

# **KERNVISIE** MAGAZINE

**▶ IAEA FUKUSHIMA REPORT:  
ANGST VOOR STRALING  
IS GEVAARLIJKEER DAN  
STRALING ZELF**

**▶ G-SPECT BRENGT  
SUPERSNEL DYNAMISCHE  
BIOLOGISCHE PROCESSEN  
IN BEELD**

**▶ HANDREIKING VOBK  
IS NIEUWE REFERENTIEKADER  
BIJ BEOORDELING  
KERNENERGIEWETVERGUNNING**

**TU DELFT  
NEEMT PEARL  
IN GEBRUIK**

# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**JAARGANG 10, NUMMER 6, NOVEMBER 2015**

**KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEAANDELIJKS**

**OPLAGE 2200 EX**

## **ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE**

StudioHusken.nl, Den Helder

## **BESTUUR STICHTING KERNVISIE**

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter

Ir. G.H. Boersma, secretaris

Ir. E.W. Schuuring, penningmeester

Drs. J.J. de Jong

Ir. J.C.L. van Cappelle

Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld

Ir. G.C. van Uitert

## **REDACTIE KERNVISIE**

Ir. G.H. Boersma

M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

Dr. Ir. A. van Heek

I. van Kessel (Irene van Kessel Fotografie)

## **REDACTIE ADRES**

Notarisappel 37, 6662 JN Elst

Telefoon: 0481-841156

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.

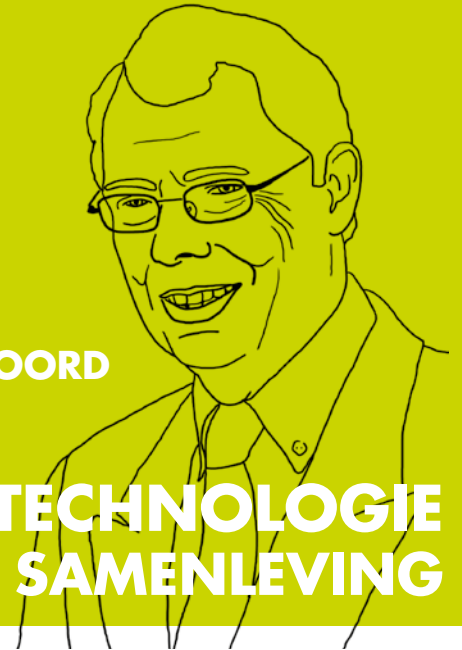
## **OP DE COVER**

© RID – TU Delft onderzoeker dr. Lambert van Eijck

*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.*

## **VOORWOORD**

# **KERNTECHNOLOGIE EN DE SAMENLEVING**



Nucleaire technologie dringt diep door in de samenleving. Het verschaft ons energie en draagt bij aan wetenschappelijke ontwikkelingen en een goede gezondheidszorg. In Delft is onlangs PEARL in gebruik genomen, een neutronendiffractometer die de kennis van kristalstructuren aanzienlijk zal vergroten. Dit opent de weg naar nieuwe materialen voor bijvoorbeeld de opslag van waterstof, het ontwikkelen van koelelementen en betere batterijen. In een interview legt TU Delft onderzoeker dr. Lambert van Eijck uit dat het na vijf jaar bouwen nu de tijd is om de vruchten van PEARL te gaan plukken. Een andere Nederlandse bijdrage komt van MILabs dat onlangs internationaal werd onderscheiden met de G-SPECT. De revolutionaire spect-scanner brengt supersnel dynamische, biologische processen in beeld. De verwachting is dat dankzij de verbeterde techniek processen inzichtelijk zijn te maken zoals die bijvoorbeeld in de hersenen plaatsvinden. Al dit positieve nieuws staat in schril contrast met de emotionele lading die er aan 'nucleair' kleeft. In het onlangs verschenen en zeer uitgebreide IAEA Fukushima Report valt te lezen dat vier jaar na het Fukushima Daiichi-ongeluk niemand is omgekomen door de straling. Dat er wel 1.600 slachtoffers zijn te betreuen is het gevolg van de stress door de evacuatie. De Stichting Kernvisie streeft naar het vergroten van het draagvlak voor kerntechnologie en al haar toepassingen. We hebben nog een weg te gaan, want terwijl iedereen de beste zorg wenst en de maatschappelijke uitdagingen ziet van leveringszekerheid van energie, bleek bij Fukushima de angst voor straling gevaarlijker dan de straling zelf.

André Versteegh  
voorzitter Stichting Kernvisie

# INHOUD

## MAATSCHAPPIJ

### TU DELFT NEEMT UNIEK MEET-INSTRUMENT PEARL IN GEBRUIK

In september werd de nieuwe neutronendiffractometer PEARL in gebruik genomen. Diffractietechnieken zijn bij uitstek geschikt om de structuur van materialen te bepalen.



P04

### P10 **HANDREIKING VOBK**

De Handreiking VOBK is het nieuwe referentiekader bij een aanvraag van een Kernenergiewetvergunning.

### P12 **INBEELD**

Het negentiende-eeuwse houten beeld van Sint Jozef ondergaat een Röntgenonderzoek ter voorbereiding van een restauratie.

### P17 **COLUMN**

Het vertrouwen in het aankunnen van ontwikkelingen in de toekomst blijft vaak onbesproken, maar is essentieel voor het uitvoeren van beleid.

### P22 **KIVI-SYMPOSIUM MEDISCHE ISOTOPEN**

Nederland draagt flink bij aan de ontwikkelingen van medische toepassingen van nucleaire technieken voor diagnostiek

## ENERGIE

### IAEA FUKUSHIMA REPORT: ANGST VOOR STRALING IS GEVAARLIJKER DAN STRALING ZELF

Vier jaar na het Fukushima Daiichi ongeluk blijkt dat niemand is omgekomen door straling. Dat er wel 1.600 slachtoffers zijn te betreuren is het gevolg van de stress door de evacuatie. Dit is de conclusie van het onlangs verschenen IAEA Director General's Report over het ongeluk.

P09

## MEDISCH

### G-SPECT: SNELLER, NAUWKEURIGER EN MINDER BELASTEND VOOR DE PATIËNT

Het Nederlandse MILabs ontving in september de 2015 World Molecular Imaging Congress Award voor hun innovatieve G-SPECT scanner



P14



## INHOUD P08

### EU MOET CAPACITEIT KERNENERGIE BEHOUDEN

De Europese Unie moet tot 2050 minimaal de huidige capaciteit aan kernenergie behouden. Dit betekent dat er meer dan honderd nieuwe kerncentrales nodig zijn in de komende 35 jaar. Dit heeft Foratom kenbaar gemaakt in haar Position Paper over het aankomende PINC-rapport.





## ➤ TU DELFT NEEMT UNIEK MEETINSTRUMENT PEARL IN GEBRUIK

➤ Het PEARL-team staat voor de nieuwe neutronendiffractometer.

**Met een druk op de knop startte prof. Bert Wolterbeek, directeur RID tijdens de Workshop PEARL officieel de nieuwe neutronendiffractometer PEARL. De aanwezige gasten konden door een live cameraverbinding vanuit een zaal in het RID-gebouw de eerste resultaten op een videoscherm waarnemen. De bouw van de neutronendiffractometer nam vijf jaar in beslag. TU Delft onderzoeker dr. Lambert van Eijck kan niet wachten om de vruchten van PEARL te gaan plukken.**

Diffraactietechnieken zijn bij uitstek geschikt om de structuur van materialen te bepalen. Het gaat daarbij om twee complementaire technieken: neutronen- en röntgendiffractie. Omdat een neutronenbundel anders reflecteert dan een röntgenbundel geeft neutronendiffractie andere, en zo nodig, aanvullende informatie. Met PEARL heeft de TU Delft nu een hoogwaardige onderzoeksfaciliteit dichtbij, voorheen moesten dit soort metingen worden verricht bij andere neutronenfaciliteiten elders in Europa, zoals in Grenoble. Het feit dat de HOR 'slechts' een klein vermogen van 2MW heeft, is daarbij van ondergeschikt belang, volgens Van Eijck. "Ik durf zelfs te

stellen dat de PEARL even goed is en misschien soms wel beter dan de grotere faciliteiten die tien keer zoveel neutronen produceren. Testen tot nu toe hebben in ieder geval uitgewezen dat de snelheid van metingen bij ons niet onderdoet bij die van andere diffractometers." Er bestonden al jaren plannen voor de bouw van een neutronendiffractometer toen begin 2012 de Nederlandse regering bekend maakte dat zij met 38 miljoen euro voor het OYSTER-project een extra impuls aan het nucleair/stralingsonderzoek- en onderwijs van de TU Delft wilde geven. Eén van de instrumenten binnen dit project is PEARL. Niet alleen studenten en onderzoekers van de TU

Delft maar ook externe partijen kunnen hiermee aan de slag gaan.

### HET EERSTE COMPLETE SYSTEEM TER WERELD

De ruwbouw van PEARL startte in 2013 met het inbrengen van ruim 100 ton aan beton, staal en paraffine. Dat grote volume was nodig om te voorkomen dat de 'achtergrond' meetresultaten zou kunnen verstoren. Van Eijck: "Bij ons bestaat die achtergrond voor een groot deel uit neutronen die we weliswaar zelf produceren, maar die we niet allemaal kunnen gebruiken. Zo willen we bijvoorbeeld voorkomen dat snelle neutronen worden afgevangen. Daar zijn we heel alert op." Aansluitend heeft het RID-team zelf de detector gebouwd. "De detector bestaat uit 1408 pixels die we zelf stuk voor stuk hebben geplaatst. Toen we één van de 64 sets gereed hadden, zijn we meteen testen gaan uitvoeren. De eerste test toonde al direct aan dat we heel snel resultaten konden krijgen, zelfs sneller dan we hadden durven hopen. Aansluitend hebben we de intensiteit van de bundel verhoogd", vertelt een bevrogen Van Eijck. Het ontwerp van de detector is tot stand gekomen in samenwerking met het Rutherford Appleton Laboratory in Oxfordshire. "Zij hebben een methode ontwikkeld en prototypes

gebouwd waarmee je kan zien of de meting het resultaat is van een gamma- of van neutroninteractie." Met het complete systeem van PEARL is Delft de eerste plek op de wereld waar een neutronendiffractometer met deze techniek is gebouwd.

