanderen en houden ons daarbij aan alle procedures die daarvoor gelden", aldus Van der Lugt.

### **GROEIENDE BEHOEFTE AAN NIEUWE PRODUCTIE-MOGELIJKHEDEN**

De PALLAS-organisatie ondersteunt alternatieve initiatieven voor de productie van molybdeen en is niet bang dat die het belang van PALLAS schaden. "Onze analyse is dat er in de komende vijftien jaar een behoorlijke behoefte gaat ontstaan aan nieuwe productiefaciliteiten voor molybdeen. De bestaande reactoren zijn op een enkele na aan het einde van hun technische levensduur en zullen op relatief korte termijn moeten worden vervangen. Het is geen verstandige strategie om PALLAS de gehele wereldwijde productie op zich te laten nemen omdat in dat geval praktisch de complete productie afhankelijk wordt van één enkele producent." Er is dus een internationale infrastructuur nodig waar PALLAS deel van uitmaakt. Van der Lugt ziet ook dat bij sommige alternatieve productiemogelijkheden voor molybdeen minder afval wordt geproduceerd. Dat kan een voordeel zijn waardoor wellicht, als onder meer de kostprijs dat toelaat, op termijn een groot deel van de productie niet meer in reactoren zal worden gemaakt. "Maar", voegt hij direct toe: "PALLAS richt zich naast molybdeen-99 ook op een hele reeks aan therapeutische isotopen. De verwachting is dat de marktvraag naar medische isotopen en met name therapeutische isotopen wereldwijd zal toenemen. Een aantal medische isotopen kan wel in een reactor, maar niet in een versneller op grootschalige manier worden

geproduceerd. Dit geldt nu voor bijna alle therapeutische medische isotopen, maar op dit moment ook nog voor molybdeen-99."

### **MYRRHA EN JULES HOROWITZ**

Met de zoektocht naar private investeerders lijkt een door de overheid gesteunde reactor zoals de MYRRHA misschien een oneerlijke concurrent, maar Van der Lugt kijkt niet met argusogen naar de Belgische collega's. "MYRRHA is in mijn ogen meer een geavanceerd onderzoeksproject met een ontwikkelingshorizon die tot ver in de jaren dertig reikt en naar eigen zeggen op zijn vroegst in 2037 operationeel zal zijn." De Jules Horowitz-reactor in het Zuid-Franse Cadarache zal in 2021 in bedrijf worden genomen en is volgens Van der Lugt een reactor: "Die is wel een maatje groter dan wat wij hier in Petten gaan bouwen. Het is een zeer grote, top of the bill-onderzoeksreactor die wordt voorzien van zo'n vijftien tot twintig verschillende posities in de kern die geschikt zijn voor nucleair onderzoek. In PALLAS zullen dat er misschien twee zijn. Bovendien zie ik geen ontwikkeling in noodzakelijke infrastructuur die nodig is voor isotopenproductie, maar dat neemt niet weg dat deze reactor misschien op termijn als back-up voor onze isotopenproductie zou kunnen dienen."

### **VAN EZK NAAR VWS**

Van der Lugt wijst op de belangrijke ontwikkeling van de overheveling van het PALLAS-dossier van het ministerie van EZK (Economische Zaken en Klimaat) naar VWS (Volksgezondheid, Welzijn en Sport). Tot dusverre lag het zwaartepunt voor de Nederlandse nucleaire infrastructuur bij EZK. De verandering volgde op de uitkomsten in het eindrapport van de 'hoogambtelijke werkgroep nucleair landschap'. Een aantal ministeries trof elkaar in 2017 in deze werkgroep op het niveau van de Directeur Generaal, onder leiding van het ministerie van EZK. Het doel was om het nucleaire landschap in Nederland in kaart te brengen, de

financiële risico's voor de overheid te inventariseren en beleidsopties voor de toekomst van het nucleair landschap in Nederland in beeld te brengen. Uit het eindrapport bleek dat het rijk, gezien de noodzaak van de continue beschikbaarheid van medische isotopen, de komst van nieuwe reactor noodzakelijk

achte. Bovendien constateerde de werkgroep dat de PALLAS-reactor 'op dit moment het meest vergevorderde Europese initiatief is om in de toekomstige vraag naar medische radio-isotopen te voorzien'. Van der Lugt: "Wij zien de overheveling van het PALLAS-dossier naar VWS als een heel goede en belangrijke ontwikkeling.

