

KERNVISIE MAGAZINE

**» BELGISCHE ONDER-
ZOEKSREACTOR KLAAR
VOOR DE TOEKOMST**

**» ZONNEWIJZER
VOOR OPSLAG
VERARMDE URANIUM**

**» NEW YORK KIEST
VOOR CLEAN ENERGY
INCLUSIEF KERNENERGIE**

**MARLIES HOEDEMAKERS:
40 JAAR DIPLOMATIE
EN DESKUNDIGHEID**

COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

JAARGANG 11, NUMMER 5, OKTOBER 2016
KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEAANDELIJKS
OPLAGE 2200 EX

ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE

StudioHusken.nl, Den Helder

BESTUUR STICHTING KERNVISIE

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter
Ir. G.H. Boersma, secretaris
Ir. E.W. Schuuring, penningmeester
Drs. J.J. de Jong
Ir. J.C.L. van Cappelle
Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld
Ir. G.C. van Uiter

REDACTIE KERNVISIE

Ir. G.H. Boersma
M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)
E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)
Dr. Ir. A. van Heek
I. van Kessel (Irene van Kessel Fotografie)

REDACTIE ADRES

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen
Telefoon 026-2130214
E-mail: kernvisie@kernvisie.com
Internet: www.kernvisie.com
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70,
t.n.v. Kernvisie, Foundation for Nuclear Energy te
Zwijndrecht.

OP DE COVER

Marlies Hoedemakers - © 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

NUCLEAIRE ONDERHANDELINGEN: GEDULD, DIPLOMATIE EN ZORGVULDIGHEID



Nucleaire technologie wordt met veel zorg en veiligheidsmaatregelen omgeven. Ook de internationale afspraken over de toepassingen en export van nucleaire kennis vragen om zorgvuldigheid en juiste expertise naast diplomatie en een hele lange adem. Dat weet Marlies Hoedemakers als geen ander. Na 40 jaar neemt ze afscheid van het ministerie van Economische Zaken nadat ze een indrukwekkende carrière heeft opgebouwd als 'Madame Nucléaire des Pays-Bas' in de internationale nucleaire verdragswereld. Ik ken Marlies heel goed en heb in de loop der jaren een zeer goede en vriendschappelijke relatie met haar op mogen bouwen. Ze blikt terug op de vele onderhandelingen waarbij het vaak jaren duurde voor handtekeningen konden worden gezet. En dan duurde het soms nog langer voordat het lint kon worden doorgeknipt voor een nieuwe faciliteit. Ook bij de COVRA wordt begin volgend jaar het lint doorgeknipt: voor het VOG2, de nieuwe opslag voor verarmd uranium. Wat nu nog een lege betonnen loods is, zal over een paar maanden niet alleen een opslagfaciliteit zijn maar ook een gigantisch kunstwerk. Bovendien zal het in maart onderdak bieden aan de PIME-conferentie, de jaarlijkse bijeenkomst voor internationale nucleaire communicatieprofessionals. Voor het eerst spreken zij over nucleaire communicatie in een nucleair gebouw. Voor het zover is, moet er nog heel wat werk worden verzet, al zal dit niet zo lang duren als de onderhandelingen die Hoedemakers voerde over het Verdrag van Washington, Parijs of Cardiff. Marlies, het ga je goed!

André Versteegh
voorzitter Stichting Kernvisie

INHOUD

MAATSCHAPPIJ

MARLIES HOEDEMAKERS: 40 JAAR DIPLOMATIE EN DESKUNDIGHEID

Marlies Hoedemakers neemt na 40 jaar afscheid van het Ministerie van Economische Zaken. Decennialang vertegenwoordigde ze Nederland in de onderhandelingen over mondiale nucleaire verdragen.



P04

MEDISCH

GEÏNTEGREERDE MEDISCHE BEELDVORMING ESSENTIEEL BIJ BEHANDELING HARTPATIËNTEN

Interdisciplinaire samenwerking tussen medisch personeel is van groot belang voor de behandeling van hartpatiënten. Dit was de unanieme uitkomst bij de IAEA Internationale Conferentie geïntegreerde medische beeldvorming bij cardiovasculaire ziekten.

P16

ENERGIE

REUSACHTIGE ZONNEWIJZER VOOR OPSLAG VERARMDE URANIUM

Ruim een jaar nadat de eerste paal werd geslagen, is het dak dicht van het VOG2, het tweede gebouw op het terrein van de COVRA voor de opslag van verarmde uranium.



P18

P07 ENERGIE

De investering voor Hinkley Point C valt binnen kostenplaatje andere technologieën. Dit blijkt uit een evaluatie van de Britse regering en een rapport van de IAEA.

P12 INBEELD

In de VS is Unit 2 van de Watts Bar-kerncentrale opgeleverd. Het is daarmee de eerste nieuwe kernreactor in de VS die in deze eeuw in gebruik genomen is.

P15 MAATSCHAPPIJ

Staat New York kiest Clean Energy Standard om CO₂-reductie te halen; de sluiting van emissievrije kerncentrales is hierin opgenomen.

P17 GASTCOLUMN

Gastcolumnist Salomon Kroonenberg over natuurlijke kernreactoren.



➤ P08 MAATSCHAPPIJ

GESLAAGD ONDERHOUD BR2 GARANDEERT PRODUCTIE MEDISCHE ISOTOPEN

Een interview met reactor manager BR2 dr. ir. Steven Van Dyck over de grondige onderhouds- en moderniseringsslag van de Belgische onderzoeksreactor.



MAATSCHAPPIJ

➤ **MARLIES HOEDEMAKERS:
40 JAAR DIPLOMATIE
EN DESKUNDIGHEID**

Marlies Hoedemakers neemt na 40 jaar afscheid van het Ministerie van Economische Zaken. Decennialang vertegenwoordigde ze Nederland in de onderhandelingen over mondiale nucleaire verdragen. Ze kijkt terug op een indrukwekkende loopbaan waarin haar bescheidenheid en diplomatieke vaardigheid internationaal werd gewaardeerd. “Mijn bijnaam was Madame Nucléaire des Pays-Bas.”

Hoedemakers begon haar carrière in Leuven, waar ze Internationaal en Europees recht studeerde. Toen na de afronding van haar studie haar toenmalige partner terugkeerde naar Nederland, ging ze mee en solliciteerde ze bij het Ministerie van Economische Zaken naar een algemene beleidsfunctie. “In die tijd kon je als buitenlandse alleen in vaste dienst komen wanneer je de Nederlandse nationaliteit aannam”, vertelt ze. “En ik dacht, ach wat maakt het uit of ik een blauw of een rood paspoort heb. Dus ben ik Nederlandse geworden.” Ze kwam te werken bij de Directie Mededinging waar ze zich bezighield met kartels en internationale prijsafspraken. In die functie was ze ook lid van de EU-landbouwcommissie, het Comité Special Agriculture. “Ik vertegenwoordigde de belangen van Nederland als lidstaat en voerde onderhandelingen over bijvoorbeeld de melkquota, de prijzen van de wijn of biobrandstofgewassen”, legt ze uit. “Daar kwam ik erachter dat het onderhandelen mij erg lag. Het spel van onderhandelen, het geven en nemen, dat trok mij aan.”

INTERNATIONAAL

In 1987 kwam Hoedemakers voor het eerst in aanraking met ‘nuclear’ toen ze bij de Directie Elektriciteit ging werken waar ze zich al snel richtte op het nationale en internationale kernenergiebeleid. Het was het jaar na Tsjernobyl. De kernramp bracht internationaal een brede maatschappelijke

discussie op gang over veiligheid van kerncentrales. “Na de ramp kwamen er hulpacties op gang, maar er bleek weinig op papier te staan over de coördinatie of uitvoering hiervan”, vertelt Hoedemakers. In reactie hierop werd het verdrag Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency gesloten. Dit verdrag geeft een internationaal kader voor samenwerking tussen lidstaten onderling en met de IAEA bij nucleaire ongevallen of incidenten met radioactieve stoffen. Zo verplichten de lidstaten zich om bij een ongeval aan de IAEA te melden welke deskundigen of wat voor apparatuur en andere materialen ze beschikbaar hebben voor het verlenen van bijstand. De IAEA op zijn beurt coördineert als centraal punt de hulpacties en informatievoorziening. Hoedemakers was nauw betrokken bij de onderhandelingen waarbij ze de belangen van lidstaat Nederland vertegenwoordigde.