## ONDERZOEK NAAR NIEUWE MATERIALEN

De oplevering en ingebruikname van PEARL is al een technisch succes. "Nu gaan we het een wetenschappelijk succes maken", belooft Van Eijck. Hij verwijst daarbij naar Max Avdeev, ANSTO's Instrument Scientist en adjunct professor University of Sydney, die ongeveer acht jaar geleden een neutronendiffractometer opende en tijdens de workshop inging op het opzetten van een gebruikersnetwerk. "Ik beschouw hem een beetje als mijn voorbeeld. Hij heeft er een heel succesvol wetenschappelijk apparaat in combinatie met een wetenschappelijk programma van gemaakt." Van Avdeev, maar ook van andere diffractiespecialisten die tijdens de workshop aanwezig waren, kreeg Van Eijck adviezen voor het verbeteren van de meetresultaten. "Je moet daarbij bijvoorbeeld denken aan tips om de ruis te verlagen op het diffractiepatroon, dat is in feite een vingerafdruk van de 3D-kristalstructuur." Met het 'finetunen' en kalibreren van PEARL komt een einde aan de bouw van PEARL en wordt naadloos overgegaan naar de fase van het materiaalonderzoek. Anders dan bij gewone röntgenpoederdiffractie kan neutronenpoederdiffractie het verschil zien tussen isotopen en atomen die hetzelfde lijken voor röntgenstraling. Kennis van kristalstructuren opent de weg naar nieuwe materialen voor de opslag van waterstof, het ontwikkelen van koelementen en betere batterijen. Eén van de eerste onderzoeken zal zich richten op de ontwikkeling van magneto-calorische materialen die van belang zijn bij de ontwikkeling van koelementen voor trillingsvrije koelkasten die geen gebruik maken van een gascompressor maar van magneetkoeling. Een toepassing is er ook al: "Er is al een prototype wijnkoeler die volgens



dit systeem werkt." Hij legt uit dat PEARL bij uitstek geschikt is voor dit onderzoek. "Binnen een kristalrooster is eigenlijk elk atoom een soort magneetje. En wat je uiteindelijk kan doen met PEARL is onderzoeken hoe de atomen zich richten naar een magnetisch veld. PEARL kan niet alleen in situ de magneetstructuur zien maar ook hoe sterk de magneetjes zijn en bij welke temperatuur dat het geval is." De verwachting is in ieder geval dat het druk gaat worden bij PEARL. Zo vertelt Van Eijck dat er vanuit de TU Delft zelf al heel wat vraag is naar onderzoek van samples van materialen die bestemd

➤ De banaanvormige detector bestaat uit 1.408 pixels die de teamleden stuk voor stuk hebben geplaatst.

zijn voor de opslag van energie of conversie van energie. Daarnaast hebben mensen uit Groningen en Eindhoven samples opgestuurd voor onderzoek en is er internationaal interesse getoond voor de unieke neutronendiffractometer. Enthousiast: "We gaan nu echt de vruchten plukken van PEARL." K

Menno Jelgersma

## EERBETOON VOOR DR. HUGO RIETVELD

Tijdens de Openingsworkshop van PEARL roemde de voorzitter van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek professor Jos Engelen, de wetenschappelijke bijdrage aan de kristallografie wereldwijd van de eregast dr. Hugo Rietveld (83). Rietveld is een van de meest vooraanstaande kristallografen van de 20ste eeuw. De Rietveld Refinement methode wordt dagelijks door honderden wetenschappers gebruikt om poederdiffractiedata, zoals bijvoorbeeld PEARL die genereert, te analyseren en te vertalen in de 3D-atomaire kristalstructuur van materialen. Sinds 1977 is de Rietveld Refinement een standaardtechniek bij structuuranalyse van poedervormige materialen met behulp van röntgendiffractie. Aanvankelijk lukte het Rietveld met zijn collega's slechts om van eenvoudige verbindingen de structuren te bepalen. Maar bij complexere kristalstructuren bleek de methode onvoldoende door de overlap in de diffractiepatronen. Rietveld kwam op het idee om niet alleen de intensiteiten op maximale piekhoogte te gebruiken maar ook die op de flanken van de piek. Zijn methode wordt wel vergeleken met een softwarematige manier van een 'lens' maken waarmee het ruwe structuurmodel van de diffractie wordt scherp gesteld. Voor zijn methode ontving Rietveld uit handen van koning Gustav van Zweden de Gregori Aminoff-prijs.





© Dean Calma / IAEA

## **K** IAEA FUKUSHIMA REPORT: ANGST VOOR STRALING BLIJKT GEVAARLIJKER DAN STRALING ZELF

**Vier jaar na het Fukushima Daiichi ongeluk blijkt dat niemand is omgekomen door straling. Dat er wel 1.600 slachtoffers zijn te betreuren is het gevolg van de stress door de evacuatie. Angst voor straling blijkt gevaarlijker dan de straling zelf. Dit is de conclusie van het onlangs verschenen IAEA Director General's Report over het ongeluk.**

Het complete rapport weegt de oorzaken en gevolgen van het ongeluk dat op 11 maart 2011 bij de Fukushima-kerncentrale plaatsvond als gevolg van de tsunami die weer het gevolg was van een enorme aardbeving. Het was het ergste ongeluk bij een kerncentrale sinds de ramp bij Tsjernobyl in 1986. "Het rapport neemt de menselijke, organisatorische en technische factoren in overweging en heeft tot doel om een inzicht te geven in wat er is gebeurd en waarom het is gebeurd, zodat regeringen, toezichthouders en bedrijvers van kerncentrales wereldwijd

kunnen handelen naar de noodzakelijke lessons learned", aldus IAEA Director General Yukiya Amano in het voorwoord. "Er is geen enkele basis voor zelfgenoegzaamheid waar het nucleaire veiligheid betreft in alle landen." Hierbij verwijst Amano naar de oorzaak van de ramp: de Japanse kerncentrales werden zo veilig geacht dat een dergelijk ongeluk ondenkbaar was. Hoewel de centrale afdoende aardbevingsbestendig bleek, was hij niet tegen de enorme tsunami opgewassen. Er waren onvoldoende back-up systemen om de stroomstoring op te vangen en het personeel

was onvoldoende voorbereid. De optelsom van rampen (aardbeving, tsunami), gevolgen (uitval veiligheidssystemen, kernsmelt en vrijkomen radioactieve stoffen) en ongetraind personeel, heeft uiteindelijk geleid tot aangescherpte eisen voor bestaande en nieuw te bouwen installaties wereldwijd.

### **GEESTELIJK EN SOCIAAL WELZIJN**

Het rapport bestaat uit zes delen waarvan vijf technisch; 180 experts uit 42 landen en een aantal internationale organisaties werkten aan het rapport. Het is een compleet verslag waarin de samenstellers uitgebreid ingaan op de ramp zelf, de mate waarin betrokkenen waren voorbereid en hoe ze reageerden, de gevolgen van de straling, het herstel na de ramp en de rol van de IAEA na de ramp. Eén van de opvallendste uitkomsten in het lijvige rapport is dat duidelijk is geworden dat er geen mensen zijn omgekomen door straling. Onlangs maakte de Japanse overheid bekend dat bij een medewerker die mee heeft geholpen met de opruimwerkzaamheden leukemie is geconstateerd. Hoewel hij



➤ *Het Fukushima Daiichi Accident Report werd op 17 september gepresenteerd tijdens de 59ste General Conference van de IAEA in Wenen.*

aan niet meer dan de jaarlijkse dosis voor nucleaire medewerkers was blootgesteld, kan niet worden uitgesloten dat de kanker het gevolg is van vrijgekomen straling. De 1.600 dodelijke slachtoffers zijn het gevolg van de stress rondom de evacuatie na de ramp. Als je kijkt naar de gematigde stralingsniveaus rond de kerncentrale kun je jezelf afvragen of de beslissing om tot evacuatie over te gaan de juiste is geweest. Zelfs onder de werknemers van onder andere eigenaar en beheerder Tepco is het aantal extra gevallen van kanker in de komende jaren, naar verwachting, te laag om die te onderscheiden in de statistieken. De data die de IAEA hanteert komen overeen met die van UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) dat concludeerde dat geen toename van stralingsgerelateerde gezondheidseffecten wordt verwacht onder de aan straling blootgestelde bewoners en hun nakomelingen. Ook over de werknemers die een effectieve dosis van 100 mSv of meer hebben gekregen, concludeerde UNSCEAR dat een verhoogde kans op kanker weliswaar mogelijk is in de toekomst, maar

## WANNEER STRALING NIET HET ECHE RISCO IS

Dat er ten gevolge van het ongeluk 1.600 mensen zijn omgekomen is het directe gevolg van de stress door de evacuatie, zelfmoord of gebrekkige medische behandeling. In het artikel *Wanneer straling niet het echte risico is* dat in de New York Times verscheen van de hand van George Johnson, benadrukt de schrijver dat dit dodental door sommige wetenschappers niet wordt gerechtvaardigd door de gematigde stralingsniveaus bij de Japanse kerncentrale. Het was de angst voor straling waardoor mensen uiteindelijk omkwamen. Het grootste deel van de radioactieve neerslag verwaaide overzee door oostenwind, en de rest werd verspreid en verdund over het land. Wanneer de geëvacueerden thuis waren gebleven dan was hun cumulatieve blootstelling over meer dan vier jaar op de meest radioactieve plaatsen (de hot spots, waarvan er maar enkele waren) ongeveer 70 mSv per jaar geweest. Dit is ruwweg vergelijkbaar met de stralingsbelasting van een high-resolution whole body scan. Berekend is dat de meeste ingezetenen op een stralingsbelasting van 4 mSv uit gekomen zouden zijn. Het gemiddelde van de natuurlijke achtergrondstraling wereldwijd bedraagt 2,4 mSv. Op sommige locaties is het 1 mSv per jaar, terwijl er plekken op aarde zijn waar de achtergrondstraling 250 mSv is. De stralingsbelasting van 4 mSv valt bij die hoogste 'natuurlijke' straling in het niet.

dat de incidentie binnen de statistieken niet te onderscheiden zal zijn. Eén en ander geldt ook voor de toename van schildklierkanker bij kinderen. Afwijkingen die zijn geconstateerd kunnen niet worden toegeschreven aan blootstelling aan straling, maar zijn het gevolg van uiterst nauwkeurig meten waarbij de resultaten binnen de statistieken vallen van natuurlijke incidentie van schildklierafwijkingen bij kinderen. Ook de screening van zwangere vrouwen heeft geen verhoging van afwijkingen aangetoond. "Het grootste gezondheidseffect (ten gevolge van het ongeluk) heeft betrekking op geestelijk en sociaal welzijn, in relatie tot de enorme impact van de aardbeving, de tsunami en het nucleaire ongeluk, en de angst en stigma gekoppeld aan het aanwezig geachte risico van de blootstelling aan ioniserende straling", aldus het rapport.

