KERNVISIE
MAGAZINE

Urenco verdubbelt capaciteitsuitbreiding

Theranostics MC gaat lood-212 produceren

ANVS versterkt toezicht consumentenproducten

Koude bron zet RID internationaal op de kaart

6
December
2025

UITGAVE VAN
STICHTING KERNVISIE

Colofon

KernVisie Magazine is een uitgave van:

Stichting KernVisie
EEN ENERGIEK INITIATIEF

Jaargang 20
Nummer 6
December 2025
KernVisie Magazine
verschijnt tweemaandelijks
Oplage 2.200 ex

Ontwerp & Grafische realisatie
StudioHusken.nl, Heiloo

Bestuur Stichting KernVisie
Dr. R.P.C. Schram, voorzitter
Ir. G.H. Boersma, secretaris
Ir. J.C. van Cappelle, penningmeester
A.J.L. Bos
Ir. M. Van der Borst
J.D. Bruin
Dr. G. Delfini
Drs. J.J. de Jong
Ir. G.C. van Uitert

Redactie KernVisie Magazine
Ir. G.H. Boersma
M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)
S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

Contactgegevens
E-mail: KernVisie@KernVisie.com
Internet: www.KernVisie.com
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v. KernVisie, Foundation for Nuclear Technology te Huissen.

Op de Cover
Wim Koppers, directeur van het TU Delft Reactor Institute
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

Extra dik

Voor u ligt alweer de zesde en laatste editie van het KernVisie Magazine van 2025. Kon het in het recente verleden nog weleens een opgave zijn om in december - waarin iedereen zich lijkt te richten op de cadeautjes voor Sinterklaas en kerst - voldoende onderwerpen te vinden, dit jaar hebben we voor een extra dik nummer gekozen. Dit is zeker het gevolg van de toenemende aandacht voor nucleair met ontwikkelingen voor nieuwbouw, SMR's en medische isotopen. Hiermee zie je ook op andere terreinen meer activiteit. Er vindt meer onderzoek plaats, er verschijnen meer rapporten, er is toenemende aandacht voor het afvalvraagstuk en de onafhankelijke toezichthouder ANVS krijgt het ook steeds drukker. Dit levert stuk voor stuk interessante invalshoeken op waar wij als Stichting KernVisie graag over willen berichten. Zo werd een jaar geleden bij het TU Delft Reactor Institute (RID) de koude bron in gebruik genomen. Directeur Wim Koppers vertelt dat de uitbreiding ervoor zorgt dat het RID veel meer onderzoekers uit binnen- en buitenland kan faciliteren. Bij het Erasmus MC is een lood-212-generator in gebruik genomen, waarmee medische isotopen kunnen worden gemaakt voor de behandeling van kanker.
Bij NRG PALLAS is een nieuwe methode ontwikkeld waarmee ze het historisch radioactief afval kan modelleren en meten voor het veilig wordt geborgen. De ANVS vertelt hoe ze ook buiten de nucleaire sector om consumenten tegen onnodige stralingsbelasting beschermt. Kortom, de sector is volop in beweging.

Namens de Stichting KernVisie wens ik u allen prettige feestdagen en een goed 2026! **K**

Ronald Schram
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. 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: KernVisie@KernVisie.com

Inhoud

P04

Maatschappij

Koude bron zet TU Delft Reactor Institute op de kaart

Een jaar geleden werd bij het TU Delft Reactor Institute (RID) de koude bron feestelijk in gebruik genomen. Met deze koude bron kunnen neutronen uit de reactor tot wel -250 °C worden afgekoeld, waardoor de kwaliteit en snelheid van metingen met een factor honderd verbetert. Directeur Wim Koppers kijkt terug op een succesvol jaar: “We hebben het afgelopen jaar flink aan de weg getimmerd.”

P11

Energie

Urenco Nederland verdubbelt capaciteitsuitbreiding in Almelo

Urenco heeft plannen aangekondigd om de omvang van de eerder geplande uitbreiding van zijn uraniumverrijkingsfabriek in Almelo te verdubbelen. Deze aanzienlijke uitbreiding is onderdeel van het capaciteitsuitbreidingsprogramma van het bedrijf. Het zorgt daarmee onder andere voor het versterken van de energiezekerheid en het helpen bij de transitie naar een schone, CO_2-arme energiemix.

P22

Medisch

Theranostics Erasmus MC gaat lood-212 produceren

Het Erasmus Medisch Centrum (Erasmus MC) in Rotterdam heeft recent een aangepaste vergunning gekregen voor de plaatsing van een nieuw type lood-212-generator. Met deze generator kan de dochteronderneming Theranostics Erasmus MC voor een opdrachtgever radiofarmaca gelabeld met lood-212 gaan produceren voor klinische studies.

P16

Maatschappij

Nieuwe werkafspraken ANVS versterken toezicht op consumentenproducten

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) en de Nederlandse Voedsel-en Warenautoriteit (NVWA) hebben recent werkafspraken ondertekend om het toezicht op radioactieve stoffen in consumentenproducten te versterken. Deze afspraken zorgen voor een duidelijke taakverdeling en intensiveren de samenwerking tussen de twee toezichthouders. Damie van Leeuwen, senior inspecteur stralingsbescherming, licht de samenwerking toe.

P08
Maatschappij
NRG PALLAS modelleert en meet historisch afval

P12
Energie
Kansen voor de Nederlandse nucleaire industrie

P14
InBeeld
Science Day 2025 bij de TU Delft

P19
Nucleaire Notities
Radiometrische datering en romantiek

P25
Column
Lars Roobol

© Irene van Kessel

Maatschappij

Koude bron zet TU Delft Reactor Institute internationaal op de kaart

Een jaar geleden werd bij het TU Delft Reactor Institute (RID) de koude bron feestelijk in gebruik genomen. Met deze koude bron kunnen neutronen uit de reactor tot wel -250 °C worden afgekoeld, waardoor de kwaliteit en snelheid van metingen met een factor honderd verbetert. Directeur Wim Koppers kijkt terug op een succesvol jaar.

"We hebben het afgelopen jaar flink aan de weg getimmerd", vertelt Koppers. "Het eerste jaar laat zien dat de koude bron zeer stabiel is en daarmee een mooie constante bron van langzame neutronen levert waar onderzoekers gebruik van kunnen maken." Waar het RID voorheen veel meer gericht was op het eigen instituut en de eigen afdeling Radiation Science en Technology (RST), is de focus nu ook naar buiten het instituut verschoven. Dat was volgens Koppers ook de opdracht die het RID in 2012 van het College van Bestuur van de Technische Universiteit Delft had meegekregen. Koppers: "En dat was ook waar we uiteindelijk de funding voor hebben gekregen. Het was de wens van het bestuur dat we actiever zouden worden in zowel Nederland als Europa." De koude bron blijkt na een jaar functioneren zeer stabiel en werkt boven verwachting. "We hebben nu tot honderd keer meer het aantal neutronen tot onze beschikking voor onderzoek en dat betekent dat we veel meer onderzoekers kunnen faciliteren. Niet alleen vanuit ons eigen instituut, maar ook vanuit Europa", aldus Koppers.

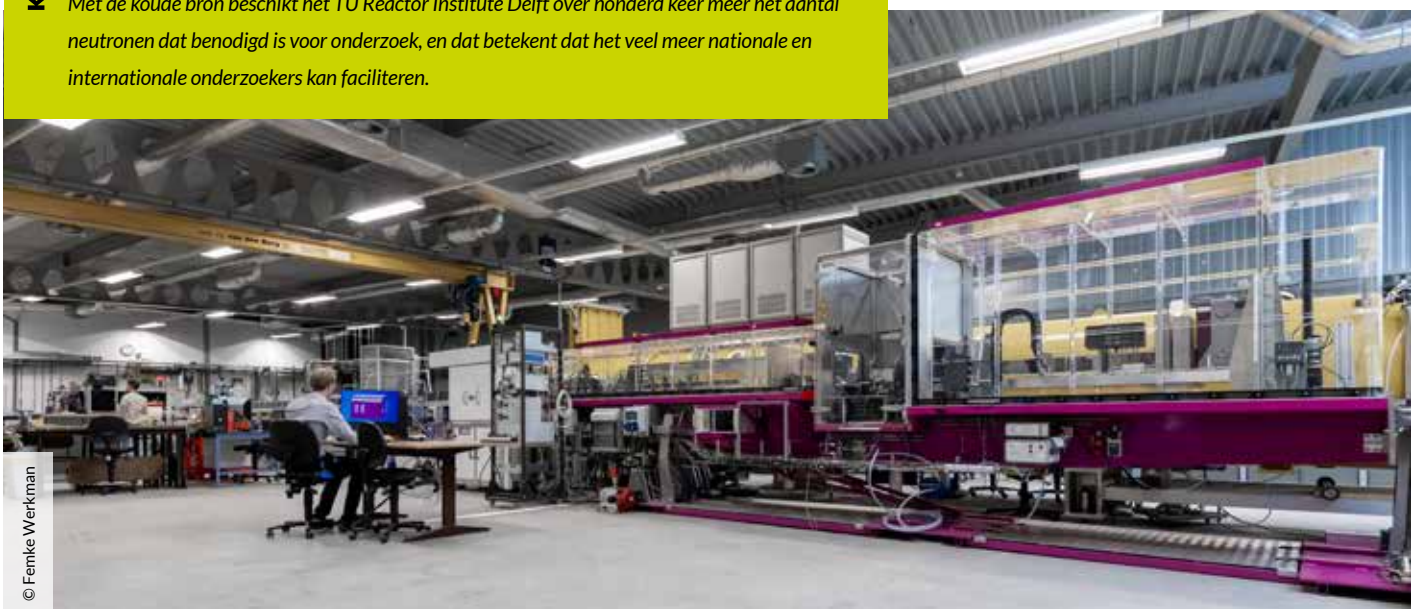
Instrumentwetenschappers en biologen

"Met de omvorming van het RID tot een userfaciliteit zullen we actiever worden in Nederland en Europa. We zullen ook meer gaan samenwerken met de andere Europese neutroneninstituten. Er zullen daardoor nieuwe wetenschappelijke samenwerkingen ontstaan. Dat staat los van het feit dat we natuurlijk ook nog steeds goed contact onderhouden met onze interne onderzoekers. Dat is ook de kracht van ons instituut", verzekert Koppers. Het RID heeft in de loop der tijd een kwalitatief hoogstaand team van instrument scientists opgebouwd. Dit zijn wetenschappers met veel kennis en ervaring op het gebied van neutronenonderzoek, die de wetenschappers, die onderzoek komen doen, kunnen ondersteunen, waardoor de productiviteit nog hoger is. Daar komt bij dat de instrument scientists uit verschillende landen afkomstig zijn en doorgaans hun eigen netwerk meenemen met wetenschappers afkomstig uit verschillende disciplines. Koppers: "Dit maakt het onderzoek dat bij ons plaatsvindt daardoor veel breder." Hij noemt als voorbeeld biologen die onderzoek komen doen naar de vochtopname van planten om te onderzoeken welke planten kunnen worden ingezet in de strijd tegen erosie en droogte door de klimaatverandering. Maar ook bedrijven die onderzoek doen naar hele dunne films voor waterstofsensoren of die onderzoek doen naar de structuur van vleesvervangers.

