

KERNVISIE MAGAZINE

» **RADIOACTIEF AFVAL
ALS SPLIJTSTOF
VOOR NIEUWE
GESMOLTEN-
ZOUTREACTOR**

» **KERNENERGIE IS
ONMISBAAR VOOR
DE RUIMTEVAART**

» **DE KERNCENTRALE
DODEWAARD NA
ACHT JAAR VEILIGE
INSLUITING**

**RADIUM-223
ZORGT VOOR
PIJNBESTRIJDING
EN VERLENGING
LEVENSDUUR**

COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

JAARGANG 9, NUMMER 4, SEPTEMBER 2014

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. Schuurung, penningmeester

Drs. J.J. de Jong

Ir. J.C.L. van Cappelle

Dr. F.C. Klaassen

Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld

Ir. G.C. van Uiter

REDACTIE KERNVISIE

Ir. G.H. Boersma

Dr. F.C. Klaassen

M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

E.S. Jelgersma

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. Wouter Vogel - © Irene van Kessel

Distributie, onder vermelding Stichting Kernvisie, via eigen e-mail systemen en gebruik van de informatie voor lezingen, presentaties, studies, discussies, publicaties, enz. wordt op prijs gesteld en toegejuicht.

VOORWOORD

WIE DE JEUGD HEEFT



Wie de jeugd heeft, heeft de toekomst. Dat geldt natuurlijk voor iedereen die jong is en vooruitziet naar de jaren die vóór hem of haar liggen, maar waar het vooral om gaat, zijn de kansen voor jezelf en je omgeving. Juist daarom publiceert Time Magazine jaarlijks een lijst met '30 People Under 30 Changing the World'. Je bent jong en naar het zich laat aanzien, ga je de wereld veranderen. Eén van de jongeren op die lijst is Leslie Dewan van Transatomic Power. Met haar medestudent van het Massachusetts Institute of Technology (MIT) en huidige collega Mark Massie heeft zij een geavanceerde gesmoltenzoutreactor ontworpen: de Waste Annihilating Molten Salt Reactor. Het is een reactor die in staat is alle verbruikte splijtstof die we in de loop der jaren hebben verzameld tot elektriciteit om te vormen en die standaard draait op laag verrijkt uranium (1,8 procent). In deze uitgave van Kernvisie Magazine een interview met haar. Nieuws is er van het Antoni van Leeuwenhoek waar recentelijk mannen met in het bot uitgezaaide prostaatkanker in aanmerking kunnen komen voor radiumtherapie. Wouter Vogel vertelt over de palliatieve behandeling met radium-223 die naast pijnbestrijding ook zorgt voor verlenging van levensduur met goede kwaliteit. Verder laten we Dick Kers aan het woord. Hij is de site manager van de kernenergiecentrale Dodewaard en gaat in op de Veilige Insluiting van de kerncentrale die voor een periode van 40 jaar is ingesteld en waarvan er inmiddels 8 jaar zijn verstreken.

André Versteegh, voorzitter Stichting Kernvisie

K INHOUD

GEZONDHEID

ALFASTRALER RADIUM-223 ZORGT BIJ PROSTAATKANKER VOOR PIJNBESTRIJDING EN VERLENGING VAN LEVEN

Het Antoni van Leeuwenhoek (AVL) biedt patiënten met in de botten uitgezaaide prostaatkanker een nieuwe palliatieve behandeling met radium-223. Dr. Wouter Vogel, nucleair geneeskundige bij het AVL licht de therapie toe.

P04-06

P07 ENERGIE

Energievoorziening in België onder druk na uitvallen reactoren

P12 INBEELD

Afgelopen zomer startten de eerste laswerkzaamheden aan de eerste lus van het primaire circuit van de EPR in aanbouw in Flamanville, Normandië

P14 GEZONDHEID

Malcolm Grimston gaat in de op de gevaren van overrijverige stralingsbescherming in Fukushima

P16 V&A

Lezersvragen worden beantwoord door deskundigen

P17 COLUMN

Door Alik van Heek

P21 MAATSCHAPPIJ

FORATOM: Voor energieleveringszekerheid is het belangrijk in kernenergie te investeren

ENERGIE

RADIOACTIEF AFVAL ALS SPLIJTSTOF VOOR NIEUWE GESMOLTENZOUTREACTOR

Ze behoort volgens Times Magazine tot de dertig meest belovende talenten in de VS jonger dan dertig jaar die de wereld zullen veranderen: Dr. Leslie Dewan.



MAATSCHAPPIJ

KERNENERGIE IS ONMISBAAR VOOR DE RUIMTEVAART

In de ruimtevaart is het noodzakelijk te kunnen beschikken over elektriciteitsbronnen met een laag gewicht en volume, die ook in staat zijn over lange tijd energie te leveren. Een nucleaire batterij voorziet in de mogelijkheid van de energievoorziening. Veelgebruikt is plutonium-238, maar de levering daarvan staat onder druk. Onderzoek vindt nu plaats naar de toepassing van americium-241.

P15



K P18

DE KERNCENTRALE DODEWAARD NA ACHT JAAR VEILIGE INSLUITING

Een interview met Dick Kers, site manager van de KCD. (foto Dick Kers - © Irene van Kessel)



➤ **ALFASTRALER
RADIUM-223 ZORGT BIJ
PROSTAATKANKER VOOR
PIJNBESTRIJDING EN
VERLENGING VAN LEVEN**

Het Antoni van Leeuwenhoek (AVL) biedt patiënten met in de botten uitgezaaide prostaatkanker een nieuwe palliatieve behandeling met radium-223 (merknaam Xofigo). In afwijking van bestaande therapieën met bètastralers als samarium en strontium, die voornamelijk voor pijnbestrijding zorgen, is radium-223 een alfa-emitter die naast pijnbestrijding ook zorgt voor verlenging van levensduur met goede kwaliteit. Dr. Wouter Vogel, nucleair geneeskundige bij het AVL licht de therapie toe.

Patiënten met prostaatkanker die is uitgezaaid naar de botten ervaren vaak pijn waardoor bijvoorbeeld lopen, zitten, liggen of het uitvoeren van dagelijkse bezigheden worden bemoeilijkt. In de afgelopen jaren is met dubbelblind gerandomiseerd onderzoek aangetoond dat radiumtherapie bij prostaatkanker, met uitzaaiingen in botten die niet meer gevoelig zijn voor hormoonbehandeling, kan leiden tot langere overleving met betere kwaliteit van leven. Bovendien is gebleken dat de nieuwe palliatieve behandeling ten opzichte van bestaande behandelingen weinig bijwerkingen kent. Radium heeft al een lange geschiedenis waar het gaat om medische toepassingen. Vogel: "Het is allemaal eind negentiende eeuw begonnen met Madame Curie die radium ontdekte als radioactief isotoop. Het werd pas echt interessant in de jaren twintig toen heel veel medische toepassingen van radium werden bedacht vanwege vermeende helende werking van radioactieve straling. Op die 'hype' kwam men echter later terug toen bleek dat het drinken en inademen van radium toch niet zo gezondheidsbevorderend was."

HOGЕ ENERГIEOVERDRACHT VAN ALFASTRALERS

Vervolgens is radium als medisch isotoop enigszins in de vergetelheid geraakt. Desondanks bleef het isotoop als alfastraler

bekend, en werd ontdekt dat het de eigenschap heeft om botweefsel te 'zoeken'. Het werkzame bestanddeel van radium-223 (als radium-223-dichloride), gedraagt zich namelijk zoals calcium en wordt selectief in nieuw gevormd bot opgenomen, met name in gebieden van botmetastasen waar het lichaam heel actief is met het herstel. Nu heeft het radium zijn plek gevonden in een niche binnen de zorg. Vogel: "Wij werken al tientallen jaren met radioactieve medicijnen zoals strontium en samarium, die zich opstapelen in het bot daar waar het door kanker beschadigd is en waar het lichaam het bot wil herstellen. De isotopen bestralen ter plaatse de tumor en dat geeft pijnvermindering." Het nadeel van deze bètastralers is dat door de dracht (in weefsel: 50 – 5.000 micrometer / 100 – 1.000 cellen) ook gezond weefsel waaronder het beenmerg rond de tumor wordt geraakt. Dat is voor de patiënt hinderlijk omdat na een paar behandelingen de hoeveelheid beenmerg afneemt en daarmee de weerstand van de patiënt daalt. Vogel: "De technische vooruitgang met radium is nu dat het isotoop als alfastraler veel beperkter schade aanricht aan gezond weefsel omdat de dracht van de alfadeeltjes slechts 40 tot 100 micrometer is en je dus veel lokaler zult bestralen." De hoge, lineaire energieoverdracht van alfastralers (80 keV/micrometer) leidt tot een hoge frequentie breuken in dubbelstrengs-DNA in direct naastgelegen tumorcellen. "Dat betekent dat je er veel meer van kan toedienen zonder dat het leidt tot nevenschade", licht Vogel toe.

HET VEILIGHEIDSTRAJECT

In studieverband is de radiumtherapie al ongeveer 10 jaar bekend. Het principe van toepassing is al veel langer geleden bedacht, maar Vogel legt uit dat het binnenhalen van een nieuwe techniek in een ziekenhuis niet makkelijk is. "In feite heb je twee trajecten: het validatietraject van het medicijn en het veiligheidstraject. Onze stralingsdiensten zijn bekend met gamma- en bètabestraling. De afdelingen zijn daarop ingericht en de

systemen en veiligheidsmechanismen zijn specifiek daarop aangepast. Het werken met een alfa-straler zoals radium-223 is zodanig anders dat een aanpassing van het veiligheidsregiem noodzakelijk is. Alfastralers mogen dan nuttig in de toepassing zijn, ze blijken uiterst lastig in de omgang omdat je te allen tijde moet voorkomen dat de isotoop zoek raakt of aan je handen komt. "Een alfadeeltje komt niet door de huid, maar ga je met besmette handen een boterham eten dan zou de bron naar binnen kunnen komen en wij willen honderd procent zekerheid dat dit niet kan gebeuren. Een alfastraler is moeilijk te detecteren. Als je die per ongeluk op de grond laat vallen, is hij lastig om te vinden en om op te ruimen", aldus Vogel.