LEERMEESTER

Eén van de eerste dossiers ging over URENCO. Hoedemakers: “Er waren kritische vragen over het door URENCO verrijkte uranium dat uit Namibië afkomstig zou zijn. Dat was toen nog een Zuid-Afrikaans protectoraat dus dat lag heel gevoelig. We hebben toen duidelijk gesteld dat URENCO een dienstverlener is en dat de afkomst van het uranium een verantwoordelijkheid is van de elektriciteitsleveranciers die het uranium bij

URENCO aanleveren.” Hoedemakers was ook verbonden met URENCO door haar werk in het Joint Committee (JC) van URENCO. Deze bestaat uit vertegenwoordigers van de overheden van Nederland, Groot-Brittannië en Duitsland en is belast met het toezicht op het bedrijf. Urenco verwerkt immers een grondstof met behulp van een technologie waarvan uiteindelijk ‘kernwapens’ zouden kunnen worden gemaakt. De leden van het JC worden benoemd door de ministers van de betrokken landen. Hoedemakers was de secretaris van de Nederlandse delegatie en was in die functie betrokken bij de onderhandelingen voor het Verdrag van Washington. In dit verdrag werden de afspraken vastgelegd voor de export van de verrijkingstechnologie naar de Verenigde Staten. “Ik werkte onder Jacques de Jong, hij heeft mij het handwerk van het onderhandelen bijgebracht. Hij had een groot internationaal netwerk en veel ervaring.” Tegenwoordig werkt De Jong als Senior Fellow bij het Clingendael International Energy Program. Ze bewaart goede herinneringen aan de tijd dat ze met hem samenwerkte. “Jacques heeft me de kunst van het onderhandelen bijgebracht, hij was voor mij een grote leermeester en heeft me wegwijs gemaakt in de internationale nucleaire verdragswereld.”

VERDRAG VAN CARDIFF

In latere jaren bekleedde Hoedemakers de functie van delegatieleider en leidde zo de onderhandelingen over de samenwerking tussen AREVA en URENCO. Dit leidde tot de oprichting van de Enrichment Technology Company (ETC). Net als bij het verdrag van Washington ging het om de overdracht van de ultracentrifugetechnologie, dit keer naar de Franse markt. Die overdracht geschiedde als een zogenaamde black box: “AREVA mocht de technologie gaan gebruiken maar tegelijkertijd moest de kennis worden beschermd. Daarnaast was het een vereiste van de Europese Commissie dat de concurrentie op gebied van verrijking niet in het geding mocht komen. Bedrijven ►

mochten dan wel gebruik maken van dezelfde technologie, ze moesten onderling blijven concurreren om zo de consument een eerlijke prijs te kunnen garanderen." Uiteindelijk resulteerden de onderhandelingen in het Verdrag van Cardiff, maar het duurde jaren voor het zover was. Onderhandelingen zijn langdurige processen die veel geduld en tact vergen. "Eerst moet er afstemming zijn binnen het Joint Committee over de onderhandelingspositie. Dat betekent dat we om de tafel moeten met Groot-Brittannië en Duitsland", legt Hoedemakers uit. "Daarna beginnen pas de onderhandelingen met de Fransen." De Fransen waren geduchte tegenstanders in de onderhandelingen. "Ze zijn ontzettend scherp met een gedegen dossierkennis en hebben allemaal een École Supérieure opleiding", memoreert Hoedemakers. "Na drie jaar waren de onderhandelingen afgerond en moesten alleen de handtekeningen van de ministers nog worden gezet. Dit duurde zo lang dat uiteindelijk de toenmalige minister Brinkhorst van Economische Zaken het document in zijn tas heeft gestopt en meegenomen heeft naar een informeel ministersoverleg in Cardiff alwaar het tussen de bedrijven door is getekend. En zo is het verdrag over de export van de technologie naar Frankrijk vernoemd naar een kustplaats in Wales."

Niet alleen het langdurige onderhandelingsproces vraagt geduld, ook kan het soms jaren duren voordat het resultaat van de onderhandelingen zichtbaar wordt. Zo werd het Verdrag van Washington in 1993 gesloten maar ging het in de ijskast tot 2008. "Dat had te maken met het inklinken van de markt voor uranium in de Verenigde Staten", licht Hoedemakers toe. "De VS kwam tot een akkoord met Rusland over het terugdringen van kernwapens en de ontmanteling daarvan zorgde voor een toevoer van uranium als brandstof. Pas na afloop van die akkoorden waren er weer mogelijkheden voor de markt." Dus hoewel de handtekeningen al in 1993 waren gezet, werd het lint voor de nieuwe URENCO-fabriek in Hobbs, New Mexico

pas in 2010 doorgeknipt. Door Marlies Hoedemakers. "Dat was een moment waar ik wel heel erg trots op ben. Ik stond zelf aan de wieg van de tot standkoning van het verdrag en ervoer het als een eer om uiteindelijk tussen al die mannen, waaronder de senator Pete Dominici, de fabriek te mogen openen."

BEKRONING

De nationale en internationale sector was veelal een mannenwereld waar Hoedemakers zich evenwel prima staande hield. Ze werd zelfs in 2014 unaniem gekozen als de eerste vrouwelijke voorzitter van de Nuclear Energy Agency's Steering Committee for Nuclear Energy in Parijs. Die functie werd voor die tijd bekleed door de Amerikaan Dick Stratford. Ze spreekt met bewondering over hem. "Dick Stratford is de eminence grise in de internationale nucleaire wereld. Bij alle onderhandelingen waar de Verenigde Staten bij waren betrokken was hij de delegatieleider, een man met zeer veel kennis en overwicht. Streng ook. Ik was dan ook zeer verrast en vereerd toen hij me benaderde na afloop van een vergadering en zei: "Marlies, ik wil stoppen en er is er maar één die mij kan opvolgen en dat ben jij. Dat voorzitterschap zie ik nog steeds als een bekroning op mijn carrière, samen met mijn voorzitterschap van het Advisory Committee van het Euratom Supply Agency."

Gevraagd naar het geheim van haar succes als onderhandelaar antwoordt ze voorzichtig: "Ik denk dat ik een voordeel heb van mijn Belgische afkomst, wij zijn van nature minder direct. En ik beweeg me gemakkelijk in internationale gezelschappen." Met de jaren heeft ze ook een goed beeld gekregen van haar onderhandelingspartners. "Fransen blonken uit in dossierkennis, ze wisten alles van A tot Z. In onderhandelingen met Britten moest je goed luisteren of een ja ook echt een ja was, ze wilden vooral niemand voor het hoofd stoten. Duitsers vonden het lastig om te improviseren en de Amerikanen waren gewiekst. Die kwamen ook altijd met een batterij mensen naar de onderhandeling en aan het eind moest je dan goed je vingers

natellen", lacht ze. Het meest uitdagend waren de gesprekken met Japanse delegaties. "Heel ondoordringend en alles duurde altijd heel lang." Maar in alle gevallen was een lange adem essentieel. "Je moet geduld hebben."

UNIEKE TECHNOLOGIE

Het feit dat de Nederlandse nucleaire sector bedrijven als URENCO en ETC in zijn midden had, zorgde er volgens Hoedemakers voor dat Nederland een internationaal profiel had in de onderhandelingen. "Het is een unieke én gevoelige technologie die met alle mogelijke waarborgen moet worden omgeven. Het was mijn taak om te kijken wat de internationale regels voor gevolgen hebben voor URENCO, ETC en de Nederlandse nucleaire sector." Dat die aanpak in de onderhandelingen succesvol was, bleef niet onopgemerkt. "Bij de IAEA was in 2005 een discussie gaande over gegarandeerde toegang tot nucleaire brandstof. De toenmalige Director General El Baradei heeft URENCO toen al genoemd als excellent voorbeeld avant la lettre van een internationale samenwerking op een gevoelig nucleair gebied." Hoedemakers is ook van mening dat Nederland best trots kan zijn op zijn nucleaire sector. "Nederland wordt gezien als een serieuze nucleaire partner. Dat komt ook door de aanwezigheid van de Hoge Flux Reactor en het Reactor Instituut Delft", is haar overtuiging. "Ons onderzoek staat hoog aangeschreven, studenten over de hele wereld komen naar Nederland om een nucleaire opleiding te volgen dan wel onderzoek te doen. Dat is voor de toekomst iets om ons op te focussen, we hebben echt iets waardevols." Voor Hoedemakers is nu een eind gekomen aan veertig jaar EZ en vele jaren internationaal onderhandelen. Ze kijkt met plezier terug op haar carrière en onderhoudt nog altijd contacten met oud-collega's over de hele wereld. Aan het eind van het gesprek schiet haar nog iets te binnen. Lachend: "Vreet je wat mijn bijnaam was? Madame Nucleaire des Pays-Bas." **K**

Ellen Jelgersma



© Shutterstock

➤ DE INVESTERING VOOR HINKLEY POINT C VALT BINNEN KOSTENPLAATJE ANDERE TECHNOLOGIEËN.

Hinkley Point C (HPC) valt wat betreft de investering binnen de reikwijdte van kosten voor alternatieve grootschalige low-carbon technologieën vanaf 2020. Met de zogenaamde 'strike price' of uitoefenprijs van 105 euro per MWh bevindt HPC zich aan de onderzijde ten opzichte van andere technologieën. Dit blijkt uit een evaluatie die door de Britse regering is opgesteld. Een onlangs verschenen rapport van de IAEA komt in grote lijnen overeen met de Britse beoordeling.

De beoordeling of de investering echt 'waar voor zijn geld' is geeft vergelijkbare kostenanalyses voor commerciële CCS (carbon capture and storage ,88 - 284 euro per MWh), windenergie op zee (93 - 150 euro per MWh) en gasturbines (44 - 110 per MWh).

HPC komt in vergelijking met grootschalig opgesteld PV-vermogen en windturbines op land wel boven het investeringsbereik. Maar om zonne-energie en wind op land dezelfde hoeveelheid stroom te laten produceren als de geplande AREVA EPR-units gaan opwekken, zou aanvullende grootschalige investeringen vergen om het net aan te pakken in combinatie met voorzorgsmaatregelen om het energiesysteem in balans te houden.

