

KERNVISIE MAGAZINE

➤ **NIEUWE MEDISCHE
ISOTOOP UIT PETTEN**

➤ **KERNENERGIE
IN BELGISCHE
ENERGIETRANSITIE**

➤ **SMR, DE TOEKOMST
VAN NUCLEAIR**

**TU DELFT LOST RAADSEL
MICROSCOOP VAN
LEEUWENHOEK OP**

COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

JAARGANG 13, NUMMER 3, JUNI 2018
KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEMAANDELIJKS
OPLAGE 2200 EX

ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE

StudioHusken.nl, Den Helder

BESTUUR STICHTING KERNVISIE

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter
Ir. G.H. Boersma, secretaris
Ir. E.W. Schuuring, penningmeester
J.D. Bruin
Ing. W. Hiddink
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)
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

Dr. Lambert van Eijck
Foto © TU Delft

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.

OMGANG MET PEROONSgegevens

KernVisie Magazine is een uitgave van de Stichting KernVisie. Onze website www.kernvisie.com bevat een uitgebreide privacyverklaring over het gebruik van de persoonsgegevens die nodig zijn ten behoeve van de verzending van het Magazine.



VOORWOORD

NUCLEAIRE TECHNOLOGIE IS OVERAL

Nucleaire technologie helpt bij het terugdringen van de klimaatverandering, verbetert de leefomgeving van mensen, verhoogt de kwaliteit van medische zorg en verschaft inzichten op gebieden die in eerste instantie niet met nucleair geassocieerd worden. Al ruim drie eeuwen lang vragen mensen zich af of Antoni van Leeuwenhoek zijn microscopen voorzag van zelfgeslepen of handgeblazen lenzen. Met neutronentomografie is bij de TU Delft nu onomstotelijk vastgesteld dat Van Leeuwenhoek de lens in een exemplaar van het Rijksmuseum Boerhaave zelf heeft geslepen. NRG en Curium hebben samengewerkt om de productie van een nieuwe medische isotoop mogelijk te maken: xenon-133, een gas dat vrijkomt bij het molybdeenproductieproces. De medische isotoop is vooral waardevol bij het bestuderen van de longfunctie. De IAEA ondersteunt landen wereldwijd bij de zoektocht naar veilig zoetwater. Zo ook in Argentinië waar met Isotope Hydrology onder meer onderzoek wordt gedaan naar de ouderdom van grondwater, in hoeverre de voorraden worden aangevuld en de mate van vervuiling. En nucleaire technologie draagt bij aan een beter klimaat. Price Waterhouse Coopers deed voor het Belgisch Nucleair Forum onderzoek naar de gevolgen van het sluiten van de Belgische kerncentrales uiterlijk in 2025. Hieruit bleek dat alleen een combinatie van hernieuwbare energie met kernenergie een vermindering van de CO₂-uitstoot garandeert die in lijn ligt met de Europese doelstellingen. Nucleaire technologie is overal en draagt bij aan een betere wereld.

André Versteegh
voorzitter Stichting Kernvisie

Disclaimer: De redactie van Kernvisie Magazine heeft haar uiterste best gedaan om de rechthebbenden van alle foto's in deze uitgave te achterhalen. In enkele gevallen is dat niet gelukt. Mocht u in geval van een omissie of een vergissing menen de rechthebbende van een foto of illustratie te zijn, gelieve contact op te nemen met de Stichting Kernvisie: info@kernvisie.com

INHOUD

MAATSCHAPPIJ

GESLEPEN LENZEN IN MICRO-SCOOP ANTONI VAN LEEUWENHOEK

Onderzoekers van de TU Delft hebben in samenwerking met het Rijksmuseum Boerhaave met behulp van neutronentomografie vastgesteld dat Antoni van Leeuwenhoek zelfgeslepen lenzen gebruikte in zijn microscopen. Onderzoeker dr. Lambert van Eijck van de TU Delft licht het onderzoek toe.



P10 GROEN LICHT VOOR ZWEEDSE EINDBERGING

De Zweedse toezichthouder is akkoord gegaan voor de bouw van een eindberging voor gebruikte splijtstof.

P12 INBEELD

Hulp van IAEA bij onderzoek naar de beschikbaarheid van zoetwater met behulp van nucleaire technologie.

P17 COLUMN - MYSTERIE

Remco de Boer over het mysterie van bezorgde mensen die uitgesproken zijn over welke energiebronnen wel en niet ingezet mogen worden.

P22 RUSSISCHE SMR IN DE VAART GENOMEN

Russen als eerste land ter wereld een stap gezet naar de ingebruikname van een SMR.

MEDISCH

PETTEN PRODUCEERT NIEUWE MEDISCHE ISOTOOP XENON-133

NRG heeft in samenwerking met Curium in Petten een proces ontwikkeld voor de productie van de medische isotoop xenon-133. De medische isotoop is vooral waardevol bij het bestuderen van de longfunctie en het tijdig opsporen van longembolieën.

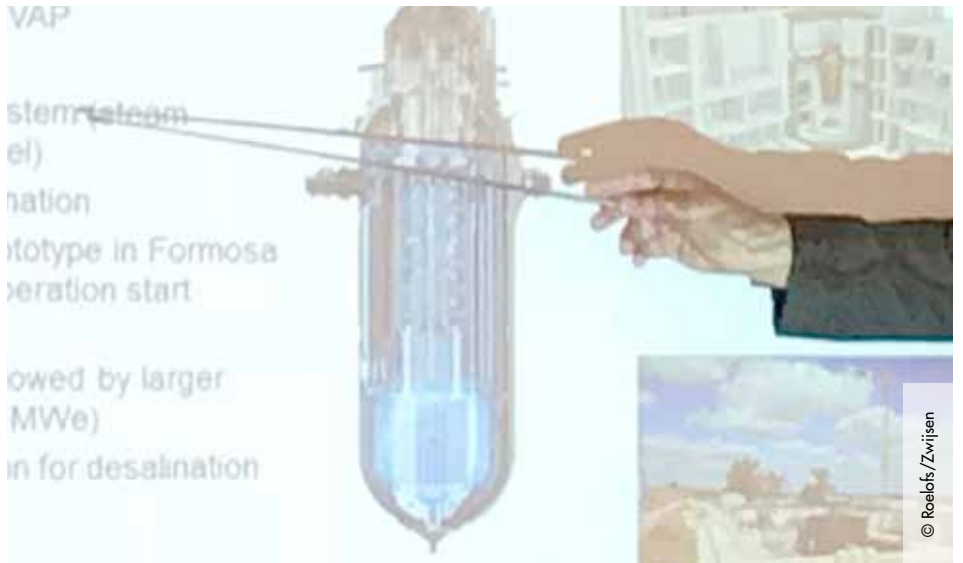
P14

ENERGIE

DE ROL VAN KERNENERGIE IN DE BELGISCHE ENERGIETRANSITIE

Op verzoek van het Belgisch Nucleair Forum heeft PwC (Price Waterhouse Coopers) Enterprise Advisory CBVA een studie uitgevoerd naar verschillende Belgische energietransitiescenario's. De studie toont aan dat met een combinatie van hernieuwbare bronnen en kernenergie de Europese klimaatdoelstellingen haalbaar zijn.

P15



SYMPOSIUM

KLEIN EN MODULAIR, DE TOEKOMST VAN NUCLEAIR

Dat groter niet altijd beter hoeft te zijn, bleek maar weer eens tijdens het door KIVI Kerntechniek georganiseerde symposium Small Modular Reactors (SMRs). Op 20 april kwam in Arnhem in een vogelvlucht een diversiteit aan SMRs voorbij. Van drijvende exemplaren tot ondergrondse reactoren.



MAATSCHAPPIJ

➤ TU DELFT: GESLEPEN LENZEN IN MICROSCOOP ANTONI VAN LEEUVENHOEK

➤ *Bevat deze driehonderd jaar oude microscoop
een geblazen of geslepen lens?*

Heeft Antoni van Leeuwenhoek de lenzen voor zijn wereldberoemde microscopen ruim driehonderd jaar geleden geslepen of geblazen? Onderzoekers van de TU Delft hebben in samenwerking met het Rijksmuseum Boerhaave met behulp van neutronentomografie onomstotelijk vastgesteld dat hij in het onderzochte exemplaar een zelfgeslepen lens gebruikte. Onderzoeker dr. Lambert van Eijck van de TU Delft licht het onderzoek toe.

Hoe kreeg Antoni van Leeuwenhoek (1632 – 1723) het voor elkaar om lenzen te produceren die bijna tien keer krachtiger waren dan die van zijn tijdgenoten. Van Leeuwenhoek had geen natuurwetenschappelijke opleiding genoten en heeft zichzelf de kunst van het observeren en beschrijven aangeleerd. De veelzijdige man uit Delft was handelaar, landmeter, wijnroeiër, glasblazer (inclusief slijpen en polijsten) en microbioloog, allemaal vaardigheden die hij zichzelf eigen maakte. Van Leeuwenhoek is vooral bekend door zijn zelfgefabriceerde microscoop en zijn pionierswerk voor de celbiologie en de microbiologie. Vanaf 1674 deed hij vele ontdekkingen die bekend werden door zijn correspondentie met de Royal Society in Londen. De lenzen die hij maakte, konden wel tot 270 keer vergroten. Tijdgenoten als Jan Swammerdam en Robert Hooke kwamen niet verder dan vergrotingen tot dertigmaal. Hoe hij tot die prestatie kwam is nooit echt bekend geworden. In 1711 heeft Van Leeuwenhoek tijdens een ontmoeting met een groep Duitse edelen wel verklaard dat hij een geavanceerde glasblasmethode gebruikte. Omdat de kleine lensjes zijn ingeklemd tussen twee geklonken messing plaatjes heeft tot op de dag van vandaag niemand kunnen vaststellen of de kwaliteit

van de lens te danken was aan secuur slijpwerk dan wel aan een bijzondere glasblasmethode. Op een kijkgaatje in de microscoop van een halve millimeter na, zijn de lenzen ontoegankelijk. Meer dan negentig procent van het glas is verborgen.

ZELFGESLEPEN LENS

Het antwoord op de vraag is nu bekend door de toepassing van een niet-invasieve techniek waarbij een object met neutronen wordt bestraald: zelf geslepen en gepolijst. Van Eijck vergelijkt de relatief nieuwe techniek met een CT-scan waarbij 2D-beelden in een

3D-model worden gecombineerd. Van Eijck: "Imaging en tomografie met behulp van neutronen bestaan al zo'n twintig tot dertig jaar. Het nieuwe aan de bestaande techniek is te danken aan de digitale ontwikkeling. Bestond de beeldvorming voorheen uit het maken van fotografische platen, tegenwoordig kunnen we dankzij digitale camerasystemen bijvoorbeeld tweehonderd transmissieplaatjes maken en die met behulp van een computer zodanig combineren dat er 3D-beeldvorming ontstaat." Volgens Van Eijck is het vooral in de laatste tien jaar dat deze techniek een flinke ontwikkeling heeft doorgemaakt.