DURE GENEESMIDDELEN

Een standaardbehandeling met Xofigo duurt een half jaar en daarvoor krijgt de patiënt één injectie per maand in zijn arm. De therapie is prijzig. Vogel: "Radium-223 valt onder de dure geneesmiddelen. Dat is een aparte categorie waarvoor, door de overheid, een apart financieringssysteem binnen de gezondheidszorg is opgezet." Vogel verklaart de kosten voor het medicijn door de investering die de producerende onderzoeksreactor heeft moeten doen om het middel volgens de GMP (Good Manufacturing Practice) normen te produceren. De kosten bedragen ongeveer 5.000 euro per toediening, maal zes behandelingen is 30.000 euro. Xofigo valt daarmee binnen de categorie dure medicijnen die de laatste jaren op de markt verschijnen voor zeer specifieke toepassingen of ziekten waar voorheen geen medicijnen voor bestonden. Op dit moment vindt discussie in de media plaats of er een grens moet komen voor dure behandelingen. De Raad voor de Volksgezondheid en Zorg (RVZ) heeft in een rapport gesteld dat er een grens moet komen aan de uitgaven en heeft een voorstel gedaan van een maximum van 80.000 euro per levensjaar. De politiek zal die grens rationeel moeten vaststellen. Vogel: "De toepassing van de radiumtherapie geeft



© Irene van Kessel

✘ *Dr. Wouter Vogel, nucleair geneeskundige Antoni van Leeuwenhoek*

niet alleen minder pijn en minder gebroken botten of andere botcomplicaties, maar zorgt ook voor gemiddeld ruim drie maanden extra leven met goede kwaliteit. Doordat complicaties verminderen door radium-223 zijn er ook minder bijkomende specialistische behandelingen nodig." Hij stelt daarbij dat na een diagnose van prostaatkanker met botuitzaaiingen de radiumtherapie één van de mogelijkheden is: "In het Antoni van Leeuwenhoek werken we continu aan op maat gemaakte behandelplannen die het beste uitzicht bieden voor elke individuele

patiënt. Iedereen is uniek en in de kern is geen enkele kanker gelijk. We zoeken dus altijd naar de meest geschikte therapie en dat hoeft niet per se radium-223 te zijn." Op dit moment zijn er gemiddeld twee patiënten per maand die bij het AVL voor de therapie in aanmerking komen. Vogel schat dat dit jaar honderd mensen ergens in Nederland aan het behandeltraject deelnemen. "Maar ik verwacht zeker dat dit aantal zal toenemen", aldus Vogel.

Menno Jelgersma

DE ACTINIUM-227-GENERATOR

Er zijn nu acht gelicentieerde centra en enkele bevinden zich in een opstartfase voor de toepassing van de radiumtherapie. Los van de landelijke richtlijnen voor gebruik en toepassing van radioactieve medische isotopen heeft iedereen een eigen veiligheidsdienst met aparte protocollen en een eigen financiële structuur afhankelijk van de soort instelling. De merknaam van het geneesmiddel radium-223-dichloride is Xofigo van Bayer, en heette voorheen Alfaradin. Het product is ontwikkeld door Bayer in samenwerking met Algeta ASA en wordt geproduceerd in de onderzoeksreactor van het Institution for Energy Technology (IFE) in Kjeller, Noorwegen. Hoewel radium-223 ook natuurlijk voorkomt als vervalproduct van uranium-235, wordt bij de productie van het medicijn gebruik gemaakt van een neutronenbron waarmee natuurlijk radium-226 wordt bestraald tot radium-227. Dit isotoop vervalst met een halfwaardetijd van 42 minuten naar actinium-227 dat vervalst naar thorium-227 en vervolgens radium-223. Het vervalpad heeft het voor de hand liggend gemaakt om radium-223 te 'melken' van een actinium-227-generator. In het lichaam vervalst het radium-223 tot lood-207 in zes stappen via dochternucliden met een korte halfwaardetijd. Dit gaat gepaard met een aantal alfa-, bèta- en gamma-emissies met verschillende energieën en emissiemogelijkheden. De gammastraling die vrijkomt bij het verval van radium-223 en de dochternucliden maakt het mogelijk de radioactiviteit van Xofigo te meten en contaminaties te detecteren met behulp van standaardapparatuur. **K**



ENERGIEVOORZIENING IN BELGIË ONDER DRUK NA UITVALLEN REACTOREN

Zeven reactoren zorgen in België voor 55 procent van de elektriciteitsvoorziening. Op dit moment liggen 3 reactoren stil nadat in de reactorvaten van Doel 3 en Tihange 2 haarscheurtjes (hydrogen flakes) zijn geconstateerd en Doel 4 door olieverslies schade heeft opgelopen. Met de naderende winter verschenen in de media zorgen over de stroomvoorziening en netbeheerder Elia publiceerde een kaart waarop de gemeenten staan die Elia kan afkoppelen van het elektriciteitsnet als er nood aan de man is. Wordt de soep zo heet gegeten als opgediend?

Op dinsdag 5 augustus schakelde reactor 4 van de kerncentrale Doel in België automatisch uit. De oorzaak hiervan was het verlies van 65.000 liter smeeroilie van de stoomturbine. Direct werd de toezichthouder FANC ingelicht. En volgde een analyse waaruit bleek dat het incident zich had voorgedaan bij de leeglaatafsluiter van de smeeroilietank. Het Belgische tijdschrift Knack concludeerde dat er sprake was van sabotage. De toezichthouder richt zich in het onderzoek naar de toedracht op de zestig werknemers die ten tijde van het opendraaien van de klep ter plaatse waren. Ook het Federaal Parket (openbaar ministerie) is bij het onderzoek naar de mogelijke sabotage in de kernreactor Doel 4 betrokken.

Aanvankelijk werd gedacht dat de reactor rond 18 augustus weer in gebruik kon worden genomen, maar al snel bleek de schade groter en de datum werd naar 15 september verschoven. Na het openen van het hogedruklichaam van de turbogenerator constateerde eigenaar Electrabel (onderdeel van de groep GDF-Suez) dat de

K Copyright: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat/ Harry van Reeken

schade aanzienlijk was. Doel 4 zou zeker niet beschikbaar zijn voor 31 december 2014. Aansluitend verschenen berichten in de media dat Doel 4 wellicht helemaal niet meer zou opstarten. Het laatste nieuws is echter dat de reactor al eind november, dus voor de winter, weer technisch operationeel kan zijn. Volgens de Gazet van Antwerpen en Het Nieuwsblad bevestigen bronnen dat de schade aan de turbine weliswaar enorm is, maar sneller kan worden hersteld, onder meer omdat er reservestukken voorradig zijn.

DOEL 3 EN TIHANGE 2

Daarnaast zijn de reactoren Doel 3 en Tihange 2 nog steeds buiten bedrijf lopende het tweede onderzoek naar de scheurtjes in de reactorwanden. Volgens berichtgeving van de VRT-nieuwsredactie zou uit tussentijdse testresultaten, uitgevoerd door SCK•CEN, het Studiecentrum voor Kernenergie in Mol, blijken dat de reactorvaten ernstig zouden zijn verzwakt. Als de resultaten worden bevestigd, bestaat volgens de VRT de kans dat ook deze beide reactoren nooit meer worden opgestart. Electrabel gaat ervan uit dat het niet zover zal komen. Het bedrijf bevestigt dat het de eindresultaten van de testen op Doel 3 en Tihange 2 deze herfst zal presenteren. In tegenstelling tot wat in de media is verschenen, vorderen de tests volgens Electrabel goed en is het nog veel te vroeg om reeds conclusies te trekken. "Op basis van de eerste gedeeltelijke resultaten, kan er in geen enkel geval uitgegaan worden van een definitieve sluiting", aldus Electrabel.

Een eventuele heropstart van Doel 3 en Tihange 2 vindt plaats als de onverwachte resultaten van de eerste testcampagne zijn te verklaren en de resultaten van de tweede reeks testen kunnen aantonen dat de straling geen onaantoonbare impact heeft gehad op de mechanische eigenschappen van het staal van de reactorvaten. Ook moeten de andere middellangetermijnacties die door het FANC in mei 2013 gevraagd werden, volledig zijn uitgevoerd. Electrabel zal al deze elementen in een gedetailleerd en volledig safety case report opnemen en overdragen aan de nucleaire veiligheidsautoriteit (FANC, Bel V en AIB Vinçotte). Daarnaast zal een panel van buitenlandse deskundigen zich buigen over het door Electrabel voorgelegde dossier. Bovendien heeft Electrabel het besluit genomen om de planning van de tienjaarlijkse revisie van Tihange 1 aan te passen om de reactor vóór het begin van de winter beschikbaar te laten zijn. Deze revisie zal in twee fases worden opgesplitst. De eerste fase loopt van 30 augustus tot 16 oktober. De tweede fase (6 juni 2015 tot 31 juli 2015) is hoofdzakelijk gericht op het verder uitvoeren van werken die betrekking hebben op de levensduurverlenging van Tihange 1. **K**

RADIOACTIEF AFVAL ALS SPLIJTSTOF VOOR NIEUWE GESMOLTEN- ZOUTREACTOR

Wat is afval? Volgens Dewan is het vooral een semantisch probleem. In radioactief afval of verbruikte splijtstof zit nog zo veel energie dat het de moeite waard is om eens serieus naar een nuttige toepassing te zoeken. In maart presenteerde Trans Atomic Power (TAP) een White Paper waarin het bedrijf ingaat op het ontwerp van de TAP-reactor. Dewan promoveerde op computational nuclear materials aan het Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge (VS), één van de meest prestigieuze technische universiteiten ter wereld. Daarnaast heeft ze twee MIT-bachelor degrees op het gebied van mechanical engineering en nuclear engineering. Na haar intensieve studie kondigde zich een periode van relatieve rust aan. "Na een tijd waarin ik 16 uur per dag aan studeren besteedde, kreeg ik plotseling de mogelijkheid om mij op andere dingen te richten. Ik was eraan toe om iets nieuws en opwindends te doen", aldus Dewan. Samen met medestudent en collega Mark Massie ontstond het plan om te kijken of het mogelijk was om een nieuw ontwerp reactor te bedenken én te vermarkten die niet de bestaande problemen kent die er kleven aan de meest voorkomende PWRs (pressurised water reactors) zoals de vorming van radioactief afval en de focus op veiligheidsaspecten. Dewan: "Mark en ik zijn bovendien milieubewust en weten

dat de keuze voor kernenergie de beste manier is om van fossiele brandstoffen over te schakelen naar een CO₂-emissievrije energiebron, maar dan zonder de productie van langlevend radioactief afval."

