

# KK

**KERNVISIE  
MAGAZINE**

Britten willen  
kernenergie  
verviervoudigen

Opening FIELD-LAB in  
Petten

Nuclidenkaart op  
gigaformaat bij RID

**1**  
Februari  
2024

UITGAVE VAN  
STICHTING KERNVISIE

**Alvleesklierkanker  
van binnenuit  
bestralen met  
holmiumsferen**



KernVisie Magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**Jaargang 19**  
**Nummer 1**  
**Februari 2024**  
**KernVisie Magazine**  
**verschijnt tweemaandelijks**  
**Oplage 2.200 ex**

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

### **Bestuur Stichting KernVisie**

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

### **Redactie KernVisie Magazine**

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

### **Redactie adres**

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen  
Telefoon 026-2130214  
E-mail: [KernVisie@KernVisie.com](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 Kapelle.

### **Op de Cover**

Ysbrand Willink  
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](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

### Vliegende Start

**I**n de eerste editie van KernVisie Magazine voor dit jaar gaan we direct vliegend van start. In Nederland gebeurt er van alles op het gebied van nucleaire

technologie. Voorbereidingen worden genomen voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales. Op dit moment zitten we in de eerste van vier fasen die de overheid onderscheidt, waarin de besluitvorming wordt voorbereid en onder andere wordt toegewerkt naar een ontwerp locatiebesluit en een start van de aanbesteding. Parallel is er een intentieverklaring getekend om het mbo-onderwijs op het gebied van nucleaire technologie en samenwerking te stimuleren. Dit met het oog op de groeiende vraag naar medewerkers met voldoende basiskennis van de nucleaire industrie. Maar ook op medisch gebied gebeurt veel zoals de met succes afgeronde haalbaarheidsstudie in het Radboudumc in Nijmegen met een onderzoek naar een minimaal invasieve behandeling alvleesklierkanker. De tweede studie hiernaar is in volle gang. Verder is de FIELD-LAB-faciliteit in Petten geopend. NRG en PALLAS gaan hierin samenwerken met vier academische centra en verschillende industriële partners voor de ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen voor de behandeling van kanker. En ook elders in Europa wordt er flink aan de weg getimmerd. De Britten willen hun civiele nucleaire capaciteit tot 2050 maar liefst verviervoudigen van 6 naar 24 GW, zoals te lezen is in hun Civil nuclear: roadmap to 2050. Ons doel als stichting is het om in 2024 de samenwerking met andere organisaties, zoals de Stichting Energietransitie en Kernenergie, de bijdrage aan alle ontwikkelingen verder te vergroten. Het bestuur van de Stichting KernVisie ziet het nieuwe jaar dan ook met vertrouwen tegemoet. We stropen onze mouwen op om er een succes van te maken! **K**

*André Versteegh*  
voorzitter Stichting KernVisie





P04

## Medisch

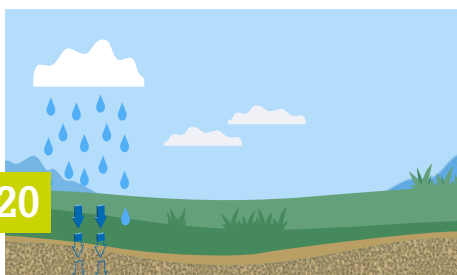
### Haalbaarheidsstudie is eerste stap naar minimaal invasieve behandeling alvleesklierkanker

Het Radboudumc heeft onlangs een haalbaarheidsstudie afgerond naar een behandeling waarbij de alvleesklierkanker van binnenuit wordt bestraald met kleine radioactieve holmiumbolletjes. De resultaten zijn veelbelovend en het Radboudumc is inmiddels gestart met een vervolgstudie. Ysbrand Willink is betrokken.

## P10 Energie

### Britten willen civiele nucleaire capaciteit verviervoudigen

In januari publiceerde de Britse overheid de Civil nuclear: roadmap to 2050. Hierin schetst ze de plannen voor een grote uitbreiding van kernenergie, inclusief een potentiële gigawattreactor die Hinkley Point C en Sizewell C op zal volgen. De doelstelling van een verviervoudiging van de nucleaire capaciteit van 6 naar 24 GW werd voor het eerst aangekondigd in de energiezekerheidsstrategie van 2022.