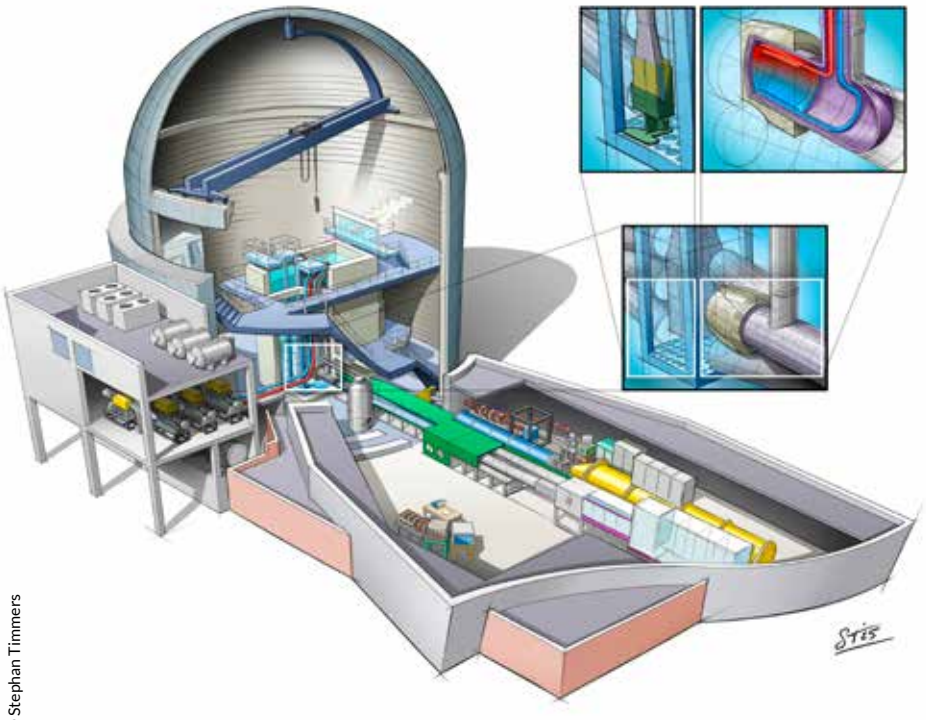
Samenwerkingen en opleidingen

Het contact met de grotere, buitenlandse onderzoeksinstituten heeft ook geleid tot een bijzondere samenwerking. Koppers: "Het is heel duur om onderzoek te doen bij die grote instituten. Je krijgt een vast tijdsslot van een of twee dagen en daarbinnen moet je je metingen doen. We hebben veel overleg gevoerd met ze en we zijn uiteindelijk overeengekomen dat wij als RID ook opleidingen kunnen gaan verzorgen." De tijdsloten bij het RID zijn een stuk ruimer en bovendien is de installatie ook flexibeler. "Dus in plaats van een of twee dagen kunnen ze bij ons een week aan de slag om metingen uit te voeren en ook echt de basics leren van specifieke neutronenexperimenten." Hierbij is weer een belangrijke rol weggelegd voor de instrument scientists, die niet alleen heel goed om kunnen gaan met de instrumenten van de koude bron, maar ook de onderzoekers leren hoe ze de data vanuit de neutronenverstrooiing moeten interpreteren. Het bleek dat de behoefte hieraan groot was en het RID heeft het afgelopen jaar dan ook veel mensen mogen opleiden. "De belangstelling was zelfs zo

Met de koude bron beschikt het TU Reactor Institute Delft over honderd keer meer het aantal neutronen dat benodigd is voor onderzoek, en dat betekent dat het veel meer nationale en internationale onderzoekers kan faciliteren.



© Femke Werkman



© Stephan Timmers

Een schets van de reactorhal, het koelgebouw en de experimentele hal. De koude bron is gemarkeerd.

groot dat we nu inzetten om nog meer instrument scientists aan te gaan nemen. We hebben daar ook wel heel goed over nagedacht. Aan de ene kant kunnen we natuurlijk 'minder' dan die de hele grote instituten, puur vanwege de grootte van ons instituut en het vermogen van de reactor. Ter vergelijking: wij hebben nu vijf instrument scientists in dienst en de grote instellingen beschikken over honderd instrument scientists. Dat is natuurlijk een heel groot verschil. Maar omdat wij dan weer flexibeler zijn, kunnen we sneller en eenvoudiger kleine aanpassingen doorvoeren. Wanneer er bijvoorbeeld iets te veel gammastraling is voor een onderzoek, kunnen we eenvoudig een stukje lood inbrengen", licht Koppers toe.

OYSTER

In de loop van de tijd zijn wereldwijd veel kleine onderzoeksreactoren zoals het RID gesloten. Maar met de financiële injectie van het College van Bestuur van de TU Delft heeft het RID nu een flinke upgrade kunnen realiseren, waardoor het instituut nog jaren vooruit kan. Het project OYSTER, Optimised Yield – for Science, Technology and Education of Radiation - werd in 2012 in gang gezet. Het project ging naast de installatie van de koude bron ook om een upgrade van alle instrumenten. "Het is een lang project geweest", vertelt Koppers. "De bron zelf is gebouwd in Zuid-Korea en we hadden soms te maken met jaren oponthoud. Maar in 2023 zijn de Zuid-Koreaanse medewerkers van de organisatie KAERI met de hele installatie naar Delft gekomen en vanaf toen is alles eigenlijk heel soepel verlopen. We hebben geen enkele storing meegemaakt en de bron werkt ook nog eens boven verwachting. We beschikken nu over een faciliteit waarmee we honderd keer meer koude neutronen produceren, die we voor onderzoek kunnen gebruiken." De upgrade moet ervoor zorgen dat de reactor nog zeker vijfentwintig jaar meekan. Dat is ook nodig, want de belangstelling voor nucleair is de afgelopen tijd enorm toegenomen. "Hadden we vijf jaar geleden nog gemiddeld vier PhD-studenten per jaar op het gebied van nucleair, nu zijn dat er meer dan veertig", geeft Koppers als voorbeeld. "Zeker de

Werking koude bron

In de Hoger Onderwijs Reactor (HOR) van het RID worden neutronen op twee manieren gebruikt voor onderzoek. Alle neutronen die aan de reactorkern ontsnappen, komen in bundelbuizen terecht. Ze worden zowel in de kern als in de bundelbuizen afgeremd door water tot een goede snelheid voor metingen in de vaak meterslange onderzoeksinstrumenten. Deze worden gebruikt door onderzoekers om in materialen te kijken, zodat op heel kleine schaal de structuur kan worden bekeken. Beter inzicht in materialen en begrip van de structuur en het gedrag maakt het mogelijk om materialen te verbeteren. Zo kan bijvoorbeeld worden gekeken hoe lithium zich gedraagt in een batterij die wordt opgeladen of ontladen. Maar ook de exacte samenstelling van een kunstvoorwerp of de structuur van zuivelproducten bij verschillende productieprocessen. Eén bundelbuis bevat sinds vorig jaar zeer koud vloeibaar waterstof, de koude bron, die de neutronen tot wel -250 °C koelt. Omdat de gekoelde neutronen langzamer bewegen, hebben ze meer interactie met het onderzoeksobject. De kwaliteit en snelheid van de metingen met deze koude neutronen is met een factor honderd verbeterd. Naast de aanpassingen aan de bestaande apparatuur is er ook nieuwe meetapparatuur ontwikkeld die gebruikmaakt van de gekoelde neutronen. Met deze nieuwe instrumenten kunnen metingen worden uitgevoerd die tot nu toe niet mogelijk waren.

© Irene van Kessel

"Het is mijn droom dat Nederland ook lid wordt van de European Spallation Source, die op dit moment wordt gebouwd in Zweden."

League of Advanced European Neutron Sources (LENS)

Sinds kort is het TU Delft Reactor Institute ook lid van de League of Advanced European Neutron Sources (LENS). Dit consortium werd in 2018 opgezet door negen Europese neutronenfaciliteiten om samenwerking op het gebied van strategieën, communicatie, neutronengebruik, gegevens, technologische ontwikkeling en meer mogelijk te maken. LENS-leden werken samen om een sterke en duurzame neutronengemeenschap in Europa te garanderen en om de geavanceerde onderzoekscapaciteiten te leveren die nodig zijn om huidige en toekomstige maatschappelijke uitdagingen aan te pakken. LENS legt bijzondere nadruk op het opbouwen van relaties met gebruikersgemeenschappen en financieringsorganisaties, het verbeteren van neutronenfaciliteiten, het optimaliseren van middelen en het afstemmen van beleid tussen partners om uitmuntendheid te garanderen voor de gemeenschappen die ze dienen.

2025 in cijfers:

- eerste gepubliceerde artikel in American Chemical Society, en nog veel meer artikelen in de maak
- 79 gemeten projecten*
- 9 projecten van bedrijven (5 Nederlandse, 4 internationaal)
- 31 projecten van de TU Delft
- 11 projecten van Nederlandse universiteiten
- 28 projecten van buitenlandse universiteiten
- 12 bachelor/masterprojecten

** prognose is dat de meetcapaciteit nog minstens kan verdubbelen, aangezien enkele instrumenten nog niet op volle personele sterkte draaien.*

jonge garde wil graag in de nucleaire sector gaan werken of onderzoek doen." Op dit moment kan de stijgende belangstelling nog worden opgevangen met de verhoogde efficiëntie door het gebruik van de koude bron en de upgrades van de instrumenten, maar de verwachting is dat er binnenkort gewerkt moet worden met een wachtlijst. Koppers: "We zien aankomen dat we twee keer meer aanmeldingen zullen krijgen dan we plek hebben en dat betekent dat we mensen moeten gaan teleurstellen. We zijn dan ook bezig met de vorming van een scientific advisory committee die ons kan gaan adviseren over welke voorstellen we het beste kunnen honoreren."

European Spallation Source lidmaatschap

Het TU Delft Reactor Institute is ook interessant voor grote instituten zoals de European Spallation Source (ESS), die op dit moment wordt gebouwd in Zweden. De ESS is een multidisciplinaire onderzoeksfaciliteit die werkt met 's werelds krachtigste neutronenbron. De verwachting is dat de unieke capaciteiten van de faciliteit een breed spectrum van onderzoekers de mogelijkheid zal bieden wetenschappelijke vooruitgang en wellicht ook ontdekkingen te realiseren, onder andere op het gebied van materialen- en biowetenschappen, energie-, milieutechnologie, cultureel erfgoed en fundamentele fysica. "Het is mijn droom dat Nederland ook lid wordt van de ESS", bekent Koppers. "Dat is tot nu toe nog niet gelukt, maar ik voer veel gesprekken met ministeries en er is zeker veel belangstelling. Als RID leveren we ook een grote bijdrage aan de Human Capital Agenda van Nederland. We leiden heel veel mensen op voor de nucleaire sector. Van technici en operators tot academici die hier promotieonderzoek komen doen. De Nuclear Academy, die we samen met NRG Pallas hebben opgericht met steun van het ministerie van Klimaat en Groene Groei, is een belangrijk onderdeel hiervan." **K**

Sarala Jelgersma

© ©NRG PALLAS

NRG PALLAS modelleert en meet historisch afval

In de Waste Storage Facility bij NRG PALLAS ligt al jaren historisch radioactief afval opgeslagen dat voor berging bij COVRA in aanmerking komt. Een deel van de vaten bleek echter door corrosie te zijn aangetast. Dit is het gevolg van chemische reacties door de combinatie van ioniserende straling en organische materialen zoals PVC. Onderzoek van NRG PALLAS laat zien hoe dit proces, genaamd radiolyse, de metalen opslagvaten in gevaar brengt door de vorming van zoutzuur en een katalytische chloorreactie. Om de stabiliteit van het afval op de lange termijn te garanderen, werd een geavanceerde aanpak van modellering en meting ingezet. Roland Middendorp, consultant radioactief afval bij NRG PALLAS, licht het project toe.

Het historisch radioactief afval in de Waste Storage Facility (WSF) bij NRG PALLAS in Petten is een erfenis van de nucleaire industrie van de vorige eeuw, onder andere afkomstig van de operatie van de Lage Flux Reactor (LFR) en de Hoge Flux Reactor (HFR). Dit afval, dat bestaat uit verschillende typen laag-, middel- en hoogradioactief materiaal zoals reactoronderdelen, experimenteel afval en productiemateriaal, moet volgens de wet worden afgevoerd naar de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) in Zeeland. Voordat het afval kan worden overgebracht, moet het door NRG PALLAS worden gesorteerd, gekarakteriseerd en opnieuw verpakt om aan de COVRA-eisen te voldoen. "Tijdens het ompakken van het afval troffen de medewerkers gecorrodeerde vaten aan", aldus Middendorp. "Er heeft toen wat basisonderzoek plaatsgevonden om te achterhalen waarom de vaten waren gecorrodeerd en daaruit bleek dat alle aangetaste vaten PVC (polyvinylchloride) bevatten." PVC was vooral een goedkoop en handig materiaal om mee te werken. Het werd bijvoorbeeld ingezet als tafelkleed in hot-cells om besmetting van de werkplek te voorkomen.