PWR ALS VERTROUWD ONTWERP

Nucleair bevindt zich op een keerpunt. Terwijl Duitsland en een paar andere andere landen zich hebben uitgesproken tegen kernenergie, bouwen China, India en Rusland in hoog tempo kerncentrales. Naar het zich laat aanzien, vindt de toekomst voor kernenergie in China plaats. Dewan: "In China zijn 14 kerncentrales operationeel. 27 zijn er in aanbouw. Er bestaan plannen voor de bouw van nog eens 51 en volgens de laatste berichten is er een voorstel voor nog eens 120 kerncentrales." Tegelijkertijd zet de ontwikkeling van nucleaire techniek mondiaal door, waarbij de focus voor een groot deel ligt op veiligheid en afvalproblematiek. In de jaren vijftig, zestig en zeventig ontstond een groot scala aan innovatieve reactorontwerpen met koelmiddelen als water, gas, natrium en lood. Er werden ontwerpen gepresenteerd die wij heden ten dage als volstrekt nieuw zouden ervaren omdat het leeuwendeel van de huidige 400 kerncentrales wereldwijd van het type PWR is. Dat de PWR zo'n succes is geworden, is vooral gelegen in het feit dat het al vrij

Ze behoort volgens *Times Magazine* tot de dertig meest belovende talenten in de VS van onder de dertig die de wereld zullen veranderen: Dr. Leslie Dewan. Ze trok met haar bedrijf Transatomic Power (TAP) onder meer de aandacht van investeerder Peter Thiel wiens investeringsmaatschappij twee miljoen dollar toezegde voor verdere ontwikkeling van de Waste-Annihilating Molten-Salt Reactor of TAP-reactor die draait op laagverrijkt uranium (1,8 procent) en radioactief afval.

© Leslie Dawn

snel een beproefd ontwerp bleek. De eerste reactoren van dit type zijn ontworpen voor onderzeeërs, die zich door hun functie altijd omgeven vonden door voldoende koelwater. In 1958 werd de eerste PWR op land voor elektriciteitsvoorziening in gebruik genomen.



WASTE ANNIHILATING MOLTEN SALT REACTOR

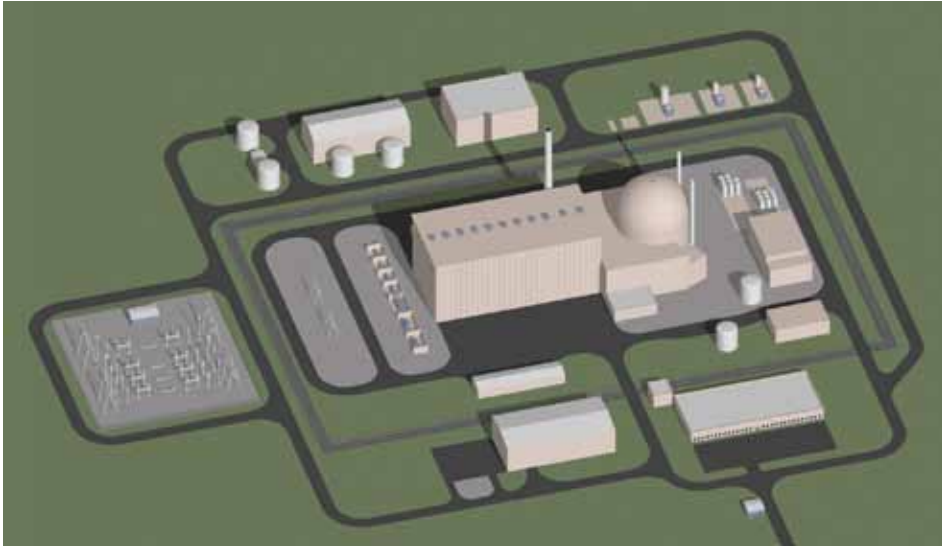
Met de ongelukken in Tsjernobyl en Harrisburg kwam er een behoorlijke dip in de ontwikkeling van de nucleaire techniek. Tegenwoordig pakt een jonge

generatie ingenieurs de draad weer op, waarbij de aandacht onder meer uitgaat naar het beperken van de hoeveelheid afval. Transatomic Power richt zich op een reactorontwerp dat inherent veilig is, draait op laag verrijkt uranium (1,8 %),

75 maal meer elektriciteit genereert per ton uranium dan een PWR, zelf nauwelijks afval produceert en bovendien de bestaande berg radioactief afval die is geproduceerd drastisch kan verminderen. "Een gemiddelde PWR produceert twintig kubieke meter afval per jaar. Wij hebben berekend dat we met al het afval dat in de loop der jaren is opgebouwd, de wereld de komende 72 jaar van energie kunnen voorzien, ook als je daar de verwachte toename van het energiegebruik in meeneemt", verklaart Dewan. De oplossing die Transatomic Power heeft bedacht is de bouw van een innovatieve gesmoltenzoutreactor: de Waste Annihilating Molten Salt Reactor. De basis van deze reactor is de Molten Salt Reactor (MSR) die in de jaren 50 en 60 van de vorige eeuw in de laboratoria van Oak Ridge is ontwikkeld en getest. In afwijking van de traditionele PWR is het splijtbaar materiaal in een MSR in vloeibaar zout opgelost dat tegelijkertijd als koelmiddel en drager van de splijtstof dient. Het originele ontwerp had grote voordelen boven een PWR: werking bij atmosferische druk, passief koelsysteem, doorlopende splijstoftoevoeging en inherente veiligheid. De reden dat de ontwikkeling destijds van de gesmolten zout reactor is gestaakt, ligt volgens Dewan in het feit dat in deze reactor geen plutonium kon worden geproduceerd dat destijds nodig was om het militaire kernarsenaal op te bouwen.

LITHIUM-FLUORIDEZOUT

Met de behoefte aan een klimaatvriendelijke energievoorziening die inherent veilig is, proliferatie-ongevoelig en bovendien in staat is om radioactief afval in energie om te zetten, lijkt Transatomic Power met de herintroductie van een geavanceerde MSR de goede weg te zijn ingeslagen. De innovatie van de TAP-reactor ten opzichte van de 'oude' MSR zit 'm onder andere in de moderator en de samenstelling van het zout. "Wij kiezen voor een lithium-fluoridezout waarin uranium en een mix van zware metalen vergelijkbaar aan nucleair afval zijn ✎



✂ Artist impression Waste Annihilating Molten Salts Reactor

opgelost. Dit zout heeft een hoger smeltpunt dan het voorheen gebruikte lithium-beryllium-fluoride. Hiermee vergroten wij weliswaar de kans op 'cold spots' in de leidingen wat de doorstroming zou kunnen beperken, maar beryllium kan bij mensen tot chronische longaandoeningen leiden en dat willen wij voorkomen. Een tweede reden om voor LiF te kiezen is dat het een hogere concentratie uranium kan bevatten. We kunnen bovendien gebruikmaken van laagverrijkt uranium tot 1,8 procent en verbruikte splijtstof." Dewan wijst hierbij op de 'verspilling' van uranium in bestaande kerncentrales. "Na vier jaar gaat een brandstofstaaf uit de reactor wanneer de cladding of bekleding door de straling is verbrost. Dit gebeurt op een moment dat 3 procent van het bruikbare uranium is verspleten. Dat betekent dat zich nog 97 procent van de potentiële energie in de verwijderde staaf bevindt", licht Dewan toe. In analogie stelt zij zich een stapel sandwiches voor waar je maar één klein hapje uitneemt en de boterhammen daarna als afval weer op een stapel legt. "In een MSR is de brandstof niet 'bekleed'. Omdat het claddingprobleem van de splijtstof er niet is, kun je optimaal gebruik maken van het splijtbare materiaal omdat het jaren achtereen in de reactor kan blijven", aldus Dewan. De minimale hoeveelheid afval die toch nog wordt geproduceerd, wordt in gasvorm afgevangen.

ZIRCONIUMHYDRIDE MODERATOR

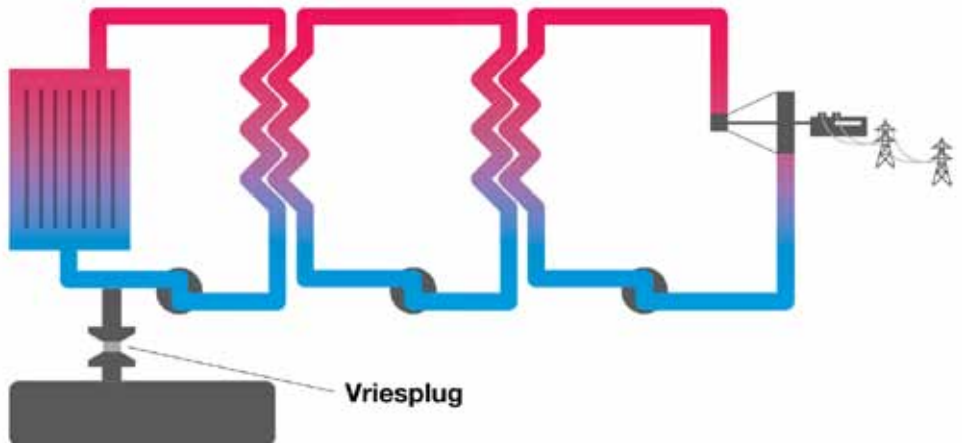
De tweede grote innovatie is de toepassing van zirconiumhydride moderator. Dewan: "Zirkonium is een metaal met een lage absorptie van neutronen en is slechts beperkt gevoelig voor radioactieve straling. Waterstof is daarnaast een zeer effectieve moderator." Eerdere ontwerpen van MSRs waren voorzien van een grafiet moderator. Het probleem van grafiet was het over een langere periode zwellen en krimpen door de straling. Dit had niet alleen gevolgen voor de mechanische integriteit maar ook voor het bedrijven van de reactor omdat daardoor de moderatie en bijgevolg de splijting van kernmateriaal wijzigde. Bovendien nam het grafiet in de Oak Ridge reactor 80 tot 90

procent van de ruimte in de reactor kern is, wat het noodzakelijk maakte het uranium tot 33 procent te verrijken. Dat was destijds acceptabel, maar tegenwoordig met internationale afspraken over het gebruik van proliferatieongevoelig laagverrijkt uranium niet meer. "Door aanpassingen in de geometrie van de kern in combinatie met de nieuwe zoutformule en innovatieve moderator zijn we in staat het gehalte verrijkt uranium te laten zakken van 33 naar 1,8 procent en verbruik mogelijk te maken van spent fuel", aldus Dewan. Ook ziet Dewan mogelijkheden om in de TAP-reactor actiniden te splijten. In de White Paper beschrijft ze hoe de compacte Tap-reactor in de twee zones is ingedeeld waarbij 50 procent van het volume gemodereerd is en waar zowel laagverrijkt uranium en actiniden kunnen worden verspleten en 50 procent zonder moderatie waar het neutronenspectrum voornamelijk epi-thermisch is en waar uranium-238 door invangst van een neutron splijtbaar wordt.

