

KernVisie

Nieuwsbrief van de Stichting Kernvisie uitgegeven voor de nucleaire sector in Nederland

September 2012

www.kernvisie.com



Hamid Ait Abderrahim

MYRRHA: werken aan duurzame kernenergie

Een toekomst waarin reactoren hun brandstof zo efficiënt gebruiken dat de uraniumreserves honderd keer langer meegaan. Vierde generatie centrales waarbij de hoeveelheid kernafval slechts één procent is van wat de huidige centrales aan afval genereren. Radioactief afval dat een factor duizend korter radioactief blijft. Het kan. In België werkt het SCK•CEN aan de onderzoeksreactor MYRRHA die de basis legt voor de duurzame kernenergie van morgen.

“We maken ons hier druk over de vraag hoe we onze elektriciteit moeten opwekken. Een terechte vraag, maar realiseer je dat wereldwijd zestig

procent van de beschikbare energie wordt gebruikt door twintig procent van de bevolking. Een kwart van de wereldbevolking heeft helemaal

geen elektriciteit.” Prof. dr. Hamid Ait Abderrahim, adjunct-directeur-generaal van het SCK•CEN schetst in een paar zinnen een haarscherp beeld van de mondiale energievoorziening en de uitdagingen. “We moeten ons focussen op de vraag hoe we betrouwbare en betaalbare energie voor de gehele wereldbevolking kunnen realiseren. Wanneer je dan de grafieken met productiecapaciteiten en opbrengsten ziet, is het heel duidelijk dat kernenergie erbij hoort.” Op dit moment bestaat tachtig procent van de gebruikte energiebronnen uit fossiele brandstoffen. Biomassa neemt tien procent voor haar rekening waarbij het voor het grootste gedeelte gaat om hout voor dagelijks gebruik in arme landen. Waterkracht en kernenergie dragen ieder vijf procent bij en renewables slechts een half procent. Voor Ait Abderrahim ligt de oplossing voor de hand: “Zelfs wanneer je de inzet van hernieuwbare energiebronnen zou verdubbelen of verdrievoudigen, dan nog heb je het over één of anderhalf procent van de wereldbehoefte. Laten we ons daarom focussen op hoe we kernenergie zo veilig en duurzaam mogelijk kunnen inzetten.”

Droom

Ait Abderrahim begon jaren geleden met een droom: een reactor bouwen

1 Myrrha: werken aan duurzame kernenergie

3 NRG start proef productie met laagverrijkt uranium

4 TU Delft bouwt aan nieuwe neutronendiffractometer

7 Lood-212 en antilichamen ingezet in strijd tegen kanker

7 Nucleaire aandrijving voor Marsverkenner Curiosity

9 Column: Uranium uit zeewater

die op grote schaal medische isotopen kon produceren zodat er nooit meer een tekort zou zijn. Omdat het SCK•CEN geen commerciële instelling is maar een onderzoeksinstituut werd de koers halverwege aangepast.

“We zijn rond de tafel gaan zitten en hebben onszelf de vraag gesteld: wat hebben we nodig in de toekomst? Welke problemen moeten we oplossen? Zo zijn we uitgekomen bij de energievoorziening en de problematiek van het radioactieve afval. Wij hebben ons daarbij ten doel gesteld om de problematiek rondom het kernafval naar een acceptabeler niveau te brengen.”

Het resultaat is het MYRRHA-project, de eerste onderzoeksreactor ter wereld die wordt aangedreven door een deeltjesversneller (zie kader). MYRRHA vormt een belangrijke schakel in een grootschalige onderzoeksinfrastructuur naar het recyclen van nucleair afval: transmutatie. Hierbij wordt hoogradioactief afval gesplitst waardoor het wordt omgezet in korter levend en minder radiotoxisch afval. Het afval afkomstig van de gebruikte splijtstof van kerncentrales bevat actiniden die een hoge radiotoxiciteit hebben en een halveringstijd van miljoenen jaren. Door deze actiniden te vernietigen, daalt de noodzakelijke bergingstijd van enkele honderdduizenden jaren tot minder dan duizend jaar. “Door zowel de tijd als het volume van het afval te reduceren, brengen we het radioactieve afval terug van geologische naar menselijke tijdschalen”, vat Aït Abderrahim samen. “Op die manier kunnen we de problematiek naar een acceptabeler niveau brengen.”

Om het proces van laboratoriumschaal naar pilotproject en vervolgens naar industriële toepassing te brengen, is er een internationale samenwerking nodig van verschillende landen. “MYRRHA is een schakel in het proces dat de

landsgrenzen overschrijdt. Tegelijk met de ontwikkeling van de reactor moeten er verschillende stappen worden gezet bij andere onderzoeksinstituten. Zo worden in het Franse ATALANTE (ATelier Alpha et Laboratoires pour ANalyses, Transuraniens et Etudes de retraitement) in Marcoule de actiniden en andere langlevende splijtingsproducten uit gebruikte splijtstof gescheiden. En in MALAB (Minor Actinide LAB) bij het Trans Uraan Instituut in Karlsruhe ontwikkelen ze de speciale transmutatiesplijtstof voor de onderzoeksreactor. Aït Abderrahim: “Het streven is om tussen 2015 en 2025 honderd kilo speciale splijtstof te produceren. In 2015 willen we beginnen met de bouw van MYRRHA en ik verwacht dat het proces tussen 2030 en 2040 klaar is voor industrieel gebruik.”