Op dit moment is er in Europa een aantal plaatsen waar 3D-imaging met neutronen mogelijk is. Bij de TU Delft is geen speciale installatie beschikbaar, zoals elders in Europa, maar is een, zoals Van Eijck het zelf omschrijft "huis-tuin-en-keuken-installatie" gemaakt. "Er was in Delft geen imaging, maar we hebben zelf een installatie gebouwd waarmee dit wel mogelijk is gemaakt. De kwaliteit is zodanig dat we concurreren met faciliteiten elders in Europa." Anders dan bijvoorbeeld het PEARL-project (de neutronendiffractometer ➤



© TU Delft

✘ Van Eijck: "Een van de eerste kandidaten om met neutronen te bestuderen, was de Van Leeuwenhoek-microscoop."



© TU Delft

➤ v.l.n.r.: Lambert van Eijck, restaurator Auke Gerrits, postdoc Zhou Zhou en conservator Tiemen Cocquyt

waarmee de structuur van materialen kan worden vastgesteld) waarvoor aanvraag, toekenning en uitvoering volgde, is neutronen-imaging eigenlijk geleidelijkerwijs uitgegroeid tot wat we nu doen. "Het is tot nu toe nooit echt een project geweest, maar meer iets dat we 'erbij' deden." Sinds twee jaar, echter, is het echt een serieuze tak geworden waarvoor nu een post-doc is aangesteld die het apparaat beheert en alle data gaat verwerken.

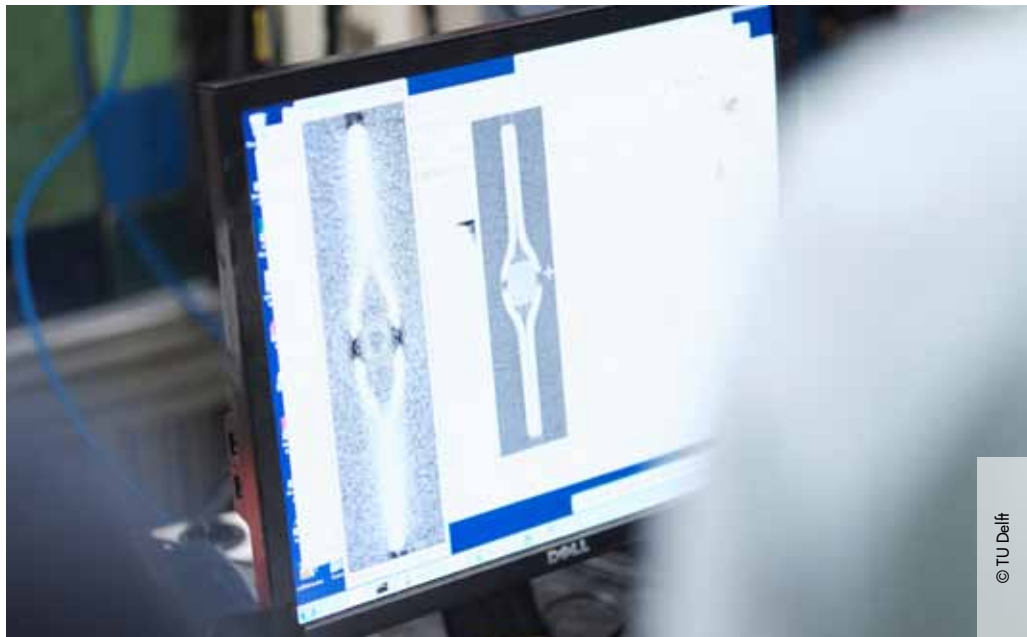
EERST EEN REPLICA

Hoe is de microscoop van Van Leeuwenhoek bij de TU Delft terecht gekomen? "Het is niet eenvoudig om belangrijke cultuurschatten te mogen onderzoeken. Dat geldt ook voor deze microscopen waarvan er wereldwijd nog maar elf zijn. In 2015 hebben we een officieel voorstel geschreven om een

installatie te mogen bouwen, maar dat heeft het helaas niet gehaald. Op basis van het voorstel kwam ik wel in contact met Dirk van Delft, de directeur van het Rijksmuseum

Boerhaave." Tijdens de gesprekken die daarop volgden, kwam een aantal objecten naar voren dat voor niet-invasief onderzoek in aanmerking zou kunnen komen. "Een van de eerste kandidaten in de collectie om met neutronen te bestuderen, was de Van Leeuwenhoek-microscoop. Omdat de microscoop het pronkstuk is van Museum Boerhaave, was het moeilijk om het voor onderzoek uit de collectie te halen en naar Delft te krijgen, ook voor korte tijd." Het vergde volgens Van Eijck veel overtuigingskracht om het daadwerkelijk te gaan uitvoeren. "Ook omdat de microscoop tweede was geworden in 'Het Pronkstuk van Nederland', achter het Plakkaat van Verlatinghe." Door eerst voor te stellen een onderzoek uit te voeren naar een replica, vertelt Van Eijck, raakte de directie van het museum wel geïnteresseerd. "Het leuke is dat als je een tomografiemodel in je computer hebt, je ermee kan doen wat je wil. In het tomografiemodel konden we een virtuele hap uit de microscoop nemen waardoor de complete lens zichtbaar werd. Dat beeld hebben we in 3D vergroot uitgeprint en aan het museum cadeau gegeven en ze daarmee dusdanig

➤ Het beeld dat uitsluitsel geeft over de opbouw van de microscoop en de aard van de lens



© TU Delft

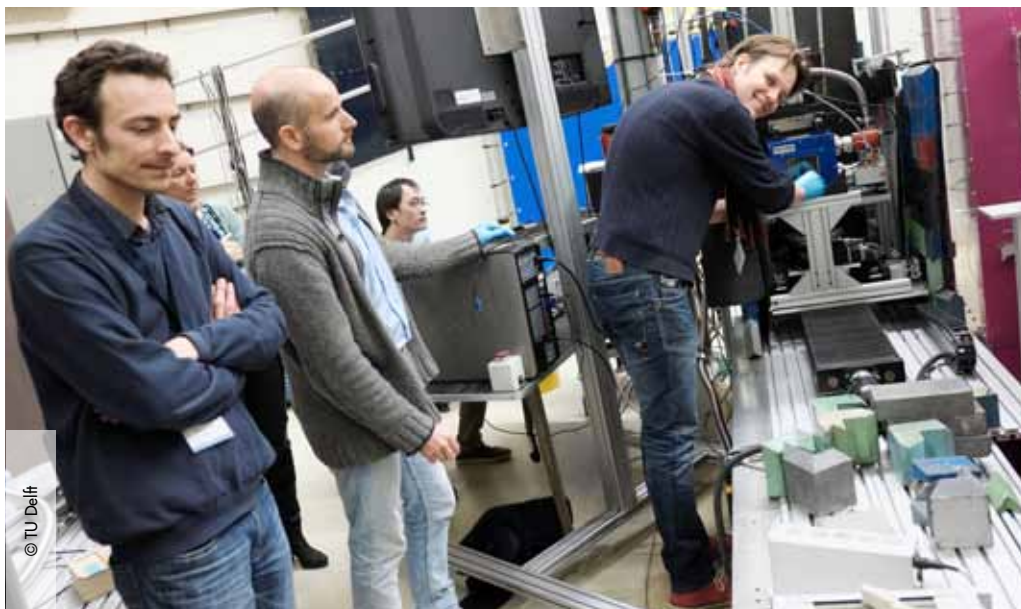
enthousiast gemaakt dat we met een originele Van Leeuwenhoek aan de slag konden gaan.”

VRIENDELIJKE NEUTRONEN

Werd de microscoop door de bestraling met neutronen niet geactiveerd? “In de kern van de reactor heb je hoogenergetische deeltjes, maar in de bundel een paar meter verderop waar wij ons onderzoek doen, is die energie ongeveer een miljard keer lager. Eigenlijk zijn het hele ‘vriendelijke’ neutronen op kamertemperatuur die het object eigenlijk nauwelijks ioniseren.” Het messing – een legering van koper en zink – werd wel licht radioactief maar dat bleek volgens Van Eijck juist een voordeel. De halfwaardetijd van het geactiveerde koper is ongeveer 12,5 uur, dus moet je het ongeveer 5 dagen veilig bewaren in de kluis. Maar je kunt die tijd ook gebruiken om gammaspectroscopie uit te voeren. Door te meten wat voor energie de straling heeft die ervan af komt, kun je bepalen waaruit het materiaal is opgebouwd. Logischerwijze kwam uit dit onderzoek dat het object uit koper en zink bestaat, maar we konden nu ook de verhouding van de legering vaststellen. Daarnaast bleek dat er zich ook natrium in de microscoop bevond. Dat zit waarschijnlijk in het glas van de lens en dat zou ik graag in een vervolgonderzoek willen vaststellen, want het glas dat Van Leeuwenhoek gebruikte is niet hetzelfde glas als is gebruikt in de replica’s.”

DUIZEND TRANSMISSIEPLAATJES

Voor het onderzoek waren er geen ingewikkelde installaties nodig en hoefde de TU Delft alleen maar een houdertje te ontwerpen en te maken dat na goedkeuring van het museum kon worden gebruikt om de microscoop in de neutronenbundel te fixeren. Van Eijck: “Dat is weer het voordeel van de TU Delft. We kunnen dat soort dingen zelf allemaal redelijk snel maken.” Het nemen van alle 2D-foto’s nam ongeveer een dag in beslag. “Eerst plaats je een neutronencamera in de bundel en maak je een plaatje van



✦ Restaurator Auke Gerrits van Rijksmuseum Boerhaave plaatst de microscoop bij een camera

de bundel. Dan breng je de houder met de microscoop voor de camera in de bundel en wordt er een transmissieplaatje gemaakt. Vervolgens draai je het object enigszins – dat gaat geautomatiseerd - en maak je weer een plaatje.” Uiteindelijk draait het object 360 graden. Het aantal stappen is afhankelijk van de gewenste detaillering. Zo kun je 360 maar ook 700 of 1.000 transmissieplaatjes hebben om uiteindelijk een gedetailleerde 3D-projectie te maken. Van de microscoop die ongeveer twee bij vier centimeter is, zijn duizend transmissieplaatjes gemaakt. “Het meten van de activering vindt al na een minuut bestralen plaats. Dan controleren we eigenlijk al wat de samenstelling van het object is. Het is dus een doorlopend onderzoek waarbij de bestraling met neutronen en het maken van transmissieplaatjes wordt afgewisseld door gammaspectroscopie.”