DE VRIESPLUG

Met de moderator in de kern wordt neutronenflux zodanig dat het splijtingsproces doorgang kan vinden. Het waterstof dat onder normale bedrijfstemperatuur ontsnapt levert geen probleem op en wordt opgevangen. In het geval dat door een onverwacht proces waardoor bijvoorbeeld de temperatuur zou

Schematische weergave van de reactor met vriesplug



stijgen toch veel meer waterstof de kern verlaat, zal de zirconiumhydride moderator minder effectief worden en de reactiviteit in de kern afnemen. Ook in dit geval wordt het waterstof zonder problemen afgevangen. Volgens TAP geldt hier hetzelfde principe zoals bij TRIGA-reactoren die gebruik maken van uraniumwaterstof en biedt de TAP-reactor een extra veiligheidsmechanisme boven de vriesplug. Deze 'freeze valve' is de basis van het inherent veilig bedrijven van een MSR waar de beveiliging berust op een vriesprop van gestold zout (de zouten stollen bij ongeveer 450 graden). Dat gebeurt elektrisch dus als de stroom wegvalt wordt de prop vloeibaar en stroomt het zout uit de kern in een opvangbak waarna de kernsplijting door afwezigheid van de moderator stopt. Na herstel

van de stroomvoorziening kan het zout inclusief splijtbaar materiaal weer worden teruggepompt in de reactor, en kan de reactor na het vriezen van de plug weer opgestart worden.

KERAMISCHE FIBERCOMPOSITEN

Voor de 2 miljoen dollar die investeerder Peter Thiel heeft toegezegd heeft Dewan al een bestemming. Dewan: "We willen het geld onder meer besteden aan laboratoriumonderzoek naar corrosie-effecten op het primaire systeem en het 'life time effect' op keramische fibercompositen die we willen toepassen." Corrosie is één van de problemen die zich bij een gesmoltenzoutreactor kan voordoen door het agressieve milieu. Er wordt vanuit gegaan dat gemodificeerde

Hastelloymetaallegeringen zullen voldoen. Maar de toekomst ligt open voor de toepassing van keramische materialen. Zeer recentelijk ontving Dewan bericht dat voor de TAP-reactor geschikte keramische materialen beschikbaar komen. Een vast tijdschema voor de eerste bouw van een testreactor is er nog niet. Dewan: "Ik ben voorzichtig met het geven van een planning, niet in de laatste plaats omdat we voor de bouw afhankelijk zijn van de toezichhouder en het vergunningentraject. Het uitwerken van het ontwerp en uitvoeren van experimenten zullen in de komende 2,5 jaar plaatsvinden, dus is het denkbaar en technisch haalbaar om met de bouw van een eerste demonstratiemodel over 2,5 jaar te beginnen." **K**

Menno Jelgersma



K Foto NRG

rol in de energiesector. Met de door NRG geleverde industriële isotopen kan de industrie materialen inspecteren en verborgen gebreken zichtbaar maken. Deze controles worden toegepast op bijvoorbeeld lassen van drukpijpleidingen, drukvaten, hoge opslagcapaciteit containers, pijpleidingen en diverse structurele lassen. Zo worden bijvoorbeeld lassen van leidingen voor het transport van olie en gas met de isotopen gecontroleerd op mogelijke zwakke plekken. Zonder deze kwaliteitscontroles kan deze sector geen energie leveren en hebben gebruikers uiteindelijk geen stroom of brandstof.

NRG produceert isotopen voor de industriële sector en de medische sector en neemt hiermee een belangrijke positie in op de wereldmarkt. In Europa is NRG marktleider in de productie van medische isotopen. Dagelijks worden 24.000 patiënten geholpen met medische isotopen uit de Hoge Flux Reactor. **K**

NRG LEVERT CRUCIALE ISOTOPEN VOOR ENERGIESECTOR

NRG zal de komende jaren aan het Amerikaanse bedrijf QSA Global Inc. isotopen leveren die onmisbaar zijn voor de veiligheid en onderhoud van de infrastructuur binnen de olie- en gasindustrie. Recentelijk is het meerjarencontract tussen beide partijen afgesloten.

QSA Global Inc. (onderdeel van ITVV, Fortune 200) is een wereldwijde topspeler die producten en diensten

levert om kwaliteitscontroles uit te kunnen voeren door middel van niet-destructief onderzoek. Isotopen spelen een cruciale





INBEELD

In juni is gestart met de laswerkzaamheden aan de eerste lus van het primaire circuit in het reactorgebouw van de Franse European Pressurized Reactor (EPR) die momenteel wordt gebouwd in Flamanville, Normandië. De high-tech werkzaamheden worden uitgevoerd met behulp van een automatische lastoestel.

Pierre-Franck Chevet, hoofd van de Franse nucleaire veiligheidsautoriteit (ASN) plaatste onlangs in een interview in Paris een kanttekening bij het doel dat EDF zich heeft gesteld om de EPR in 2016 operationeel te krijgen: "Alles wordt in het werk gezet om aan het industriële schema te voldoen. Ik weet niet of zij het halen, maar dat is waar zij zich aan hebben verbonden." **K**

© EDF - Alexis Morin



HET DODELIJKE GEVAAR VAN FUKUSHIMA WAS NIET DE STRALING

Hoe kan een industrieel ongeval als Fukushima, dat tot tien keer per jaar voorkomt, uitmonden in een ramp met meer dan 1.000 doden onder de geëvacueerden? Volgens Malcolm Grimston, Associate Fellow, Chatman House, is de obsessie met het verminderen van stralingsdoses de grote boosdoener en niet de straling zelf. In een editorial voor WNN vraagt hij aandacht voor de gevolgen van overijverige stralingsbescherming.

"Net als indertijd bij het ongeluk bij Three Miles Island waren er bij Fukushima geen stralingsdoden te betreuren. Zelfs bij Tsjernobyl was het aantoonbaar aantal doden klein vergeleken bij de duizenden doden van andere industriële rampen zoals de giframp van Bhopal in India en de doorbraak van de Chinese Banquiao-dam." "De relatie tussen het publiek en straling is complex. In gebieden met een hoge radon-belasting is er bijvoorbeeld geen sprake van meer angst onder de bevolking. De voorbeelden van lekkage van radioactieve stoffen bij medisch handelen leiden niet tot een vorm van stralingsfobie. Er is dus duidelijk iets aan

de hand met de wijze waarop er wordt gecommuniceerd over straling van civiele nucleaire activiteiten. Het triggert angsten die er in de andere contexten niet zijn."

"Er zijn 100.000 mensen geëvacueerd uit een gebied met een straal van 20 kilometer rondom de kerncentrale Fukushima Daiichi die, op een paar honderd na, na drie jaar nog steeds niet terug mogen naar hun woningen. Dat veroorzaakt onnoemelijke ellende. In een groot deel van de geëvacueerde zone zijn de totale stralingsniveaus niet hoger dan 5 mSv per jaar, waarvan 1 mSv door fall-out."

"In Ramsar in Iran (gemiddeld 130 mSv

per jaar) en op bepaalde plekken op het strand van Guarapari in Brazilië (tot wel 350 mSv per jaar) is sprake van veel hogere stralingsdoses. Deze gebieden zijn nooit geëvacueerd. Zelfs op het Japanse eiland Kyushu is de dosis natuurlijke straling hoger dan het stralingsniveau in delen van de evacuatiezone."

"Wat kan een geïnformeerd lid van het Japanse publiek hieruit concluderen?

Er zijn drie potentiële verklaringen:

1. De autoriteiten zijn knettergek geworden (of buitengewoon onverschillig) om zoveel mensenlevens te verwoesten en zulke hoge kosten te maken zonder aantoonbare redenen.
2. De autoriteiten liegen simpelweg over de hoogte van de stralingsniveaus in het verboden gebied.
3. Straling veroorzaakt door menselijk handelen is significant gevaarlijker dan 'dezelfde hoeveelheid' natuurlijke straling, dus vergelijking is zinloos."

"Er is een aantoonbare, gevaarlijke en bijna onzichtbare mythe dat men 'het zekere voor het onzekere moet nemen' als het gaat om stralingsbescherming. Maar elke actie die niet is gerechtvaardigd op basis van gezondheidsredenen, zoals bijvoorbeeld het sluiten van gebieden waar je veiliger kunt leven dan het door luchtvervuiling geteisterde Londen en Tokyo, doet meer kwaad dan goed."