Kennisdriehoek

In 2010 werd een belangrijke stap genomen met de ingebruikneming van GUINEVERE, een schaalmodel testreactor die is gekoppeld aan een versneller. In datzelfde jaar werd MYRRHA opgenomen in de ESFRI Road Map (European Strategic Forum for Research Infrastructure) als project met grote maatschappelijke relevantie na een positieve evaluatie van de NEA (nuclear energy agency) en van het OESO (organisatie voor economische samenwerking en ontwikkeling). Dit betekent dat het project een prioriteitsstatus heeft

en kan rekenen op de steun van de Europese Commissie. De investering in het MYRRHA-project bedraagt 960 miljoen euro (2009), verspreid over twaalf jaar. België zal als gastland veertig procent van dit bedrag voor haar rekening nemen. De resterende kosten worden gedragen door verschillende leden van het Europese en internationale MYRRHA-consortium en de European Investment Bank (EIB). Maar de opbrengsten zijn groot zo betoogt Aït Abderrahim: “We zijn een voorloper op wereldniveau. MYRRHA biedt wetenschappers de unieke kans om in een grote Europese Infrastructuur te werken aan oplossingen voor grote maatschappelijke vraagstukken. Het is niet meer de vraag of transmutatie technisch mogelijk is, maar hoe we het naar een industriële schaal kunnen brengen.” Het SCK•CEN verwacht dat MYRRHA tweeduizend directe en indirecte duurzame banen zal creëren en een positieve socio-economische impact op de omgeving zal hebben. Het onderzoeksinstituut schat de economische impact van het MYRRHA-project op dertien miljard euro voor de ganse levenscyclus van het project (2010-2043), waarvan elf miljard voor België. Met de komst van MYRRHA ziet Aït Abderrahim ook een mogelijkheid om een kennis- en innovatiecentrum te realiseren met spin-offs van hoogtechnologische bedrijven. “Dit is de ideale omgeving. We hebben zeshonderd hectare

De MYRRHA (multiple-purpose hybrid research reactor for high-tech applications) is een subkritische reactor: er is onvoldoende splijtstof in de reactor om een kettingreactie door kernsplijting in stand te houden. De MYRRHA wordt daarom ‘gevoed’ met een externe neutronenbron aangestuurd door een deeltjesversneller. Wanneer de versneller uit is, stopt de kernsplijting in een fractie van een seconde. Hierdoor is de reactor gemakkelijk controleerbaar. De deeltjesversneller heeft een protonenbundel van 600 MeV met een vermogen van 2,4 MW. De protonen worden afgeschoten op een spallatietarget van vloeibaar metaal. De subkritische kern van 65 tot 100 MWth bestaat uit MOX (mixed oxide) brandstof met plutonium.

grond tot onze beschikking en bevinden ons pal in het midden van de kennisdriehoek Eindhoven-Leuven-Aken met respectievelijk de Technische Universiteit van Eindhoven, de Katholieke Universiteit van Leuven en de Technische Universiteit van Aken. Ze hebben allemaal de capaciteit voor onderzoek. Dit biedt dan ook de kans om alle competenties bundelen.”

De innovatieve MYRRHA zal een breed inzetbare reactor worden. Zo zal de onderzoeksreactor worden ingezet voor de productie van medische radio-isotopen, materiaalonderzoek

voor vierde generatie reactoren en voor kernfusie en de productie van gedopeerd silicium. Gedopeerd silicium wordt onder andere gebruikt in hybride auto's en is een belangrijk component voor het opwekken van hernieuwbare energie. MYRRHA zal deze taken in 2023 overnemen van de huidige onderzoeksreactor BR2. Tevens moet MYRRHA de haalbaarheid van vierde generatie subkritische reactoren aantonen en inzicht geven in de vereiste procedures voor de werking en controle van deze reactoren.

“De komende tijd werken we hard aan het verkrijgen van de benodigde bouwvergunningen en het uitwerken van de bilaterale overeenkomsten van het consortium. De eerstvolgende mijlpaal is nu in 2014 wanneer de Belgische regering een tussentijdse evaluatie geeft”, vertelt Ait Abderrahim. “Vervolgens kunnen we in 2016 met de civiele bouw beginnen en letterlijk starten met het bouwen aan de duurzame energiemix voor de toekomst.”

Ellen Jelgersma

NRG start proef productie medische isotopen met laagverrijkt uranium

Petten - In de Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten is begin augustus een proefbestraling gestart om medische isotopen te produceren met laagverrijkt uranium als grondstof. Aanleiding hiervoor is de Nederlandse instemming tijdens de internationale Nuclear Security Summit in maart in Seoul om na 2015 geen hoogverrijkt uranium meer te gebruiken bij de productie van medische isotopen.

Non-proliferatie vraagt om conversie

Hoogverrijkt uranium is moeilijk verkrijgbaar. In 2005-2006 is de onderzoeksreactor in Petten voor zijn brandstof al overgeschakeld op laagverrijkt uranium. Maar voor de productie van molybdeen-99 wordt nog steeds gebruikt gemaakt van hoogverrijkt uranium als productiegrondstof. Om met laagverrijkt uranium molybdeen-99 te kunnen produceren, zijn diverse technische aanpassingen noodzakelijk. De voorbereidingsfase op de tekentafel was reeds voltooid. De eerste proefbestraling is nu gaande.

Resultaten Proefbestraling

Na de proefbestraling van de laagverrijkte grondstof voor molybdeen-99 in de reactor wordt de grondstof

onderzocht in de Hot Cell Laboratories. In dit nabestralingsonderzoek wordt gekeken of de grondstof de vereiste kwaliteit heeft. Hierna starten het goedkeuringstraject van toezichthoudende instanties en de vervolgfases in het project waarbij de kwaliteitscontrole van het eindproduct plaatsvindt. Naast de technische aspecten moet ook de medische registratie op orde zijn, zodat het eindproduct gekwalificeerd is voor de behandeling van patiënten. De kosten van het project lopen in de miljoenen en leveren NRG in de eerste fase al bijna vier manjaren aan werk op. Het onderzoek past in de strategie van NRG om de leveringszekerheid van medische isotopen nu en in de toekomst te waarborgen.