BOEDDHABEELDEN

Voor het vervolgonderzoek zou Van Eijck weer graag gebruik maken van een microscoop van Rijksmuseum Boerhaave. Maar hij sluit niet uit dat er misschien

een ander museum is dat bereid is om een microscoop uit te lenen. Naast het onderzoek naar de samenstelling van het glas zijn er nog steeds mensen die denken dat Van Leeuwenhoek misschien toch ook handgeblazen lenzen heeft gebruikt. “Wij willen en kunnen onderzoeken of dat inderdaad het geval is.” Van Eijck vertelt daarnaast dat er ook nog andere objecten zijn die binnenkort aan een onderzoek worden ontworpen. “Door ons voorstel van enige jaren geleden zijn we met verschillende musea in contact gekomen die interesse hebben voor de mogelijkheden van niet-destructief onderzoek van museumstukken. Met het Rijksmuseum in Amsterdam en de Rijksdienst Cultureel Erfgoed hebben we een voorstel ingediend bij het NWO om in aanmerking te komen voor een NICAS-project (Netherlands Institute for Conservation, Art and Science) en dat is gehonoreerd. Binnenkort beginnen we met het onderzoek van Boeddhabeelden van het Rijksmuseum waarin – en dat weten we nu al – geraamtes zitten. We willen met behulp van neutronentomografie de inhoud en met gammaspectrografie de gebruikte materialen in beeld brengen en dus met de combinatie van technieken heel veel informatie te weten krijgen over de museumstukken.” **K**

Menno Jelgersma



© Michael Lionstar

BOEKBESPREKING

DINGEN GEDAAN KRIJGEN HOE JE MET HERSENWETEN- SCHAP MENSEN KAN BEINVLOEDEN

K Af en toe komt er weer eens zo'n boek waarvan je denkt: had ik dat maar eerder gelezen. Mensen zijn slecht in het nemen van besluiten en houden zichzelf de hele dag voor de gek. In het onlangs verschenen *Dingen gedaan krijgen*, hoe je met hersenwetenschap mensen kan beïnvloeden, van uitgeverij Atlas Contact gaat Tali Sharot uitgebreid in op hoe mensen tot besluiten komen en hoe we mensen kunnen bewegen besluiten te nemen. En dat is geen sinecure met onwrikbare emoties, de neiging om feiten te negeren en de behoefte het beloningssysteem in je hersenen te prikkelen. We willen allemaal uniek en trendy zijn en onafhankelijke beslissingen nemen. Neem dan eerst maar eens het besluit dit boek te lezen.

De symposia die door KIVI-kerntechniek worden georganiseerd hebben soms ook wel iets weg van reünies; het is moeilijk om nieuwe of andere bezoekers te trekken. Ook de lezersgroep van Kernvisie Magazine lijkt al jaren op een vaste club die ook nog eens vergrijsd. Hoe bereik je een nieuwe schare toehoorders of lezers? Hoe kan je helder en duidelijk een boodschap overbrengen of weerwoord geven aan foute informatie die over nucleaire technologie in de media verschijnt? Brochures, folders, lezingen, fact sheets, papers, het maakt niet uit hoe uitgebreid of juist simpel opgeschreven, de boodschap komt niet over. In haar recente boek *Dingen gedaan krijgen* legt Sharot uit waarom we mensen niet een andere richting uit kunnen bewegen.

EMOTIES ZIJN BESMETTELIJK

Op basis van neurologie, psychologie en gedragswetenschap laat ze zien hoe je de bijzondere manier waarop ons brein in elkaar zit op een goede manier kunt gebruiken. Zo denken we vaak dat analytische mensen eerder geneigd zijn om een wetenschappelijke verhandeling voor waar aan te nemen dan zij die minder analytisch zijn aangelegd. Niet waar, volgens Sharot. Volgens haar is juist het tegenovergestelde het geval. "Hoe beter je cognitieve vermogens, hoe beter je in staat bent om informatie naar willekeur te rationaliseren en interpreteren, en om gegevens op een creatieve manier zodanig te verdraaien, dat ze kloppen met je opvattingen." Het verstand heeft een voorkeur voor de mening die past bij jouw gevestigde opvatting en die opvatting hoeft helemaal niet gebaseerd te zijn op feiten. Leidend zijn de emoties. Het oproepen van emoties kan helpen bij het overbrengen van ideeën en toehoorders zullen daardoor eerder geneigd zijn jouw standpunt te delen. Emoties zijn volgens Sharot "besmettelijk" en blijven veel beter 'hangen' dan feiten. Als voorbeeld noemt ze de actuele weerstand

van mensen tegen inenting. In 1998 publiceerde The Lancet het inmiddels beruchte onderzoek over het verband tussen vaccinatie en autisme. Later onderzoek wees uit dat er geen verband was, maar het kwaad was geschied. De emotie die het onderwerp oproept, is bij sommige mensen zo groot dat ze hun kinderen niet meer laten inenten. In 2017 kregen 15.000 mensen in de EU mazelen en kwamen er 54 mensen om het leven. Het heeft geen zin te benadrukken dat het onderzoek niet deugde. Wel heeft het volgens Sharot zin om erop te wijzen dat een BMR- vaccinatie (Bof, Mazelen, Rode Hond) de kans op potentieel dodelijke ziektes verkleint. De crux is dat de anti-vaccinatiebeweging niet met bewijs hoeft te komen. Door angst te zaaien, weet ze haar doel te bereiken. Als een anti-beweging wil dat iemand iets niet doet, moet je dus de nadruk leggen op nadelige gevolgen. "Het brein is zo georganiseerd dat actie wordt geassocieerd met beloning en niet met het vermijden van nadeel", aldus Sharot.

PRIKKEL HET BELONINGSYSTEEM IN DE HERSENEN

Als we iemand willen beïnvloeden moeten we onze eigen instinctieve behoefte om de controle te houden negeren en rekening houden met de behoefte aan handelvrijheid van de ander. Geef mensen daarbij het gevoel dat ze meer invloed hebben op hun wereld en je vergroot de motivatie en betrokkenheid om te doen wat jij wilt dat er gebeurt. "Het hebben van een keuzemogelijkheid geldt als een beloning op zichzelf." Het belang van goed nieuws en goede vooruitzichten is ingebakken. Mensen proberen selectief hun geest te vullen met kennis die plezierige overtuigingen oplevert en informatie te vermijden die onplezierige gedachten kan veroorzaken. Een foto van een glooiend landschap, groene weides en kleine bosschages met hier en daar een windmolen

is beduidend aantrekkelijker dan een foto met een kerncentrale waarboven zwarte wolken hangen. De negatieve foto zal een negatieve emotie oproepen wat leidt tot inactiviteit en vermindering. De positieve afbeelding zorgt voor een 'beloning' in het brein. Door bovendien de mogelijkheid te bieden om te participeren (bijvoorbeeld aandelen), zullen mensen bereid zijn te doen wat jij wilt. Ook de keuze om te kunnen deelnemen, prikkelt volgens Sharot het beloningssysteem in de hersenen.

DE AMYGDALA TEMMEN

Als mensen gestrest zijn, zijn ze ontvankelijk voor slecht nieuws. Zo kan een aardbeving in Californië ervoor zorgen dat mensen zich in IOWA tegen aardbevingen gaan verzekeren waar geen aardbevingen voorkomen. Denk hierbij bijvoorbeeld ook aan het verspreiden van jodiumtabletten of het sluiten van kerncentrales als er zich aan de andere kant van de wereld problemen voordoen. De 'schuldige' is de amygdala, een diep in het brein gelegen structuur die van belang is voor de verwerking van emoties. Als de amygdala sterk reageert wordt een biologische reactie getriggerd waardoor de frontale kwab die o.a. essentieel is voor het beheersen van emoties, een onjuiste overtuiging overneemt die nauwelijks te corrigeren is. Het geheugenspoor dat zo ontstaat, is een fysiek verschijnsel. Hoewel het moeite kost, is het volgens Sharot zeker mogelijk om met behulp van de frontale kwab sociale intimidatie te overwinnen ofwel: de amygdala te temmen. Als het bij jezelf lukt, moet het bij anderen ook kunnen. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat het belangrijk is om daarbij rekening te houden met de emoties van anderen hoe irrationeel ook. Als angst rationeel zou zijn, zouden we gaan schreeuwen bij het zien van een sigaret en absoluut niet meer in een auto zouden stappen omdat roken en autorijden nauw gerelateerd zijn aan de vijf hoofdoorzaken

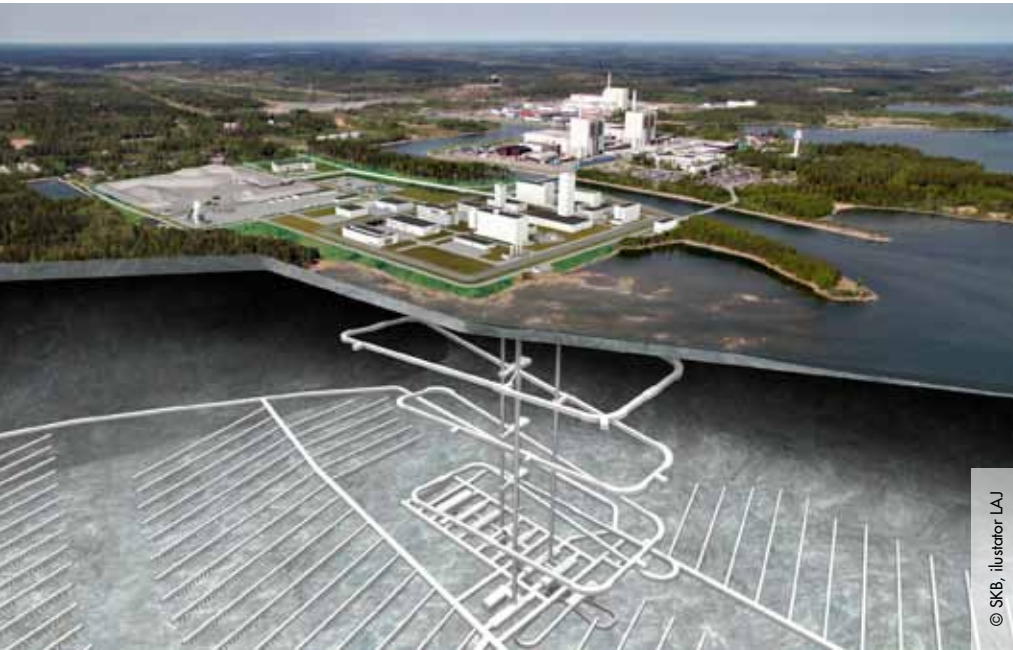
van overlijden. Vreemd genoeg gaan we wel gebukt onder irrationele angsten. Van de twaalf meest voorkomende fobieën staat de angst voor spinnen bovenaan. In de VS (319 miljoen mensen) sterven jaarlijks 6 mensen aan het gif van een spin. "De kans om te worden aangevallen door een haai, dat overleeft en vervolgens komt te overlijden door een vallende kokosnoot is groter", aldus Sharot. Luisteren naar iemand die emotioneel reageert is belangrijk, maar niet noodzakelijkerwijs gelijkwaardig aan een op feiten gebaseerde mening. "Als je een medische beslissing moet nemen, is het redelijk om meer gewicht toe te kennen aan de mening van je arts dan aan die van je goedbedoelende oom."