De beoordeling van de Britse overheid vertoont overeenkomst met een onlangs verschenen rapport van de IAEA waarin wordt gesteld dat de gemiddelde kosten voor nieuw nucleair de laagste zijn in vergelijking met andere energietechnologieën

waaronder wind- en zonne-energie. Volgens het rapport is er een "aanzienlijke overlap" in de marge van gemiddelde leverized costs of electricity (LCOE) ofwel vereffende kosten geproduceerd door verschillende technologieën. Het hanteren van LCOE is een methode waarmee wordt gepoogd verschillende soorten van elektriciteitsopwekking te kunnen vergelijken op een vergelijkbare basis. Het is de economische inschatting van de gemiddelde totale kosten van een energiecentrale (bijvoorbeeld wind- of PV-park, kolen- of kerncentrale) te bouwen en in bedrijf te houden gedurende zijn technische levensduur gedeeld door de totale hoeveel geproduceerde energie over diezelfde periode. De LCOE geeft dan ook de lange termijnprijs waarvoor de stroom die door een centrale of windpark wordt geproduceerd, moet worden verkocht om de investeerder uit de kosten te laten komen. In het rapport Climate Change and Nuclear Power 2016 komt de IAEA op een LCOE voor de bouw van een nieuwe kerncentrale op een marge die ligt tussen de 35 en 90 euro per MWh. Dat is lager dan de strikeprice van 105 euro die de Britten hebben afgesproken, maar dat betreft dan ook de specifieke bouw van één kerncentrale. Daar staat tegenover dat de LCOE voor bijvoorbeeld wind op zee tussen de 116 en 241 euro per MWh aangeeft, waar de Britten een marge van 93 tot 150 euro aanhouden.

Het IAEA-rapport geeft twee factoren in het bijzonder die een uitdaging zijn voor nieuwe kerncentrales: de hoge aanvangsinvestering in het totaal van operationele kosten en de grote projectomvang. Dit betekent dat de financiering die nodig is voor een enkel project veel hoger is voor kerncentrales dan voor andere technologieën, behoudens sommige zeer grote waterkrachtcentrales en kolencentrales. Aansluitend zijn investeerders voorzichtig voor de bijkomende risico's omdat zelfs de balansen van de grootste elektriciteitsbedrijven ter wereld op de proef worden gesteld om zich in dergelijke grote projecten te steken. Hinkley Point C is wat dat betreft een heel duidelijk voorbeeld. Maar eenmaal gebouwd zullen kerncentrales normaal gesproken zeer lage bedrijfskosten kennen en zijn er hoge marges te verdienen op de elektriciteitsmarkt, aldus het rapport. **K**



SCK•CEN. Used by permission

GESLAAGD ONDERHOUD BR2 GARANDEERT PRODUCTIE MEDISCHE ISOTOPEN

De Belgische onderzoeksreactor BR2 in Mol heeft een grondige onderhouds- en moderniseringslag ondergaan die ruim een jaar in beslag heeft genomen. Volgens reactor manager BR2 dr. ir. Steven Van Dyck lag het zwaartepunt van de geslaagde operatie bij de vervanging van het hart van de reactor: de beryllium matrix. Nu de onderhoudslag achter de rug is, kan de BR2 in de komende tien jaar, waarin andere onderzoeksreactoren wereldwijd mogelijk hun activiteiten moeten staken, medische isotopen blijven produceren.

De BR2 of Belgian Reactor 2 is één van de krachtigste onderzoeksreactoren ter wereld. Hij wordt gebruikt voor splijfstof- en materiaaltesten voor diverse reactortypes en voor het Europese fusieprogramma. De reactor is ook erg belangrijk in de productie van radioisotopen voor medische en industriële toepassingen en voor siliciumdopering bestemd voor de elektronica-

industrie. Onlangs werd een grondig onderhoudswerk en een modernisering afgerond. Van Dyck: "Het kritische pad van de operatie was de vervanging van de beryllium matrix, het hart van de reactor en rond de uitvoering van dergelijk werk vinden doorgaans ook direct andere verbeteringen en grootonderhoud plaats." Tegelijk zijn er nog een aantal preventieve onderhoudsacties

➤ *Mock-up van de BR2 – als de onderdelen in de modelkuip passen, passen ze ook in de reactor*

en modernisering uitgevoerd. Inclusief de upgrade die eind jaren 60 plaatsvond, is het de vierde grote onderhouds- en vernieuwingsoperatie voor de BR2. Het was de derde keer dat ook de matrix werd vervangen. Van Dyck legt uit dat bij veel reactoren zoals bij kerncentrales wanneer eenmaal de splijfstofstaven zijn verwijderd de kern praktisch leeg is, maar dat is hier niet het geval. "Bij de BR2 is de kern niet een vat gevuld met water waar de splijfstofstaven in kunnen worden gebracht maar een kern die bestaat uit een beryllium matrix waarin de splijstofelementen, controlestaven en experimenten zijn opgenomen. Dus als je de elementen eruit haalt, blijft er nog een substantiële hoeveelheid materiaal in de kern achter." De matrix zelf is opgebouwd uit 79 zeskantige prisma's waarin 64 boringen een diameter van 84 millimeter hebben en 5 kanalen een boring kennen van 200 mm ➤

HET KRITISCHE PAD VAN DE OPERATIE WAS DE VERVANGING VAN DE BERYLLIUM MATRIX, HET HART VAN DE REACTOR. ROND DE UITVOERING VAN DERGELIJK WERK VINDEN DOORGAANS OOK DIRECT ANDERE VERBETERINGEN EN GROOTONDERHOUD PLAATS.

(er zijn ook 10 kanalen van 50mm). Maar die zijn vanwege de grote diameter zelf ook weer opgebouwd uit zes delen. De blokken zelf zijn ongeveer één meter lang. De doorsnede van de gehele matrix is ook ongeveer een meter.

CHINESE PUZZEL

De prisma's zijn geproduceerd en geleverd door Materion Performance Alloys and Composites uit de VS, dat ook het beryllium voor de vorige vervangingen leverde. "Het gaat om de productie van unieke elementen waarvan het proces overigens geheel door de toezichthouder FANC wordt gevolgd", licht Van Dyck toe. De toleranties zijn uiterst miniem. De 79 prisma's moeten naadloos in de matrix passen die uiteindelijk uit 91 onderdelen is opgebouwd. De 'vrije' ruimte tussen die onderdelen is volgens Van Dyck minder dan 0,1 millimeter: "Het is eigenlijk

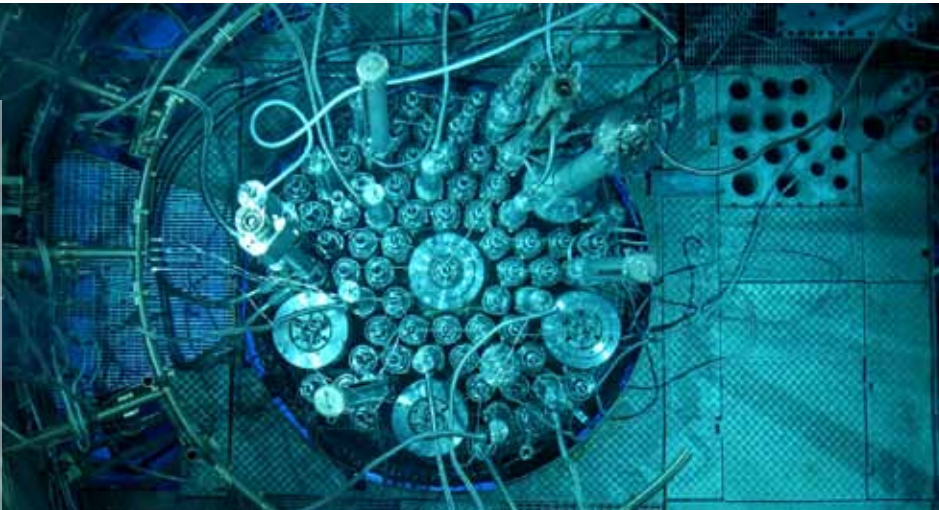
een soort complexe Chinese puzzel. Om er met die kleine toleranties zeker van te zijn dat alles past, hebben we in een niet nucleaire zone een mock-up staan. Mocht er iets niet goed zijn dan kan je het onderdeel nog mechanisch corrigeren. Wanneer je voor verrassingen komt te staan in de nucleaire zone zit je met potentieel radioactieve onderdelen en dat maakt ingrijpen een stuk lastiger." De modelkuip is zodanig gevalideerd dat als het daar past, het ook past in de BR2. Het 'oude' beryllium dat uit de reactor komt, wordt eerst geconditioneerd bovengronds opgeslagen in de nationale opslag van België waarna het voor geologische eindberging in aanmerking komt.