De reactor in Petten



TU Delft bouwt nieuwe neutronendiffractometer PEARL bij het RID

Wetenschappers die neutronenonderzoek willen uitvoeren moeten nu nog uitwijken naar steden als Grenoble of Parijs maar in de toekomst kunnen ze de trein naar Delft nemen. Bij de TU Delft liggen de tekeningen gereed voor de bouw van PEARL, een neutronendiffractometer die een belangrijke rol gaat spelen in de ontwikkeling van onze toekomstige energievoorziening.

In januari maakte de Nederlandse regering bekend dat zij met 38 miljoen euro voor het OYSTER-project een extra impuls aan het nucleair/stralingsonderzoek en -onderwijs van de TU Delft wil geven. Het project bevat een upgrade van de onderzoeksreactor en de instrumenten die gebruik maken van de straling van de reactor. Naast de bestaande instrumentatie voor structuurbepaling van materialen is de onderzoeksgroep Neutron & Positron Methods in Materials (NPM2) van de TU Delft bezig met ontwerp en realisatie van de nieuwe neutronendiffractometer PEARL. PEARL is één van de instrumenten binnen het OYSTER-project. TU Delft onderzoeker dr. Lambert van Eijck ontwikkelt een neutronendiffractometer: "Eigenlijk staan we al jaren te trappelen om ermee aan de slag te gaan, zozeer zelfs dat we voor het ontwerp van de PEARL een voorfinanciering hebben weten te krijgen."

Noodzaak van 'eigen' diffractometer

Diffractietechnieken zijn bij uitstek geschikt om de structuur van materialen te ontrafelen. Vaak wordt gebruik gemaakt van röntgenstraling (röntgendiffractie), maar met neutronen kan het ook. Omdat een preparaat een neutronenbundel anders reflecteert dan een röntgenbundel verschaft neutronendiffractie andere informatie. Voor veel materiaalonderzoek is het juist de combinatie van de twee technieken die veel extra inzicht oplevert omdat daarmee bepaalde hypothesen kunnen worden getest

op basis van de specifieke interactie die de twee stralingssoorten hebben met het preparaat. De noodzaak voor de ontwikkeling van een 'eigen' diffractometer is volgens Van Eijck groot. "Tot dusver zijn onderzoekers voor het doen van metingen aangewezen op andere neutronenfaciliteiten die op een afstand van vier- à vijfhonderd kilometer bij ons vandaan liggen. Bovendien zijn ze dan ook nog eens afhankelijk van de beoordeling van een commissie of het project, waarvoor een aparte aanvraag is vereist, wordt toegekend." Volgens Van Eijck duurde het wel een half jaar tot een jaar voordat er metingen konden worden gedaan. Met de komst van PEARL is die lange wachttijd voorbij.

Bijdrage aan duurzame ontwikkeling

"PEARL ontwerpen we op basis van de behoeften die wij als universiteit hebben. Het is inzetbaar als instrument waarmee we externe partijen kunnen bedienen", aldus Van Eijck. Hij wijst hierbij op bedrijven die als indirecte partij veel baat kunnen hebben bij onderzoek dat extern wordt gefinancierd. Te denken valt aan onderzoek aan metallo-organische materialen die de eigenschap hebben meer waterstof op te kunnen slaan dan een waterstoftank. Van Eijck: "Met behulp van neutronendiffractie is het mogelijk om de voorkeurspositie van waterstofatomen in metaalorganische kristallen vast te stellen."

Onderzoeksresultaten maken het mogelijk om bij de samenstelling

van kristallen te anticiperen op vergroting van waterstofopslag in metaalorganische verbindingen. "Ook zijn de exacte locaties van waterstofatomen in een fuel cell te bepalen of hoe waterstofatomen zich door membranen verplaatsen", licht Van Eijck toe. Het instrument dient dus de opkomende hydrogen economy en het onderzoek naar sustainable energy met lithiumbatterijen.

Daarnaast is het mogelijk om met behulp van neutronendiffractie te kijken naar magnetische interacties op atomaire schaal van magnetocalorische materialen. Van Eijck: "Dit onderzoek is van belang bij de ontwikkeling van koelelementen voor trillingsvrije koelkasten waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een traditionele gascompressor, maar van magneetkoeling." De ontwikkeling hiervan moet leiden tot stille en energiezuinige koelsystemen.

De 'general-purpose' neutronen poederdiffractometer waartoe TU Delft het initiatief heeft genomen maakt gebruik van een minder intense neutronenbron dan die van de internationale onderzoeksinstituten in de wereld, maar met het slimme ontwerp bouwt de TU toch een 'medium resolution' instrument dat de concurrentie met andere instellingen aan kan. Op dit moment is het tekenwerk van de neutronendiffractometer afgerond en volgt de mechanische ontwerpfase. Als alles volgens plan verloopt, kan de TU Delft in 2013 starten met de daadwerkelijke bouw van de PEARL.

Het project is te volgen op:
<http://pearl.weblog.tudelft.nl/>

Menno Jelgersma



Artist impression van de LK-60

Rusland bouwt grootste ijsbreker ter wereld

De Baltiysky Zavod scheepswerf heeft opdracht gekregen om 's werelds grootste ijsbreker, type LK-60, te bouwen. De ondertekening van het contract ter waarde van circa een miljard euro vindt in september plaats. De bouwwerkzaamheden starten aan het eind van dit jaar en zullen eind 2017 voltooid zijn.