Het boek van Sharot is helder geschreven en geeft inzicht hoe we zelf functioneren en aanknopingspunten hoe we andere mensen kunnen beïnvloeden. En die blijken vaak anders dan je zou verwachten. Angst aanjagen is de aangewezen techniek om mensen ergens voor de rest van hun leven vanaf te houden. Tegelijkertijd zie je dat gebruik wordt gemaakt van technieken om mensen te laten participeren in het doel dat anderen willen bereiken. "Iedereen wil uniek en trendy zijn", zegt Sharot. Een paradox waar veel marketeers gebruik van maken: "Iedereen is verschillend, jij bent uniek, koop ons product." Alleen feiten kunnen geen emotie weerleggen. "Er moet een match zijn tussen de mening die we geven en de conditie van de persoon tegenover ons." Werk naar een positief doel, maak gebruik van het beloningssysteem van ons brein en hou bovenal rekening met de ander. **K**

Menno Jelgersma

Tali Sharot: Dingen gedaan krijgen

Hoe je met hersenwetenschap mensen kan beïnvloeden - Atlas Contact: € 21,99



GROEN LICHT VOOR ZWEEDSE EINDBERGING

K De Zweedse Radiation Safety Authority (SSM) heeft de plannen van Svensk Kärnbränslehantering AB's (SKB's) voor de bouw van een eindberging voor gebruikte splijtstof positief beoordeeld. Onderdeel van dat plan was ook de bouw van een bedrijf dat de op te bergen splijtstof gaat inkapselen voordat het wordt opgeslagen. Het Land and Environment Court in Stockholm heeft echter om nadere documentatie gevraagd over de koperen canisters waarin de splijtstof in de definitieve berging zal worden opgeslagen.

SKB, het Zweedse bedrijf voor het verwerken van radioactief afval, diende maart 2011 de aanvragen in voor het bouwen van de eindberging en voor het bedrijf dat het afval gaat inkapselen. Berging en inkapseling worden gezien als een samenhangend proces; men refereert naar het geheel als de Clinc, de voorlopige opslagfaciliteit wordt aangeduid als de Clab. Het gehele project is gebouwd voor de opslag van zesduizend

canisters met een totaal van twaalfduizend ton op te bergen radioactief materiaal op een diepte van vijfhonderd meter. SKB heeft een aanvullende vergunning aangevraagd om de capaciteit van de Clab op te mogen voeren tot elfduizend ton. De aanvragen zijn beoordeeld door de SSM en de Land and Environment Court. De SSM beoordeelde het aspect nucleaire veiligheid in het kader van wat is vastgelegd in de Nuclear Activities

K Een artist's impression van de voorgenomen eindberging waarin zich een 66 km lang netwerk van ondergrondse tunnels bevindt.

Act. Het onderzoek van het Land and Environment Court diende binnen de van kracht zijnde Milieu Code.

BELANGRIJKE STAP NAAR EINDBERGING

De uiteindelijke goedkeuring van het project zal door de regering worden gedaan op grond van de bevindingen van SSM en het Land and Environment Court. Maar voorafgaand daaraan zal de regering nog in overleg gaan met de gemeenten Oskarshamn en Östhammars. Zij kunnen de zaak uiteindelijk nog vetoën. Zowel SSM als het Land and Environment Court brachten inmiddels hun oordeel uit aan de regering. SSM adviseerde de regering positief voor zowel de berging als het inkapselen. SSM neemt hierbij in overweging dat SKB bij het indienen van de aanvraag aangetoond heeft dat de faciliteiten en de daaraan verbonden veiligheidsanalyses (de SARs) verder ontwikkeld kunnen worden in overeenstemming met de vastgestelde procedures voor een stapsgewijs toelatingsproces binnen de Act on Nuclear Activities. Aangetoond is dat SKB in staat is om ge-update SARs betreffende de voortgang van de bouw, het functioneren, de lange-termijn nucleaire veiligheid en de stralingsbescherming te leveren aan de SSM die op basis hiervan toestemming kan geven voor volgende stappen op weg naar de voltooiing. Ansi Gerhardsson, directeur stralingsbescherming van SSM, gaf aan: "De Zweedse toezichthouder stelt vast dat SKB in staat is om te garanderen dat er veilig gewerkt wordt en veilig wordt opgeslagen op een wijze waarbij de gezondheid van mensen en de leefomgeving beschermd worden tegen kwalijke gevolgen van straling. SSM stelt een aantal aanvullende voorwaarden op binnen de verleende vergunning. Daarmee wordt bewerkstelligd dat er niet anders gebouwd en gewerkt mag

worden als aangegeven in de aanvraag en dat SKB SARs zal overleggen voor onderzoek en goedkeuring door SSM voorafgaand aan de start van de bouw en eveneens voorafgaand aan het operationele testen. SKB beschouwt de stand van zaken als een belangrijke stap in het proces op weg naar het definitief opslaan van in Zweden gebruikte splijtstof.”

VRAGEN OVER DE CANISTERS

Het Land and Environment Court rapporteerde aan de regering dat er nadere documentatie nodig is betreffende de veiligheid van de koperen canisters voordat er een vergunning afgegeven kan worden voor gebruik ervan in de definitieve berging.

Er zou volgens het Court nog onvoldoende zekerheid bestaan of de canisters ook op de lange termijn in staat zullen blijken om het radioactief materiaal binnen te houden. Dan gaat het met name om schade door corrosie en de gevolgen van mechanische schade aan de canisters. Het Court kan daarom niet concluderen dat berging veilig is op lange termijn. De definitieve goedkeuring kan dan ook slechts worden gegeven als aanvullende informatie aangeeft dat dit inderdaad op lange termijn veilig zijn. Het inkapselen en de tijdelijke opslag in de Clab kunnen volgens het Court wel binnen de Environment Code worden goedgekeurd. SKB is van mening dat zodra de vereiste gegevens betreffende de veiligheid op lange termijn van de canisters geleverd zijn, de regering in staat zal zijn om de vergunning binnen de vereisten van de Environment Code voor de eindberging af te geven. De betrokken gemeenten - Östhammar and Oskarshamn – zullen nu hun zienswijze aan de regering kenbaar kunnen maken. Uitgaande van het verkrijgen van de vergunningen, zal SKB vroeg in het jaar 2020 kunnen beginnen met de bouw van de opslagfaciliteit voor gebruikte splijtstof en het bedrijf voor het inkapselen daarvan. Het zal dan ongeveer tien jaar kosten voor het allemaal gereed is. **K**

Bron: World Nuclear News

ANVS PUBLICEERT WEBPORTAAL 'NUCLEAIRE CRISIS OF STRALINGSONGEVAL'



De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) publiceerde op 16 mei een portaal op haar website met informatie over wat de overheid doet en wat burgers zelf kunnen doen in geval van een nucleaire crisis of een stralingsongeval. Dit webportaal is te vinden via: www.infonucleairrisico.nl

De informatie in het portaal geeft onder andere antwoord op vragen over de veiligheid en risico's van kernreactoren en wordt ondersteund door animaties. Verder geeft het informatie over verschillende crisis- en rampenbestrijdingsplannen. Staatssecretaris Stientje van Veldhoven van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat: "Ik vind het belangrijk dat iedereen informatie over de veiligheid en risico's van kernreactoren op één centrale plek kan vinden. Dit webportaal van de ANVS draagt daaraan bij. Het laat zien wat de overheid doet, wat je zelf kunt doen in geval van een nucleaire crisis of een stralingsongeval en wat het betekent als je wordt blootgesteld aan straling."

CRISIS- EN RAMPENBESTRIJDINGSPLANNEN

De kans op een ongeval bij een kernreactor is erg klein. Nucleaire installaties moeten voldoen aan zeer strenge eisen. De ANVS ziet erop toe dat zij zich hieraan houden en handhaaft indien nodig. Ondanks de uitgebreide veiligheidssystemen, deskundige medewerkers, strikte voorschriften en strenge controles, is een ongeval in een

kernreactor nooit helemaal uitgesloten. Als er zich een onverwachte situatie voordoet in een Nederlandse of buitenlandse kernreactor, zorgen adequate procedures voor een snelle en effectieve reactie van alle betrokkenen. Deze procedures staan beschreven in verschillende crisis- en rampenbestrijdingsplannen van Nederlandse en buitenlandse overheden en van de veiligheidsregio's. De plannen worden regelmatig geoefend. In het webportaal zijn de diverse plannen opgenomen.

ANIMATIES

Het webportaal bevat verder informatie over onder andere kernreactoren in Nederland en in onze buurlanden, de veiligheid en risico's van deze reactoren, nucleaire veiligheid, straling, toezicht en internationale samenwerking. De informatie wordt ondersteund door animaties. Het webportaal blijft continu in ontwikkeling en wordt dit jaar nog verder uitgebreid, onder andere met vraag- en antwoordrubrieken en extra relevante links naar informatie op andere websites.

Bron: ANVS



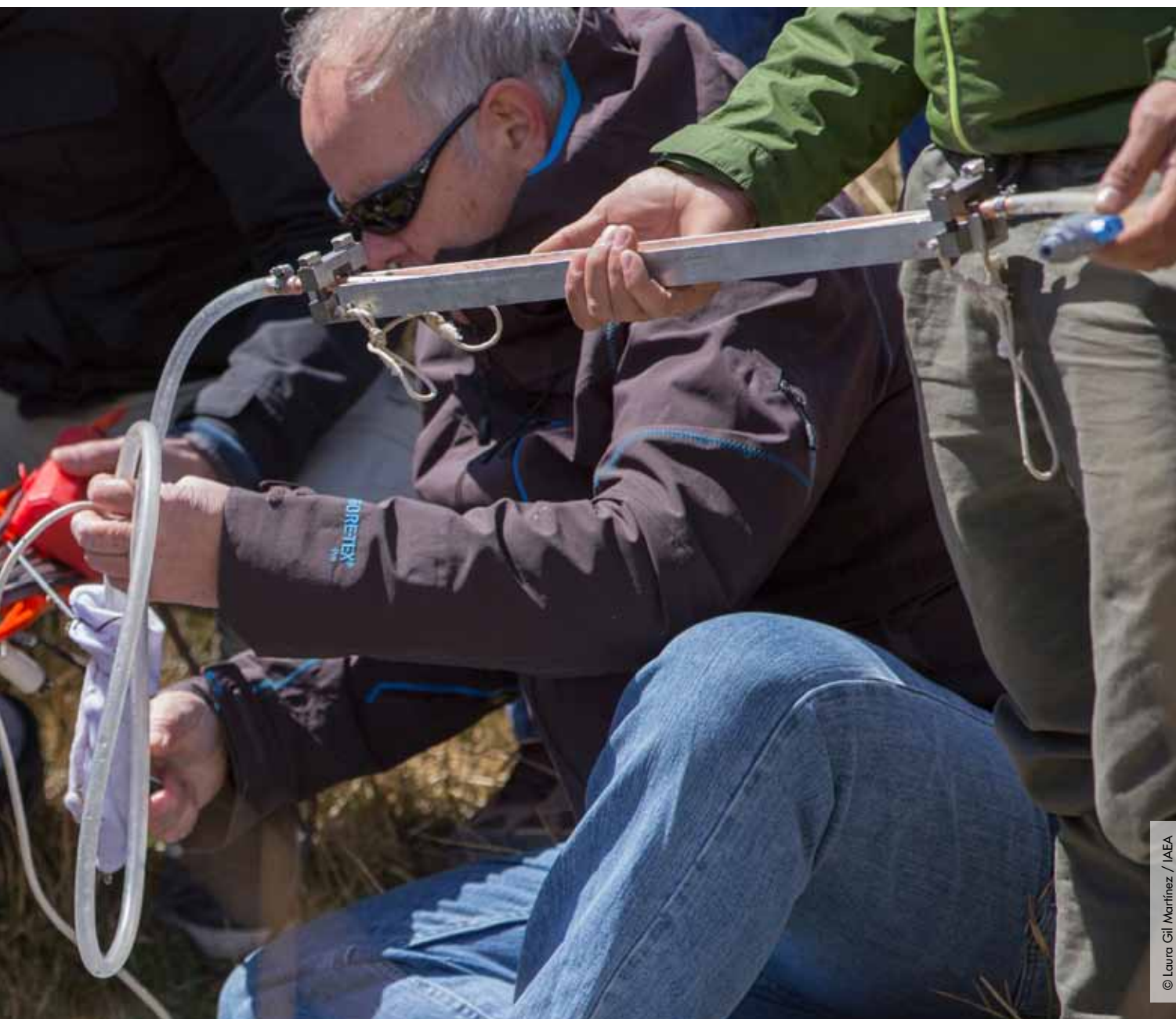
INBEELD

IAEA ONDERSTEUNT ONDERZOEK NAAR WATERVOORRADEN

Zoals in zoveel landen over de hele wereld dreigt in Argentinië een tekort aan zoetwater door over-exploitatie en door vervuiling. Om het Zuid-Amerikaanse land bij te staan, doen wetenschappers onderzoek naar de beschikbaarheid van zoetwater met behulp van nucleaire technologie: Isotope Hydrology