PREVENTIEVE VERVANGING

Het grootonderhoud kwam niet zomaar uit de lucht vallen. De BR2 is net zoals alle

grote nucleaire infrastructuur in België onderworpen aan tienjaarlijkse evaluaties van de veiligheid. Ter voorbereiding van de laatste evaluatie startte het SCK•CEN een systematische doorlichting van de complete installatie. Hierin werd een risicoanalyse gemaakt van alle structuren, systemen en componenten in de BR2, met bijzondere aandacht voor de impact van veroudering op de veiligheid. Daarnaast werd ook het effect van veroudering op de beschikbaarheid en efficiëntie van de BR2 in kaart gebracht. Zo worden de beryllium blokken continu bestraald. De hoge neutronenflux beïnvloedt de materiaaleigenschappen van het materiaal nadelig waardoor het sneller verouderd. Na het groot onderhoud van 1978 is in 1980 dan ook een dosislimiet vastgesteld voor het beryllium dat zich in de kern van de reactor bevindt. Dat was volgens





✦ *Reactor BR2 behoort tot de krachtigste en meest flexibele onderzoeksreactoren ter wereld.*

Van Dyck overigens niet een limiet die bij de bouw van de reactor was gedefinieerd maar door voortschrijdend inzicht is vastgesteld. In 1995 vond ook grootschalig onderhoud plaats en zijn bijna alle onderdelen vervangen. Bij het grootonderhoud dat onlangs is opgeleverd, is de matrix echter vervangen bij een lagere limiet. Van Dyck: "Wij hebben die keuze gemaakt voor een preventieve vervanging op basis van de tienjaarlijkse veiligheidsevaluatie. Eén van de aspecten van die analyse is te kijken naar de veroudering van de installatie. De conclusies van de studie voorzagen dat een aantal onderdelen eerder zou moeten worden vervangen dan het tienjarige schema aangaf. We hebben er dus voor gekozen om alle onderdelen in één operatie uit te voeren en dat is nu gebeurd." Als was gewacht tot einde 'limiet' van de matrix had de BR2 over vijf jaar weer geheel moeten worden stilgelegd en dat is, met name voor de klanten van de BR2, niet wenselijk. "We starten nu met een installatie waarvan alle onderdelen voor de komende tien jaar binnen de vergunning vallen." Van Dyck wijst er op dat het ook een beslissing is geweest met het oog op de einde levensduur of geplande beëindiging van activiteiten van

de andere onderzoeksreactoren wereldwijd. De Franse Osiris-reactor werd eind 2015 gesloten, de NRU in Canada stopt met de productie in oktober van dit jaar en gaat in 2018 definitief dicht. "Stel dat wij ook de activiteiten hadden moeten stoppen over een paar jaar in verband met groot onderhoud, dan vallen er 3 van de 7 grote spelers wereldwijd weg en dat zou onwenselijk

zijn voor de continuïteit van bijvoorbeeld de productie van medische isotopen."

In maart 2015 is het ontladen van de reactor gestart. Dit betekende in essentie het verwijderen van de splijtstof en de experimentele opstellingen. Aansluitend werd de berylliummatrix ontladen. Deze operatie duurde tot augustus 2015. Na de nodige inspecties en verificaties kon begin 2016 de nieuwe matrix in de reactor worden geladen. Het werk heeft in totaal ongeveer zestien maanden in beslag genomen. De effectieve herstart vond plaats op 19 juni. Vooraf waren drie reactorcycli aangekondigd; de derde stond gepland op 25 oktober. Al met al kijkt Van Dyck terug op een geslaagde periode: "We mogen stellen dat we een zeer geslaagde operatie achter de rug hebben die op een veilige manier op een kwalitatief hoog staand niveau is uitgevoerd binnen het daarvoor bedoelde tijdsbestek." **K**

Menno Jelgersma

BERYLLIUM

Beryllium (atoomnummer 4) heeft een lage massadichtheid. Daarnaast heeft het metaal een hoog smeltpunt (1.276 graden Celsius) en is het sterk genoeg om bijvoorbeeld een vacuümsysteem te kunnen afsluiten. Wanneer het blootgesteld wordt aan straling, heeft het de eigenschap neutronen vrij te geven. Het wordt dus ook als een zwakke neutronenbron gebruikt. De lage dichtheid van beryllium in combinatie met andere atomaire eigenschappen maken het metaal ideaal voor toepassing als neutronenreflector en moderator in kernreactoren. Als een neutronenreflector kan beryllium verstrooide neutronen in de juiste richting sturen. In het geval van de BR2 modereert het beryllium de snelle neutronen en het metaal heeft daarbij ook nog eens de eigenschap om thermische neutronen niet af te vangen, waardoor het tezamen de neutronenflux verhoogt. Beryllium heeft maar één stabiel isotoop ^9Be . Onder invloed van de kosmische straling waaraan onze atmosfeer blootstaat wordt een kleine hoeveelheid van het radioactieve isotoop ^{10}Be gevormd. Dit proces is vergelijkbaar met de vorming van ^{14}C , maar ^{10}Be heeft een veel langere vervaltijd. Het kan daarom gebruikt worden om geologische processen zoals erosie en vorming van aardlagen te volgen. Berylliumoxide is zeer giftig. Blootstelling aan een opgeloste vorm of fijn verdeeld stof veroorzaakt schade aan de longen en mogelijk berylliosis, een longziekte waaraan twintig procent van de patiënten sterft. Beryllium kan ook allergische reacties veroorzaken bij mensen die zeer heftig kunnen zijn. Dit wordt ook wel de Chronic Beryllium Disease (CBD) genoemd.

K *Mock-up van de BR2*



© TVA (Tennessee Valley Authority)



INBEELD

UNIT 2 WATTS BAR-KERNCENTRALE IN GEBRUIK GENOMEN

Unit 2 van de Watts Bar-kerncentrale bij Spring City in Tennessee in de VS sloot begin oktober met succes een grote reeks aan veiligheids- en betrouwbaarheidstesten af. Het is de eerste nieuwe kernreactor die in de VS in deze eeuw in gebruik wordt genomen. Maar het is daarmee niet de meest vooruitstrevende reactor want Unit 2 is naar aller waarschijnlijkheid de laatste gebouwde reactor van het type Generatie II. Dat komt omdat de reactor in de jaren 80 van de vorige eeuw al voor tachtig procent gereed was toen de bouw stakte vanwege een afname in de vraag naar stroom. In 2007 werd echter besloten de reactor alsnog af te bouwen. Het ontwerp van de reactor is aangepast om aan alle aanbevelingen van de toezichthouder NRC tegemoet te komen zoals die zijn opgesteld na het ongeluk bij de kerncentrale in Fukushima. In de laatste fase van testen produceerde Unit 2 meer dan de verwachte 1.150 megawatt aan CO₂-vrije energie. "Het team van Watts Bar werkt op dit moment heel hard om Unit 2 veilig te laten integreren met de andere unit", zei Watts Bar vice-president Paul Simmons. "Het is een uitdaging om een unit voor het eerst in bedrijf te krijgen en we nemen de tijd en acties die daarvoor nodig zijn." Unit 2 bereikte kritikaliteit in mei 2015 en vanaf die datum is er hard gewerkt om de reactor commercieel in bedrijf te kunnen nemen. In combinatie met unit 1 voorziet de Watts Bar-kerncentrale in stroom voor 1,3 miljoen huishoudens. Unit 1 werd in mei 1996 aan het net gekoppeld en heeft een licentie voor stroomproductie tot 2035. De kerncentrale biedt werk aan 1.000 full-time medewerkers. De kosten voor de bouw bedroegen 4,7 miljard dollar. **K**

K SYMPOSIUM BEDRIJFS- DUURVERLENGING VAN KIVI/NNS

Op vrijdag 16 september vond het KIVI/NNS symposium Long Term Operation Nuclear Reactors/ Bedrijfsduurverlenging Kernreactoren plaats in het KIVI-gebouw in Den Haag. Bedrijfsduurverlenging is een actueel thema; veel kernreactoren blijken in de praktijk in staat om veel langer in bedrijf te blijven dan oorspronkelijk werd gedacht.

Uiteraard gaat dat niet zomaar, men dient zich er van te vergewissen dat de toestand van de reactor zodanig is dat zulks op een verantwoorde wijze kan gebeuren. Zowel op het punt van veiligheid als op dat van het economisch presteren. De bijdragen voor het symposium gaven een goed beeld daarvan voor verschillende reactoren in Nederland en België. Bedrijfsduurverlenging van (vermogens) reactoren gaat vaak om het verlengen van de bedrijfsduur van 40 jaar tot 60 jaar. Om een reactor te mogen bedrijven moet worden aangetoond dat de nucleaire veiligheid gedurende de aangevraagde bedrijfsduur gewaarborgd is. Bij de bestaande reactoren was dat veelal voor 40 jaar aangetoond en daarmee de basis voor de bedrijfsvergunning. Dat wil niet zeggen dat er in die 40 jaar zonder nader toezicht geopereerd kon worden. In Nederland wordt daarop toezicht uitgeoefend door de ANVS, in België door het FANC. De toezichthouder kan bij gebleken onregelmatigheden of het constateren van niet direct te duiden gebeurtenissen, de operatie van een reactor stilleggen. Overigens gebeurt dat in de praktijk al door de operator zelf, de toezichthouder zal dan niet hoeven in te grijpen, maar wordt er wel bij betrokken. Veiligheid staat voorop.