*IAEA Report Fukushima Daiichi Accident:*  
<http://bit.ly/1hQl49S>

## LINEAR NO TRESHOLD

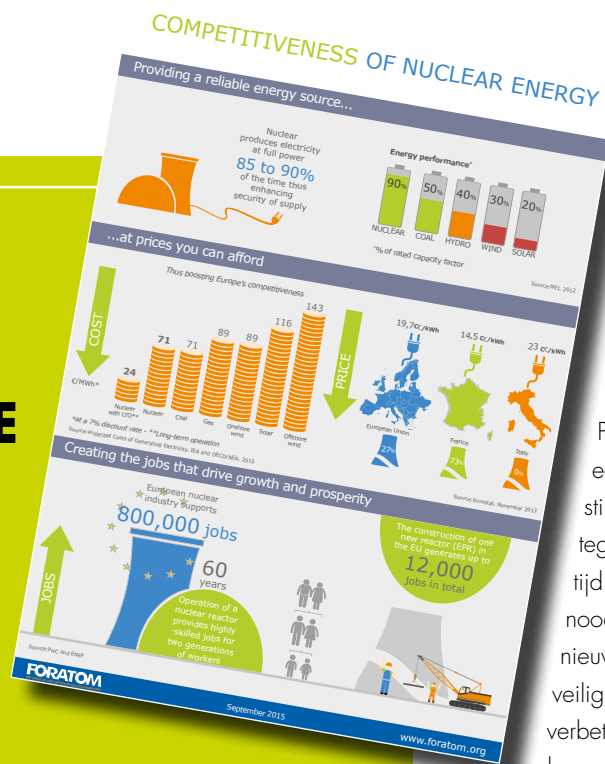
Op basis van het algemeen aanvaarde Linear No Threshold (LNT) model is het mogelijk een schatting te maken wat het toegevoegde effect van de radioactieve neerslag zou zijn in vergelijking met de evacuatie. Het LNT-model

gaat er van uit dat elke hoeveelheid straling, hoe klein ook, schadelijk is. Aangenomen wordt dat een volle sievert aan straling fatale kanker veroorzaakt bij ongeveer 5 percent van de mensen die eraan worden blootgesteld. Op grond van het LNT-model zou een mSv één duizendste deel van het risico tot gevolg hebben: 0,005 procent, ofwel vijf dodelijke kankergevallen in een bevolking van 100.000. In zijn artikel betoogt Johnson dat ongeveer twee keer die hoeveelheid mensen werd geëvacueerd vanuit een 20 kilometergebied vanaf de reactoren van Fukushima. Door te vermijden wat een gemiddelde cumulatieve blootstelling van 16 mSv zou zijn geweest, was het aantal voorkomen kankersterfgevallen misschien 160, ofwel 10 percent van het totaal dat tijdens de evacuatie zelf stierf. De voorzorgsmaatregelen van de Japanse regering om hypothetische gezondheidsrisico's te vermijden zijn alleen al op basis van het LNT-model risicovoller gebleken. Deze conclusie gaat uit van de geldigheid van de huidige normen. Als lage niveaus van straling minder schadelijk zijn, dan zou de radioactieve neerslag geen enkele verhoging in de hoeveelheid kanker veroorzaakt hebben. **K**

*Menno Jelgersma*

# FORATOM: EU MOET CAPACITEIT KERNENERGIE BEHOUDEN

**De Europese Unie moet tot 2050 minimaal de huidige capaciteit aan kernenergie behouden. Dit zou betekenen dat er meer dan honderd nieuwe kerncentrales moeten worden gebouwd in de loop van de volgende 35 jaar. Dit heeft Foratom kenbaar gemaakt op 2 oktober in haar Position Paper over het aankomende PINC-rapport. De nieuwbouw zou 122 GWe aan kernenergie moeten opbrengen tussen 2025 en 2045.**



## KLIMAAT- VERANDERING

FORATOM pleitte er ook voor om de bevestiging van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) te onderstrepen in het komende PINC-rapport dat kernenergie een efficiënt middel is om de stijging van broeikasgassen tegen te gaan. "De komende tijd zijn belangrijke investeringen noodzakelijk voor nucleaire nieuwbouw, levensduurverlenging, veiligheidsverbeteringen, de verbetering van de brandstofcyclus, decommissioning en het afvalbeheer.

Kernenergie draagt bij aan alle drie de doelstellingen van het energiebeleid van de EU, te weten: veiligheid van levering, 'ontkoling' van de elektriciteitssector en concurrerende energieprijzen. De EG erkent in haar beleidskader voor klimaat en energie dat kernenergie bijdraagt aan een concurrerend, veilig en duurzaam energiesysteem in de EU. Wij vragen dan ook om een technologie-neutrale benadering die investering vergemakkelijkt in alle low-carbon technologieën, inclusief kernenergie."

## HARMONISERING VAN REGELGEVING

Foratom formuleert in haar Position Paper verder een aantal adviezen. Zo stelt zij dat er geen specifieke nucleaire belastingen geheven moeten worden. Ook pleit ze ervoor dat het proces om toestemming van de DG Competition voor het verkrijgen van overheidssteun duidelijk en binnen een strikt tijdschema moet worden uitgevoerd en dat, indien de richtlijnen van de EU op het gebied van Overheidssteun voor Milieubescherming en Energie in de toekomst worden herzien, er geen onderscheid moet worden gemaakt tussen low-carbon technologieën, maar dat er naar zowel kernenergie als naar vernieuwbare energiebronnen moet worden gekeken. "De EU en de Europese financiële instellingen moeten de bestaande

FORATOM, de nucleaire handelsorganisatie voor de EU, presenteerde haar Position Paper aan de Europese Commissie met het oog op de geplande publicatie van een herziene versie van het Illustrative Program for Nuclear Energy (PINC). Het EURATOM-Verdrag verplicht de EU om periodiek een nieuwe PINC uit te geven. Hierin worden de doelstellingen en het actuele programma voor kernenergie geanalyseerd en wordt gekeken naar de daarmee gepaard gaande vereiste investeringen.

## VOORDELEN NIEUWE KERNCENTRALES

"Alles bij elkaar kunnen wij van tenminste veertien lidstaten verwachten dat ze in 2050 nieuwe kerncentrales in bedrijf hebben. Eenmaal gebouwd, hebben deze nieuwe kerncentrales vele voordelen in de elektriciteitsmarkt. Zo hebben ze een veel langere levensduur: 60 of zelfs 80 jaar. Ze

hebben een relatief laag brandstofgebruik en lage bedrijfskosten. Ze kunnen centraal en flexibel worden geplaatst en ze voorzien in een betrouwbaar elektriciteitsaanbod." FORATOM verwelkomde dan ook de intentie van de Europese Commissie om tegen het eind van dit jaar een PINC-rapport te publiceren. "Sinds de publicatie van het laatste PINC-rapport in 2007 zijn de omstandigheden voor kernenergie aanzienlijk veranderd zowel binnen de EU als wereldwijd. De financiële crisis, Fukushima en de spanningen in de Oekraïne hebben alle een invloed gehad op de energiesector als geheel, evenals op de nucleaire sector", aldus FORATOM. "Niettemin groeit mondiaal de aandacht voor kernenergie. Er zijn momenteel wereldwijd meer kerncentrales in aanbouw dan ooit. Volgens het Internationale Atoomenergie Agentschap (IAEA) gaat het in totaal om 67 reactoren."



marktmislukkingen in de lidstaten aanpakken en investeringen in kernenergieprojecten vergemakkelijken om zo de concurrentiepositie van nucleair te verbeteren. Alle aanvragen voor financiering zouden op een niet discriminerende basis moeten worden overwogen. Wanneer we de leidinggevende rol van Europa op het gebied van nucleaire technologie en innovatie willen behouden moeten investeerders vertrouwen krijgen in kernenergieprojecten. Nieuwe technologieën, waaronder de Generatie IV kernreactoren, bieden grote concurrerende en duurzame voordelen en zouden dan ook adequate financiering moeten krijgen voor

onderzoek en ontwikkeling op Europees niveau, hierbij rekening houdend met het potentieel van de EU in termen van menselijke en financiële hulpbronnen." Volgens FORATOM moet de Commissie de regelgevende instanties, vertegenwoordigd in de ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group) en de WENRA (Association of Regulators of Western Europe), moeten aanmoedigen om het harmonisatieproces van de regelgeving te versnellen. Op die manier kunnen bestaande barrières worden geslecht en kunnen de lidstaten gebruik maken van bestaande en toekomstige nucleaire technologie.