De ijsbreker, de eerste in de reeks van het type LK-60, krijgt een lengte van 173 meter en een breedte van 34 meter en is daarmee zo'n 14 meter langer en 4 meter breder dan de grootste die tot nu toe is gebouwd. De waterverplaatsing bedraagt 33.540 ton en de diepgang

is circa 10,5 meter. De LK-60, die een bemanning heeft van 75 personen, zal in staat zijn om door ijs te breken van 2,8 meter dik met een snelheid van 1,5 tot 2 knopen. De LK-60 wordt gebouwd rond twee RITM-200 drukwaterreactoren en is voorzien van drie voortstuwingsassen

voor de aandrijving. Het reactorontwerp is van OKBM Afrikantov. De hoofdcomponenten zijn in het reactorvat geïntegreerd en het vermogen bedraagt 60 MWe per reactor. Hetzelfde reactorontwerp komt in aanmerking voor toekomstige drijvende kerncentrales. De reactor werkt met splijtstof van minder dan twintig procent verrijkt uranium-235, die maar eens in de zeven jaar gewisseld wordt. De levensduur van de reactor is veertig jaar. Rosatom noemt de LK-60 universeel inzetbaar omdat het schip geschikt is voor zowel open zee als de rivieren. De nieuwe ijsbreker zal 's winters voornamelijk in het westelijk Arctisch gebied zijn werk doen, zoals onder andere in de Barentszee. Gedurende de zomer- en herfstmaanden zal de LK-60 in het oostelijk Arctisch gebied te vinden zijn. De huidige vloot van nucleair aangedreven ijsbrekers blijft tot 2020 in bedrijf. Rosatom heeft ook twee met kernenergie aangedreven vrachtschepen, twee varende technische bases, een schip voor de verwerking van radioactief afval en een schip voor het meten van radioactieve straling.

WNN

Overeenkomst US en Australië levering medische isotopen

Patiënten in Australië hebben baat bij de samenwerking die de Australische Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) onlangs is aangegaan met de Amerikaanse US Radiopharmaceuticals (USR). Binnen de overeenkomst voorziet de USR de Australische organisatie van isotopen voor diagnose bij het maken van SPECT-scans en ziektespecifieke biomarkers. Het gaat daarbij om radioisotopen die met behulp van een deeltjesversneller (de USR high-energy accelerator facility in Texas) zijn gemaakt.

Het betreft isotopen waaronder jodium-123, thallium-201 en gallium-67 waarmee verbeterde 3D-orgaanscans zijn te maken, maar die ook beelden

maken van hart- en hersenfuncties. SPECT en gecombineerde SPECT/CT worden steeds vaker gebruikt vanwege hun doelmatigheid in het detecteren

van endocriene en neuro-endocriene tumoren, maar ook van longkanker, hersentumoren, lymfeklier-, borst- en prostaatkanker.

USR bevindt zich in Denton, Texas en is een snel groeiende geautoriseerde producent en distributeur van radioisotopen en radiofarmaceutische medicijnen voor binnen- en buitenland. Het bedrijf heeft een oppervlak van bijna achtduizend vierkante meter en hun hoge-



energie-deeltjesversnellers bieden cGMP (current Good Manufacturing Practice) bij de vervaardiging van traditionele SPECT/PET medicijnen en in hun Research and Development-programma. USR produceert een nieuwe generatie biomarkers die in staat is goed- van kwaadaardige tumorcellen te onderscheiden, maar

ook een biomarker die een beeld geeft van de verspreiding en toename van kankercellen waardoor behandelaars in staat zijn om effectief patiëntspecifieke behandelingen te ontwikkelen. ANSTO is de nationale nucleaire onderzoeksorganisatie en het centrum van nucleaire expertise in Australië. De organisatie is de bedrijver van

de nucleaire wetenschappelijke en technologische faciliteiten waaronder de nucleaire onderzoeksreactor OPAL. ANSTO voorziet gemiddeld tienduizend patiënten verspreid over tweehonderdvijftig ziekenhuizen in Australië, Nieuw-Zeeland en Zuidoost-Azië elke week van potentieel levensreddende nucleaire medicijnen.

Proefschrift TU Delft: Sustainability and Efficiency Improvements of Gas-cooled High Temperature Reactors

Op 11 mei verdedigde Alain Marmier met succes zijn proefschrift aan de TU-Delft. Zijn promotiewerk betreft een onderzoek naar verbeteringen op het gebied van duurzaamheid en efficiëntie van de gasgekoelde Hoge Temperatuur Reactor (HTR). Zijn onderzoek was een gezamenlijke studie van het Joint Research Centrum voor energie en transport in Petten en de TU-Delft en bevatte daarnaast ook bijdragen van NRG in Petten.

Het promotieonderzoek bestond uit drie onderwerpen. Het eerste onderdeel beschrijft het experimenteel bestralingsonderzoek dat is uitgevoerd aan splijtstofkogels uit zowel de AVR-onderzoeksreactor in Duitsland als de HTR-10 reactor in China. HTR-splijtstof bestaat uit kogels van grafiet met een diameter van vijf centimeter die gedeeltelijk zijn gevuld met kleine gelaagde splijtstofkorrels (zogenaamde TRISO-deeltjes). Deze kogels zijn

omhuld met een laag grafiet met een dikte van vijf millimeter. Het doel van het onderzoek was om de faalkans van de korrels bij hoge splijtstofopbrand te bepalen. Uit de combinatie van experimenten en berekeningen kwam naar voren dat tijdens de bestralingen geen splijtstofkorrels zijn gebarsten en dat gemeten concentraties aan splijtstofproducten het gevolg zijn van uraniumverontreinigingen in het gebruikte grafiet.

Vervolgens wordt in het proefschrift het oorspronkelijk idee van 'wall paper' splijtstof nieuw leven ingeblazen. Dit type splijtstofkogels bevat ook in het centrum een grafietzone zonder splijtstof, waardoor de piektemperatuur in de kogels wordt gedempt. Dit geeft een ruimere temperatuurmarge bij incidenten waarbij de koelmiddelstroom uitvalt en een betere splijtstofbenutting. Dit laatste is een reactorfysisch effect ten gevolge van het feit dat de splijtstofkorrels dichter opeen zijn gepakt.

Het derde en laatste onderdeel van Alains proefschrift beschrijft een energieconversiesysteem dat met behulp van warmtepompen de temperatuur van de geleverde warmte van een 'gewone' HTR kan ophogen naar het toepassingsgebied van de 'Very High Temperature Reactor (VHTR)'. Dit betekent dat de efficiëntie van de reactor weliswaar afneemt, maar dat tevens nieuwe toepassingen, waaronder nucleaire waterstofproductie, in zicht komen die in een later stadium met vierde generatie reactoren kunnen worden bediend.