De oudste in bedrijf zijnde reactoren zijn onderzoeksreactoren. Deze werden indertijd gebouwd voor het doen van onderzoek, maar in de loop der jaren zijn enkele onderzoeksreactoren als 'bijproduct' medische isotopen voor diagnose en behandeling gaan produceren. De HFR in Petten is daarvan een goed voorbeeld. Het IAEA leverde bij monde van Deshraj Rao een bijdrage waarin een peer review mission als methode werd beschreven voor het onderzoek naar en het beheersen van de veroudering van onderzoeksreactoren. De werkwijze is gebaseerd op de IAEA safety standards. Zo'n peer review mission is geen inspectie, maar een onderzoek door IAEA met een internationaal team van experts. Voor vermogensreactoren wordt dit al langer toegepast. De bijdrage van Deshraj Rao werd gevolgd door bijdragen over de KCB (Kerncentrale Borssele, door Menno Crajé), Kerncentrales Doel 1&2 (Peter Vyvey), de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten (Jelmer Offerein), de BR2 (zie ook een artikel over de BR2 elders in dit blad) van het Belgische SCK-CEN (Frank Joppen) en de Delftse Hoger Onderwijs Reactor (HOR) van het RID (Rik Linssen). Zoals bekend mag de KCB tot 2034 in bedrijf blijven onder voorwaarde dat de centrale blijft behoren tot de 25% veiligste

watergekoelde, watergemodereerde kerncentrales in de Westerse wereld. De bijdrage over Doel 1&2 van Peter Vyvey was opvallend: de voorbereidingen voor het verlengen van de bedrijfsduur vonden in feite deels plaats terwijl de reactoren al formeel uit bedrijf waren genomen op grond van in België aangenomen wetgeving. Een bijzondere reactor is de HOR, de Hoger Onderwijs Reactor van het RID in Delft. Deze bestaat al sinds 1957 toen hij in het kader van het Amerikaanse project Atoms for Peace naar Nederland kwam. Daarna werd hij naar de TU Delft verplaatst voor wetenschappelijk onderzoek en onderwijs waardoor de HOR van het RID een feit werd. Het wetenschappelijk onderzoek richt zich op verschillende terreinen, zoals duurzame energie, materialen en gezondheid, zowel internationaal als nationaal, op bijvoorbeeld het gebied van zonnecellen en batterijen en medische isotopen voor diagnose en behandeling van kanker. Met het investeringsprogramma OYSTER wordt de reactor een stuk preciezer en breder inzetbaar. De bouw van de protonen kliniek HollandPTC vergroot nogmaals de wetenschappelijke onderzoeksmogelijkheden op biomedical imaging gebied. De HOR is een kleine reactor, technisch gezien eenvoudig en modulair van bouw wat als voordeel heeft dat onderdelen gemakkelijk en snel vervangen kunnen worden. Zo blijkt hij steeds de actuele en onmisbare rol te kunnen blijven spelen voor wetenschappelijk onderzoek, onderwijs en medisch handelen.

*Her symposium is uitermate geslaagd gebleken, met zo'n 70 toehoorders was de zaal vrijwel gevuld. De bijdragen van de sprekers worden gepubliceerd op de site van de Stichting Kernvisie (www.kernvisie.com) en op de site van KIVI/Kerntechniek (www.kivi.nl/afdelingen/kerntechniek). **K***

Gerrit Boersma



STAAT NEW YORK KIEST CLEAN ENERGY STANDARD OM CO₂-REDUCTIE TE HALEN

Het voorkomen van sluiting van emissievrije kerncentrales is in de Standard opgenomen

De Amerikaanse staat New York heeft onlangs de Clean Energy Standard aangenomen om de uitstoot van CO₂ te reduceren. En dat is bijzonder want hiermee wijkt de staat af van de beperkte Renewable Energy Standard met een ideologische voorkeur voor wind en zon en erkent zij de rol van kerncentrales als koolstofvrije energiebron.

Ongeveer gelijktijdig met de presentatie van een rapport van Greenpeace waaruit zou blijken dat de kerncentrale Borssele te duur zou zijn, neemt de Amerikaanse staat New York de Clean Energy Standard aan, waarin wordt gepleit om sluiting van kerncentrales vanwege hun emissievrije elektriciteitsopwekking te voorkomen. Kerncentrales staan onder druk vanwege onder meer de lage prijzen voor elektriciteit. Maar volgens een publicatie van het Nuclear Energy Institute komt dat omdat de eigenschappen niet volledig worden getaxeerd terwijl op hetzelfde moment aardgasprijzen historisch laag zijn en de vernieuwbare energiebronnen worden gesubsidieerd. Met een toename in het gebruik van aardgas, steenkool en olie heeft de huidige focus op duurzame bronnen zoals wind en zon het terugdringen van broeikasgassen nog niet veel opgeleverd. Hoewel de economische condities ertoe

bijdragen om de stijging af te buigen, is de mondiale uitstoot niet significant afgenomen. Met steenkool als eerste en nieuwe optie voor landen in Afrika en Azië lijkt het er bovendien op dat de CO₂-emissies voorlopig niet zullen dalen.

Op dit moment is 30 procent van de elektriciteit in New York afkomstig van kernenergie en 26 procent van duurzame bronnen. En dat is in de VS op dit moment al een behoorlijke prestatie omdat het slechts een kwart van de broeikasgasemissies per inwoner van de staat produceert vergeleken met het nationaal gemiddelde. Volgens de nieuwe afspraken moet het aandeel duurzaam in 2030 50 procent bedragen. Nutsbedrijven en leveranciers van energiediensten zouden een deel van hun stroom van drie 'categorieën' energiebronnen moeten verkrijgen: bestaand duurzaam, nucleair en nieuw duurzaam. Het Department

of Public Service van de staat New York stelt ook de eis dat alle nutsbedrijven en diensten een deel van de Zero Emission Credits (ZECs) aanschaffen om de grootste bron voor nul-emissiestroom te behouden, namelijk: kernenergie. Met de verkoop van ZECs verdienen eigenaren van kerncentrales extra geld voor het produceren van emissievrije stroom. Voortijdige sluiting van kerncentrales als reactie op economische druk en een verstoorde gedereguleerde markt zou de afhankelijkheid van fossiel alleen maar doen toenemen. In Forbes schreef James Conca onlangs dat de Clean Energy Standard een goedkope manier is om de huidige productie van schone energie te behouden. Met het voortijdig sluiten van kerncentrales zou er volgens hem meer dan 15 miljoen ton CO₂ extra in de atmosfeer terecht komen en daarmee alle vooruitgang op het gebied van duurzame ontwikkeling aan de kant schuiven en de staat New York 15 jaar terug in haar ontwikkeling zetten. De bijdrage van de KCB aan de Nederlandse stroomproductie is met 4 procent gering maar de centrale levert wel een besparing aan CO₂-emissie op van 2,5 miljoen ton per jaar ten opzichte van een oudere kolencentrale. Wanneer de KCB gesloten zou worden, zijn er zo'n 1.950 nieuwe windmolens nodig om het gat op te vangen. Dat zijn er ongeveer evenveel als er in Nederland in 2013 in totaal op land stonden opgesteld. Een kostenraming voor de verdubbeling van turbines komt op 4 miljard euro en dan is er ook nog eens geen winst in de CO₂-doelen behaald. **K**

GEÏNTEGREERDE MEDISCHE BEELDVORMING IS ESSENTIEEL BIJ DIAGNOSE EN BEHANDELING HARTZIEKTEN

Cardiovasculaire ziekten vormen een epidemie die zich wereldwijd in lage- en in middeninkomenslanden concentreert. Interdisciplinaire samenwerking tussen medisch personeel is van groot belang voor de behandeling van hartpatiënten. Dit was de unanieme uitkomst bij de Internationale Conferentie van geïntegreerde medische beeldvorming bij cardiovasculaire ziekten (IMIC 2016) die half oktober bij de IAEA werd afgerond.

“Goede wetenschap is absoluut noodzakelijk maar volstaat niet afzonderlijk voor een efficiënte behandeling”, aldus Diana Paez, hoofd van de Nuclear Medicine and Diagnostic Section bij de IAEA en wetenschappelijk secretaris van de conferentie. “Efficiënte samenwerking en ‘soft skills’ maken het verschil.” Met behulp van medische beeldvorming maken nucleair geneeskundigen gebruik van technieken om patiëntgegevens te verzamelen, zoals de staat van de ziekte of de spreiding er van. Deze informatie is cruciaal voor artsen. “Wanneer nucleair geneeskundigen naast radiologen, cardiologen, medische fysici en radiofarmaceuten werken kan de diagnose en de behandeling van cardiovasculaire ziekten enorm verbeteren”, zei Paez.

Het vóórkomen van cardiovasculaire ziekten stijgt wereldwijd en miljoenen mensen worden er jaarlijks door getroffen. Voortijdige sterfgevallen kunnen vaak worden vermeden door verandering van levensstijl, preventieve maatregelen en door tijdig gebruik te maken van diagnostische beeldvorming. “Het efficiënt en grootschalig inzetten van

deze hulpmiddelen is essentieel voor een succesvolle vroege diagnose, preventie en uiteindelijk de behandeling”, verklaarde Paez. De conferentie gaf klinici, wetenschappers en andere professionals de kans om kennis te nemen van de laatste ontwikkelingen op het gebied van geïntegreerde medische beeldvorming toegepast op cardiovasculaire ziekten, met inbegrip van single photon emission computed tomography (SPECT), positron emission tomography (PET), echocardiografie, computed tomography (CT) en magnetic resonance imaging (MRI).