**25% NUCLEAIR**

Vorige maand riep de World Nuclear Association de mondiale nucleaire industrie op om te streven naar een aandeel van 25% in de totale wereldproductie van elektriciteit in 2050. Dit kan worden bereikt door 1.000 GWe aan nieuwe generatiecapaciteit toe te voegen. Agneta Rising, de directeur-generaal van de WNA, zei bij die gelegenheid dat de industrie 50 GWe capaciteit kon toevoegen in de periode 2015-2020, 125 GWe in 2020-2025 en 825 GWe in 2025-2050. **K**

bron: WNN

# URENCO IN STROOMVERSNELLING

**URENCO doet een flinke investering in een nieuw te bouwen reinigingsinstallatie voor haar afvalwater. Het project dat al een tijdje loopt, komt daardoor in een stroomversnelling. Projectmanager Hans Bokhove vertelt wat er gebouwd wordt en waarom.**

**EINDE TECHNISCHE LEVENSDUUR**

Bokhove: "De huidige RA(radioactief)-afvalwaterreinigingsinstallatie is aan het einde van haar technische levensduur. De installatie heeft meer dan dertig jaar dienst gedaan. En nu is het tijd voor vernieuwing. We verwachten een toename in het reinigen van fabrieksonderdelen. De nieuwe installatie moet het afvalwater zo behandelen, dat de hoeveelheid afval die uiteindelijk naar de COVRA gaat, niet toeneemt. Daarnaast wil URENCO graag alle reinigingswerkzaamheden centraliseren in het Recycling Centre. Dan beperken we het vervoer van afvalwater over de site tot een minimum. Al met al genoeg redenen om een nieuwe installatie te bouwen."

**RA WATER CLEANING (RWC)**

Al een aantal jaren werd gebrainstormd over de installatie en een jaar geleden kreeg Bokhove groen licht om een ontwerp te laten maken. Dat gebeurt door het design team waarin collega's van verschillende afdelingen en externe partijen zitten, die met de installatie te maken krijgen. "De nieuwe installatie bestaat onder andere uit drie indampers en drie vacuümdrogers. Eén hiervan dient als reserve voor onderhoud

aan de andere lijnen. Het water wordt zo gereinigd dat het na afloop in het reguliere riool terecht kan." Volgens Bokhove wordt het een state of the art installatie met verschillende kleuren waarin alle aspecten van veilig en ergonomisch werken verwerkt zijn. "Het moet plezierig zijn om aan de installatie te werken."

**STROOMVERSNELLING**

Alles begint nu in een stroomversnelling te komen. "Het design is klaar en de installatie is aanbesteed. Unica uit Venlo bouwt inmiddels op externe locaties waar verschillende bedrijven, veelal uit Twente, aan meewerken. Denk aan de bouw van tien grote kunststof vaten, het leidingen- en pijpenwerk, het transporteren van installatieonderdelen en niet te vergeten de gehele montage. Mede door de goede samenwerking tussen alle partijen zijn we voortvarend van start gegaan." Vanaf begin 2016 gaat URENCO wat merken van de bouw. "Dan starten we met de voorbereiding van de vloer in het Recycling Centre en vanaf maart volgt het eerste deel van de staalconstructie. Tot december 2016 wordt vervolgens gebouwd waarna nog een half jaar testen volgt." Op de vraag wat nu zo leuk is aan het project, antwoordt Bokhove: "Het is vooral de uitdaging om het technisch voor elkaar te krijgen. Daarnaast wil je tot een gebruiksvriendelijk en mooi ontwerp komen. Door de vrijheid die ik van URENCO krijg, komt er een prachtige installatie te staan die aan alle eisen voldoet!" **K**

URENCO Nederland



✦ *Lodewijk van Aernsbergen, senior coördinator ANVS en projectleider van het Pallas-project*

## **K** HANDREIKING VOBK REFERENTIEKADER BEOORDELING KERNENERGIEWET- VERGUNNING

**De onlangs verschenen Handreiking VOBK (Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren) geeft inzicht in de meest actuele stand van de techniek en wetenschap van de nucleaire veiligheid voor kernreactoren. De Handreiking is een belangrijk onderdeel van het referentiekader voor de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming bij de beoordeling van de aanvraag van Kernenergievergunningen. Lodewijk van Aernsbergen, projectleider Pallas en senior coördinator bij de ANVS licht een aantal onderdelen van de Handreiking toe.**

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) is ontstaan omdat IAEA-verdragen en EU-regelgeving verdragslanden verplichten een zelfstandige autoriteit (regulatory body) op te zetten. De autoriteit heeft wettelijk vastgelegde bevoegdheden ten aanzien van de zorg voor nucleaire veiligheid en stralingsbescherming. De ANVS werkt dus aan het verbeteren van de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming in Nederland. De organisatie houdt hiervoor toezicht op de bestaande nucleaire installaties en bijvoorbeeld op vergunninghouders die toepassingen gebruiken waarbij ioniserende straling vrijkomt. Ook de beoordeling van vergunningsaanvragen voor (nieuwe) installaties wordt door de ANVS gedaan. Vergunningen aan nieuwe installaties zijn alleen mogelijk als deze aan de modernste veiligheidseisen voldoen, waarbij actuele ontwikkelingen leidend zijn. Een Handreiking is een document dat is uitgegeven door of namens het bevoegde

gezag. In dit document staat wat de visie van het gezag over bepaalde onderwerpen is, zodat de vergunningaanvragers en -houders daar van tevoren rekening mee kunnen houden.

1. De ANVS werkt continu aan het verbeteren van de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming door vergunningverlening en het houden van toezicht bij de kerninstallaties. De Handreiking geldt voor bestaande en nieuwe kernreactoren. Kunt u ook aangeven hoe de veiligheid verbetert door de Handreiking?

**VAN AERNSBERGEN:** Door de vooruitgang in de techniek en wetenschap kunnen kerninstallaties steeds veiliger gebouwd worden. Dit gebeurt echter niet vanzelf. Door de vergunningsdoelstellingen bij de stand van de techniek en wetenschap aan te laten sluiten kan een initiatiefnemer voor een nieuwe kerninstallatie nagaan wanneer men een vergunning zou kunnen krijgen voor een nieuwe kernreactor. De Handreiking voor een Veilig Ontwerp en het Veilig Bedrijven van Kernreactoren (VOBK) maakt het voor de initiatiefnemer op voorhand duidelijk aan welke veiligheidsdoelstellingen hij moet gaan voldoen. Daar kan hij dan bij het maken van zijn ontwerp rekening mee houden. Vergunninghouders van bestaande kerninstallaties moeten voortdurend onderzoeken hoe zij de veiligheid van hun installatie kunnen verbeteren. Dit gebeurt uitgebreid bij de verplichte tienjaarlijkse veiligheidsevaluaties. Hierbij geldt de Handreiking voortaan als referentie. Bij bestaande installaties wordt dan echter ook beoordeeld of de doelstellingen redelijkerwijs gevraagd kunnen worden in verband met bijvoorbeeld de technische haalbaarheid en kosten van de aanvullende veiligheidsmaatregelen. Zo zal het in het algemeen niet redelijk zijn om bij een bestaande installatie te eisen dat de koepel of het reactorvat vervangen zal moeten worden.

2. De Handreiking geeft inzicht in 'de huidige stand der techniek'. Hoe verkrijgt de ANVS de noodzakelijke kennis hiervoor? Loopt de ANVS

hier op voor bij de nationale en internationale industrie?

**VAN AERNSBERGEN:** De kennis over de stand der techniek en wetenschap krijgt de ANVS door actief deel te nemen aan internationale fora zoals die van het Internationale Atoom en Energie Agentschap (IAEA), de West Europese Associatie van bevoegde Nucleaire Autoriteiten (WENRA) en de Nuclear Energy Agency (NEA). Ook nemen wij deel aan internationale reviews. Daarnaast maakt de ANVS gebruik van technisch wetenschappelijke adviseurs zoals het Rijks Instituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM), de Nuclear Research and Consultancy Groep (NRG) uit Petten en het Gesellschaft für Reactor und Anlage Sicherheit (GRS). De laatste is ook zeer nauw betrokken geweest bij de totstandkoming van de Handreiking VOBK. Door het uitbrengen van de Handreiking loopt de ANVS nu in de voorhoede op het gebied van de regelgeving voor nieuwe reactoren.

3. De ANVS kan een vergunningaanvraag voor de bouw van een verouderd type weigeren. Wat wordt hier precies mee bedoeld? Hoe verhoudt zich dit tot de huidige ontwikkeling dat bij nieuwbouw vaak wordt gekozen voor bewezen (en dus oudere) technologieën zoals bij PALLAS?

**VAN AERNSBERGEN:** Op grond van de Kernenergiewet kan een vergunning de bouw van een nieuwe kernreactor met een verouderd type geweigerd worden, ook als deze verder aan alle eisen voldoet. In 2011 heeft de Minister van Economische Zaken in een brief aan de Tweede Kamer al aangegeven dat het ontwerp van een nieuwe kernreactor gebaseerd moet zijn op de laatste stand van de techniek en voor Pallas geldt dit natuurlijk ook. Dit betekent dat de ANVS een aanvraag van de Stichting Voorbereiding Pallasreactor voor een nieuwe reactor met een verouderd ontwerp kan weigeren. De Handreiking VOBK geeft aan wat op dit moment volgens de ANVS moet worden gezien als stand der techniek. Uit het overleg dat nu gaande is tussen ANVS en de

stichting blijkt overigens dat deze ook helemaal niet van plan is om een verouderd ontwerp te gaan toepassen.

4. De Handreiking wordt nu gepresenteerd. In het persbericht wordt aangegeven dat de initiatieven voor PALLAS en OYSTER de aanleiding zijn voor de Handreiking. De overheid heeft 3 jaar terug circa 38 miljoen subsidie voor OYSTER toegezegd en 40 miljoen krediet beschikbaar gesteld voor de eerste fase van het Pallas-project. Komt de Handreiking nu niet veel te laat?

**VAN AERNSBERGEN:** Nee, OYSTER bevindt zich in de ontwerpfase en PALLAS nog in de aanbestedingsfase. Met de doelvoorschriften van de Handreiking kan dus nog voldoende rekening worden gehouden.

5. Kunt u aangeven wat de overweging is geweest om te kiezen voor de Duitse veiligheidseisen, terwijl Duitsland juist van kernenergie af wil? En waarom is de Handreiking mede gebaseerd op de Finse regelgeving?