Het overijverig streven naar de laagste stralingsdoses is de kern van het probleem. De preoccupatie met het verlagen van doses is daarmee ver verwijderd van het minimaliseren van het menselijk leed. "Misschien is de kernvraag niet hoe we mensen moeten beschermen tegen straling, maar hoe beschermen we mensen tegen de effecten van stralingsbescherming?" **K**

Bron: WNN, Malcolm Grimston

KERNENERGIE ONMISBAAR VOOR RUIMTEVAART

In de ruimtevaart is het noodzakelijk te kunnen beschikken over elektriciteitsbronnen met een laag gewicht en volume, die desalniettemin in staat zijn over lange tijd energie te leveren. Deze elektriciteit is nodig voor voeding van instrumenten, communicatie en besturing. Een nucleaire batterij voorziet in de mogelijkheid van de energievoorziening. Veelgebruikt is plutonium-238, maar de levering daarvan staat onder druk. Onderzoek vindt nu plaats naar de toepassing van americium-241.

Bij missies die niet te ver van de zon gaan, kan gebruik worden gemaakt van zonnepanelen, maar voor reizen naar buitenplaneten (saturnus, jupiter, pluto) en helemaal voor interstellaire reizen is door de grote afstand de zonnestraling onvoldoende. De enige mogelijkheid voor de energievoorziening is dan een nucleaire batterij. Deze bestaat uit een radioactieve isotoop, waarvan het verval warmte produceert die met zogenoemde thermokoppels direct in elektriciteit wordt omgezet. Dergelijke systemen worden aangeduid als RTG (Radioisotope Thermoelectric Generator).

Een veel gebruikte isotoop is plutonium-238 (Pu-238) waarvan de stralingseigenschappen zeer geschikt zijn voor deze toepassing. De halveringstijd bedraagt 88 jaar, zodat de generator zeer lang blijft werken, en bij het verval komen hoofdzakelijk alphadeeltjes vrij waardoor afscherming zeer eenvoudig is. De energievoorraad in Pu-238 is aanzienlijk: een kilogram (een bolletje

van nog geen 5 cm diameter) produceert bij volledig verval evenveel warmte als verbranding van 68.000 liter benzine! Een standaard energiebron in de ruimtevaart is de GPHS-RTG (General Purpose Heat Source RTG) die met 7,8 kg Pu-238 een warmteproductie heeft van 4.400 Watt die wordt omgezet in 300 W elektriciteit. Waar komt dat Pu-238 vandaan? In kernreactoren wordt een mengsel van plutoniumisotopen geproduceerd, dat voor ongeveer 2 procent uit Pu-238 bestaat. Omdat het mengsel bestaat uit de isotopen 238 tot en met 242 moet het Pu-238 via massascheiding worden verkregen, wat door de lage concentratie, de kleine massaverschillen en de radioactiviteit niet eenvoudig en dus kostbaar is. Bovendien doet zich het probleem voor, dat de VS in 1988 met de productie zijn gestopt en Rusland niet meer levert; recente berichten spreken van een herstart in de VS, maar dit kan geruime tijd in beslag nemen. Er wordt nu onderzoek gedaan naar een interessante nieuwe mogelijkheid: gebruik

van americium-241 (Am-241). Deze isotoop is een vervalproduct van Pu-241 dat met een halveringstijd van 14 jaar overgaat in Am-241. Het plutoniummengsel uit kernreactoren bestaat voor 10-14 procent uit Pu-241 en is dus als men het laat vervallen een bron van grote hoeveelheden Am-241, dat er chemisch uit kan worden afgescheiden wat minder moeilijk is dan de isotopenscheiding die vereist is voor Pu-238. Als men reactorplutonium niet recycleert in reactoren (zoals in Frankrijk gebeurt maar bijvoorbeeld niet in Engeland) neemt de concentratie Am-241 daarin toe, wat op den duur hergebruik steeds moeilijker maakt vanwege de hoge activiteit van het americium.

Americium heeft ook nadelen voor toepassing in RTGs: terwijl Pu-238 nauwelijks of geen afscherming behoeft, moet americium worden afgeschermd met zo'n 18 millimeter lood. Bovendien is door de langere halveringstijd (453 jaar) de warmteproductie per kg een factor vijf lager dan van Pu-238. Die langere halveringstijd is in verband met de duur van ruimtemissies niet nodig en maakt dat voor een zelfde energieproductie vijf maal zoveel massa nodig is.

De European Space Agency (ESA) heeft een contract afgesloten met het Engelse National Nuclear Laboratory (NNL) om het gebruik van americium in de ruimtevaart nader te onderzoeken. Het kan een nieuwe weg openen voor een nuttige toepassing van radioactief 'afval'. Tenslotte: misschien heeft u wel Am-241 in huis, al zal het niet veel zijn: in rookdetectoren zit 0,3 microgram (miljoenste gram) van die isotoop. **K**

Hugo van Dam

Voor nadere informatie:

<http://en.wikipedia.org/wiki/GPHS-RTG>
<http://www.world-nuclear-news.org>



➤ 'RADIOACTIEVE' EVERZWIJNEN

VRAAG & ANTWOORD

In elke Kernvisie Magazine beantwoordt een panel van experts lezersvragen. Heeft u misschien zelf ook een vraag voor de rubriek? U kunt deze direct stellen aan de Stichting Kernvisie via: info@kernvisie.com

VRAAG: In de krant heb ik gelezen dat door jagers geschoten wilde zwijnen in Beieren (Duitsland) vanwege Tsjernobyl te radioactief zijn voor consumptie. Kan dit nog wel na zo'n lange tijd en hoe lang duurt het dan nog, voordat je wilde dieren wel veilig kunt eten? En hoe zit het met de wilde zwijnen uit Oekraïne en Polen, dat toch dichterbij ligt; kun je deze dan wel veilig consumeren?

ANTWOORD: "Gedurende de brand met reactor 3 in Tsjernobyl, van 26 april tot 6 mei 1986, zijn er enorme hoeveelheden radioactieve stoffen in de atmosfeer gekomen. De hevigheid van de

brand heeft die stoffen omhoog gestuwd en de wind heeft ze over Europa gevoerd. Door neerslag is een deel van de radioactiviteit weer op de grond terecht gekomen. Dit heeft tot een grillig depositiepatroon geleid met soms regionaal al grote verschillen.

Het betreft hier met name de radioisotopen jodium-131 (I-131), cesium-134 en cesium-137 (Cs-134 en Cs-137). Vanwege de korte halveringstijd van 8 dagen is voor I-131 de aanwezigheid in het milieu beperkt tot enkele weken tot maanden. Cs-134 is door de halveringstijd van 2 jaar tegenwoordig ook geen probleem meer. Een belangrijke conclusie van Tsjernobyl met betrekking tot het gedrag van cesium is dat na enige tijd de hoeveelheid min of meer afneemt met de fysische halveringstijd. Met andere woorden: biologische of ecologische verwijdering uit de bovenste lagen van de bodem vindt niet of nauwelijks meer plaats. Cesium heeft zich dus een plaatsje in de voedselketen 'verworven'. Met een halveringstijd van 30 jaar betekent dat, dat we al gauw 100 jaar met niet gewenste

hoeveelheden Cs-137 in sommige producten opgescheept zitten. De concentraties zijn na 100 jaar ongeveer tien keer lager dan nu.

De chemische eigenschappen van cesium zijn vergelijkbaar met natrium en kalium en zo kunnen bijvoorbeeld de vruchtbeginsels van planten veel cesium ophopen. Daarom vinden we hoge waarden in stuifmeel, noten en bessen. Ook paddenstoelen staan er om bekend dat ze goed cesium kunnen accumuleren. Wilde zwijnen hebben relatief hoge cesiumwaarden vanwege hun voorkeur om in de grond te wroeten op zoek naar voedsel, waaronder de al genoemde paddenstoelen. Er is een wild zwijn gevonden met een Cs-137 activiteitsconcentratie van maar liefst 9800 Bq/kg. Dit is overigens net iets minder dan de vrijstellingsgrens van Cs-137 voor activiteitsconcentratie van 10 Bq/g (= 10 000 Bq/kg). Voor dit wilde zwijn heeft de jager dus, naast zijn jachtvergunning, geen vergunning op basis van de kernenergiewet nodig (als die op radioactiviteit in wild van toepassing zou zijn).

In een EU-richtlijn zijn de maximaal toegestane waarden voor radioactieve stoffen ten tijde van een nucleair incident vastgesteld en voor Cs-137 in vast voedsel bedraagt die waarde 1250 Bq/kg. In Duitsland (maar mogelijk ook in andere landen) ligt de grenswaarde voor Cs-137 in voedingsmiddelen op 600 Bq/kg. Dat zou kunnen verklaren waarom er in bijv. Polen, de Baltische staten en in Oostenrijk de 'besmette zwijnen' een minder groot probleem zijn. Omdat de jagers het met cesium verontreinigde vlees niet kwijt kunnen, heeft de Duitse overheid al meer dan een half miljoen euro uitgekeerd om hen te compenseren.

Hoe gevaarlijk is nu het eten van Duitse wilde zwijnen? Als men op jaarbasis 10x een stuk wild (zwijn) van ca. 500 gram met 1000 Bq/kg eet, geeft dat een inname van 5 kBq. Dat komt grofweg overeen met een effectieve volgdosis van 60 – 70 microSv/jaar. Dit is minder dan een enkeltje Amsterdam – Los Angeles met het vliegtuig, waarbij een passagier in de hoge luchtlagen een dosis oploopt van ca. 80 microSv.

Inventarisaties in diverse Europese landen laten zien dat de activiteitsconcentraties van Cs-137 in wild variëren van 1 tot enkele honderden Bq/kg. Dus onder de grenswaarde van 600 Bq/kg, op enkele uitschieters na. Vermoedelijk omdat de paddenstoelentijd en het jachtseizoen min of meer samenvallen, 'pop't' het verhaal van de met Cs-137 besmette wilde zwijnen met enige regelmaat op. Het is dan ook niet het probleem dat nieuw is, maar eerder de meetwaarden, die laten zien dat diverse Europese landen 28 jaar na dato nog steeds met de 'verdeelde boedel' van de Tsjernobyl-erfenis in hun maag (kunnen) zitten. **K**

Folkert Draaisma

COLUMN



BORSSELE 2.2

Deze maand was het weer zover: er werd een kernenergie-ballonnetje opgelaten in het Nederlandse politieke landschap. Nu was het CDA-fractievoorzitter Buma in het kader van de discussie over de afhankelijkheid van Russisch aardgas: "Dus wat mij betreft moeten we durven praten over kernenergie en

bijvoorbeeld het vernieuwen van de reactor in Borssele."