Tijdens de presentaties was ruimte om de verschillende manieren te bespreken hoe diagnostische beeldvorming artsen kan helpen in het verbeteren van patiëntbeheer, specifieke pathologie van cardiovasculaire ziekten bij vrouwen, een overzicht van farmaceutische productie in de Verenigde Staten en de rol van internationale organisaties in het steunen van ontwikkelingslanden bij het bestrijden van cardiovasculaire ziekten. Oyere K. Onuma van de Wereldgezondheidsorganisatie sprak over het belang om cardiovasculaire ziekten te koppelen aan inspanningen van de Verenigde

Naties om de Sustainable Development Goals (SDGs) te realiseren, met in het bijzonder één van de doelstellingen van SDG 3, Good Health and Well-being, dat poogt een derde van de gevallen van voortijdig overlijden van niet overdraagbare ziekten te verminderen tegen 2030. Onuma riep ook om krachtigere maatregelen en focus van overheden en internationale partners.

Terwijl de ontwikkelde landen erin geslaagd zijn cardiovasculaire ziekten terug te dringen, is dit wereldwijd zeker niet het geval. “Het is nog steeds een enorme epidemie die zich in lage- en in middeninkomenslanden concentreert als gevolg van een gebrek aan adequate infrastructuur waardoor patiënten vaak geen toegang tot basiszorg hebben”, zei Onuma.

Het doel van de WGO was het aantal voortijdige sterfgevallen door cardiovasculaire ziekten met een kwart te verminderen in de loop van de komende tien jaar. “Wij moeten sterke nationale plannen ontwikkelen, acties uitvoeren om risicofactoren te verminderen, het gezondheidssysteem te verbeteren en het toezicht op cardiovasculaire ziekten versterken.”

Naast de presentaties hadden de deelnemers ook de kans actief met deskundigen in gesprek te gaan tijdens zes Read with the Expert-zittingen, waarin echte klinische gevallen aan de orde kwamen. Aan de conferentie namen 350 deelnemers uit 94 landen deel. De conferentie viel samen met de verschijning dit jaar van het boek Nuclear Cardiology: Guidance on the Implementation of SPECT Myocardial Perfusion Imaging. De publicatie geeft een gedetailleerde analyse van alle aspecten van nucleaire cardiologische diensten en is bedoeld als gids voor onder meer de implementatie van MPI (radionuclide myocardial perfusion imaging) in die lidstaten waar de techniek nog niet ontwikkeld is. **K**

Bron: IAEA Office of Public Information and Communication



Christiaan Krouwels

GAST-COLUMN

NATUURLIJKE KERNREACTOR

Niet alleen de mens kan atoomkernen splijten, de natuur kan het ook zelf. Dat is de les van het Oklo-verschijnsel, ruim veertig jaar geleden ontdekt in een uraniummijn in Oklo in Gabon, Afrika. Op zestien plaatsen in die mijn is twee miljard jaar geleden spontane kernsplijting opgetreden, in een heel merkwaardig ritme: een half uur lang een kettingreactie, gevolgd door twee en een half uur rust. Hoe kan dat?

Voor de opwekking van kernenergie is uranium-235 nodig, maar natuurlijk uranium bevat maar 0,7 procent van deze isotoop, het overgrote deel, 99 procent, is uranium-238. Voor een kernsplijting moet de concentratie uranium-235 minstens 3 procent zijn, en daarom treedt in gewoon uraniumerts geen spontane kernsplijting op. Het moet eerst verrijkt worden voor het bruikbaar is.

Maar in het geologisch verleden lagen de verhoudingen tussen de isotopen totaal anders. Bij het ontstaan van de aarde, 4,5 miljard jaar geleden, bestond uranium voor 75% uit de isotoop 238 en voor 25% uit 235. Inderdaad: ruimschoots genoeg voor spontane kernsplijting. Waarom zit er dan nu zo weinig uranium-235 meer in het erts? Dat komt omdat uranium-235 veel sneller uiteenvalt dan uranium 238. Sinds het ontstaan van de aarde is van het uranium-238 ongeveer de helft verdwenen door radioactief verval, maar van het uranium-235 is zo'n 85% verdwenen. De isotopenverhouding is dus met de miljarden jaren steeds ongunstiger geworden.

De gesteenten in Gabon waar de natuurlijke reactor in voorkomt zijn ongeveer twee miljard jaar oud. In die tijd was de isotopenverhouding nog gunstig genoeg: ongeveer 3 procent was uranium-235. Circulerend grondwater had een voldoende massa erts geconcentreerd en het water fungeerde ook als neutronenremmer zodat een spontane kettingreactie op kon treden. Maar door de hitte van de reactie verdampte het grondwater en daardoor hield de kettingreactie op. Na twee en een half uur was het zover afgekoeld dat het grondwater weer terug kon vloeien en begon het opnieuw. Dat ging zo 150.000 jaar lang door. Het is een uniek verschijnsel, dat veel onderzoekers aan het denken heeft gezet over de risico's van ondergrondse opslag van radioactief afval. **K**

Salomon Kroonenberg

Salomon Kroonenberg (1947)

Salomon Kroonenberg is emeritus hoogleraar geologie aan de TU Delft. Hij studeerde en promoveerde aan de Universiteit van Amsterdam, werkte 10 jaar als geoloog in het buitenland (Suriname, Swaziland, Colombia), was van 1982-1996 hoogleraar geologie in Wageningen en van 1996 tot 2009 in Delft. Zijn boek *De menselijke maat - de aarde over 10.000 jaar* (2006) genereerde veel media-aandacht.



ENERGIE

REUSACHTIGE ZONNE- WIJZER MET GRASDAK VOOR OPSLAG VERARMDE URANIUM

Ruim een jaar nadat de eerste paal werd geslagen, is het dak dicht en richt aannemer Cordeel zich op de afwerking van het VOG2, het tweede gebouw op het terrein van de COVRA voor de opslag van verarmde uranium. Het 7.200 vierkante meter tellende gebouw wordt een enorme zonnepaneel en krijgt een grasdak als metafoor voor maaiveld waaronder het uranium als delfstof ligt opgeslagen. In februari 2017 levert de aannemer het VOG2 op.

Het gebouw werd ontworpen door raadgevend ingenieursbureau F. Koch BV en wordt gebouwd door bouwbedrijf Cordeel Nederland BV. Om het gebouw meer uitstraling te geven dan een regulier opslaggebouw nam de COVRA de Middelburgse kunstenaar William Verstraeten in de arm. Het gebouw wordt Uranus blauw en zal de vorm krijgen van een enorme zonnepaneel. Hans Dagevos, projectleider namens COVRA: "Het idee van de tijds aanduiding refereert aan het feit dat de tijd radioactieve stoffen onschadelijk maakt."

de ruimte voor nieuwbouw bij het VOG1 ontbrak." Het nieuwe gebouw is beduidend groter dan het bestaande en heeft een oppervlakte van circa 7.200 vierkante meter. Met een hoogte van 13,5 meter is er in het VOG2 plaats voor vier opeengestapelde containers, terwijl dat er in het oude gebouw nog drie waren. In totaal passen er in het VOG2 ongeveer 6.500 containers; VOG1 biedt ruimte aan 3.900 containers. Na oplevering kan de COVRA dus voorlopig vooruit. Dagevos: "Met een aanlevering van maximaal 500 containers per jaar zal naar verwachting het nieuwe gebouw na zo'n 15 jaar vol zijn. Maar op de locatie waar we nu zitten is nog volop ruimte om uit te breiden.

Daar is in ieder geval al in het ontwerp met één gevel van geprefabriceerde betonpanelen rekening gehouden." Het nieuwe gebouw is opgedeeld in een ontvangstruimte en drie grote opslagruimten. Dagevos: "Het gunstige van de ligging is dat we naast een treinspoor liggen waardoor de containers niet meer met eigen materieel over het terrein hoeven te worden vervoerd." Ten opzichte van een eerdere locatie die aanvankelijk voor de uitbreiding was gereserveerd scheelt dat jaarlijks bijna 125 interne transporten met vrachtwagens over het terrein. Eenmaal in de ontvangsthal worden de containers met een bovenloopkraan, waarvan elke opslaghal er één krijgt, op hun plek gemanoeuvreed.