**VAN AERNSBERGEN:** Het schrijven van een Handreiking met doelstellingen voor nieuwe kernreactoren kost veel tijd. Wij hebben dus zo veel mogelijk gebruik willen maken van recent geschreven overheidsdocumenten op dit gebied. Het bleek destijds dat Duitsland bezig was met het afronden van nieuwe voorschriften voor bestaande reactoren. Dit was een goede basis zijn voor de Nederlandse Handreiking VOBK. Zoals hierboven aangegeven, hebben wij dit document aangepast voor nieuwe reactoren en daarbij gebruik gemaakt van de meest recente inzichten van diverse internationale organisaties zoals de IAEA en de WENRA maar ook van recente nationale regelgeving waaronder die van Finland. Finland heeft namelijk uitgebreide Engelstalige regelgeving voor nieuwe kernreactoren op zijn site gepubliceerd. **K**

*Menno Jelgersma*

*Kijk voor meer informatie op [www.anvs.nl](http://www.anvs.nl)*





© Georgia Power Company

## INBEELD

Het negentiende-eeuwse houten beeld van Sint Jozef met baby Jezus op de arm wordt voorbereid op een Röntgenonderzoek. Voordat het beeld een grondige restauratie kon ondergaan werd eerst de huidige staat beoordeeld aan de hand van een analyse met behulp van diverse nucleaire technieken. Het polychroom beeld is een kunstwerk van Vincenzo Dimech (1768-1831) en bevindt zich in de negentiende-eeuwse basiliek van Sint Helena in Birkirkara op Malta.

Foto: © Louise Potterton/IAEA







© Kernvisie

**K** CEO van MILabs prof. dr. Freek Beekman: "Met G-SPECT wordt een nieuw gebied opgelegd dat interessante informatie kan opleveren voor artsen en patiënten."



## G-SPECT: SNELLER, NAUWKEURIGER EN MINDER BELASTEND VOOR DE PATIËNT

**Het Nederlandse MILabs ontving in september de 2015 World Molecular Imaging Congress Award voor hun G-SPECT scanner (scanner voor single photon emission computed tomography). De nieuwe scanner brengt supersnel dynamische biologische processen in beeld. Met een resolutie van drie millimeter zouden diagnostische scans vele malen nauwkeuriger kunnen worden.**

De verwachting is dat G-SPECT dankzij de verbeterde techniek in staat zal zijn processen inzichtelijk te maken zoals die bijvoorbeeld in de hersenen plaatsvinden. Daarnaast zal het mogelijk zijn om de stofwisseling in tumoren te bekijken. Een SPECT-scan is een 3- of 4-dimensionale diagnostische techniek waarbij gebruik wordt gemaakt van radioactief gelabelde stoffen. Door een stof te kiezen die zich selectief in bepaalde weefsels of organen ophoopt kan een afbeelding worden verkregen van de verdeling van de radioactieve isotoop in het lichaam. Voor het maken van een opname wordt gebruik gemaakt van gammacamera's. Dit gebeurt meestal met twee camera's, maar er zijn ook zogenaamde 3-kopssystemen in gebruik die betere opnames genereren. Met de nieuwe G-SPECT zijn beelden te verkrijgen met een resolutie die veel hoger is, namelijk 3 millimeter in plaats van de gangbare 7 tot 10 millimeter. Dat dit niet eenvoudig het resultaat is van nog meer of betere camera's legt CEO van MILabs prof. dr. Freek Beekman uit, die naast oprichter van MILabs ook verbonden is aan de TU Delft en het Brain Center Rudolf Magnus van het UMC Utrecht. "Het aantal

camera's is van triviaal belang voor de resolutie", aldus Beekman. "Het gaat om de combinatie van onder andere de positie van de camera's, de beeldreconstructie, de collimator (een loden structuur die alleen gammaquanten doorlaat die onder een hoek aankomen op het oppervlak van de detector) en het oplossen van diverse mathematische en computationele problemen."

### ALZHEIMER EN PARKINSON

Inmiddels heeft MILabs twaalf patenten en een scanner die alom wordt geprezen. Tot nu toe waren beelden voor het duiden van

dynamische processen niet duidelijk genoeg. "Je zag wel iets, maar het beeld was vaak te vaag, vergelijkbaar met wat een ouder iemand ziet die zonder leesbril de krant leest", vertelt Beekman. De verwachtingen zijn dan ook hoog gespannen. Het is te verwachten dat de G-SPECT door de hoge resolutie, processen die samenhangen met Alzheimer of Parkinson beter in beeld kan brengen. Volgens Beekman is dat bijvoorbeeld ook zo bij de epileptogene zones in de hersenen. De G-SPECT is de eerste SPECT-scanner met een resolutie die vergelijkbaar is met een



PET (Positron Emission Tomography)-scan. Op de vraag of de G-SPECT de PET overbodig maakt, legt Beekman uit dat dat van de toepassing afhangt. "Je kunt op reis gaan met een auto of met een vliegtuig, maar dat wil niet zeggen dat het ene voertuig beter is dan het andere."

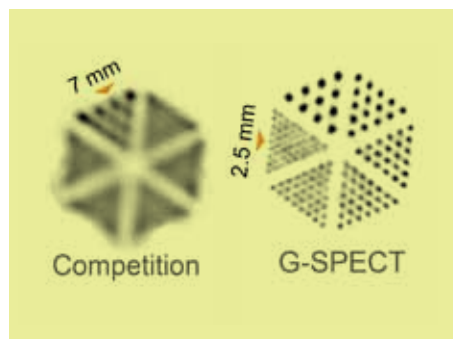
### BEWEGENDE BEELDEN

Een belangrijk voordeel van de G-SPECT is de hoge gevoeligheid. Beekman: "We kunnen nu scans uitvoeren waarbij een patiënt een veel lagere dosis radioactieve stof wordt toegediend." Dat is volgens hem voor patiënten van emotioneel belang omdat ze niet staan te springen om te worden geïnjecteerd met radio-isotopen. "Maar los daarvan maakt de tienmaal lagere dosis het ook mogelijk om bijvoorbeeld vaker te diagnosticeren zonder dat het radiologisch belastend voor de patiënt wordt." Verder wordt het wellicht mogelijk een bruikbare scan te verkrijgen als de patiënt in de scanner beweegt. Nu is dat nog vaak een reden waarom scans mislukken en het opnieuw moet. Daarnaast kan de G-SPECT 3D-beelden heel snel achter elkaar zetten, zodat een 4D-film met een zeer hoge beeldkwaliteit ontstaat. Dat is een enorme vooruitgang ten opzichte van de statische plaatjes die SPECT-scanners nu meestal produceren. Beekman: "Met G-SPECT kun je zichtbaar maken hoe stoffen in en uit structuren gaan, wat bijvoorbeeld van belang kan zijn bij het onderzoeken van tumoren. Daarmee wordt een nieuw gebied opgelegd dat veel interessante informatie kan opleveren voor artsen en patiënten."

### CE EN FDA

Met alle voordelen in het vooruitzicht is het nu wachten op de eerste ziekenhuizen waar de G-SPECT in gebruik kan worden genomen. MILabs is daarom nu bezig met de noodzakelijke certificering om de scanner te vermarkten. Hiervoor is onder meer de Europese CE-markering noodzakelijk en FDA-goedkeuring om de Amerikaanse markt op te kunnen. Over een datum of een

termijn waarop de techniek voor patiënten beschikbaar komt, wil Beekman niets kwijt. Hij benadrukt dat de beschikbaarheid voor humane toepassing afhankelijk is van de goedkeuring voor de lokale markt. Heeft de onlangs toegekende Award al wat opgeleverd? "Sinds de prijsuitreiking word ik regelmatig door vooraanstaande ziekenhuizen uit de hele wereld gebeld om



✦ Met de nieuwe G-SPECT zijn beelden te verkrijgen met een resolutie die veel hoger is, namelijk 2,5 tot 3 in plaats van de gangbare 7 tot 10 millimeter.

te laten weten dat ze geïnteresseerd te zijn in G-SPECT en de mogelijkheden", aldus Beekman.

### SPIN-OFF

MILabs werd in 2006 opgericht als een spin-off van het Universitair Medisch Centrum Utrecht. Inmiddels heeft het bedrijf een geheel nieuwe lijn van moleculaire beeldvormingssystemen met een grote resolutie ontwikkeld, die

internationaal veel wetenschappelijke onderscheidingen kregen. Een zeer intensieve samenwerking heeft Beekman nog steeds met het UMC Utrecht; niet in de laatste plaats vanwege het belang van het uitwisselen van ervaringen en het geven van feedback waardoor nog beter kan worden ingespeeld op de behoeften van ziekenhuizen en hun patiënten. Naast CEO bij MILabs is Beekman ook als deeltijdhoogleraar verbonden aan de TU Delft. Bij de ontwikkeling van G-SPECT is ook sprake geweest van interactie tussen MILabs en de TU Delft, met name waar het ging om basaal onderzoek. "Het gaat er bij de TU Delft voornamelijk om dat promovendi in staat moeten zijn om goed te publiceren en het zwaartepunt ligt bij de academische carrière van betrokkenen", legt Beekman uit. Met de G-SPECT is een grote stap vooruit gemaakt op het gebied van imaging. Wat ligt er in het verschiet? "Er zijn altijd meer stappen mogelijk in imaging. We hebben nu een collimator ontwikkeld om betere hersenscans te maken. De volgende stap zou de ontwikkeling van collimators voor onder andere hart, borst en lever zijn." Verder zijn volgens Beekman stappen voorwaarts denkbaar bij hybride imaging van de G-SPECT, waarbij SPECT wordt gecombineerd met andere imagingtechnieken zoals bijvoorbeeld CT (Computed Tomography) of MRI. **K**

*Menno Jelgersma*

### PROF. FRED VERZIJLBERGEN: G-SPECT ONTKETENT EEN REVOLUTIE

Prof. Fred Verzijlbergen, hoofd van de afdeling Nucleaire Geneeskunde aan het Erasmus Medisch Centrum, deelt de verwachtingen van Beekman. "Ik ben bijzonder onder de indruk van de ongekende ruimtelijke en temporele resolutie van de eerste resultaten. De G-SPECT lijkt een 'game changer' te worden in de medische beeldvorming van diverse aandoeningen van bijvoorbeeld het brein, de nieren of de gewrichten. In één keer zullen we een schat aan gedetailleerde informatie uit een enkele SPECT-scan krijgen. Het verschil in resolutie met de huidige SPECT-technologie is zo groot dat het moeilijk te zeggen is hoe groot de revolutie is die G-SPECT ontketent. Uiteraard hebben gedegen wetenschappelijke testen op grote groepen patiënten nu hoge prioriteit."

## VRAAG & ANTWOORD

In de rubriek 'Vraag & Antwoord' beantwoordt een panel van experts lezersvragen. In elke Kernvisie komen er een aantal aan bod. Heeft u misschien zelf ook een vraag? U kunt deze direct stellen aan de Stichting KernVisie via: [info@kernvisie.com](mailto:info@kernvisie.com).

**DE MEESTE AANDACHT BIJ DE VERDUURZAMING VAN HET ENERGIEAANBOD (MET NAME ELEKTRICITEIT) RICHT ZICH OP HET HUISHOUELIJK GEBRUIK DAT MOMENTEEL 10 TOT 15 PROCENT VAN HET TOTALE VERBRUIK IS. DE LAATSTE JAREN ZIEN WE EEN ONTWIKKELING NAAR FORSE GROEI VAN DECENTRAAL (EN INTERMITTEREND) OPGEWEKTE ELEKTRICITEIT. DE VERDUURZAMING HEeft O.A. BETREKKING OP HET BETER OP ELKAAR AFSTEMMEN VAN VRAAG EN AANBOD. IS HET REALISTISCH OM HET PROBLEEM VAN HET VARIËREND AANBOD VOOR DE RUIM 85% OOK ZO AAN TE PAKKEN OF ZAL DAN TOCH EEN AANVULLING MET KERNENERGIE ALS NIET-FOSSIELE TECHNIEK NOODZAKELIJK ZIJN?**

Duurzaam energiebeleid richt zich inderdaad voornamelijk op elektriciteit. In 2014 was 10% van de binnenlandse elektriciteitsproductie "duurzaam", voornamelijk door windenergie op land en op zee, en door allerlei vormen van biomassa meestook in fossiele centrales. Om het 14% duurzame energiedoel in 2020 te halen, moet het aandeel duurzame elektriciteit groeien naar 35%. Ter vergelijking: één moderne kerncentrale van 1600 MW zou 12% van alle elektriciteit in Nederland kunnen leveren.

Die 35% komt niet uit de lucht vallen, het is namelijk min of meer het maximaal haalbare aandeel elektriciteitsproductie uit hernieuwbare energie. Dat zit zo: door gebrek aan wind leveren windmolens op drie van de vier dagen nauwelijks stroom, voor wind op zee zijn dat twee van de drie dagen. Dit is makkelijk te verifiëren: de circa 2000 MW capaciteit windmolens op land leveren evenveel stroom (4%) als de 500 MW kerncentrale Borssele (4%), die afgezien van twee weken onderhoud het hele jaar 24/7 in bedrijf is.

De beschikbaarheid van zonne-energie is nog slechter dan die van windenergie. Wie zonnepanelen heeft, weet dat deze vooral

in de zomer stroom leveren, midden op de dag. 's Winters is de elektriciteitsproductie verwaarloosbaar; de elektriciteitsmeter loopt dan zelden terug. In Nederland, met een waterig zonnetje, doen gemiddeld over het jaar genomen zonnepanelen zo'n 20 uur van de dag niet of nauwelijks iets.

Samengevat komt het erop neer dat intermitterende elektriciteit uit zon en wind samen maximaal zo'n 20% tot 25% van de stroom kunnen leveren (de 35% doelstelling wordt gehaald met 10% elektriciteit uit biomassa erbij). Daarmee zou een situatie zijn bereikt dat steeds wanneer het voldoende waait en/of de zon hard schijnt, alle fossiele en kerncentrales helemaal zijn uitgeschakeld.

Op papier is zo'n radicaal aan- en afschakelscenario mogelijk, zij het dat het (dan grotendeels decentrale) elektriciteitsnetwerk daarvoor geschikt moet zijn gemaakt, tegen de daarbij horende kosten.

Niettemin blijft het fundamentele probleem dat intermitterende zon- en wind alleen maar meer dan 25% van de elektriciteitsproductie kunnen leveren door overcapaciteit te creëren, en de overproductie op te slaan

### Dr. Ir André Wakker

André Wakker (1958) studeerde Toegepaste Natuurkunde aan de TU Twente en de TU Eindhoven. Hij studeerde af binnen het vakgebied Kernfysica. In 1986 promoveerde hij op een onderwerp binnen de Fysische Chemie aan de universiteit van Amsterdam. Zijn werkzame leven startte hij als onderzoeker op het terrein van de polymere materialen en ontwikkelde zich verder als product manager bij Shell en onderzoeksleider voor de ontwikkeling voor brandstofcellen bij ECN. Bij ECN werd hij vervolgens hoofd van de groep Hernieuwbare Energie. Momenteel is hij werkzaam bij NRG als hoofd van de afdeling Business van de eenheid Consultancy & Services.

in batterijen of, via elektrolyse, in waterstof. Dat is vanuit technologie- en kostenperspectief irreëel; bovendien hebben batterijen een niet zo prettige ecologische rugzak. De vaak gehoorde drogredenering dat het "altijd wel ergens waait", zodat de stroom wel eventjes van Polen naar Nederland en vice versa kan worden getransporteerd, is simpelweg een verkapte vorm van overcapaciteit creëren.

Conclusie: een elektriciteitsvoorziening volledig gebaseerd op intermitterende bronnen die afhankelijk zijn van de natuur, is irreëel. Zon en wind zijn leuk voor erbij. Een echt duurzame elektriciteitsvoorziening begint met kernenergie. **K**



## **K** COVRA SLAAT EERSTE PAAL VOG2

**Woensdag 30 september 2015 is de eerst paal van het VOG2 geslagen. Hiermee is de start van de bouw van het tweede gebouw voor de opslag van verarmd uranium bij COVRA officieel.**

De houten paal werd op ambachtelijke wijze met de handigheid door 'De Wasschappelse Heiploeg', op de wijze zoals dat eeuwenlang op de Westkapelse zeevering is uitgevoerd. De houten paal werd door de heiers en een kaptein, gekleed in de originele Westkapelse klederdracht, de grond in geslagen, waarbij met behulp van zang het ritme werd aangegeven.

Het VOG2 is nodig voor de opslag van verarmd uranium. Het gebouw met een opslagcapaciteit voor vijftien jaar is ontworpen door raadgevend ingenieursburo F. Koch BV en wordt gebouwd door bouwbedrijf Cordeel Nederland BV. William Verstraeten heeft het gebouw vormgegeven. VOG2 zal Uranus blauw worden en tegelijkertijd als een enorme zonnewijzer fungeren. De tijdsaanduiding refereert aan het feit dat de tijd radioactieve stoffen onschadelijk maakt. De planning is dat het gebouw begin 2017 gereed zal zijn. **K**

## COLUMN



### BANG VOOR HET ONCONTROLEERBARE

Over beleid wordt meestal besloten in de politiek. Partijen nemen standpunten in, er wordt over gedebatteerd, standpunten eventueel bijgesteld, gestemd en wetgeving al dan niet aangenomen. Echter soms wordt zo'n onderwerp 'controversieel'

en steekt de emotie de kop op.

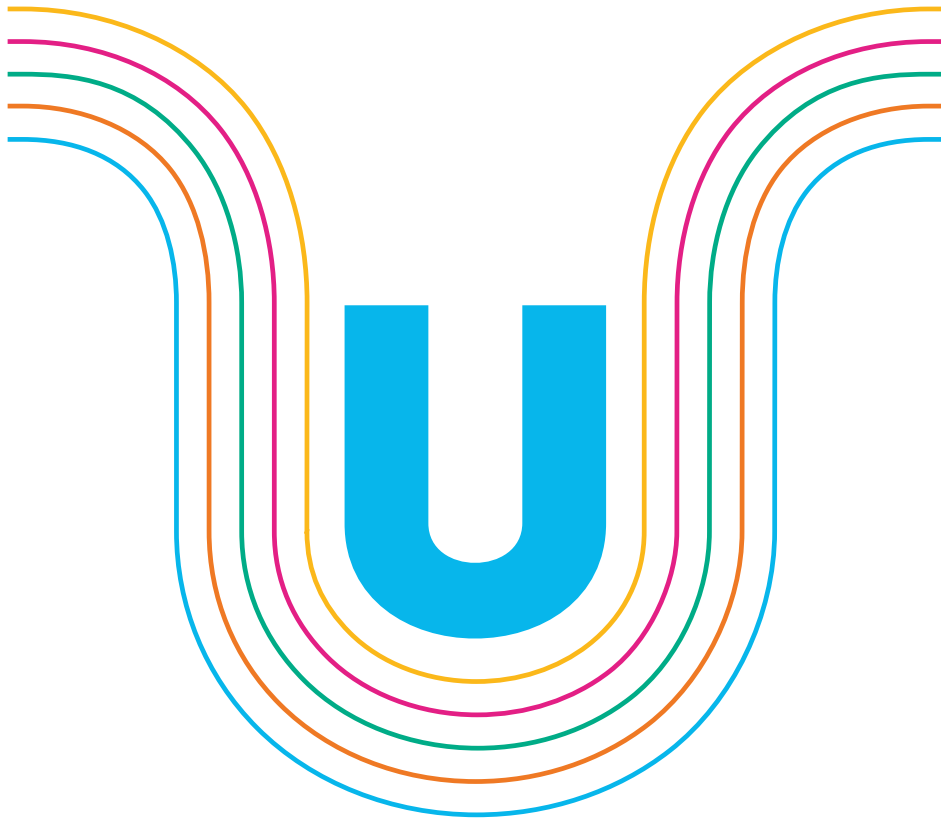
Kijk bij het huidige debat over de vluchtelingen: boze mensen die bijeenkomsten overschreeuwen met 'AZC weg ermee', elk debat of overleg onmogelijk makend.

Deze emotionele taferelen deden mij nogal denken aan de vroegere demonstraties tegen kernenergie. In beide gevallen duiken er natuurlijk beroepsdemonstranten en raddraaiers op, maar er zijn ook mensen die zich oprecht zorgen maken. Waar gaan die zorgen nu over? Waar zijn die mensen bang voor? In het geval van de vluchtelingen gaat het niet over die 17.000 vluchtelingen die er dit jaar tot september zijn binnengekomen, dat is één promille van het aantal inwoners van Nederland, die zouden gecontroleerd opgenomen moeten kunnen worden. Nee waar men bang voor is, is dat het daar niet bij blijft. Dat er een veelvoud hiervan deze kant op komt, en dat de situatie dan niet meer in de hand te houden is.

Zo is het ook met de angst voor kernenergie en straling. Het gaat niet over die extra stralingsdosis die men ontvangt, als men maar zeker wist dat het daar bij blijft. Van de totale blootstelling aan ioniserende straling in Nederland is inmiddels meer dan een derde deel afkomstig van medische toepassingen, terwijl minder dan één procent afkomstig is van industriële activiteiten, fall-out van kernproeven en Tsjernobyl. Ook hier is de angst dat het daar niet bij blijft. Dat, mocht er een keer iets gebeuren met een kernreactor, er een veelvoud van deze dosis onze kant op komt. Er is bij deze mensen geen vertrouwen dat eigenaar en overheid dit dan onder controle hebben. Het vertrouwen in het aankunnen van ontwikkelingen in de toekomst blijft vaak onbesproken, maar is essentieel voor het 'normaal en rustig' kunnen uitvoeren van huidig beleid.

*Aliki van Heek*





## **URENCO'S NIEUWE COMMUNICATIE**

**URENCO startte dit jaar met een nieuwe communicatiecampagne. Het doel is om specifieke doelgroepen echt te bereiken. Het middel is een campagne die in plaats van zendergericht ontvanger georiënteerd is. Eind 2014 vond een nulmeting plaats en volgend jaar volgt de follow up.**

Communicatiemanager Judith Slijkhuis vertelt: "De U & URENCO campagne bestaat uit vijf verhaallijnen met elk hun eigen kleur. Ik zal er eentje uitlichten als voorbeeld, de overige lijnen kun je vinden op UenURENCO.com. Onze roze verhaallijn focust op het mysterie dat ons bedrijf omgeeft in de ogen van buitenstaanders en vertelt iets over de bijzondere technologie. Voor zover het kan vertellen we graag over de ultracentrifuge. We kunnen natuurlijk niet vertellen hoeveel we er hebben of hoe hard ze draaien, maar een beetje uitleg kan wel. Ook om te delen

waarom we er slechts beperkt over mogen vertellen."

### **STRALING**

Het blijft bijzonder, je ziet, hoort, voelt, ruikt of proeft het niet. En toch is het er. Straling. Omdat wij er geen zintuig voor hebben, blijft het een mysterieus iets. Gelukkig hebben we wel uitstekende meetapparatuur. Maar ook dat is ingewikkeld voor leken. Want wat zegt dat nou, een Sievert? Of een Gray? Of een Becquerel? "In deze verhaallijn kunnen we delen dat radioactiviteit continu om ons

heen is. Dat we zelfs een radioactief element in ons lichaam hebben (kalium) en hoeveel straling je met verschillende activiteiten op kan lopen. Denk aan een bergwandeling of een röntgenfoto. Kortom we leggen uit dat straling heel gewoon is. Alleen door hier in Nederland te leven vang je 2,4 millisievert per jaar op", vertelt Slijkhuis.

### **GEHEIM**

Slijkhuis: "Bezoekers hebben altijd vragen over – voor ons logische - dingen. Zoals 'waarom mag ik mijn telefoon niet meenemen?' Het antwoord hierop raakt gelijk een andere kwestie, namelijk onze zorg voor non-proliferatie. En dat leggen we natuurlijk graag uit. Mensen kunnen ook zelf een vraag stellen. Wij geven vervolgens het best mogelijke antwoord, rekening houdend met de security beperkingen die er zijn. We vertellen wel iets over onze ultracentrifuges, maar niet alles. We delen informatie over ons proces, voor zover dat kan." **K**

*URENCO Nederland*

# K THE MAKING OF PEARL

**De TU Delft heeft met PEARL sinds kort een unieke wetenschappelijke faciliteit op haar campus staan. PEARL is een neutronenpoederdiffractometer die geïnstalleerd is bij de onderzoeksreactor van het Reactor Instituut Delft (RID). Zulke wetenschappelijke instrumentatie is niet te koop, maar wordt in-house ontworpen en gefabriceerd. PEARL is in Delft ontworpen volgens een vernieuwend concept, samen met (wetenschappelijke) collega's over de hele wereld. Om de uitzonderlijke prestaties van het instrument te vieren is onlangs een openingsworkshop georganiseerd in Delft. In dit artikel vatten we kort samen hoe PEARL tot stand is gekomen.**

In een aanzienlijk deel van alle materialen om ons heen zijn de atomen gerangschikt in een zogenaamde kristalstructuur. PEARL dient om van zulke materialen de rangschikking van de atomen in kristalrooster te bepalen. Je kunt daardoor bijvoorbeeld bepalen waar het lithium zit in batterijmaterialen. Een dergelijk rooster is niet direct zichtbaar (de afstanden tussen de atomen zijn minder dan een nanometer), maar door een neutronenbundel

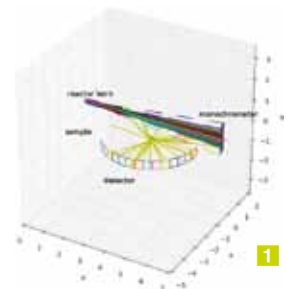
op het sample te richten kan de kristalstructuur wel bepaald worden door te registreren hoe de neutronen aan het materiaal verstrooien (in welke richting verstrooien ze).

Het instrument zelf bestaat uit twee hoofdcomponenten:

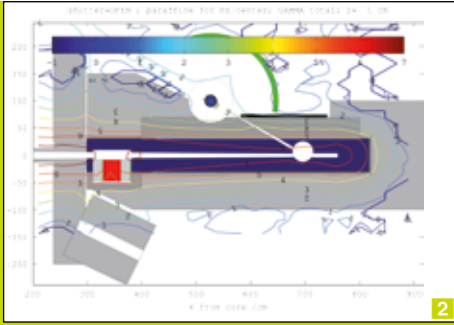
1 Een monochromator die de juiste neutronen selecteert uit een neutronenbundel van de reactor en ze naar het sample stuurt.

2 Een detector die registreert hoe de intensiteit van verstrooide neutronen (aan het sample) verdeeld is over de verschillende richtingen.

Om van een aantal theoretisch overwegingen tot een werkend instrument te komen, heeft echter nogal wat voeten in aarde en in dit artikel geven we een indruk van het verloop van het project dat ongeveer 5 jaar heeft geduurd.



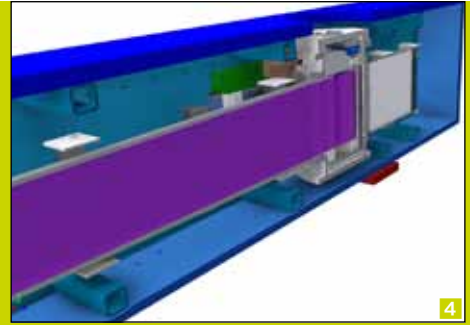
**1** Het PEARL project startte in 2010 met berekeningen en ray-tracing (McStas) simulaties van een nieuw ontwerpconcept voor neutronen poederdiffractometers. Uit deze berekeningen bleek dat dit nieuwe concept zeker 10x beter zou presteren dan het oorspronkelijke idee. ➤



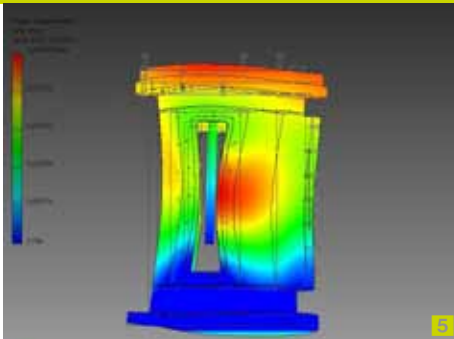
2



3



4



5



6



7

2 Waar de McStas simulaties gebruikt waren om zoveel mogelijk 'gewenste' neutronen door het instrument te leiden, was het nu de vraag of we de 'ongewenste' neutronen uit de reactor weg konden poetsen. Een groot deel van 2012 is besteed aan het ontwerpen van de stralingsafscherming die dat zou doen. De MCNP simulaties en modellen die daarvoor nodig waren, werden steeds realistischer door te 'sparren' met het constructiebureau DEMO van TU Delft.

3 De 100 ton afscherming rondom de neutronenbundel moet opgebouwd worden uit onderdelen die naadloos op elkaar aansluiten. De onderdelen worden daarom onderling gebruikt als mal tijdens het storten van het beton en de paraffine.

4 Doorsnede: de neutronenbundel (paars) loopt door een vacuümbuis vanaf de reactor (links uit beeld) naar de monochromator (bruin) die de gewenste neutronen eruit selecteert en focuseert naar het te onderzoeken sample materiaal (uit beeld achter de bak). De stalen bak (blauw)

bevindt zich in de betonnen afscherming en wordt gevuld met paraffine.

5 Een nauwkeurige positionering van de monochromator vereist een speciaal ontwerp van het vacuümvat eromheen, zodat deze niet meer dan enkele micrometers vervormt.

6 Het ontwerpmodel van PEARL eind 2012 tegen de reactorwand. Binnen een half jaar moeten alle onderdelen van de 100 ton afscherming gerealiseerd worden om in de zomer van 2013 de afscherming te installeren binnen 8 weken. De bouw van de fijnmechanica en elektronica van de neutronendetector (in wit op de voorgrond) wordt daarna gestart.

7 Projectmanagement wordt steeds belangrijker gedurende 2013.

8 De fabricage van een sluitend geheel in blokken van zwaar beton was ook voor PSD- Beton een uniek project.

9 1800 liter paraffine is de eerste barrière om de ongewenste neutronen af te remmen en te absorberen.