Het proefschrift is als PDF te downloaden van de PNR website via www.rnr.tudelft.nl.

De pas gepromoveerde doctor Marmier geflankeerd door zijn twee promotoren

Combinatie van lood-212 en antilichamen ingezet in strijd tegen kanker

De Zwitserse medicijn-gigant Roche en het Franse AREVA Med, dochteronderneming van het nucleaire technologieconcern AREVA gaan met de ontwikkeling van een geavanceerde radioimmunotherapie een strategische samenwerking aan in de strijd tegen kanker. De focus komt te liggen op de behandeling van kwaadaardige tumoren waarvoor nog geen afdoende therapieën beschikbaar zijn.

Binnen de overeenkomst gaan de betrokken bedrijven de werkzaamheid van de gecombineerde antistoffen van Roche met het radionuclide lood-212 van AREVA Med onderzoeken. Lood-212 is volgens AREVA Med een veelbelovende nuclide dat al bij verschillende behandelingen wordt ingezet. De samenwerking combineert de expertise van Roche op het gebied van de ontwikkeling van antilichamen met de AREVA-kennis op het gebied van isotopen. Bij de nieuwe therapie ondergaan patiënten een behandeling waarbij kankercellen gericht worden vernietigd met radioactief gelabelde antilichamen. Het antilichaam gaat bij

de patiënt 'op zoek' naar de tumor, terwijl het nuclide de tumorcellen doodt. De tumorcellen krijgen zo selectief een hoge dosering celdodende straling. Alfa-radioimmunotherapie is een nieuwe behandelmethode tegen kanker met verschillende voordelen ten opzichte van conventionele behandeling. In vergelijking met andere vormen van bestraling hebben alfadeeltjes een zeer korte reikwijdte (dracht) binnen het menselijk weefsel. De energie wordt daarom daar afgegeven waar het nodig is: in de tumorcel waardoor het omliggende weefsel nauwelijks wordt aangetast.

Patrick Bourdet, President and CEO

van AREVA Med: "Deze belangrijke overeenkomst met Roche is een opmerkelijke mijlpaal voor nucleaire geneeskunde en radioimmunotherapie. Het samenvoegen van de kerncompetenties van twee mondiaal leidende bedrijven op hun respectievelijke werkvelden zal voor een versnelde ontwikkeling zorgen van patiëntspecifieke, krachtige en gerichte behandelingen met lood-212." "Als mondiale leider bij de ontwikkeling van innovatieve kankerbehandelingen is het ons primaire doel om behandelingsmethoden voor alle patiënten wereldwijd te verbeteren. Met de inzet van nieuwe benaderingen zoals de alfa-radioimmunotherapie, hopen wij in staat te zijn om kankercellen effectief te doden zonder het omliggende weefsel geweld aan te doen, hetgeen bij het behandelingsproces van het grootste belang is", aldus Mike Burgess, Acting Global Head, Pharma Research and Early Development bij Roche.

Nucleaire aandrijving voor NASA-marsverkenner Curiosity

De NASA-verkenner Curiosity landde op 6 augustus na een vlucht van 36 weken in de Gale-krater op Mars. Het voertuig zit bomvol instrumenten. Om ervoor te zorgen dat alles goed functioneert, is gekozen voor nucleaire aandrijving waarbij de warmte die vrijkomt bij het verval van plutonium-238 met thermokoppels wordt omgezet in elektrische energie.

De Curiosity is uitgerust met wetenschappelijke instrumentatie, waaronder een laser. Hiermee is de elementensamenstelling van gesteenten op afstand vast te stellen. Het voertuig heeft daarnaast een boor en een schep

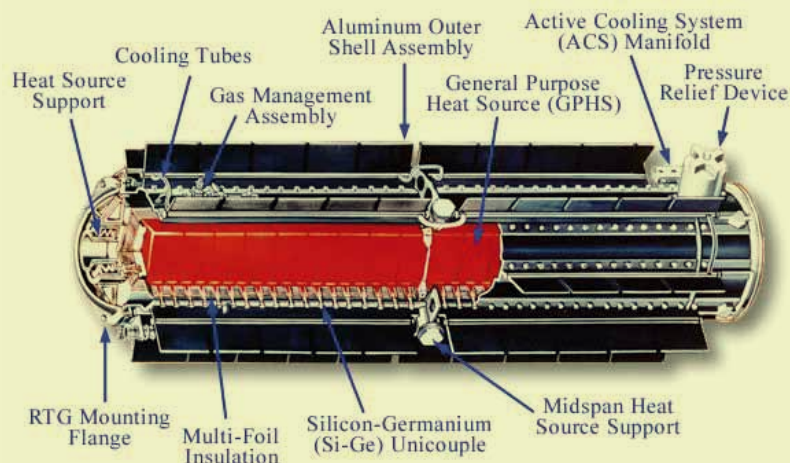
aan het eind van de robotarm om bodemonsters te kunnen nemen die met de laboratorium instrumenten in de verkenner kunnen worden geanalyseerd. De mobiele robot is voor zijn energievoorziening afhankelijk van een

General Purpose Heat Source (GPHS)-module. Deze GPHS bestaat uit capsules met plutonium-238 als warmtebron. Eén GPHS produceert 250 watt aan warmte. Voor het verkrijgen van voldoende vermogen worden er meerdere eenheden samengevoegd. Bij de Curiosity wordt de warmte in elektrische energie omgezet door middel van thermokoppels, de zogenoemde Radio-isotope Thermo-electric Generators (RTG) en heeft verder geen bewegende delen.

