

# KERNVISIE MAGAZINE

» NUGEN BOUWT  
AAN NIEUWE  
KERNCENTRALE  
MOORSIDE

» NUCLEAIRE  
WETENSCHAPPERS EN  
PROFESSIONALS VERENIGD  
IN DE STRIJD TEGEN  
KLIMAATVERANDERING

» TU DELFT ONDERZOEKER  
FRANK WOLS PROMOVEERT  
OP ONTWERP INHERENT  
VEILIGE KWEEKREACTOR

VEELBELOVENDE  
TOEKOMST AANPAK  
HERSENTUMOR MET  
RHENIUM-186



# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**JAARGANG 10, NUMMER 4, JUNI 2015**  
**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. Schuurung, penningmeester  
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)  
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**

*Dr. William T. Phillips, M.D. © Lester Rosebrock*

*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**

# **VOORUITGANG MEDISCHE EN NUCLEAIRE WETENSCHAP**



Eén op de drie mensen krijgt kanker. En hoewel meer en meer vormen van kanker, die voorheen terminaal waren, het predicaat chronisch krijgen is er nog steeds kanker waarbij de toekomstverwachtingen somber zijn. Voor mensen met glioblastoma, een agressieve hersentumor, zijn de mogelijkheden op genezing nihil. Maar er gloort hoop. De Amerikaan David Williams kreeg als eerste een nieuwe stralingsbehandeling. De radioactieve bron rhenium-186 werd gekoppeld aan vetbolletjes en in het centrum van zijn hersenentumor geïmplant. Hoewel er nog jaren van onderzoek nodig zijn voordat de therapie grootschalig kan worden toegepast, zijn de eerste resultaten hoopgevend. Het doel was om de tumoren compleet te vernietigen en de uitvoerende artsen denken dat dit met de nieuwe techniek mogelijk is. Vooruitgang van de medische wetenschap gaat ook hier samen met ontwikkeling van nucleaire technologie want Rhenium-186 wordt geproduceerd in een medische isotoopreactor. Onze HFR speelt een cruciale rol bij de productie van medische isotopen, maar het einde van de technische levensduur nadert. Daarom is het contract tussen de Stichting Voorbereiding Pallas-reactor en het ingenieursbureau Tractebel Engineering van groot belang. Gezamenlijk gaan zij de nieuwe onderzoeksreactor PALLAS realiseren. Zo wordt gebouwd aan de toekomst. Voor de nucleaire en medische wereld biedt deze toekomst ruimte voor innovatie en ontwikkeling. Voor de patiënten biedt het uitzicht op genezing.

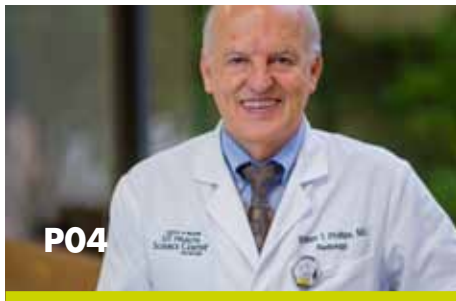
André Versteegh  
voorzitter Stichting Kernvisie

# **X** INHOUD

## GEZONDHEID

### VEELBELOVENDE TOEKOMST AANPAK HERSENTUMOR

In San Antonio, Texas (VS) kreeg een patiënt als eerste mens ooit een nieuwe stralingsbehandeling met rhenium-186 die minder bijwerkingen heeft en goede vooruitzichten biedt.



## ENERGIE

### NUGEN BOUWT AAN NIEUWE KERNCENTRALE MOORSIDE

Reactorbouwer Westinghouse en Britse toezichthouders zijn in de laatste fase van de algemene ontwerpbeoordeling van de AP1000 kernreactor, waarvan er drie gepland staan bij Moorside in West-Cumbria (UK). Sandy Rupprecht, interim chief executive officer bij NuGen, vertelt over de ontwikkelingen in de laatste maanden, de behoefte aan zekerheid op een uitoefenprijs (strike price) en de veiligheid van de reactoren.

**P09**

## MAATSCHAPPIJ

### NUCLEAIRE WETENSCHAPPERS EN PROFESSIONALS VERENIGD

Op 4 mei ondertekenden in Nice 39 vertegenwoordigers van nucleaire organisaties een gezamenlijk statement. "Kernenergie heeft een sleutelrol in de strijd tegen klimaatverandering".



### **P12** INBEELD

Sellafield is goed voor de sociaal-economische ontwikkeling van de regio

### **P14** INHERENT VEILIGE KWECKREACTOR

Onlangs promoveerde TU Delft onderzoeker Frank Wols op de mogelijkheid van een inherent veilige kweekreactor

### **P17** COLUMN

Aliki van Heek: "Het wordt tijd om de sprong naar een substantieel beter reactorontwerp te maken."

### **P16** TRACTEBEL IS 'HUISINGENIEUR' VOOR PALLAS

Tractebel Engineering gaat samen met PALLAS het ontwerp- en bouwproces van de nieuwe nucleaire reactor ondersteunen.



## **X** P21

### SIMULATIEAANPAK NRG BELOOND MET AWARD

Veiligheid is een eis waaraan een kerncentrale moet voldoen om operationeel te zijn. Op alle aspecten wordt tot op nano-niveau aangetoond dat een kerncentrale veilig is. NRG-deskundige Ferry Roelofs: "Onze rekenmodellen geven informatie die je in een real life-test niet kunt onderzoeken."



GEZONDHEID



# VEELBELOVENDE TOEKOMST AANPAK HERSENTUMOR MET RHENIUM-186

**De behandeling van een hersentumor is bijzonder zwaar voor een patiënt en de vooruitzichten zijn vaak somber. Maar de Amerikaan David Williams had onlangs een primeur. In San Antonio, Texas (VS) kreeg hij als eerste mens ooit een nieuwe stralingsbehandeling waarbij de radioactieve bron rhenium-186 gekoppeld aan vetbolletjes in het centrum van zijn hersentumor werd geïmplanteed. Eén van de ontwikkelaars van de nieuwe therapie is dr. William T. Phillips, M.D. "Het is ons doel om de tumoren compleet te vernietigen en ik denk dat dit met de nieuwe techniek mogelijk is."**

gebruik van uiterst kleine liposomen, ofwel vetdeeltjes, waaraan het radioactieve isotoop rhenium-186 is gekoppeld. Deze combinatie noemt men het '186RNL complex'. Deze vetbolletjes met een diameter van slechts 100 nanometer worden met behulp van de allerduinste katheters direct in een tumor gebracht. Daar blijven zij, terwijl ze door de beperkte reikwijdte van de straling alleen de tumorcellen doden. Phillips: "In ons laboratorium hebben we enkele weken voor we aan de therapie begonnen, een uniek molecuul ontwikkeld dat het rhenium in het vetdeeltje brengt. Deze methode van labeling is bijzonder efficiënt en 'laadt' het rhenium als het ware in de liposoom."

#### LOKALE HOGE DOSES

De behandeling van Williams is tot nu toe succesvol gebleken. Phillips: "Williams onderging de procedure zonder problemen en hij had geen last van bijwerkingen. Williams zelf beaamde dat hij niet de bijwerkingen ervoer die iemand normaal gesproken ondervindt na een conventionele bestraling." De afwezigheid van bijwerkingen is te verklaren doordat bij externe bestraling gezond weefsel wordt 'geraakt' vóór de ioniserende straling de tumor bereikt. Wel plaatst Phillips de kanttekening dat door de beperkte gegevens die nu beschikbaar zijn het te vroeg is voor een gedegen evaluatie. "We zijn nog maar twee maanden bezig en richten ons voorsnog op de safety study waarin ons doel is om de veiligheid van de patiënt te evalueren. Daarom zijn we op basis van een FDA-protocol (Food and Drug Administration) met een relatief lage dosis gestart. Wanneer de veiligheid van de procedure bewezen is, voorziet het FDA-protocol in de geleidelijke verhoging van de dosis." In die verhoging van de dosis schuilt de kracht van de behandeling, enerzijds omdat ten opzichte van externe bestraling hogere doses mogelijk zijn en anderzijds omdat door de geringe reikwijdte van de bètastraling van 2 millimeter hoge doses zeer lokaal zijn ➤

Hoewel niet alle hersentumoren kwaadaardig zijn, is glioblastoma wel degelijk dodelijk. Daar komt bij, dat als de tumor groeit het de hersenen beïnvloedt op onvoorspelbare manieren, wat vaak radicale veranderingen in persoonlijkheid en gedrag veroorzaakt. Dit is schokkend voor direct betrokkenen die mensen met de hersentumor voor hun ogen zien veranderen. Hoewel het zeer moeilijk is om de resultaten van dierproeven te extrapoleren naar mensen door verschillen in de omvang van tumoren en andere uitdagingen gerelateerd aan het toedienen van de therapie, ziet Phillips veel bemoedigende resultaten uit een model van knaagdieren met glioblastoma met 6 behandelde dieren met een uitgesproken curve. De eerste bevindingen zijn in ieder geval positief, zo positief zelfs dat Williams een schot voor de boeg neemt: "Wij hebben als doel om de tumoren geheel te bestrijden en ik geloof dat dit mogelijk is. Om dit doel te bereiken zullen we een leercurve nodig hebben om de technologie te testen en technieken voor toediening verder te ontwikkelen."