© Menno Jelgersma



© COVRA

6.500 CONTAINERS

Het VOG2 is een uitbreiding van het VOG1, de eerste opslag van verarmd uranium op het terrein van de COVRA. Dagevos: "De eerste van zes modulaire opslaghallen waaruit VOG1 is opgebouwd, werd in 2004 opgeleverd. Toen in 2010 de zesde opslagmodule gereed was, gingen we er al vanuit dat dit deel en daarmee het VOG1 in 2016 volledig gevuld zou zijn met containers. Dit noodzaakte eenvoudigweg het ontwerp en de bouw van een nieuw gebouw op een nieuwe locatie omdat

✂ Maquette van het VOG2

RUIM BINNEN DE GRENZEN

Het VOG2 is gefundeerd op 1.800 heipalen op een stramien van circa 2,0 meter die 28 tot 30 meter diep in de grond zitten tot op een stabiele zandlaag. Dagevos: "We hebben gekozen voor Vibro-palen. Dit systeem kent een holle buis met dichte voetplaat die tot diepte wordt geheid. Nadat de wapening is aangebracht en het beton is gestort en uitgehard, wordt de stalen buis weer getrokken." De vloer van

het gebouw is 60 centimeter dik met 1,1 meter dikke randbalken en stroken waar de tussenwanden komen. De wanden worden in situ gestort met een binnenwand van 40 centimeter gewapend beton, een isolatielaag van 15 centimeter en een buitengevel van 20 centimeter. Dagevos: "Er lag een eis van een betonnen wand van 38 centimeter dik om alle straling afkomstig van het verarmd uranium in het gebouw te houden. Metingen aan de grens van ons terrein mogen geen verhoogde activiteit laten zien. Met een binnenwand van 40 centimeter blijven ✂

we ruim binnen de gestelde grenzen. De buitengevel kunnen we dus bij wijze van spreken aanpassen zonder dat dit gevolgen heeft voor metingen buiten het gebouw." De dikte van de buitengevel is nodig vanuit constructief oogpunt.

Normen voor de maximaal toelaatbare stralingsdosis zijn in Nederland onder meer vastgelegd in de Kernenergiewet en het Besluit stralingsbescherming. Specifiek voor COVRA is daarnaast de huidige Kernenergiewetvergunning uit 1998 van belang. Daarin is aangegeven dat de activiteiten op het COVRA-terrein in geen geval meer dan 40 microSievert per jaar mogen toevoegen aan de stralingsdosis die mensen in de omgeving al vanuit andere bronnen ontvangen. Voor mensen in de omgeving moet het aandeel van de COVRA-activiteiten dus hoe dan ook beneden deze 40 microSievert blijven.

STORTNADEN

Tegelijk met de binnenwanden zijn de oplegnokken voor de dakliggers en de kraanbanen gestort. De dakliggers zijn van het type dubbel-T met een overspanning van

26 meter. Op de dakliggers is een druklaag aangebracht. "Dat is gedaan om de liggers en uiteindelijk het gehele dak stabiliteit te geven. Het is als het ware één geheel geworden." Op de druklaag is isolatie aangebracht, vervolgens dakbedekking en een grondpakket dat is voorzien van een drainagemat. "De kunstenaar heeft voor een grasmat als eindafwerking gekozen. Hij wil hiermee het idee overbrengen dat het uranium dat eens als delfstof werd gewonnen weer onder grond is opgeslagen", licht Dagevos toe. Omdat gras ook onderhoud behoeft, zullen maairobots worden ingezet. Het gebouw lijkt een soort strakke vierkante blokkendoos, maar de kwaliteitseisen voor de aannemer zijn zeer hoog. Dagevos: "Door de manier van bouwen met in het werk gestorte muren zijn de bekistingsnaden soms zichtbaar, waardoor het een uitdaging is om de gevels glad op te leveren voordat de blauwe coating wordt aangebracht. Eenmaal in de blauwe verf zullen eventuele slecht afgewerkte naden zichtbaar blijven. Dagevos: "Om dat te voorkomen zal de aannemer deze naden na het storten zoveel

✎ De toekomstige ontvangsthal waar het verarmd uranium per spoor aankomt

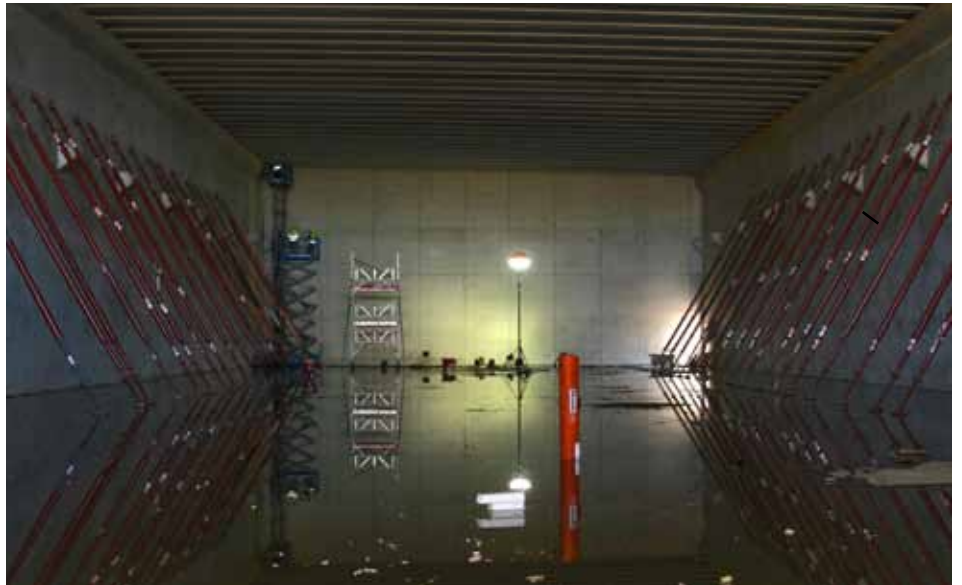


✎ De aannemer brengt de wapening voor de druklaag van het dak aan





© Menno Jelgersma



✂ Wat nu nog een natte betonnen hal is, is begin volgend jaar de ontvangstruimte voor de PIME-bijeenkomst

K De wanden zijn opgebouwd uit een binnenwand, een isolatielaag en een buitengevel

mogelijk moeten nabewerken” Hoog in de wanden zijn aan de buitenzijde nu nog de uitsparingen zichtbaar waarin de roestvaststalen buizen komen van de

zonnewijzer. De tijdsaanduiding van de zonnewijzer wordt door een lijnenspel op de buitengevel weergegeven. Begin volgend jaar wordt het gebouw opgeleverd. Enige haast is wel geboden. Komend jaar is Nederland gastland voor de jaarlijkse internationale PIME-bijeenkomst, hét congres voor communicatiemensen die werkzaam zijn in de nucleaire sector. De locatie staat al vast: het VOG2 bij de COVRA. K

Menno Jelgersma

VERARMED URANIUM

Het verarmd uranium dat bij de COVRA terecht komt, is afkomstig van URENCO als restproduct van het verrijgingsproces. Het materiaal gaat vanuit Almelo naar een deconversiefabriek in Frankrijk waar de fluorcomponent uit het uraniumhexafluoride wordt gehaald om er stabiel uraniumoxide (U_3O_8) van te maken. Het uraniumoxide wordt in stalen containers gedaan en vervoerd naar de COVRA waar het met container en al wordt opgeslagen. Het stralingsgevaar van het laagradioactief verarmd uranium is voornamelijk afkomstig van de alfadeeltjes die het uitzendt. Zo'n alfadeeltje bestaat uit twee protonen en twee neutronen en is daarmee gelijk aan de kern van een helium-4-atoom. Na ongeveer een maand zullen er kleine hoeveelheden thorium-234 en protactinium-234 zijn ontstaan als gevolg van het vervalproces van uranium. Beide dochters vervallen onder het uitzenden van meer doordringende bètadeeltjes naar langlevend uranium-234. Daarnaast zendt verarmd uranium ook nog gammastraling uit waarvoor de dikte van de gevel noodzakelijk was om aan de terreingrens te voldoen aan de vergunning. Verarmd uranium is ongeveer 40 procent minder radioactief dan natuurlijk uranium. Het is anderhalf maal zwaarder dan lood en zeer hard. Het metaal is net zoals andere zware metalen giftig, maar niet zo giftig als kwik of arseen.

KERNENERGIE GROEIT WERELDWIJD

“Kernenergie kan miljoenen mensen uit de energiearmoede halen en tegelijkertijd de klimaatverandering tegengaan.”

Volgens een recente IAEA-studie zal kernenergie in de komende jaren wereldwijd blijven toenemen, ook als de snelheid van groei afneemt door concurrentie van de lage prijzen van fossiele brandstoffen en duurzame energiebronnen zoals wind- en zonne-energie.

Elk jaar presenteert de IAEA in Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050 de voorspellingen van de capaciteit aan kernenergie wereldwijd. De laatste publicatie is de 36ste editie. “Kernenergie zal op de lange termijn een belangrijke rol blijven spelen in de mondiale energiemix”, zei IAEA Deputy Director General Mikhail Chudakov, hoofd van het Department of Nuclear Energy. “Met een groeiende bevolking en een toenemende vraag naar elektriciteit kan kernenergie zorgen voor een betrouwbare en veilige energievoorziening terwijl het de emissie van broeikasgassen vermindert. Met andere woorden, kernenergie kan eraan bijdragen miljoenen mensen uit de energiearmoede te halen en tegelijkertijd de klimaatverandering tegen te gaan.”