Curiosity



GPHS-RTG



Energie module van de Curiosity

De afmetingen van een GPHS zijn tien bij tien centimeter en de massa bedraagt ongeveer 1,5 kilogram. Een complete GPHS-RTG combinatie die 300 watt elektrische energie levert, heeft een massa van ongeveer 57 kilogram. De Curiosity is ongeveer twee maal zo lang en vijf maal zo zwaar als de vorige marsverkenkers van NASA. De nucleaire batterij levert 2,7 kWh per dag en dat is veel meer dan de 1 kWh per dag die de zonne-energiebatterijen van de

vorige verkenkers leverden. De nucleaire batterij heeft ook een veel langere levensduur (meer dan 14 jaar) dan de zonne-energiesystemen. Curiosity blijft veel langer operationeel dan de huidige missie is gepland, waarmee de mogelijkheid open staat om de missie te verlengen.

De brandstof is verwerkt in keramische tabletten van plutonium-238 dioxide met daaromheen een beschermende bekleding van iridium. Deze beklede

tabletten worden samengevoegd tot een pakket en ingepakt in een zogenoemde 'aeroshell' behuizing die bestand is tegen extreme omgevingscondities zoals herintreden in de aardse atmosfeer.

WNN, NASA

Meer informatie kan gevonden worden op de website van NASA:
<http://solarsystem.nasa.gov/rps/types.cfm?Print=1&&FIELDNAMES=>

Fukushima een ramp 'Made in Japan'

Een Japanse parlementaire commissie heeft de fouten van alle spelers in het Fukushima-drama van vorig jaar onbarmhartig gerapporteerd. Geen enkele organisatie werd als verantwoordelijke uitgesloten. De hoofdoorzaak is echter de Japanse cultuur zelf.

Het 88 pagina's tellende rapport werkt in detail het organisatorische, culturele en technische falen uit om een antwoord te vinden op de vraag hoe het mogelijk was dat deze ramp kon gebeuren en wat de redenen waren dat een adequate reactie achterwege bleef. Hoewel niet vergeten moet worden dat het Fukushima ongeval in maart 2011 veroorzaakt werd door de enorme

Tohoku-aardbeving en de tsunami die daarop volgde, concludeert het rapport dat de ramp 'man-made' was. In het voorwoord schrijft de voorzitter Kiyoshi Kurokawa: "Wat, zeer pijnlijk, moet worden toegegeven is dat het een ramp 'Made in Japan' was. De fundamentele oorzaken zijn te vinden in de ingewortelde conventies van de Japanse cultuur: onze drang tot

gehoorzaamheid, onze tegenzin om autoriteit ter discussie te stellen, onze toewijding om ons aan het vastgestelde programma te houden en ons 'eilandgedrag'." Volgens Kurokawa waren het de mentaliteit van zowel de regering als van de industrie die ertoe leidden om onvoldoende lering te trekken uit de lessen van vorige rampen als Three Mile Island en Tsjernobyl. "De consequenties van de nalatigheden in Fukushima hebben tot een catastrofe geleid, maar de mentaliteit die hieraan ten grondslag ligt, is overal in Japan te vinden. Door dit feit te erkennen zou

ieder van ons moeten nadenken over onze verantwoordelijkheid als individu in een democratische samenleving.”

In de conclusies van het rapport is te lezen dat Tepco (de bedrijver van Fukushima) er zich sinds 2006 van bewust was dat Fukushima Daiichi een 'station blackout' kon verwachten als de eenheid onder water zou komen staan. Tepco wist ook dat de mogelijkheid bestond van het verlies van de 'ultimate heat sink' in geval van een tsunami. NISA (de Japanse toezichthouder) gaf echter geen instructies aan Tepco om maatregelen te treffen. Sterker nog: zij deelde alle bedrijvers van kerncentrales mee dat het niet noodzakelijk was om rekening te houden met een 'station blackout'.

WNN

Kiyoshi Kurokawa, voorzitter van de parlementaire commissie die de oorzaken van de Fukushima-ramp heeft onderzocht.



Column

Uranium uit zeewater

Al enige decennia is bekend dat uranium gewonnen kan worden uit zeewater. De winning werkt met lange matten met adsorberende vezels die voor een paar weken in stromend zeewater worden gehangen zodat het uranium zich er chemisch aan kan binden. Daarna wordt het uranium afgescheiden door de matten met zuur uit te wassen. (Ook handig in combinatie met offshore-windenergie: tussen de palen van de windmolens kun je die matten prima ophangen. Maar dit even terzijde.)

Tot nu toe was dit proces niet concurrerend met mijnbouw. In augustus bracht World Nuclear News echter een opmerkelijk nieuwtje: nieuw onderzoek van Amerikaanse chemici zou de winning van uranium uit zeewater tweemaal zo goedkoop maken. Met 135 dollar per pond is het nog steeds aan de dure kant maar omdat de uraniumkosten maar vijf procent van de totale elektriciteitsproductie-

kosten uitmaken, kan het wel voorgoed een einde maken aan de discussie over de beschikbaarheid van uranium. De keerzijde hiervan is dat het tegelijkertijd de drijfveer wegneemt voor de ontwikkeling van zuiniger reactortypen. De huidige reactoren gebruiken maar vier procent van het in de splijstofelementen aanwezige uranium. Dat kan substantieel beter, maar who cares als de kostprijs van de winning uit zeewater een bovengrens stelt aan de uraniumkosten?

Inderdaad valt de ontwikkeling dan niet meer te stimuleren met dit argument. Er is dan echter wel een correlatie met de hoeveelheid langlevend radioactief afval. Hoe zuiniger de reactor, hoe groter het percentage verspleten uranium en hoe kleiner de hoeveelheid afval per geproduceerde kWh. De kunst is nu ervoor te zorgen dat deze ontwikkelingen ook voor andere partijen dan nationale overheden interessant worden.

Aliki van Heek



Massale stroomuitval schudt India wakker

Eind juli legde een enorme stroomuitval half India lam nadat binnen twee dagen het elektriciteitsnetwerk in het noorden van India tweemaal uitviel. Bij elkaar kwamen ongeveer 670 miljoen mensen zonder stroom te zitten. Bedrijven, spoorwegen en honderden miljoenen mensen waren verstoken van elektriciteit. Ook Delhi met zeventien miljoen inwoners werd door de storing getroffen.