Goed idee! We pakken Borssele-2 gewoon weer op. Misschien niet meer alleen met Europese elektriciteitsbedrijven, die hebben het nog steeds zwaar met het heersende 'renewable-gaat-voor' beleid en de diverse nationale belastingheffingen op kernenergie. Maar deelname van buiten Europa is steeds meer een optie geworden. Chinese bedrijven als CGN en CNNC staan te dringen om te participeren in Engelse nucleaire nieuwbouwprojecten. Ook de Koreanen o.l.v. KEPCO maken goede vorderingen met hun nieuwe kerncentrale in de Verenigde Arabische Emiraten. Waarom zouden die niet ook in Nederland kunnen participeren? In tegenstelling tot vroegere politieke pleitbezorgers van kernenergie gaat het Buma dus niet om een lange-termijn optie uit voorradenbeleid, 'voor als het gas op is', maar om een bijdrage op een veel kortere termijn. Dat gaan we doen met de nucleaire technologie die nu beschikbaar is.

We gaan dus niet wachten op de volgende generatie kerncentrales, die belooft revolutionair veiliger, zuiniger of goedkoper te zijn. Daar wordt wereldwijd al decennialang aan gewerkt, maar zonder enige sense of urgency. Alleen in landen met een groot nucleair nieuwbouwprogramma zoals Rusland en China worden enkele prototypes gebouwd, maar ook daar is niet echt haast mee. In gebieden met een geliberaliseerde energiemarkt, zoals ons deel van de wereld, dient het nucleaire onderzoek vooral de instandhouding van nucleaire competentie; het heeft niet meer de bedoeling om daadwerkelijk tot nieuwbouw te komen. Laten we dus de suggestie van Buma snel oppakken, met dien verstande dat Borssele-1 natuurlijk niet dicht hoeft als Borssele-2 in bedrijf komt, maar eveneens kan helpen de afhankelijkheid van het Russisch gas te verminderen. **K**

Aliki van Heek

A close-up portrait of a middle-aged man with short, graying hair and a mustache, looking directly at the camera with a slight smile. He is wearing a dark blue collared shirt. The background is a plain, light gray wall.

➤ DE KERNCENTRALE DODEWAARD NA ACHT JAAR VEILIGE INSLUITING

Vanuit zijn kantoor in Andelst heeft Dick Kers, site manager van de Kernenergiecentrale Dodewaard ruim zicht op het terrein van de KCD. "Ik kan, net als de firma die de beveiliging van het terrein en de Veilige Insluiting uitvoert, alle camera's bedienen die ik wil en zo de situatie in ogenschouw nemen." De bewaking is onderdeel van de Veilige Insluiting van de KCD die is ingesteld voor een periode van veertig jaar. Een vijfde van die tijd zit er inmiddels op.

Kers is één van de drie mensen die nog voor de KCD werkzaam zijn. Zijn fascinatie voor de kerncentrale stamt nog uit zijn lagere schoolperiode. "Ik had een bevlogen bovenmeester die vertelde over Dodewaard. De man was zijn tijd ver vooruit. Ik werd meteen gegrepen door de techniek van kernsplijting. Tijdens een herfstvakantie ben ik met mijn ouders over de A15, die toen net gereed was, door de Betuwe richting Dodewaard gereden om bij de KCD te kijken. Ik vond het geweldig." Via een HTS-laboratoriumstage maakte Kers voor het eerst kennis met het échte werk en toen er na zijn HTS en militaire dienst een vacature vrij kwam, startte hij als labchef chemie. "Het was een baan met het oog op de toekomst met het idee van een groeiend aantal kerncentrales", aldus Kers. Een geweldige tijd heeft Kers gehad in Dodewaard tot de stillegging. "Het was soms keihard werken. Ik ben tijdens de periode van het GKN Upgrade Project in een jaar zeven keer naar de VS gegaan en wist uiteindelijk niet eens meer waar ik me bevond, het thuisfront ook niet", zegt Kers gekscherend over zijn flitsende baan waar eigenlijk plotseling een einde aan kwam. Na bijna drie decennia succesvolle bedrijfsvoering moest de KCD op 26 maart 1997 dicht. Kers: "Dat was een zeer emotioneel moment voor al het personeel dat voor de gelegenheid in de regelzaal van de centrale bijeen was gekomen."

ONVOLDOENDE GELD VOOR DIRECTE ONTMANTELING

Het stilleggen van de centrale was niet het gevolg van het bereikte einde van de technische levensduur, maar een consequentie van een geliberaliseerde elektriciteitsmarkt waarin volgens Kers geen plaats meer was voor een installatie van krap 60 MWe. Kers: "De centrale draaide nog maar 28 jaar en op het moment van de aangekondigde sluiting waren we bezig met een gigantische upgrade." Het mocht allemaal niet baten. De KCD moest dicht. Direct na de sluiting werd gestart met de

aanvraag om een Kernenergiewetvergunning voor een periode van Veilige Insluiting. Het besluit hiertoe was gebaseerd op een rapport uit 1994 waarin de kosten van de ontmanteling van de KCD en de kerncentrale Borssele waren berekend. Hieruit volgde dat het vanuit stralingstechnische overwegingen interessant zou zijn om de ontmanteling uit te stellen doordat het radioactief afval na een wachttijd van veertig jaar eenvoudiger zou zijn te verwerken. Kers: "Bovendien ontbrak het geld om direct tot ontmanteling over te gaan. In de jaren tachtig was besloten om kerncentrales de verplichting mee te geven geld voor latere ontmanteling te reserveren. Met het voortijdig sluiten van de KCD was de benodigde hoeveelheid geld nog niet in kas." Besloten werd om de ongeveer 40 miljoen die wel beschikbaar was, voor langere tijd tegen 4 procent rente weg te zetten.

VOORTSCHRIJDEND INZICHT LEIDT TOT KOSTENREDUCTIE

De laatste berekening van de benodigde ontmantelingsgelden bedraagt 180,3 miljoen euro, maar dit bedrag staat alweer ter discussie. De kostenanalyse was gebaseerd op een Technical Requisition File (TRF), die was opgesteld door VROM/EZ, COVRA, het Duitse ingenieursbureau NIS en eigenaar/exploitant NV Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland (GKN). De totstandkoming van de kostenbegroting was onder meer gebaseerd op uitgangspunten voor lonen, afvalverpakkingen, vrijgavegrenzen, decontaminatie- en vrijmeettechnieken en berekeningsprogrammatuur. Maar in de loop der tijd verandert er veel. Wereldwijd zijn er volgens Kers ontwikkelingen in de techniek die een kostenverlaging mogelijk maken. "We weten nu dat grote winst valt te behalen bij nieuwe verpakkingsmethoden. In Zweden, Groot-Brittannië, Frankrijk en Duitsland vindt steeds vaker opslag van grote radioactieve elementen zoals bijvoorbeeld een reactorvat in één stuk plaats", verklaart Kers. Hij legt uit dat door de componenten

in één keer te verwijderen het metaal na een aantal jaren als vrijgegeven materiaal voor hergebruik in aanmerking komt. "Vaak zijn dit soort onderdelen zoals koelers en stoomgeneratoren relatief hoog besmet of geactiveerd, maar ze bevatten veel recyclebaar materiaal." Naast het metaal komt ook de verwerking van beton van het biologische schild rond het reactorvat voor een dergelijke aanpak in aanmerking. Alleen de kiezels in het beton bevatten de radioactieve isotopen europium-152 en -154 (HWT respectievelijk 13, 5 en 8,5 jaar). Kers: "De wet schrijft nu voor dat het geactiveerde beton moet worden vergruisd, de geactiveerde kiezels en wapeningsstaal gescheiden van het cement en aansluitend gecementeerd in vaten van tweehonderd liter. Dit is vanzelfsprekend niet erg kosteneffectief." Het verwerken van grote onderdelen vermindert de kosten door menskracht en opslag en levert ook nog een dosisreductie op voor het personeel dat de eindontmanteling uitvoert. Wat Kers betreft mag de Nederlandse regelgeving op dit gebied op de schop. "We moeten conform regelgeving alle afval opbergen. Dat is onnodig en onwenselijk. Er zijn nu al vaten bij Covra waarin ik begin jaren 80 afval heb gedaan en waarvan de inhoud veilig zou zijn voor hergebruik. Zonde van de energie en het materiaal om het af te danken." Kers predikt niet alleen voor eigen parochie. "Onze collega's met cyclotrons zien zich met dezelfde problematiek geconfronteerd. Waarom zouden zij stukken staal die zijn geactiveerd moeten inpakken en opbergen? Laat ze maar 'afkoelen' en voor hergebruik in aanmerking komen."