De technologie, die op het Cancer Therapy & Research Center (CTRC) van de Universiteit van de Texas Health Science Center in San Antonio werd ontwikkeld, maakt

**"WIJ HEBBEN ALS DOEL OM DE TUMOREN GEHEEL TE BESTRIJDEN EN IK GELOOF DAT DIT MOGELIJK IS."**

*Dr. John R. Floyd II, de neurochirurg die de behandeling met de rhenium-nanodeeltjes uitvoerde*  
© Elizabeth Allen



© Lester Rosebrock

## HET TEAM

Het concept voor de behandeling werd ontwikkeld door nucleair geneeskundige William T. Phillips (rechts), M.D., biochemicus Beth A. Goins (midden), Ph.D., Ande Bao, Ph.D., medisch fysisch en farmaceutisch chemicus. Het waren neuro-oncoloog Andrew Brenner (links), M.D., Ph.D. en neurochirurg John Loyd, M.D. die de aanzet tot de nieuwe behandeling naar het niveau van klinische toepassing brachten. Het was het eerste team dat er aanvankelijk aan dacht om de techniek toe te passen bij hoofd- en halskanker. Maar Brenner had een ander idee. "Ik dacht dat het goed zou zijn om het eerst bij hersenkanker toe te passen omdat de schedel een stijve structuur heeft en het weefsel aan de binnenzijde veel minder gevarieerd is dan bij de hals en andere delen van het hoofd waar zich juist veel verschillende soorten weefsel bevinden en er bewegende delen zijn."

toe te dienen. Ligt de grens voor externe bestraling op 80 Gy, studies bij ratten met interne bestralingen hoger dan 1000 Gy hebben niet tot waarneembare toxiciteit geleid. "Informatie hierover is te vinden in onze publicatie in het Neuro-Oncology journal", aldus Phillips.

## DIAGNOSE EN THERAPIE

Om de behandeling mogelijk te maken heeft het instituut in samenwerking met een bedrijf een nieuwe katheter ontworpen. In het verleden heeft het gebruik van een katheter bij traditionele chemotherapie nogal eens problemen opgeleverd vanwege de

bestaande ontwerpen. Om de nieuwe therapie effectief en chirurgisch nauwkeurig te kunnen uitvoeren, is een compleet nieuw ontwerp gemaakt, dat neurochirurgen in staat stelt om kleine hoeveelheden van het medicijn op precieze locaties te krijgen. Voor het toedienen hanteert de neurochirurg

## GLIOBLASTOOM MULTIFORME

Een Glioblastoom multiforme is een zeer kwaadaardige hersentumor. De term glio geeft aan dat deze tumor is ontstaan uit de zogeheten gliacellen. Dit zijn ondersteunende cellen van de zenuwcellen in de hersenen. De term blastoom geeft aan dat de tumorcellen weinig tekenen van rijping vertonen en zich gedragen als onuitgerijpte cellen die zich snel kunnen delen. De term multiforme geeft aan dat verschillende tumorcellen op verschillende plaatsen zich verschillend gedragen. Vaak wordt ook alleen de term glioblastoom gebruikt. Een glioom is een ernstige aandoening omdat de schade aan de hersenen het functioneren van de patiënt aantast en patiënten met een glioom doorgaans niet curatief te behandelen zijn. De levensverwachting is voor de meerderheid van de mensen met een glioom ernstig verkort. Glioblastoom multiforme kan op elke leeftijd voorkomen, van babyleeftijd tot op volwassen leeftijd. Per jaar wordt in Nederland bij iets meer dan 1.000 mensen een glioom geconstateerd. Dat is meer dan de helft van het totaal aantal primaire hersentumoren.

Bron: [www.hersentumor.nl](http://www.hersentumor.nl) / [www.kinderneurologie.eu](http://www.kinderneurologie.eu) / [www.oncoline.nl](http://www.oncoline.nl)

een op hersenbiopsies gelijkende procedure waarbij het katheter direct door de schedel in de tumor wordt gebracht. “We maken gebruik van CT-scanning voor het positioneren van het katheter”, legt Phillips uit. “De therapie zelf brengen we in beeld met behulp van de gamma-emissie van het rhenium. Daarnaast zetten we in het vervolgtraject maandelijks MRI imaging in om het gedrag van de tumor te monitoren.” De afgifte van fotonen is een bijkomend voordeel van rhenium. “Bij ongeveer 1 van elke 10 bèta-ervalmomenten komt een foton vrij (9 procent emissie). Juist daarom kunnen we eenvoudig de positie van de met rhenium gelabelde nanoliposomen ( $^{186}\text{RnL}$ ) lokaliseren. Het feit dat de energie van het gammafoton (135 keV) bijna gelijk is aan dat van technetium- $^{99\text{m}}$  (140 keV) maakt het voor imaging ideaal.” Phillips legt verder uit dat rhenium chemisch gezien in dezelfde familie zit als  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  en dit betekent dat de isotoop niet in het bot wordt opgenomen maar wordt uitgescheiden door de nieren, zoals jodium-131. “Ik denk dat deze eigenschap ervoor zorgt dat de dosis voor botweefsel minder is dan voor andere bèta-emitters zoals lutetium of holmium.” Het rhenium-186 vervalst tot osmium-186 met de hele lange halfwaardetijd van  $2 \times 10^{15}$  jaar, wat voor biologische processen gelijk is aan een stabiele waarde. “Wij hebben bovendien niet kunnen constateren dat het osmium toxische effecten op patiënten heeft”, vertelt Phillips.

### VEELBELOVENDE TOEKOMST

De techniek die is ontwikkeld voor het labelen kan ook worden toegepast voor een andere isotoop van rhenium:  $^{188}\text{Re}$ . “Ook rhenium-188 is een bèta-emitter die exact dezelfde chemische eigenschappen heeft als rhenium-186. Maar hier hebben de bètadeeltjes een reikwijdte die twee keer langer is, gamma's produceert (15% van 155 keV) voor imaging en een kortere halfwaardetijd van 17 uur heeft, waarmee de isotoop van nut kan zijn in bepaalde

situaties.” Phillips ziet voor zowel  $^{186}\text{RnL}$  als  $^{188}\text{RnL}$  toepassingen in het verschiet voor de behandeling van veel meer soorten kanker dan hersenkanker alleen. “Onze eerste onderzoeken betroffen tumoren in het hoofd- en halsgebied maar ook onderzoeken bij eierstok- en borstkanker waren veelbelovend.” Rhenium-186 wordt geproduceerd in de medische isotopenreactor in Missouri en een dag later geleverd aan het ziekenhuis. Dat levert geen probleem op omdat de halfwaardetijd 90 uur bedraagt.

### MULTI-INSTITUTIONEEL VERVOLGONDERZOEK

Williams, de eerste mens ooit die werd behandeld met  $^{186}\text{RnL}$  kwam hiervoor in aanmerking omdat zijn tumoren na eerdere behandelingen terugkwamen en er geen andere behandelingen meer mogelijk waren. Hij maakt deel uit van een proef voor het aantonen van de veiligheid van de behandeling waarin twintig patiënten participeren over een periode van twee tot drie jaar. “Nadat de veiligheid bij de eerste patiënten is aangetoond, gaan we grotere tumoren behandelen en krijgen we meer mensen die als potentiële kandidaat kunnen worden aangemerkt. En wanneer de behandeling zo veelbelovend blijkt te zijn als het er nu naar uitziet, volgt er een groter multi-institutioneel onderzoek waarbij binnen de VS maar hopelijk ook internationaal onderzoeksinstituten zullen deelnemen”, licht Phillips de procedure toe. Uiteraard zullen Phillips en zijn team de resultaten publiceren. “Wanneer de therapie goed aanslaat, zal deze publicatie naar alle waarschijnlijkheid verschijnen voordat de behandeling een geaccepteerde procedure is.” Phillips legt verder uit dat het hele proces standaard minimaal vijf jaar in beslag neemt met als sluitstuk een complete fase III studie. Buiten de standaard is het volgens hem soms wel mogelijk een versnelde erkenning te krijgen, maar zo ver is het nog niet. **K**

*Menno Jelgersma*

### HET PROCES VAN GOEDKEURING

Het eerste onderzoek van Phillips was veelbelovend, maar een kankermedicijn in het klinische stadium te krijgen en te zien hoe het in patiënten werkt, vergt een berg aan werk, een stapel geld en gewoonlijk jaren van het doorlopen van regelgevende processen. Het is bovendien bijzonder ongebruikelijk voor een universiteit of kankercentrum om een wetenschappelijke ontdekking die zich nog in de beginfase bevindt, vanuit het laboratorium door een ‘marathon’ van vereisten en hindernissen te voeren, en dan een patiënt te zien die de behandeling ontvangt. Dit specifieke project trok echter de aandacht van de CTRC Foundation, die tezamen met het Health Science Center, NanoTx Therapeutics opzette om het onderzoek in de richting van klinische proeven te bewegen. Phillips legt uit hoe dit gebeurde: “Normaal gesproken zijn er niet voldoende middelen om een medicijn via extensieve dierproeven voor toepassing bij patiënten goedgekeurd te krijgen. Wij ontvingen hulp van de CTRC bij de Universiteit van het Texas Health Center in San Antonio om de vereiste studies uit te voeren die het ons mogelijk maakten om onderzoek bij mensen uit te voeren.” Hiertoe werd een nieuw bedrijf NanoTx Therapeutics opgezet met behulp van de CTRC Foundation. Bij NanoTx Therapeutics schreef Brenner zowel business als wetenschappelijke voorstellen die leidden toe een toelage van 2 miljoen dollar van het Cancer Prevention and Research Institute van Texas. Bijkomend voordeel was dat er geen financiering nodig was voor de opzet van een grote productiefaciliteit zoals bij veel standaard medicijnen is vereist.

## ➤ CHINA GAAT GROTERE HOGE-TEMPERATUUR REACTOREN BOUWEN

China Nuclear Engineering & Construction Group (CNEC) bevordert de bouw van commerciële hoge-temperatuur gas-gekoelde reactoren (HTR's). Concreet gaat het om de bouw van twee 600 MWe HTR eenheden bij Ruijin in de Jiangxi provincie waarvoor een haalbaarheidsonderzoek is gedaan. Het ontwerp daarvoor is gebaseerd op de HTR-200, een kogelbed-ontwerp met twee 105 MWe reactoren, die wordt gebouwd bij Shidaowan met ondersteuning van de Tsinghua universiteit.

CNEC gaat tezamen met het provinciaal bestuur vergunning vragen aan de National Development & Reform Commission voor start van de bouw in 2017 en levering aan het net in 2021. CNEC is momenteel het enige nutsbedrijf dat wordt genoemd in relatie met investering in commerciële HTR-ontwikkelingen.

Bron: WNN



**"IT IS NOW CRUCIAL FOR GOVERNMENTS AND OTHER STAKEHOLDERS TO TAKE EFFECTIVE DECISIONS FOR ENERGY SUSTAINABILITY. THIS WILL NOT BE POSSIBLE BY RELYING ON YESTERDAY'S TECHNOLOGY AND POLICIES. IT IS LEAN-ENERGY INNOVATION THAT WILL GET US ON THE RIGHT PATH."**

MARIA VAN DER HOEVEN,  
IEA EXECUTIVE DIRECTOR

## ➤ IEA ROEPT OP TOT GECOÖRDINEERDE ACTIE

**Gecoördineerde druk naar ontwikkeling van 'schone' energie is de enige weg waarlangs de wereld de klimaatdoelen kan realiseren, zegt het International Energy Agency (IEA). Volgens deze organisatie moeten regeringen helpen om deze ontwikkelingen te versnellen. Bij de recente publicatie van het rapport Energy Technology Perspectives 2015 stelt de IEA dat de transformatie naar schone energie onvoldoende snel verloopt om de wereldwijde temperatuurstijging te beperken tot 2°C. De organisatie roept beleidsmakers op om de inspanningen te vergroten voor de ontwikkeling en invoering van nieuwe technologieën.**

Recente succesverhalen zoals de snelle groei van het gebruik van zonnecellen en het in gebruik nemen van 's werelds eerste grootschalige energiecentrale waarbij CCS wordt toegepast, geven aan dat er nog heel veel mogelijk is op het terrein van

de ontwikkeling van schone technologieën, aldus de IEA. Maar onderzoek en ontwikkeling zijn op zichzelf niet voldoende om ideeën om te zetten in commercieel bruikbare producten en strategieën. Regeringen zijn belangrijk voor het creëren van gunstige initiële marktomstandigheden voor nieuwe technologieën. IEA executive director Van der Hoeven stelde dat onder het huidige beleid de energie gerelateerde uitstoot van koolstofdioxide per 2050 meer dan 50 Gigaton CO<sub>2</sub> zal bedragen. Dat is meer dan 3 maal de hoeveelheid waarbij de wereldwijde temperatuurstijging beperkt kan blijven tot 20 °C. Een passende ondersteuning van innovatie gekoppeld aan effectieve publiek-privaat partnerschap is nodig om een doorbraak op het terrein van de energietechnologie te realiseren waarmee de transitie naar koolstofarm versneld kan worden. **K**

Bron: WNN



Westinghouse AP1000 in aanbouw in Sanmen, China  
© Sanmen Nuclear Power Company (SMNPC)

## ➤ NUGEN BOUWT AAN NIEUWE KERNCENTRALE MOORSIDE

**Groot-Brittannië is gestart met nucleaire nieuwbouw. Reactorbouwer Westinghouse en Britse toezichthouders zijn in de laatste fase van de algemene ontwerpbeoordeling van de AP1000 kerncentrale. Sandy Rupprecht is interim chief executive officer van NuGen, een joint venture tussen Toshiba en Engie. Hij vertelt in een gesprek met NucNet over de belangrijkste elementen van de bouw van drie AP1000-reactoren bij Moorside in West-Cumbria (UK). Een interview over de ontwikkelingen in de laatste maanden, de behoefte aan zekerheid op een uitoefenprijs (strike price) en de veiligheid van de AP1000-reactoren.**

“De aankondiging van de laatste fase in de ontwerpbeoordeling is een bemoedigende stap voorwaarts voor het project bij Moorside van NuGen, dat drie AP1000-reactoren op het terrein aan de noord- en westzijde bij Sellafield wil bouwen. Het streven is om de ontwerpbeoordeling voor het bouwen van de AP1000-reactor in het Verenigd Koninkrijk (VK) te voltooien in januari 2017. De planning is om de eerste eenheid in 2024 in bedrijf nemen. De Office for Nuclear Regulation (ONR) en het Environment Agency (EA) verleenden de tussentijdse goedkeuring GDA (Generic Design Assessment) van het reactorontwerp al in december 2011. Het GDA-proces werd destijds opgeschort in

afwachting van de selectie van de AP1000-installatietechnologie voor een project in het VK. Die selectie vond vorig jaar plaats toen de Britse nucleaire ontwikkelaar NuGen zijn plannen aankondigde om eenheden AP1000 bij de kust van West-Cumbria te bouwen.”

**NucNet:** *Wat is de huidige status van het nucleaire project Moorside en wat wordt er gedaan om de vaart in het project te houden? Gaat de eerste reactor nog steeds conform planning online in 2024?*

**Rupprecht:** “In ons ontwikkelingsplan hadden we als doel om de eerste reactor tegen 2024 online te hebben, met alle

drie AP1000-eenheden in bedrijf tegen eind 2026. Om het project in deze ontwikkelingsfase vooruit te brengen, hebben we gespecialiseerde Britse professionals aangenomen. Ook hebben we onze vestiging van Londen naar Manchester overgebracht. Het aantal werknemers is verdubbeld en we zijn het contact andermaal aangegaan met onze stakeholders, waaronder toezichthouders, de overheid, keten van leveranciers en lokale belanghebbenden in West-Cumbria. Een uitgebreid programma van locatiebeoordeling, monitoring, onderzoekswerk en diepteboringen vordert goed. Onze milieueffectrapportages komen eraan. Ander werk zoals het planning- en vergunningentrajec, openbare raadpleging, projectlevering, netverbinding, onze contract-for-difference onderhandelingen met de overheid, en ons uiteindelijke financieel plan voor ontmanteling lopen ook op schema.”

**NucNet:** *In 2014 zei NuGen een definitief investeringsbesluit voor het project Moorside te verwachten in ongeveer vier jaar. Wat zijn de belangrijkste elementen die nodig zijn voordat dat besluit kan worden genomen? ➤*

**Rupprecht:** "Onze huidige ontwikkelingsfase is gefocust op het beperken van de projectrisico's. Wij zijn bezig met het verkrijgen van de relevante milieu- en planningsvergunningen. Tegelijkertijd zijn we in bespreking met de overheid over ons contract-for-difference. (Red: Een contract for difference (CFD) is een contract tussen twee partijen, meestal omschreven als de 'koper' en de 'verkoper, waar de verkoper het verschil betaalt tussen de waarde van een onderliggende product bij aankoop en bij verkoop.) Wij onderzoeken de kosten en financiering, en werken aan de resultaten van onze technische onderzoeken van het terrein. Onze overeenkomst met het ministerie van Financiën om Moorside in een regeling van de leenwaarborg op te nemen, is essentieel. We voeren grondig overleg en houden openbare raadplegingen. Verder is een vergunning nodig voor de nucleaire installaties en uiteindelijk een akkoord van de milieuminister voor de ontwikkeling en voltooiing van de algemene ontwerpbeoordeling voor de AP1000. De recente aankondiging van de Britse toezichthouder dat de beoordeling van ons reactorontwerp het laatste stadium was ingegaan, was een positieve stap. De streefdatum voor voltooiing van de ontwerpbeoordeling van de AP1000 voor gebruik in het VK, is januari 2017, wat in overeenstemming is met de projectlevering van Moorside van NuGen."

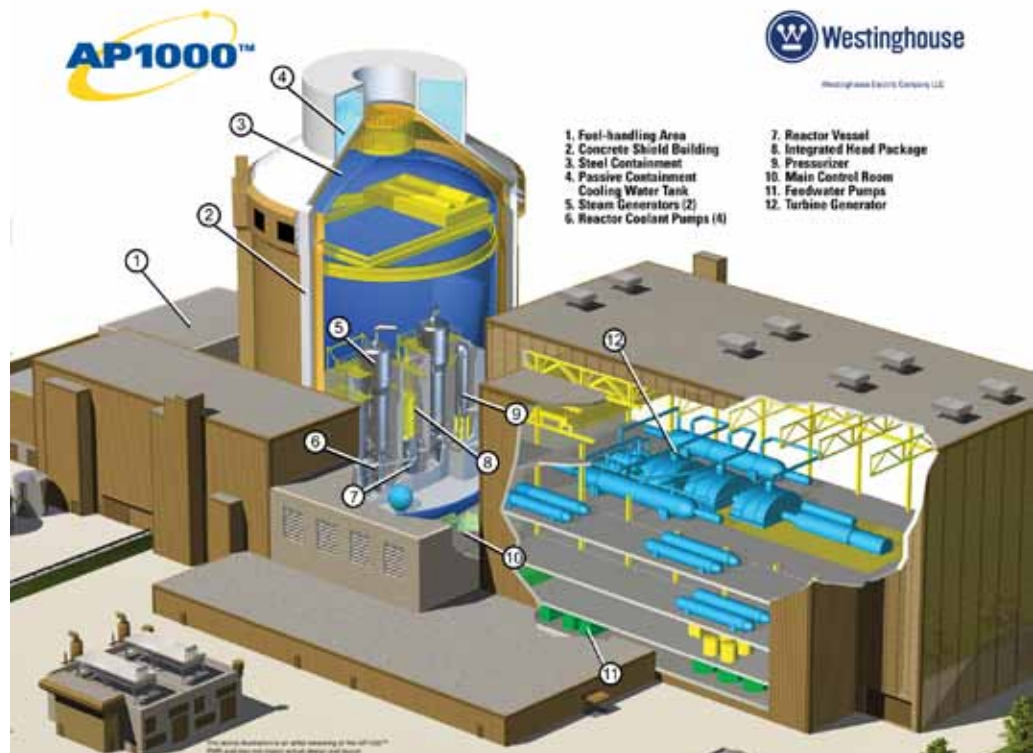
**NucNet:** *Dan blijven de vragen over hoe het project zal worden gefinancierd? Heeft de dreiging van een juridische protest van Oostenrijk op Hinkley Point enige invloed op de besprekingen over financiering gehad?*

**Rupprecht:** "Wij voeren onderhandelingen met de Britse overheid op vele verschillende onderdelen, waaronder leveringskosten. Zo willen we naar een overeenkomst toe werken met een uitoefenprijs (strike price) voor de elektriciteit die Moorside zal produceren. Dit is een ander zeer belangrijk element van het afbouwen van risico's voor ons project voor aandeelhouders en toekomstige

investeerders. Uiteindelijk zal dit een definitief investeringsbesluit beïnvloeden. Wij moeten zekerheid hebben op het terugverdienenmechanisme alvorens vooruit te gaan met een multi-miljard pond investering. Vóór kerstmis kondigden wij, samen met de overheid, aan dat wij met het ministerie van Financiën zouden werken om voortgang te maken met een leningswaarborg voor Moorside. Dit is een essentiële voorwaartse stap en toont het belang aan waarmee het project Moorside door de overheid wordt

samenwerkingsovereenkomst met het ministerie van Financiën om de financiering voor Moorside te promoten. NuGen verklaarde toen dat de overeenkomst 'een proces tot stand brengt' om toegang te krijgen tot de Britse Regeling van Waarborgen, die werd geïntroduceerd om investeringen in belangrijke infrastructuurprojecten te versnellen. Kunt u meer vertellen over de doelstellingen van de overeenkomst en kunt u wat zeggen over de resultaten van eventuele verdere besprekingen met het ministerie van Financiën?

➤ *Doorsnede van een AP1000 © Westinghouse*



gezien. Het programma zal manieren onderzoeken om de juiste situatie voor verdere investeringen in het project tot stand te brengen. Wat betreft het protest door Oostenrijk; wij zijn er zeker van dat het EU-besluit inzake overheidssteun weloverwogen en solide was en wij hebben er ook vertrouwen in hoe de Britse overheid het plan heeft overhandigd."

**NucNet:** *Gelijk met de financiering van het project ondertekende NuGen een*

**Rupprecht:** "De samenwerkingsovereenkomst met de schatkist gaat uit van een samenwerking met de overheid om mondiale investeerders het benodigde vertrouwen te geven. De overeenkomst zet een proces in gang om toegang tot de huidige Britse waarborgregeling te krijgen. De regeling werd geïntroduceerd in 2012 om investeringen op grote schaal te versnellen in belangrijke infrastructuurprojecten en is een zeer belangrijke component van een, om het

even welke, toekomstige financiële structuur voor nieuwe low-carbon energiecentrales.

**NucNet:** Er zijn zorgen geweest in het VK over een gebrek aan gekwalificeerde arbeidskrachten voor nieuwbouwprojecten zoals Moorside. Heeft u dit als problematisch ervaren en wat doet u om de kwestie van rekrutering aan te kaarten?

**Rupprecht:** "Ons team is sinds juni 2014 aanzienlijk gegroeid en tegen het einde van dit jaar zal het aantal arbeidskrachten bijna verdubbelen. Er is een industrie-brede dialoog in het VK gaande over de behoefte die er bestaat aan de zekerstelling van voldoende arbeidskrachten voor alle belangrijke projecten. Nucleair heeft een vergrijzend arbeidspotentieel, daarom is het VK zeer pro-actief in het nemen van initiatieven om jongere mensen binnen te krijgen en de kennis en kunde te onderzoeken die wij nodig hebben. De Britse National Skills Academy for Nuclear loopt regelmatig voorop bij dit baanbrekende werk. NuGen stemde in met de recente aankondiging dat het National College for Nuclear een noordelijke vestiging zal hebben in West-Cumbria. Dit is opnieuw een positieve ontwikkeling voor een industrie die goed nadenkt over zijn toekomst."

**NucNet:** U hebt ook gezegd dat u van plan bent om te werken aan een lokale distributieketen. Is hierover al vooruitgang te melden?

**Rupprecht:** "Wij zijn in bespreking met Westinghouse en de Britse overheid bij de ontwikkeling van de toeleveringsketen. Wij onderschrijven de 'wij kopen in waar wij bouwen'-filosofie van Westinghouse en wij zullen met alle partijen, met inbegrip van de overheid en onze branchevereniging, de Nuclear Industry Association, samenwerken, om de kansen voor Britse bedrijven te maximaliseren om bij het Moorside-project te komen. De meerderheid van bedrijven in dit reusachtige project zullen Britse firma's zijn. West-Cumbria is de bakermat van

de Britse nucleaire industrie. Dus wanneer we nog dichterbij huis kijken dan tref je een lokale innovatieve distributieketen aan, die baanbrekend is waar het gaat om nieuwe technieken en technologie. Het gebied heeft de hoogste concentratie aan bekwame nucleaire professionals, die werken bij een aantal van de strategisch meest belangrijke faciliteiten in het VK. De kleine en middelgrote ondernemingen binnen de leveringsketen zijn essentieel in het leveren van de innovatie en de creativiteit die wordt vereist om de industrie vooruit te brengen zowel in het VK als daarbuiten."

**NucNet:** Een openbare raadpleging van 10 weken is van start gegaan. Wat zijn volgens u de grootste uitdagingen hierbij en welke reacties hebt u tot dusverre gezien en gehoord van het publiek over uw Moorside plannen?

**Rupprecht:** "Onze belangrijkste opdracht zal zijn om gegarandeerd elke stem te horen. Het is ons doel om een grondige en openbare raadpleging in werking te stellen. De uitdaging voor NuGen is om met zoveel mogelijk mensen in gesprek te gaan en hun de kans te bieden te reageren op onze eerste voorstellen voor Moorside en de bijbehorende ontwikkelingen. Wij zullen naar alle standpunten luisteren en moeten garanderen dat wij alles registreren en daarop gepast reageren. Het is belangrijk voor ons om dit goed te krijgen. Daarom plannen wij meer dan 21 openbare bijeenkomsten, creëren

we een permanente 'informatiehub' bij het stadscentrum in Whitehaven, de dichtstbij gelegen stad van ons terrein, en bouwen we een webportal waar het publiek zijn interesse of vragen kenbaar kan maken.

**NucNet:** Tot slot. Van tijd tot tijd zult u onvermijdelijk vragen krijgen over de veiligheid van de Westinghouse AP1000 en over de plaatsing van de reactoren in Moorside. Wat is uw reactie voor hen die aan NuGen vragen zullen stellen over de nucleaire veiligheid?

**Rupprecht:** "Wij juichen zowel de openbare vragen als een nauwkeurig onderzoek toe. De AP1000 is één van de meest kritisch getoetste kernreactoren ter wereld, met meer dan 300 manjaren van onderzoek tot op heden. Alle onderzoeksrapporten wijzen uit dat de AP1000 zijn gelijke niet kent wat betreft veiligheid en 'gelaagde beveiliging' door zijn innovatieve passieve veiligheidssystemen. Je moet niet vergeten dat de AP1000 door post-Fukushima toezichhouders is goedgekeurd en wordt beschouwd als voorbeeld van een significante vooruitgang in nucleaire veiligheid. De ontwerpvergunning voor de AP1000 is reeds afgegeven in de V.S. en China en enkele reactoren worden nu gebouwd na diepgaande en stringente controles door de toezichhouder." **K**

David Dalton,  
NucNet

**Sandy Rupprecht** is interim chief executive officer van NuGen ([www.NuGeneration.com](http://www.NuGeneration.com)), een joint venture tussen Toshiba en Engie, voorheen GDF Suez. Hij werd CEO in juni 2014 toen het bedrijf zijn nieuwe eigendomsstructuur met Toshiba en Engie aankondigde. NuGen is voornemens om tot 3,4 gigawatt aan nieuw nucleair te ontwikkelen met drie reactoren van Westinghouse AP1000 in Moorside in West-Cumbria, wat het tot het grootste nieuwe nucleaire bouwplan van Europa maakt. Rupprecht was eerder senior vice-president van Westinghouse's nucleaire bouwontwikkeling, wereldwijd verantwoordelijk voor nieuwe mogelijkheden voor kerncentrales van Westinghouse. Tijdens een carrière van 30 jaar bij Westinghouse heeft hij gewerkt bij de productontwikkeling, het verlenen van vergunningen en installatie.



## INBEELD

### **SELLAFIELD GOED VOOR SOCIAALECONOMISCHE ONTWIKKELING**

Sellafield Ltd, het bedrijf in het Verenigd Koninkrijk (VK) dat verantwoordelijk is voor de ontmanteling en verwerking van al het Britse nucleaire afval, heeft begin juni aangekondigd dat het met Darchem Engineering Ltd het contract is aangegaan voor de levering van hoogwaardige stalen opslagcontainers voor nucleair afval. Met het Darchem-contract is een bedrag van 70 miljoen euro gemeoid.

Sellafield Ltd werkt nauw samen met de Nuclear Decommissioning Authority en de overheid bij de aanbestedingsprocedures waarbij de nadruk ligt op de sociaaleconomische ontwikkeling voor de regio en het VK als geheel. Het onlangs afgesloten Darchem-contract is het tweede contract voor de levering van de drie-kubieke-meter containers. Het eerste was reeds in mei gegund aan Metalcraft waarmee de totale waarde aan contracten ongeveer 140 miljoen



euro bedraagt. De keuze voor Metalcraft was niet alleen op basis van de kwaliteit en het voldoen aan de veiligheidseisen, maar ook omdat het bedrijf voldoet aan de sociaaleconomische verplichtingen met een pakket banen en opleidingen. Ook Darchem blijkt een regionaal betrokken partner. Het bedrijf heeft een kantoor in West-Cumbria en ervaring met het leveren van diensten aan Sellafield; inclusief een portaalkraan voor het transport van radioactief slib, historisch

afval dat afkomstig is uit opslagbassins voor verbruikte splijtstofstaven. De nieuwe drie-kubieke-meter boxen zijn bij uitstek geschikt voor de opslag van het historisch afval afkomstig van de Pile Fuel Cladding Silo op het Sellafield-terrein. Zowel Darchem als Metalcraft zullen onder meer de kwaliteit van de producten moeten aantonen voor het eerste deel van het contract. De tweede fase zal geheel in het licht staan van de productie van 2.200 stalen containers. Het terughalen

van het afval uit de faciliteit is een integraal deel van een lange termijn plan om het risico te verkleinen op Europa's meest gecompliceerde nucleaire terrein, door het schoonmaken en ontmantelen van de oudste faciliteiten waarvan er sommige tot terug in de jaren veertig van de vorige eeuw dateren. Sellafield Ltd. is goed voor 20.000 banen en besteedt jaarlijks 1,3 miljard in de lokale economie.

*Sellafield Ltd*



## **K** ONDEZOEK TOONT MOGELIJKHEID AAN VAN INHERENT VEILIGE KWEEKREACTOR

**Onlangs promoveerde Frank Wols, onderzoeker TU Delft, op het proefschrift *Conceptual Design Studies of a Passively Safe Thorium Breeder Reactor*. Zijn studie toonde de inherente veiligheid aan van een kweekkogelbedreactor, een hoge temperatuur reactor die de voordelen van de thorium-cyclus koppelt aan een hoge procestemperatuur. Wols: "Hoewel er nog de nodige obstakels zijn om tot een werkende reactor te komen, vormen deze geen fundamentele beperking voor dit reactorconcept."**

Kernenergie zal waarschijnlijk ook in de toekomst een significante rol blijven spelen in de wereldwijde elektriciteitsproductie omdat het een economisch aantrekkelijke, betrouwbare en CO<sub>2</sub>-arme energiebron is en de grondstoffen ruim voorradig zijn. Ten opzichte van de huidige generatie kernreactoren kunnen aanzienlijke verbeteringen op het gebied van veiligheid, een betere benutting van natuurlijke grondstoffen en een kortere levensduur



een thoriumkweekcyclus in combinatie met inherente veiligheid. Dat is nu gelukt en dat was eerder nog niet aangetoond." Eén en ander betekent volgens hem niet dat morgen de schop in de grond kan, want er moet nog heel wat onderzoek worden verricht voor er een werkende kweekreactor staat. "De marges en ontwerpmogelijkheden zijn beperkt, want een grotere reactor heeft nadelige effecten voor de veiligheid door een slechtere afvoer van vervalwarmte en een kleinere reactor heeft nadelige gevolgen voor de kweekfactor ten gevolge van een groter verlies van neutronen", licht Wols toe. Deze obstakels vormen volgens hem echter geen fundamentele beperking voor het reactorconcept, wat een enorme verbetering kan opleveren voor de veiligheid en de duurzaamheid van kernenergie voor komende generaties. Anders dan bij gesmoltenzoutreactoren waar de brandstof in het koelmiddel is opgelost, bevindt bij een HTR de brandstof zich in grafietbollen.

**K** *Frank Wols geflankeerd door zijn ouders*

De grafietmatrix is hierbij de moderator en helium in de reactorkern dient als koelmiddel. Simulaties in het onderzoek van Wols toonden aan dat het met behulp van opwerking van gebruikte splijtstof mogelijk is om binnen een beperkte termijn een thorium kweekcyclus te realiseren in een kogelbedreactor. Dit betekent dat er een systeem mogelijk is voor elektriciteitsproductie waar netto alleen thorium aan toegevoerd hoeft te worden. De periode die hiervoor staat is minder dan 7 jaar. "Dat klinkt misschien lang maar in de natuur is geen uranium-233 aanwezig dus dat zal je eerst moeten produceren." Wols: "Tijdens de opstart van de reactor zou U-235 of plutonium kunnen worden gebruikt, totdat de reactor zelf voldoende U-233 aanmaakt. In de uiteindelijke

evenwichtstoestand hoeft netto alleen thorium aan het systeem toegevoerd te worden, en die toestand wil je op een snelle en veilige manier bereiken."

## **DE NOODZAAK VAN AANVULLEND ONDERZOEK**

Tijdens het kweken vervalt een deel van het thorium door de invangst van neutronen met een tussenstap van protactinium naar het gewenste en splijtbare uranium-233. Een hogere neutronenflux leidt tot een hogere conversie, maar zorgt ook voor meer protactinium dat over een hoog neutronen absorptievermogen beschikt en dus een hogere flux minder efficiënt maakt. Om toch voldoende splijtbaar uranium-233 te krijgen, voorziet het reactorontwerp in een 'driverkanaal' en een 'breederkanaal'. Het breederkanaal bevat minder moderator om de conversie van thorium naar uranium-233 te bevorderen. Het driverkanaal is een goed gemodereerde zone om splijting te stimuleren en zo de kettingreactie in stand te houden die noodzakelijk is om de warmte te leveren voor de opwekking van elektriciteit. Of er een nieuwe promovendus aan de slag gaat met het reactorontwerp weet Wols niet, maar dat er aanvullend onderzoek noodzakelijk is, staat als een paal boven water. Wols: "Er is nog behoorlijk wat aan aanvullend onderzoek dat gedaan zou moeten worden op zowel engineering- als economisch gebied." Dat onderzoek is natuurlijk niet alleen aan Nederlanders voorbehouden. "Ik heb al gezien dat mijn paper door mensen over de hele wereld wordt gelezen. Het is alleen moeilijk om te voorzien of het echt wordt opgepakt." Op dit moment bouwen de Chinezen twee 250 MW pebble bed reactoren. Wols: "Die gaan draaien op uranium-235, maar het zou mooi zijn als zij in dergelijke reactoren ook met thorium gingen experimenteren." **K**

*Menno Jelgersma*

van radioactief afval gerealiseerd worden door de toepassing van een gesloten thoriumsplijtstofcyclus in een passief veilige hoge temperatuurreactor van het kogelbedtype.

## **GEEN FUNDAMENTELE BEPERKING VOOR HET REACTORONTWERP**

Wols: "Voor mijzelf lag het zwaartepunt van het onderzoek in het aantonen van het ontwerp van een kogelbedreactor met

## 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).

### WAAROM IS GORLEBEN NIET MEER AAN DE ORDE VOOR EINDBERGING IN DUITSLAND?

Hoewel er veel weerstand is en het onderzoek naar de zoutkoepel in de Duitse Deelstaat Nedersaksen stilligt, is Gorleben nog steeds niet uitgesloten als een mogelijke locatie voor eindberging. Een eindberging is een plek in de diepe ondergrond, waar het afval veilig kan vervallen tot het niet meer radioactief is.

Sinds 1979 wordt Gorleben onderzocht als een mogelijke locatie om het Duitse warmteproducerend hoogradioactief afval op te bergen. Dat onderzoek is in 2000 tien jaar lang onderbroken door het Gorleben moratorium. Er is weinig vertrouwen in de overheid op het gebied van radioactief afval en de politiek in Duitsland is verdeeld over Gorleben als mogelijke eindbergingslocatie. In 2010 werd het onderzoek hervat en drie jaar later werd een omvangrijk rapport gepubliceerd (Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben). In het rapport wordt alle beschikbare informatie over Gorleben gebundeld.

De Duitse overheid besloot het locatiekeuzeproces te opnieuw te starten. In juli 2013 werd de Wet Locatiekeuze

(Standortauswahlgesetz) van kracht. In deze wet wordt de locatiekeuzeproces vastgelegd: de stappen, de procedures en de verantwoordelijkheden van bestaande en nieuwe organisaties. De wet stelt ook dat de verdere exploratie van Gorleben moet worden gestopt. De locatie moet wel worden opengehouden, totdat Gorleben is uitgesloten of aangewezen als voorkeurslocatie. Uit de wet spreekt een voorkeur voor de diepe ondergrondse berging van het Duitse warmteproducerend hoogradioactief afval, maar niet voor een bepaald gesteente. De keuze voor graniet, klei of zout moet nog worden gemaakt.

De weerstand tegen Gorleben wordt deels toe geschreven aan een niet-transparant keuzeproces in de jaren zeventig. Daarom stelt de wet de Eindbergingscommissie (Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe) in. De Commissie heeft als taak criteria voor de locatiekeuze voor te stellen en de locatiekeuzewet te evalueren. Daarnaast houdt de Commissie zich bezig met de

#### Ewoud Verhoef

Dr. Ir. Ewoud Verhoef (1973) is adjunctdirecteur van de COVRA, het Centraal Orgaan Voor de Opslag van Radioactief Afval. Ewoud coördineert het OPERA-onderzoeksprogramma naar een definitieve Nederlandse eindberging van kernafval, naast onderzoek in Europees verband naar de geologische eindberging van kernafval. Ewoud studeerde organische chemie aan de Technische Universiteit Delft en promoveerde daar in 2005 in de toegepaste aardwetenschappen.



procedure van het keuzeproses en met de daarbij behorende publieksparticipatie. De Commissie telt drieëndertig leden uit de wetenschap, maatschappelijk groeperingen, de regeringen van de Duitse deelstaten en de Bundestag. De Commissie rapporteert haar bevindingen direct aan de Bondsdag, de Bondsraad en de federale regering.

De verwachting is dat de keuze voor een eindbergingslocatie niet voor 2031 genomen wordt. Gorleben kan de gemoederen nog jaren lang bezig houden.

Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef



## **K** URENCO ZWAAIT DIRECTEUR RAKHORST UIT

Op 21 mei nam Huub Rakhorst officieel afscheid van URENCO Nederland. Tijdens een feestelijke afscheidsreceptie in het Theaterhotel Almelo kreeg hij door burgemeester Jon Hermans-Vloedveld een lintje opgespeld. Hij is nu officier in de Orde van Oranje Nassau als erkenning voor zijn enorme inzet voor URENCO Nederland, de URENCO Group, de stad Almelo en de nucleaire sector. Huub was blij verrast en het feit dat burgemeester Hermans, die hij een goede vriendin noemde, hem het lintje opspelde maakte het voor hem extra feestelijk. Twaalf jaar lang was Rakhorst directeur bij URENCO Nederland. In die periode groeide URENCO enorm qua capaciteit en nog altijd is Almelo de efficiëntste verrijkgingsplant van de URENCO Group. Onder leiding van Rakhorst werd het bedrijf in 2013 gekozen tot Beste werkgever van Nederland en hij organiseerde vorig jaar de succesvolle Nuclear Industry Summit. Huub Rakhorst (R) wordt opgevolgd door Ad Louter (L). **K**

## COLUMN



### CREATIEVE TECHNOLOGIE OOK VOOR KERNENERGIE

In 1980 krabbelde ik in mijn schoolagenda een cartoonje van een Franse straatverkoper die roept “Kerncentrales te koop! Voor slechts 2 miljard per stuk!” met een belangstellende Chinees en Irakees. Toen hadden de Fransen samen

met de Amerikanen nog het nucleaire rijk voor zich alleen in de wereld buiten het Oostblok. Inmiddels is de ontwikkeling in Irak om bekende redenen afgebroken en hebben de Chinezen het kunstje zelf geleerd. Ook Zuid-Korea is deze weg gevolgd, en Rusland levert inmiddels aan de hele wereld. Verder heeft AREVA vorig jaar bijna 4 miljard verlies gemaakt en heeft EdF dit jaar aangeboden ze voor 2 miljard te kopen. Afgezien van de stomiteiten bij de nieuwbouw in Finland en Frankrijk, zal AREVA er rekening mee moeten houden dat een deel van hun marktaandeel voorgoed naar elders op de wereld is verplaatst. Dit is gewoon een onderdeel van het verschijnsel globalisering, daar had mijn familie destijds ook last van. Er is maar één kruid tegen gewassen: innovatie. Het wordt nu tijd om de sprong naar een substantieel beter reactortype te maken. Wat is beter? Alle nieuwe ontwerpen kunnen in principe aan de huidige regelgeving voldoen, dus veiligheid is niet het probleem. Ook prijst de kernenergie zich de markt niet uit. Wel begint het langzamerhand vooral voor een groot kernenergieland als Frankrijk aantrekkelijk te worden om een groter aandeel dan vijf procent van de splijtstof nuttig te gaan gebruiken. Op het gebied van nuttig splijtstofgebruik, of met het huidige modewoord duurzaamheid, is niet de natriumgekoelde reactor, maar de gesmoltenzoutreactor kampioen. Het drukbezochte symposium bij TU Delft hierover in april dit jaar liet een goede basis zien van academia en creatieve startende bedrijfjes. Om de gesmoltenzoutreactor echt tot industriële wasdom te kunnen brengen is echter meer gewicht nodig en ook bestuurlijke creativiteit voor het in elkaar steken van de juiste vorm van publiek-private samenwerking. Een mooie kans voor het koppel EdF-AREVA!

*Aliki van Heek*



## TRACTEBEL ENGINEERING 'HUISINGENIEUR' VOOR PALLAS

**Het ingenieurbureau Tractebel Engineering gaat de komende tien jaar samen met PALLAS het ontwerp- en bouwproces van de nieuwe nucleaire reactor ondersteunen. "In de ideale situatie beginnen in 2019 de bouwvoorbereidingen voor van de multifunctionele faciliteit die de functie van de Hoge Flux Reactor (HFR) naadloos moet overnemen in 2024", aldus Hermen van der Lugt, algemeen directeur van de Stichting Voorbereiding Pallas-reactor.**

Van der Lugt ondertekende het contact met Luc Vanhoenacker, adjunct-directeur Nucleair van Tractebel Engineering (TE), dochteronderneming van GDF Suez, op 11 mei. Hiermee werd het Belgische bedrijf de officiële 'huisingenieur' van de PALLAS-organisatie. De looptijd van tien jaar voor het aangaan van de samenwerking met TE komt niet zomaar uit de lucht vallen. "Die periode is natuurlijk ook gekozen vanwege het einde van de voorspelde economische levensduur

van de HFR, we willen naadloos aansluiten op de bedrijfsactiviteiten." Een planning die volgens Van der Lugt haalbaar is. Het contract is overigens ook uitbreidbaar om in ieder geval tot en met de ingebruikname verzekerd te zijn van de expertise van de huisingenieur.

### EXPERTISE VAN BEGIN TOT EIND

De overeenkomst met TE volgt na een gedegen Europese aanbesteding waar

na prékwalificatie vijf partijen naar voren kwamen om 'mee te mogen aanbieden'. Hierna volgden de beoordeling op de selectiecriteria en analyse van de biedingen waaruit TE als beste partij naar voren kwam. Het bedrijf levert nu medewerkers voor het geïntegreerde projectteam dat o.a. gaat zorgen voor de aanbesteding van het ontwerp.. Er is gekozen om het ingenieurbureau voor het gehele traject te kiezen om zo de doorstroom van activiteiten te bevorderen. Van der Lugt: "Continuïteit is belangrijk omdat je daarmee ook gezamenlijk de expertise van begin tot eind opbouwt. TE is in staat de verschillende expertises en competenties naar behoefte aan te leveren op elk gewenst moment. Deze constructie voorkomt mogelijke problemen die kunnen ontstaan bij de overdracht van taken."

### GEÏNTEGREERD PROJECTTEAM

Een deel van het projectteam van TE is per direct in Alkmaar aan de slag gegaan en vanaf juni is het team volop aan de gang. "Als je naar het ontwerpdeel kijkt, zijn er ongeveer 10 tot 12 mensen werkzaam, waarvan PALLAS de helft levert en de andere helft afkomstig is van Tractebel. Het team is een 'organisch geheel' waarbij mensen afhankelijk van de fase van het project op basis van hun expertise aan het werk gaan." Een deel van het aanbod van TE voorziet erin dat hun Belgische mensen doordeweeks in Alkmaar of omstreken verblijven en in het weekeinde naar huis reizen. Is de afstand tot het thuisfront te groot voor deze constructie dan zullen volgens Van der Lugt de medewerkers in ieder geval voor de contractduur hun domicilie in Nederland zoeken. Eén van de eerste taken van het nieuwe geïntegreerde projectteam is de selectie van de toekomstige ontwerper. We zijn ver gevorderd in onze aanbestedingsstrategie", verklaart Van der Lugt. "In de periode dat het PALLAS als project onder NRG draaide, is er al veel werk verzet, zoals het definiëren van de functionele specificaties van de reactor. Dit werk zijn we nu aan het afronden om klaar te zijn voor de aanbesteding van het reactorontwerp."

## WAAIER AAN VERGUNNINGEN

Wat in ieder geval vaststaat is de keuze voor een tank-in-pool reactor. “De huidige HFR is een soortgelijke reactor en hier is de afgelopen decennia ongelooflijk veel ervaring mee opgedaan. Ook voor het vergunningstraject is deze ervaring belangrijk want als je met een innovatief reactorontwerp start, heeft dat wat betreft vergunningverlening consequenties”, licht Van der Lugt toe. Dat neemt uiteraard niet weg dat ook een nieuwe reactor van ‘bewezen technologie’ weer volledig onder de loep wordt genomen door de toezichthouder. Leidend hierbij zijn de zogenaamde Dutch Safety Requirements, een set vereisten die mede ingegeven is door IAEA-regelgeving.

De vergunningverlening is een traject dat parallel aan de ontwerpfase loopt. “Er is regelmatig overleg met de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) om te bespreken hoe we de komende jaren de aanvraag Kernenergiewetvergunning kunnen vormgeven. Op dit moment zijn we net de m.e.r.-procedure gestart, met het inleveren van de zogenaamde Mededelingsnotitie Milieueffectrapportage (vroeger Startnotitie).” Er is trouwens sprake van een hele waaiër aan vergunningen die PALLAS zal moeten verkrijgen. “Ook hiervoor zijn we bezig met een aanbesteding om, waar onze manuren tekortschieten, van een externe partij ondersteuning te krijgen in de komende jaren.”

## HET DEFINITIEVE ONTWERP

Hoe gaat het nu verder? Vijf jaar geleden is er al contact geweest met bouwers van nucleaire installaties uit Argentinië, Zuid-Korea en Frankrijk. De aanbesteding werd destijds afgebroken vanwege een gebrek aan financiering. De partijen uit die landen zijn nu weer geïnteresseerd. De basis voor het definitieve ontwerp is het PALLAS-document met de ‘User Requirements Specification’ of URS waarin alle functionele eisen voor de reactor is opgenomen. In het tweede kwartaal van 2015 vindt de informele marktconsultatie voor de aanbesteding van het ontwerp van de PALLAS-reactor plaats, waarbij internationale

## PALLAS START M.E.R.-PROCEDURE

Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor (PALLAS) heeft op 26 mei de ‘Mededelingsnotitie Milieueffectrapportage’ voor de PALLAS-reactor ingeleverd bij de ANVS (Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming). Met de Mededelingsnotitie (voorheen Startnotitie) kondigt PALLAS formeel aan de m.e.r.-procedure te starten voor het realiseren van de PALLAS-reactor. Deze procedure zorgt ervoor dat het milieubelang een volwaardige rol speelt in de besluitvorming. In de Mededelingsnotitie wordt ingegaan op de reikwijdte en het detailniveau van het uiteindelijk op te stellen Milieueffectrapport (MER). Dit rapport geeft inzicht in de gevolgen die de PALLAS-reactor heeft voor het milieu en is een vast onderdeel in het traject van het aanvragen van een vergunning in het kader van de Kernenergiewet. De Mededelingsnotitie vervangt de Startnotitie die NRG in 2009 indiende. Sindsdien zijn er een aantal belangrijke uitgangspunten gewijzigd, waaronder de oprichting van de onafhankelijke Stichting Voorbereiding Pallas-reactor eind 2013.

en nationale partijen met nucleaire (of nucleair gerelateerde) ervaring hun expertise kunnen presenteren. Met de ondersteuning van huisingenieur TE en een compleet projectteam is Stichting voorbereiding Pallas-reactor klaar voor deze stap. Van der Lugt ziet de toekomst

met vertrouwen tegemoet: “We gaan van de reactor een multifunctionele faciliteit maken die een steunpilaar gaat worden in de nucleaire kennisinfrastructuur en bovendien een leidende rol gaat spelen in de wereldwijde productie van medische isotopen.” **K**

## TRACTEBEL EN NUCADVISOR

De Stichting Voorbereiding Pallas-reactor gaat voor de komende tien jaar in zee met het Belgische ingenieursbureau Tractebel Engineering (TE). Bernard Dereeper is marketing and sales director bij TE: “Wij hebben PALLAS heel veel te bieden. Met ons hoofdkantoor in Brussel bevinden we ons op een relatief korte afstand van Alkmaar en hebben al heel wat ervaring opgedaan in Nederland met het werk dat we voor de kerncentrale Borssele hebben verricht. Samen met onze partner NucAdvisor hebben we de PALLAS-organisatie ervan kunnen overtuigen dat we de juiste partij zijn met hoog gekwalificeerde ingenieurs voor het geïntegreerde team.” Als grote internationale organisatie is TE volgens hem in staat mensen te leveren die in alle vereiste disciplines de juiste ervaring hebben, zeker waar het gaat om de ontwikkeling van onderzoeksreactoren of een multifunctionele faciliteit zoals de beoogde PALLAS-reactor. En dat geldt volgens Dereeper trouwens ook voor NucAdvisor. Over de keuze van NucAdvisor als partner voor het contract zegt Dereeper dat het bij opdrachten van deze grootte voor de hand ligt om samen te werken. Tractebel is van origine een Belgische firma die werd overgenomen door GDF Suez (red: GDF SUEZ is sinds april ENGIE), maar dat betekent volgens Dereeper niet dat het nu een Frans bedrijf is geworden. “We blijven Belgisch met alle voordelen van dien voor PALLAS. Een deel van onze werknemers spreekt Nederlands en dat komt de communicatie en samenwerking ten goede, ondanks het feit dat de werktaal binnen het multiculturele team Engels zal zijn.” Dereeper die in december voor het eerst van de aanbesteding hoorde, ziet het project met vertrouwen tegemoet. Met de tien jaar samenwerking voor de boeg ziet Dereeper voor zijn organisatie een taak weggelegd om het tijdschema te halen. “De eindverantwoordelijkheid ligt bij PALLAS. Wij maken ons sterk om dat binnen het budget mogelijk te maken, maar bovenal zullen wij alles in het werk stellen om ervoor te zorgen dat PALLAS een succes wordt.”



## URENCO BREIDT TECHNIEK WORKSHOP UIT

**Als hightech bedrijf organiseert URENCO Techniek Workshops om kinderen in groep 7 en 8 van de basisschool kennis te laten maken met de veelzijdigheid van techniek. Dit jaar namen al 4.500 kinderen deel aan deze workshop. Nu is er ook een aanvullende workshop voor kinderen in groep 5 en 6 met als thema Isotopen.**

De workshop is gemaakt in samenwerking met drie studenten van Jet-Net Junior en de PABO. Zij ontwikkelden een workshop van 2 tot 2,5 uur compleet met leskist, die aansloot op de

wens van URENCO om ook jongere kinderen kennis te laten maken met techniek.

### THEMA ISOTOPEN

De workshop heeft als thema Isotopen en bestaat uit vijf zelfstandig uit te voeren opdrachten. De kinderen kunnen zo zelf de wereld van atomen en isotopen ontdekken en onderzoeken. De workshop wordt afgesloten met een digitale microscoop, die alles tot wel 2.000 keer kan vergroten. Hierdoor is het mogelijk om de kinderen te laten zien hoe materialen er eigenlijk uitzien. De workshop sluit ook aan bij het Isotopia-project dat dit jaar loopt. Isotopia is een wetenschappelijk programma waarbij kinderen creatief worden uitgedaagd om te laten zien hoe zij de wereld willen verbeteren met isotopen. Centraal staat een online wedstrijd waarbij kinderen hun eigen Isotopia-wereld, isotoop of isotopen te maken. URENCO organiseert de activiteiten van Isotopia samen met culturele, wetenschappelijke partners en scholen. De 'Vraag het Arjan'-filmpjes waarin hij uitleg geeft over isotopen komen in de workshop weer terug. Tijdens Zabuki@Isotopia op 8 april in Enschede werden de leskisten met succes ingezet. Binnenkort vindt de eerste workshop op een basisschool plaats. **K**

Bron: URENCO

## INWONERS VAN ILLINOIS VOEREN ACTIE VOOR NUCLEAIR

Honderden bewoners van Illinois verzamelden zich bij het Illinois State Capitol om op te roepen tot het goedkeuren van de 'koolstofarme' wetgeving, met name gericht op het in stand houden van de nucleaire capaciteit in de staat. Zij overhandigden een petitie met meer dan 10.000 handtekeningen ten behoeve van het aannemen van de voorgestelde Low Carbon Portfolio Standard (LCPS) wetgeving. De wetgeving die al werd goedgekeurd door de senaat, wil de uitstoot van koolstof verminderen, meer gebruik gaan maken van hernieuwbare energie en een stabiele elektriciteitsvoorziening garanderen. De petitie maakt geen onderscheid tussen verschillende leveringsbronnen; er moet op een gelijk speelveld worden geconcurrerd. Elf kernreactoren op zes plekken voorzien in ongeveer een kwart van de opwekkingscapaciteit voor elektriciteit in de staat Illinois, maar in de laatste jaren werden vijf daarvan onderwerp van discussie over een mogelijke sluiting toen exploitant Exelon aangaf

niet-winstgevende eenheden te willen sluiten. Een door de staat ingestelde commissie concludeerde echter dat sluiting ernstige gevolgen zou hebben voor de economie, waarin begrepen een geschat verlies van 1,8 miljard dollar per jaar aan economische activiteiten en tot 500 miljoen dollar aan hogere energiekosten. Daarnaast ontstaat er dan een toename van koolstofemissies en een verlies aan banen. Doug O'Brien, executive director van de Illinois Clean Energy Coalition (ICEC), benadrukte dat de verdiensten van de kerncentrales zowel qua milieu als economisch erkend dienden te worden: "We kunnen nooit verwachten onze doelen op het terrein van de reductie van koolstofemissies en onze vorderingen ten aanzien van een schoner milieu te realiseren als we schoon nucleair verlaten en onze afhankelijkheid van fossiel vergroten." De wet moet, alvorens naar de gouverneur te kunnen gaan voor definitieve goedkeuring, nog aangenomen worden door het "House". **K**

Bron: WNN



## ▶ SIMULATIEAANPAK NRG BELOOND MET AMERIKAANSE AWARD

**Veiligheid is een eis waaraan een kerncentrale moet voldoen om operationeel te zijn. Op alle aspecten wordt tot op nano-niveau aangetoond dat een kerncentrale veilig is, anders mag de kerncentrale niet in bedrijf. NRG beschikt over computermodellen die dit kunnen aantonen op het gebied van koeling. NRG-deskundige Ferry Roelofs: "Onze rekenmodellen geven informatie die je in een real life-test niet kunt onderzoeken."**

"Met onze simulatiemodellen kun je aanpassingen in een kerncentrale toetsen op veiligheid. Waar mogelijk ijken wij onze computermodellen met testopstellingen. Dit verhoogt de betrouwbaarheid van onze resultaten. Daarnaast worden indien nodig de gegevens uit real life tests aangevuld met high fidelity berekeningen. Dit zijn zeer grote berekeningen die typisch maanden rekentijd vergen, zelfs op grote supercomputers. Het winnen van de Award bevestigt wereldwijde erkenning voor deze aanpak."

NRG heeft een belangrijke staat van dienst op het gebied van hoge betrouwbaarheid computermodellering, ofwel high-fidelity simulaties. Samen met het Amerikaanse Argonne National Laboratory, de universiteit van Illinois, het bedrijf Terrapower, en het Belgische SCK-CEN heeft de unit Research & Innovations van NRG de HPC (High Performance Computing) Innovation Excellence Award gewonnen. Deze Award wordt uitgereikt door de International Data Corporation voor simulaties op Amerikaanse supercomputers waarbij de 'return on investment' en de wetenschappelijke waarde van belang zijn.

### HIGH-FIDELITY SIMULATIES VOOR DE KOELING VAN EEN REACTORKERN

Het project waarmee deze Award gewonnen is betreft high-fidelity simulaties voor de koeling van de kern in nucleaire reactoren. "Zulke simulaties kunnen de veiligheid, betrouwbaarheid en efficiency van nucleaire reactoren verbeteren", zegt Aithal, één van de medewerkers van Argonne. "De uitdagingen zijn enorm: één splijtstofelement bestaat uit honderden splijtstofpennen. Door het menggedrag nauwkeurig te voorspellen kunnen reactoren mogelijk op een hoger vermogen bedreven worden."

De berekeningen zijn gedaan op Amerikaanse supercomputers. Deze berekeningen stellen NRG en de andere betrokken bedrijven in staat om het complexe gedrag van het koelmiddel in kaart te brengen en meer pragmatische methodes te valideren. Door dit te combineren met dure experimenten waarbij metingen op sommige plaatsen gewoonweg onmogelijk zijn wordt jaarlijks ongeveer 1 miljoen dollar kosten bespaard en wordt inzicht gekregen op veel meer plekken dan in een experiment gemeten kan worden. Toch blijven experimenten vereist om de waarde van zelfs deze high fidelity methodes te bevestigen. **K**

NRG



# NUCLEAIRE WETENSCHAPPERS EN PROFESSIONALS VERENIGD IN DE STRIJD TEGEN KLIMAAT-VERANDERING

**Op 4 mei ondertekenden in Nice 39 vertegenwoordigers van nucleaire organisaties een gezamenlijk statement. De kern van de boodschap is eenvoudig: kernenergie heeft een sleutelrol in de strijd tegen klimaatverandering. Samen vertegenwoordigen ze 50.000 wetenschappers uit 36 landen en vijf continenten.**



De verklaring maakt onderdeel uit van de mondiale campagne Nuclear for Climate, een initiatief dat in de zomer van 2014 werd gestart om internationale erkenning te krijgen voor kernenergie als koolstofarme energiebron. Tijdens het International Congress on Advances on Nuclear Power Plants (ICAPP) in Frankrijk benadrukten de voorzitters van de organisaties dat ieder

land toegang moet krijgen tot een zo breed als mogelijke mix van alle koolstofarme technologieën die beschikbaar zijn. Kernenergie moet volgens hen hier ook een onderdeel van zijn, alleen zo is het mogelijk om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verlagen en zo de internationaal gestelde energiedoelstellingen te kunnen behalen. Specifiek vragen zij om kernenergie als een koolstofarme energie-

optie op te nemen in het protocol en financieringsmechanismes van de nieuwe United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), net zoals het geval is voor alle andere koolstofarme energiebronnen. Voor Nederland werd de verklaring ondertekend door Jan Leen Kloosterman, voorzitter van de Netherlands Nuclear Society.



✚ Namens Nederland ondertekent Jan Leen Kloosterman, voorzitter Netherlands Nuclear Society de verklaring

## NUCLEAR FOR CLIMATE DECLARATION 4 mei 2015, Nice - Frankrijk

*Wij zijn wetenschappers, ingenieurs en professionals en we vertegenwoordigen regionale, nationale en internationale wetenschappelijke verenigingen evenals talrijke technische organisaties die zich bezighouden met de ontwikkeling en vreedzame toepassing van nucleaire technologie.*

**We erkennen** de ondubbelzinnige conclusies van de meerderheid van de klimatologen, zoals is gesteld in het Fifth Assessment Report of the International Panel on Climate Change (IPCC) dat 'menselijke activiteiten hebben bijgedragen aan de veranderingen in het klimaat van de wereld'.

**We zijn hoopvol** waar het gaat om de uitkomsten van de Climate Change Conference die in december van 2015 zal plaatsvinden in Parijs.

**We zijn ons bewust** van het feit dat Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) heeft gesteld dat, terwijl de wereldbevolking naar verwachting zal groeien tot tien miljard en de welvaart zal stijgen, de elektriciteitsbehoefte in 2050 zal zijn verdubbeld.

**We delen de doelstelling** om de opwarming van de aarde te beperken tot een maximum van 2°C in 2015. Dit zal volgens de IPCC betekenen dat tachtig procent van de elektriciteit zal moeten worden geproduceerd door koolstofarme energiebronnen, dit is op dit moment dertig procent.

**We realiseren ons** dat dit een enorme uitdaging is die de inzet vereist van alle beschikbare koolstofarme technologieën.

**We zijn overtuigd** dat de wereld onmiddellijk stappen moet ondernemen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, omdat een groot deel van het koolstofbudget al is gebruikt en we niet kunnen wachten met onze decarbonisatie-inspanningen tot toekomstige technologieën klaar zijn voor grootschalige inzet.

**We zien** dat kernenergie onderdeel uitmaakt van een handvol mogelijkheden die genoeg

gewicht in de schaal kunnen leggen om energie-gerelateerde uitstoot van broeikasgassen te verminderen. We benadrukken dat deze mening wordt gedeeld door de OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling) en het IPCC.

**We verklaren** hierbij dat:

We ervan overtuigd zijn dat kernenergie een belangrijk onderdeel van de oplossing is in de strijd tegen klimaatverandering.

**We geloven** dat iedere land toegang moet hebben tot een zo breed mogelijke portfolio van beschikbare koolstofarme technologieën, inclusief kernenergie, om zo de uitstoot van CO<sub>2</sub> te beperken en de energiedoelstellingen te behalen.

**We vragen** de United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) om kernenergie te erkennen als koolstofarme energiebron en om kernenergie op te nemen in de klimaatfinancieringsmechanismen, net als alle andere koolstofarme energiebronnen.

We besluiten om deze verklaring gezamenlijk te ondertekenen en onder de aandacht te brengen van de besluitvormers. **K**

# UITNODIGING VOOR HET KIVI SYMPOSIUM STRALING EN ISOTOPEN VOOR MEDISCHE TOEPASSINGEN

VRIJDAG 9 OKTOBER 2015, 13 -17 UUR  
KIVI GEBOUW, PRINSESSEGRACHT 23,  
2514 AP DEN HAAG

## PROGRAMMA

**13:00 - 13.25**  
**KOFFIE**

**13:25 - 13.30**  
**WELKOM**

J.L. KLOOSTERMAN, VOORZITTER KIVI KERntechniek

**13:30 - 14.00**  
**DUTCH ISOTOPES VALLEY (DIVA):  
NEW ISOTOPES FOR NEW  
APPLICATIONS,**  
PROF. DR. H.T. WOLTERBEEK, TU DELFT

**14:00 - 14.30**  
**HIGH RESOLUTION RADIONUCLIDE  
TOMOGRAPHY OF MOUSE AND MAN,**  
PROF. DR. F.J. BEEKMAN, TU DELFT

**14:30 - 15.00**  
**PROTON THERAPY AND THE  
DEVELOPMENT OF HPTC,**  
DR. M. HOOGEMAN, ERASMUS-MC

**15:00 - 15.30**  
**KOFFIE**

**15:30 - 16.00**  
**PALLAS, THE NEW DUTCH ISOTOPES  
PRODUCTION REACTOR - PALLAS**

**16:00 - 16.30**  
**ISOTOPE PRODUCTION  
IN THE HFR - NRG**

**16:30 - 17.30**  
**AFSLUITING EN BORREL**



AANMELDING IS GRATIS VOOR LEDEN/BEGUNSTIGERS VAN  
DE KIVI AFDELINGEN KERntechniek EN TECHNISCHE FYSICA,  
NNS, DYG EN KERNVISIE. VOOR MEER DETAILS ZIE WWW.  
JANLEENKLOOSTERMAN.NL

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**

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



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



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: kernvisie@kernvisie.com