India staat voor extreme uitdagingen met een sterk groeiende bevolking, een snel groeiende economie en een volstrekt verouderde (elektriciteits) infrastructuur van met name het landelijke net. Ondertussen worstelen distributiebedrijven met schulden en bedragen de verliezen in het elektriciteitsnet zo'n 27 procent. Het illegaal aftappen van elektriciteit is daarbij een groot probleem. In sommige regio's is dat zelfs een verlies van zeventig procent.

Tijdens het overheidsproject 'Energy for All' zijn in de afgelopen jaren 105.000 dorpen aangesloten op het

elektriciteitsnet en kregen 19,7 miljoen huishoudens die onder de armoedegrens leven, gratis elektriciteit. Er werd ondertussen 22.500 MWe aan fossiele opwekkingscapaciteit gebouwd en tot 2017 komt daar nog eens 55.000 MWe bij.

Kernenergie speelt een kleine, maar zeer strategische rol. De technologie is goed voor 3,7 procent van het bestaande vermogen. Uitgebreide nieuwbouwplannen zijn erop gericht dit te verhogen naar 25 procent in 2050. Het land stopt met het bouwen van kleinere nucleaire eenheden. De grootte van deze eenheden werd bepaald aan



Electriciteitsnetten in India

de hand van opnamecapaciteit van het elektriciteitsnet. Op deze wijze zijn destijds twintig eenheden gebouwd met een gezamenlijke productiecapaciteit van 4.385 MWe. Met de inbedrijfstelling van de twee door Rusland geleverde VVER-1000 eenheden in Kudankulam is aan deze policy een einde gekomen. India wil nog een aantal van deze eenheden bouwen en bovendien eenheden importeren van andere leveranciers, zoals de EPR van AREVA, AP1000 van Westinghouse en de GE-Hitachi ABWR.

WNN

Licentie bouwrijp maken terrein voor Canadese kerncentrale

Canadese toezichthouders hebben toestemming gegeven om een terrein geschikt te maken voor de bouw van nieuwe kerncentrales op de locatie bij Darlington in Ontario. Het is de eerste licentie in zijn soort in Canada sinds een kwart eeuw.

De toestemming die op 17 augustus werd afgegeven, is voor tien jaar geldig. De licentie houdt in dat de Ontario Power Generation (OPG) voorbereidende bouwactiviteiten mag ontplooiën zoals het ruimen en bouwrijp maken van het terrein dat zich direct naast de bestaande Darlington-centrale bevindt. Het besluit is genomen door een speciaal in het leven geroepen beoordelingscommissie

(2009) van de Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC). Het besluit betreft het maken van een milieu-evaluatie en geeft toestemming tot de voorbereiding van de bouw. Eerder dit jaar is de Canadese regering al akkoord gegaan met het rapport van deze commissie. De leden kwamen tot het oordeel na het horen van bijna driehonderd vragenstellers tijdens openbare hoorzittingen, veertien ministeriële

departementen en de OPG zelf. "Het is een belangrijke mijlpaal in de nucleaire historie van Canada", aldus commissievoorzitter Alan Graham, die het proces omschreef als open en transparant. SNC Lavalin/Candu Energy Inc en Westinghouse hebben twaalf maanden gekregen om aan de gedetailleerde plannen voor de bouw van twee reactoren, respectievelijk de Enhanced Candu 6 en de AP1000, te werken en te rekenen. Het is de regering van Ontario die de uiteindelijke keuze voor een bouwer maakt.

WNN

Kernenergie biedt opstap naar onderzoek in de ruimte

Terwijl de wereld zich verbaast over de prachtige beelden die de NASA-marsverkenner Curiosity naar de aarde stuurt, zijn er maar weinig mensen die zich realiseren dat de verkenner wordt aangedreven door kernenergie. Met de inzet van innovatieve nucleaire technieken komt een nieuw tijdperk in het ruimteonderzoek in zicht voor verkenners op mars, de maan en voor de elektriciteitsopwekking op toekomstige buitenaardse bases en raketaandrijvingen.

NASA heeft succesvolle testen gerapporteerd van elektriciteitsopwekking en koeling met behulp van kernenergie. De ruimtevaartorganisatie hoopt een dergelijk systeem in te kunnen zetten op de maan rond 2020. Terwijl de Curiosity (zie artikel op de pagina's 7/8) 'draait' op de warmte die vrijkomt door het verval van plutonium in combinatie met thermokoppels, gebruikt de toekomstige maanverkenner een kleine splijtingsreactor die een mengsel van vloeibaar natrium en kalium verhit. Het temperatuurverschil tussen dit mengsel en de buitentemperatuur drijft een stirlingmotor aan met een 50 kWe generator. Zo'n honderd vierkante meter aan radiatoroppervlak moet de overtollige proceswarmte door middel van warmtestraling naar de ruimte afvoeren. Het systeem is zeer efficiënt en robuust en kan tenminste acht jaar zonder bediening en onderhoud functioneren. Ruimtemissies hebben tot nu toe gebruik gemaakt van een range van energiebronnen. Chemische energie voor raketvoortstuwing, zonne-energie met batterijen voor systemen met gering vermogen, systemen gebaseerd op het verval van radio-isotopen voor nog geringer vermogen en voor toepassingen om schade te voorkomen in de koude ruimte. Het grootste vermogen (100 kWe) tot nu toe wordt in het internationale ruimtestation ISS gegenereerd. Satellieten of verkenners gebruiken tot 25 kWe, meestal