8

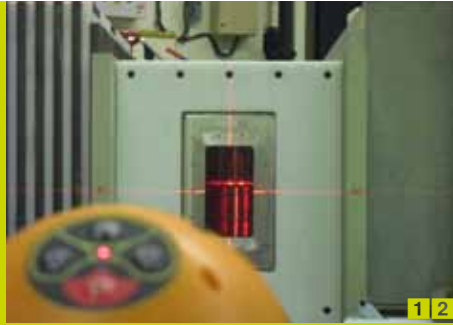
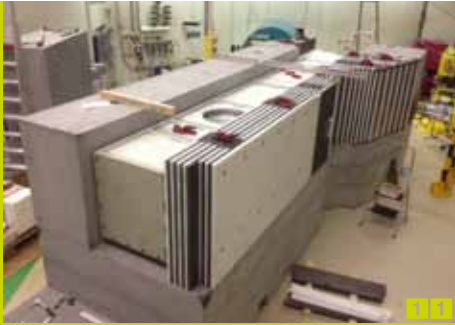


9



10





**110** Start van installatie van PEARL: binnen 8 weken moet de bundellijn vanaf de reactor met hoge precisie worden geïnstalleerd, met rondom 100 ton naadloze afscherming.

**111** De Tetris-achtige assemblage van staal, paraffine, polyethyleen en beton verloopt voorspoedig.

**112** Stroomafwaarts aanzicht van de bundellijn in zijn afscherming. Om de afscherming naadloos te krijgen, moeten de delen onderling uitgelijnd worden met lasers, theodoliet en waterpas.

**113** De laatste kleine aanpassingen om het geheel sluitend te krijgen.

**114** Het vluchtpad van de neutronenbundel geïnstalleerd tot aan het sample: de reactor kan weer opgestart worden.

**115** Het precisiewerk: 6 van de 24 germaniummonochromatorkristallen worden 'op micrometers' uitgelijnd zodat ze straks de juiste neutronen van de reactor naar het sample focuseren.

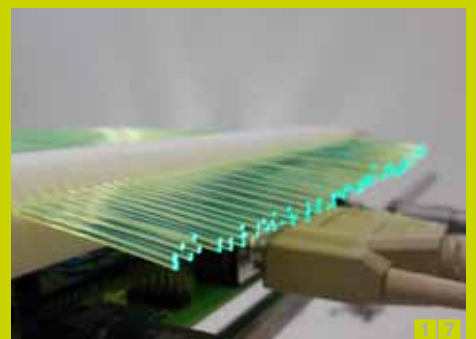
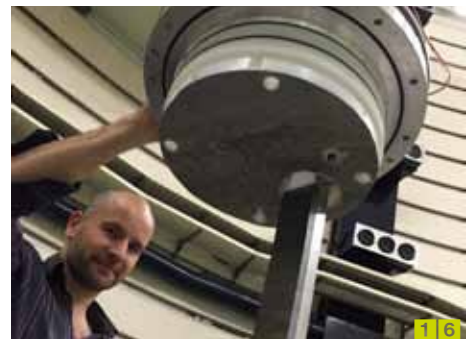
**116** De monochromator wordt geïnstalleerd in de neutronenbundel, zodat de eerste testmetingen gedaan kunnen worden.

**117** Bijna 3000 vezels transporteren het scintillatielicht van de detectorpixels naar de PMTs. De hele detector is in-house gemaakt, op basis van een nieuw concept dat door collega's van STFC nabij Oxford is ontwikkeld. De ultrasnelle elektronica is speciaal vervaardigd voor PEARL.

**118** Alle 1408 detectorpixels geïnstalleerd rondom het sample. Vanuit de vacuümbuis rechtsonder worden de neutronen van de monochromator naar het sample gefocuseerd. Het (poeder) sample zit in het donker metalen buisje waarop de detectorpixels gecentreerd zijn.

**119** Het eindproduct: een neutronen poederdiffractometer voor onderzoek aan nieuwe energie opslag- en conversiematerialen zoals batterijen, brandstofcellen en magnetocalorische materialen. **K**

Foto copyrights © Herman Kempers en © RID





**De afgelopen jaren is enorme vooruitgang geboekt bij de medische toepassingen van de nucleaire technieken. Deze ontwikkelingen omvatten zowel diagnostiek en behandeling, en variëren van radionucliden tomografie tot aan bestraling met protonen. Dat Nederland op dit gebied veel te bieden heeft, blijkt tijdens het symposium Radiation and Isotopes for Medical Applications dat werd georganiseerd door de afdeling Kerntechniek van de KIVI.**

In de grote zaal in het statige KIVI gebouw in Den Haag moesten op 9 oktober extra stoelen worden neergezet om alle belangstellenden een zitplaats te geven. Professor dr. Bert Wolterbeek opende de bijeenkomst met een uiteenzetting over het samenwerkingsverband Dutch Isotopes Valley (DIVA) van URENCO, TUDelft en NRG. Gezamenlijk gaan zij aan de

slag om betere medische isotopen voor nauwkeurigere diagnoses en therapieën voor de behandeling van meer vormen van kanker te ontwikkelen. De naam is een woordspeling naar het bekende Silicon Valley. Nederland beschikt over een unieke combinatie van faciliteiten en expertise die nodig is om ook in de toekomst, met een toenemende vergrijzing, te garanderen dat

de medische wereld kan beschikken over voldoende en geschikte medische isotopen. Niet alleen nemen alle drie de deelnemende bedrijven wereldwijd een bijzondere positie in, ook bevinden de partners binnen een complete keten zich op relatief korte afstand van elkaar. Dat de samenwerking goed is, blijkt wel uit de succesvolle ontwikkeling van de holmiummicrosferen die Wolterbeek in zijn presentatie toelicht. Ook professor dr. Freek Beekman wist het publiek te boeien met een presentatie over G-SPECT, een verbeterde, geavanceerde spectscanner die het mogelijk maakt om hoge resolutie scans te maken met een gedetailleerdere en nauwkeurigere weergave dan de huidige scans. Elders in deze Kernvisie een uitgebreid interview hierover. Dr. Mischa Hoogeman, klinisch fysicus bij het Erasmus MC, gaat in zijn presentatie in op de ontwikkelingen in protonetherapie. Nederland is internationaal toonaangevend in het onderzoek naar de verbetering van de

behandeling van kanker met radiotherapie. Erasmus MC en LUMC zijn hierbij belangrijke spelers. Samen met de TUDelft bouwen ze het eerste behandelingscentrum voor protontherapie in Nederland: Holland Particle Therapy Centre (HollandPTC) in Delft. Vanaf 2017 zullen hier 600 kankerpatiënten per jaar behandeld worden. In voorbereiding op de komst van het protonencentrum is een gemeenschappelijk onderzoeksprogramma in Delft, Leiden en Rotterdam van start gegaan. Terwijl voor het HollandPTC de fundering al is gestort en er wordt gebouwd aan de metersdikke muren, bevindt de nieuwe onderzoeksreactor Pallas zich nog in een vroeger stadium. Dr. Hermen van der Lugt vertelt in zijn presentatie over het vergunningen- en voorbereidingstraject van de nieuwe reactor die in de toekomst de huidige Hoge Flux Reactor zal gaan vervangen. Pallas zal geschikt zijn voor (medische) isotopenproductie en het uitvoeren van nucleair technologisch onderzoek. Onlangs werd gestart met de voorselectie voor het ontwerp van de PALLAS-reactor. Na deze voorselectiefase zal duidelijk zijn welke partijen worden uitgenodigd om deel te nemen aan de tender die later dit jaar zal worden uitgeschreven. Als laatste spreker van de middag gaat dr. Karlijn Codée-van der Schilden van NRG in op de ontwikkeling van innovatieve isotopen voor therapeutische en diagnostische toepassingen. Als voorbeeld noemt ze de combinatie van therapie en diagnostiek waarbij radioactief materiaal in de patiënt tumoren opzoekt en bestraalt (therapie), maar ook straling uitzendt die kan worden gemeten. Op die manier kan de behandeling worden bekeken terwijl die aan de gang is en kan de behandeling worden gestuurd en aangepast voor maximale effectiviteit en met zo min mogelijk bijwerkingen. Door de combinatie therapie en diagnostiek gaan nucleaire medicijnen een nog grotere bijdrage leveren aan 'personalized treatment'. **K**

Ellen Jelgersma

## IN MEMORIAM JAN HEIJN



In augustus overleed Jan Heijn, uitgever van het boek Kernenergie, hoe zit dat?. Na zijn studie natuurkunde in Leiden ging hij werken bij de Stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie, waarna hij ruim acht jaar actief was bij het ECN in Petten. Daarna maakte hij zich in wisselende functies zeer verdienstelijk voor de Nederlandse Natuurkundige Vereniging. In de negentiger jaren startte hij zijn uitgeverij BetaText in zijn woonplaats Bergen. Hij produceerde een groot aantal (populair) wetenschappelijke boeken die alle uitblonden door fraaie vormgeving. De oudste die ik bezit is Een kernreactor bouwen (1995) waarin oud-directeur van ECN Jaap Goedkoop de totstandkoming van de Hoge Flux Reactor beschrijft. Een ander boek dat van interesse is voor onze lezers is de Energie survival gids (2008) van Jo Hermans. Een aantal van zijn uitgaven is ook in het Frans, Duits, Engels en Japans vertaald. Ik kende Jan al geruime

tijd in zijn verschillende functies, maar we kwamen tot samenwerking toen ik betrokken werd bij de totstandkoming van het boek Kernenergie, hoe zit dat? van Frits Robert Bogtstra. Bij dit project, dat vele jaren in beslag heeft genomen, leerde ik de aimabele Jan pas echt kennen met zijn rustige, onverstoorbare en op oplossingen gerichte benadering van alles wat bij de totstandkoming van een boek komt kijken. Het boek werd vorig jaar januari gepresenteerd tijdens een bijeenkomst bij de COVRA. Het was voor het eerst sinds ruim 20 jaar dat een boek met een compleet overzicht over kernenergie in onze taal verscheen. Het is prachtig uitgevoerd, zoals we gewend zijn van BetaText. Het weerspiegelt naar vorm en inhoud de hoge eisen die Jan stelde aan zijn uitgaven. Jan mocht slechts 70 jaren oud worden. Ik bewaar goede herinneringen aan zijn markante persoonlijkheid.

Hugo van Dam





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

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

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

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

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

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



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

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