De zoutzuurhypothese en de katalytische reactie

De basis voor de corrosie ligt in het radiolyseproces. Wanneer materialen ioniserende straling absorberen, kunnen hun chemische verbindingen worden verbroken. Bij organische materialen leidt dit tot de vorming van radicalen – instabiele moleculen die snel reageren met hun omgeving – waarbij vluchtige radiolyseproducten ontstaan. Hoewel dit proces meestal langzaam verloopt, kan het bij langdurige opslag toch voor problemen zorgen. PVC is gevoelig voor radiolyse, waarbij gasvormig waterstofchloride (HCl) ontstaat, dat – opgelost in water – bekendstaat als zoutzuur. Wanneer dit gasvormige HCl in contact komt met de metalen container, al dan niet samen met vocht, kan dit leiden tot corrosie van het vat. Aanvankelijk werd aangenomen dat zoutzuur de vaten had aangetast. De onderzoekers stelden echter vast dat zoutzuur slechts een kortdurende eenmalige chemische reactie geeft, wat geen verklaring biedt voor de waargenomen omvang van de corrosie. Middendorp: "Wij wilden natuurlijk heel graag weten hoe dit proces in zijn werk gaat en hoe we dit proces kunnen voorspellen. Bovendien: als we een nieuwe route ontwikkelen, hoe kunnen we dan aantonen dat deze ook veilig is?" De nieuwe hypothese is dat daarnaast ook nog een chloorgedreven reactie plaatsvindt die werkt als een katalysator. Middendorp verduidelijkt: "IJzerchloride kan met water reageren, waarbij ijzerhydroxide wordt gevormd. Hierbij komt het chloride-ion weer vrij, wat weer een volgend ijzerchloride kan vormen." Zolang er water is, kan de katalytische reactie doorgaan. Soortgelijke vraagstukken gelden ook voor andere organische verbindingen, zoals bij de vorming van fluor uit teflon of waterstofgas uit polyethyleen (PE).

De modellering: dosisabsorptie en Monte Carlo

Om het proces achter de reactie van organische verbindingen op hun omgeving te doorgronden, was het noodzakelijk om vast te stellen hoeveel straling de stof absorbeert. De conservatieve aanname dat álle afgegeven straling werd opgenomen, leidde tot onrealistische uitkomsten; zo werd voorspeld dat een gevaarlijke hoeveelheid waterstofgas uit PE al na een decennium vrij zou komen, terwijl berekeningen aantonen dat dit pas na een eeuw het geval is. Immers, niet álle straling wordt geabsorbeerd, slechts een deel. NRG PALLAS gebruikt voor het realistisch uitrekenen van de dosisabsorptie de Monte Carlo-simulatiemethode. Daarbij wordt het fysieke stralingsproces in het afval talloze keren gesimuleerd met telkens andere condities. De analyse van deze simulaties maakt het mogelijk om te voorspellen hoe stoffen zich over een lange periode gedragen in zo'n complexe omgeving. Dit levert inzicht op waarmee oplossingen, zoals drempelwaardes of het vermijden van bepaalde materialen (bijvoorbeeld voor 3D-printmateriaal in nucleaire laboratoria), kunnen worden aangedragen.

Karakterisering en gecombineerde analyse

Als PVC de boosdoener is, is het cruciaal om te weten hoeveel PVC er in de vaten zit. "Dat is op voorhand lastig vast te stellen, maar bij het ompakken kunnen we natuurlijk wel het deel PVC wegen", aldus Middendorp. De uitdaging is dat het materiaal niet volledig uit elkaar kan worden gehaald: "We kunnen het laag- van het middelactief scheiden, maar we hebben 'pakketjes' van PVC waar activiteit in zit en die zijn niet van elkaar te scheiden." Door de Monte Carlo-modellen te gebruiken en aannames te maken, kan NRG PALLAS op basis van de samenstelling van een vat een schatting maken van hoeveel zoutzuur er wordt geproduceerd. Middendorp: "Als we die hoeveelheid weten te immobiliseren, zitten we aan de veilige kant." Om de hoeveelheid isotopen en de exacte locatie van de activiteit vast te stellen, zet NRG PALLAS een speciale meetopstelling in.

Gammaspectrometrie en correctie

Met gamma-spectrometrie is het mogelijk om de radio-isotopen in het afvalvat te bepalen, zelfs wanneer een deel van de straling wordt geabsorbeerd door het PVC. Gamma-spectrometrie is een krachtige analytische techniek die wordt gebruikt om radioactieve nucliden te identificeren en te kwantificeren door de unieke energie van de gammastraling te meten. Om de verstoring door het PVC te compenseren, wordt de meting gekoppeld aan een voorspellend model en experimentele validatie: ›

©NRG PALLAS

Het gesorteerde afval wordt omgepakt in speciale afvalcontainers. Inmiddels zijn al 1.150 vaatjes laagactief afval afgevoerd naar COVRA.

1. Absorptiemodel: er wordt een model opgesteld dat voorspelt hoeveel ioniserende straling het PVC absorbeert, rekening houdend met de samenstelling en hoeveelheid van het afval.
2. Validatie: Dit model wordt gevalideerd met behulp van experimenten om de nauwkeurigheid te controleren.
3. Correctie: De resultaten van de gamma-spectrometrie worden gebruikt om de voorspellingen van het model te verbeteren.

Dankzij deze gecombineerde aanpak van meting en modellering kan de werkelijke samenstelling van het afval op een betrouwbare manier worden vastgesteld.

Afvoer en toekomst

Middendorp vertelt dat NRG PALLAS niet het enige bedrijf is dat onderzoek doet naar PVC, maar dat ook bijvoorbeeld Frankrijk met hetzelfde vraagstuk zit. “Het is inmiddels geregeld, dat het gebruik van PVC in radiologische ruimten internationaal verboden is”, aldus Middendorp. Wanneer het afval is omgepakt en gereed is gemaakt voor afvoer naar COVRA, overlegt NRG PALLAS de onderzoeksgegevens op basis waarvan COVRA de afvalcontainers in ontvangst neemt voor opslag. “Het is dus aan NRG PALLAS om aan te tonen dat het afval veilig en stabiel is, waarna COVRA daar een beoordeling over geeft.” Op dit moment werkt NRG PALLAS aan het ontwerp van de geschikte verpakking. Dit ontwerp zal aansluiten bij de basisdimensies van het stapelsysteem dat COVRA hanteert in de opslaghallen. Het overbrengen van het historisch afval is een langlopend project. De sortering van de grootste stroom (meer dan 1.600 vaatjes met zogenaamd RAP-afval) is inmiddels afgerond, waarbij 1.150 vaatjes laagactief afval al zijn afgevoerd naar COVRA. De resterende vaten met een hogere activiteit zullen worden afgevoerd zodra het nieuwe Middelactief Opslag Gebouw (MOG) bij COVRA naar verwachting begin 2026 operationeel is. **K**

Menno Jelgersma

Urenco Nederland verdubbelt capaciteitsuitbreiding in Almelo

© Urenco

Urenco heeft plannen aangekondigd om de omvang van de eerder geplande uitbreiding van zijn uraniumverrijkingsfabriek in Almelo te verdubbelen. Deze aanzienlijke uitbreiding is onderdeel van het capaciteitsuitbreidingsprogramma van het bedrijf. Het zorgt daarmee onder andere voor het versterken van de energiezekerheid en het helpen bij de transitie naar een schone, CO_2-arme energiemix.

Oorspronkelijk werd de eerste fase van de uitbreiding in Almelo, goed voor ongeveer 750.000 Separative Work Units (SWU), in december 2023 aangekondigd. De Separative Work Unit (SWU), of separatieve werkeenheid, is de standaard meeteenheid voor de benodigde inspanning (het werk) om uranium te verrijken tot het door de klant gewenste percentage (typisch tussen 3,5 en 5%). Deze fase ligt op schema om vanaf 2027 operationeel te zijn en staat gelijk aan 15 procent van de totale capaciteit van de locatie. Het bedrijf plant nu een tweede fase. Deze fase omvat de bouw van een extra centrifugehal die goed is voor een vergelijkbare hoeveelheid extra capaciteit, namelijk nog eens ongeveer 750.000 SWU. De tweede fase zal naar verwachting vanaf 2030 operationeel zijn. In totaal vertegenwoordigen de twee uitbreidingen ongeveer 1,5 miljoen SWU aan extra capaciteit in Almelo. Dit project wordt beschouwd als de grootste uitbreiding van nieuwe verrijkingscapaciteit die tot nu toe is uitgevoerd in het kader van het capaciteitsuitbreidingsprogramma van Urenco. Wereldwijd heeft Urenco zich nu gecommitteerd aan 2,5 miljoen SWU aan nieuwe verrijkingscapaciteit.

Visie van Urenco Nederland

Ad Louter, algemeen directeur van Urenco Almelo, benadrukt dat deze uitbreiding cruciaal is om wereldwijd zekerheid te blijven bieden aan de klanten van Urenco. Louter: “Het recente besluit toont aan dat Urenco zich blijft inzetten voor een robuuste, betrouwbare westerse toeleveringsketen voor nucleaire splijtstof. Dit project is de grootste uitbreiding van nieuwe verrijkingscapaciteit sinds de marktontwikkelingen kantelden waardoor de vraag naar kernenergie toenam en dus ook naar de diensten van Urenco. Met deze nieuwe capaciteit, kunnen we onze klanten leveringszekerheid bieden, terwijl we tegelijkertijd stabiele en langdurige werkgelegenheid in onze regio creëren.” Louter zei verder dat deze en toekomstige uitbreidingen gebaseerd zijn op langetermijncontracten die de laatste jaren zijn afgesloten. “Urenco’s orderboek groeide in oktober naar 22 miljard euro, met contracten tot in de jaren 2040. Kernenergie is een langetermijn sector en een stabiel overheidsbeleid is van cruciaal belang om de kansen die er liggen te verzilveren. Een positieve ontwikkeling in de EU is het voornemen om Russisch nucleair materiaal geleidelijk uit te faseren via het REPowerEU-plan”, licht Louter toe. Urenco levert verrijkt uranium aan kerncentrales in 20 landen en draagt zo wereldwijd bij aan het versterken van de energiezekerheid en energieonafhankelijkheid en aan de transitie naar schone, CO_2-vrije energie. **K**

Menno Jelgersma

De Topsector Energie laat kansen zien voor de Nederlandse nucleaire industrie

©Tom van den Dool

De Nederlandse nucleaire sector beleeft een dynamische heropleving, met als strategisch doel kernenergie een vaste plek te geven in de toekomstige energiemix. De nationale ambitie voor schone en stabiele energie, met plannen voor het langer openhouden van de Kerncentrale Borssele, de bouw van nieuwe kerncentrales en de recente Nationale Strategie voor Small Modular Reactors (SMR's), opent een markt met ongekende kansen voor de Nederlandse hightech maakindustrie. Om deze kansen daadwerkelijk te ontsluiten, lanceerde de Topsector Energie de interactieve publicatie Kansen in Kaart, met het recent gehouden evenement Made for Nuclear als cruciale, praktische vervolgstap.

Kansen in Kaart: De wegwijzer voor de toeleveringsketen

De ontwikkeling en bouw van nieuwe nucleaire capaciteit, met inbegrip van de flexibele SMR's, vereist een gedegen en gespecialiseerde toeleveringsketen. Veel Nederlandse bedrijven beschikken over de technologische kennis, vanuit de maritieme, olie- en gas- of luchtvaartsector, maar missen de specifieke nucleaire kwalificatie. De publicatie Kansen in Kaart is specifiek ontworpen om deze kloof te dichten. De Kansen in Kaart-module is een activiteit van het MMIP Kernenergie (Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma). Het project is opgezet en begeleid door het Ministerie van Klimaat en Groene Groei. Het instrument, dat de Quick Scan Nucleaire Toeleveringsketen bevat, bestaat uit drie essentiële deelproducten:

1. Overzicht van de nucleaire waardeketen. Dit overzicht biedt gedetailleerd inzicht in het geheel van organisaties, netwerken en processen die nodig zijn om een kernenergieproject te ontwikkelen, bouwen, beheren en onderhouden. Het helpt bedrijven te identificeren waar hun specifieke technologie of dienst in de keten past.
2. Vereisten voor toeleveranciers. De gids beschrijft nauwkeurig de stappen die bedrijven moeten zetten om te voldoen aan de extreem hoge kwaliteits- en veiligheidseisen. Hierbij ligt de nadruk op noodzakelijke certificering, vergunningen, kennisopbouw en de vereiste investeringen.
3. De Quick Scan. Via een korte vragenlijst biedt de Quick Scan bedrijven een eerste indicatie van hun potentie en geschiktheid in de nucleaire keten. Dit is geen audit of certificering, maar een strategisch startpunt om de interne capaciteiten van de Nederlandse industrie te inventariseren en te matchen met de marktvraag.

Dagvoorzitter Diederik Jekel in gesprek met minister Sophie Hermans.

Kwalificatie is cruciaal

De belangrijkste drempel voor de Nederlandse maakindustrie is het voldoen aan de rigoureuze internationale

kwaliteitsstandaarden, zoals de ASME Boiler and Pressure Vessel Code en de ISO-normen voor nucleaire installaties. De veiligheid en stabiliteit van nucleaire projecten staan immers voorop, wat resulteert in een lang en kostbaar kwalificatietraject. Hoewel de Quick Scan het potentieel identificeert, is de strategische uitdaging om de bedrijven te voorzien van de tools en de begeleiding om de noodzakelijke certificaten te behalen. Dit vergt niet alleen financiële investeringen, maar ook gerichte kennisopbouw en opleiding, een gebied waar ook het MMIP Kernenergie zich op richt. Een sterk nucleair ecosysteem is cruciaal, niet alleen voor de haalbaarheid van eigen kernenergieprojecten, maar ook om te kunnen profiteren van de internationale ontwikkelingen op het gebied van SMR's.

©Tom van den Dool

Diederik Jekel was de dagvoorzitter tijdens het evenement Made for Nuclear. Naast het volgen van verschillende presentaties konden aanwezigen deelnemen aan plenaire sessies, interactieve workshops en deepdive-sessies.

Het netwerk in actie

Het volgeboekte en succesvolle evenement Made for Nuclear, dat in november plaatsvond, vormde de fysieke 'marktplaats' die de kloof tussen ambitie en actie moest overbruggen. Het evenement bracht de vraagzijde – grote internationale technologieleveranciers en projectontwikkelaars, waaronder Westinghouse, EDF en Urenco – samen met de aanbodzijde van de Nederlandse hightechindustrie. Ook het Ministerie van Klimaat en Groene Groei leverde een bijdrage. Het evenement werd georganiseerd door Nucleair Nederland, het ministerie van Klimaat en Groene Groei en Topsector Energie.

De belangrijkste doelstellingen van dit evenement waren:

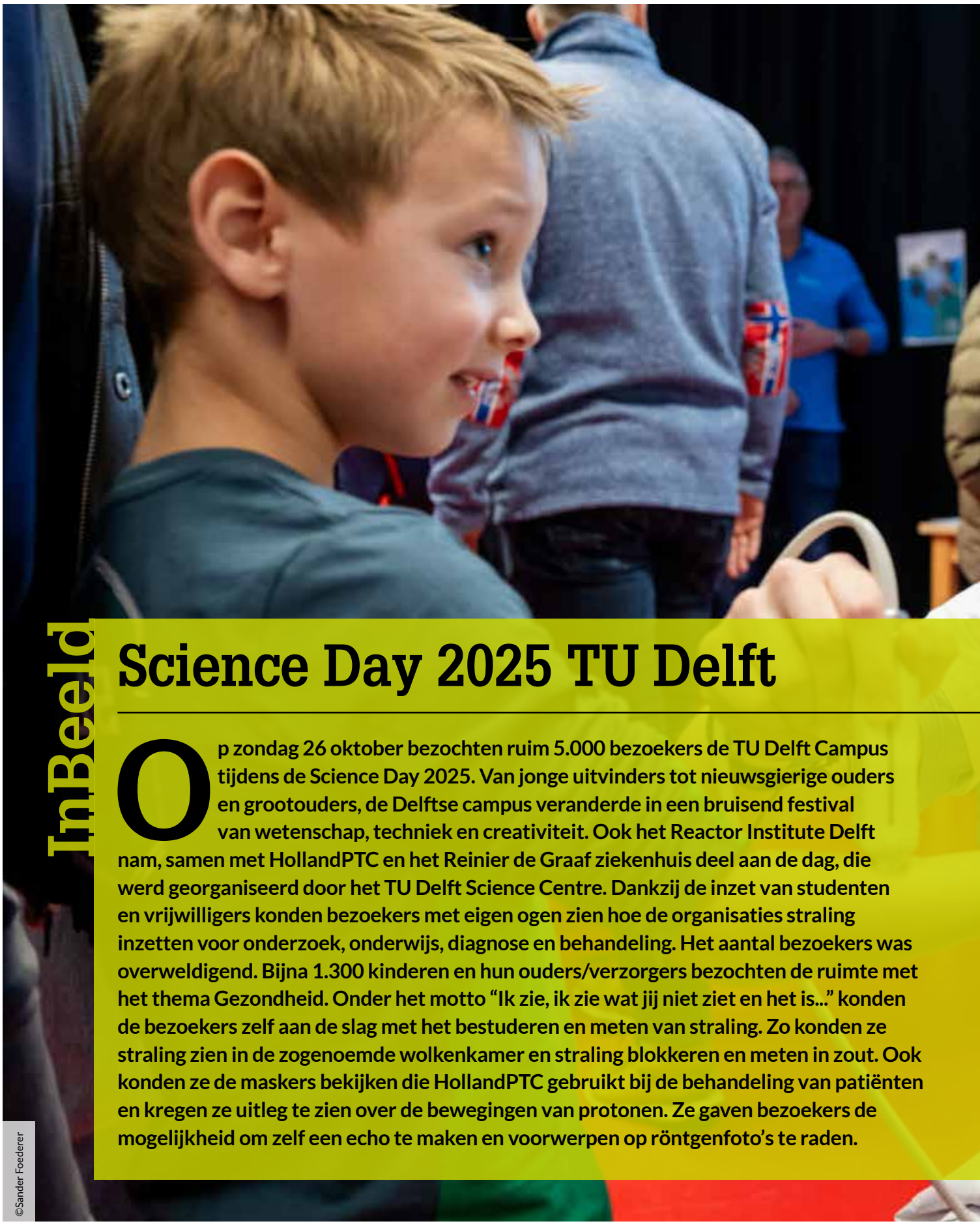
- Inzicht in nationale en mondiale kansen: Deelnemers kregen een helder beeld van waar de grootste kansen liggen, variërend van civiele techniek, elektrotechniek en werktuigbouwkunde tot aan specialistische componenten en logistiek.
- Kennis van de vereisten: Via plenaire sprekers en deelsessies werd praktische kennis over de vereiste certificeringstrajecten en nucleaire kwalificatie gedeeld.
- Strategische samenwerking: Het evenement legde de basis voor langdurige, strategische samenwerkingen tussen Nederlandse bedrijven en internationale partners.

De combinatie van de digitale wegwijzer Kansen in Kaart en het succesvolle netwerkplatform Made for Nuclear heeft de nucleaire toeleveringsketen in Nederland nu effectief op scherp gezet. Door hierop in te zetten, kan de Nederlandse industrie niet alleen schone en stabiele energie realiseren, maar ook een duurzame economische impuls geven aan de hightechsector en een sterke internationale positie verwerven in de groeiende nucleaire markt. De Topsector Energie is een van de tien Nederlandse sectoren waarin het kabinet strategisch investeert op basis van het Topsectorenbeleid. Dit beleid heeft als doel de concurrentiepositie van Nederland te versterken door middel van publiek-private samenwerking op het gebied van innovatie. De Topsector Energie richt zich specifiek op de energietransitie: de overgang naar een betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam energiesysteem. **K**

Bron:
https://topsectorenergie.nl

De nucleaire industrie in Nederland is door dit evenement versterkt. Organisatoren en deelnemers beloven de komende jaren intensief samen te werken aan een veilige, duurzame en innovatieve energiesector.

©Tom van den Dool



Science Day 2025 TU Delft

Op zondag 26 oktober bezochten ruim 5.000 bezoekers de TU Delft Campus tijdens de Science Day 2025. Van jonge uitvinders tot nieuwsgierige ouders en grootouders, de Delftse campus veranderde in een bruisend festival van wetenschap, techniek en creativiteit. Ook het Reactor Institute Delft nam, samen met HollandPTC en het Reinier de Graaf ziekenhuis deel aan de dag, die werd georganiseerd door het TU Delft Science Centre. Dankzij de inzet van studenten en vrijwilligers konden bezoekers met eigen ogen zien hoe de organisaties straling inzetten voor onderzoek, onderwijs, diagnose en behandeling. Het aantal bezoekers was overweldigend. Bijna 1.300 kinderen en hun ouders/verzorgers bezochten de ruimte met het thema Gezondheid. Onder het motto “Ik zie, ik zie wat jij niet ziet en het is...” konden de bezoekers zelf aan de slag met het bestuderen en meten van straling. Zo konden ze straling zien in de zogenoemde wolkenkamer en straling blokkeren en meten in zout. Ook konden ze de maskers bekijken die HollandPTC gebruikt bij de behandeling van patiënten en kregen ze uitleg te zien over de bewegingen van protonen. Ze gaven bezoekers de mogelijkheid om zelf een echo te maken en voorwerpen op röntgenfoto’s te raden.

©Sander Foederer

Reinier de Graaf

Bernd Keller, directeur Bevoegd Gezag ANVS en Esmeralda Wallast Groenewoud, directeur Handhaven bij de NVWA ondertekenen de werkafspraken

©ANVS

Nieuwe werkafspraken ANVS versterkt toezicht op consumentenproducten

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) en de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) hebben recent werkafspraken ondertekend om het toezicht op radioactieve stoffen in consumentenproducten te versterken. Deze afspraken zorgen voor een duidelijke taakverdeling en intensiveren de samenwerking tussen de twee toezichthouders. Damie van Leeuwen, senior inspecteur stralingsbescherming, licht de samenwerking toe.

De ANVS is niet de enige toezichthouder in het veld van de stralingsbescherming. Na de vorming van de ANVS is in 2017 met verschillende partijen die ook met stralingsbescherming te maken hebben, een samenwerkingsovereenkomst getekend die nu leidt tot de werkafspraken. De ANVS houdt toezicht op al het werk binnen de nucleaire sector, maar daarbuiten zijn de verantwoordelijkheden verdeeld. Een van die partijen is de NVWA. Van Leeuwen benadrukt dat er op dossiers zeker al goed werd samengewerkt. Op 21 oktober werden de werkafspraken formeel ondertekend.

Kettlebells

Een voorbeeld van stralingsbescherming die buiten de nucleaire sector valt en waar andere organisaties bij betrokken zijn, is de terugroepactie van radioactieve kettlebells. Een kettlebell is een gewicht dat veel gebruikt wordt bij krachttraining of cardiovasculaire work-outs. Uit onderzoek bleek dat een lading kettlebells van één producent in de zomer van 2025 licht radioactief was. Hier werkten de NVWA en de ANVS samen om te beoordelen of consumenten risico liepen en of het nodig was om passende maatregelen te nemen. Door deze nieuwe werkafspraken kunnen beide toezichthouders in dit soort situaties sneller en efficiënter optreden. De

werkafspraken zorgen voor duidelijkheid over ieders rol en verantwoordelijkheden.

Container blokkeren

Hoe voorkomen we dat radioactieve artikelen in de winkels terechtkomen? Van Leeuwen onderscheidt twee routes. “De meest gangbare route is de route waarbij goederen die van buiten de EU worden geïmporteerd, door een detectiepoort van de douane worden geleid. Hierbij is het de douane die controleert of goederen een bepaald stralingsniveau hebben.” Mocht het stralingsniveau te hoog zijn, dan wordt onderzocht wat de oorzaak ervan is. “De douane bekijkt dan wat er in de container zit en of de inhoud radioactief mag zijn, omdat dit soms is toegestaan als het tot een bepaalde klasse van goederen behoort (de gevarenklasse 7 binnen de ADR-regelgeving voor radioactieve stoffen) die bijvoorbeeld bestemd zijn voor Curium in Petten. Maar als dat niet het geval is, vindt aanvullend onderzoek plaats.” Dit is gebeurd bij een zending kettlebells. De douane heeft eerst zelf een onderzoek ingesteld en voert ter plaatse metingen uit. “Mocht het stralingsniveau inderdaad te hoog zijn voor de goederen die in een container zijn aangetroffen, dan blokkeert de douane de container en neemt de douane contact op met de ANVS, zoals bij de container met kettlebells. Inspecteurs van de ANVS beoordelen vervolgens de situatie ter plaatse en kunnen zo nodig monsters nemen die vervolgens in de laboratoria van het RIVM, waar de ANVS ook weer samenwerkingsafspraken heeft gemaakt, nader worden onderzocht Dit hebben we ook gedaan bij de kettlebells”, licht Van Leeuwen toe.

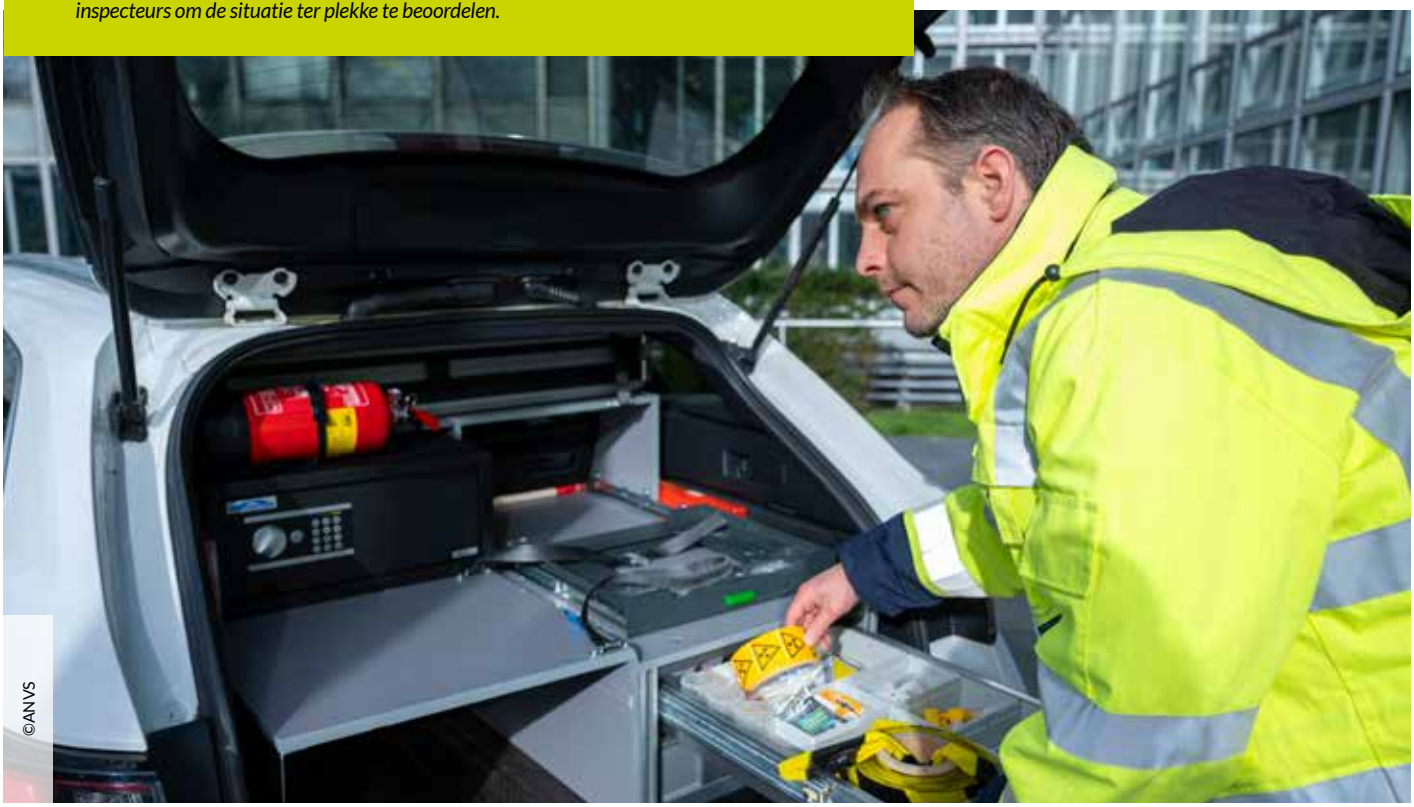
Natuurlijk voorkomende radioactiviteit

Niet alle containers zijn tegengehouden. De kettlebells die uiteindelijk toch in de winkel terecht zijn gekomen, zaten onder het afgesproken stralingsniveau voor deze productgroep. Het probleem hier was dat de kettlebells gevuld waren met natuurlijk zand dat een lage concentratie thorium bevatte. “Juist omdat het natuurlijk voorkomende radioactiviteit betrof, mocht er, in combinatie met de ladinggegevens, wel een klein beetje straling vrijkomen.” Van Leeuwen legt uit dat als er bijvoorbeeld marmer of een ander gesteente wordt geïmporteerd, dit heel vaak een klein beetje natuurlijke straling afgeeft zonder dat dit een probleem oplevert. “Het probleem was dat de stralingsniveaus van de kettlebells onderling nogal verschilden. Toen de kettlebells met een duidelijk verhoogde straling bij de douane binnenkwamen, ging het alarm af, omdat het niveau hoger was dan de norm die we er in Nederland voor stellen.”

Gerechtvaardigde terugroepactie

Bij een aantal betrof het stralingsniveau 3 microsievert per uur. Een stralingsniveau van 3 microsievert per uur (µSv/h) is niet acuut gevaarlijk bij normaal, kortdurend gebruik, maar is wel aanzienlijk hoger dan de normale achtergrondstraling en overschrijdt de wettelijke grenzen voor consumentenproducten. Ter vergelijking:

Wanneer de douane constateert dat het stralingsniveau van goederen te hoog is, komen ANVS-inspecteurs om de situatie ter plekke te beoordelen.



©ANVS

©ANVS

Detectiepoorten van de douane bij containeroverslag Deltaterminal ECT op de Maasvlakte. Vrachtwagens met containers rijden door detectiepoortjes. Eventuele ioniserende straling wordt onmiddellijk gedetecteerd.

als je het vliegtuig neemt van Schiphol naar Brussel bedraagt de stralingsdosis ook ongeveer 3 microsievert. De natuurlijke achtergrondstraling in Nederland bedraagt 0,1 tot 0,2 microsievert per uur. In jaarlijkse context: De gemiddelde Nederlander ontvangt ongeveer 2.500 microsievert, ofwel 2,5 millisievert (mSv) per jaar. Als je de kettlebell elke dag één uur vast zou houden, zou je in theorie een extra jaarlijkse dosis van 1,1 mSv ontvangen. Dit is een aanzienlijke toename boven de achtergrondstraling, wat de noodzaak van de terugroepactie rechtvaardigt. De terugroepactie was dan ook vooral een voorzorgsmaatregel om onnodige blootstelling te voorkomen. "Het thoriumhoudende zand zit gewoon in het land van herkomst in de grond. Of het gevaarlijk is? Wij hebben hier vastgesteld dat de activiteitsconcentratie maximaal 1 becquerel per gram mag zijn. Ook bij grote hoeveelheden kan de desbetreffende stof dan veilig gebruikt worden." Ligt het niveau erboven, dan wil dat volgens Van Leeuwen nog niet direct zeggen dat het om een onveilige situatie gaat. Hij benadrukt dat in het geval van de kettlebells het zand ook nog eens in een plastic 'verpakking' zat, waardoor van verspreiding geen sprake was. Toch wil je het dan wel uit de winkel hebben, want je wil in ieder geval voorkomen dat het zand zich gaat verspreiden als de kettlebell bijvoorbeeld stuk gaat. Na de constatering vond een terugroepactie plaats en zijn de nog niet verspreide containers onderschept. Het gaat daarbij om enkele tienduizenden kettlebells. "Van nature voorkomend radioactief afval mag bijvoorbeeld naar de deponie op de Maasvlakte worden gebracht." De deponie op de Maasvlakte (Mineralz) is specifiek aangewezen voor het veilig storten en beheren van zeer laag radioactieve afvalstoffen (vaak NORM-materiaal genoemd, Naturally Occurring Radioactive Material). Het protocol voor het beheer van dit afval op de deponie is gericht op insluiting en eeuwigdurende nazorg, niet op recycling.

Blokkade

Wettelijk gezien is degene die de radioactieve stoffen voorhanden heeft verantwoordelijk. "Dus op het moment dat de containers werden geblokkeerd, kwamen ze in een soort twilight zone terecht, waar wij als overheid van zeggen: de container is niet conform wet- en regelgeving. Het bedrijf krijgt dan drie opties. Optie één is terugsturen, twee is doorzenden naar de ontvanger in Nederland of daarbuiten. Gaat het naar het buitenland dan willen we een akkoordverklaring van het land, een verklaring van de ontvanger dat hij weet dat er radioactiviteit in de verzending zit en toezegging dat hij dat afwikkelt volgens wet- en regelgeving in zijn land en de lastigste: als niet duidelijk wordt wat de radioactiviteit is, zoals bij schroot, waarbij bemonstering moeilijk is, willen we een akkoordverklaring dat aan de wet- en regelgeving wordt voldaan. De derde optie is dat een niet betrokken bedrijf in Nederland bereid is de lading te ontvangen en onderzoek naar de radioactiviteit uit te laten voeren door een gespecialiseerd bedrijf. Daar zijn 4 à 5 bedrijven in Nederland in gespecialiseerd."

Online bestellen

Hoe zit het met de goederen die mensen direct zelf in bijvoorbeeld China bestellen, de zogenaamde B2C (Business to Consument)-goederen? Van Leeuwen: "De douane voert steekproeven uit bij de postsorteercentra. Wat we doen als er bij een pakket radioactiviteit wordt gemeten, dan halen we het pakket eruit en brengen de ontvanger ervan op de hoogte dat de zending radioactief is. We brengen het dan naar het RIVM voor onderzoek. Is het niet radioactief, dan gaat het door naar de ontvanger. Is het wel radioactief, dan sturen wij de ontvanger een brief met de vraag of hij afstand van de zending wil doen. Vervolgens dragen wij zorg voor de afvoer. Verder verbinden wij er voor de ontvanger geen consequenties aan. Mocht de ontvanger nog een keer eenzelfde zending willen ontvangen, dan kunnen wij strenger optreden."

In 2024 heeft de haven van Rotterdam 13,8 miljoen containers overgeslagen (binnenkomen en uitgaan), waarvan de douane er ongeveer 12 miljoen van heeft gecontroleerd op straling. "Dat is ongeveer 90 procent. Ik durf wel te concluderen dat we in Nederland een goed systeem hebben voor het detecteren van radioactieve producten. De samenwerkafspraken zoals met de NVWA zorgen ervoor dat de producten die Nederland binnenkomen veilig zijn", besluit Van Leeuwen. **K**

Menno Jelgersma

Nucleaire Notities

Radiometrische datering en romantiek

Wat is er romantischer dan het bezegelen van liefde met een diamanten ring? De schaarste en schoonheid van diamanten, al dan niet een handje geholpen door slimme marketing van het mijnbouwbedrijf, maakt de diamant al meer dan een eeuw een zeer gewild sieraad. Maar voor de echte romanticus is het het overwegen waard om je geliefde een gouden ring met een zirkoon te geven. Dat zit zo:

De klok van de aarde

Radiometrische datering is een techniek die wordt gebruikt om de leeftijd van materialen te bepalen door het verval van radioactieve isotopen te meten. Deze methode is gebaseerd op het feit dat radioactieve isotopen, of 'ouderisotopen', met een constante en bekende snelheid vervallen tot stabiele 'dochterisotopen'. Dit verval wordt gedefinieerd door hun halfwaardetijd. Door de verhouding tussen ouderisotopen en dochterisotopen in een monster te vergelijken, kunnen wetenschappers berekenen hoeveel tijd er is verstreken sinds het materiaal is gevormd. De methode wordt gebruikt om gesteenten, fossielen en andere materialen te dateren om de geologische tijdschaal vast te stellen en de geschiedenis van de aarde te begrijpen.

Halfwaardetijd

Het mineraal zirkoon komt in grote hoeveelheden in de aardbodem voor en is ontstaan door kristallisatie uit magma of in metamorfe gesteenten. Het dateert uit de tijd dat de aarde een gloeiendhete massa magma was. Wat zirkoon bijzonder maakt, is dat het bij de vorming wel uranium kan insluiten, maar geen lood. Wanneer er dus lood wordt aangetroffen in het kristal, betekent dit dat het een stabiele dochterisotoop is van in het zirkoon opgenomen uranium. Omdat het lood op geen enkele andere manier in zirkoon terecht kan komen, kan zirkoon als basismateriaal worden gebruikt voor de uranium-lood dateringsmethode. Deze dateringsmethode gebruikt de vervalreeksen van zowel uranium-238 (halfwaardetijd 4,5 miljard jaar) als uranium-235 (halfwaardetijd 700 miljoen jaar) om de ouderdom te bepalen. Door de precisie van deze methode konden wetenschappers met behulp van tot lood vervallen uranium in zirkoon berekenen dat de aarde 4,5 miljard jaar oud is.

Sterrenstof in een ring

Kies je bij de keuze voor een zirkoon in een gouden ring dan wordt het verhaal nog mooier. Het edelmetaal goud komt van nature niet voor op aarde, maar is ontstaan bij een kernreactie in sterren met een zeer grote massa (minimaal 10 keer zo zwaar als onze zon) door middel van kernfusie in hun kern. Wanneer deze sterren aan het einde van hun leven exploderen als supernova's of wanneer twee neutronensterren botsen, zijn gouddeeltjes de ruimte in geblazen en uit deze materie zijn onze zon en aarde gevormd. Op aarde zijn goudaders ontstaan door geologische processen waarbij heet, goudhoudend water uit de aardkorst is geperst, bijvoorbeeld tijdens vulkanische activiteit en aardbevingen, waardoor het goud is neergeslagen in gesteente. Een gouden ring met een zirkoon is dus letterlijk het ontstaan van de aarde gevangen in een ring van sterrenstof. De diamant vertegenwoordigt gecreëerde schaarste, terwijl de zirkoon-gouden ring de 4,5 miljard jaar oude, onveranderlijke geschiedenis van de aarde verbeeldt.

Romantischer dan dat wordt het niet.

Het kabinet presenteert Strategie voor kleine modulaire reactoren

Een toekomstbestendig en onafhankelijk energiesysteem vereist stabiele, schone energiebronnen. Naast de plannen voor grootschalige kerncentrales, positioneert het kabinet Small Modular Reactors (SMR's) als een noodzakelijke pijler in de Nederlandse energiemix.

Op 17 oktober presenteerde het Ministerie van Klimaat en Groene Groei de nationale strategie voor SMR's. Het is een vervolg op de resultaten van het SMR-programma dat de afgelopen jaren is uitgevoerd. Er gaat aanzienlijke potentie uit van SMR's, die door de diversiteit in ontwerpen een breed scala aan toepassingen kennen. Naast het produceren van stroom zijn ze ook in staat om waterstof te produceren, of hoge-temperatuurwarmte voor de energie-intensieve industrie. Uit analyses van het SMR-programma blijkt met name de warmtetoepassing van SMR's meerwaarde te leveren. Het gebruik van SMR's voor warmtelevering kan de noodzaak tot elektrificatie van bepaalde processen beperken, wat in potentie tot een vermindering van de concurrentie op het elektriciteitsnet leidt.

Andere koeltechnieken

Analyses laten zien dat er in het energiesysteem van 2050 tot 14,5 GW aan SMR-vermogen kan worden ingepast, wat de omvang van de potentiële bijdrage benadrukt.
Bovendien zijn SMR's qua ruimtelijke inpassing potentieel op meer plekken in te zetten dan conventionele kerncentrales. Dit komt deels door hun hoge energiedichtheid, waardoor ze een kleine voetafdruk hebben (GW/km²). Ook zijn er SMR-designs in ontwikkeling die gebruikmaken van andere koeltechnieken (zoals koeling aan de lucht), waardoor ze mogelijk geen koelwater nodig hebben. Dit sluit goed aan bij de wens om ruimtelijke inpassing te nuanceren op basis van de vier geconstateerde toepassingsgebieden.

Internationale lessen: De FOAK-Uitdaging

Hoewel SMR's veelbelovend zijn, benadrukt het kabinet dat het een nieuwe technologie betreft, waarvan in westerse landen nog geen enkele is gebouwd. We bevinden ons in een First-of-a-Kind (FOAK) markt, wat leidt tot extra onzekerheid en risico ten aanzien van vergunbaarheid, doorlooptijden en de opbouw van toeleveringsketens. De lessen uit Canada, het Verenigd Koninkrijk (VK) en Zweden laten zien dat voor de ontwikkeling van een

FOAK SMR forse publieke financiering en/of een vorm van risicodekking noodzakelijk is. Op dit moment is Canada de koploper, waar staatsbedrijf Ontario Power Generation (OPG) een vergunning heeft gekregen voor de bouw van een reeks van vier SMR's. De investeringen voor de eerste SMR worden geraamd op ongeveer €5 miljard, waarvan €1 miljard bestemd is voor bijhorende infrastructuur. De daaropvolgende SMR's worden ingeschat op gemiddeld €3 miljard per stuk, met een verwachte eerste levering van elektriciteit in 2030. Canada zet bovendien sterk in op lokalisatie, met de ambitie dat tot 80 procent van de uitgaven terugvloeit naar Canadese bedrijven. Als tweede land heeft het Verenigd Koninkrijk de Rolls-Royce SMR geselecteerd als preferente bieder en kondigde de overheid 2,5 miljard pond aan publieke middelen aan voor de voorbereiding van de realisatie. Het doel is om deze SMR's halverwege de jaren '30 operationeel te hebben. Nederland heeft in juli 2025 de samenwerking met het VK geformaliseerd met een intentieverklaring (MoU). Tot slot stimuleert ook de Zweedse regering nieuwbouwplannen met een financierings- en garantiepakket, waarbij staatsbedrijf Vattenfall na een afweging besloot om verder te gaan met SMR-leveranciers in plaats van bouwers van grootschalige kerncentrales.

Hoofdlijnen SMR-strategie

De strategie is gebaseerd op de resultaten uit twee programmalijnen van het SMR-programma, waaruit een duidelijke wens tot richting en ondersteuning vanuit de overheid bleek. Het kabinet presenteert vier richtinggevende keuzes:

1. **Regie van het bevoegd gezag**
   Om duidelijkheid en een effectief omgevingsproces te garanderen, wordt de regie als volgt verdeeld:
   - Eerste SMR-Project: Omdat er nog geen SMR is gerealiseerd, zal het Rijk de regie nemen voor het eerste SMR-project, ongeacht vermogen of grootte. Dit is nodig om ervaring op te doen, knelpunten vroegtijdig te ondervangen en best practices voor participatie te verzamelen.
   - Installaties > 500 MW: Het Rijk blijft in alle gevallen het bevoegd gezag, via een projectbesluit.
   - Installaties < 500 MW (Toekomst): Voor vervolgprojecten wordt de besluitvorming belegd bij het Rijk of de provincie, afhankelijk van de impact. Besluitvorming op gemeentelijk niveau wordt niet wenselijk geacht vanwege de gemeentegrensoverschrijdende effecten (zoals evacuaties, netinpassing of maatschappelijk draagvlak).
2. **Financiering - Focus op NOAK en IPCEI**
   Het kabinet acht het op dit moment niet wenselijk om extra, grootschalige publieke middelen beschikbaar te stellen voor FOAK SMR's. Dit vanwege de hoge technische en financiële risico's en de lagere doelmatigheid van de besteding. De focus ligt op het organiseren van Nth-of-a-Kind (NOAK) gerichte financiering. Een Nth-of-a-Kind (NOAK)-project is een herhaalde toepassing van een identiek, al gestandaardiseerd ontwerp of technologie, dat pas wordt uitgevoerd nadat de eerste projecten in de reeks (de zogenaamde FOAK-projecten) hun operationele doelen hebben behaald. Daarnaast zet Nederland zich binnen de EU in voor de oprichting van een Important Project of Common European Interest (IPCEI) voor innovatieve nucleaire technologieën. Dit Europees instrument kan staatssteun mogelijk maken voor grootschalige innovatieprojecten, waaronder SMR's. Met deze strategie wordt invulling gegeven aan de behoefte aan richting en ondersteuning uit de stakeholderanalyse en geeft het kabinet uitvoering aan en rondt de motie van de Kamerleden Erkens en Bontenbal waarin om een duidelijke SMR-strategie wordt gevraagd, af. **K**

Bronnen: Kamerbrief van Sophie Hermans, minister van Klimaat en Groene Groei, en de Strategie kleine modulaire kernreactoren in Nederland.

Artist impression van een opstelling met kleine modulaire reactoren

©iStockphoto – audiowerbung

Theranostics Erasmus MC gaat medische isotoop lood-212 produceren

Erik Verburg, hoogleraar translationele nucleaire geneeskunde en directeur van Theranostics Erasmus MC

©Erasmus MC

Het Erasmus Medisch Centrum (Erasmus MC) in Rotterdam heeft recent een aangepaste vergunning gekregen voor de plaatsing van een nieuw type lood-212-generator. Met deze generator kan de dochteronderneming Theranostics Erasmus MC voor een opdrachtgever radiofarmaca gelabeld met lood-212 gaan produceren voor klinische studies.

Theranostics Erasmus MC B.V. is een snelgroeiende dochteronderneming van het Erasmus MC die beschikt over een eigen cyclotron en state of the art GMP-laboratoria met drie clean rooms, waar radiofarmaca voor reguliere patiëntenzorg en voor klinisch geneesmiddelonderzoek worden geproduceerd. Sinds kort beschikt het bedrijf over een lood-212-generator. Erik Verburg, hoogleraar translationele nucleaire geneeskunde en directeur van Theranostics Erasmus MC: “Theranostics Erasmus MC ontwikkelt en fabriceert zowel in opdracht als in eigen beheer radiofarmaca. De facilitaire uitbreiding met de lood-212-generator is het antwoord op een verzoek van een klant die ons vroeg of wij loodhoudende medicijnen konden maken voor de formele klinische studies in de fases I, II en III.”

Spannend initiatief

Verburg legt uit dat de klant de generator heeft geleverd en in bruikleen gegeven bij Theranostics Erasmus MC omdat daar medicijnen onder GMP-condities kunnen worden gemaakt. GMP (Good Manufacturing Practices) is een kwaliteitsborgingssysteem voor de humane maar ook veterinaire farmaceutische industrie waarbij het hele productieproces nauwkeurig wordt voorgeschreven zodat het op gecontroleerde wijze kan worden uitgevoerd. Verburg legt uit dat de generator elke week wordt vernieuwd. “Het bedrijf levert de generatorinhoud aan waarna deze in het omhulsel wordt geplaatst, zodat wij de loodhoudende farmaca kunnen maken.” De moedernuclide dat wordt aangeleverd is radium-224. In de generator zit radium-224 (Ra-224). Dit vervalt van nature tot onder andere lood-212 (Pb-212). “Het radium-224 heeft met bijna 3,7 dagen een langere vervaltijd dan lood (Halfwaardetijd - HWT 10,6 uur) en dat geeft je de mogelijkheid om het te vervoeren.” Het is volgens Verburg vanuit diverse oogpunten een spannend initiatief voor zowel Theranostics Erasmus MC als de klant. “We gaan ons bezighouden met een ontwikkeling die nieuw is in de wereld, dus er zit zeker ook een wetenschappelijke interessante component in voor ons bedrijf. Verder zal het Erasmus MC te zijner tijd participeren in een aantal patiëntentrials.” De Erasmus MC-groep kan daarmee voorzien in zowel de productie van, als een een bijdrage leveren aan de formele studies en is daarmee een zeer geschikte partner voor innovatieve therapieën en onderzoek.

De opkomst van alfatherapie: Lood-212 en actinium-225

De nucleaire geneeskunde staat aan de vooravond van een beloftevolle ontwikkeling dankzij Targeted Alpha Therapie (TAT), een geavanceerde vorm van kankerbestrijding. TAT werkt door radioactieve isotopen te koppelen aan liganden (de moleculen die aan de kankercel

binden) en die zeer specifiek kankercellen targeten. Eenmaal aangekomen bij de tumor, zenden deze isotopen alfadeeltjes uit, een krachtige vorm van straling die het DNA van kankercellen direct en effectief vernietigt. Omdat de dracht van alfastraling slechts een paar celafmetingen is, is de therapeutische toepassing zeer gericht en wordt direct omliggend gezond weefsel grotendeels gespaard. De opkomst van deze alfatherapieën biedt bovendien de kans om tumoren te behandelen die voorheen resistent waren tegen traditionele behandelingen, waardoor de overlevingskansen voor patiënten met uitgezaaide of moeilijk behandelbare kankers aanzienlijk verbeteren.
Actinium-225 wordt nog gezien als de 'gouden standaard' vanwege de emissie van vier alfadeeltjes per verval, wat zorgt voor een extreem effectief vermogen om kankercellen te doden. Het voordeel van de zware emissie is echter ook het nadeel, omdat door de zware recoil of terugslag de dochternucliden (vervalproducten) van de ligand kunnen loskomen en door het lichaam gaan zwerven. Hierdoor kunnen dochternucliden bijvoorbeeld in de nieren terechtkomen en daar schade aanrichten. Lood-212, met een halfwaardetijd van slechts 10,6 uur en twee alfadeeltjes per verval, biedt voordelen ten opzichte van actinium omdat de recoil kleiner is en de halfwaardetijd korter. Verburg: "Uit oogpunt van productie is de korte halfwaardetijd natuurlijk wel een nadeel omdat je een meer fijnmazige infrastructuur nodig hebt om de

Uitbreiding van de bestaande vergunning

Voor het gebruik van de nieuwe radium/lood-generator en het lozen van een minimale hoeveelheid radioactief gas (radon) die tijdens de productie van lood-212 vrijkomt, had het Erasmus MC een vergunningsuitbreiding nodig. Het Erasmus MC beschikte uiteraard al een over vergunning voor het uitvoeren van medische behandelingen waarbij ioniserende straling wordt toegepast, zoals bij het maken van röntgenfoto's of CT-scans. Bovendien heeft het ziekenhuis al een vergunning voor het gebruik van radioactieve stoffen. De vergunning betreft daarom een uitbreiding op de bestaande toestemming voor het werken met radioactieve stoffen. De vergunning is verleend door de ANVS, de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming. Volgens de ANVS heeft het Erasmus MC aangetoond dat het veilig kan werken met de nieuwe generator en dat de hoeveelheid radon binnen de wettelijke normen blijft.

De Lood-212-generator (vervalketen)

Eenmaal in de generator dient Radium-224 als de moedernuclide voor de productie van lood-212 door radioactief verval:
1. Moeder: Radium-224 (HWT 3,66 dagen) vervalt via alfa-verval.
2. Dochter: Radon-220 (HWT 55 seconden) wordt gevormd (een vluchtig gas).
3. Kleindochter: Lood-212 (HWT 10,6 uur) wordt gevormd door verval van de radon-220 nuclide.
Het lood-212 kan dan dagelijks (of met een vergelijkbare frequentie) worden geëlueerd (uitgespoeld) en gebruikt voor de productie van radiofarmaca voor Targeted Alpha Therapie.

De Erasmus MC-groep kan voorzien in zowel de productie van, als een bijdrage leveren aan de formele studies en is daarmee een zeer geschikte partner voor innovatieve therapieën en onderzoek.

©Erasmus MC

Trials

De ontwikkeling van een nieuw geneesmiddel omvat inderdaad meestal drie fasen van klinische proeven met mensen, voorafgegaan door laboratorium- en dierproeven (preklinisch onderzoek).

Fase	Doelstelling	Deelnemers	Wat wordt onderzocht?
Fase I	Veiligheid en dosering	Kleine groep (20-100) patiënten of gezonde vrijwilligers.	De meest veilige dosis, de manier waarop het lichaam het medicijn verwerkt (metabolisme) en de primaire bijwerkingen.
Fase II	Effectiviteit en dosering	Middelgrote groep (50-250) patiënten met de betreffende ziekte.	Werkt het medicijn? Wat is de optimale therapeutische dosis? Worden de bijwerkingen beheerst?
Fase III	Bevestiging en vergelijking	Grote groep (honderden tot duizenden) patiënten, vaak verdeeld over meerdere centra.	Wordt de werkzaamheid bevestigd ten opzichte van de standaardbehandeling (of placebo)? Registratie van zeldzame bijwerkingen.

Na een succesvolle Fase III-studie kan de fabrikant een aanvraag indienen voor markttoelating. Fase IV (Post-marketing): Ook na goedkeuring wordt het medicijn gemonitord. Dit gebeurt op grote schaal om de effecten en veiligheid op de lange termijn in de dagelijkse praktijk te volgen.

hele wereld te kunnen voorzien."

Educated guess

Verburg verklaart zelf geen persoonlijke voorkeur te hebben voor actinium of lood. "Ik kan als clinicus niet zeggen welke nuclide met welke tracer het succesvolle alternatief voor huidige toepassingen zal zijn. We weten op dit moment nog te weinig van de radiobiologie af om daar meer dan een educated guess te kunnen maken." Op dit moment heeft Theranostics Erasmus MC de generator in huis en zijn de medewerkers bezig met het opzetten van de synthese om conform de GMP-voorwaarden de nieuwe isotoop te gaan produceren. De verwachting is, dat het isotoop in de toekomst bij de behandeling van diverse vormen van kanker toepassing zal vinden. Wanneer de eerste patiënten daadwerkelijk met het lood-212 behandeld gaan worden is volgens Verburg nog niet bekend; ook de agenda rond de ontwikkeling is nog geheime informatie. "Ik kan alleen maar zeggen: zo snel mogelijk. Uitspraken hierover zullen van de klant komen. Maar het is natuurlijk mijn persoonlijk streven – en dat past ook geheel in de missie van het Erasmus MC - om zo snel mogelijk en zo veel mogelijk patiënten in de nabije toekomst te kunnen gaan helpen." **K**

Medisch Ethische Toetsings Commissie

Voordat medisch-wetenschappelijk onderzoek met mensen (WMO-plichtig onderzoek) mag beginnen, wordt het getoetst door een Medisch Ethische Toetsings Commissie (METC). Deze onafhankelijke commissie beoordeelt of het onderzoek ethisch verantwoord en veilig is voor de proefpersonen. De METC bestaat uit diverse experts, waaronder artsen, verpleegkundigen, ethici, juristen en patiëntvertegenwoordigers (leken). Het medicijn (het radiofarmacon) mag pas op grote schaal aan patiënten worden toegediend nadat de regulerende instanties het hebben goedgekeurd. Nadat de klinische trials (Fase I, II en III) succesvol zijn afgerond, dient de fabrikant de resultaten in bij de verantwoordelijke autoriteit. In de Europese Unie is dit het Europees Geneesmiddelen Agentschap (EMA). In Nederland is het College ter Beoordeling van Geneesmiddelen (CBG) de nationale autoriteit die toezicht houdt. Pas na het verkrijgen van de marktvergunning (registratie) mag het medicijn breed in de patiëntenzorg worden gebruikt, buiten de context van een klinische trial.toeleveringsketen te versnellen.

Column

Tel uw zegeningen

Laatst las ik een artikel in de Volkskrant dat begon met de volgende zin: “De overkapping van de verwoeste kerncentrale bij Tsjernobyl is niet meer stralingsdicht”. De onkunde droop van het krantenpapier af. En mijn eerste gedachte was om mijn pen te dopen in een mengsel van mandarijnen en zwavelzuur, om een polemiek te schrijven waar W.F. Hermans nog een puntje aan had kunnen zuigen.

En mijn tweede gedachte was: het is bijna kerst, dus laat ik eens terugkijken op dit jaar, en eens kijken of er wat kennis en opleidingen betreft ook zegeningen te tellen zijn. En die bleken er ruimschoots te zijn. Zo werd de Delftse leerstoel Stralingsdosimetrie bezet door Konstantinos Chatzipapas en de leerstoel radiochemie door Antonia Denkova.

De TU Delft en NRG Pallas zijn de oprichters van de Nuclear Academy, en hebben een succesvolle zomerschool gehouden dit jaar. En ook bieden zij onderwijsprogramma’s voor middelbare scholen, MBO’s, HBO’s en ambtenaren. En voeg daarbij de hordes stralingsdeskundigen die op allerlei niveaus worden opgeleid, elk jaar weer.

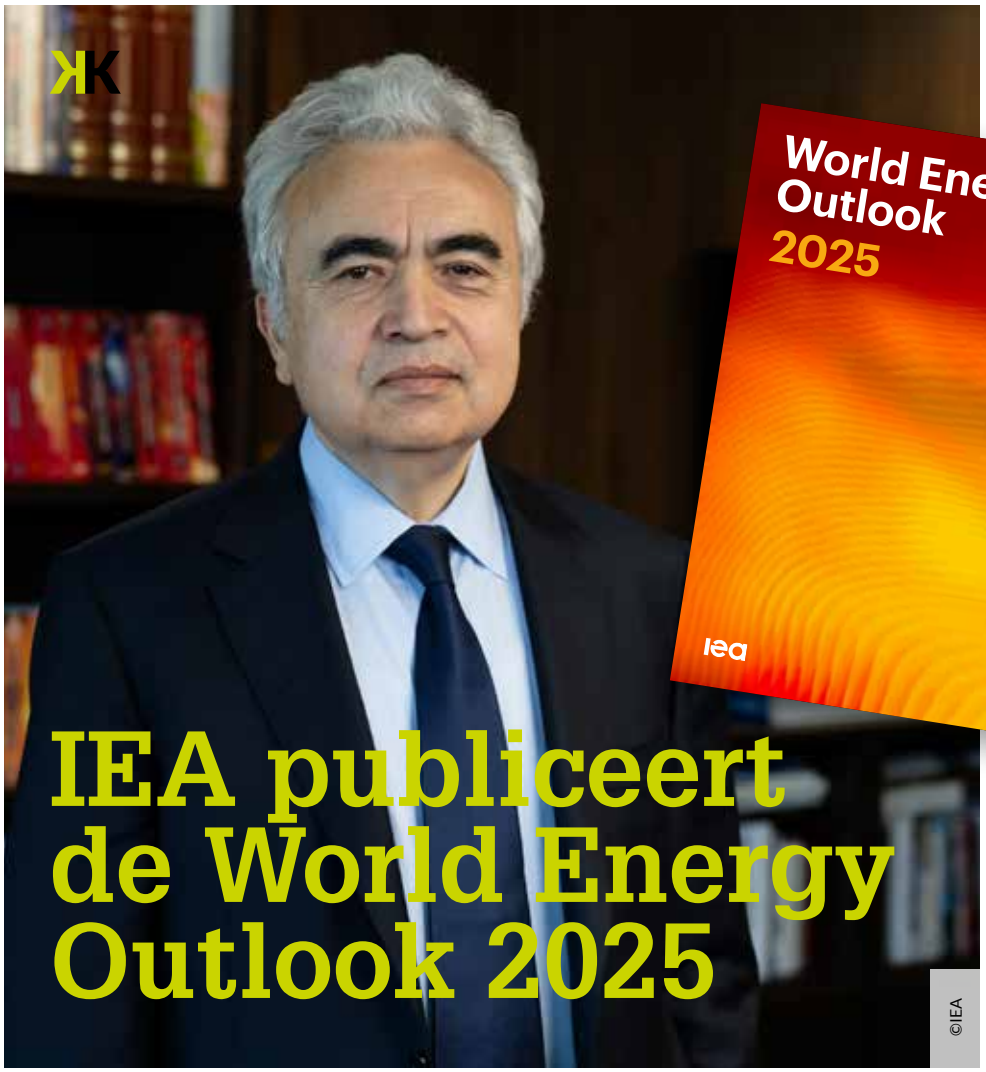
En zo zijn er ieder jaar steeds meer jonge mensen die “het licht zien” en zin van onzin kunnen scheiden in de nieuwsberichten. Steeds meer mensen die wat wij doen niet zien als iets waarvoor je bang moet zijn, maar als een levendig vakgebied waarbinnen je een mooie carrière kunt maken.

Kort nadat ik 25 jaar geleden in Alkmaar kwam wonen, kwam de HFR in opspraak in de pers. Maar mijn nieuwe buren zeiden: “Lars, elke morgen dat ik jou naar je werk zie gaan, dan weet ik: het moet daar wel veilig zijn in Petten”. En zo geloof ik ook dat al deze nieuw opgeleide mensen het verschil kunnen maken, in hun buurt en binnen hun familie, net zoals ik dat toen deed.

Ik wens alle lezers van dit blad een gezond en veilig 2026. En voor die journalist heb ik nog een speciale wens: dat hij binnenkort iemand naast hem krijgt wonen die hem kan uitleggen wat hij WEL had moeten opschrijven in dat stukje. **K**

Lars Roobol

Lars Roobol (1966) is stralingsdeskundige, natuurkundige en wiskundige. Na zijn promotie in Leiden en een postdoc-periode in Bayreuth en Londen, heeft hij als cyclotronspecialist gewerkt bij het Kernfysisch versneller instituut in Groningen, als manager bij de Hot Cell Laboratories en de Waste Storage Facility in Petten, en als stralingsdeskundige op het AmsterdamUMC, locatie AMC. Sinds 2011 werkt hij als afdelingshoofd bij het RIVM. Deze column is op persoonlijke titel geschreven.



IEA publiceert de World Energy Outlook 2025

Het Internationaal Energie Agentschap (IEA) bevestigt in haar recent gepubliceerde World Energy Outlook 2025 (WEO 2025) dat de energiezekerheid complexer is dan ooit, met risico's die zich uitstrekken over alle brandstoffen en technologieën. Centraal staat de opkomst van het 'tijdperk van elektriciteit', waarbij de investeringen in datacenters die voor olie overstijgen. De wereldwijde capaciteit van kernenergie en hernieuwbare bronnen is aan een heropleving bezig, met een verwachte groei van minstens een derde in tien jaar. Fatih Birol, uitvoerend directeur van het IEA: "De scenario's van de World Energy Outlook illustreren de belangrijkste beslissingsmomenten die voor ons liggen en bieden samen een kader voor een op feiten en gegevens gebaseerde discussie over de te volgen koers.".

De World Energy Outlook 2025 is de jaarlijkse toppublicatie van het IEA. De huidige complexe situatie, gekenmerkt door geopolitieke spanningen, vereist volgens uitvoerend directeur Fatih Birol dezelfde focus en gezamenlijke geest van regeringen als in de begindagen van het IEA na de oliecrisis. De WEO 2025 richt zich op de essentiële keuzes, kansen en afwegingen voor overheden, die synergieën moeten meenemen in hun overwegingen op het gebied van betaalbaarheid, toegang, concurrentievermogen en klimaatverandering. Een fundamentele verschuiving in de energiedynamiek wordt veroorzaakt door een groep opkomende economieën. Aangevoerd door India en Zuidoost-Azië, en aangevuld met landen in het Midden-Oosten, Afrika en Latijns-Amerika, nemen zij het stokje over van China als bepalende factor voor de groei van de energiemarkt.

De onstuitbare opkomst van elektriciteit en kernenergie

De WEO 2025 schetst verschillende energietoekomsten aan de hand van drie hoofdscenario's. Een trend die in alle scenario's dominant is, is de centrale rol van elektriciteit. De vraag hiernaar groeit veel sneller dan het totale energieverbruik, gedreven door de groeiende behoefte aan energiediensten, en met name data- en AI-gerelateerde diensten. Het IEA concludeert dat het 'tijdperk van elektriciteit' al is aangebroken. Dit blijkt uit de investeringscijfers: de wereldwijde investeringen in datacenters zullen in 2025 naar verwachting 580 miljard dollar bedragen, meer dan de 540 miljard dollar die wordt uitgegeven aan de wereldwijde olievoorziening.

Na meer dan twee decennia van stagnatie staat kernenergie in de WEO 2025 centraal als een bron voor basislast in het 'tijdperk van elektriciteit'. Het IEA voorziet in alle scenario's een aanzienlijke heropleving. De wereldwijde capaciteit zal tegen 2035 met minstens een derde toegenomen. Deze groei wordt gedreven door:

- Energiezekerheid: Kernenergie wordt gezien als een binnenlandse, betrouwbare bron die de afhankelijkheid van volatiele fossiele markten vermindert.
- SMR's: De opkomst van kleine modulaire reactoren (SMR's) maakt de inzet flexibeler en potentieel sneller.

- Bedrijfsduurverlenging: Het IEA rekent op de grootschalige Bedrijfsduurverlenging van bestaande centrales om snel koolstofarme capaciteit te behouden.
- Stijgende vraag naar elektriciteit: Kernenergie is een onmisbare, betrouwbare basislastbron om de explosief groeiende elektriciteitsvraag op te vangen.

Nieuwe kwetsbaarheden en geografie

Alle scenario's wijzen op een ruim aanbod van olie en gas op korte termijn. De aardgasmarkt versoepelt door nieuwe LNG-exportprojecten (Liquefied Natural Gas). Tegen 2030 zal naar verwachting 300 miljard kubieke meter aan nieuwe jaarlijkse LNG-exportcapaciteit in gebruik worden genomen, een toename van 50% van het wereldwijde aanbod, waarvan ongeveer de helft in de Verenigde Staten wordt gebouwd. Het rapport identificeert de verschuiving van traditionele energierisico's naar kwetsbaarheden in nieuwe gebieden, met name de toeleveringsketens voor kritieke mineralen.

De geografische concentratie in de toeleveringsketens van essentiële mineralen is een kernzorg. China is de dominante raffinaderij voor 19 van de 20 energiegerelateerde strategische mineralen. De analyse van het IEA benadrukt dat China een gemiddeld marktaandeel van ongeveer 70% heeft in de raffinage van deze cruciale mineralen, wat een groot risico vormt voor de wereldwijde energiezekerheid en de transitie naar schone energie. De WEO 2025 waarschuwt specifiek dat deze extreme geografische concentratie – in combinatie met de nieuwe exportcontroles die China heeft ingesteld op zeldzame aardmetalen en batterijcomponenten – een van de grootste kwetsbaarheden is in het nieuwe tijdperk van elektriciteit. De nieuwe LNG-exportcapaciteit wordt voornamelijk gebouwd in de Verenigde Staten en Qatar. Tegelijkertijd vindt 80% van de wereldwijde groei van het energieverbruik in 2035 plaats in regio's met een hoge kwaliteit van zonnestraling.

"Vorig jaar zeiden we dat de wereld snel op weg was naar het tijdperk van elektriciteit. Vandaag is het duidelijk dat we daar al zijn aangekomen", aldus dr. Fatih Birol, uitvoerend directeur van het IEA..

Geopolitiek, Klimaat en Veerkracht

De WEO 2025 stelt dat energie centraal staat in geopolitieke spanningen en een kernvraagstuk is voor de economische en nationale veiligheid. De traditionele risico's gaan nu gepaard met kwetsbaarheden in de toeleveringsketens voor kritieke mineralen, die van vitaal belang zijn voor elektriciteitsnetten, batterijen en elektrische auto's, maar ook voor defensiesystemen. De urgentie wordt verhoogd door twee cruciale terreinen; waarop de wereld tekortschiet: universele toegang tot energie en klimaatverandering.

- Toegang: Ongeveer 730 miljoen mensen leven nog steeds zonder elektriciteit en bijna 2 miljard zijn afhankelijk van schadelijke kookmethodes. Een nieuw scenario schetst een pad naar universele toegang tot elektriciteit in 2035 en schoon koken in 2040.
- Klimaatdoelen: De WEO 2025 laat zien dat de wereld in elk scenario de opwarming van 1,5 °C zal overschrijden, wat betekent dat energiesystemen zich moeten voorbereiden op de gevolgen.

Tegelijkertijd benadrukt het rapport de dringende noodzaak om meer weerbaarheid op te bouwen tegen toenemende weergerelateerde risico's, cyberaanvallen en andere kwaadwillige activiteiten. Nieuwe gegevens tonen aan dat verstoringen van kritieke energie-infrastructuur in 2023 meer dan 200 miljoen huishoudens hebben getroffen, waarbij elektriciteitsleidingen de meest kwetsbare schakel bleken (85% van de incidenten).

Het dichten van de netwerkkloof

De grootste operationele uitdaging ligt in de uitvoering. Het IEA benoemt de achterblijvende implementatie van netwerken, opslagfaciliteiten en andere bronnen van flexibiliteit als een cruciaal punt voor de energiezekerheid in het tijdperk van elektriciteit. Investeringen in elektriciteitsopwekking zijn sinds 2015 met bijna 70% gestegen, maar de jaarlijkse uitgaven voor het elektriciteitsnet zijn minder dan de helft van dat tempo gestegen.

Om de transitie te laten slagen, moeten regeringen zich concentreren op:

1. Het versneld implementeren van nieuwe netwerken en opslagfaciliteiten is de primaire bottleneck.
2. Diversificatie van de energievoorziening is noodzakelijk om de onzekerheden en turbulenties het hoofd te bieden, waarbij kernenergie een sleutelrol vervult vanwege zijn stabiliteit en minimale CO_2-uitstoot.
3. Meer investeringen in de weerbaarheid van kritieke energie-infrastructuur tegen de gevolgen van de klimaatverandering.
4. Krachtigere maatregelen om de enorme geografische concentratie in de raffinage van strategische mineralen om te keren.

De World Energy Outlook 2025 is een dringende oproep aan regeringen om de energiezekerheid niet langer als een zaak van alleen fossiele brandstoffen te beschouwen, maar als een complex, allesomvattend vraagstuk dat systemische en gecoördineerde actie vereist. **K**

De volledige World Energy Outlook 2025 is te vinden op de IEA-website:

KIVI
Engineering Society

Algemene Ledenvergadering 6 februari 2026

Op **6 februari aanstaande** zal de **Algemene Ledenvergadering van Kivi-NT** plaatsvinden gevolgd door een symposium over geschiedenis en toekomst van nucleair met onder andere **prof. Jan Leen Kloosterman**. Een en ander onder voorbehoud van eventuele aanpassingen door de organisatie.

Nadere informatie t.z.t. op www.kivi.nl

De Stichting KernVisie streeft naar het vergroten van het draagvlak voor nucleaire technologie en al haar toepassingen. Haar communicatiemiddelen zijn het tweemaandelijkse KernVisie Magazine, de Nieuwsberichten 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 KernVisie-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 Huissen.

Word begunstiger* van Stichting KernVisie en ontvang KernVisie Magazine 6x per jaar

Stichting KernVisie
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: KernVisie@KernVisie.com