opgewekt door zonnecellen. Een splijtingsreactor kan langere tijd een constante hoeveelheid energie leveren zonder dat gebruik gemaakt wordt van zonlicht en zware batterijen. Een maanbasis heeft veel vermogen nodig voor onder andere de voeding van computers, voor levensonderhoud en de verhitting van gesteente om er de noodzakelijke zuurstof en waterstof uit te verkrijgen. De maan is tot wel veertien dagen achtereen donker en Mars is zoveel verder van de zon dat zonne-energie onvoldoende is om een marsbasis van energie te voorzien. Om deze reden wordt kernenergie door de NASA als een opstap gezien om verder te gaan met bemande ruimtevaart. Het meest uitdagende van alle projecten is wel het Russische project voor een met kernenergie aangedreven raket. Al in de zestiger jaren van de vorige eeuw werd in onderzoek naar raketten, die met kernenergie worden aangedreven, gebruik gemaakt van kleine splijtingsreactoren die waterstof verhitten en daarna uitstoten om hiermee een voorwaartse stuwkracht te verkrijgen. De radiologische consequenties hebben dit project destijds doen stoppen. Het idee dat nu nader wordt onderzocht is om een kleine gasgekoelde splijtingsreactor aan boord van de raket een turbine te laten aandrijven die dan elektriciteit produceert voor een plasma-stuwkraket.

WNN, NASA



Grote order AREVA voor levering uranium aan VAE

Op 15 augustus hebben de Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) uit de Verenigde Arabische Emiraten (VAE) en het Franse nucleaire concern AREVA een contract ondertekend voor de levering van verrijkt uranium. In het contract is bepaald dat AREVA de kerncentrales in Barakah die op dit moment in aanbouw zijn, van uranium zal voorzien voor een periode van acht jaar. Volgens het nucleaire programma van de VAE worden de eerste twee van de vier te bouwen reactoren in 2017 en 2018 in gebruik genomen, afhankelijk van toestemming van de toezichhoudende instantie. Luc Oursel, president en chief executive officer bij AREVA: "Wij zijn zeer verheugd dat ENEC ons deze sleutel tot ingebruikname van hun eerste kerncentrales heeft toevertrouwd. De levering van kwalitatief hoog uranium draagt bij aan een verzekerde lange termijn beschikbaarheid van brandstof naar de VAE."

De vier centrales gaan voor een substantiële bijdrage in de elektriciteitsvoorziening zorgen. In 2020 wanneer alle reactoren in bedrijf zijn, is het aandeel met kernenergie opgewekte elektriciteit geraamd op vijftig procent van de binnenlandse behoefte in de VAE. Tegen die tijd zal het totale verbruik 40 GWe bedragen, tegen 15,5 GWe op dit moment.

The Fukushima accident and the future of nuclear energy in Europe



On March 11, 2011 the earthquake and tsunami near mainland Japan caused a major nuclear accident in the Fukushima Daiichi nuclear power plants. The destruction was large and iodine prophylaxis and large scale evacuation were needed to protect the public

and workers. The accident made European and other regulators require nuclear plant operators to conduct safety margin tests ('stress tests') to assess the performance of their installations under severe conditions. Now almost two years after the accident not only insider information has become available about the accident and the mitigation measures taken, also the impact of the accident on our global energy supply has become visible. Some countries abandoned nuclear energy, while others just postponed new build plans to (re) assure their safety case. More than ever, the choice for nuclear energy is evident but controversial at the same time. At this symposium four distinguished speakers from abroad will present the latest results of the studies into the cause and consequences of the accident, and the role nuclear energy can (continue to) play in Europe.

**Friday November 23,
2012 KIVI NIRIA,
Prinsessegracht 23, The Hague**

Program:

- 10:00 Registration, coffee**
10:30 Prof. Dr. Wilfred van Rooijen, Research Institute of Nuclear Engineering, University of Fukui, Japan, "The Fukushima nuclear accident and radiological consequences"
11:30 Prof. Dr. Hisashi Ninokata, Tokyo Institute of Technology, Japan, "Responses taken to fight the nuclear accident and to mitigate the consequences"
12:30 Lunch
13:30 Dr. Oskar Grözinger, former head of the Nuclear regulator of Baden-Württemberg, Germany, "European nuclear stress test – Peer review process and results"
14:30 Dr. Ute Blohm-Hieber, European Commission, Luxembourg, "European energy scenarios and the role of nuclear energy towards 2050"
15:30 Coffee break
16:00 Panel discussion
16:45 Drinks

The symposium is free for members of KIVI NIRIA, the Netherlands Nuclear Society (NNS) and KernVisie.

For others the entrance fee is 50 Euro, lunch and coffee included.

Registration before November 14 via the KIVI NIRIA website

WWW.KIVINIRIA.NL (click on "Activiteiten"). Places are limited so it is advised to register as soon as possible. For more information, please contact the secretariat of the NNS, Ms. Petra van Schaik, Tel: 0224-564091, E-mail: vanschaik@nrg.eu

Colofon

Jaargang 7, nummer 04
September 2012

KernVisie verschijnt tweemaandelijks
Oplage 2200 ex

Grafische realisatie

De OntwerpStek.nl, Den Helder

Tekstproducties

Sherpa en de Fries
communicatiebureau, Renkum.
tenzij anders vermeld

Bestuur van de Stichting Kernvisie

Ir. A.M. Versteegh, *voorzitter*
 Ir. G.H. Boersma, *secretaris*
 Ir. E.W. Schuuring, *penningmeester*
 Ir. J.C. van Cappelle
 Dr. F.C. Klaassen
 Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld
 Ir. G.C. van Uitert

Bankrekening 6851370,
t.n.v. Kernvisie, Foundation for
Nuclear Energy te Zwijndrecht.

Redactie KernVisie

Ir. G.H. Boersma
 Ir. P.J. van der Hulst
 Dr. F.C. Klaassen
 Ir. B.J. Visser

Redactie adres

Notarisappel 37, 6662 JN Elst
 Telefoon: 0481-841156
 E-mail: kernvisie@kernvisie.com
 Internet: www.kernvisie.com

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.