Hiermee wordt namelijk onderkend dat vanuit het gezondheidsperspectief voor de bevolking de 'site' in Petten heel relevant is. VWS heeft hier nu een rol in het is voor het eerst in Nederland dat Volksgezondheid verantwoordelijkheid neemt voor de ontwikkeling van de nucleaire infrastructuur in Petten." **K**



# ONDERZOEK RIVM NAAR WAARBORGING LEVERINGS- ZEKERHEID ISOTOPEN

**In opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) heeft het RIVM een rapport gepubliceerd over het gebruik van radioactieve isotopen voor medische doeleinden in Nederland en de wereldwijde productie daarvan: Productie en gebruik van medische radio-isotopen in Nederland: Huidige situatie en toekomstverkenning. Eén van de verantwoordelijke opstellers is Lars Roobol, Afdelingshoofd Meten en Monitoring bij Centrum Veiligheid van het RIVM. Als ambtenaar laat Roobol zich niet uit over nut en noodzaak van de nieuwe PALLAS-reactor. "Maar ik kan wel zeggen dat ik de initiatieven toejuich die de voorzieningszekerheid van medische isotopen kunnen garanderen."**

Het RIVM-onderzoek richtte zich op het wereldwijde aanbod van isotopen. De onderliggende vraag van VWS aan het RIVM was of de continuïteit van de beschikbaarheid van medische isotopen wereldwijd gewaarborgd is. Roobol: "Het is daarbij van belang te weten wat de af- of toename van medische isotopen is en wat we daarvan in de toekomst kunnen verwachten. Ook is van belang te weten of PALLAS een rol daarin zou kunnen spelen; of welke andere reactor of productiefaciliteit van isotopen waar ook ter wereld die op vraag en aanbod van invloed kunnen zijn." Wat in ieder geval duidelijk is, is dat de huidige situatie wat betreft productiecapaciteit en leveringszekerheid 'fragiel' is. Het RIVM heeft desgevraagd geen mening over PALLAS en Roobol zal zich als ambtenaar ook niet over nut en noodzaak van PALLAS uitlaten. "Maar ik kan wel zeggen dat ik de initiatieven toejuich die de voorzieningszekerheid kunnen garanderen." Dat volgt ook uit het rapport: Productie en gebruik van medische radio-isotopen in Nederland. "Het is een dun lijntje", legt Roobol uit: "Het lukt allemaal nog wel, maar er hoeft niet veel te gebeuren of er kan een probleem in de



**"HET IS EEN DUN LIJNTJE.  
ER HOEFT NIET VEEL TE  
GEBEUREN OF ER KAN EEN  
PROBLEEM IN DE LEVERING  
VAN MEDISCHE ISOTOPEN  
ONTSTAAN."**

Lars Roobol

levering van medische isotopen ontstaan zoals een paar jaar geleden bleek en dat

heeft direct gevolgen voor de ziekenhuizen en hun patiënten."

## TOT OP DE BODEM

Het RIVM-rapport Productie en gebruik van medische radio-isotopen in Nederland is een nadere uitwerking van een notitie van het RIVM uit 2016 over mogelijke tekorten aan radio-isotopen bij een productiestop van de Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten. Op basis van de notitie kreeg Roobol een telefoontje van het ministerie met het verzoek vanuit de hoogambtelijke werkgroep om dieper op het onderwerp in gaan. "Ze wilden het tot op de bodem uitgezocht hebben." Het RIVM kreeg vervolgens zes maanden om een en ander op papier te zetten. Dit onderzoek bestond voornamelijk uit het inventariseren van bestaande literatuur en het interviewen van diverse deskundigen. De interviews zijn gehouden met specialisten (nucleair geneeskundigen en radiotherapeuten), die vooral werkzaam zijn in academische en topklinische ziekenhuizen. Roobol: "Ook hebben wij met enkele beroepsverenigingen (zoals de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde en de Nederlandse Vereniging voor Radiotherapie en Oncologie) gesproken, maar ook met



universiteiten (RUG en TUD) en huidige en/of toekomstige producenten van radio-isotopen voor medische doeleinden." Het resultaat geeft een overzicht van de huidige en toekomstige behoefte aan de diverse isotopen en welke afspraken hierover bestaan tussen leveranciers en afnemers. Het gaat uitgebreid in op de productie van radio-isotopen door reactoren en mogelijke alternatieven, nu en in de komende 10-15 jaar.

## FEEDBACK

Roobol: "Anders dan met wetenschappelijke publicaties hebben we op dit rapport behoorlijk wat feedback ontvangen vanuit 'het veld'. Het ging daarbij om reacties, van: 'fijn dat het nu eens officieel op papier staat', tot: 'jullie hadden veel sterker moeten zeggen dat de bouw van PALLAS noodzakelijk is', dat is een politieke beslissing, de rol van het RIVM is om onderbouwde feiten en analyses aan te dragen. "Met het aanbieden van het rapport aan de Tweede Kamer is het rapport direct ook openbaar geworden. "Wanneer iets wordt aangeboden aan de Tweede Kamer zetten wij het op onze website begeleid door een nieuwsbericht om het onder de aandacht te brengen." Met betrekking tot PALLAS kon hij niet zien

of er meer respons op het rapport vanuit de kop van Noord-Holland kwam. Dat kan worden verklaard door het feit dat de bewoners van de regio Petten al tientallen jaren bekend zijn met het hebben van een nucleaire faciliteit in hun omgeving. Roobol ziet het zelf als een voordeel dat hij bij NRG werkzaam is geweest en weet hoe bijvoorbeeld molybdeen wordt geproduceerd. "Ik weet hoe de keten eruit ziet met onder andere de reactor, de Hot Cells en de molybdeen productie faciliteit." Maar ook zijn werk bij het AMC als stralingsdeskundige is een voordeel gebleken. "Het mooie van het werken in een ziekenhuis is dat je dagelijks ziet hoe de isotopen worden toegepast en welke mensen ervan afhankelijk zijn."

## ADVISEURSROL

Of PALLAS er komt hangt af van de politiek. "Het is de eerste keer in de wereld dat een land een reactor geheel wil laten financieren door marktpartijen en dat maakt het wel bijzonder en moeilijk om in te schatten of en wanneer het project van start gaat." Roobol verwijst naar België waar de overheid de ontwikkeling van MYRRHA ondersteunt en waardoor je met iets meer zekerheid kan zeggen of de reactor en ook de molybdeenproductiefaciliteit er gaan

komen. "Als een overheid bereid is om er een half miljard aan uit te geven, maakt dat de kans een stuk groter dat de reactor er komt." Er werken geen reactordeskundigen bij het RIVM dus vragen over detaillering komen niet bij het RIVM terecht. "We zijn een instituut voor volksgezondheid en milieu, dus wij kunnen wel wat zeggen over de effecten op die beide gebieden." Vragen die binnenkomen zijn bijvoorbeeld: dit is de vergunning die we ze hebben gegeven. Kunnen jullie meten of ze aan de gestelde eisen voldoen? Of de ANVS overweegt een bepaalde norm vast te stellen en vraagt het RIVM of wij wetenschappelijk onderbouwd opties kunnen geven hoe die norm in detail ingevuld kan worden. Als PALLAS wordt gebouwd kan dat een paar gevolgen hebben voor het RIVM. Roobol: "Wij krijgen daar werk van in de zin dat wij tezamen met de ANVS de stralingsbescherming rondom de nucleaire industrie volgen. Dat gebeurt nu bijvoorbeeld ook bij de HFR waar we monsters nemen en stralingsniveaus rond en op het terrein meten. Dus dat zal ook bij PALLAS het geval zijn, als de ANVS daar om vraagt." Daarnaast zou VWS om extra informatie kunnen vragen. "Wij hebben een adviseursrol en wij komen in actie wanneer overheden ons iets vragen." **K**

## CENTRUM VEILIGHEID

*Het RIVM bestaat uit dertien verschillende kenniscentra, de Dienst Vaccinvoorziening en Preventieprogramma's en het Projectbureau Nieuwe Huisvesting. Eén van de kenniscentra is het Centrum Veiligheid. Het RIVM onderzoekt, adviseert en staat 24/7 paraat om mensen te beschermen tegen chemische, biologische of radiologische/nucleaire dreiging en de gevolgen van ongevallen met gevaarlijke stoffen. Het RIVM biedt ondersteuning aan regionale hulpverleningsdiensten en nationale overheden bij de pro-actie, preventie en preparatie van crises, maar ook tijdens en na een crisis. Roobol: "Bij het Centrum Veiligheid ben ik de 'relatiebeheerder' voor vragen die op ons af komen vanuit allerlei overheden over straling of radioactiviteit. Ons werk bestrijkt een breed gebied waarbij we voorlichting geven in geval van ongelukken of bijvoorbeeld cursussen aan burgemeesters hoe gemeentes zich kunnen voorbereiden op een calamiteit." Soms is het ook puur wetenschap vertelt Roobol: "Wij moeten ons voorbereiden op bijvoorbeeld zaken die zich kunnen gaan afspelen over vijf of tien jaar." En een groot deel van het werk betreft het verstrekken van informatie aan overheidsinspecties, maar ook aan de toezichthouder ANVS en het ministerie van VWS. Bij het Centrum Veiligheid werken meer dan honderd mensen; op het gebied van stralingsbescherming ongeveer veertig.*

# ANVS: VEILIGHEID STAAT VOOROP

**De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) ziet er op toe dat de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming in Nederland voldoen aan de hoogste eisen. In die hoedanigheid is de Nederlandse toezichthouder betrokken bij de ontwikkeling van PALLAS. Yvette Staal, Senior juridisch adviseur bij de ANVS: "Het is te allen tijde de veiligheid die voor ons voorop staat."**

Staal is als juridisch adviseur betrokken bij het vooroverleg voor de vergunningaanvraag van de PALLAS-reactor. "Ik houd me bezig met de juridische kwesties tijdens het vooroverleg, de vergunningenprocedure en met de juridische kwaliteit van de uiteindelijke vergunning." Bij de productie van medische isotopen verleent de ANVS op grond van de Kernenergiewet een vergunning en toetst bij de vergunningverlening onder meer aan alle veiligheidsrandvoorwaarden en neemt daarvoor voorschriften op. De ANVS ziet toe op de naleving van de vergunning door middel van inspecties. Vergunningverlening en toetsing gelden voor de huidige productie bij de Hoge Flux Reactor (HFR), maar bijvoorbeeld ook voor de Molybdeen Productie Faciliteit die onder de vergunning van NRG valt. Medische isotopen die vanuit Petten op transport gaan richting ziekenhuizen zijn kennisgevingplichtig of vergunningsplichtig. Staal: "De ANVS houdt hier ook toezicht op. Daarnaast verlenen we vergunningen voor het verrichten van handelingen met radioactieve stoffen. Het toedienen in algemene zin valt hier ook onder. De ANVS gaat over de stralingshygiënische kant hiervan, zoals over het juist opslaan van de radioactieve bronnen en houdt ook hier toezicht op." Als de isotopen eenmaal in het ziekenhuis zijn aangekomen valt de toediening aan een specifieke patiënt onder de verantwoordelijkheid van de arts. Staal: "De Inspectie Gezondheidszorg en Jeugd (IGJ) en de Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid (ISZW) houden hier ieder voor wat betreft hun eigen expertise



**"DE ANVS GAAT OVER DE VEILIGHEID VAN DE NUCLEAIRE INSTALLATIES EN MOET HET TOEZICHT DAAROP IN ONAFHANKELIJKHEID KUNNEN UITOEFENEN."**

Yvette Staal

toezicht op. De ANVS houdt toezicht op de afvalverwerking."

## **NIEUW VERWORVEN INZICHTEN**

Met betrekking tot isotopenproductie kan de ANVS een Kernenergiewet-vergunning verlenen voor bijvoorbeeld een nieuwe onderzoeksreactor, zoals de beoogde PALLAS-reactor en verbindt daaraan

beperkingen en voorschriften. Staal: "Nieuwe reactoren moeten voldoen aan de eisen van onder andere de Kernenergiewet, het Besluit kerninstallatie splijtstoffen en ertsen, en de Regeling nucleaire veiligheid voor kerninstallaties." Ze legt uit dat de Handreiking VOBK (Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren) een belangrijk onderdeel is van het referentiekader voor de ANVS bij de beoordeling van de aanvraag van Kernenergiewetvergunningen. "De Handreiking VOBK geeft inzicht in de meest actuele stand van de techniek en wetenschap van de nucleaire veiligheid voor kernreactoren. De Handreiking is gebaseerd op actuele richtlijnen van internationale organisaties zoals de International Atomic Energy Agency (IAEA)." Daarnaast kunnen nieuw verworven inzichten ervoor zorgen dat eisen worden aangescherpt of aangevuld. Zo maken de lessons learned van het ongeluk bij Fukushima in 2011 deel uit van het nieuwe eisenpakket. "De ANVS geeft alleen vergunningen af aan nieuwe installaties als deze aan de meest recente veiligheidseisen voldoen", aldus Staal. Zij geeft aan dat het uitgangspunt is dat aan een vergunning doelvoorschriften worden verbonden. "Bij doelvoorschriften wordt enkel het te bereiken doel voorgeschreven en niet met welke middelen dit doel door de vergunninghouder moet worden gerealiseerd. Een vergunning met doelvoorschriften geeft een vergunninghouder meer handelingsvrijheid." Ook bieden doelvoorschriften zowel de vergunningsaanvrager als -verlener ruimte

voor maatwerk om, binnen gestelde grenzen, de veiligheid zo efficiënt mogelijk te borgen en voortdurend te kunnen verbeteren. “Bovendien voorkomt deze benadering dat een vergunninghouder zich kan beroepen op het eenvoudige implementeren van de voorgeschreven maatregelen, zonder zich verder om de veiligheid te bekommeren. Als het naar het oordeel van de ANVS noodzakelijk is, kan van het uitgangspunt van doelvoorschriften worden afgeweken en kunnen aanvullend middelvoorschriften aan de vergunning worden verbonden”, licht Staal toe.

### INSPRAAKPROCEDURE

Bij een vergunningaanvraag voor een nieuwe reactor wordt de uitgebreide procedure van de Algemene wet bestuursrecht gevolgd. Voor een nieuwe reactor moet ook een Milieueffectrapport (MER) worden opgesteld. De vergunningaanvraag, het MER en de ontwerpvergunning met de daarop betrekking hebbende documenten die nodig zijn voor de beoordeling van het ontwerp worden gedurende zes weken ter inzage gelegd. De stukken komen ook op de website van de ANVS. Staal: “Eenieder kan hier over een zienswijze indienen bij de ANVS. De zienswijzen worden meegenomen in de definitieve vergunning. Tegen de definitieve vergunning staat beroep open bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State.” Er vindt voordat een vergunningaanvraag wordt ingediend altijd vooroverleg plaats met de aanvrager.

### 30.000 PER DAG

Er worden dagelijks 30.000 mensen behandeld met medische isotopen afkomstig uit de bestaande HFR in Petten. Handhavend optreden kan dus grote gevolgen hebben voor de diagnostisering of behandeling van patiënten. Maar Staal wijst erop dat het te allen tijde de veiligheid is die voorop staat en dat de ANVS handhavend kan optreden als het nodig is. “De verantwoordelijkheid voor het door kunnen gaan van de medische behandelingen ligt niet bij ANVS. De verantwoordelijkheid voor medische

behandelingen ligt met name op het terrein van de volksgezondheid. De ANVS gaat over de veiligheid van de nucleaire installaties en moet het toezicht daarop in onafhankelijkheid kunnen uitoefenen.”

Met betrekking tot de nieuwe reactor vindt er iedere twee weken een overleg plaats tussen de ANVS en de PALLAS-organisatie. Daarnaast vinden er over bepaalde technische onderwerpen aparte overleggen plaats. Staal: “Door het vooroverleg worden de veiligheidseisen tijdig duidelijk voor PALLAS en wordt de ANVS meegenomen in het ontwerp van de reactor zodat dat goed beoordeeld kan worden. Ook hebben we ongeveer vier keer per jaar overleg over PALLAS met de andere betrokken bestuursorganen, zoals de gemeente Schagen, de provincie Noord-Holland, Veiligheidsregio, hoogheemraadschap, RUD (Regionale Uitvoeringsdienst) en Rijkswaterstaat. Indien er iets specifiek moet worden afgestemd, bijvoorbeeld over de gemeentelijke omgevingsvergunning voor de bouw met de Kernenergievergunning, is er vaker overleg tussen de betrokken bestuursorganen.” De ANVS heeft geen rol in de detaillering van de nieuwe reactor. “Wij beoordelen alleen de aanvraag zoals die wordt ingediend op de eisen uit onder andere de Kernenergiewet, het Besluit kerninstallatie splijtstoffen en ertsen, en de Regeling nucleaire veiligheid voor kerninstallaties”, licht Staal toe.

### GEBORGDE DESKUNDIGHEID

Het is voor het eerst in zestig jaar dat er concrete plannen zijn voor de bouw van een nieuwe reactor in Nederland. Om de plannen te kunnen beoordelen heeft de ANVS voldoende expertise in huis en zo nodig wordt er kennis ingehuurd. “Wij brengen veel schaarse en specialistische kennis en expertise over ons werkveld bijeen in één organisatie. Dit was een belangrijke reden voor de oprichting van de ANVS. De deskundigheid van de medewerkers wordt op verschillende manieren geborgd. Nieuwe medewerkers volgen een uitgebreid

introductieprogramma en jaarlijks worden er uitgebreide opleidingsprogramma's opgesteld.” Ook werkt de ANVS nauw samen met internationale organisaties en autoriteiten in buurlanden. “Wij kiezen bewust tussen inhuren of het opbouwen van eigen expertise. Voor de kennisdisciplines die wij inhuren, zorgen we dat de eigen medewerker voldoende kennis heeft om de opdracht goed te kunnen verlenen en de resultaten te kunnen interpreteren.” De ANVS heeft onlangs een samenwerkingsovereenkomst met ARPANSA ondertekend. “Het is niet ongebruikelijk dat een onafhankelijke autoriteit samenwerking aangaat met andere autoriteiten. Zo hebben we bijvoorbeeld ook een samenwerkingsovereenkomst met de US NRC en de FANC. De ANVS vindt de samenwerkingsovereenkomst waardevol onder meer omdat Australië een onderzoeksreactor heeft die overeenkomsten heeft met de Pallas- reactor.” De toezichthouder denkt van de ervaringen van ARPANSA met het vergunningstraject voor de Opal- reactor te kunnen leren. De Opal- reactor heeft overeenkomsten met de PALLAS- reactor en werd door hetzelfde bedrijf ontworpen.

De Nederlandse toezichthouder heeft experts op verschillende gebieden, waaronder: reactorfysica, technische natuurkunde, scheikunde, materiaalkunde, stralingsbescherming, M&O, beveiliging en juridisch. Voor de ontwikkeling van PALLAS heeft de ANVS een PALLAS-kernteam met zes mensen aangewezen. Bij de beoordeling van de aanvraagdOCUMENTEN zijn ongeveer vijftieng mensen betrokken met verschillende expertises. Ook wordt hierbij een Technical Support Organisation (TSO) betrokken. Hoewel er op dit moment vacatures zijn bij de ANVS (zie [www.linkedin.com](http://www.linkedin.com) en [www.anvs.nl](http://www.anvs.nl)) staan die niet direct in relatie met het PALLAS-project. Staal laat zich er trouwens niet over uit of de nieuwbouw als positief wordt ervaren binnen de ANVS. “De ANVS gaat over de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming”, antwoordt ze kort en bondig. En zo is het. **K**



# **X NIEUWJAARS- SYMPOSIUM**

**KIVI KERntechniek EN NNS  
25 JANUARI A.S.**



**WORD  
BEGUNSTIGER\*  
VAN STICHTING  
KERNVISIE  
EN ONTVANG  
KERNVISIE  
MAGAZINE  
6X PER JAAR**

**Op 25 januari a.s. zal de NNS samen met KIVI Kerntechniek haar Nieuwjaars symposium houden in Den Haag. Het thema van het symposium zal dit jaar zijn "Ontwikkelingen in België".**

De afgelopen tijd hebben ontwikkelingen op nucleair vlak in België regelmatig het nieuws gehaald. Denk o.a. aan de problemen rond Doel en Tihange maar ook aan het besluit van België om te investeren in het LightHouse proces voor de productie van de medische radio isotoop Molybdeen 99. Voor dit symposium hebben we twee andere interessante onderwerpen gekozen: het cAt project en de nieuwe MYRRHA reactor. Het cAt project in Dessel behelst een lange termijn oplossing voor het Categorie A radioactief afval in België. In dit project wordt zowel naar een technisch veilige oplossing als naar meerwaarde voor de omgeving gekeken. MYRRHA is een hybride onderzoeksreactor waarbij de reactor wordt aangedreven door een deeltjesversneller. MYRRHA is een uniek ontwerp met een aantal zeer interessante aspecten.

## **Plaats:**

**KIVI Gebouw, Prinsessegracht 23  
2514 AP Den Haag.**

## **Tijd:**

**Nog niet vastgesteld, zie t.z.t de website Kivi.nl**

Leden van KIVI Kerntechniek en begunstigers van NNS en Kernvisie kunnen het symposium gratis bijwonen. Aanmelden via de website [kivi.nl](http://kivi.nl)

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)