

# XK

**KERNVISIE  
MAGAZINE**



Jo-Annes de Bat  
bezoekt Urenco en ETC

NRG PALLAS en Kairos  
Power verdiepen  
samenwerking

70 jaar reactorfysica  
in Delft

**3**  
Juni  
2026

# **RADAR: het Zwitsers zakmes voor stralingsbescherming**

UITGAVE VAN  
STICHTING KERNVISIE

KernVisie Magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**Jaargang 21**  
**Nummer 3**  
**Juni 2026**  
**KernVisie Magazine**  
**verschijnt tweemaandelijks**  
**Oplage 2.200 ex**

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

### Bestuur Stichting KernVisie

Dr. R.P.C. Schram, voorzitter  
Dr. G. Delfini, secretaris  
Ir. J.C. van Cappelle, penningmeester  
A.J.L. Bos  
Ir. G.H. Boersma  
Ir. M. Van der Borst  
J.D. Bruin  
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](mailto:KernVisie@KernVisie.com)  
Internet: [www.KernVisie.com](http://www.KernVisie.com)  
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v. KernVisie,  
Foundation for Nuclear Technology te Huissen.

### Op de Cover

Pasquale Lombardo en Mahmoud Abdelrahman  
van SCK CEN  
Foto ©SCK CEN

*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](http://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

**D**it is een editie met een zwart randje. Sneller dan verwacht en veel te jong is onze nieuwe voorzitter Ronald Schram, die eind vorig jaar aantrad, overleden. We missen zijn visie, enthousiasme en deskundigheid nu al enorm. Terwijl het bestuur naarstig op zoek is naar een waardige opvolger, zetten we zijn koers vastberaden voort. In dit magazine vindt u een uitgebreid In Memoriam.

Gelukkig is er ook hoopgevend nieuws over de sector te vermelden. Met de officiële oprichting van de Nucleaire Energie Organisatie Nederland (NEO NL) heeft de overheid een cruciale stap gezet. NEO NL gaat twee nieuwe kerncentrales realiseren, goed voor schone elektriciteit voor vier miljoen huishoudens. Dat de sector volop in beweging is, bewijst ook het positieve bezoek van staatssecretaris Jo-Annes de Bat aan Urenco.

Daarnaast vieren we een historische mijlpaal: prof. dr. Jan Leen Kloosterman neemt u mee door 70 jaar reactorfysica aan de HOR (Hoger Onderwijs Reactor) in Delft.

Innovatie staat eveneens centraal in ons hoofdartikel over de nieuwe softwaretool RADAR van SCK CEN. Ontwikkelaars Pasquale Lombardo en Mahmoud Abdelrahman laten hiermee zien hoe virtuele simulaties het ALARA-veiligheidsprincipe naar een hoger plan tillen. Ondanks het droevige nieuws bieden we u graag een blik op onze rijke historie én een veelbelovende toekomst. Veel inspiratie toegewenst bij het lezen. **K**

*Het bestuur van Stichting KernVisie*





P04

## Maatschappij

### RADAR: Zwitsers zakmes voor stralingsbescherming

In de nucleaire sector is veiligheid geen abstract begrip, maar de dagelijkse praktijk. Met hun nieuwe softwaretool RADAR zet het Belgische SCK CEN een belangrijke stap vooruit in het nastreven daarvan. Door vooraf werkzaamheden virtueel te simuleren, kunnen experts bepalen welke werkwijze het veiligst is. Lead developers en computational dosimetry-experts Pasquale Lombardo en Mahmoud Abdelrahman ontwikkelden deze uiterst veelzijdige softwaretool.

## P11 Energie

### De Bat ziet kernenergie als sleutel in het energiesysteem

Het recente bezoek van Jo-Annes de Bat, de staatssecretaris van het ministerie van Klimaat en Groene Groei aan Urenco Nederland en Enrichment Technology Company (ETC) in Almelo laat het belang zien dat de overheid hecht aan de ontwikkeling van nucleaire technologie. De focus ligt nadrukkelijk op de toekomst: leveringszekerheid, strategische autonomie en de bouw van nieuwe kerncentrales.



P18

## Energie

### NRG PALLAS en Kairos Power verdiepen samenwerking

De ontwikkeling van Small Modular Reactors (SMR's) krijgt internationaal steeds meer momentum. Tegen die achtergrond zetten NRG PALLAS en het Amerikaanse Kairos Power een volgende stap in hun samenwerking. In Petten is recent een nieuwe reeks kwalificatietesten gestart die cruciaal zijn voor de ontwikkeling van geavanceerde, gesmoltenzoutreactoren.

## P14 Maatschappij

### 70 jaar reactorfysica in Delft – een discipline die met de tijd meegroeit

Toen Delft in 1956 de eerste Nederlandse leerstoel voor kernreactorfysica instelde, stond het vak nog volop in de kinderschoenen. Het besluit was ambitieus en vooruitstrevend, zeker voor een klein land dat net begon te herstellen van oorlog en bezetting. Maar er zat een logica achter: de wetenschap had een enorme sprong gemaakt en Nederland wilde niet vanaf de zijlijn toekijken.



## P12 InBeeld

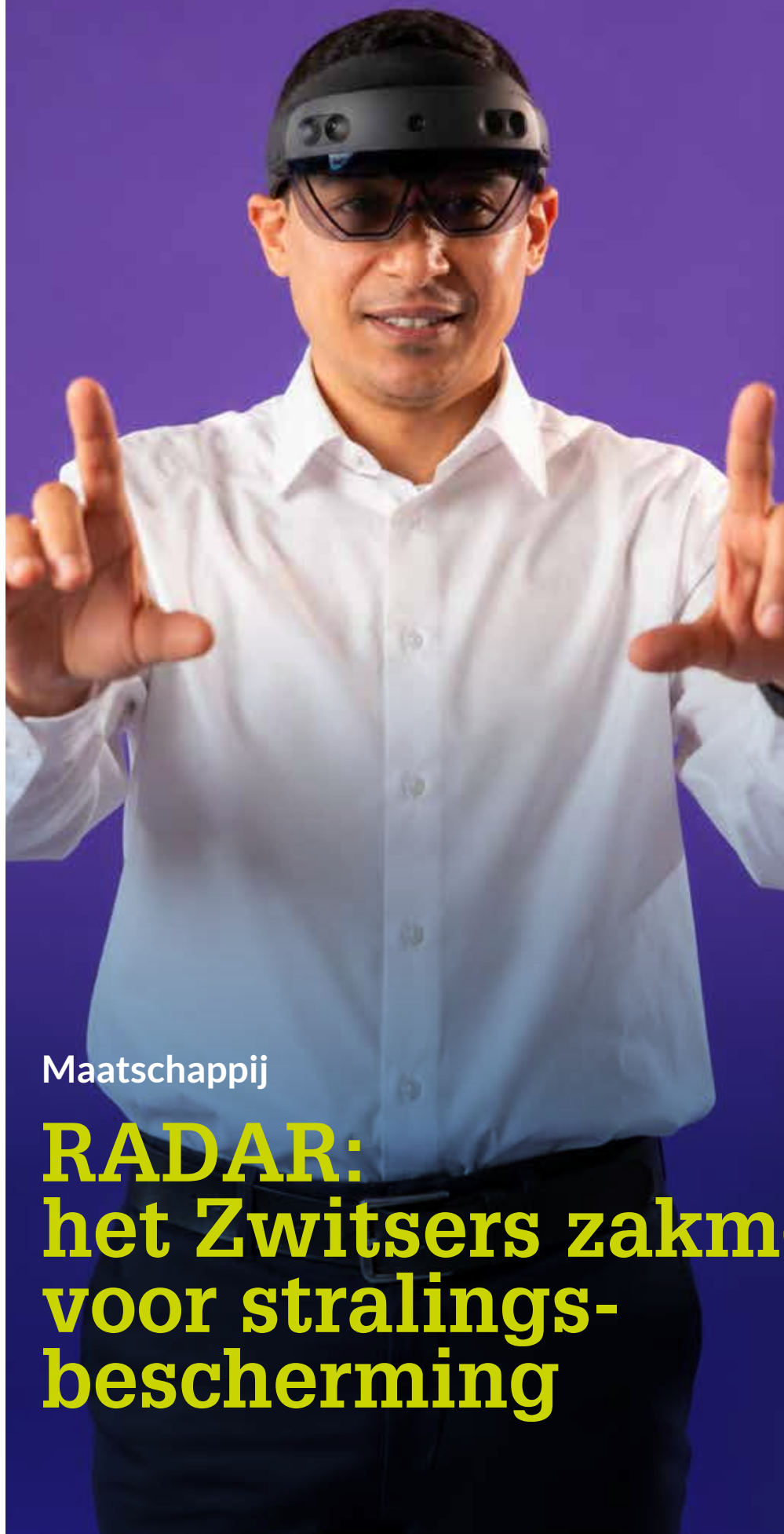
Jo-Annes de Bat bezoekt Urenco

## P17 Column

Lars Roobol: De Gartner Hype Cycle

## P21 Nucleaire notities

The Human-Impact Paradox van Tsjernobyl



**I**n de nucleaire sector is veiligheid geen abstract begrip, maar de dagelijkse praktijk. In stralingsbescherming geldt het ALARA-principe, wat staat voor As Low As Reasonably Achievable. Met hun nieuwe softwaretool RADAR zet het Belgische SCK CEN een belangrijke stap vooruit in het nastreven daarvan. Door vooraf werkzaamheden virtueel te simuleren, kunnen experts bepalen welke werkwijze het veiligst is. Lead developers en computational dosimetry-experts Pasquale Lombardo en Mahmoud Abdelrahman ontwikkelden deze uiterst veelzijdige softwaretool die wereldwijd door stralingsbeschermingsdeskundigen, nucleaire exploitanten en medische instellingen met open armen is ontvangen.

Maatschappij

# RADAR: het Zwitsers zakmes voor stralings- bescherming

© SCK CEN



“In RADAR combineren we twee wiskundige technieken: de Point Kernel-methode, die de specifieke dosis op één punt berekent, en Monte Carlo-simulaties, waarmee ook complexere stralingsbronnen, stralingstypes en geometrieën gedetailleerd gemodelleerd kunnen worden.”, legt Lombardo uit. “Hierdoor kunnen niet alleen verschillende situaties worden berekend, maar ook verschillende soorten stralingsbronnen”, voegt Abdelrahman toe. “Zeker nu er steeds meer nucleaire toepassingen komen, zoals cyclotrons en versnellers, en ook de nucleaire geneeskunde zich steeds sneller ontwikkelt, is er ook meer behoefte aan deze software om blootstelling aan straling zo laag mogelijk te houden.” De softwaretool was in eerste instantie gemaakt om te gebruiken bij het ontmantelen van nucleaire installaties. Bij ontmantelingsprojecten worden installaties stap voor stap afgebroken wat een complexe uitdaging vormt voor de stralingsbescherming van de medewerkers. Met iedere handeling verandert namelijk de stralingssituatie. De volgorde waarin werkzaamheden plaatsvinden, de routes die medewerkers volgen en de positionering van afschermingen: alles heeft invloed op de uiteindelijke dosis. Lombardo: “We wilden verschillende ontwikkelingsscenario’s vooraf kunnen verkennen, zodat we de bijbehorende stralingsdoses kunnen vergelijken en op basis daarvan de meest veilige werkwijze kunnen selecteren.”

## Balans tussen snelheid en nauwkeurigheid

Met RADAR kan eenvoudig een ‘digital twin’ worden gebouwd van een nucleaire installatie zonder risico’s voor het personeel. Die virtuele replica vormt een realistisch beeld, gebaseerd op de aard en intensiteit van de stralingsbronnen. Gebruikers kunnen avatars maken die de bewegingen van medewerkers uitvoeren. “Denk bijvoorbeeld aan hurken, lopen of objecten verplaatsen.

Zo kunnen verschillende scenario’s en handelingen vooraf worden getest. Wat als we bijvoorbeeld de blootstellingstijd inkorten, de wandelroute wijzigen of bijkomende loodschilden plaatsen? Hoe vertaalt zich dat in een lagere stralingsdosis?”, geeft Abdelrahman als voorbeeld. Monte Carlo-simulaties volgen individuele stralingsdeeltjes door materie, wat extreem gedetailleerde inzichten oplevert. Tegelijkertijd kan dit veel rekenkracht kosten. In RADAR wordt deze methode gecombineerd met snellere berekeningen en de Point-Kernel methode waardoor een balans ontstaat tussen snelheid en nauwkeurigheid. “Op die manier levert RADAR gedetailleerde en betrouwbare resultaten binnen een aanvaardbare rekentijd”, legt Lombardo uit. “De visualisatie in de digital twin maakt vervolgens alles in één opslag duidelijk en gebruikers kunnen zo direct tot onderbouwde en accurate beslissingen te komen.”

## Meerdere toepassingen

RADAR werd gerealiseerd in het kader van het Europese project ANUBIS, wat staat voor Advancing Nuclear

dismantling in Belgium through Improving Sustainability. Dit project is gericht op het duurzamer, efficiënter en veiliger organiseren van het ontmantelen van nucleaire installaties. Maar al snel werd duidelijk dat RADAR voor veel meer doeleinden geschikt is dan ontmanteling alleen. De tool kan een meerwaarde zijn voor stralingsbescherming in een bredere zin. Het helpt stralingsbeschermingsdeskundigen beschermingsmaatregelen en werkstromen objectief te vergelijken en weloverwogen keuzes te maken. “RADAR is daarnaast ook een handig instrument bij bijvoorbeeld het ontwerp van nieuwe installaties of bij het opleiden van personeel”, aldus Lombardo. “Het gebruik maakt het ook mogelijk om te controleren of extra loodschilden artsen en zorgverleners beter beschermen tijdens medische interventies met radioactiviteit.” Daarnaast speelt training een steeds belangrijkere rol. Abdelrahman: “RADAR geeft nieuwe gebruikers de ervaring dat ze zich in een faciliteit bevinden waar ze nog nooit eerder zijn geweest en zorgt dat ze bekend raken met het ALARA-principe.” Door virtueel te oefenen, kunnen medewerkers risico’s beter inschatten en ✂



© SCKCEN

✂ Voorbeeld van de toepassing van RADAR waarbij de digital twin van een nucleaire installatie het mogelijk maakt om verschillende werkszenario's vooraf te simuleren en te vergelijken. Door virtuele avatars te laten bewegen door deze replica, kan de veiligste werkwijze worden geselecteerd.



© SCK CEN

## Ontwikkeling

RADAR is uitvoerig getest en gevalideerd. De ontwikkelaars voerden bestralingsexperimenten uit in het Labo Nucleaire Kalibraties van SCK CEN en vergeleken de gemeten waarden met de simulaties. “Door met echte bronnen te werken, metingen uit te voeren en deze vervolgens te vergelijken met de simulatieresultaten, konden we de rekenmodellen aanpassen, zodat ze nog beter aansluiten bij de werkelijke metingen”, legt Abdelrahman uit. Met de ontwikkeling van RADAR heeft SCK CEN een ‘radiologisch Zwitsers zakmes’ gebouwd dat klaar is voor de export. Hoewel RADAR een moderne tool is, begint het verhaal niet in 2021, toen het project officieel van start ging. De software bouwt voort op decennia aan kennis en eerdere ALARA-software. “Het is zeker niet zo dat voorgaande ontwikkelaars en hun methodes niet goed waren”, benadrukt Lombardo. “Maar de digitalisering gaat gewoon razendsnel. We zijn ook niet meteen begonnen met het ontwikkelen van de tool die we nu hebben. Het was een stapsgewijze ontwikkeling waarbij we kennis verzamelden uit eerdere projecten en we zijn deze kennis, die we uit verschillende toepassingen hebben opgedaan, gaan toepassen.” Door die bestaande kennis te combineren met moderne technologieën ontstond een nieuwe generatie software. Lombardo en Abdelrahman zien RADAR dan ook niet als een eindproduct, maar als een platform dat blijft evolueren. De komende jaren staan verdere uitbreidingen op de agenda, waaronder integratie met een volwaardige virtual reality- (VR) en augmented reality-omgeving (AR). Daarmee kunnen gebruikers stralingsgevoelige werkzaamheden niet alleen op een scherm analyseren, maar ook zelf ervaren en op die manier verschillende werkvolgordes en beschermingsmaatregelen testen en ervaring opdoen, nog vóór het werken in de praktijk start. “We zien RADAR als een levend project dat we zullen blijven

### Pasquale Lombardo

Pasquale Lombardo, PhD, is nucleair ingenieur en onderzoeker bij SCK CEN en gespecialiseerd in computationele dosimetrie. Zijn belangrijkste aandachtsgebieden zijn stralingsbescherming, dosimetrie en digitale tweelingen. Hij is een groot liefhebber van nieuwe technologieën en is niet bang om buiten de spreekwoordelijke radiologische kaders te denken. “Tijdens de ontwikkeling van RADAR realiseerden we ons hoe waardevol het is als een tool bijna speels aanvoelt. Je past iets aan, ziet meteen wat er gebeurt en je wilt vanzelf blijven verbeteren. Als gebruiker zit je ‘in het spel’, en dat helpt je om sneller tot veiligere oplossingen te komen.” Gevraagd naar het leukste aspect van het bouwen van RADAR noemt hij het ontwikkelen van de algoritmes. “Het is de stap net voor het coderen, wanneer je het juiste algoritme vindt, ontwikkelt en toepast. Dat is het mooiste gedeelte van softwareontwikkeling voor mij.”

hun werkwijze optimaliseren voordat ze daadwerkelijk aan de slag gaan. Op het eerste gezicht oogt RADAR verrassend toegankelijk. De interface doet denken aan een videogame – en dat is geen toeval. “We gebruikten een game-engine als basis, omdat deze krachtige tools biedt voor 3D-visualisatie, geometrie en interactie”, legt Lombardo uit. “Daardoor

konden wij ons als ontwikkelaars geheel concentreren op de kern: het modelleren van stralingsfysica, terwijl we voor de visualisatie konden vertrouwen op de game-engine.” Het resultaat is software die niet alleen krachtig, maar ook intuïtief is. Dat verlaagt de drempel voor gebruikers en maakt het mogelijk om snel scenario’s op te zetten en te analyseren.

ontwikkelen. We verwachten ook feedback te krijgen van mensen die met RADAR werken om het product nog verder te kunnen verfijnen.” Door die iteratieve aanpak blijft de tool aansluiten bij de behoeften van de praktijk.

## Internationale belangstelling

De introductie van RADAR heeft inmiddels wereldwijd interesse gewekt. Tijdens een Europees evenement over stralingsbescherming presenteerde SCK CEN RADAR aan experts en organisaties, wat leidde tot talrijke aanvragen voor demo's. Ook de publicatie van de tool op hun website zorgde voor nieuwe aanvragen. “De belangstelling komt uit verschillende sectoren en regio's, van energiebedrijven tot onderzoeksinstellingen”, vertelt Lombardo. “Zowel vanuit Europa als erbuiten”, voegt Abdelrahman eraan toe. Volgens de ontwikkelaars komt die interesse niet als een verrassing. De nucleaire sector maakt een inhaalslag op het gebied van digitalisering en visualisatie. Lombardo: “De nucleaire industrie was altijd traditioneel voorzichtig in het invoeren van nieuwe technologieën, maar ik denk dat ze nu steeds meer nieuwe ontwikkelingen en geavanceerde simulatietools begint te absorberen.” De grootste meerwaarde van RADAR ligt uiteindelijk in het vermogen om vooruit te kijken. Door scenario's te simuleren, kunnen organisaties betere beslissingen nemen, risico's verkleinen en processen optimaliseren. Daarnaast draagt de tool niet alleen bij aan veiligheid, maar ook aan efficiëntie en kostenbeheersing. Dit zijn belangrijke factoren in grootschalige projecten zoals nieuwbouw of ontmanteling. Met RADAR laat SCK CEN zien hoe digitale technologie en nucleaire expertise elkaar versterken. Wat ooit begon als een combinatie van bestaande kennis en nieuwe ideeën, is uitgegroeid tot een veelzijdig platform met internationale impact. Of zoals Abdelrahman het samenvat: “Het is een kwestie van wanneer



© SCK CEN

### Mahmoud Abdelrahman

Mahmoud Abdelrahman, PhD, is nucleair ingenieur, expert op het gebied van computationele dosimetrie bij SCK CEN en de WP7-leider van het ANUBIS-project (Advancing NUclear dismantling in Belgium through Improving Sustainability). Zijn werk richt zich op het modelleren van stralingsvervoer, digitale tweelingen en computationele methoden die bijdragen aan veiligere, slimmere en efficiëntere radiologische activiteiten. “Dankzij de game-engine konden we wetenschappelijke simulaties omzetten in interactieve 3D-ervaringen. Je kunt eenvoudig complete radiologische omgevingen bouwen en direct zien wat het effect is van je keuzes. Die combinatie van snelheid, nauwkeurigheid en visualisatie maakt RADAR zo uniek.” Hij noemt het werken met de Monte Carlo-methode als een van de grootste en leukste uitdagingen bij het ontwikkelen van RADAR. “Ik vind het ontzettend interessant om de Monte Carlo-simulaties grondig te analyseren en te optimaliseren.”

en waar. Dit is het juiste moment voor de nucleaire industrie om gebruik te maken van de voortschrijdende technologie.” RADAR markeert daarmee niet alleen een technologische stap vooruit, het laat ook een verandering in denken zien: van reactief naar proactief. En juist in een sector waar veiligheid en ALARA van

oudsher centraal staan, maakt de grote tijds winst en het gebruiksgemak van RADAR een enorm verschil. **K**

Sarala Jelgersma



Meer weten of demo boeken?



In memoriam – Ronald Schram

# Afscheid van een bevlogen mens en verbinder

**O**ns bereikte het droevige nieuws dat onze collega Ronald Schram op 23 mei 2026 op 60-jarige leeftijd is overleden. In een carrière van meer dan 30 jaar heeft Ronald een belangrijke bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van NRG PALLAS naar een nucleaire dienstverlener op het gebied van energie en gezondheid.

Na zijn promotie Fysische Chemie trad Ronald in september 1994 in dienst bij ECN als onderzoeker op het gebied van splijfstofchemie. Na enkele jaren werd hij projectleider van projecten op het gebied van de behandeling van afvalwater en radioactief afval bij DWT. In 1999 werd hij teammanager en in 2002 manager van de productgroep Fuels, Actinides and Isotopes (FAI). Van 2010 tot 2013 was hij als directeur van de Business Unit Irradiation & Development verantwoordelijk voor de gehele bestralingsketen. In die hoedanigheid hielp hij NRG door een moeilijke periode waarin door ongeplande, langdurige uitval van onder andere de HFR de leveringszekerheid van medische isotopen wereldwijd onder druk stond. In 2015 werd hij als directeur van de unit Research & Innovation verantwoordelijk voor de ontwikkeling van nieuwe medische isotopen en productieprocessen voor isotopen en voor het onderzoek rond kernenergie. Vanaf 2017 bekleedde hij de rol van directeur Strategic Alliances. In zijn lange carrière bekleedde Ronald ook vele functies buiten NRG PALLAS. Zo was hij voorzitter van de Netherlands Nuclear Society en Kernvisie, lid van de Governing Board van het toonaangevende Europese nucleaire platform SNETP en van diverse fora binnen de Nuclear Energy Agency van de OECD op

het gebied van beleidsvorming gericht op het borgen van de leveringszekerheid van medische isotopen.

Na het vertrek van de eerste generatie nucleaire pioniers, ruim 15 jaar geleden, bewaakte Ronald in een periode van vele personele wisselingen, het waardevolle verleden van de organisatie. Het verleden dat NRG PALLAS gebracht heeft tot wat de organisatie nu geworden is. Hij had oog voor de relatie tussen infrastructuur, de opbouw van kennis en expertise en productontwikkeling en hij was als geen ander in staat dat ook voor een breed publiek duidelijk te maken. Zijn inzichten en zijn capaciteit deze ook te vertalen naar strategie en beleid zijn van grote waarde gebleken bij de ontwikkeling van de organisatie en uiteindelijk het besluit van de Nederlandse overheid om te investeren in de PALLAS reactor.

Bij dit alles kwamen zijn kwaliteiten op het gebied van communicatie goed van pas. Hij herkende het belang van communicatie als essentieel onderdeel van de verantwoording van het werk van NRG PALLAS. Of het nu ging om een incident bij één van de installaties, nut en noodzaak van PALLAS, de toepassing van kernenergie: in duidelijke bewoordingen, feitelijk goed onderbouwd, ging hij het gesprek aan met de pers, lokale en landelijke belangengroepen

en beleidsmakers. Met zijn kennis en inzichten heeft hij ook menig medewerker voorzien van 'bagage' om de volgende stap te kunnen zetten in de organisatie of een vastgelopen project weer op de rails te krijgen. Als coach had hij een belangrijk aandeel in het succes van het trainee project van NRG PALLAS.

Vorig jaar werd bij hem een zeldzame en moeilijk behandelbare kanker geconstateerd. Dat weerhield hem er niet van, gekluisterd aan huis en bed, tot het laatste moment actief bij te dragen aan de ontwikkelingen binnen NRG PALLAS. Op zijn kenmerkende wijze bleef hij zijn optimisme en passie voor nucleaire zaken tot het laatste moment uitdragen. Helaas hebben wij veel te vroeg afscheid van hem moeten nemen.

Met het overlijden van Ronald verliest niet alleen NRG PALLAS maar ook de nucleaire sector in Nederland een belangrijke kennisdrager die met succes de erfenis van de nucleaire pioniers uit de vorige eeuw verder uitgebouwd heeft in tastbare producten en diensten ten dienste van de samenleving. Daarvoor is de organisatie hem heel veel dank verschuldigd.

Wij wensen zijn partner Diane en zijn kinderen heel veel sterkte bij het verwerken van dit verlies. **K**

*Het bestuur van de Stichting KernVisie*

Rudy Konings ontvangt de Robert Cahn-prijs 2026

# Een internationale kroon op grensverleggend materiaalonderzoek

**D**e internationale nucleaire gemeenschap eert prof. dr. Rudy Konings met de prestigieuze Robert Cahn-prijs 2026. De onderscheiding, die wordt toegekend in het kader van The Nuclear Materials Conference (NuMat 2026), is een buitengewone erkenning voor zijn decennialange bijdrage aan de nucleaire materiaalkunde. De jury prijst Konings niet alleen om zijn wetenschappelijke excellence, maar nadrukkelijk ook om zijn rol als multidisciplinaire verbinder.

Binnen de huidige nucleaire renaissance is de materiaalkunde een cruciale, maar soms onderbelichte spil. Innovaties zoals Small Modular Reactors (SMR's), de geavanceerde productie van medische isotopen en projecten zoals PALLAS vallen of staan met de ontwikkeling en het begrip van materialen die bestand zijn tegen extreme omstandigheden. Het werk van Rudy Konings bevindt zich in het hart van dit vakgebied. De toekenning van de Robert Cahn-prijs benadrukt het grote belang van dit grensverleggende materiaalonderzoek voor de toekomst van de nucleaire sector.

## Grensoverschrijdende samenwerking en open dialoog

De jury omschrijft Konings als een drijvende kracht achter sectorbrede

en cross-disciplinaire samenwerking. In een vakgebied dat traditioneel sterk gefragmenteerd kan zijn, heeft hij structureel barrières tussen verschillende wetenschappelijke disciplines doorbroken. Daarnaast benadrukt de jury zijn onafgebroken inzet voor innovatie door het stimuleren van een open dialoog. Juist door het creëren van een cultuur waarin creatieve probleemoplossing en kennisdeling binnen diverse, internationale teams centraal staan, wist hij complexe nucleaire vraagstukken vlot te trekken. Het verbinden van expertise en het inspireren van een nieuwe generatie wetenschappers weegt voor de jury zwaar mee in de toekenning.

## In de geest van Robert Cahn

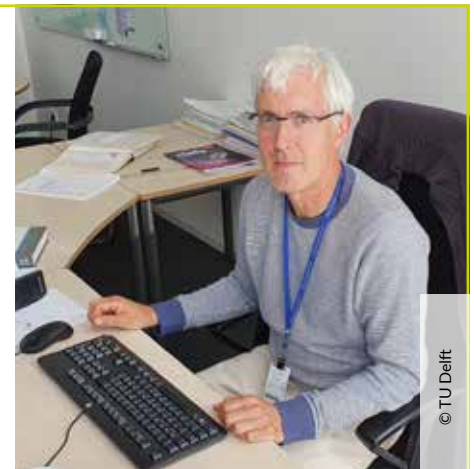
De prijs is vernoemd naar de Britse metallurg Robert W. Cahn (1924–2007),

een van de grondleggers van de moderne materiaalkunde. De onderscheiding is specifiek bedoeld voor wetenschappers met een hoog internationaal profiel die, in de geest van Cahn, het vermogen bezitten om complexe materie helder te communiceren naar een breder publiek. Met deze toekenning schaaft Konings zich in een illustere rij van eerdere winnaars, onder wie prof. sir Robin Grimes (2024). NuMat 2026 wordt van 21 tot en met 24 september 2026 gehouden in het Canadese Halifax. Hoewel Konings vanwege andere prioriteiten dit najaar niet zelf naar Canada reist, krijgt het Nederlands-Europese nucleaire onderzoek dankzij zijn prijs een prominent mondiaal podium. Hij zal de conferentie aan het einde van het congres toespreken via een speciale video met zijn dankwoord. **K**

*Menno Jelgersma*

## Carrière

Prof. Konings is gedurende zijn hele carrière, die begon als onderzoeker bij ECN en later afdelingshoofd Fuels, Actinides and Isotopes bij NRG, een drijvende kracht geweest achter interdisciplinaire samenwerking. Hij heeft zich altijd ingezet voor innovatie, open dialoog en creatieve probleemoplossing binnen diverse teams. Zijn invloed op het gebied van nucleaire materialen is enorm: hij heeft onder meer de NuMat-conferentiereeks in 2010 in Karlsruhe geïnitieerd en voorgezeten, was hoofdredacteur van het Journal of Nuclear Materials en van Comprehensive Nuclear Materials, en was afdelingshoofd Materiaalonderzoek bij het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de Europese Commissie in Karlsruhe. Konings is nu part-time hoogleraar aan de TU Delft, een rol die hij sinds 2010 vervult.



# De Bat ziet kernenergie als sleutel in het energiesysteem



Jo-Annes de Bat: "We hebben fossielvrije elektriciteit nodig en dat betekent investeren in zon, wind, maar zeker ook in kernenergie."

**H**et recente bezoek van Jo-Annes de Bat, staatssecretaris van het ministerie van Klimaat en Groene Groei aan Urenco Nederland en Enrichment Technology Company (ETC) in Almelo laat het belang zien dat de overheid hecht aan de ontwikkeling van nucleaire technologie. De focus ligt vandaag nadrukkelijk op de toekomst: leveringszekerheid, strategische autonomie en de bouw van nieuwe kerncentrales.

Tijdens het werkbezoek kreeg De Bat een inkijk in de dagelijkse praktijk van uraniumverrijking en centrifugetechnologie. Niet zozeer als technisch detail, maar als fundament onder een groter vraagstuk: hoe Nederland en Europa hun energievoorziening toekomstbestendig en onafhankelijk kunnen organiseren. De activiteiten in Almelo vormen een cruciale schakel in de internationale nucleaire brandstofketen. Deze keten staat onder druk door geopolitieke ontwikkelingen, zoals de wens om minder afhankelijk te zijn van Russische nucleaire grondstoffen. In dat licht krijgt een bezoek als dit een duidelijke politieke betekenis: inzicht in de praktijk is noodzakelijk om weloverwogen keuzes te maken over investeringen, vergunningen en langetermijnbeleid.

## Routekaart naar 7 gigawatt kernenergie

Tijdens zijn bezoek maakte De Bat duidelijk dat Nederland inzet op een forse opschaling van nucleaire energie: "In Nederland zijn we druk bezig om alles wat we met

nucleair doen op te schalen. We hebben plannen voor twee nieuwe kerncentrales en werken aan een routekaart naar 7 gigawatt nucleaire opwek. Dat gaat niet van vandaag op morgen. Daar is tijd voor nodig. Juist daarom is de hele keten van bedrijven en kennisinstellingen in Nederland zo belangrijk." De Nederlandse ambitie past in een bredere internationale ontwikkeling, waarin kernenergie opnieuw wordt gezien als een essentieel onderdeel van een betrouwbaar en klimaatneutraal energiesysteem. Uraniumverrijking is een uiterst precieze en hoogwaardige technologie. Het proces bepaalt of kerncentrales kunnen draaien en daarmee of kernenergie daadwerkelijk beschikbaar is als stabiele energiebron. De technologie in Almelo kent bovendien toepassingen die verder reiken dan energieproductie alleen. Zo worden vergelijkbare technieken ingezet voor de productie van ultra zuivere isotopen, die essentieel zijn voor medische toepassingen en hightechindustrieën. Daarmee krijgt de nucleaire sector een bredere maatschappelijke betekenis. Juist

deze combinatie van energie, innovatie en medische toepassingen maakt dat de aanwezige kennisinfrastructuur in Nederland van grote strategische waarde is.

## Consistent en voorspelbaar beleid

Het bezoek van staatssecretaris De Bat toont aan dat de nucleaire sector niet langer een niche is, maar een integraal onderdeel van het energie- en industriebeleid. Voor Nederland ligt er een dubbele opgave: enerzijds het realiseren van nieuwe kerncentrales, anderzijds het versterken van de keten die daarvoor nodig is, van technologie en productie tot onderwijs en arbeidsmarkt. Locaties als Almelo met Urenco Nederland en ETC binnen de gemeentegrenzen laten zien dat die basis al aanwezig is in de vorm van decennialange ervaring, hoogwaardige technologie en gespecialiseerd vakmanschap. De ambities voor nieuwe kerncentrales in Nederland worden steeds concreter, maar vragen om meer dan alleen politieke besluitvorming. Investerings in de volledige nucleaire keten van brandstofvoorziening tot onderwijs en vakmanschap, zijn geen bijzaak, maar een essentiële randvoorwaarde. Het bezoek van De Bat laat zien dat dit besef groeit. De volgende stap is om dit te vertalen naar consistent en voorspelbaar beleid, zodat Nederland zijn sterke positie in de nucleaire sector daadwerkelijk kan benutten. **K**

Menno Jelgersma

## Kernenergie als sleutel

**S**taatssecretaris Jo-Annes de Bat (Klimaat en Groene Groei) benadrukte tijdens zijn werkbezoek aan Urenco en ETC in Almelo het strategische belang van de nucleaire keten. Met plannen voor twee nieuwe centrales en een routekaart naar 7 gigawatt nucleair vermogen, zet het kabinet vol in op opschaling voor leveringszekerheid en strategische autonomie. Juist de combinatie van energie, hightech innovatie en medische isotopen maakt de Nederlandse kennisinfrastructuur cruciaal voor een klimaatneutrale toekomst.





➤ Van links naar rechts: Ad Louter (CEO Urenco Nederland), Jo-Annes de Bat (staatssecretaris), Hidde Baars (Urenco) en Christian Cohen (EZK).

# 70 jaar reactorfysica in Delft – een discipline die met de tijd meegroeit

**T**oen Delft in 1956 de eerste Nederlandse leerstoel voor kernreactorfysica instelde, stond het vak nog volop in de kinderschoenen. Het besluit was ambitieus en vooruitstrevend, zeker voor een klein land dat net begon te herstellen van oorlog en bezetting. Maar er zat een logica achter: de wetenschap had een enorme sprong gemaakt en Nederland wilde niet vanaf de zijlijn toekijken.

Zeventig jaar later is duidelijk hoe bepalend dat besluit is geweest. De Delftse onderzoeksgroep groeide uit tot een stabiel kenniscentrum waarin reactorfysica, materiaalkunde, stralingstransport en thermohydraulica samenkomen. Maar die positie ontstond niet vanzelf; ze is het resultaat van een reeks besluiten, toevallige ontmoetingen, internationale samenwerkingen en soms ook gewoon doorzettingsvermogen.

## De jaren dertig: een vakgebied dat kantelt

Het is moeilijk om de sfeer van de jaren dertig vandaag nog precies aan te voelen. Kernfysica was toen een klein, bijna elitair onderzoeksveld, ergens op het

grensgebied van natuurkunde en chemie. Toch lag de lat al hoog. De ontdekking van het neutron in 1932 en de eerste aanwijzingen voor kernsplijting enkele jaren later veranderden het speelveld razendsnel. Onder onderzoekers groeide het besef dat hier iets gebeurde wat je maar één keer in een generatie meemaakt. Dat Nederland dit nauwlettend volgde, is te danken aan een paar individuen met goed ontwikkelde antennes. Eliza Wiersma in Delft, bijvoorbeeld. Hij was niet alleen instrumentmaker maar ook iemand die zich makkelijk liet enthousiasmeren door nieuwe ideeën. Zijn bezoek aan Parijs in januari 1939 wordt vaak genoemd. Wat hem daar vooral opviel, was de energie waarmee Franse onderzoekers met hun resultaten

naar buiten kwamen. Joliot-Curies groep was ervan overtuigd dat kernsplijting een doorbraak vormde, en dat gevoel sloeg over op Wiersma. Niet dat hij precies wist wat de toepassing zou worden, maar hij voelde dat dit geen onderwerp was om rustig op te kauwen. Terug in Nederland handelde hij snel. Samen met Wander de Haas en George Uhlenbeck stond hij binnen enkele dagen in Den Haag om de regering te overtuigen dat Nederland uranium moest aanschaffen. En zo gebeurde het. Tien ton. Zonder nog een gebruiksplan, maar wél met het idee dat het veiliggesteld moest worden.

## Oorlogstijd en de rol van Delft

Het uranium vond een plek in Delft, in de kelder van een gebouw dat door geldgebrek leegstond en ooit voor de faculteit

Scheikunde bedoeld was. Dat dit gebouw later door de bezetter werd gebruikt voor de opslag van granaten, terwijl onderduikers én de Nederlandse yellowcake zich in dezelfde kelder bevonden, voelt achteraf bijna surrealistisch. Toch typeert het de periode. Noodzaak en improvisatie gingen hand in hand. Dat er uitgerekend in Delft uranium lag opgeslagen, maakte de stad later tot een logische plek om het nucleaire onderzoek opnieuw op te bouwen.

## Na 1945: opnieuw beginnen, maar nu georganiseerder

Na de oorlog kwam de wetenschap weer op gang, maar de wereld was veranderd. De atoombommen hadden laten zien waartoe kernsplijting in staat was, en het Smyth Report gaf een inkijkje in de enorme schaal van het Amerikaanse onderzoek. In Nederland bracht dat een zekere onrust teweeg. De vraag was niet zozeer of Nederland iets met kernenergie moest, maar eerder wat het dan moest doen. Met de oprichting van FOM in 1946 werd een structuur neergezet die onderzoekers bij elkaar bracht en hielp prioriteiten te stellen. In Amsterdam begon onderzoek naar verrijking en uraniumchemie, in Groningen

naar fundamentele kernfysica. Het netwerk groeide. Het waren geen grote instituten, maar wel groepen met ambitie.

## Een sleutelmoment: Kjeller en de JEEP-reactor

De stap naar internationale samenwerking kwam eigenlijk toevallig tot stand. Toen Hendrik Kramers in 1950 Noorwegen bezocht, bleek dat daar een reactor gebouwd werd, maar dat de Noren geen uranium konden krijgen zonder concessies die ze niet wilden doen. Nederland had uranium, Noorwegen zwaar water, en beide landen wilden vooruit. Wat volgde was een samenwerking die later vaak wordt beschreven als “kleinschalig maar invloedrijk”. De JEEP-reactor in Kjeller, die in 1951 kritisch werd, maakte het voor Nederlandse onderzoekers voor het eerst mogelijk om experimenten uit te voeren in een echte onderzoeksreactor. Dat was een enorme stap. Het is lastig voor te stellen hoeveel impact dat had. Voor veel onderzoekers betekende het dat ze voor het eerst neutronenfluxen konden meten, nieuwe brandstoffen konden testen en rekenmodellen konden vergelijken met echte data. Het feit dat de JEEP-reactor

tijdens de internationale conferentie in Oslo in 1953 zo'n trekpleister was, zegt veel over hoe bijzonder die faciliteit was. Die conferentie speelde indirect ook een rol in de Amerikaanse koerswijziging richting meer openheid. Eisenhower's Atoms for Peace-toespraak kwam enkele maanden later – en Nederland, inmiddels een bekende naam in de internationale netwerken, werd het eerste land dat in 1955 een formele samenwerkingsovereenkomst met de VS tekende.

## Een eigen onderzoeksreactor: van idee naar werkelijkheid

Maar al die samenwerking betekende niet dat Nederland afhankelijk wilde blijven. Als het land echt wilde meekomen, was een eigen onderzoeksreactor noodzakelijk. De discussies liepen in het begin alle kanten op. Moest het een vermogensreactor worden? Een reactor met nieuwe brandstofconcepten? Een systeem gebaseerd op natuurlijk uranium, of toch op verrijkt uranium? Uiteindelijk viel de keuze op een hoge-fluxreactor met een brede wetenschappelijke inzetbaarheid. Het Reactor Centrum Nederland (RCN), opgericht in 1955, kreeg de taak het



➤ Prof. dr. ir. Jan Leen Kloosterman hoofd van de sectie Reactor Physics and Nuclear Materials (RPNM) aan de TU Delft, te midden van de wetenschappers, promovendi en studenten van de vakgroep, met op de voorste rij van links naar rechts Trudy Beentjes, dr. Anna Smith, prof dr. Jan Leen Kloosterman, dr. Danny Lathouwers, prof dr. Rudy Konings en dr. Martin Rohde.

ontwerp te realiseren. De selectieprocedure leverde uiteindelijk een Amerikaanse leverancier op. De Hoge Flux Reactor (HFR) die in 1956 werd besteld, zou een kopie worden van de Oak Ridge Research Reactor, maar dan met enkele Delftse aanpassingen. De bouw verliep niet zonder problemen, maar de ambitie was helder: Nederland wilde een onderzoeksreactor die niet alleen geschikt was voor nationale vraagstukken, maar ook aantrekkelijk voor internationale onderzoekers. Omdat de bouw vertraging opliep, kwam er in 1960 nog een tussenoplossing: de Lage Flux Reactor in Petten, een relatief eenvoudige Argonaut-reactor. Hij werd vooral gebruikt om personeel op te leiden – en om te voorkomen dat er een generatie onderzoekers zonder reactorervaring zou ontstaan.

## Schiphol 1957: kernenergie als publiekstrekker

In dezelfde periode besloot de overheid een kleine onderwijsreactor aan te schaffen voor Delft. Dat deze reactor eerst op Schiphol werd gepresenteerd, tijdens de grote tentoonstelling Het Atoom, was een gedurfde keuze. Het publiek kon er, soms voor het eerst in hun leven, een werkende reactor zien. Niet alles aan die installatie bleek later bruikbaar, maar de symbolische waarde ervan was groot. Het maakte de weg vrij voor de bouw van de Hoger Onderwijs Reactor (HOR), die tussen 1958 en 1963 in Delft werd gerealiseerd.

## De HOR in Delft: een reactor met veel levens

Op 24 april 1963 werd de HOR officieel in gebruik genomen. De reactor ging die dag nog niet kritisch (dat gebeurde pas in de nacht erna), maar hij vormde vanaf dat moment het hart van het nucleaire onderwijs in Nederland. Wat de HOR bijzonder maakt, is dat hij zich telkens heeft aangepast aan de behoeften van het moment. In de beginjaren fungeerde de installatie vooral als onderwijsreactor, waarbij studenten later vaak zelf experimenten uitvoerden

met subkritische opstellingen. Vanaf de jaren zestig groeide echter de vraag naar hogere neutronenfluxen, wat leidde tot een vermogensverhoging naar 2 MW. Later vergrootte de toevoeging van een koude neutronenbron de effectiviteit van specifieke experimenten enorm. Vandaag de dag is de HOR een moderne onderzoeksfaciliteit die nog altijd herkenbaar is als onderdeel van de oorspronkelijke infrastructuur, een positie die tamelijk uniek is binnen Europa.

## De mensen die het vakgebied vormgaven

Een geschiedenis van reactorfysica is snel een opsomming van namen, maar in Delft valt op dat elke generatie een eigen accent legde. Jan Went, benoemd in 1956, bracht ontwerpvarianten en praktijkkennis mee uit Petten. Hij dacht breed – van brandstofconcepten tot scholing – en dat zie je terug in de eerste curricula. Zijn opvolger, Hugo van Dam, richtte zich op reactorveiligheid en ruisanalyse. Dat laatste is een vakgebied dat ogenschijnlijk bescheiden is, maar dat in de praktijk helpt om afwijkingen in een reactorbedrijf in een zeer vroeg stadium te herkennen. Na hem verschoof de aandacht onder leiding van Tim van der Hagen naar simulatiemethoden, tweefasestromingen en hogetemperatuurreactoren. Het was een periode waarin computers van hulpmiddel naar essentieel gereedschap evolueerden. Sinds 2010, onder leiding van Jan Leen Kloosterman, is de groep multidisciplinair geworden. Materiaalkunde, chemie, numerieke wiskunde en nieuwe stromingsconcepten worden nu gecombineerd in één onderzoekseenheid.

## Drie pijlers van het moderne programma

De huidige onderzoeksgroep Reactor Physics and Nuclear Materials (RPNM) kent drie stevige pijlers:

### 1. Thermo-hydraulica

Onderzoek naar warmteoverdracht en stromingsleer in systemen

als kogelbedreactoren en gesmoltenzoutreactoren. Dit onderzoek is belangrijk voor het ontwerp van nieuwe, efficiënte en veilige reactorconcepten.

### 2. Nuclear Materials Chemistry

Onderzoek naar splijtstoffen onder extreme condities: hoge temperaturen, stralingsschade, corrosie en opbrand. Hier wordt gewerkt aan brandstoffen voor zowel fissiestoepassingen als toekomstige fusiereactoren.

### 3. Computationale reactorfysica

Van Monte-Carlo rekenmethoden tot digital twins en gekoppelde simulaties. Hier wordt gewerkt aan snelle, nauwkeurige modellen die ontwerp en veiligheid naar een hoger niveau tillen.

Het aantal studenten dat voor het nucleaire vakgebied kiest, groeit al jaren. Dat is deels een gevolg van de maatschappelijke herwaardering van kernenergie, maar ook van de aantrekkingskracht van een vakgebied waarin natuurkunde, techniek en modellering samenkomen.

## Vooruitkijken

Nederland staat opnieuw aan de vooravond van grote beslissingen over kernenergie. Nieuwe reactorconcepten, strengere veiligheidseisen en de noodzaak om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, maken betrouwbare expertise belangrijker dan ooit.

Delft speelt daarin een sleutelrol: de HOR, het onderwijsprogramma, en de onderzoeksgroep RPNM vormen samen een kennisinfrastructuur die niet zomaar te vervangen is. Ze is het resultaat van zeventig jaar bouwen aan een vakgebied – soms geplande stappen, soms toevallige wendingen – maar altijd gedreven door inhoudelijke nieuwsgierigheid. En precies dat maakt reactorfysica in Nederland vandaag nog steeds zeer relevant. **K**

*Prof. dr. Jan Leen Kloosterman*



## De Gartner Hype Cycle

**A**fgelopen maand was ik in de RDM-innovatieloods in Rotterdam, op het symposium NuclearDrive, georganiseerd door Maritime & Offshore NL, de brancheorganisatie van de Nederlandse maritieme maakindustrie. Hier kwamen mensen uit zowel de maritieme als de nucleaire wereld bij elkaar, om samen na te denken over de bouw van nucleair aangedreven schepen.

De zaal zat goed vol, ondanks het mooie weer, en uit de praatjes en de vragen die gesteld werden kreeg ik de indruk dat het aan het borrelen en bruisen is in dit nieuw opkomende 'speelveld'. De verwachtingen waren in elk geval hooggespannen, er zat veel 'energie' in de zaal.

Het deed mij denken aan de Gartner Hype Cycle, van het gelijknamige onderzoeksbureau. Dat model beschrijft het proces van geboorte tot en met volwassen worden van een nieuw product. Het begint met een technologie-trigger, een technologische doorbraak. Het product ligt nog niet in de winkel, maar je leest er steeds meer over in de pers. Fase twee eindigt met de Piek van Overdreven Verwachtingen, waar de hype op zijn hoogtepunt is en er onrealistische verwachtingen zijn ontstaan. Daarna volgt het Dal van Desillusie: het blijkt langer te duren om het product te maken, de hooggespannen verwachtingen worden niet waargemaakt. De aandacht van pers en publiek slaan om in negatief sentiment. In Fase vier wordt de Helling van Verlichting beklommen. Er komen producten op de markt, en de eerste gebruikers zijn enthousiast. De vijfde en laatste fase is het Plateau van Productiviteit: de technologie wordt door de meesten geaccepteerd, er is een stabiele markt en het product wordt commercieel leverbaar.

Wat nucleaire schepen betreft zitten we nog in de eerste fase, waarin de verwachtingen een hoge vlucht nemen. Wat ik als ambtenaar interessant vond: er is een aantal zaken waarbij de overheid kan helpen om het Dal van Desillusie zo ondiep mogelijk te maken. Bijvoorbeeld: juridisch moet er nog veel geregeld worden. Welk land vergunt zo'n schip? En mag het dan overal aanmeren? Van welk land is het radioactieve afval? En wat als het eerst onder Nederlandse, en wat jaren later onder Filipijnse vlag gaat varen? En hoe is de verzekering eigenlijk geregeld? Allemaal vragen, die op internationaal niveau geregeld moeten worden. En voordat je een internationaal verdrag opgesteld hebt, ben je zo maar tien jaar verder.

Dus, om het tempo van de industrie bij te houden is het nodig dat de overheden van de wereld op de Rotterdamse toer gaan en de slogan van de stad gaan waarmaken: Make it happen. **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.

# NRG PALLAS en Kairos Power verdiepen samenwerking

**D**e ontwikkeling van Small Modular Reactors (SMR's) krijgt internationaal steeds meer momentum. Tegen die achtergrond zetten NRG PALLAS en het Amerikaanse Kairos Power een volgende stap in hun samenwerking. In Petten is recent een nieuwe reeks kwalificatietesten gestart die cruciaal zijn voor de ontwikkeling van geavanceerde, gesmoltenzoutreactoren.

De nieuwste fase van het project richt zich op bestralingsonderzoek naar grafiet, een essentieel constructiemateriaal in veel geavanceerde reactorconcepten. In de Hoge Flux Reactor (HFR) worden deze materialen blootgesteld aan intense neutronenstraling die vergelijkbaar zijn met de omstandigheden in een werkende reactor. Wat dit onderzoek bijzonder maakt, is de versnelling die de HFR mogelijk maakt. Door de hoge neutronenflux kunnen verouderingsprocessen tot wel tien keer sneller worden gesimuleerd. Dat betekent dat onderzoekers in relatief korte tijd inzicht krijgen in prestaties over de volledige levensduur van reactorcomponenten. Het grafietonderzoek verloopt gefaseerd. Monsters worden verscheidene keren bestraald en tussentijds geanalyseerd in de hot cells van NRG PALLAS. Deze aanpak levert een gedetailleerd beeld op van materiaalgedrag onder langdurige blootstelling en vormt een essentieel onderdeel van de veiligheidsanalyse ('safety case') van toekomstige reactoren. Binnen het programma worden twee soorten experimenten uitgevoerd. In de ATHENA-serie wordt onderzocht hoe grafiet vrij kan uitzetten en krimpen onder straling. Parallel daaraan richt de ATLAS-serie zich op kruipgedrag. Dit is de langzame vervorming van materialen onder constante belasting en straling. De eerste ATLAS-bestraling werd eind 2025 succesvol afgerond. Inmiddels is

een vervolg gestart (ATLAS-2), waarmee de dataset verder wordt uitgebreid. Dit soort langdurige en nauwkeurige experimenten is onmisbaar om betrouwbare ontwerpcriteria voor SMR's vast te stellen.

## Strategische samenwerking

Kairos Power ontwikkelt een compacte met gesmolten zout gekoelde reactor. Dit type SMR kan niet alleen CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteit produceren, maar is ook geschikt voor industriële warmte, wat een belangrijke factor in de verduurzaming van energie-intensieve sectoren. Het bedrijf werkt momenteel aan de HERMES-demonstratiereactoren in Tennessee, die de weg zullen vrijmaken voor commerciële toepassing. De ambities zijn daarbij aanzienlijk. Kairos Power wil ongeveer 500 MW aan capaciteit realiseren voor de energievoorziening van datacenters van Google. De samenwerking tussen NRG PALLAS en Kairos Power gaat verder dan grafiet alleen. Beide partijen werken ook aan testprogramma's voor metalen componenten

en voor zogenoemde TRISO-brandstof (TRI-structural ISOTropic) die bekend staat als een van de meest robuuste nucleaire brandstoftypen. De micro-ingekapselde brandstofdeeltjes zijn ontworpen om extreme temperaturen en stralingsniveaus te weerstaan, wat ze bijzonder geschikt maakt voor de volgende generatie reactoren. De eerste bestralingen van deze brandstof worden vanaf 2027 verwacht. Voor NRG PALLAS bevestigt deze samenwerking haar positie als internationale partner in nucleair onderzoek en materiaaltesten. De combinatie van reactorfaciliteiten, hot cell-analyse en materiaalkennis maakt Petten tot een sleutelplek in de wereldwijde ontwikkeling van nieuwe kerntechnologie. Hierbij ligt de waarde vooral in de integratie van experiment en validatie: van bestralingsdata tot onderbouwing van vergunningstrajecten. Daarmee wordt de doorlooptijd van innovaties verkort, een cruciale factor nu de vraag naar betrouwbare, CO<sub>2</sub>-vrije energie snel groeit. Het project illustreert bovendien hoe internationale samenwerkingen bijdragen aan de versnelling van SMR-technologie. **K**

*Menno Jelgersma*

Joost van den Broek, directeur Nuclear Energy Services bij NRG PALLAS: "Deze samenwerking benadrukt de rol van NRG PALLAS als internationale partner voor hoogwaardig nucleair onderzoek. Door onze expertise op het gebied van bestralingstesten van brandstof en materialen helpen we de ontwikkeling van innovatieve nucleaire technologieën te versnellen, waardoor grote bedrijven eerder kunnen beschikken over schone energie."

# Marc van den Berg postuum gepromoveerd aan TU Delft

**O**p 9 april is postuum de graad van Doctor verleend aan Marc van den Berg met zijn proefschrift getiteld: 'Whole-Core Multi-Physics and Graphite Thermal Behavior Simulation of Gas-Cooled Nuclear Reactors'. Marc was promovendus in de afdeling Radiation Science & Technology van TU Delft. Zijn onderzoek betrof de ontwikkeling van numerieke algoritmes en de nauwkeurige modellering van mogelijke ongevalsituaties in kleine hoge-temperatuur gasgekoelde reactoren (HTR).

Zijn belangrijkste bijdragen zijn:

- 1 De ontwikkeling van een geavanceerd 3-D codepakket om asymetrische transiënten in een HTR te kunnen doorrekenen.
- 2 Het ontwerp van een kleine HTR voor scheepsvootstuwning die inherent veilig is voor 'water ingress' ongevallen.
- 3 De modelering van annealing van grafiet in ongevalsituaties.

De relevantie van Marcs werk kan moeilijk worden overschat. Normaal neemt het vermogen in een HTR snel toe als er een kleine hoeveelheid water in het koelmiddel terecht komt. Marc heeft een speciale versie van de HTR ontworpen die hier geen last van heeft, en slechts elke 5 jaar van nieuwe splijtstof hoeft te worden voorzien. Dat maakt het gebruik van de HTR op zee gedurende lange tijd mogelijk. Zijn tweede belangrijke bijdrage is van belang voor elke HTR. Gedurende reactorbedrijf van een HTR zal het grafiet in de reactorkern worden bestraald door neutronen en energie opnemen in de vorm van kristaldefecten. Marc heeft een model ontworpen om te kunnen berekenen hoe deze defecten uitgloeien als functie van de temperatuur in de reactorkern. Het resultaat is

dat in bepaalde ongevalsituaties de warmtegeleidingscoëfficiënt van het beschadigde grafiet herstelt naar de (veel) hogere waarde behorend bij onbestraald grafiet en dat de resulterende maximale temperatuur in de splijtstof wel 300 graden lager kan uitkomen. Dit maakt de HTR nog veiliger dan we voorheen dachten.

Marc van den Berg is na de goedkeuring van zijn proefschrift door zijn promotoren

prof. Jan Leen Kloosterman en dr. Danny Lathouwers door een tragisch ongeval om het leven gekomen. Samen met zijn familie en vrienden en de TU Delft graduate school is besloten om de promotie van Marc postuum door te laten gaan. Hierbij hebben de promotoren zowel de rol van promotor als van verdediger van het proefschrift op zich genomen. Het proefschrift van Marc van den Berg is te downloaden via de repository van TU Delft. **K**



➤ De commissie, promotoren/verdedigers, paranymfen en familie van Marc van den Berg

# NEO NL: de eerste stap naar twee nieuwe kerncentrales



**M**et de officiële oprichting van de Nucleaire Energie Organisatie Nederland (NEO NL) op 16 februari 2026 heeft de Nederlandse overheid een cruciale stap gezet in de energietransitie. De organisatie heeft een glasheldere missie: de realisatie van twee nieuwe kerncentrales met elk tenminste een vermogen van 1.000 Megawatt, genoeg om circa twee miljoen huishoudens van schone elektriciteit te gaan voorzien.

NEO NL opereert als zelfstandige besloten vennootschap, met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat als enige aandeelhouder. De overheid scheidt de kaders en besluit over de locatie. Na het definitieve locatiebesluit neemt NEO NL de verdere planning en organisatie rond de locatie over van de overheid. De organisatie is verantwoordelijk voor het totale traject: van de technologiekeuze en de bouw tot het uiteindelijke beheer en de ontmanteling.

## CEO en CFO

Op dit moment werken er ruim 100 mensen bij NEO NL. Per 1 mei zijn Jan Willem Hoogstraten als CEO en Marieke Bolhaar als CFO begonnen. Zij vormen samen de Raad van Bestuur van NEO NL.

Hun benoemingstermijn geldt voor 4 jaar. Van Hoogstraten heeft meer dan 35 jaar internationale ervaring in de energiesector. Zo was hij tussen 2016 en 2026 CEO van Energie Beheer Nederland (EBN), waar hij verantwoordelijk was voor de uitvoering van onderdelen van het Nederlandse energie- en klimaatbeleid, waaronder CO<sub>2</sub>-opslag, geothermie en energie-infrastructuur. In die rol leidde hij de ontwikkeling van grootschalige projecten zoals Aramis en droeg hij bij aan de ontwikkeling van de nationale gasreserve. Eerder vervulde hij leidinggevende functies bij TAQA, Wintershall en Shell. Bolhaar heeft een brede achtergrond in finance en operations binnen de energiesector. Zij werkte als Director Flex Operations bij

Eneco, waar zij verantwoordelijk was voor de financiële en operationele performance van energie-infrastructuur waaronder gascentrales, lokale warmtebronnen, industriële warmteoplossingen en -opslag. De belangrijkste opgave van de CEO en CFO is het verder ontwikkelen van de organisatie. Ze zijn verantwoordelijk voor het vormgeven en realiseren van de strategische koers en het borgen van publieke belangen. Veiligheid en maatschappelijke inpassing zijn hierbij kernwaardes.

## Kennis als fundament

Naast een uitvoerende organisatie presenteert NEO NL zich ook als een kennisorganisatie. Door nauw samen te werken met nationale en internationale specialisten, onderwijsinstellingen en onderzoekers, wil de organisatie de opgedane kennis borgen en delen. Zo draagt NEO NL direct bij aan het menselijk kapitaal dat nodig is voor de Nederlandse nucleaire renaissance. Meer informatie over NEO NL, haar werkzaamheden en actuele vacatures is te vinden op de nieuwe website van de organisatie. **K**

*Sarala Jelgersma*



# Nucleaire Notities

## The Human-Impact Paradox van Tsjernobyl

**Het zal niemand ontgaan zijn dat het dit jaar veertig jaar geleden is dat in de voormalige Sovjet-Unie de grootste kernramp in de geschiedenis plaatsvond. Ik was indertijd tien jaar, maar herinner me nog goed de paniek en de angst die het ongeluk veroorzaakten.**

Een foutief uitgevoerde veiligheidstest leidde tot een stoomexplosie en vervolgens een grafietbrand. Radioactief materiaal uit de reactor komt neer in de omgeving en waait in een grote wolk over Europa. Bewoners van Pripjat en omgeving werden massaal geëvacueerd en het gebied in een straal van 30 kilometer rondom de kerncentrale is tot op de dag van vandaag een 'verboden zone'. Er is veel geschreven over de slachtoffers en de verwoestende gevolgen van het ongeluk. Minder bekend is dat de uitsluitingszone een levend voorbeeld is geworden van de zogeheten Human-Impact Paradox. In dit geval verwijst het naar het verschijnsel dat de totale afwezigheid van mensen een ecologisch voordeel opleverde dat groter is gebleken dan de negatieve gevolgen van straling. Het gebied is nu een van Europa's grootste en meest biodiverse natuurrreservaten geworden. Niet meer gehinderd door menselijke activiteit hebben flora en fauna de kans gekregen om zich te herstellen. Grote populaties wilde dieren zijn de afgelopen decennia explosief gegroeid in aantal. Ook de hoeveelheid bos- en moerasvogels is toegenomen nu ze niet langer lijden onder bejaging en de druk van ruimtelijke ontwikkeling. Daarnaast is het gebied in de afgelopen decennia een onbedoeld maar waardevol laboratorium geworden voor onderzoek naar de genetische en ecologische effecten van langdurige blootstelling aan straling. Studies laten zien dat er naast negatieve effecten zoals verhoogde mutatiepercentages, chromosomale afwijkingen, genomische

instabiliteit en erfelijke genetische schade ook sprake is van adaptieve reacties. Verhoogde antioxidantafweer, epigenetische modificaties en fenotypische veranderingen laten zien hoe de natuur zich evolutionair aanpast. Een bekend voorbeeld van snelle aanpassing zijn de boomkikkers die in het gebied rondom de kerncentrale zwart zijn in plaats van hun normale kleur groen. De zwarte kleur wordt veroorzaakt door een



hoge concentratie melanine, een pigment dat de schadelijke effecten van ioniserende straling kan absorberen en neutraliseren. Kikkers met meer melanine hadden een grotere overlevingskans tijdens en direct na de ramp. De donkere kikkers kregen hierdoor meer nakomelingen, waardoor de zwarte variant al snel dominant werd. De flora en fauna binnen de verboden zone illustreren zo het tweeledige verhaal van kwetsbaarheid voor mutagene stress en veerkracht door evolutionaire aanpassing. De kernramp van Tsjernobyl zal ook in de toekomst cruciale inzichten kunnen blijven opleveren op het gebied

van stralingsbiologie, ecologisch herstel en evolutionaire toxicologie. Tegelijkertijd vormt de uitsluitingszone een veilige leefomgeving voor honderden diersoorten. Veel daarvan staan op de Rode Lijst van bedreigde diersoorten, zoals de Europese lynx, de bruine beer, de zwarte ooievaar, de Europese bizon, het everzwijn, de eland en de wolf. Ook de populatie Przewalskipaarden floreert. Deze soort was ooit in het wild uitgestorven, maar dankzij succesvolle fokprogramma's in Mongolië geherintroduceerd. In 1998 werden meer dan twintig Przewalskipaarden naar de verboden zone gebracht en nu leven naar schatting meer dan 120 paarden in de zone. Na decennia van relatieve ecologische stabiliteit zijn het de recente geopolitieke ontwikkelingen die een nieuwe, directe bedreiging vormen voor de natuur en het wetenschappelijke onderzoek in de zone. Door verstoring en vernieling van de doorlopende wetenschappelijke monitoringprogramma's is het werk voor internationale onderzoekers moeilijker geworden. Bosbranden, vaak veroorzaakt door moderne militaire activiteiten of neergestorte drones, vormen een voortdurend gevaar, ook doordat ze radioactieve deeltjes in de atmosfeer kunnen verspreiden. Landmijnen vormen een bedreiging voor de grote zoogdieren. Het lijkt de Human-Impact-Paradox van Tsjernobyl veertig jaar later opnieuw te bevestigen. **K**

*Sarala Jelgersma*

# Zwitserland kiest voorkeurslocatie voor eindberging

**M**et de indiening van de algemene vergunningaanvragen in november 2024 heeft Nagra, de Zwitserse organisatie voor het beheer van radioactief afval, een beslissende stap gezet in de realisatie van een geologische eindberging. Na decennia van onderzoek is de locatiekeuze van Nagra nu geformuleerd als een concreet voorstel: de organisatie wijst de regio Nördlich Lägern aan als voorkeurslocatie voor de ondergrondse berging, met een bovengronds complex in Haberstal. De technische strategie achter dit miljardenproject is gebaseerd op een combinatie van miljoenen jaren oude geologie en modern technologisch vernuft waardoor veiligheid wordt gegarandeerd die volledig onafhankelijk is van menselijk ingrijpen.



De keuze voor Nördlich Lägern is gebaseerd op de uitstekende kwaliteit van de natuurlijke barrière op de locatie. Het hart van de berging ligt in de Opalinus-klei, een formatie op een diepte die optimale bescherming biedt tegen toekomstige geomorfologische processen. Terwijl andere locaties mogelijk gevoeliger zijn voor de effecten van gletsjers of diepe rivierinsnijdingen tijdens toekomstige ijstijden, zorgen de diepe ligging en de robuuste bovenliggende rotsformatie bij Nördlich Lägern voor stabiliteit op de lange termijn gedurende ten minste een miljoen jaar.

De technische rapporten benadrukken dat Nördlich Lägern zich onderscheidt door zijn hydrogeologische isolatie. Hier bevindt de kleilaag zich op een grotere afstand van de dichtstbijzijnde watervoerende lagen dan in de andere onderzochte regio's, zoals Jura Ost of Zürich Nordost. Metingen van het poriënwater in de klei toonden aan dat dit water uitzonderlijk oud is, wat

wetenschappelijk bewijs levert voor een uiterst trage uitwisseling van grondwater tussen de verschillende geologische lagen. In een wereld waar alles stroomt, staat de tijd vrijwel stil in deze kleilaag, waardoor radionucliden effectief worden opgesloten in de kristalstructuur van het gesteente.

## Drie pijlers van veiligheid: kwaliteit, stabiliteit en flexibiliteit

Om de robuustheid van de geselecteerde locatie aan te tonen, hanteert Nagra drie fundamentele criteria die de basis vormen voor de vergunningsaanvraag. Ten eerste is er de kwaliteit van het gastgesteente; de Opalinus-klei in Nördlich Lägern vertoont een uitzonderlijk hoge homogeniteit en een zeer groot zelfherstellend vermogen, waardoor eventuele microscheurtjes door natuurlijke druk weer worden gedicht. Ten tweede biedt de regio de hoogste mate van stabiliteit. Geologische modellen tonen aan dat de rotsformaties hier het minst

onderhevig zijn aan tektonische spanningen, wat cruciaal is voor de integriteit van de opslagtunnels op de lange termijn. Ten slotte is er flexibiliteit in het ontwerp. De omvang en samenstelling van de kleilaag in dit gebied bieden voldoende ruimte om de indeling van de opslagplaats tijdens de bouw verder te optimaliseren. Deze technische flexibiliteit is essentieel om tijdens de decennialange bouwfase te kunnen inspelen op de meest actuele wetenschappelijke inzichten.

## Het meervoudige barrièresysteem

De technologie van definitieve berging is gebaseerd op het principe van defense-in-depth, waarbij verscheidene onafhankelijke barrières elkaar aanvullen. Voor hoogradioactief afval (HLW) begint dit met de afvalmatrix zelf, vaak gegoten in glas of bestaande uit keramische brandstof, die zeer goed bestand is tegen corrosie. Deze elementen worden geplaatst in stevige stalen containers, ontworpen om

mechanisch intact te blijven gedurende honderden jaren. Deze containers worden in de opslagtunnels omhuld door een dikke laag bentonietklei. Dit materiaal vervult een cruciale dubbele technische rol: het zwelt op zodra het in contact komt met restvocht uit het omringende gesteente, waardoor de opslagtunnels volledig en hermetisch worden afgesloten. Bovendien fungeert het bentoniet als een chemische buffer die vrijgekomen stoffen door sorptie bindt. De laatste en krachtigste barrière is de Opalinusklei zelf, die dankzij haar zelfherstellend vermogen, waarbij scheuren automatisch dichtgroeien onder de bestaande rotsdruk, een ondoordringbaar fort vormt. Deze gelaagde structuur voldoet aan de strengste veiligheidsnormen: de verwachte stralingsdosis voor de bevolking zal enkele ordes van grootte lager liggen dan de 0,1 mSv/jaar die als veiligheidslimiet in de nationale regelgeving is vastgelegd, en een verwaarloosbaar deel uitmaken van de natuurlijke achtergrondstraling, die in Zwitserland gemiddeld 4 mSv per jaar bedraagt.

### Slimme logistiek en een mensgerichte aanpak

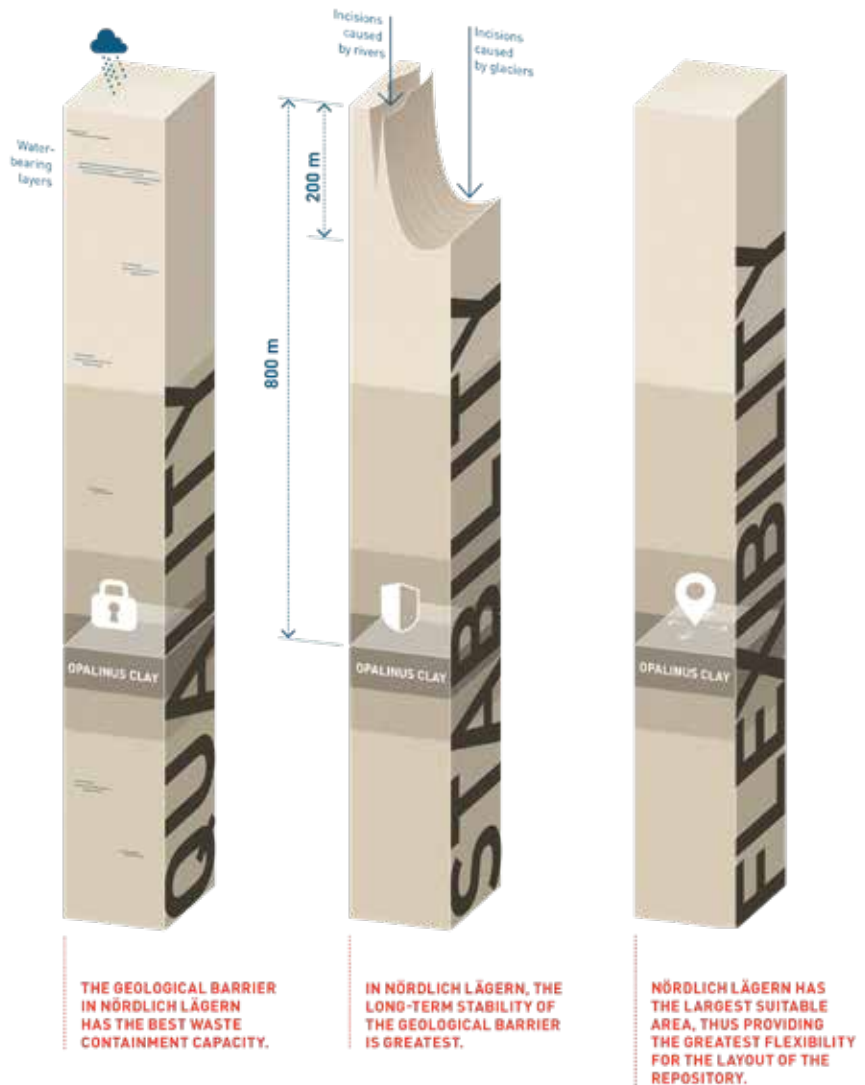
Het logistieke plan geeft ook prioriteit aan technische efficiëntie en minimale maatschappelijke impact. Door de verpakkingsfaciliteit (BEVA) voor verbruikte splijstofelementen te vestigen op de bestaande tussentijdse opslaglocatie Zwiilag in Würenlingen, wordt de behoefte aan nieuwe grootschalige nucleaire faciliteiten op de bergingslocatie zelf verminderd. Dit minimaliseert de milieueffecten van het project en met name die op de locatie Haberstal. Vanuit technisch oogpunt betekent deze keuze dat de conditionering van het afval (het overbrengen van de splijstof van transportcontainers naar de kleinere bergingscontainers) plaatsvindt op een locatie die al volledig is uitgerust voor nucleaire activiteiten. Hoewel dit betekent dat het aantal transporten tussen de conditionering en de daadwerkelijke

berging zal toenemen, weegt het bundelen van expertise en infrastructuur bij Zwiilag zwaarder in de uiteindelijke afweging. Het minimaliseert de voetafdruk op de nieuwe locatie en benut synergieën met nabijgelegen faciliteiten zoals de kerncentrale van Beznau en het Paul Scherrer Instituut (PSI).

### De weg naar 2125

Het project is een schoolvoorbeeld van 'generatieoverschrijdend' denken. Na een intensief proces van federale vergunningverlening en een waarschijnlijk nationaal referendum rond 2031, zal de aanvraag voor de bouwvergunning rond 2034 volgen, met een mogelijke schachtbouw tegen het einde van de jaren 2030. De schacht en de eerste aangelegde tunnels zullen de mogelijkheid bieden

om de specifieke omstandigheden op de exacte diepte te verifiëren. De eerste containers met laag- en middelactief afval (L/ILW) zullen naar verwachting rond 2050 worden neergelaten, gevolgd door het hoogactieve afval rond 2060. Gedurende de gehele operationele periode zal uitgebreide monitoring plaatsvinden. Pas rond het jaar 2125, nadat een decennialange monitoringfase onomstotelijk heeft aangetoond dat het systeem passief veilig functioneert, zal de faciliteit definitief worden afgesloten. Hiermee laat Zwitserland zien dat de nucleaire renaissance niet alleen draait om innovatieve reactoren, maar ook om de technologische volwassenheid om de gehele cyclus veilig en duurzaam af te sluiten voor de komende duizenden generaties. **K**



© Nagra



## 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, 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.