KOSTENVERHOOGING DOOR HOGERE PREMIES EN AANGEPASSING BIJDAGENBESLUIT

Daarnaast zijn er ook kostenverhogende ontwikkelingen. Zo is de verzekeringspremie aangepast na de reactorongevallen in Fukushima. "En dat terwijl de premie eerder juist was verlaagd omdat de status van de KCD door de IAEA was aangepast", ✎

aldus Kers. De overheid zorgt daarnaast ook voor een aanzienlijke kostenverhoging met de aanpassing van het Bijdragebesluit Kernenergiewet. Dit leidt voor de GKN tot een exorbitante stijging van de jaarlijkse bijdrage met maar liefst driehonderd procent. Kers: "Tenslotte nemen de kosten voor opslag van radioactief afval jaarlijks toe." Daar is op dit moment niets aan te doen. De vrije markt ontbreekt omdat de COVRA monopolist is en de tarieven vaststelt. Met de KCD in het achterhoofd kijkt hij met enige jaloezie naar Zwischenlager Nord in Duitsland die over een eigen Abklinganlage beschikt waar grote componenten de tijd krijgen om van hun radioactiviteit af te raken. "Zo iets zouden wij hier ook moeten hebben", aldus Kers. Duitsland is voor hem een soort proeftuin waarin de verschillende soorten van aanpak van ontmanteling aan de orde zijn en waar veel valt te leren. "Je ziet dat afhankelijk van de politieke geaardheid van een deelstaat een kerncentrale direct in ontmanteling gaat of, in Veilige Insluiting. Toelichting: Een Safe store is alleen in USA toegepast. Bij een directe ontmanteling ben je in vijf jaar feitelijke ontmanteling klaar, bij andere opties kán het plotseling wel sneller gaan, maar ook vertragen als bijvoorbeeld de

kosten stijgen", licht Kers toe. Het is wachten op verandering van beleid en de aanpak van het Nederlandse vergunningenbeleid. De eigenaar die tot directe ontmanteling van een kerncentrale overgaat, moet eerst een berg aan vergunningen regelen waaronder: Kew, Wvo, bouwvergunning, sloopvergunning, MER, dik document naar Euratom, beveiligings- en bewakingsplan, etc. Kers: "En als er maar één vergunning bij de Raad van State strandt, staakt het hele traject." Dat stranden is dan het gevolg van bezwaren die door tegenstanders van kernenergie worden aangevoerd, om het proces van ontmanteling te traineren. Niet zozeer om de veiligheid te waarborgen maar om alles wat met kerntechniek te maken heeft te dwarsbomen.

VISSEN IS OOK VAST LEUK

Kers heeft overigens helemaal geen problemen met het toezicht dat nog steeds plaatsvindt. "Ik vind dat eigenlijk wel fijn. De onderlinge relatie met de Toezichthoudende Instanties en de lokale overheid is prima en er valt altijd wel wat te verbeteren." Zo kwam er bij de laatste brandweeroefening aan het licht dat er stickers op de deuren van het laboratorium ontbraken om in geval van

brand de brandweerlieden erop te wijzen dat water niet als blusmiddel mag worden gebruikt. "Even een paar stickers aangeschaft en we zijn weer helemaal up-to-date." Ook de IAEA en Euratom komen nog periodiek langs voor inspectie. Kers neemt ook deel in een IAEA-werkgroep voor het beschrijven van ervaringen rond Veilige Insluitingen. Daarnaast zit hij in een Duitse werkgroep waarin de kernenergiecentrales die al ontmanteld worden of in Veilige Insluiting zijn zich hebben verenigd. De wet verplicht de KCD elke vijf jaar met een, aangepast, ontmantelingsplan te komen. Met het voortschrijdend inzicht en verbeterde technieken is er ruimte voor een aanzienlijke aanpassing. Kers: "Aan het einde van dit jaar ligt er een nieuw plan van aanpak. Voor komend jaar staat een nieuwe TRF op de rol en begin 2016 zullen we het nieuwe ontmantelingsplan presenteren." Kers kan volgend jaar met pensioen: "Ik moet er niet aan denken. Mijn werk is nog veel te leuk. Ik heb contacten met collega's in binnen- en buitenland en het werk is hier nog niet gereed. Vissen is ook vast leuk hoor, maar als je dat elke dag moet doen, is de lol er snel af." **K**

Menno Jelgersma





FORATOM: LEVERINGSZEKERHEID ENERGIE IN EU IS GEBAAKT BIJ KERNENERGIE

De leveringszekerheid van energie is gebaat bij een brede mix in het aanbod. Hoe breder de mix, hoe minder kwetsbaar je bent bij schokken in het aanbod. Voor de energieleveringszekerheid is het belangrijk te investeren in kernenergie.



14 van de 28 EU-lidstaten maken gebruik van kernenergie waarmee bijna 30 procent van de elektriciteit in de EU wordt opgewekt. In tegenstelling tot de import van fossiele brandstoffen, bevinden zich de leveranciers van uranium voornamelijk in geopolitiek stabiele landen zoals Australië en Canada.

Kernenergie draagt substantieel bij aan vermindering van de import van fossiele brandstoffen. Kerncentrales opereren gemiddeld op een niveau van 80 procent tot 90 procent van hun maximale vermogen, waarmee kernenergie een betrouwbare factor vormt van de base load. Een extra voordeel van kernenergie is dat de hoeveelheid uranium die nodig is voor het produceren van elektriciteit vergeleken met fossiele brandstoffen extreem klein is. Je kunt eenvoudig splijtstoffen voor jaren gebruik opslaan, wat met fossiele brandstoffen natuurlijk veel moeilijker is.

EUROPA'S EXTERNE ENERGIEAFHANKELIJKHEID

In 2011 was Europa voor 54 procent van zijn energiegebruik afhankelijk van import. Voor olie was dat 85 procent, voor gas 67 procent, voor vaste brandstoffen 41 procent en voor uranium zelfs 95 procent. Per land verschillen die cijfers. Een groot deel van de import kwam uit geopolitiek instabiele regio's, waarbij opvalt dat de Russische Federatie daarbij een overheersende rol speelt. Zelfs als er meer elektriciteit lokaal opgewekt kan worden, is de verwachting dat de import licht zal blijven stijgen.

KERNENERGIE EN LEVERINGSZEKERHEID

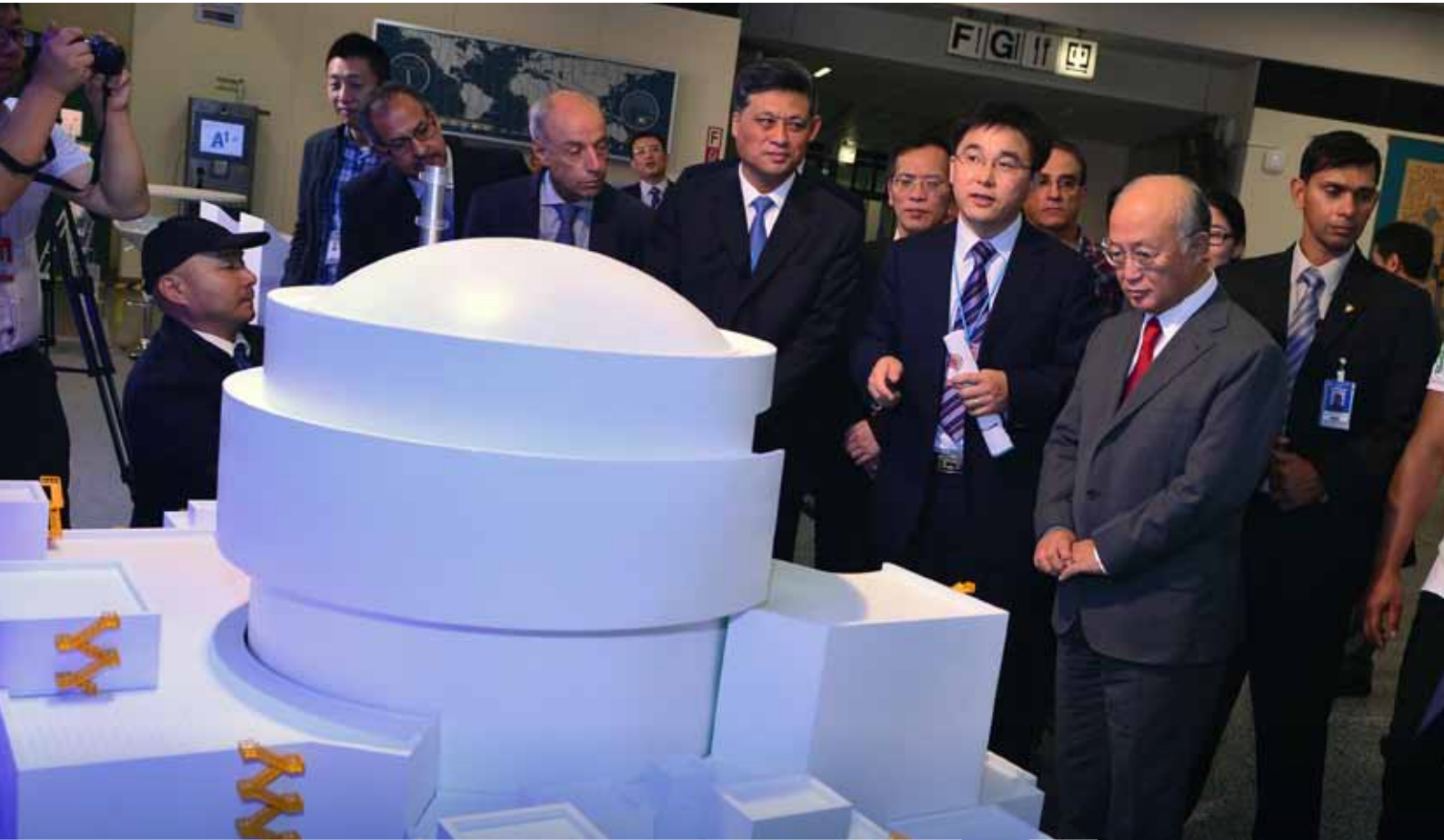
In de EU zijn 131 kerncentrales in bedrijf die 27 procent van het elektriciteitsverbruik in de EU dekken. Frankrijk staat bovenaan met 73 procent, Nederland is hekkensluiter met 4 procent. Kernenergie is belangrijk voor het verkleinen van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. Het is gebruikelijk dat

kerncentrales ter plekke voor meerdere jaren splijtstof opslaan. Een volstrekt andere situatie dan bij gas en olie, waar een onverwachte onderbreking van de aanvoer zelfs bijna direct tot problemen kan leiden. De levering van uranium is op grond van een aantal factoren relatief zeker. Er is sprake van een veelheid van leveranciers. Die leveranciers zijn wereldwijd verdeeld, maar ze bevinden zich voor een groot deel in geopolitiek stabiele landen zoals Australië en Canada. Het verrijken van uranium is kapitaalintensief en strategisch gevoelig. De grootste en meest effectieve verrijkingcapaciteit bevindt zich in Europa, met name in de vier landen Frankrijk, Duitsland, Engeland en Nederland. De omvang van de productie van brandstofpellets en -staven in de EU komt redelijk overeen met de behoefte daaraan. Daarnaast bestaat er uitsluitend in de EU een grootschalige ontwikkeling op het punt van de opwerking van gebruikte splijtstof. Uranium en plutonium dat zo wordt verkregen kan weer worden gebruikt in de vorm van MOX. Het is duidelijk dat de toekomstige situatie ten aanzien van de behoefte aan splijtstoffen in de EU gunstig zal zijn. Verdere ontwikkelingen op het punt van uraniumverbruik en de bouw van kweekreactoren kunnen positief uitwerken. Voorwaarde is wel dat er daarvoor voldoende middelen beschikbaar zijn.