Met Isotope Hydrology kunnen

onderzoekers zowel de kwantiteit als de kwaliteit van de voorraden aan zoetwater bepalen. Hoe ze dat doen? Ze maken gebruik van vrij in de natuur voorkomende isotopen die ze als 'tracers' inzetten. Hierdoor krijgen ze de beschikking over de isotope samenstelling van het water. Isotopen zijn atomen met hetzelfde atoomnummer maar met verschillende massagetalen. Dit betekent dat de



© Laura Cijl Martínez / IAEA

isotopen van een atoom hetzelfde aantal protonen hebben maar een verschillend aantal neutronen. Deze varianten gedragen zich chemisch op dezelfde manier, maar kunnen zich door hun verschil in massa fysisch anders gedragen zoals bij verdamping en diffusie.

In Argentinië doen de wetenschappers onderzoek naar de ouderdom van het water, in hoeverre de voorraden

worden aangevuld en de mate van vervuiling van het water.

Een ander bekend voorbeeld van dezelfde nucleaire techniek vindt op Groenland plaats. Kleine variaties in de isotope samenstelling van de watermoleculen in de sneeuw houden verband met de temperatuurveranderingen op de Groenlandse ijskap. Onderzoek

naar de isotope samenstelling van het kernijs geeft daarom inzicht in de temperatuursgeschiedenis van Groenland van heden tot tienduizenden jaren in het verleden.

De IAEA ondersteunt landen zoals Argentinië door het geven van trainingen, het beschikbaar stellen van gereedschappen en materieel en technische expertise. **K**



© NRG

PETTEN PRODUCEERT NIEUWE MEDISCHE ISOTOOP XENON-133

NRG heeft in nauwe samenwerking met Curium in Petten een proces ontwikkeld voor de productie van de medische isotoop xenon-133. De nieuwe medische isotoop kan verkregen worden tijdens het molybdeenproductieproces in Petten, dat sinds kort volledig is gebaseerd op laag verrijkt uranium. De medische isotoop is vooral waardevol bij het bestuderen van de longfunctie en het tijdig opsporen van longembolieën. Sinds begin mei is xenon-133 uit Petten in Amerikaanse ziekenhuizen beschikbaar.

De twee bedrijven op de Onderzoekslocatie Petten (OLP) hebben onder meer een zogenaamde 'glove box' ontworpen en gebouwd om de productie van de nieuwe isotoop mogelijk te maken.

Deze handschoenenkast is een speciale installatie waarmee het mogelijk is om het xenongas gecontroleerd af te vangen. Het molybdeenproductieproces van Curium vindt plaats in een laboratorium van NRG, onder de kernenergiewetvergunning van

NRG, en daarmee was de samenwerking vanaf het begin een feit. "Na significante R&D-inspanningen bleek het mogelijk om op een veilige manier radioactief xenongas af te vangen en te zuiveren vanuit ons molybdeenproces", aldus Frank de Lange, directeur van Curium in Petten. "Om dit nieuwe product te kunnen leveren, is de bestaande molybdeenproductiefaciliteit van NRG aangepast en heeft NRG gezorgd voor een wijziging van de vergunning."

K Speciale 'handschoenenkast' die het mogelijk maakt het xenongas af te vangen

"Het is een waardevolle uitbreiding van de diversiteit aan medische isotopen die hier in Petten geproduceerd worden", zegt Philippe Brouwers, business director bij NRG. "Dit is een goed voorbeeld van hoe Petten anticipeert op de vraag naar verschillende isotopen."

Curium verzendt het product vanuit Petten naar haar zusterbedrijf Curium in de VS waar de zuivere bulk wordt omgezet in een eindproduct. De ziekenhuizen in de VS konden vanaf 10 mei over het product beschikken. "We zijn blij dat onze klanten nu de keus hebben om xenon-133-gas te gebruiken bij het stellen van de zo belangrijke diagnoses", aldus Dan Brague, CEO van Curium North America. "Hieruit blijkt dat Curium als wereldspeler in de nucleaire geneeskunde wil blijven investeren in het productenpakket en een betrouwbare lange-termijnbeschikbaarheid nastreeft van medische isotopen, waaronder xenon-133." Xenon-133 wordt gebruikt bij het bestuderen van de longfunctie en het opsporen van longembolieën. Daarnaast wordt het product soms gebruikt voor het meten van de doorbloeding van de hersenen.

NRG exploiteert de Hoge Flux Reactor die eigendom is van de Europese Unie en is de mondiale marktleider in de levering van medische isotopen. In Nederland is NRG de autoriteit op het gebied van integrale stralingsbescherming. In totaal zijn bijna zeshonderd mensen werkzaam bij NRG. Curium is begin 2017 ontstaan door een fusie tussen het Franse IBA Molecular en de 'nuclear medicine business' van het Amerikaanse Mallinckrodt Pharmaceuticals en kent wereldwijd tientallen productie- en verkooplocaties. Bij de productie- en distributielocatie in Petten werken ruim driehonderddertig mensen. **K**

DE ROL VAN KERNENERGIE EN HERNIEUWBARE ENERGIE IN DE BELGISCHE ENERGIETRANSITIE

“Kernenergie werkt de ontwikkeling van hernieuwbare energie niet tegen; de twee zijn complementair.”

K Op verzoek van het Belgisch Nucleair Forum heeft PwC (Price Waterhouse Coopers) Enterprise Advisory CBVA een studie uitgevoerd naar verschillende Belgische energietransitiescenario's. Hieruit volgt dat tegen 2050 alleen een elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energie in combinatie met kernenergie op lange termijn zorgt voor stabiele elektriciteitsprijzen en een gegarandeerde leveringszekerheid. **“Bovendien toont de studie aan dat met een combinatie van hernieuwbare bronnen en kernenergie de Europese klimaatdoelstellingen haalbaar zijn”, aldus Matthias Meersschaert, woordvoerder PR & PA van het Belgisch Nucleair Forum.**

België telt zeven kernreactoren op twee locaties: in Doel (in de provincie Oost-Vlaanderen) en bij Tihange (in de provincie Luik). De kerncentrales van Doel en Tihange zorgen ervoor dat een fors deel van de stroomproductie CO₂-vrij wordt opgewekt. Kernenergie leverde in de maand mei met 59 procent (66 procent in april) het overgrote deel van alle koolstofarme elektriciteit. Zon en wind samen produceerden tien procent; fossiel en andere bronnen tezamen 31 procent. Zeventig

procent wordt dus CO₂-vrij opgewekt. Nederland steekt daar uiterst schril bij af. Ter vergelijking: De Kerncentrale Borssele draagt bijna vier procent CO₂-vrije stoom bij, naast hernieuwbaar tussen tien en vijftien procent; in totaal dus zo'n vijftien tot maximaal twintig procent tegenover zeventig procent in België.

KERNUITSTAP

Toch heeft het Belgische parlement al in 2003 een wet goedgekeurd die een geleidelijke kernuitstap vormgeeft.



© Belgisch Nucleair Forum

✘ *Matthias Meersschaert: “Het is in het belang van het klimaat dat de koolstofuitstoot naar beneden gaat.”*

Volgens die wet zouden de kerncentrales na veertig jaar dienst moeten sluiten. In 2013 werd diezelfde wet gewijzigd. De werkingsduur van Tihange 1, Doel 1 en Doel 2 werd van veertig naar vijftig jaar verlengd. Deze reactoren zullen met andere woorden open blijven tot in 2025. In het huidige regeerakkoord is een wetsinitiatief opgenomen dat zegt dat ook alle andere Belgische kerncentrales (Doel 3 en 4 alsook Tihange 2 en 3) op zijn laatst in 2025 dicht moeten. In het Belgische regeerakkoord staat eveneens dat de regering bij de uitwerking van de energievisie en het energiepact, objectief en transparant opnieuw alle opties zal onderzoeken om de bevoorradingszekerheid in België op korte en middellange termijn te garanderen. Meersschaert: “Er is een comité van experts” ✘

aangesteld dat jaarlijks bijeenkomt om te beoordelen of de kernuitstap mogelijk is. Daarbij is het van belang dat gekeken wordt naar de bevoorradingszekerheid, de energieprijzen en de CO₂-uitstoot.”

In opdracht van het Belgisch Nucleair Forum heeft PwC de opdracht gekregen om de gevolgen van een kernuitstap in kaart te brengen en verschillende scenario's te onderzoeken. De keuze voor een onafhankelijk bureau zoals PwC lag volgens Meersschaert voor de hand. “Wij werkten al eens eerder samen met PwC waarbij PwC onderzoek deed naar de werkgelegenheid rond de nucleaire sector. Die samenwerking is goed bevallen. Verder heeft PwC goede referenties in België en werkte de organisatie ook in opdracht van beleidsmakers zoals ministers en de toezichthouder.”

**ZONDER KERNENERGIE
AANZIENLIJKE STIJGING CO₂**

Volgens de uitkomsten van het rapport zal België tegen 2050 zonder kernenergie te maken krijgen met een aanzienlijke stijging van zijn koolstofuitstoot, ondanks de massale ontwikkeling van hernieuwbare bronnen die volgens Meersschaert rond 2050 in de prognoses maar liefst 67 procent in de energiemix zullen bedragen. Zonder kernenergie zullen bovendien de kosten van elektriciteit toenemen en de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening in het geding komen. Er zou in dat geval een beroep moeten gedaan worden op import van elektriciteit en op de duurdere

thermische centrales. “De studie bevestigt ondubbelzinnig dat kernenergie de ontwikkeling van hernieuwbare energie niet tegenwerkt, maar dat de twee complementair zijn”, aldus Meersschaert. De energiemix met kernenergie garandeert een betrouwbare, betaalbare en duurzame elektriciteitsvoorziening en dat strookt volgens het PwC-rapport volledig met de Europese strategie inzake elektriciteit. “Op zich is dat niet zo vreemd want als je koolstofarme elektriciteit zoals kernenergie vervangt door fossiele energie stijgen de CO₂-emissies”, licht Meersschaert toe. Met de uitkomsten van het rapport is het Forum naar alle stakeholders gegaan waar de uitkomsten, zoals Meersschaert het noemde: “Goed zijn binnengekomen.” Dat klinkt positief en op basis van het rapport zou je bovendien verwachten dat NGO's zoals Greenpeace achter de uitkomsten zouden staan, maar de reacties waren volgens Meersschaert nogal mager. “Eigenlijk ben ik wel verbaasd over de lauwe reacties vanuit die hoek. Het is toch in het belang van het klimaat dat de koolstofuitstoot naar beneden gaat.”

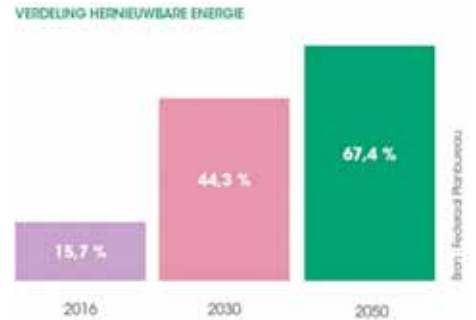
HET ONDERZOEK

PwC ging uit van drie parameters voor de analyse: de bevoorradingszekerheid, de concurrentiepositie en de stabiliteit van de elektriciteitsprijs en het halen van de klimaatdoelstellingen. Daarbij onderzocht PwC drie verschillende scenario's:

1. Een uitstap uit de kernenergie vanaf 2025, zoals voorzien door de federale regering;

2. Een situatie met het behoud van 3 GW aan productiecapaciteit uit kernenergie, zijnde de helft van de huidige jaarlijkse productiecapaciteit;
3. Het behoud van de capaciteit aan kernenergie gelijk aan de huidige capaciteit, dus 6 GW.

De drie scenario's veronderstellen een identieke, aanzienlijke en ambitieuze groei van hernieuwbare energiebronnen tussen 2016 en 2050, gebaseerd op de projecties van het Federaal Planbureau inzake ontwikkeling van de productiecapaciteit van hernieuwbare energie, en op de projecties van het Joint Research Centre (JRC) van



✎ De drie scenario's houden rekening met dezelfde hoeveelheid aan renewables maar met een variërend aandeel van andere technologieën waaronder kernenergie

de Europese Commissie voor wat betreft de beschikbaarheid van de verschillende productie-eenheden: van 15,7 % van de totale elektriciteitsproductie op dit moment, tot 44,3 % tegen 2030, en 67,4 % tegen 2050.

SCENARIO 1 KERNUITSTAP	SCENARIO 2 MET KERNENERGIE (3GW)	SCENARIO 3 MET KERNENERGIE (6GW)
Uitstoot CO ₂	Uitstoot CO ₂	Uitstoot CO ₂
+31% 2030 +17% 2050	-10% 2030 -22% 2050	-50% 2030 -52% 2050

VIJF BELANGRIJKE VASTSTELLINGEN:

1. Alleen het scenario hernieuwbare energie samen met een geïnstalleerde capaciteit aan kernenergie van 6 GW garandeert een vermindering van de CO₂-uitstoot die in lijn ligt met de Europese en Belgische doelstellingen ter zake en is dus essentieel om op termijn een koolstofarme elektriciteitsproductie te bereiken.
2. Zonder kernenergie zal de Belgische elektriciteitsproductie de elektriciteitsvraag niet aankunnen. Wat betreft de bevoorradingszekerheid, toont de studie aan dat enkel een productiecapaciteit van 6 GW aan kernenergie toelaat om het equivalent van de nationale elektriciteitsvraag te dekken in 2050.
3. Kernenergie zal garant staan voor concurrerende productiekosten. Het al dan niet afhankelijk zijn van import en van productie op basis van warmtekrachtcentrales zal ook een invloed hebben op de elektriciteitsprijs en op de economische concurrentiepositie van het land.
4. Hernieuwbare energie en kernenergie zijn complementair. Deze studie toont de compatibiliteit aan tussen hernieuwbare energie en kernenergie. Het 6 GW-scenario voor kernenergie brengt geen aanzienlijke overbelasting van het stroomnet mee, zelfs in het geval van ondersteunde productie van hernieuwbare energie en bij een relatief lage vraag.
5. Energieopslag, bondgenoot van de complementariteit. De opslagcapaciteit (in het bijzonder de grote capaciteit van wateropslag van elektriciteit via turbines en pompen, maar ook op lange termijn met gedecentraliseerde opslag) zal ook een efficiënt antwoord bieden, met een draagvlak voor de synergie van de ontwikkeling van hernieuwbare energie en de aanwezigheid van kernenergie.

Menno Jelgersma

COLUMN



MYSTERIE

Eigenlijk zou je de vraag 'Hoe voorkomen we dat de aarde opwarmt?' anders moeten formuleren. Beter is: 'Hoe zorgen we dat ieder mens op aarde energie heeft?' Dát is namelijk de echte uitdaging. Energie is goed voor zo'n 70% van de totale uitstoot aan broeikasgassen wereldwijd, en voor 80% van de CO₂-uitstoot.

Ondanks de stormachtige ontwikkeling van zonne- en windenergie de laatste jaren – steeds goedkoper, steeds meer panelen en turbines – is de verhouding tussen fossiele energie en niet-fossiele energie al dertig jaar vrijwel ongewijzigd. Van alle energie die de wereld gebruikt, is 80% fossiel. Wind, zon en geothermie zijn goed voor nog geen 2%.

Ja, de hoeveelheid hernieuwbare energie neemt toe, maar dat doet de energievraag óók. En dat terwijl nog ongeveer 1 miljard mensen geen elektriciteit hebben en ruim 2 miljard geen schone kookegelegenheid, en dus alles verbranden wat maar een beetje wil branden. Ieder jaar overlijden zo'n 4 miljoen mensen vroegtijdig aan de gevolgen.

Van de gierende armoede en ellende waarin pakweg 30% van de wereldbevolking nog altijd leeft, kunnen we ons in het rijke Westen nauwelijks een voorstelling maken. En dan komen er tot 2050 nog eens netto 2,2 miljard mensen bij en zijn we tegen die tijd met 9,8 miljard.

Om iedereen van energie te voorzien zal alles nodig zijn: hernieuwbaar, fossiel en nucleair. Ook moeten we ons een slag in de ronde innoveren, en onderzoek doen naar alle energiebronnen. En we moeten de illusie loslaten dat mitigatie alleen genoeg zal zijn. Ook adaptatie zal nodig zijn.

Dat mensen zich zorgen maken, is begrijpelijk, maar het blijft een mysterie waarom de mensen die zich het meest zorgen maken, vaak het meest uitgesproken zijn over welke energiebronnen zeker wel, maar vooral ook welke zeker níét ingezet mogen worden. Wie zich echt zorgen maakt om de aarde en haar bewoners, wil alles. **K**

Remco de Boer

Ir. Remco de Boer is onderzoeker, publicist en interviewer. Hij adviseert, schrijft en spreekt over de energietransitie, onder meer bij BNR Nieuwsradio en energienieuwsdienst Energiea. De Boer is sinds 2012 columnist bij Delft Integraal, het wetenschappelijke magazine van de TU Delft. In 2015 verscheen zijn boek 'Tussen hoogmoed en hysterie', een reconstructie van de strijd tegen schaliegas in Nederland.

KLEIN EN MODULAIR ALS TOEKOMST VAN NUCLEAIR

K Dat groter niet altijd beter hoeft te zijn, bleek maar weer eens tijdens het door KIVI Kerntechniek georganiseerde symposium **Small Modular Reactors (SMRs)**. Op vrijdag 20 april kwam in Arnhem in een vogelvlucht een diversiteit aan SMRs voorbij. Van drijvende exemplaren tot ondergrondse reactoren. Grote vraag blijft: is dit de toekomst van nucleair? En zo ja, kan Nederland daar een rol in spelen?

echter veel plekken in het koude noorden waar wordt gemijnd en waar ook kleine gemeenschappen zijn die voor hun energie afhankelijk zijn van dieselgeneratoren. Door de dichte bossen en noordelijke ligging is gebruik van windmolens of zonnepanelen uitgesloten. Voor die locaties is een SMR ideaal als stroomvoorziening. "Arctische of desolate gebieden hebben baat bij de SMR, net als ontwikkelingslanden en eilanden", aldus Roelofs.

Een nadeel voor het bouwen van grote kerncentrales zijn de hoge investeringskosten. Daar komt nog bij dat het relatief lang duurt voordat de investering gaat renderen. Een SMR biedt een economisch voordeel.



Een SMR is een kleine reactor met een vermogen kleiner dan 300 of 700 MWe (afhankelijk van welke definitie aangehouden wordt). Ter vergelijking: een reguliere energiereactor is gemiddeld tussen de 400 en 1.200 MWe.

Helemaal waterdicht is de SMR-definitie daarom niet. Zo zou bijvoorbeeld de Nederlandse Kerncentrale van Borssele ook onder het etiket van een SMR vallen, terwijl deze indertijd als een 'gewone' reactor is gebouwd. Andere indicatoren voor kleine reactoren zijn dat ze een kleiner netwerk bedienen, geschikt zijn voor geïsoleerde gebieden of ontwikkelingslanden die hun grid aan het opbouwen zijn. Verder kunnen ze vaak modulair geschakeld worden en zijn ze geschikt voor alternatieve splijfstoffen.

➤ *Introductie van de sprekers door Geert-Jan de Haas met rechts Anne Krüßenberg, technisch expert van de GRS*

Maar een belangrijk element is het plug and play-element. "SMRs bieden flexibiliteit", legt Ferry Roelofs, Account Manager Research & Innovation bij NRG uit: "Zowel op het gebied van financiering als plaatsing, formaat en toepassing."

KOUDE NOORDEN

Met SMRs is het mogelijk om een energiebron naar off-grid locaties te brengen. Dit verklaart ook waarom Canada hard bezig is met de ontwikkeling van SMRs: het energienetwerk van Canada is geconcentreerd in het zuiden, waar de meeste mensen wonen. Er zijn

"De kosten voor een centrale zijn ruwweg in drieën te verdelen", aldus Roelofs.

"Splijstofkosten, kosten voor bedrijf en onderhoud en kapitaalkosten. Waarbij die laatste de hoogste zijn van de drie. SMRs zijn kleiner en dus sneller te bouwen waardoor de constructietijd korter is. Daarmee is de periode waarover geld geleend moet worden dus ook korter wat betekent dat er minder lang rente betaald hoeft te worden over een kleiner bedrag. Al met al betekent dit dat het investeringsrisico lager is. Op die manier verminder je de kapitaalkosten en wordt dus ook de prijs van de geleverde elektriciteit lager." Roelofs laat in zijn presentatie een indrukwekkende hoeveelheid SMRs de revue passeren. Zo toont hij de drijvende reactor Akademik Lomonosov met een thermisch

vermogen van 35 tot 70 MWe en de eVinci microreactor van Westinghouse, Met 0,2 tot 25 MWe een echte SMR. Andere goede voorbeelden zijn de CAREM, de KLT40S, de SMR van NuScale, de HTR-PM en de IMSR. Het Amerikaanse TransAtomic Power richt zich op de ontwikkeling van een gesmoltenzoutreactor. De Energy Multiplier Module van General Atomics kan worden vervoerd op een vrachtwagen en hoeft maar eens in de dertig jaar te worden voorzien van nieuwe splijtstof. Duidelijk is wel dat de

✎ *Tijdens zijn presentatie toonde Ferry Roelofs een grote diversiteit aan SMRs, van drijvende exemplaren tot ondergrondse reactoren.*

non-profit organisatie telt 450 medewerkers waarvan 350 technische wetenschappers. De aandeelhouders zijn onder andere de overheid en de technische inspectiedienst (TüV). Hoewel Duitsland na de problemen met de kerncentrales bij Fukushima als gevolg van de tsunami besloot tot het per direct uifaseren van alle kerncentrales, wil de overheid wel dat de invloed van Duitsland waar het gaat om kennis over nucleaire veiligheid, in stand blijft. Met andere woorden: "Geen uifasering van de nuclear safety research", aldus Krüssenberg. GRS houdt zich nu bezig met het doorlopend reviewen van reactorconcepten. Vragen of een SMR succesvol op de markt kan worden gebracht,

ontwikkeling met concrete bouwplannen, in ontwikkeling met plannen voor bouw. Ook de keuze voor een bepaald koelmechanisme en de uiteindelijke locatie werd meegenomen.

VERGUNNINGEN

Er is voor de GRS nu en in de toekomst nog voldoende werk. Zo maken veel SMR-ontwerpen gebruik van nieuwe passieve veiligheidssystemen (PSS). Dit zijn systemen die gebruik maken van natuurlijke processen zoals bijvoorbeeld verdamping, zwaartekracht of condensatie. Er zijn verschillende definities van PSS. Afhankelijk van de gebruikte definitie kan worden gezegd of een systeem actief of passief



ontwikkeling van SMRs zich vooral buiten Nederland afspeelt, waarbij Canada een leidende rol probeert te nemen in het westen. Bij ons worden weliswaar geen SMRs ontwikkeld, maar NRG heeft in het recente verleden samengewerkt met Westinghouse aan hun SMR-ontwerp en is onlangs wel een meerjarige samenwerking aangegaan met het Zweedse Leadcold voor de safety analyses van de SEALER (Swedish Advanced Lead Reactor), een kleine reactor die geschikt wordt geacht energie te gaan leveren in afgelegen arctische gebieden.

DUITSLAND

Anne Krüssenberg is technisch expert bij de Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS). Deze onafhankelijke,

✎ *Ferry Roelofs: "Arctische of desolate gebieden hebben baat bij de SMR, net als ontwikkelingslanden en eilanden."*

of de veiligheidsmaatregelen voldoen aan de eisen, komen hierbij aan bod. Maar ook wordt er gekeken naar de betrouwbaarheid van de 'evidence tools'. "Er zijn ruwweg zeventig ontwerpen in ontwikkeling of in aanbouw", aldus Krüssenberg. "Daarom hebben we gekozen om ons te focussen op die SMRs die mogelijk worden gebouwd in de directe nabijheid van Duitsland, waar onze cliënten belangstelling voor hebben of die wereldwijd op grote schaal gebouwd zullen gaan worden." Verder werden de reactoren ingedeeld naar het stadium van het ontwerp te weten: in bedrijf, in aanbouw, in

is en op welk veiligheidsniveau van het redundantie-systeem het zich bevindt. "Er zijn nog talloze vragen waar het gaat om PSS", aldus Krüssenberg. "Te beginnen bij de vraag: welke definitie gaan we gebruiken? Hoe testen we PSS? Hoe beoordelen we de eliminatie van menselijke acties? Hoe reageert een PSS onder afwijkende omstandigheden? Om er maar een paar te noemen." Op dit moment zijn vergunningen vooral de verantwoordelijkheid voor het land waar de SMR wordt gebouwd. Krüssenberg: "Om een SMR kostenefficiënt in te zetten, is het nodig om er meerdere naast elkaar te kunnen plaatsen. Om grootschalige bouw van SMRs mogelijk te maken, moet de vergunningsprocedure zo eenvoudig mogelijk zijn. Ook zou het niet nodig moeten ✎

zijn om bij plaatsing van een tweede of latere module opnieuw een vergunning te moeten aanvragen. Die vergunningen moeten bovendien internationaal worden erkend en de regels moeten worden geharmoniseerd.”

GROOT-BRITANNIË

Met de opstart in 1990 van de PWR Sizewell B, werd niet lang daarna het nucleaire programma van Groot-Brittannië gedisccontinueerd. Wat volgde was een scherpe daling in het nucleaire onderzoeksprogramma en een daling van negentig procent in arbeidsplaatsen. Ook de fondsen droogden op. Dit veranderde echter toen in 2005 de Energy Act en

nucleaire onderzoeksprogramma nieuw leven ingeblazen, resulterend in het UK nuclear innovation programme. “Het programma richt zich op drie doelen”, aldus Arnold. “Als eerste capaciteit. Het veiligstellen, in stand houden en vernieuwen van nucleaire kennis zodat nucleair ook in de toekomst een rol zal kunnen spelen in de energiemix. Ten tweede de productieketen. Het ontwikkelen van een sterke en geloofwaardige productieketen. En als laatste de kosten. We streven ernaar om de kosten van de toekomstige nucleaire levenscyclus naar beneden te brengen.” Sinds 2015 maken SMRs deel uit van het programma. Het was in maart 2015 dat de regering een techno-economic assessment

en geavanceerde modulaire reactoren. De eerste hebben ondersteuning nodig om in het huidige framework de markt op te kunnen. De tweede hebben behoefte aan ondersteuning bij de regelgeving en haalbaarheidsonderzoeken.” De geavanceerde modulaire reactoren zijn inmiddels opgenomen in een overheidsprogramma om onder andere verder onderzoek te doen naar het reglementair kader, haalbaarheidsonderzoeken, internationale samenwerking en publiek draagvlak. “We kunnen nu al concluderen dat modulaire opbouw en schaalverkleining in potentie kunnen bijdragen aan kostenverlaging. De extra mogelijkheden die sommige ontwerpen bieden, zoals bijvoorbeeld het flexibel laden van splijtstof, zullen positief bijdragen aan de economische en strategische inzet van de reactoren”, aldus Arnold. “Het ziet er veelbelovend uit en het onderzoek loopt!”, besluit hij zijn verhaal.

ZWEDEN

Sara Bortot van het Zweedse KTH legt nog een keer uit waarom de SMR de oplossing is voor de problemen bij grote reactoren. “Die grote projecten vragen om grote investeringen en een lange periode van order tot productie. Bovendien moet je altijd rekening houden met de gevolgen van een ongeval en hoe groter een reactor is, zoveel groter zijn de gevolgen. En bij de bouw van elke reactor heb je altijd te maken met kinderziektes.” De SMR zet daar aanzienlijk lagere investeringskosten tegenover, evenals een kortere tijd van order tot productie. Eventuele kinderziektes zijn overkomelijk wanneer er meerdere kleine units zijn gebouwd. En omdat de bron kleiner is, zijn ook de gevolgen bij een ongeval kleiner. “In het verleden zijn al heel veel kleine reactoren gebouwd en gebruikt”, aldus Bortot. “Zo zijn er reactoren gebouwd voor in onderzeeërs, op arctische legerbases en in satellieten. Rusland heeft een nucleair aangedreven ijsbreker in gebruik en ook in India zijn PHWRs (Pressurized Heavy-Water



© Roelofs/Zwischen



© Roelofs/Zwischen

✦ Sara Bortot van KTH: “Als we de benodigde fondsen krijgen dan kan de SEALER in 2026 in bedrijf worden genomen.”

Climate Change Act in werking traden. De nieuwe doelstelling was simpel: voorzien in betrouwbare en betaalbare energie. En kernenergie sloot haarfiin aan bij die nieuwe doelstelling. Volgens Rob Arnold, BEIS Science & Engineering for Climate and Energy, speelt kernenergie een belangrijke rol bij de lage kostenscenario's voor een CO₂-emissievrije energieopwekking. “Het is aantoonbaar dat kernenergie niet alleen bijdraagt aan de leveringszekerheid, maar ook aan lagere kosten van het energiesysteem.” Met de toename van enthousiasme over kernenergie werd ook het

✦ De Haas introduceert Rob Arnold, BEIS Science & Engineering for Climate.

(TEA) van SMRs lanceerde om op die manier bij te dragen aan een kennisbasis en tegelijkertijd te helpen om politieke besluiten te onderbouwen. Aan de hand van het assessment kon worden geconcludeerd dat de SMRs veelbelovend zijn en in potentie kunnen bijdragen aan de energievoorziening rond 2030. In hetzelfde jaar werd er een SMR-wedstrijd georganiseerd om de interesse onder ontwikkelaars, potentiële investeerders en energieleveranciers te peilen. Uiteindelijk bleven er 33 deelnemers over met reactoren variërend van LWRs tot geavanceerde ontwerpen. “De reactoren kunnen worden opgedeeld in kleine conventionele reactoren

Reactor) gebouwd van 100 tot 220 MWe”, geeft ze als voorbeeld. In de afgelopen decennia zijn veel kleinere reactoren gestopt ten gunste van grotere reactoren. De huidige opleving van interesse in SMRs komt volgens Bortot door vier dingen. “Passieve veiligheid wordt de norm bij reactoren en dat is gemakkelijker te bereiken met een SMR. Het investeringsrisico wordt steeds belangrijker en dit is een stuk lager bij een SMR. Ook wordt de lange aanlooptijd en kwaliteit van grote reactoren als een probleem ervaren door investeerders. De mogelijkheid om relatief eenvoudig en snel meerdere kleine units te kunnen plaatsen, draagt bij aan de interesse. En als laatste telt mee dat de kosten van fossiele brandstof historisch laag zijn, waardoor investeringen in grote reactoren minder aantrekkelijk zijn. Daar heeft een SMR geen last van.” Als spin-off van KTH werkt het bedrijf LeadCold aan de SwEdish Advanced Lead-cooled Reactor, afgekort SEALER. De ondertitel maakt meteen duidelijk waar de SEALER op is gericht: Power to the Arctic. Deze loodgekoelde reactor heeft een reactorvat van 2,7 bij 6 meter en kan dus met een transport worden afgeleverd op zijn locatie. Met een thermisch vermogen van 3 tot 10 MWe is het met recht een SMR. De kern kan tien tot dertig jaar mee. KTH werkt momenteel aan diverse onderzoeken en tests, met name ten aanzien van materialen die bestand zijn tegen gesmolten lood op hoge temperatuur. Er zijn inmiddels faciliteiten en mockups voor het onderzoek en er zijn plannen om een niet nucleair prototype op ware grootte te bouwen dat kan worden gebruikt als trainingsfaciliteit en voor de validatie van het ontwerp en computercodes. “De klant heeft gevraagd om een demonstratiemodel van de reactor”, vertelt Bortot. “Wellicht dat dit wordt gebouwd op een nucleaire locatie in Canada. Als we de benodigde fondsen krijgen dan kan de SEALER in 2022 een bouwvergunning aanvragen en in 2026 in bedrijf worden genomen.” **K**

Ellen Jelgersma

WERELDPRIMEUR: UMCG NEEMT NIEUWSTE GENERATIE PET/CT-SCANNER IN GEBRUIK

Sneller, scherper, nauwkeuriger: met de ingebruikname van de nieuwste dynamische PET/CT-scanner krijgen patiënten volgens het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG) de beschikking over de meest moderne beeldvormende techniek. De scanner heeft niet alleen een veel hogere resolutie, maar ook een hogere gevoeligheid.

Daarmee kunnen radiologen en nucleair geneeskundigen méér zien, sneller scannen en neemt ook de betrouwbaarheid van de scan en de uitslag enorm toe. Ook kan de dynamische scanner ‘whole body scans’ maken en de stofwisseling in weefsels realtime in beeld brengen. Het UMCG is het eerste ziekenhuis wereldwijd dat deze nieuwste generatie PET/CT van Siemens Healthineers in gebruik neemt. De verbeterde resolutie en de hogere gevoeligheid (3,4 keer zo gevoelig als reguliere PET/CT's) biedt nucleair geneeskundigen twee waardevolle opties: ze kunnen ervoor kiezen om een ‘snelscan’ te maken, waardoor de patiënt veel minder lang stil hoeft te liggen, of waarmee je iets in beeld kunt brengen dat beweegt. Een kloppend hart bijvoorbeeld. Maar ze kunnen er ook voor kiezen om de patiënt veel minder radioactieve contrastvloeistof toe te dienen. Vooral bij jonge kinderen is dat belangrijk, net als bij patiënten die vaker scans moeten ondergaan. Zo proberen we voor alle patiënten de stralingsbelasting zo laag mogelijk te houden. De dynamische scanner biedt nog een belangrijke noviteit: nucleair geneeskundigen kunnen realtime meekijken hoe de radioactieve stof wordt opgenomen in het lichaam. Dat biedt zeer nuttige, nieuwe informatie, omdat de mate waarin

de contrastvloeistof wordt opgenomen veel zegt over het type weefsel. Tot op heden zat de patiënt in de wachtkamer terwijl de contrastvloeistof werd opgenomen in het lichaam en werd dán pas gescand, en ging er tijdens dat wachten relevantie informatie verloren. Met deze PET/CT is dat niet meer aan de orde. Het apparaat kan ook dynamische whole body scans maken, waarbij in relatief korte tijd het hele lichaam gescand wordt. De scanner is ook zeer geschikt ter voorbereiding op nieuwe vormen van kankerbehandeling, zoals immunotherapie en protontherapie. Voor protontherapie, een zeer nauwkeurige vorm van kankerbestraling op een klein gebied, moet de tumor heel precies in kaart worden gebracht. Bij kleine, maar zeer agressieve tumoren, zoals in het hoofdhalsg gebied en bij kleine kinderen biedt deze nieuwe scanner meerwaarde in de diagnostiek en voorbereiding op de (protonen)bestraling. Ook om te kijken of kostbare immunotherapie kans van slagen heeft bij een bepaalde patiënt, kan deze PET/CT worden ingezet. Daarnaast wordt de nieuwe PET/CT vooral ingezet voor het afbeelden van de doorbloeding van de hartspier, ontstekingsprocessen en goedaardige tumoren. **K**

Bron: umcg.nl



RUSSISCHE SMR IN DE VAART GENOMEN

Op 28 april meldt NU.nl: Controversiële drijvende kerncentrale verlaat haven Sint-Petersburg. De Standaard heeft gekozen voor: Russische 'nucleaire Titanic' vaart uit en het AD kiest voor de kop: 'Tsjernobyl op ijs': Rusland laat drijvende kerncentrale te water. In een bijgaande video toont het AD de 'maiden trip' van wat de krant omschrijft als een 'omstreden drijvende kerncentrale' die in de energievoorziening van een stad in het noordoosten van Rusland gaat voorzien. Wat dus eigenlijk niet zo netjes is in de journalistiek met het geven van een ongezouten mening mag blijkbaar wel als het onderwerp nucleair betreft of nog erger: nucleair en Rusland. Het wonderlijke aan het artikel in het AD is dat je alleen maar kan denken dat de Russen het prima voor elkaar hebben.

De Akademik Lomonosov kan op papier 200.000 mensen in de noordoostelijke provincie Chukotka van stroom voorzien die nu nog wordt geleverd door de kleinste (vier maal 12 MW EGP-6 -reactoren)

en meest noordelijke kerncentrale ter wereld, de Bilibino-kerncentrale die vanaf 2019 wordt ontmanteld. De Akademik Lomonosov beschikt over twee aangepaste KLT-40S-reactoren die de Russen ook

➤ *Aankomst van de Akademik Lomonosov in Moermansk. Hier wordt het schip voorzien van splijstof waarna het zijn reis naar Chukotka vervolgt*

voor ijsbrekers gebruiken en twee maal 35 MWe (stroom) naast twee maal 150 MWth (warmte) kunnen leveren.

VAN AMSTERDAM NAAR KAAPSTAD

De kop Tsjernobyl op ijs is dan ook niet de kern van het bericht zoals het hoort te zijn maar blijkt van Greenpeace te komen. De ramp met de kerncentrale in 1987 is voor hen een een-tweeje met nieuwe technologie. Dat de reactoren van totaal ander ontwerp zijn doet niet ter zake. Dat de reactoren beproefd zijn in bestaande ijsbrekers en aangepast aan hun nieuwe bestemming wordt al helemaal niet vermeld. Alsof een busongeluk in 1987 het bewijs is dat er in 2018 geen nieuwe treinen meer mogen komen. Wat is het alternatief voor

de mensen in Siberië? De oude kerncentrale ter plaatse gaat sluiten en het gebied leent zich niet echt voor zonne-energie met vier maanden duisternis per jaar. Wat de gemiddelde windsterkte in het noordoosten betreft, zijn de vooruitzichten voor de ontwikkeling van windparken somber. Omdat er geen sterke aanvoerstromingen van wind over Rusland trekken heeft het land volgens klimaatinfo.nl te maken met relatief weinig wind. De grootste kans op krachtige wind heb je in het noordwesten langs de kustgebieden en het gebied dat grenst aan de Zwarte Zee, niet in Chukotka. Volgens kernenergiedeskundige Jan Haverkamp van Greenpeace liggen de alternatieven zoals windenergie en biomassa juist wel voor het oprapen, zoals in Trouw stond te lezen. Daar wordt volgens hem Rusland al vijftien jaar op gewezen. Ik vrees dat de aanpak van Greenpeace, met de bezetting van het Russische olieplatform in 2013 nog in het achterhoofd, de Russen niet snel zal bewegen het 'advies' op te volgen. Windparken aan de Zwarte Zee liggen bovendien nogal ver van Chukotka af (9.500 kilometer = van Amsterdam naar Kaapstad), dus een kabel leggen wordt wat prijzig.

Trouw geeft aanvullende informatie waarom Greenpeace niet wil dat het schip naar Siberië vertrekt. Eenmaal versleept naar de haven van Pevek zal de drijvende centrale volgend jaar energie leveren aan afgelegen fabrieken, havensteden en gas- en olieplatforms. Dat is natuurlijk een terecht punt vanuit de visie dat wereldwijd de CO₂-emissies moeten dalen, maar zolang de wereldbevolking, de welvaart en het energiegebruik toenemen, is het een illusie te denken dat het mijnen van gas en olie per direct stopt zolang er geen CO₂-vrije back-up is voor het wisselende aanbod van renewables. Bedenk daarbij ook dat de enige reden dat wij in Nederland stoppen met gaswinning het aardbevingsgevaar is in (relatief) drukbevolkt gebied en niet de CO₂-emissies.

GEMAKZUCHT

Het inkopen van gas uit het buitenland verplaatst het probleem van de bevingen (Not In My Back Yard), niet van de mondiale klimaatverandering (Right In My Front Yard) en daar zouden we wel wat meer aan mogen doen. Met een groeiende interesse in Small Modular Reactors (SMRs) is het initiatief van de Russen dan ook toe te juichen. Net als de Canadezen lopen de Russen voorop in de ontwikkeling van reactoren die inzetbaar zijn in afgelegen gebieden. Het Russische schip komt te liggen in Chukotka, een provincie die 17,5

kerncentrales. SMRs zijn daardoor ideaal om gedecentraliseerd energie te leveren, bijvoorbeeld aan grote industriële processen of in afgelegen gebieden. De modules kunnen voor een lagere kostprijs worden gebouwd en zijn vanwege hun formaat makkelijk te vervoeren. De splijtstof blijft langer operationeel in een SMR, dus zijn er menselijke interventies nodig en de kans op proliferatie is (nog) kleiner dan bij bestaande grote centrales. En: er is geen CO₂-uitstoot. Zelfs al zetten de Russen heel Siberië vol met windturbines en zonnepanelen is het nog raadzaam



➤ *Voorzien van splijtstof wordt de varende kerncentrale met een snelheid van 3,5 tot 4,5 knoop naar de haven van Pevek gesleept*

keer zo groot is als Nederland en waar volgens een recente volkstelling slechts 50.000 mensen wonen. Daarmee kom je op een gemiddeld aantal inwoners van 0,07 per vierkante kilometer! Vergelijk dat eens met Nederland met 408 mensen per vierkante kilometer en overweeg de haalbaarheid van het aanleggen van een elektriciteitsnet. SMRs zijn kerncentrales in het klein. Ze zijn onder geconditioneerde omstandigheden seriematig te bouwen. Hun modulaire design zorgt ervoor dat ze goedkoper zijn dan klassieke

om een CO₂-vrije back-up in de vorm van kernenergie te hebben. Ook in Nederland is er heel veel kennis over SMRs en diverse bedrijven en instituten binnen Nucleair Nederland willen die kennis graag delen. Sinds kort kunnen lezers van NU.nl weer een reactie geven op nieuws dat op de website verschijnt. In een toelichting laat NU.nl weten dat: NU.nl altijd neutraal en objectief is geweest en zal dat blijven. Waarom heeft NU.nl dan niet de moeite genomen om kennis op te doen en het onderwerp iets breder aan te vliegen? Ik vrees dat het pure gemakzucht is om je naar het antinucleaire sentiment te voegen. **K**

Menno Jelgersma



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

De Stichting KernVisie streeft naar het vergroten van het draagvlak voor nucleaire technologie en al haar toepassingen. Haar communicatiemiddelen zijn het tweemaandelijks Kernvisie Magazine en de website.

Het Magazine wordt verstuurd aan begunstigers van de Stichting, leden van NNS en KIVI-Kerntechniek waarvan de gegevens die nodig zijn voor verzending bij de Stichting bekend zijn en aan andere belanghebbenden. Daarnaast verzorgen vertegenwoordigers van de Stichting lezingen en gastcolleges. De Stichting streeft ernaar om de informatie over kerntechnologie toegankelijk en aantrekkelijk te maken voor haar lezers en bezoekers van hun website.

Leden van de NNS en KIVI-Kerntechniek kunnen zich, met vermelding van NNS resp. KIVI-KE en lidmaatschapsnummer, voor het Magazine aan- of afmelden via het contactformulier op de website.

Wilt u zich aanmelden als begunstiger van Stichting Kernvisie?

Geef ook daarvoor uw gegevens door via het contactformulier op de website. De bijdrage is minimaal €25,- per jaar (studenten €10,-) 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