De nieuwe prognose laat een langzame groei in kernenergie zien in een lijn die zich doorzet sinds het ongeluk in Fukushima in 2011. De capaciteit aan kernenergie neemt toe met een zeer ruime marge van 1,9 procent tot 56 procent in 2030 en dat is iets minder dan eerdere schattingen uit het afgelopen jaar aangaven die respectievelijk 2,4 procent en 68 procent bedroegen. Die ruime marges zijn volgens de IAEA te verklaren door onzekerheid met betrekking tot energiepolicies, licentieverlengingen, uit bedrijf nemen van centrales en toekomstige nieuwbouw. De vooruitzichten van 2030 tot 2050 geven nog grotere marges van onzekerheid. Ontwikkeld door experts van over de hele wereld die elk voorjaar bij de IAEA samenkomen, neemt de prognose de ontwikkelingen tot en met april 2016 mee. Het lage percentage dat conservatieve maar geloofwaardige schattingen weergeeft, gaat uit van het doorzetten van trends voor de huidige markt en de technologieontwikkeling, en met weinig beleidswijzigingen die op kernenergie van invloed kunnen zijn. Bij het hoge percentage gaan de onderzoekers ervan uit dat het huidige tempo waarin de economie groeit en de stijgende vraag naar stroom zal doorzetten en

dan vooral in Azië. Het geeft ook een grotere rol aan kernenergie om lidstaten bij te staan hun verplichtingen na te komen die in Parijs zijn overeengekomen om broeikasgasemissies te reduceren.

Op de korte termijn zijn er verscheidene factoren die van invloed kunnen zijn op de groeiperspectieven van kernenergie. Het gaat daarbij om lage prijzen voor aardgas, sterk dalende prijzen voor duurzame energie, het ontbreken van marktsignalen voor ‘low-carbon’ energie en een matige ontwikkeling van de wereldeconomie.



Verhoogde veiligheidseisen die na Fukushima zijn geïntroduceerd en het inzetten van de volgende generatie technologieën met geavanceerde veiligheidssystemen komen daar nog een keer bij.

Volgens de lage prognoses zal de mondiale nucleaire capaciteit groeien van 382,9 GW(e) tot 390,2 GW(e) in 2030. Bij de hoge percentages loopt de verwachte groei op tot 598,2 GW(e). De grootste groei zal in het verre oosten te zien zijn, met name in China en Zuid-Korea. Bij de lage verwachting zal de capaciteit in die regio groeien tot 132,2 GW(e) in 2030 komende vanaf de huidige 93,8 GW(e). Voor het hoge percentage zal de capaciteit groeien naar 215,5 GW(e). India leidt de groei op het Indisch subcontinent en het middenoosten waar de capaciteit in de lage schatting groeit van 6,9 GW(e) tot 27,7 GW(e) in 2030 en tot 47,7 GW(e) in de hoge schatting.

Oost-Europa toont een gemengd plaatje. De regio omvat Rusland dat zeven reactoren in aanbouw heeft en Wit-Rusland dat zijn eerste twee units aan het bouwen is. De lage schatting toont een regionale capaciteit van 49,9 GW(e) in 2030, wat een lichte daling is ten opzichte van de huidige 50,5 GW(e) en een groei tot 75,7 GW(e) voor de hoge schatting. West-Europa laat de grootste daling zien. Met de uitfasering van Duitsland als antwoord op het ongeluk in Fukushima geven de lage vooruitzichten een daling van 112,1 GW(e) naar 77 GW(e) in 2030 en voor de hoge vooruitzichten een daling naar 111,8 GW(e). Ook de capaciteit in de VS daalt in de lage verwachting van 112,7 GW(e) naar 92,5 GW(e) en in de hoge verwachting een stijging tot 126 GW(e). **K**



COLUMN



MONUMENTAAL AFVAL

Onlangs hoorde ik op een zondagmorgen op de radio het geschiedenisprogramma OVT, deze keer met het onderwerp 'Kernafval als moderne piramides'. Aan het woord was cultuurhistoricus Gerard Rooijackers, naar aanleiding van de media-aandacht voor het historisch radioactief afval in Petten en

zijn net uitgekomen boek *Rituele depots*. Hij stelt dat we met kernafval het liefst doen we alsof het niet bestaat, en dat dat niet de juiste houding is. Het radioactief afval moet juist niet worden weggestopt, zand erover, vergeten, maar monumentaal worden gemarkeerd. We zullen juist moeten bedenken hoe te communiceren met vele generaties later, met mensen die over bijvoorbeeld 10.000 jaar leven. Hij trekt daarbij de vergelijking met de oude Egyptenaren, die ervanuit gingen dat de hiëroglyfen in de piramides ten eeuwigden dage nog gelezen konden worden. Behalve technici zouden zich ook kunstenaars en historici zich over deze vraag moeten buigen.

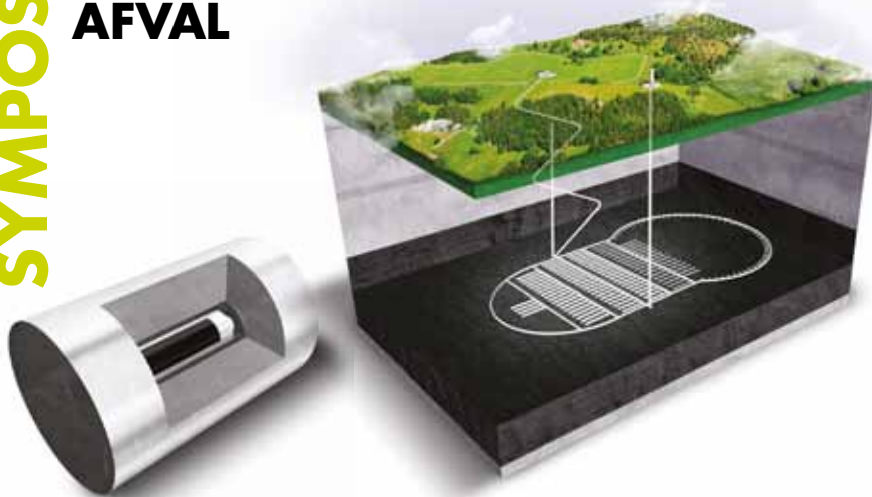
Dit brengt me op een idee. In het Duits heb je twee woorden voor monument, het ene 'Denkmal', doorgaans gebruikt om iets in de herinnering te houden waar je trots op bent, b.v. een gebouw of een standbeeld. Het andere, 'Mahnmal', wordt gebruikt om iets in de herinnering te houden waar je juist niet trots op bent, maar waarvan je vindt dat het in het bewustzijn moet blijven. Momenteel heeft dat meestal iets met de Tweede Wereldoorlog te maken, 'opdat men niet vergete'.

Maar zo zou je heel goed een derde categorie monumenten kunnen definiëren, noem het bijvoorbeeld waarschuwingsmonument (D. Warnmal?), waarvan we vinden dat we de inhoud om veiligheidsredenen niet mogen vergeten. Een opvallend gebouw dus, zoiets als het HABOG van de COVRA bij Vlissingen, alleen dan voor veel langere tijd. En misschien moeten we dan niet proberen te denken voor mensen van over 10.000 jaar, maar van tijd tot tijd de waarschuwingsuitingen op het gebouw zodanig aanpassen dat ze begrepen blijven worden. **K**

Aliki van Heek

UITNODIGING SYMPOSIUM

RESULTATEN VAN VIJF JAAR ONDERZOEK NAAR DE EIND- BERGING VAN RADIOACTIEF AFVAL



25 november 2016, 13:00 tot 17:00 uur, KIVI, Den Haag. De toegang is gratis, maar vanwege het beperkte aantal plaatsen is registratie verplicht. Registratie kan tot 20 november 2016 via www.covra.nl/contact o.v.v. OPERA KIVI 25 november 2016 en uw naam en e-mailadres. Meer informatie over OPERA vindt u op de website van COVRA. (www.covra.nl/downloads/opera).

OPERA

Het werken met ioniserende straling of radioactieve stoffen in industrie, onderzoek, geneeskunde en elektriciteitsopwekking genereert radioactief afval. In Nederland wordt het radioactief afval centraal ingezameld en voor tenminste 100 jaar opgeslagen. De zorg voor het afval houdt echter niet op na 100 jaar. Nu al worden financiële voorzieningen getroffen en onderzoek gedaan naar de berging van het radioactief afval in de diepe ondergrond (eindberging) die uiteindelijk moet plaatsvinden. In Nederland zou dat in een diepgelegen zout- of kleilaag kunnen. In het nationale programma OPERA is vijf jaar onderzoek gedaan hoe veilige, lange termijn eindberging van radioactief afval in Nederland mogelijk is.

PROGRAMMA

Tijdens het symposium worden de resultaten van OPERA gepresenteerd. Er wordt uitleg gegeven over hoe radioactief afval beheerd wordt, eindberging en OPERA. Daarna wordt ingegaan op resultaten van verschillende deelprojecten door de onderzoekers. Hoe lang blijven afvalverpakkingen in de diepe ondergrond intact? Hoe kun je tunnels maken op 500 meter diepte? Wat weten wij van kleilagen voor het opbergen van radioactief afval? Hoe bewegen radioactieve stoffen zich door de ondergrond? Hoe kun je daarmee de impact (de veiligheid) van eindberging aan het oppervlakte berekenen?



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

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

WILT U ZICH AANMELDEN ALS BEGUNSTIGER VAN STICHTING KERNVISIE?

Geef dan uw gegevens door via het contactformulier op de website:
www.kernvisie.com

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



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: kernvisie@kernvisie.com