DE LANGE TERMIJN

De belangrijke bijdrage van kernenergie aan de leveringszekerheid van energie kan slechts in stand blijven als de centrales ook voor langere termijn in gebruik blijven en er een adequaat nieuwbouwbeleid tot stand komt. Daarvoor moet er sprake zijn van versterking van de huidige financiële instrumenten, ontwikkeling van nieuwe financiële instrumenten, stevige politieke steun daarvoor, voorspelbare wettelijke mogelijkheden en een duidelijke toezichtstructuur. **K**

Bron: FORATOM



CHINA'S NIEUWSTE VLAGGENSCHIP: DE HUALONG ONE

China lanceerde in september met veel fanfare de eerste kernreactor van eigen bodem. Het reactorontwerp moet het vlaggenschip van de Chinese nucleaire technologie worden. Hier ging echter een roerige geschiedenis aan vooraf van binnenlandse concurrentiestrijd en het maken van een keuze tussen twee ontwerpen: de CPR-1000 en de ACP1000.

Het verhaal begint in 2004 wanneer de Chinese overheid toestemming geeft voor de bouw van twee Generatie III-kerncentrales. Deze keuze voor geïmporteerde technologie betekende een resolute stap voorwaarts. Ondanks grote interne druk om alleen met binnen China ontwikkelde technologieën

te werken, wordt een internationale aanbestedingsprocedure gestart. Dit was illustratief voor China's wens om deel te gaan uitmaken van de mondiale nucleaire industrie, alhoewel sommigen hier nog steeds ambivalent tegenover staan. Onder leiding van de nieuwe State Nuclear

Power Technology Corporation (SNPTC), die rechtstreeks onder de overheid valt, wordt de daaropvolgende tijd een keuze gemaakt uit het aanbod van buitenlandse technologieën voor de nieuwe centrales. Rond de 200 experts zijn ruim een jaar bezig met de selectie en in september 2006 komt het Westinghouse AP1000-ontwerp als winnaar uit de bus. Hiermee wordt dit model officieel bestempeld als de nucleaire toekomst van China, met toestemming en steun van het hoogste overheidsniveau. Op dit moment is de bouw van vier van deze reactoren ver gevorderd en SNPTC heeft het voortouw genomen in de doorontwikkeling



Photo Credit: Dean Calma / IAEA

➤ IAEA Director General Yukiya Amano tezamen met enkele leden van zijn Senior Staff op bezoek bij de China Exhibit op de eerste dag van de 57ste General Conference vorig jaar september bij de IAEA in Wenen.

van het ontwerp naar een groter model: de CAP1400. Een reactor die volledig Chinees intellectueel eigendom zal zijn. Tegelijkertijd echter werkt China National Nuclear Corporation (CNNC) al sinds de jaren negentig samen met anderen aan een eigen 1000 MWe ontwerp. Dit is gebaseerd op bestaande kleinere eenheden in Qinshan die in 1994 in bedrijf zijn genomen. De keuze voor het Westinghouse AP1000-ontwerp in 2007 bracht CNNC dus in een lastig parket. Technische ondersteuning en middelen gingen naar het AP1000-ontwerp en CNNC bleef alleen achter met hun ambitie om een eigen merk Chinese reactoren te ontwikkelen.

Maar na enkele stille jaren pakte CNNC de ontwikkeling van haar ontwerp weer op en in oktober 2011 kondigde het bedrijf aan dat hun zelfstandig ontwikkelde ACP1000 (zie foto) de technische ontwerpfase inging. China Guangdong Nuclear Power Cooperation (tegenwoordig bekend als China General Nuclear, CGN) deelde de ambities van CNNC. CGN was druk bezig met de ontwikkeling van het Franse M-310-ontwerp. Eerder waren deze reactoren succesvol gebouwd in Daya Bay en Ling Ao, wat resulteerde in de CPR-1000 met een nagenoeg complete lokale productieketen. Maar omdat het nog steeds een Generation-II reactor bleef en Areva nog enig intellectueel eigendom bezat, was het ontwerp onmogelijk te exporteren. De CPR-1000-reactoren voor binnenlands gebruik verrezen ondertussen in een hoog tempo en op grote schaal. Omdat dit het enige Chinese ontwerp was in zijn grootte, werden ze zowel door CNNC als door CGN gebouwd. Het laatste bedrijf was actief bezig om het ontwerp door te ontwikkelen naar een Generatie III-status met bijbehorende Chinese intellectuele eigendomsrechten. In 2010 lagen er zelfs plannen om 57 nieuwe centrales te bouwen, maar na Fukushima ging hier een streep doorheen. Er werden vanaf dat moment alleen nog nieuwe vergunningen afgegeven voor Generatie III-reactoren. Op dit moment zijn er zes CPR-1000-reactoren in bedrijf en zestien in aanbouw. In 2011 werd de Chinese overheid en de National Energy Administration (NEA) dus geconfronteerd met concurrerende reactorontwerpen van de twee belangrijkste Chinese nutsbedrijven. De CGN en de CNNC hadden ieder hun eigen 1000 MW reactor, de beproefde CPR-1000 en de ACP1000 die alleen nog op papier bestond. Ook de locaties van beide bedrijven waren verschillend. CNNC opereerde vanuit Peking en CGN hield kantoor in Shenzhen in de Guangdong provincie waar de lokale overheid 45 procent van de aandelen bezat. In september 2012 gaf de overheid de bedrijven de opdracht om gemeenschappelijk

te werken aan de 'rationalisatie' van de reactorontwerpen. Peking liet zijn gezag gelden en CNNC nam 82 procent van CGN over waarmee het aandeel van de lokale overheid werd gereduceerd tot 10 procent. Vervolgens kwam vanuit Peking het decreet om de beide ontwerpen samen te voegen onder Generation-III-voorwaarden, met hooguit nog kleine verschillen op ondergeschikte punten. De totaal verschillende kernen van beide ontwerpen vormden hierbij een uitdaging: de ACP1000 heeft 177 brandstofstaven van 3,66 meter lang terwijl de CPR-1000 157 brandstofstaven heeft van 4,3 meter in lengte. Maar uiteindelijk werd gekozen voor de kern van de ACP1000 en kwam de Hualong One ter wereld: het nieuwe vlaggenschip van China. Wel behouden CGN en CNNC ieder hun eigen productieketen met 85 procent materiaal uit eigen land en zullen enkele onderdelen die CGN voor hun geavanceerde CPR-1000 ontwierp worden opgenomen in de versies van Hualong One. Het ontwerp van de Hualong One reactor is inmiddels goedgekeurd door de National Nuclear Safety Administration (NNSA) en is met tromgeroffel gelanceerd door de National Energy Administration (NEA), NNSA en de National Development and Reform Commission. Zij maakten bekend dat de Hualong One voldoet aan alle technische eisen voor een Generation-III-ontwerp met volledige intellectuele eigendom van China en goede export mogelijkheden. Ze benadrukten de noodzaak van de snelle bouw van demonstratie-eenheden als voorbereiding voor de export van 'een belangrijk merk' voor de Chinese nucleaire technologie. De eerste units 3 en 4 zullen worden gebouwd in Fangchenggan door CGN, gevolgd door units 5 en 6 in Fuqing door CNNC. En hoewel ze nog steeds officieel de ACP1000 op hun lijst hebben staan, is de verwachting dat het Pakistaanse Karachi Coastal Power de eerste importeur van Hualong Units zal worden. **K**

Bron: WNN – Ian Hore-Lacy

SYMPOSIUM

NUCLEAR FUSION ENERGY

PHYSICIST'S DREAM, ENGINEER'S NIGHTMARE?

THURSDAY
OCTOBER 30 2014
BLAUWE ZAAL, TU EINDHOVEN

CHAIR
DRS. MICAELA DOS RAMOS
EXECUTIVE DIRECTOR KIVI

ORGANIZATION
KIVI (KERNTECHNIEK EN TECHNISCHE FYSICA)
NETHERLANDS NUCLEAR SOCIETY
TU/e

PROGRAM

9.30-10.00
COFFEE

10.00-10.45
ITER, STATUS AND FUTURE
DR. IR. G.T.A. HUIJSMANS (ITER)

10.45-11.00
SPIN-OFF APPLICATION 1
IR. H. GROENEVELD (3D-METAL FORMING)

11.00-11.45
FUSION RESEARCH IN NL
PROF. DR. M.R. DE BAAR (DIFFER)

11.45-12.00
SPIN-OFF APPLICATION 2
DR. E. BOOM (EB Consultancy)

12.00-13.30
LUNCH

13.30-14.15
RESEARCH IN EU
PROF. DR. A.J.H. DONNÉ (EUROfusion)

14.15-14.50
**ALTERNATIVE FUSION
RESEARCH**
DR. R.J.E. JASPERS (TU/e)

14.50-15.15
COFFEE

15.15-15.30
SPIN-OFF APPLICATION 3
DR. IR. C.J.M. HEEMSKERK (KIT)

15.30-16.00
**FUSION:
EXPENSIVE YET CHEAP,
SLOW YET FAST!**
PROF. DR. N.J. LOPES CARDOZO (TU/e)

16.00-17.00
DRINKS

COSTS
FREE FOR KIVI MEMBERS, NNS PATRONS, KERNVISIE PATRONS AND
STUDENTS FROM TUD, TU/e AND UT. COFFEE, LUNCH AND DRINKS INCLUDED.

SIGN UP BEFORE OCTOBER 13
FOR KIVI MEMBERS AND NNS PATRONS: THROUGH KIVI WEBSITE
FOR KERNVISIE PATRONS AND OTHERS: MAIL KIVI@UTWENTE.NL

SPONSORED BY:

