

# KK

**KERNVISIE  
MAGAZINE**

Lozing water  
Fukushima in zee

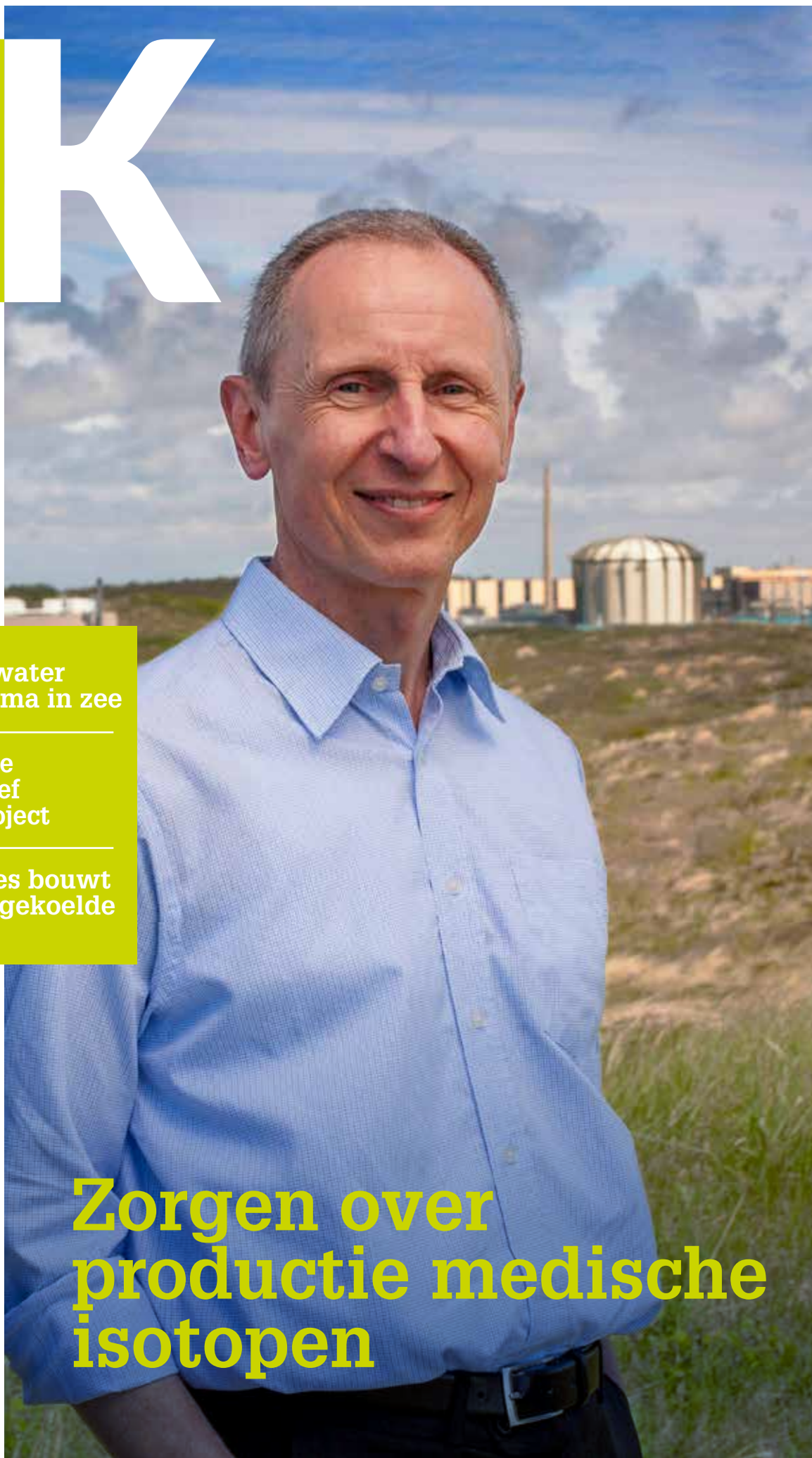
Belgische  
innovatief  
droneproject

Bill Gates bouwt  
natriumgekoelde  
reactor

**3**  
Juni  
2021

**Zorgen over  
productie medische  
isotopen**

UITGAVE VAN  
STICHTING KERNVISIE



Kernvisie Magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**Jaargang 16**  
**Nummer 3**  
**Juni 2021**  
**Kernvisie verschijnt tweemaandelijks**  
**Oplage 2.200 ex**

**Ontwerp & Grafische realisatie**  
StudioHusken.nl, Alkmaar

### **Bestuur Stichting KernVisie**

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter  
Ir. G.H. Boersma, secretaris  
Ir. E.W. Schuur, penningmeester  
J.D. Bruin  
Ing. W. Hiddink  
Drs. J.J. de Jong  
Ir. J.C.L. van Cappelle  
Ir. G.C. van Uitert

### **Redactie Kernvisie Magazine**

Ir. G.H. Boersma  
M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)  
E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

### **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 Technology te Zwijndrecht.

### **Op de Cover**

Steven van der Marck  
Foto © 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.*

### **Omgang met persoonsgegevens**

*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

### Zorgen over productiecapaciteit medische isotopen



**V**oor iedereen die zich afvroeg of we zonder nieuw te bouwen reactoren voor isotoptenproductie kunnen, laat een recent verschenen publicatie van NRG en het Antoni van Leeuwenhoek (AVL) in het European Journal for Nuclear Medicine and Molecular Imaging geen twijfel bestaan: die zijn knetterhard nodig. Auteurs Steven van der Marck (NRG), Michelle Versleijen (AVL) en Wouter Vogel (AVL) gaan in op de productie en beschikbaarheid van lutetium-177. Door de goedkeuring van het nieuwe geneesmiddel lutetium-177-PSMA zal het gebruik ervan voor de behandeling van prostaatkanker spectaculair toenemen. Medici maken zich echter zorgen of er wel voldoende lutetium-177 beschikbaar zal zijn. Als we niet heel snel een beslissing nemen over de bouw van nieuwe reactoren zoals de PALLAS-reactor, wordt heel veel patiënten een goede behandeling onthouden. Een behandeling, die levensverlengend is, de kwaliteit van leven verhoogt en bovendien nog een stuk goedkoper is dan huidige behandelmethoden. Waar wel nieuwe reactoren worden gebouwd is in het VK. De bouw van Hinkley Point C vordert gestaag. De grote nieuwe centrale gaat het VK helpen om de afgesproken CO<sub>2</sub>-doelstellingen te halen. CO<sub>2</sub>-vrij is de reden dat in Rusland is besloten kernenergie als groene stroom te oormerken, waarmee het op gelijke voet komt met hernieuwbare bronnen zoals wind en zon. Ook voor het behalen van de klimaatdoelen bestaat geen twijfel: reactoren zijn knetterhard nodig: voor onze gezondheid en voor een betrouwbare energievoorziening.

Namens de Stichting KernVisie wens ik iedereen een hele goede en gezonde zomer! **K**

André Versteegh  
voorzitter Stichting KernVisie



P04

## Medisch

---

### Toename gebruik lutetium-177 geeft zorgen

Het nieuwe geneesmiddel lutetium-177-PSMA wordt waarschijnlijk binnenkort geregistreerd. Daarna zal het gebruik ervan naar verwachting spectaculair toenemen. Er zijn echter zorgen of er in de toekomst wel voldoende lutetium-177 beschikbaar zal zijn om deze groei mogelijk te maken.

## P11 Energie

---

### Bill Gates en Warren Buffett bouwen natriumgekoelde reactor

Energiebedrijven die worden geleid door Bill Gates en Warren Buffett hebben Wyoming in de VS - de staat met de grootste steenkoolproductie van het land - gekozen om het eerste kernreactorproject onder de naam Natrium te lanceren ter vervanging van een kolencentrale die met pensioen gaat.



P16

## Maatschappij

---

### Japan gaat water Fukushima in zee lozen

De Japanse regering heeft in maart het formele besluit bekendgemaakt dat het behandelde water dat is opgeslagen op het terrein van de Fukushima Daiichi-kerncentrale in zee zal worden geloosd. Volgens het beleidsdocument zal het tritium worden verdund tot 1.500 becquerel per liter.

## P18 Maatschappij

### SCK CEN en Sabca tezamen in innovatief droneproject

Het nucleaire onderzoekscentrum SCK CEN en de Belgische luchtvaart-specialist Sabca ontwikkelden een innovatieve technologie om drones in te zetten voor radiologische metingen. De meetapparatuur werd op 18 mei 2021 officieel aan de drone gekoppeld in aanwezigheid van Annelies Verlinden, minister van Binnenlandse Zaken. "Innovatieve projecten voor een betere bescherming van de bevolking, het leefmilieu en de medewerkers genieten mijn volledige steun", aldus Verlinden.



© SCK CEN

---

P09

### Boekbespreking

The Dark Horse – Auteurs: Rauli Partanen en Janne Korhonen

P12

### InBeeld

Big Carl tilt stalen insluitring Hinkley Point C naar tijdelijke opslag

P15

### Column

André Wakker – P2P? Nee, bedankt.

---

Medisch

# Toename gebruik lutetium-177 geeft zorgen over reactorcapaciteit

**K** Michelle Versleijen en Wouter Vogel, nucleair geneeskundigen bij het Antoni van Leeuwenhoek

**H**et nieuwe geneesmiddel Lutetium-177-PSMA wordt waarschijnlijk binnenkort geregistreerd. Daarna zal het gebruik ervan voor de behandeling van prostaatcancer naar verwachting spectaculair toenemen. Er zijn echter zorgen of er in de toekomst wel voldoende Lutetium-177 beschikbaar zal zijn om deze groei mogelijk te maken. In dat licht hebben het Antoni van Leeuwenhoek (AVL) en NRG gezamenlijk een artikel gepubliceerd in de *European Journal for Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. Hierin leggen de auteurs uit dat voor de productie van lutetium-177 een hoge neutronenflux noodzakelijk is. Praktisch alle initiatieven voor isotopenproductie die in de afgelopen jaren zijn gestart zijn wel geschikt voor de vervaardiging van molybdeen-99, maar niet voor lutetium-177. Steven van der Marck, senior consultant bij NRG, Michelle Versleijen en Wouter Vogel, nucleair geneeskundigen bij het Antoni van Leeuwenhoek bepleiten daarom dat reactoren in toenemende mate beschikbaar zullen blijven om aan de groeiende vraag naar medische isotopen waaronder lutetium-177 te voldoen.

Onlangs publiceerden Van der Marck, Vogel en Versleijen het artikel *Challenges and future options for the production of lutetium-177* waarin zij de essentiële rol belichten die reactoren vervullen om voldoende productie van lutetium-177 ook in de toekomst mogelijk te maken. Zorgen over tekorten aan medische isotopen zijn niet nieuw. In de periode 2008-2010 werd pijnlijk duidelijk wat er kon gebeuren toen twee van de belangrijkste isotopenproducerende reactoren van dat moment, de NRU in Canada en de HFR in Nederland, beide onverwacht uitvielen. Dit leidde tot een wereldwijd tekort aan verschillende medische isotopen en veroorzaakte grote vertragingen bij de diagnostische beeldvorming en bij de behandeling van kanker. Sinds die tijd wordt er dan ook wereldwijd nagedacht hoe met name de productie van molybdeen-99 gegarandeerd kan blijven. Dat leidde tot internationale discussies en inspanningen om de betrouwbaarheid en economische duurzaamheid van de huidige productie-infrastructuur te bestendigen

en uit te breiden. Van der Marck: “De discussies duren tot op de dag van vandaag voort over wat we nodig hebben aan nucleaire infrastructuur in de toekomst. Je ziet ook dat in de afgelopen tien jaar de focus daarbij vooral heeft gelegen op de productie van molybdeen-99. Deze medische isotoop, die de grondstof is van technetium-99m (99mTc), wordt nog steeds beschouwd als het belangrijkste werkpaard van de diagnostische nucleaire geneeskunde. Maar we hebben in de afgelopen jaren ook gezien dat er een grote verbreding aankomt van de nucleaire geneeskunde met een spectaculaire stijging van de productie van andere medische isotopen waaronder lutetium-177.”

### Leveringszekerheid en volume

De ontwikkelingen in de nucleaire geneeskunde gaan zeer snel. Vogel: “We leren steeds beter wat kanker is. Hoe je dat kunt aanpakken en de mogelijkheden daartoe nemen toe met steeds meer persoonsgerichte behandelingen.” Een

en ander is mogelijk omdat medici steeds meer instrumenten tot hun beschikking hebben waarmee ze enerzijds tumoren beter in beeld krijgen en anderzijds om de tumoren beter te bestrijden. Hiertoe worden radioactieve stoffen gebruikt. Met de recente komst van meer soorten isotopen is het mogelijk meer gerichte zorg te bieden. “Radioactieve stoffen voor diagnostiek en behandeling maken het mogelijk om meer mensen te genezen, maar ook in palliatieve setting mensen langer te laten leven met een goede kwaliteit van leven tegen bescheiden kosten en bijwerkingen. We zijn heel blij dat met de toename van instrumenten ook het aantal typen kanker dat we kunnen scannen en behandelen toeneemt. Dit verandert ook door de uitbreiding van het palet aan en beschikbaarheid van medische isotopen”, licht Vogel toe. Hij ziet een verschuiving van de behandeling met lutetium-177 van zeldzame vormen van kanker zoals Neuro-Endocriene Tumoren (NET) naar bijvoorbeeld prostaatkanker waar jaarlijks alleen al in Nederland meer dan tienduizend mannen mee worden ✘

**K** Vogel: “Radioactieve stoffen voor diagnostiek en behandeling maken het mogelijk om meer mensen te genezen.”





➤ *Er blijft maar discussie of de huidige HFR in Petten als belangrijkste isotoopproducent wereldwijd überhaupt wel een opvolger mag krijgen. Terwijl een dergelijke reactor aantoonbaar de enige weg is om op grote schaal medische isotopen te produceren.*

geconfronteerd. Vogel: "Wanneer een behandeling beschikbaar komt, moet je ook zorgen dat je de productie van de isotoop kunt garanderen. En dan is het zorgwekkend te constateren dat de productiemogelijkheden in de afgelopen jaren alleen maar zijn afgenomen. In combinatie met de groei van de vraag zal het probleem alleen maar toenemen."

De leveringszekerheid en het volume van de productie moeten omhoog. "De rekensommen die eerder zijn gemaakt voor komende jaren, zijn door de snelle ontwikkelingen binnen de nucleaire geneeskunde achterhaald." Vogel legt uit dat lutetium-177 een goed voorbeeld

is. Het is een isotoop dat zich makkelijk laat binden aan veel soorten biologische moleculen om het in het lichaam op de juiste locatie te krijgen en het geeft een 'prettig' soort straling af die heel goed gericht een dosis afgeeft om de tumor te bestrijden en tegelijkertijd een foton vrijgeeft waardoor het mogelijk is om de exacte locatie van de isotoop vast te stellen."

### **Na goedkeuring gaat hek van de dam**

Op dit moment wordt lutetium-177 vooral gebruikt in het geneesmiddel Lutetium-177-DOTATATE voor de behandeling van neuro-endocriene tumoren,

een vrij zeldzame vorm van kanker. Zeer waarschijnlijk komt binnenkort lutetium-177 ook beschikbaar voor de behandeling van prostaatkanker. Een laatste fase 3 VISION-studie laat positieve uitkomsten zien en de registratie van het middel Lutetium-177-PSMA zal volgens Van der Marck snel volgen. "Als er goedkeuring komt en dat is nu zeer aannemelijk, is het hek van de dam." Kunnen we die extra productie op dit moment wel aan? "We kunnen een heleboel. Je kunt opschalen, maar er zit een limiet aan. Ik denk niet dat het heel waarschijnlijk is dat we met de huidige beschikbare reactoren op termijn nog aan de vraag kunnen voldoen. Bovendien



hebben we het over, op twee na, hele oude reactoren zoals de HFR, die niet nog eens twintig jaar mee gaan." Wat zijn de alternatieven? "Voor molybdeen-99 is dat uitgebreid onderzocht en dan met name in de Verenigde Staten. De Verenigde Staten hadden geen molybdeenproductie en willen die wel krijgen. Daartoe heeft de Amerikaanse overheid wetgeving gemaakt en subsidies beschikbaar gesteld specifiek voor de ontwikkeling van molybdeenproductie." Door die focus op alleen molybdeen-99 spreekt Van der Marck van een 'vernauwing' van de ontwikkeling van de productie van medische isotopen, terwijl er in de afgelopen tien jaar juist sprake is van een

verbreding met meer medische isotopen voor de behandeling van meer medische aandoeningen.

### Vier productieroutes

De Amerikaanse inspanningen hebben geleid tot nieuwe productiemogelijkheden van molybdeen. Maar dan rijst de vraag: Kan je er dan ook lutetium-177 mee maken? "Nee", antwoordt Van der Marck resoluut. "Al die nieuwe technieken die men verzonnen heeft, zijn zozeer gefocust op molybdeen-99 dat ze ongeschikt zijn voor de productie van lutetium-177." Theoretisch gezien kan je lutetium-177 maken, maar het zijn slechts kleine hoeveelheden met een te lage specifieke activiteit om commercieel haalbaar te zijn. Van der Marck licht een en ander toe. "Er zijn vier soorten productiefaciliteiten operationeel of nog in ontwikkeling:

(1) Fotonenbundelfaciliteiten. Te denken valt aan de NorthStar- en Lighthouse/SMART-faciliteiten die geen hoge neutronenfluxen genereren en daarom niet concurrerend zullen zijn voor de productie van  $^{177}\text{Lu}$ . (2) Kerncentrales met hoge neutronenflux en dan met name Canadese CANDU-reactoren. Deze energiecentrales hebben de eigenschap dat je ze, terwijl ze in bedrijf zijn, kan beladen of ontladen. CANDU-reactoren kunnen concurrerend zijn voor  $^{177}\text{Lu}$ -productie, mits men bereid is de reactorruimte voor dit doel te gebruiken, én men bereid is het frequent laden en ontladen van isotopen toe te staan

in een centrale. Het addertje onder het gras van dit initiatief is dat de isotopenproductie duidelijk op de tweede plaats komt ten opzichte van de elektriciteitsproductie."

Vanuit het Europese perspectief bezien zou een beroep gedaan kunnen worden op de Roemeense CANDU-reactoren, maar voor zover het Van der Marck bekend is, ziet de eigenaar dat niet zitten.

(3) Een derde mogelijkheid is de inzet van door een versneller aangedreven subkritische reactoren (VASR) zoals het SHINE- of Niowave-concept. "Die zijn prima geschikt voor de productie van molybdeen-99 maar niet voor lutetium-177 omdat de neutronenflux te laag is en niet significant verhoogd kan worden."

(4) Eigenlijk komen alleen conventionele onderzoeksreactoren in aanmerking. Er is een aantal initiatieven voor de bouw van nieuwe reactoren zoals de KJRR (Korea), PALLAS (Nederland) en RA-10 (Argentinië). "Voor sommige van deze initiatieven is isotopenproductie een van de doelstellingen van het ontwerp en in deze gevallen is een hoge flux een onderdeel van dat ontwerpdoel. Daarom zullen deze reactoren een hoge neutronenflux hebben die ze in staat stelt om lutetium-177 te produceren."

### Europees draagvlak

Vogel voorziet dat het gebruik van lutetium vele tientallen malen gaat toenemen. "Als je nu gaat kijken waar deze en vergelijkbare stoffen vandaan komen en je je afvraagt of de toekomst wel is geborgd, dan ➤

## Romantiek werkt niet

Centraal bij de productie van lutetium-177 is dus de beschikbaarheid van een hoge neutronenflux, die zowel bij de fotonenbundelfaciliteiten als de VASR ontbreekt. Van der Marck legt het belang van die hoge flux uit door een vergelijking te maken tussen medische isotopenproductie en match making. "Je hebt mannetjes en vrouwtjes nodig die voor nakomelingen ofwel isotopen zorgen. Je brengt twee dingen bij elkaar waartussen liefde moet kunnen ontstaan. Liefde is de kernreactie en dat is een natuurgegeven. Sommige reacties zijn waarschijnlijk andere niet. De hoeveelheid mannetjes keer de hoeveelheid vrouwtjes keer de liefde is bepalend voor het succes. Het enige verschil tussen 'echte' match making en isotopenproductie is dat romantiek niet helpt. Mooie roosjes en kaarsjes werken helaas niet."

schrikken we. Er blijft maar discussie of de huidige HFR in Petten als belangrijkste isotoopproducent wereldwijd überhaupt wel een opvolger mag krijgen. Terwijl een dergelijke reactor aantoonbaar de enige weg is om ze op grote schaal te produceren. Dat kan een grote zorg worden voor die tienduizenden mensen met prostaatcancer, die baat bij de therapie kunnen hebben voor lagere kosten en bijwerking in vergelijking met middelen die er nu beschikbaar zijn." Vogel verwacht dat de therapie op bescheiden schaal dit jaar beschikbaar komt in Nederland en op grote schaal in 2022. Nu dreigt de situatie dat

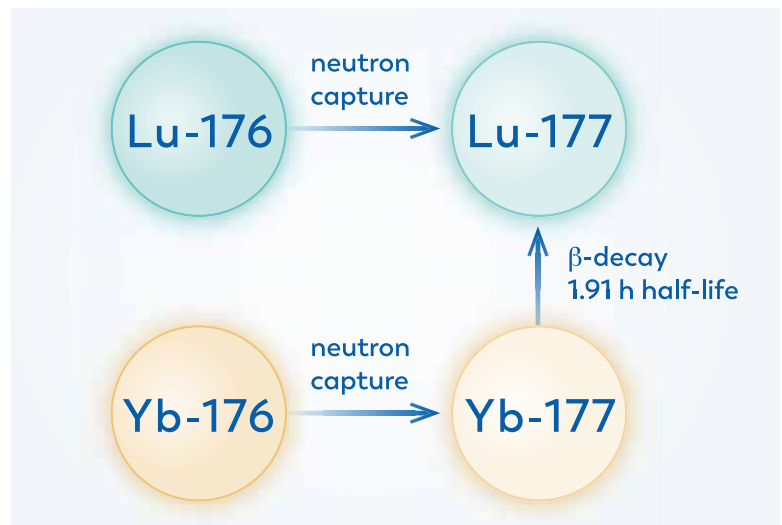
er een nieuw medicijn beschikbaar komt terwijl het basismateriaal lutetium-177 niet voldoende wordt geproduceerd om toezeggingen aan patiënten te doen om de belofte van betere zorg waar te maken. Vogel: "Bovendien is de mogelijkheid van grootschalige uitbreiding van lutetium-177 als medische isotoop voor de behandeling van prostaatcancer maar één voorbeeld. Er wordt ook gewerkt aan andere moleculen voor andere soorten kanker en ook aan andere isotopen die ook in hoge flux reactoren moeten worden gemaakt." Alle betrokkenen waaronder medici, fysici en beleidsmakers hebben de mogelijkheden

en de explosieve groei van lutetium-177 niet zien aankomen. Wat staat ons voor de komende decennia nog aan behandelopties te wachten? Duidelijk is in ieder geval dat wanneer de huidige HFR niet vervangen wordt, heel Europa daar last van gaat krijgen. Vogel: "We hebben het artikel geschreven om bewustzijn te creëren. We willen experts een stem geven en breed Europees draagvlak krijgen voor de bouw van reactoren, want je moet niet van één reactor afhankelijk zijn als je de leveringszekerheid wil vergroten." K

*Menno Jelgersma*

## Carrier added versus no carrier added productie van lutetium-177

Er zijn momenteel twee manieren om lutetium-177 te produceren: de toegevoegde drager (carrier added) manier en de niet-toegevoegde drager (no carrier added) manier. De route met toegevoegde drager gebruikt stabiel lutetium-176 als basis om met neutronen te bestralen. Een voordeel van deze route is dat de kernreactie met hoge waarschijnlijkheid plaatsvindt, zodat slechts één milligram verrijkt lutetium nodig is om ongeveer 50 patiëntdoses te produceren. Een tweede voordeel is dat de radiochemische bewerking na de bestraling beperkt blijft tot de productie van lutetiumchloride, wat relatief eenvoudig is. In het product dat via deze route wordt gemaakt zit zowel het oorspronkelijke lutetium-176 zit als het geproduceerde lutetium-177. Voor een gunstige verhouding tussen deze twee is een hoge neutronflux noodzakelijk. Bij de methode zonder toegevoegde drager wordt ytterbium gebruikt als basismateriaal om met neutronen te bestralen. Om het rendement te verhogen en om het ontstaan van ongewenste andere radionucliden te voorkomen, wordt het ytterbium verrijkt in ytterbium-176 tot een niveau van meer dan 99%. Bij de bestraling ontstaat ytterbium-177 dat een halveringstijd van minder dan 2 uur heeft en vervalt tot lutetium-177. Een voordeel van deze route is dat zodra het geproduceerde lutetium is gescheiden van het ytterbium, het product alleen bestaat uit bruikbaar lutetium met een hoge specifieke activiteit. Een nadeel is dat de kernreactie verloopt met een lage waarschijnlijkheid, zodat één gram verrijkt ytterbium nodig is om dezelfde hoeveelheid activiteit te produceren met slechts een milligram lutetium.



- Dat betekent dus dat je in gewicht duizend keer meer ytterbium nodig hebt (1 gram) dan carrier-added lutetium (1 milligram) om 50 patiëntdoses te produceren. - Ten tweede moet het lutetium chemisch van het ytterbium worden gescheiden, wat een moeilijk proces is: slechts 1 op de ruwweg 5.000 atomen in het bestraalde materiaal is een lutetium-177-atoom, dus het chemische scheidingsproces moet een hoog scheidingsrendement hebben. Dit komt allemaal omdat we te maken hebben met een kernreactie met een lage waarschijnlijkheid. Als een faciliteit dan ook nog eens een lage flux heeft kan de opbrengst dalen tot slechts 1 op 500.000 atomen. Dat maakt het veel moeilijker om met een chemisch proces het ytterbium van het lutetium te scheiden met voldoende rendement. Daarbij komt dat ytterbium heel erg schaars is en daarom exorbitant duur, onder andere omdat het in slechts kleine volumes in zogeheten calutrons wordt verrijkt, wat met betrekking tot leveringszekerheid een punt van aandacht is.



## Boekbespreking

## The Dark Horse



**A**lweer zes jaar geleden verscheen het boek *Climate Gamble* waarin de Finse Janne Korhonen en Rauli Partanen op zoek gingen naar de feiten rondom het gepolariseerde klimaat- en energiedebat. Onlangs verscheen hun tweede boek: *The Dark Horse*, waarin de schrijvers pleiten voor de inzet van beproefde en veilige Pressurized Water Reactors (PWR). Het gaat niet goed met het terugdringen van de klimaatverandering en alle zeilen moeten worden bijgezet. Open kaart spelen en het loslaten van oude dogma's over wat wel of niet 'groen' is, is een voorwaarde.

De titel *The Dark Horse* staat voor kernenergie en is Engels idioom voor een onverwachte kanshebber, in dit geval om een bijdrage te leveren aan het terugdringen van CO<sub>2</sub>-emissies om de klimaatverandering een halt toe te roepen. Klimaatwetenschappers beschouwen klimaatverandering als een van de grootste bedreigingen voor de toekomst van de mensheid. Als er niets aan wordt gedaan, kan een op hol geslagen klimaatverandering niet alleen veel van onze huidige ecosystemen vernietigen, maar ook een ravage aanrichten in de menselijke samenlevingen.

### Verzet van klimaatactivisten

In het voorwoord schrijft de Britse milieuactivist en coauteur van het Ecomodernistisch Manifest Mark Lynas: "Het is voor mij een blijvend mysterie waarom de meesten die volhouden dat klimaatverandering een existentiële crisis is, zich toch blijven verzetten tegen wat misschien wel de meest voor de hand liggende en schaalbare oplossing is voor de klimaatnoodsituatie: kernenergie." Lynas verwijst in dat verband naar activist en

schrijfster Naomi Klein die in 2014 haar vierde boek *This Changes Everything: Capitalism vs. the Climate* publiceerde. Hierin stelt ze dat het neoliberale vrijemarktdenken serieuze hervormingen met betrekking tot het klimaat en het milieu blokkeert. Lynas: "Het klimaat verandert alles aldus Klein, behalve het langdurige verzet van klimaatactivisten tegen kernenergie; de veel gedemoniseerde maar ongelooflijk veelbelovende vorm van koolstofvrije energie." Klein heeft natuurlijk ook gelijk; een veranderend klimaat verandert alles op aarde. We gaan hard op weg naar twee graden opwarming wat zal leiden tot het volledig afsterven van alle koraal en de Noordpool zal ijsvrij zijn. Boven de twee graden opwarming zullen grote delen van de wereld onbewoonbaar worden.

### PWR: bewezen en veilige techniek

Partanen en Korhonen pleiten voor de inzet van reactorontwerpen die er zijn, niet wachten tot geavanceerde ontwerpen over tientallen jaren bedrijfsklaar zijn, maar nu grootschalig inzetten op de uitbreiding van de vloot aan kerncentrales op basis van bewezen

en veilige technologie: de Pressurized Water Reactor (PWR). Zij laten zien hoe de PWR, die door Hyman Rickover in 1954 werd bedacht als krachtbron voor de onderzeeër *Nautilus* en die sindsdien wereldwijd de basis heeft gelegd voor de commerciële nucleaire industrie, een zeer verstandige technische keuze was en nog steeds is. De PWR en aanverwante types zoals de kokend-waterreactor (BWR) en de CANDU-druk-zwaar-waterreactor (PHWR) maken allemaal gebruik van water om de reactor te koelen en om de neutronen te modereren of te vertragen, wat ze geschikt maakt om een beheerste kettingreactie tot stand te brengen. De veiligheid van deze ontwerpen staat buiten kijf. Van de drie 'grote' ongelukken, was Tjernobyl het grootst, maar dat was geen PWR maar een RMBK. Bij de ongelukken in TME (Three Miles Island) en Fukushima zijn geen mensen overleden ten gevolge van stralingsemissies. Nederlandse verslaggevers van het ongeluk die met rode koontjes terugvloegen vanuit Japan kregen een hogere stralingsbelasting door de vlucht dan door ter plaatse verslag te doen. Partanen en Korhonen zijn hard in hun oordeel over de Duitse Energiewende. Het



➤ *Partanen en Korhonen: "Hadden we de ergste gevolgen van de klimaatverandering kunnen vermijden als de mensen in de 20e en 21e eeuw niet zo gekant waren geweest tegen kernenergie?"*

stoppen van de kerncentrales en opstarten van bruinkoolcentrales heeft tot meer CO<sub>2</sub>-uitstoot geleid dan nodig was geweest. De Duitsers hadden echt vooruitgang geboekt als ze de 700 miljard aan wind en zon hadden gecombineerd met kernenergie en er steen- en bruinkoolcentrales voor hadden gesloten. De stroomkosten zijn er ook nog eens verdrievoudigd. Vergelijk dat eens met de Fransen die voor 75 procent afhankelijk zijn van kernenergie en vijf tot tien keer minder CO<sub>2</sub> produceren dan de Duitsers voor hun stroomopwekking.

## Drie hoofdonderwerpen

The Dark Horse is in drie hoofdonderwerpen ingedeeld. De realiteit van de klimaatverandering en groeiende vraag naar energie komen in het eerste deel aan bod. We willen er gewoon niet aan, maar het ziet er somber uit als we op dezelfde voet doorgaan. We kunnen windturbines plaatsen op de Noordzee, maar dat is bij lange na nog niet voldoende wat betreft het totale energieverbruik in Nederland, laat staan als je de 1,2 miljard mensen wereldwijd die nu nog geen stroom hebben ook op het net gaat aansluiten. Het tweede deel gaat in op wat kernenergie is en wat het vermag. "Ondanks

alle retoriek en de werkelijk veelbelovende vooruitgang op het gebied van hernieuwbare energie, is geen enkele andere daadwerkelijk geteste alternatieve strategie ooit ook maar in de buurt gekomen van de snelheid en de omvang van de decarbonisatie, die geheel toevallig werd bereikt in de landen die in de jaren tachtig kerncentrales bouwden." Het derde deel gaat dieper in op de rol die energie vervult in een moderne samenleving en de consequenties voor het milieu. "Wat zijn de ethische, economische en sociale implicaties, problemen en mogelijkheden van het al dan niet gebruik maken van kernenergie?"

## Een noodzakelijk boek voor iedereen

In hun afsluiting benadrukken de schrijvers geenszins tegen hernieuwbare bronnen zoals wind en zon te zijn, noch tegen energie-efficiëntie of -besparing. Elke bron en inspanning dient zijn doel, maar heeft ook beperkingen. Reden temeer om daar eerlijk over te zijn, ook over de rol die kernenergie kan vervullen. The Dark Horse geeft een op feiten gebaseerd verslag van onze energieproductie en de hachelijke situatie waarin ons milieu zich bevindt. Ervoor te kiezen om niet alles in te zetten wat we

aan technische mogelijkheden hebben, zal catastrofale gevolgen hebben. Korhonen en Partanen eindigen met de prikkelende vraag: "Hadden we de ergste gevolgen van de klimaatverandering kunnen vermijden als de mensen in de 20e en 21e eeuw niet zo gekant waren geweest tegen kernenergie?" Ik kan eindigen door te zeggen dat het een noodzakelijk boek is voor energiedeskundigen en beleidsmakers, maar dan doe ik te veel mensen te kort. Klimaatverandering gaat iedereen aan. We zitten met z'n allen in hetzelfde schuitje.

Menno Jelgersma

## Overzicht

Boek: **The Dark Horse – nuclear power and climate change**

Auteur: **Rauli Partanen en Janne M. Korhonen, met een voorwoord van Mark Lynas**

Uitgever: **Let's Think Again Media**

Taal: **Engels**

Aantal pagina's: **298 pagina's**

Prijs bij Amazon.nl:

Kindle editie: **€ 9,10**

Paperback: **€ 16,01**

# Bill Gates en Warren Buffett bouwen natriumgekoelde reactor in Wyoming

**E**nergiebedrijven die worden geleid door miljardairsvrienden Bill Gates en Warren Buffett hebben Wyoming in de VS - de staat met de grootste steenkoolproductie van het land - gekozen om het eerste kernreactorproject onder de naam Natrium te lanceren ter vervanging van een kolencentrale die met pensioen gaat.

Volgens Gates is het moeilijk om je een toekomst voor te stellen waarin we ons elektriciteitsnet op een betaalbare manier koolstofvrij kunnen maken zonder meer kernenergie te gebruiken. Al in 2018 analyseerden onderzoekers van het Massachusetts Institute of Technology bijna 1.000 verschillende scenario's om de VS naar netto nul te krijgen en alle goedkoopste paden hielden het gebruik van een schone, altijd beschikbare, energiebron zoals kernenergie in. Volgens Gates heeft de Amerikaanse nucleaire industrie "een stevige basis" voor vooruitgang, maar de federale regering moet haar belofte nakomen om demonstratieprogramma's voor geavanceerde reactoren volledig te financieren en organisaties zoals het Nuclear Energy Institute (NEI) moeten blijven aandringen op een beleid dat koolstofvrije energieopwekking op prijs stelt.

## Naar behoefte opschakelen van 345 naar 500 MW

Met het uit bedrijf nemen van een kolencentrale ontstaat een 'gat' in de stabiele basislast die niet eenvoudig door onbetrouwbare wind en zon kan worden overgenomen. Natrium kan wel in die basislaststroom voorzien, maar kan ook op- en afregelen wanneer de



**✎** Gates: "Wij denken dat Natrium een spelbreker zal zijn voor de energie-industrie."

opwekking uit variabele hernieuwbare technologieën zoals wind en zon afneemt. Het demo-project omvat namelijk een 345 megawatt (MW) natriumgekoelde snelle reactor met energieopslag op basis van gesmolten zout, die het vermogen van het systeem kan opschakelen tot 500 MW tijdens de piekvraag naar elektriciteit. Natrium sluit aan op het idee om kleine geavanceerde reactoren in te zetten als cruciale koolstofvrije technologie die intermitterende energiebronnen kan aanvullen nu Amerikaanse staten ernaar streven de uitstoot die de klimaatverandering veroorzaakt, te verminderen. "Wij denken dat Natrium een spelbreker zal zijn voor de energie-industrie," vertelde Gates op een persconferentie ter gelegenheid van de lancering van het project in Cheyenne, Wyoming. Gates, wiens bedrijf

TerraPower nieuwe reactortechnologieën ontwikkelt, zei op de door het NEI georganiseerde Nuclear Energy Assembly: "We zien een groeiende vraag naar technologieën die een koolstofarme opwekking mogelijk kunnen maken. Veel innovatieve bedrijven werken aan het op de markt brengen van nieuwe nucleaire technologieën, en beleidsmakers erkennen de noodzaak van deze technologieën, om de klimaatverandering op te lossen en het Amerikaanse leiderschap op het gebied van nucleaire technologie te behouden."

## Energieopslagsysteem

Eind vorig jaar kende het Amerikaanse energiedepartement TerraPower een eerste financiering van 80 miljoen dollar toe om de Natrium-technologie te ontwikkelen, en het departement heeft voor de komende jaren extra financiering toegezegd, afhankelijk van de kredieten van het Congres. Natrium werd ontworpen in een partnerschap tussen TerraPower en GE Hitachi. In plaats van de warmte van een reactor te gebruiken om stoom op te wekken en een turbine te laten draaien, gebruikt Natrium die warmte om een enorm energieopslagsysteem in gesmolten zout aan te drijven, een systeem dat een orde van grootte groter is dan het grootste lithium-ion batterijopslagsysteem dat momenteel bestaat. TerraPower, ongeveer 15 jaar geleden opgericht door Gates, en energiebedrijf PacifiCorp, eigendom van Warren Buffett's Berkshire Hathaway, vertelden onlangs dat de exacte locatie van de innovatieve Natrium-reactor als demo-centrale naar verwachting tegen het einde van het jaar bekend zal worden gemaakt. **K**

## Big Carl tilt stalen insluitring Hinkley Point C naar tijdelijke opslag

De grootste landkraan ter wereld, Big Carl, heeft de tweede van drie enorme insluitingsringen uit de prefabricagebunker gehesen en naar een nabijgelegen opslagplaats gebracht. EDF vermeldt dat de 17 meter hoge ring met een diameter van 47 meter 36 procent sneller werd gebouwd dan de eerste door gebruik te maken van de ervaring die bij de bouw van de eerste ring was opgedaan. De geprefabriceerde stalen ring, die deel uitmaakt van de versterkte cilinder rond de kernreactor, werd uit een bunker getild waar hij in fabrieksomstandigheden werd gebouwd. Dit is een van de innovaties om de kwaliteit van het project te verbeteren. Prefabricage in deze bunkers vermindert de noodzaak om op hoogte of bij slecht weer te werken en het werk kan worden voltooid en gecontroleerd in een geconditioneerde omgeving. Stuart Crooks, algemeen directeur van Hinkley Point C: "Ons geloof dat we dingen beter kunnen doen, is de drijfveer achter innovatie bij Hinkley Point C. Terwijl we de eerste Britse Europese drukreactor (EPR) bouwen, leren we voortdurend bij en voeren we verbeteringen door. Dit leidt tot een hogere productiviteit bij de bouw van de twee reactoren van Hinkley Point C. Wij zullen die ervaring gebruiken om onze plannen voor nog twee identieke reactoren in Sizewell C te onderbouwen." In totaal zal Big Carl bij zijn inzet op Hinkley Point C meer dan 500 geprefabriceerde stalen en betonnen elementen hijsen met een gewicht tot 1.600 ton **K**

### Liner ring two in getallen

- Diameter: 47 meter
- Hoogte: 17 meter
- Gewicht: 308 ton
- Lengte van de lasnaden: 934 meter





# Jaarrapport 2020 COVRA

**O**nlangs verscheen het jaarrapport 2020 van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA). Ondanks de coronamaatregelen kan COVRA positief terugkijken op het afgelopen jaar waarin naar eigen zeggen veel is gerealiseerd. Thuiswerken heeft kansen geboden om de organisatie versneld te digitaliseren, data extern te ontsluiten en werkprocessen te stroomlijnen. Verder heeft COVRA de crisisplannen geactualiseerd. Vanwege beurschommelingen werd het jaar met een licht negatief netto resultaat afgesloten.

De COVRA is verantwoordelijk voor de acceptatie, het transport, de bewerking, de opslag en de voorbereiding voor de eindberging van al het vrijkomende radioactieve afval binnen Nederland. Hierbij staan veiligheid en gezondheid altijd centraal. Vanwege de coronamaatregelen die vanaf begin 2020 werden genomen, moest COVRA zich aanpassen. Het werk moest doorgang vinden op hetzelfde hoge kwaliteitsniveau met inachtneming van alle nieuwe en noodzakelijke maatregelen. Hoewel er met de pandemie sprake was van een uitzonderlijke situatie, verklaart COVRA dat het positief kan terugkijken op 2020: "Ondanks de onvoorziene

omstandigheden en de zorgen om familie, vrienden en collega's is er veel gerealiseerd."

Thuiswerken heeft kansen geboden om de organisatie versneld te digitaliseren, data extern te ontsluiten en werkprocessen te stroomlijnen. Ook heeft de organisatie afgelopen jaar de crisisplannen geactualiseerd. Bij COVRA op locatie is nagenoeg geen sprake geweest van COVID-19 besmettingen onder het personeel. "Echter bij grootschalige uitval van medewerkers zou de kans kunnen bestaan op ontwrichting van de dienstverlening. Dit kan versterkt

worden indien ook leveranciers en dienstverleners niet beschikbaar zijn. De aanvoer van middelen komt dan onder druk te staan", aldus COVRA. Voor kritische bedrijfsbenodigdheden, bijvoorbeeld emballage, wordt nu naar minimaal twee actieve leveranciers gestreefd. Daarnaast is de investering in een grotere magazijn capaciteit (Transport- en Logistiek Gebouw) naar voren gehaald om zodoende een extra voorraad emballage te kunnen aanhouden voor als levertijden van leveranciers door COVID-19 worden vertraagd. De operationele financiële resultaten zijn in lijn met de verwachting uitgekomen. "De waarde van ons beleggingsportfolio is na de heftige daling van de beurzen rond maart, in de tweede helft van het jaar sterk hersteld. Het positieve beleggingsresultaat was echter onvoldoende om de rentelasten te dekken." Het jaar wordt dan ook met een licht negatief netto resultaat afgesloten. Het Jaarrapport 2020 is te downloaden via de website van COVRA. **K**

## Nucleaire geneeskunde verdient betere erkenning en steun op EU-niveau

**D**ankzij medische toepassingen van nucleaire technologie hebben dagelijks duizenden burgers van Europa toegang tot diagnostische en levensreddende behandelingen.

De EU moet daarom nieuwe capaciteit voor onderzoeksreactoren bevorderen, samen met innovatie in de sector en de aanpassing van het ontwerp van de huidige vloot. Dit stelt de Europese nucleaire belangenorganisatie FORATOM in haar position paper Nuclear Medicine Europe. Hierin worden aanbevelingen gedaan om het huidige niveau van voorziening in medische radio-isotopen te handhaven. Elk jaar profiteren meer dan 9 miljoen patiënten in Europa van nucleaire geneeskunde bij de diagnose en behandeling van ziekten zoals kanker, hart- en vaatziekten of neurologische aandoeningen. "Nucleaire technologie biedt naast het leveren van koolstofarme elektriciteit tegen een betaalbare prijs, veel belangrijke toepassingen. Nucleaire geneeskunde is daar één van", zegt Yves Desbazeille, directeur-generaal van FORATOM. Nucleair kent verscheidene uitdagingen, van negatieve houdingen ten aanzien van kernenergie tot het beheer van kernafval. "De nucleaire-geneeskundesector heeft echter ook zijn eigen uitdagingen, waaronder: duurzame terugbetalingsmodellen, gelijke toegang tot moderne apparatuur en toepassingen in alle lidstaten", zegt Antonis Kalemis, voorzitter van Nuclear Medicine Europe. Kalemis vraagt daarom om een EU-routekaart voor onderzoek en ontwikkeling op het gebied van nucleaire geneeskunde. **K**

## Column



## P2P? Nee, bedankt.

Honderd miljard euro. Wanneer ik alle plannen van Tennet en netbeheerders bij elkaar optel is dit zo'n beetje het bedrag dat geïnvesteerd moet worden in nieuwe elektriciteitsnetten te land en ter zee. Klimaatakkoord weet u wel? In 2030 moet 75 procent van al onze stroom uit zon en wind komen. Honderd miljard euro. Dat is drie keer meer dan er tot nu toe aan groene energiesubsidies is uitgegeven.

Nu begrijpt u waarom de stroom in Duitsland en Denemarken zo duur is. Geef zonnepanelen gratis weg, dan nog wordt onze stroom duurder. Dat krijg je ervan wanneer je decentraal opgewekte tuinkabouterstroom bij elkaar moet sprokkelen. Zonde van al dat koper. De gezamenlijke capaciteitsfactor van zon en wind is EU-breed 20 tot 25 procent, afhankelijk van waar het wordt opgewekt. Concreet betekent dit dat zon en wind samen driekwart van de tijd geen stroom leveren. Straks, in 2030, komt dus 50 procent van al onze stroom uit een of andere vorm van elektriciteitsopslag. P2P heet dat in marketing taal, Power to Power. Klinkt geweldig, maar het is bedrog. De technologie die nodig is voor opslag van die groene stroom, batterijen, elektrolyse (voor waterstofproductie), brandstofcellen, die bestaat helemaal niet op die schaal en is peperduur. Bovendien is de P2P keten enorm inefficiënt. Elke kilowattuur opgeslagen groene stroom vraagt vijf keer zoveel windmolens als direct geleverde groene stroom. China bouwt in zijn woestijnen de grootste zonneparken ter wereld en slaat op piekuren de stroom op in enorme batterijpakketten. Als 's avonds de lichten aangaan zijn de accu's binnen een kwartier leeg. Grootschalige opslag van elektriciteit is techno-economische flauwekul. Daarom gaat de uitrol van zon en wind stokken bij 25 procent; daar helpt geen groene profeet iets aan. Met een beetje goede wil kunnen we met diezelfde honderd miljard euro zo'n vijftien moderne kerncentrales bouwen. Daarmee kunnen we heel Nederland 24/7 volledig van superschone stroom voorzien, en flink wat superschone warmte en waterstof erbij leveren bovendien. Ik zeg: doen! **K**

*André Wakker*

---

Dr. Ir. André Wakker is zelfstandig organisatieadviseur, en energiedeskundige. Voorheen werkte hij als business developer bij achtereenvolgens Shell, ECN en NRG. Als levenslang voorvechter van kernenergie mengt hij zich regelmatig in het energietransitiedebat. Hij is afgestudeerd in de kernfysica en gepromoveerd op fluctuaties in extreem onderkoeld water.



# Japan gaat water Fukushima in zee lozen

**D**e Japanse regering heeft in maart het formele besluit bekendgemaakt dat het behandelde water dat is opgeslagen op het terrein van de Fukushima Daiichi-kerncentrale in zee zal worden geloosd. Volgens het beleidsdocument zal het tritium worden verdund tot 1.500 becquerel per liter, wat één veertigste is van de concentratie die is toegestaan volgens de Japanse veiligheidsnormen en één zevende van de richtlijn van de Wereldgezondheidsorganisatie voor drinkwater. Een ton van dit water geeft vóór verdunning in de oceaan een dosis van ongeveer 4 mSv, wat ongeveer de helft is van een enkele CT-scan van een borstkas.

Tokyo Electric Power Company (Tepco) zal naar verwachting in 2023 beginnen met het lozen van het licht radioactieve water, overeenkomstig met de internationale normen en voorschriften. Het is het resultaat van meer dan zeven jaar discussies over het vinden van een oplossing voor het lozen van het water. Dit behandelde water wordt momenteel opgeslagen in tanks op de locatie. Het volume neemt nog

steeds toe doordat grondwater vanuit het hoger gelegen achterland onder de centrale doorstroomt en besmet raakt. De totale tankopslagcapaciteit bedraagt ongeveer 1,37 miljoen kubieke meter en naar verwachting zullen alle tanks rond de zomer van 2022 vol zijn.

## Routinematige lozingen

Premier Yoshihide Suga verklaarde dat het lozen van het water in de oceaan de

meest realistische optie is. Op de locatie van de beschadigde Fukushima Daiichi-kerncentrale wordt het besmet water behandeld met het Advanced Liquid Processing System (ALPS), dat het grootste deel van de radioactieve besmetting verwijdert, met uitzondering van tritium. Het Internationale Atoomagentschap (IAEA) keurde het plan van de Japanse regering goed en merkte op dat het lozen in de oceaan voldoet aan de mondiale normen. IAEA Directeur-Generaal Rafael Grossi wees erop dat dit een gebruikelijke manier is om water vrij te laten in kerncentrales, zelfs wanneer deze zich niet in een noodsituatie bevinden. Hij juichte de aankondiging van Japan toe, en zei dat de IAEA klaar staat om technische steun te verlenen bij het toezicht op en de evaluatie van de veilige en transparante uitvoering van het plan. "De door Japan gekozen methode voor waterlozing is zowel technisch haalbaar als in overeenstemming met de internationale praktijk", aldus Grossi. Gecontroleerde lozingen van water



in zee worden routinematig toegepast door operationele kerncentrales in de wereld en in de regio, krachtens specifieke vergunningen op basis van veiligheids- en milieueffectbeoordelingen. “Het besluit dat de regering van Japan heeft genomen, is een mijlpaal die de weg vrijmaakt voor verdere vooruitgang bij de ontmanteling van de kerncentrale van Fukushima Daiichi. Tanks met water beslaan grote delen van het terrein en waterbeheer, met inbegrip van de verwijdering van het behandelde water op een veilige en transparante manier waarbij alle belanghebbenden worden betrokken, is van cruciaal belang voor de duurzaamheid van deze ontmantelingsactiviteiten”, voegde Grossi toe.

## Aardbeving

Volgens het Japanse ministerie van Economie, Handel en Industrie zijn de tanks zelf ook een risico vanwege de kans op onvoorziene lekkages en andere risico's die kunnen toenemen naarmate de opslag langer duurt. Zo veroorzaakte de aardbeving die op 13 februari 2021 voor de kust van de prefectuur Fukushima plaatsvond (met een maximale seismische intensiteit van 6,0 op de Japanse schaal) een verschuiving in de positie van sommige tanks, en waren er maatregelen nodig zoals de vervanging van sommige leidingen. Hoewel de aardbeving geen gevolgen had buiten de locatie, aangezien noch instorten van de tanks, noch grootschalige lekkage optraden, heerste er enige ongerustheid onder de bevolking als gevolg van een aantal tekortkomingen in de wijze waarop informatie werd verstrekt aan de omwonenden en de media.

## Verdunning

Volgens het beleidsdocument zal het tritium worden verdund tot 1.500 becquerel per liter, wat één veertigste is van de concentratie die is toegestaan volgens de Japanse veiligheidsnormen en één zevende van de richtlijn van de Wereldgezondheidsorganisatie voor drinkwater. De totale hoeveelheid

tritium die jaarlijks wordt geloosd zal op een niveau liggen dat onder de operationele streefwaarde voor tritiumlozing van de Fukushima Daiichi-centrale vóór het ongeval ligt (22 triljoen becquerel per jaar). De hoeveelheid zal periodiek worden herzien. James Conca, wetenschapper op het gebied van de aard- en milieuwetenschappen en gespecialiseerd in de geologische eindberging van kernafval verklaarde op

gezondheid heeft gehad bij de mens of in het milieu. “Alleen laboratoriumstudies op muizen met extreem hoge concentraties hebben schadelijke gevolgen voor de gezondheid aangetoond, en dan nog alleen na hen te hebben gedwongen 37.000.000 Bq/liter binnen te krijgen”, schrijft Conca.

Japan heeft de IAEA om zijn medewerking heeft gevraagd bij de verwijdering van het water. Het atoomagentschap zal



© Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.

**➤** *Inspectie bij het verplaatsen van de watertanks. De totale tankopslagcapaciteit bedraagt ongeveer 1,37 miljoen kubieke meter en naar verwachting zullen alle tanks rond de zomer van 2022 vol zijn.*

www.forbes.com: “De stralingsdosis van een kwart van dit water is gelijk aan vier bananen of een familieformaat zak chips. Een ton van dit water geeft een dosis van ongeveer 4 mSv, ongeveer de gemiddelde jaarlijkse achtergrond dosis voor iedereen in Amerika, en minder dan een enkele CT-scan van de borstkas, die 7 mSv bedraagt.” Algemeen wordt aangenomen dat tritium bij extreem hoge concentraties kankerverwekkend is voor de mens, hoewel die bewering slechts hypothetisch is omdat tritium nooit schadelijke gevolgen voor de

deskundigen sturen die de plannen en activiteiten zullen toetsen aan de veiligheidsnormen van de IAEA. Daarnaast zullen zij steun verlenen en aanwezig zijn bij alle activiteiten die gevolgen voor het milieu kunnen hebben. “We zullen nauw samenwerken met Japan voor, tijdens en na de lozing van het water,” zei Grossi. “Onze samenwerking en onze aanwezigheid zullen helpen het vertrouwen op te bouwen - in Japan en daarbuiten - dat de waterlozing wordt uitgevoerd zonder nadelige gevolgen op de menselijke gezondheid en het milieu.” **K**



© SCK CEN

# SCK CEN en Sabca tezamen in innovatief droneproject

## Drones monitoren straling met grote precisie

**H**et nucleaire onderzoekscentrum SCK CEN (StudieCentrum voor Kernenergie of Centre d'Etude de l'Energie Nucleair) en de Belgische luchtvaartspecialist Sabca ontwikkelden een innovatieve technologie om drones in te zetten voor radiologische metingen. De meetapparatuur werd op 18 mei 2021 officieel aan de drone gekoppeld in aanwezigheid van Annelies Verlinden, minister van Binnenlandse Zaken. "Innovatieve projecten voor een betere bescherming van de bevolking, het leefmilieu en de medewerkers genieten mijn volledige steun", aldus Verlinden.

zonder menselijke tussenkomst. "Dat betekent een belangrijke step-up in de stralingsbescherming", aldus Eric van Walle, directeur-generaal van SCK CEN. Ook minister Annelies Verlinden is opgetogen over de drones. "Dit project is het resultaat van een publiek-private samenwerking tussen SCK CEN en Sabca. De drones zullen in de eerste plaats preventief worden ingezet, om gebieden te onderzoeken op potentieel radioactieve besmetting. We bereiden ons daarnaast ook voor op mogelijke remediërende interventies. Dankzij de detector op de drone kunnen bij crisissituaties metingen worden uitgevoerd zonder menselijke tussenkomst, en worden de medewerkers dus maximaal beschermd."

Drones veroveren het bedrijfsleven waar steeds vaker innovatieve drones ondersteuning bieden aan de bedrijfsvoering, waaronder: graangewassen opvolgen, riolen en elektriciteitsnetwerken inspecteren en medicijnen vervoeren.

Binnenkort mag ook de nucleaire sector op ondersteuning van het onbemande luchtvaartuig rekenen. De drones zullen – in kader van bewakingsprogrammaas, ontmantelingsprojecten of noodplanning – radiologische metingen uitvoeren

### Alle hoeken en kanten

Hoe gaat het concreet in zijn werk? Aan de drone wordt een zogenaamde scintillatieteller gekoppeld. "Het apparaat meet radioactiviteit door lichtflitsen

**K** De Belgische minister voor binnenlandse zaken, Annelies Verlinden tijdens de presentatie van het innovatieve droneproject.

te tellen, die door het invallen van ioniserende straling veroorzaakt worden. Dat geeft de maat van de stralingsdosis aan. Hoe meer licht, hoe meer straling”, vertelt Johan Camps, wetenschapper bij SCK CEN. Het grote voordeel verschuilt zich volgens hem in de flexibiliteit. “Drones geven ons de gelegenheid om alle hoeken en kanten in kaart te brengen, die we bij handmatige metingen of helikoptermetingen niet kunnen bereiken. In tegenstelling tot traditionele

zetten wij in om complexe missies in uitdagende omstandigheden uit te voeren. Sabca test zo het vervoer van medische stalen boven steden, de inspectie van windturbines op zee en de integratie van drones in het commerciële luchtruim. We zijn heel tevreden dat we onze technologie nu ook ten dienste van de nucleaire sector mogen stellen”, zegt Thibault Jongen, CEO bij Sabca. De detectoren werden zo ontworpen dat ze de maximale payload ofwel draaglast van de drone niet overschrijden en toch een hoogst mogelijke meetgevoeligheid bewaren. “Die grens mag je niet overschrijden, omdat het de vliegprestaties zou kunnen

kader van bewakingsprogramma’s en ontmantelingsprojecten.”

### Combinatie van twee specifieke expertises

De allereerste locatie waar SCK CEN een proef gaat doen, is op de site van SCK CEN in Mol. Inmiddels is de volledige aanvraag naar de luchtvaartautoriteiten gestuurd voor het uitvoeren van de vluchten onder andere boven de SCK CEN-site. Zodra de vergunningen er zijn, zullen er verschillende vluchten uitgevoerd worden. Naast dit project lopen nog een aantal eigen onderzoeksprogramma’s met drones (type multicopters). In dat kader werd onder meer al gevlogen in Munster en Gera (beide in



© SCK CEN

**➤** Het project zou niet mogelijk zijn zonder de state-of-the-art dronetechnologie van de Belgische luchtvaartspecialist Sabca.

meettechnieken stroomt die informatie trouwens ook binnen, wanneer de drone nog in de lucht hangt. Real-time informatie over meer precieze locaties dus.”

### State-of-the-art dronetechnologie

Het project zou niet mogelijk zijn zonder de state-of-the-art dronetechnologie van de Belgische luchtvaartspecialist Sabca. Ze stellen twee types drones ter beschikking: een fixed-wing drone die urenlang autonoom in de lucht kan blijven zweven en een multicopter die zwaardere detectoren kan vervoeren zonder aan flexibiliteit in te boeten. “Sabca biedt oplossingen die voldoen aan de strengste normen uit de luchtvaartindustrie waar alles draait om veiligheid. Deze kennis

verminderen. Daarom hebben wij onze detector op maat gemaakt”, besluit Camps. Beide projectpartners beklemtonen dat het om een demonstratieproject gaat, waarbij ze het gebruik van drones en de voordelen ervan willen aantonen. Ze zijn ervan overtuigd dat het de nucleaire sector in staat zal stellen om uitgebreide en nauwkeurige metingen uit te voeren. Die metingen zijn onmisbaar voor de radiologische bewaking van nucleaire sites en hun omgeving. Worden drones dan de standaard? “Eerst stappen, dan lopen”, temperen de projectpartners de verwachtingen. “We moeten de technologie eerst verder op punt stellen, maar wie weet... Eenmaal verfijnd, zijn ze in de toekomst misschien niet meer weg te denken in het

Duitsland) met een studie naar verhoogde natuurlijke achtergrondstraling en in de omgeving van Lier (in België) met een contaminatiemetingen van Radium-226. Maar volgens SCK CEN is het unieke aan dit project dat twee specifieke expertises samensmelten. “We combineren een luchtvaartexpert SABCA met nucleaire en radiologische expertise van SCK CEN om een stap verder te zetten dan het uitvoeren van testvluchten op heel specifieke oefenterreinen. Daarvoor is het belangrijk dat alle verzamelde, technische details qua veiligheid en betrouwbaarheid alsook kwaliteit van radiologische data volledig op punt worden gesteld. Dankzij deze gebundelde expertise zetten we dus de stap van onderzoek naar industriële inzetbaarheid, waarbij ook buitenlandse bedrijven bij ons kunnen aankloppen.” **K**

# Kernenergie is onderdeel Russische Taxonomie

**I**n maart kwamen in Rusland diverse vertegenwoordigers uit de overheid en de industrie bijeen op het ministerie van Economische Ontwikkeling om te praten over het ontwerp voor een nationale taxonomie voor groene projecten. Hierbij werd onder meer rekening gehouden met de EU-taxonomie en de stimulering van de Russische economie. In de lijst van groene activiteiten is ook kernenergie opgenomen omdat het geen CO<sub>2</sub> uitstoot en daarmee vergelijkbaar is met hernieuwbare bronnen zoals wind en zon.

Vertegenwoordigers van de VEB.RF (staatsontwikkelingsmaatschappij), de Russische Centrale Bank, het ministerie van Industrie en Handel, het ministerie van Natuurlijke Hulpbronnen, het ministerie van Energie en vertegenwoordigers van het bankwezen en het bedrijfsleven kwamen dit voorjaar bijeen op het Russische ministerie van Economische Ontwikkeling om over het ontwerp van een nationale taxonomie van groene projecten te praten. Bij de ontwikkeling van het document is rekening gehouden met de taxonomie van de EU voor duurzame activiteiten en met de kenmerken van de Russische economie. Het belangrijkste doel van het document is het stimuleren

van groene activiteiten en projecten die gericht zijn op het tegengaan van de klimaatverandering en het verhogen van de efficiëntie van de exploitatie van natuurlijke hulpbronnen.

De Russische minister van Economische Ontwikkeling, Maxim Reshetnikov, zei dat de lijst van gebieden waarop groene projecten kunnen worden uitgevoerd, is uitgebreid op basis van de praktijken van andere landen, en dat er een unieke nationale classificatie is gemaakt.

De lijst van groene activiteiten van de Russische Taxonomie omvat ook kernenergie, die geen directe CO<sub>2</sub>-

uitstoot genereert, waardoor zij op één lijn staat met hernieuwbare bronnen. Projecten op het gebied van ecotoerisme, vervoer met waterstof- en gasmotoren, bos-, klimaat- en landbouwprojecten, vervoersinfrastructuurprojecten, alsmede projecten die de uitstoot van kooldioxide verminderen, worden in Rusland nu ook als groen beschouwd.

“Deze gebieden worden in andere landen als groen erkend. In feite hebben we de wereldwijde normen aangepast aan de Russische context. Het besluit zal het vertrouwen van buitenlandse investeerders in het systeem vergroten, aangezien het mechanisme van groene obligaties al is ontwikkeld en er in het buitenland nog steeds vraag naar is”, aldus Reshetnikov. De eerste adjunct-directeur-generaal voor bedrijfsontwikkeling en internationale zaken van ROSATOM, Kirill Komarov, benadrukte dat de nucleaire industrie aan de hoogste internationale veiligheidsnormen voldoet en dat ROSATOM zich houdt aan het onvoorwaardelijke beginsel van ‘Do no significant harm’. Tijdens de bijeenkomst werd ook gesproken over de herziene taxonomieën van projecten, eisen voor projectverificateurs, een modelverificatiemethodologie en richtsnoeren voor het proces van het verkrijgen van een groene en een overgangstatus door een financieel instrument.

## Ter referentie:

Zeven van de 17 VN-doelstellingen voor duurzame ontwikkeling hebben betrekking op milieubescherming. Een van de instrumenten om het milieu te beschermen is groene financiering (investeringen gekoppeld aan maatstaven voor duurzame ontwikkeling). Dit financiële instrument bevindt zich in Rusland nog in de ontwikkelingsfase. De routekaart 2019-2021 voor de ontwikkeling van de Russische financiële markt voorziet echter in het aantrekken van investeerders die zich richten op de financiering van projecten voor duurzame ontwikkeling. **K**



## ANVS publiceert jaarverslag 2020

**O**nlangs verscheen het jaarverslag 2020 van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) waarin de Nederlandse toezichthouder laat zien hoe hij ervoor zorgt dat de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming in Nederland voldoen aan de hoogste eisen. De inspecties gingen ondanks coronapandemie in aangepaste vorm gewoon door. De ANVS reageerde snel en adequaat op verzoeken van ziekenhuizen die behoefte hadden aan tijdelijk extra diagnostische apparatuur voor het maken van beeldvorming van de longen..

De ANVS werkte in het afgelopen jaar samen met andere landen en (inter)nationale organisaties op het gebied van nucleaire veiligheid, stralingsbescherming, beveiliging, radioactief afval, transport en crisismangement. De ANVS stelde onder andere factsheets en handreikingen op voor een goede naleving en uitvoering van wettelijke bepalingen, hield toezicht en gaf de nodige autorisaties af, zoals vergunningen, registraties en erkenningen. "De inspecties gingen, ondanks corona, gewoon door, zij het in aangepaste vorm", verklaart de ANVS op de website. De coronaepidemie had ook gevolgen voor de activiteiten van de toezichthouder die al aan het begin van de pandemie urgente vragen van ziekenhuizen ontving die behoefte hadden aan tijdelijk extra diagnostische

apparatuur en dan met name voor het maken van beeldvorming van de longen. Ze plaatsten bijvoorbeeld extra röntgenapparaten op de spoedeisende hulp of gebruikten mobiele scanners in noodvoorzieningen. Volgens de bestaande vergunning kon dat niet. Om te zorgen dat ziekenhuizen op een veilige manier mensen konden onderzoeken en hun werk konden blijven doen, heeft de ANVS in afstemming met de Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid en de Inspectie Gezondheidszorg en Jeugd, hiervoor een tijdelijke werkwijze mogelijk gemaakt.

### Beschermingsstrategie voor stralingsongevallen

Ongevallen met straling komen nauwelijks voor. Om continu goed voorbereid te zijn als dit toch gebeurt, ontwikkelde de ANVS in 2020, in

navolging van Europese regelgeving, een nieuwe beschermingsstrategie voor stralingsongevallen. In deze beschermingsstrategie zijn de uitgangspunten vastgelegd voor het nemen van effectieve en gerechtvaardigde maatregelen in de verschillende fases van een ongeval, zoals het innemen van jodiumtabletten of schuilen. Deze maatregelen moeten voorkomen dat hulpverleners en de bevolking worden blootgesteld aan een dusdanige hoeveelheid radioactieve straling dat er gezondheidseffecten kunnen optreden. De beschermingsstrategie ontwikkelde de ANVS in samenwerking met het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, een aantal veiligheidsregio's, ministeries en andere stakeholders.

### Staat van de Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming

In 2020 publiceerde de ANVS haar eerste Staat van de Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming. Hierin staat de veiligheid van de Nederlandse nucleaire installaties in 2019 centraal. Het geeft een uitgebreid overzicht van het (inter)nationale stelsel dat is ingericht om de nucleaire veiligheid te borgen en zo mens en milieu te beschermen. Een belangrijke ontwikkeling in het afgelopen jaar was de verandering in de organisatie van de ANVS, onder andere naar aanleiding van de externe evaluatie die is uitgevoerd in 2019, mede om de rol van het bevoegd gezag te versterken. Twee nieuwe afdelingen houden zich nu voornamelijk bezig met vergunningverlening en toezicht. Het afgelopen jaar kenmerkte zich door een verandering op bestuursniveau: in april ging de eerste bestuursvoorzitter van de ANVS, Jan van den Heuvel, met pensioen en trad Annemiek van Bolhuis aan als zijn opvolger. **K**



# Isotopentechniek ter bevordering van vitamine A programma's

**J**e bent wat je eet, luidt een oud gezegde, en wie een beperkte verscheidenheid aan voedingsstoffen binnenkrijgt, kan een slechte gezondheid verwachten. Al tientallen jaren bestrijden regeringen en NGO's wereldwijd dit probleem door het promoten van supplementen en voedingsmiddelen die verrijkt zijn met voedingsstoffen zoals vitamine A. Er zijn nu zorgen ontstaan of ongecoördineerde, elkaar overlappende programma's niet te veel van het goede veroorzaken en schadelijk zijn voor de gezondheid. Met de nucleaire retinol-isotoopverdundingstest (RID) kan het vitamine A-niveau in het lichaam worden aangetoond om daarmee voedingsprogramma's aan te passen.

Tijdens een recente gehouden technische vergadering van het internationaal atoomagentschap (IAEA) werden deze bezwaren onderzocht en werd een techniek met stabiele isotopen naar voren gebracht. Deze techniek kan voedingsdeskundigen

en volksgezondheidsdeskundigen helpen om met grote nauwkeurigheid een beter inzicht te krijgen in de vitamine A-status bij bevolkingsgroepen die worden blootgesteld aan verschillende programma's ter bestrijding van vitamine A-tekort.

## 800.000 sterfgevallen per jaar

Vitamine A is een organische verbinding die belangrijk is voor groei en ontwikkeling. Het helpt het immuunsysteem te onderhouden en is essentieel voor een goed gezichtsvermogen. Het is niet voor iedereen weggelegd om voldoende vitamine A binnen te krijgen, omdat de biologisch actieve vorm alleen voorkomt in een paar dierlijke producten, zoals eieren, zuivelproducten en lever. Meer toegankelijke voedingsmiddelen zoals fruit en groenten met oranje vlekken, zoals mango's, pompoenen en wortelen, en groene bladgroenten bevatten caroteen, die in het lichaam kunnen worden omgezet in vitamine A.

In tegenstelling tot vitamine C, of andere in water oplosbare voedingsstoffen, is vitamine A in vet oplosbaar. Dat betekent dat het na inname niet snel

het lichaam verlaat en zich ophoopt in de lever. Dit kan de lever beschadigen en symptomen veroorzaken die lijken op die van alcoholisme, zoals vergeling van het witte deel van de ogen. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) bestempelt vitamine A-tekort als een probleem voor de volksgezondheid en schat dat het wereldwijd 190 miljoen kinderen onder de vijf jaar treft. Uit hun gegevens blijkt dat jaarlijks 800.000 sterfgevallen kunnen worden toegeschreven aan een tekort aan vitamine A. Veel landen hebben daarom hoge doses vitamine A-supplementen toegediend in combinatie met immunisatiediensten, maar dit brengt wel enkele risico's met zich mee als er andere vitamine A-programma's van kracht zijn. Studies in Zuid-Afrika, de Filipijnen en Guatemala suggereren dat sommige bevolkingsgroepen te veel vitamine A krijgen als gevolg van overlappende suppletie- en verrijkingprogramma's in combinatie met verbeterde diëten.

### **Te veel van het goede**

"Historisch gezien kwam een teveel aan vitamine A zelden voor bij mensen die de levers van grote carnivoren aten, zoals ijsberen", zei Pernille Kaestel, voedingsdeskundige bij de IAEA.

"Tegenwoordig is ook een te hoge vitamine A-inname een risico. Begrijpen wie te weinig en te veel vitamine A binnenkrijgt is een prioriteit om ervoor te zorgen dat voedingsprogramma's de juiste dingen doen." De aanpak van dit probleem begint met het meten van de vitamine A-status in bevolkingsgroepen. Volksgezondheidsdeskundigen en voedingsdeskundigen beschikken over een hele reeks verschillende meettechnieken, maar die zijn vaak alleen doeltreffend om vast te stellen wanneer iemand een laag vitamine A-niveau heeft. Op de virtuele technische vergadering van de IAEA over "Optimizing Nuclear Techniques to Assess Vitamin A Status" kwamen 20 deskundigen uit de hele wereld bijeen om te bespreken hoe de retinol-isotoopverduunningstest (RID), een nucleaire techniek die het vitamine A-niveau in het lichaam in alle scenario's kan meten, kan worden geoptimaliseerd voor gebruik in voedingsprogramma's.

### **Risico hoge vitamine A-inname**

Als onderdeel van de bijeenkomst werd een paneldiscussie georganiseerd met internationale belanghebbenden van organisaties die zich zorgen maken over de wereldwijde vitamine A-situatie. Zo waren

de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), de Bill and Melinda Gates Foundation, de Global Alliance on Vitamin A en Helen Keller International tijdens de vergadering vertegenwoordigd. De panelleden waren het erover eens dat de resultaten van programma's die gebruik maken van het RID landen kunnen helpen om te beslissen wanneer ze stoppen met supplementen of deze veranderen - in het beste geval kan voortzetting een verspilling van middelen zijn, in het slechtste geval kunnen bepaalde bevolkingsgroepen het risico lopen op een hoge vitamine A-inname. Een teveel aan vitamine A kan vergiftiging veroorzaken. De verschijnselen zijn hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid, vermoeidheid en afwijkingen aan ogen, huid en skelet. De dialoog in het panel hielp verder de discussie te sturen voor de resterende dagen van de technische bijeenkomst. De deelnemers stelden onderzoeksprioriteiten vast voor de aanpak van open methodologische vragen over RID en identificeerden manieren om de techniek geschikt te maken voor gebruik op grotere schaal. De resultaten van de vergadering zullen nu worden behandeld in een gecoördineerd onderzoeksproject van de IAEA dat later dit jaar van start moet gaan. **K**

*Michael Amdi Madsen, IAEA Office of Public Information and Communication*

## **Gebruik van isotopen om de vitamine A-status te meten**

RID bestaat al sinds de jaren negentig, maar omdat het een isotopische techniek is die gespecialiseerde apparatuur en kennis vereist om accuraat te kunnen worden uitgevoerd, wordt deze buiten de onderzoeksomgeving nog niet routinematig toegepast. Deskundigen op de bijeenkomst bevestigden echter het potentieel ervan in bredere context waar het de tekortkomingen van andere technieken kan aanvullen. RID is een speciale techniek voor de bepaling van de vitamine A-status, omdat hiermee de totale voorraad vitamine A in het lichaam kan worden geschat, terwijl de meest gebruikte methoden, zoals de concentratie vitamine A in serum, alleen een vitamine A-tekort opsporen. Om een RID-test uit te voeren, slikt een deelnemer een bekende hoeveelheid 'gelabelde' vitamine A in, die via een pipet of capsule rechtstreeks in de mond wordt toegediend. Etikettering betekent dat stabiele isotopen zoals deuterium of koolstof-13 aan de vitamine zijn toegevoegd, die in het lichaam kunnen worden opgespoord. Gelabelde vitamine A wordt door het lichaam op dezelfde manier behandeld als de niet-gelabelde vorm en komt in evenwicht met vitamine A in een persoon. Na een stabilisatieperiode (meestal 4 tot 14 dagen) wordt bij de deelnemer een bloedmonster genomen en wordt de hoeveelheid gelabelde versus ongelabelde vitamine A in het bloed gemeten met behulp van massaspectrometrie. Op basis van de hoeveelheid geëtiketteerde vitamine A die werd geslikt en de verhouding tussen geëtiketteerde en ongelabelde vitamine A in het bloed, kunnen voedingsdeskundigen bepalen hoeveel vitamine A in het lichaam is opgeslagen en de concentratie ervan in de lever afleiden.



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.