P20

## Maatschappij

### Onderzoek naar grondwater met nucleaire technologie

Grondwater is goed voor ongeveer 30 procent van al het zoetwater in de wereld. Om grondwater te beschermen tegen de bedreigingen van overmatige onttrekking en vervuiling is het essentieel om te begrijpen waar grondwater op specifieke locaties vandaan komt, wat de kwaliteit ervan is en hoe snel het zich aanvult. Wetenschappers kunnen dit soort onderzoek uitvoeren door de 'vingerafdrukken' van water te analyseren, die 'isotopen' worden genoemd.

## P14 Medisch

### Opening FIELD-LAB in Petten

Na jaren van voorbereiding is op 7 december de FIELD-LAB-faciliteit in Petten officieel geopend. Karlijn van der Schilden is R&D Manager Medical Isotopes NRG I PALLAS en aanjager van het FIELD-LAB-project. "FIELD-LAB in Petten is een traject waarin we als NRG I PALLAS samenwerken met vier academische centra en met verschillende industriële partners. Tezamen zullen we de ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen voor de behandeling van kanker helpen versnellen."



## P12 InBeeld

Spectaculaire plaatsing van de koepel op reactorgebouw bij Hinkley Point C

## P17 Maatschappij

Jaarbijeenkomst van de Vereniging Nucleair Nederland

## P19 Column

Lars Roobol

## P23 Maatschappij

Nuclidenkaart op gigaformaat in de reactorhal bij de TU Delft



Medisch

# Haalbaarheidsstudie is eerste stap naar minimaal invasieve behandeling alvleesklierkanker

**J**aarlijks sterven in Nederland ongeveer drieduizend mensen aan alvleesklierkanker. De ziekte is moeilijk behandelbaar omdat de diagnose vaak (te) laat wordt gesteld en een genezende behandeling meestal niet meer mogelijk is. Het Radboudumc heeft onlangs een haalbaarheidsstudie afgerond naar een behandeling waarbij de alvleesklierkanker van binnenuit wordt bestraald met kleine radioactieve holmiumbolletjes. De resultaten zijn veelbelovend en het Radboudumc is inmiddels gestart met een vervolgstudie. Ysbrand Willink is studietoelichting in het Radboudumc en is voor zijn promotie betrokken bij de beide studies: "Het best case scenario is een levensduurverlenging bij patiënten die niet voor een operatie in aanmerking komen. De behandeling kan er mogelijk ook voor zorgen dat patiënten, die palliatieve zorg krijgen, minder last of pijn hebben."



Op dit moment is de beste optie voor de behandeling van alveesklierkanker een operatie om de tumor te verwijderen. Ongeveer 20 procent van de patiënten komt hiervoor in aanmerking. Willink: “Dat percentage is zo laag omdat in 50 procent van de gevallen blijkt dat de tumor al is uitgezaaid naar andere organen zoals de lever of de longen, maar ook omdat er heel veel belangrijke bloedvaten rond en in de groeiende tumor zitten. Het is dan te gevaarlijk om erin te gaan snijden.” Bloedvaten kunnen tijdens een operatie worden verwijderd, maar dan bestaat er volgens Willink een kans dat bijvoorbeeld een deel van de darmen geen bloedtoevoer meer heeft. Patiënten hebben ook vaak last van comorbiditeit, een tweede of derde (chronische) aandoening naast de kanker, en zijn daardoor kwetsbaar. Bovendien ontstaan er als gevolg van de behandeling en therapieën vaak complicaties zoals ontstekingen. “Op een gegeven moment zijn de mogelijkheden om te behandelen op en dat noodzaakt de zoektocht naar nieuwe lokale en mogelijk levensverlengende ingrepen, enerzijds om de symptomen te bestrijden en anderzijds om de bloedvaten los te krijgen van de tumor zodat sommige patiënten misschien toch geopereerd kunnen worden.” Bij veel patiënten veroorzaakt de tumor buikklachten of patiënten krijgen geelzucht. “Wanneer je deze patiënten kan helpen om hun klachten te verminderen zouden we ze ook in hun laatste levensfase een betere kwaliteit van leven kunnen bieden.”

## Haalbaarheidsstudie

Het Radboudumc deed daarom een haalbaarheidsstudie naar een mogelijke behandeling waarbij de alveesklierkanker van binnenuit wordt bestraald met kleine radioactieve holmiumbolletjes. Bij deze studie worden duizenden bolletjes, met een diameter van een derde van een mensenhaar, in de alveeskliertumor geplaatst tijdens een operatie. Daar geeft het radioactieve holmium van de bolletjes ongeveer 10 dagen lang radioactieve

bètastraling af. Straling die de omliggende tumorcellen op een afstand tot enkele millimeters beschadigt en doodt. “Het grote voordeel van holmium is dat er tijdens het verval ook gammastraling vrijkomt en dat kunnen we op de afdeling nucleaire geneeskunde met SPECT-camera’s waarnemen”, aldus Willink: “Maar daarnaast, en dat is echt het unieke van deze holmiumsferen, kunnen we ze ook op MRI en CT zien en kwantificeren.” Dit maakt het mogelijk om te zien hoeveel van de ingebrachte holmiumbolletjes ook daadwerkelijk in de tumor zitten en de dosis afgeven die van tevoren is bepaald. “Wat we uiteindelijk willen, is dat we naar een situatie gaan waarin de behandeling door een interventieradioloog of misschien in de toekomst robotisch kan worden uitgevoerd. Hierdoor is een minimaal belastende behandeling nodig waarbij de tumor door de huid met een naald wordt aangeprikt. Vervolgens worden de bolletjes in de tumor gespoten en kunnen we zien wat we aan het behandelen zijn. Door telkens een scan te verrichten, kunnen we zo naar een optimale behandeling toewerken.”

## Brachytherapie

De behandeling met holmiumbolletjes is een vorm van brachytherapie. Dit is een inwendige bestraling waarbij de stralingsbron in het lichaam wordt gebracht waar de behandeling moet plaatsvinden. Het voordeel van inwendige bestraling is dat een hoge dosis gegeven kan worden daar waar het nodig is, in de tumor zelf. Bij de eerste patiënt die werd behandeld werd een relatief lage dosis op de tumor verkregen van 9 Gray. De Gray is de metrische eenheid voor de geabsorbeerde stralingsdosis die op de tumor wordt gegeven. Bij de laatste patiënt in het onderzoek lag de dosis al op 72 Gray. Ter vergelijking: Bij de nieuwste MRI-geleide radiotherapie die een vorm van uitwendige bestraling is, ligt de dosis op 40 Gray. “Wij zouden ook nog veel hoger in de dosis kunnen gaan, maar we willen eerst

onderzoeken hoe veilig onze behandeling is.” Omdat het vaak gaat om een relatief compacte tumor met een hoge dichtheid blijven de bolletjes in principe op de plek waar ze worden geïnjecteerd. Willink spreekt dan ook over een implantaat. “Uit ons onderzoek blijkt dat het depot zich na 12 weken voor het overgrote deel op dezelfde locatie bevindt.” Hoewel een klein deel van de bolletjes terecht kwam in de longen of de darmen, hadden de patiënten geen last van ernstige bijwerkingen door de holmiumbolletjes. Daarmee lijkt de procedure veilig uit te voeren.

## Expliciete toestemming

In de studie werd onderzocht of de behandeling veilig en gecontroleerd is uit te voeren. “Het is echt een ontwikkeling van idee naar patiënt. In een eerdere fase hebben we testen uitgevoerd op tumoren die uit de patiënt waren verwijderd met niet radioactieve bolletjes om te zien hoeveel volume we kunnen injecteren en bijvoorbeeld hoeveel lekkage er optreedt.” Zoals elke patiënt verschilt, verschilt ook elke tumor. Maar pancreastumoren worden wel gekenmerkt door een hoge dichtheid legt Willink uit. “Je kunt er niet zomaar een spuit in zetten. Want als de druk in de tumor te hoog wordt, loopt de vloeistof met holmiumsferen er gewoon weer uit of scheurt de tumor.” Hij legt uit dat er inmiddels heel veel onderzoek naar is gedaan en er binnenkort een publicatie over het onderzoek verschijnt. “Wat we in ieder geval zien is dat de bolletjes zich over het algemeen goed verdelen in de tumor.” Na deze fase en de eerste proeven zijn we overgegaan naar de eerste in-patient study. “Deze haalbaarheidsstudie moest natuurlijk een zeer veilige opstelling zijn om het risico op eventuele klachten door de ingreep tot een minimum te beperken.” De patiëntengroep bestond uit mensen die, en Willink probeert zich hierbij zo voorzichtig mogelijk uit te spreken, geen uitzicht op genezing hadden. “We kozen patiënten die nog wel in aanmerking kwamen voor een chirurgische behandeling.” Dat is op **X**

zich de 'beste' groep, maar soms blijkt tijdens de operatie dat de tumor toch niet meer verwijderd kan worden. "We hebben de mensen binnen de patiëntengroep een paar weken voor de operatie het alternatieve scenario voorgelegd, waarbij het uitgangspunt was: we gaan voor het operatief verwijderen van de tumor, maar er is een kans dat dit niet lukt. Mogen we dan - en daar vragen we expliciet toestemming voor - een experimentele therapie uitvoeren, waarvan we nog niet zeker weten of die het gewenste effect zal hebben."

## Ongelofelijk veel geleerd

Nadat de patiënten in deze studie werden behandeld met de holmiumbolletjes werden ze aansluitend 12 weken lang intensief gevolgd en gescand om te kijken of de bolletjes op de goede plek blijven zitten. Binnen 10 dagen is het dosistempo afgenomen naar minder dan 1 procent van het oorspronkelijke dosistempo. Hoewel uit medische beeldvorming achteraf bleek dat een klein deel van de bolletjes terecht kon komen in de bloedvaten of de darmen, hadden de patiënten geen last van ernstige bijwerkingen. "Dat kwam enerzijds omdat de aanvangsdosis laag was, maar ook doordat de dosis door de verspreiding in het lichaam enorm was afgenomen. Veruit de meeste bolletjes bleven in de tumor waar ze hun werk moesten doen." Daarmee lijkt de procedure veilig uit te voeren. "We hebben al ongelooflijk veel geleerd van de eerste behandelingen en omdat we zien dat het veilig kan, gaan we ermee door."

## CT-scan

In aansluiting op de eerste haalbaarheidsstudie van een implantaat geplaatst tijdens een operatie, start het volgende onderzoek waarbij de bolletjes via een naald door de huid worden ingebracht. "Dit deel van het onderzoek sluit beter aan bij het uitgangspunt van een behandeling die veel minder invasief is dan een operatie, en waarbij op termijn idealiter de patiënt dezelfde dag weer

naar huis kan." Bij dit onderzoek worden de bolletjes geïnjecteerd en tegelijkertijd gemonitord met een CT-scan om te kijken of ze op de gewenste locatie terechtkomen. "We gebruiken de CT- in plaats van de MRI-scan omdat die aanpak meer standaard is bij naaldplaatsingen. Bovendien zijn de holmiumsferen heel erg goed met een CT-scan waar te nemen." Anders dan bij de eerste behandeling gaat het nu om zes patiënten die niet meer in aanmerking komen voor een operatie, en die de standaardprocedure met chemotherapie al hebben doorlopen. "We hebben inmiddels een patiënt behandeld en verwachten er dit jaar nog vijf te behandelen."

## Best case scenario

Willink benadrukt dat het project door heel veel mensen wordt ondersteund. Hij is de studiecoördinator in het Radboudumc en noemt zichzelf "de vliegende keep", en hij wijst op het belang van de samenwerking met de verschillende afdelingen: heelkunde, oncologie, pathologie, radiologie, anesthesiologie en de klinisch fysica. "We hebben mensen apart opgeleid om te mogen en kunnen werken met deze holmiumbolletjes. Alleen al bij de eerste studie waren meer dan 60 mensen betrokken. Daarbij onderhouden we natuurlijk intensief contact met het bedrijf dat deze bolletjes beschikbaar heeft gesteld: Quirem Medical." Welke resultaten zijn realistisch bij de nieuwe behandeling? "Eerlijkheid gebiedt me te zeggen dat we nog niet goed weten wat er mogelijk is met de nieuwe techniek. Het best case scenario is een levensduurverlening bij patiënten die niet voor een operatie in aanmerking komen. Door ze met holmiumsferen te behandelen, zou de tumor kunnen krimpen zodat die loskomt van de bloedvaten, wat vervolgens een chirurgische ingreep mogelijk maakt." Het krimpen van de tumor kan er ook voor zorgen dat patiënten, die palliatieve zorg krijgen, minder last of pijn hebben wat tot verbetering van de kwaliteit van leven leidt. Daarnaast vertelt Willink dat de literatuur suggereert dat de



➤ Ysbrand Willink: "We gebruiken de CT- in plaats van de MRI-scan omdat die aanpak meer standaard is bij naaldplaatsingen. Bovendien zijn de holmiumsferen heel erg goed met een CT-scan waar te nemen."

tumor na bestraling gevoeliger kan worden voor chemotherapie. Dus wanneer opereren geen optie blijkt, zou een behandeling met chemotherapie afgewisseld met holmiumtherapie verlichting kunnen bieden. Willink: "Dat zijn hele interessante onderzoeksvragen waar we zeker in de toekomst mee aan de slag gaan." **K**

Menno Jelgersma

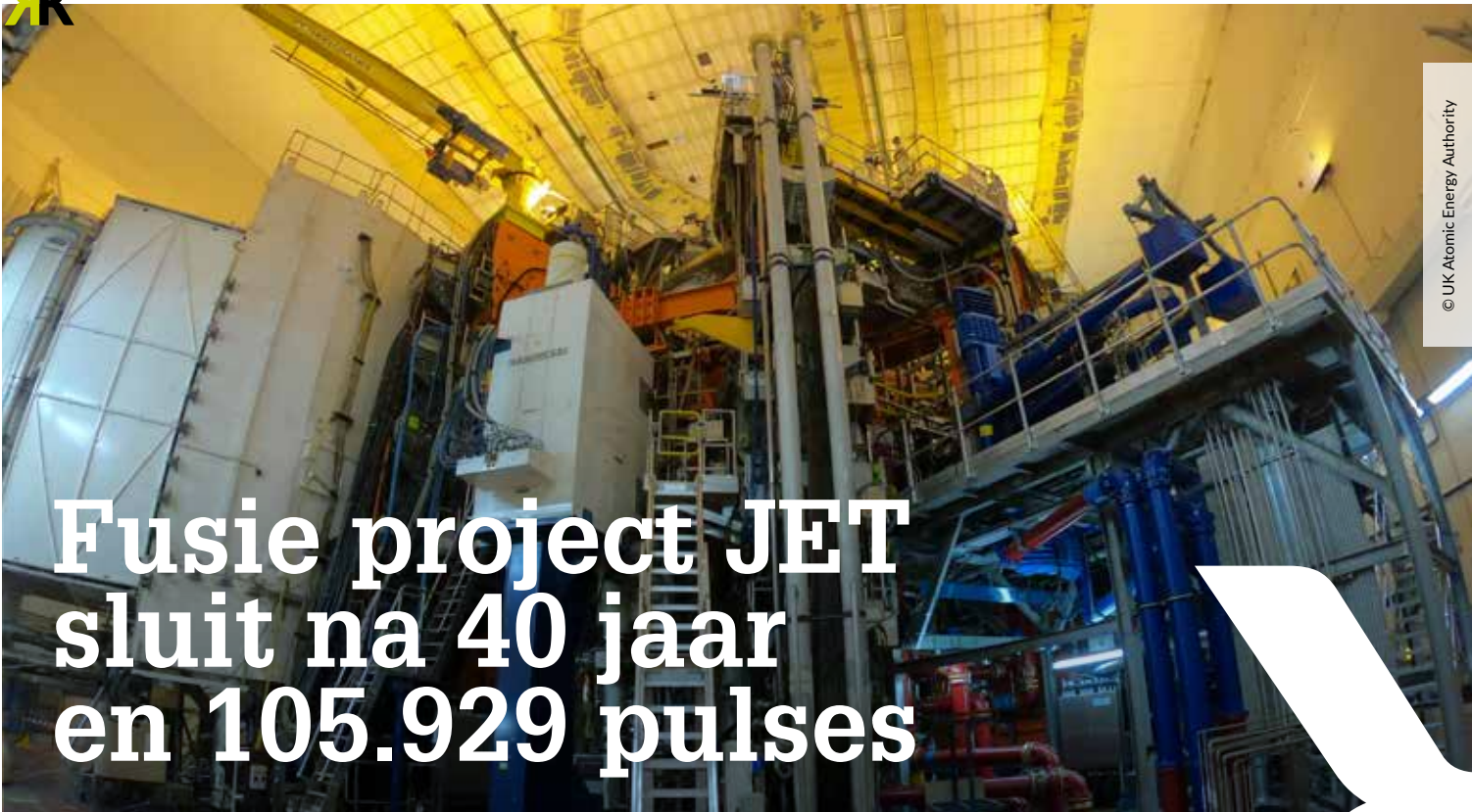


© Irene van Kessel

### Ysbrand Willink

Ysbrand Willink heeft Klinische Technologie gestudeerd aan de TU Delft, een multidisciplinaire opleiding die de brug vormt tussen geneeskunde en techniek. Na zijn bachelor heeft hij de driejarige masteropleiding Technical Medicine gevolgd, die zich vooral richt op interventies en medische beeldvorming in de zorg. Als bijna heeft hij in het laboratorium bij Quirem Medical in Deventer gewerkt. Dat was mogelijk omdat Willink ook beschikt over het benodigde certificaat om met radioactieve bronnen te mogen werken. Via Quirem Medical werd hij gewezen op een afstudeerproject naar de toepassing van holmiumsferen bij ex vivo alveeskliertumoren bij het Radboudumc. Na de succesvolle afronding hiervan kreeg Willink de mogelijkheid om als promovendus het project waar hij nu al bijna 3 jaar mee bezig is bij het Radboudumc verder uit te werken. De eerste studie is inmiddels klaar. Binnenkort verschijnt de publicatie hierover. In het lopende jaar hoopt Willink het tweede deel van het onderzoek te kunnen afronden, met de minimaal invasieve CT-geleide injectie van holmiumbolletjes. Op dit moment zoekt het Radboudumc naar patiënten die voor de behandeling in aanmerking willen komen. Wie meer informatie wil kan kijken op de website van het Radboudumc onder: SLOTH-2: Alveesklierkanker.





# Fusie project JET sluit na 40 jaar en 105.929 pulses

**V**orig jaar vierde de Joint European Torus, het grootste en meest succesvolle fusie-experiment ter wereld tot nu toe, haar veertigste operationele jaar. JET was één van de belangrijkste onderzoeksfaciliteiten van het Europese fusieprogramma, maar inmiddels heeft de torus haar laatste puls gegeven en is het project de ontmantelingsfase in gegaan.

JET is gevestigd op de campus van de UK Atomic Energy Authority (UKAEA) in Culham in Groot-Brittannië. Op 18 mei 1979 legde Guido Brunner, de toenmalige commissaris van de Europese Gemeenschap verantwoordelijk voor energieonderzoek, onderwijs en wetenschap, de eerste steen van het JET-laboratorium. De Joint European Torus was toen een project van elf landen: België, Italië, Luxemburg, Frankrijk, Nederland, West-Duitsland, Denemarken, Ierland, Zweden, Zwitserland en het Verenigd Koninkrijk. Inmiddels werkt de faciliteit onder het beheer gesteld van het EUROfusion een collectief. Dit consortium beheert en financiert de Europese fusie-

onderzoekactiviteiten namens Euratom, waar het Verenigd Koninkrijk na de Brexit geen lid meer van is. JET werd gebruikt door meer dan 31 Europese laboratoria. Meer dan 350 wetenschappers en ingenieurs uit 28 Europese landen gebruikten het JET-programma om onderzoek te doen naar het potentieel voor koolstofvrije fusie-energie in de toekomst. Met de JET konden temperaturen worden bereikt die 10 keer 'heter' zijn dan het centrum van de zon. Het project heeft in de loop der jaren een aantal mijlpalen bereikt, zo is het de grootste reactor van dit type ter wereld en heeft het 's werelds eerste gecontroleerde vrijlating van fusie-energie bereikt.

➤ De JET-fusiereactor in de torushal in Culham, VK

## Plasmastroom van 19.000 ampère

De JET-machine werd in 1983 in gebruik genomen. Het experimentele programma begon op 25 juni van dat jaar, met een plasmastroom van 19.000 ampère bij de eerste poging om plasma te verkrijgen. JET werd op 9 april 1984 officieel ingehuldigd door Koningin Elizabeth. JET was ook de eerste tokamak die een mix van deuterium en tritium gebruikte als brandstof (kortweg DT genoemd) waarmee het in 1997 een wereldrecord aan thermisch vermogen van 16,1 megawatt wist te bereiken. Vorig jaar verdubbelden onderzoekers eerdere records door in totaal 59 megajoule warmte-energie uit fusie te produceren in een periode van vijf seconden.

## Testcase voor ITER

JET is expliciet ontworpen om het gedrag van plasma te bestuderen onder de





© Met dank aan EUROfusion

✎ *Tony Donné: “De experimenten bij JET zijn het gevolg van de samenwerking en innovatie in de EUROfusion-gemeenschap en maken de weg vrij voor de volgende generatie fusieonderzoek en -technologie.”*

omstandigheden en met de afmetingen die in de buurt komen van een fusiereactor. De belangrijkste taak van JET was dan ook het voorbereiden van de bouw en de beoogde in bedrijfname van de experimentele fusiereactor ITER in Cadarache (F). De experimenten onderzochten fusieprocessen en controletechnieken onder vergelijkbare omstandigheden als en ter voorbereiding op toekomstige fusiecentrales en markeren een belangrijke sprong voorwaarts in ons begrip van fusieplasma's. Onderzoekers noemden de tokamak ook wel liefkozend

'little ITER'. In de afgelopen jaren is JET verbeterd om meer op ITER te lijken, zodat er specifieke studies voor ITER kunnen worden uitgevoerd. Een van de belangrijkste upgrades was om het vat uit te rusten met een binnenwand gemaakt van dezelfde materialen die gepland waren voor ITER: beryllium en wolfram. Samen met het verbeterde verwarmingsvermogen stelt deze ITER-achtige wand wetenschappers in staat om plasmascenario's te ontwikkelen die zo veel mogelijk lijken op de scenario's die gepland zijn voor ITER. JET-experimenten hebben ITER al geholpen bij het nemen van het besluit om met een volledige wolframdivertor te gaan werken, waardoor de investeringskosten aanzienlijk lager uitvallen. JET, dat zich in Culham bij Oxford in het Verenigd Koninkrijk bevindt, voerde maandag op zijn laatste dag nog plasma-experimenten uit en leverde vervolgens zijn 105.929e en laatste puls af, waarbij JET in een van zijn tegels werd begraven. De UK Atomic Energy Authority zei dat het zelfs op de laatste plasmadag “doorging met het verleggen van wetenschappelijke grenzen, waarbij eerst voor het eerst in Culham een omgekeerde plasmavorm werd geprobeerd, voordat elektronen doelbewust op de binnenwand werden gericht om meer inzicht te krijgen in straalcontrole en schademechanismen”. Ian Chapman,



© Met dank aan EUROfusion

✎ *Karl Tischler: “De experimenten bij JET hebben cruciale inzichten opgeleverd voor het ontwerp en de werking van toekomstige reactoren zoals het internationale ITER-experiment.”*

CEO van de UKAEA, die deel uitmaakte van de aanwezigen in de controlekamer voor het laatste plasma-experiment, zei: “Dit is de laatste mijlpaal in de 40-jarige geschiedenis van JET. Die decennia van onderzoek met JET door toegewijde teams van wetenschappers en ingenieurs hebben een cruciale rol gespeeld in het versnellen van de ontwikkeling van fusie-energie.” Na de buitengebruikstelling gaat JET over op hergebruik en ontmanteling, een proces dat naar verwachting tot ongeveer 2040 zal duren. **K**

## De weg is vrij voor de volgende generatie fusieonderzoek

Eind november 2023 kondigde EUROfusion de succesvolle voltooiing aan van de derde en laatste grote experimentele deuterium-tritiumcampagne (DTE3) in de Joint European Torus-fusiemachine (JET). Op de website van euro-fusion.org schrijft Karl Tischler dat de experimentele campagne bij JET werd uitgevoerd door meer dan 300 wetenschappers uit heel Europa die deelnamen aan EUROfusion, samen met technische en wetenschappelijke medewerkers van de United Kingdom Atomic Energy Authority. Tischler schrijft dat JET de enige bestaande faciliteit in zijn soort was die kon werken met de hoogwaardige deuterium-tritium brandstofmix die in toekomstige fusiecentrales zal worden gebruikt. Tischler: “Terwijl de meeste fusie-experimenten alleen gebruik maken van brandstoffen zoals waterstof of deuterium, is het testen met deze deuterium-tritium mix essentieel om de omstandigheden van een echte fusiecentrale zo dicht mogelijk te benaderen. De experimenten bij JET hebben fusiereacties in deuterium-tritium geoptimaliseerd en technieken ontwikkeld om brandstofretentie, warmteafvoer en materiaalevolutie te beheren. Dit heeft cruciale inzichten opgeleverd voor het ontwerp en de werking van toekomstige reactoren zoals het internationale ITER-experiment en de DEMO demonstratiefusiecentrale en voor alle andere inspanningen wereldwijd om fusiecentrales te ontwikkelen.” Tony Donné, Programmamanager (CEO) bij EUROfusion, benadrukt: “Deze experimenten bij JET zijn het gevolg van de samenwerking en innovatie in de EUROfusion-gemeenschap en maken de weg vrij voor de volgende generatie fusieonderzoek en -technologie.”

# Britten willen civiele nucleaire capaciteit verviervoudigen

**I**n januari publiceerde de Britse overheid de *Civil nuclear: roadmap to 2050*. Hierin schetst ze de plannen voor een grote uitbreiding van kernenergie, inclusief een potentiële gigawattreactor die Hinkley Point C en Sizewell C - waarover dit jaar een definitief investeringsbesluit zal worden genomen - op zal volgen. De doelstelling van een verviervoudiging van de nucleaire capaciteit van 6 naar 24 GW werd voor het eerst aangekondigd in de energiezekerheidsstrategie van 2022.

In een groot deel van de 20e eeuw werd kernenergie wereldwijd gezien als de toekomst voor een schone, betrouwbare en betaalbare energiebron. In het Verenigd Koninkrijk werd in 1957 's werelds eerste commerciële kerncentrale in Calder Hall in Cumbria in gebruik genomen. Ook tijdens de oliecrises die in de jaren 70 chaos veroorzaakten op de energiemarkten, werd kernenergie gezien als de redder in nood. In de jaren 80 keerde de publieke opinie zich tegen kernenergie en werden plannen voor nieuwbouw bijna overal ingetrokken. De laatste jaren staat kernenergie echter weer volop in de aandacht, niet in de laatste plaats vanwege de zorgen over de klimaatverandering die wordt veroorzaakt door broeikasgassen afkomstig van fossiele verbranding en kernenergie juist CO<sub>2</sub>-vrije energie produceert. Sinds Rusland Oekraïne aanviel is daar het argument bijgekomen dat Europa voor de leveringszekerheid van energie niet meer afhankelijk wil zijn van Russisch aardgas en -olie.

## Grootschalige kerncentrales en SMR's

Terwijl in Nederland de overheid in 2022 koos voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales en een onderzoek naar het langer in bedrijf houden van de Kerncentrale Borssele, neemt de Britse regering nog grotere stappen in de uitbreiding van nucleair en publiceerde recent de *Civil nuclear: roadmap to 2050*. Hierin staat hoe zij de ambitie wil waarmaken dat het VK in 2050 maar liefst 24 GWe aan nucleaire opwekkingscapaciteit heeft. Dat komt neer op een verviervoudiging van de huidige capaciteit waarmee op termijn aan ongeveer 25 procent van de verwachte elektriciteitsvraag van het land kan worden voldaan. De plannen omvatten stappen voor het onderzoeken van zowel de bouw van grootschalige kerncentrales als SMR's. De Britse regering heeft zich voorgenomen om tussen 2030 en 2044 elke vijf jaar voor 3-7 GW aan investeringsbeslissingen te nemen voor nieuwe nucleaire projecten. Het VK

heeft zich ook aangesloten bij meer dan 20 landen, waaronder de VS, Frankrijk, Ghana en de Verenigde Arabische Emiraten, door de netto nul-verklaring over kernenergie te onderschrijven, waarin wordt opgeroepen tot een wereldwijde verdrievoudiging van kernenergie in 2050. Volgens de roadmap is het omvormen van de energiemix om groener en onafhankelijker te worden een enorme onderneming, maar het Verenigd Koninkrijk bevindt zich in een goede positie om hierin te slagen.

## Noodzaak voor een routekaart

Op het hoogtepunt in het midden van de jaren negentig produceerde het VK ongeveer 13 GW aan elektriciteit uit kernenergie, maar dit is afgenomen tot ongeveer 6 GW op dit moment. De routekaart beschrijft de weg naar een heropleving van kernenergie in het VK, zowel wat betreft de langetermijnstrategie als de beleidsmaatregelen die op korte termijn genomen moeten worden. "Het doel is om aan te tonen hoe kernenergie kan en zal bijdragen aan het streven van de regering om tegen 2050 een netto nul-uitstoot te bereiken en zo de energiezekerheid van het VK te versterken. Zonder kernenergie is er geen geloofwaardig pad naar een energie-neutrale situatie of energiezekerheid en het is nu tijd om te handelen." Met de routekaart geeft de Britse regering een ondubbelzinnig signaal af aan de kernenergiesector. Maar vooral ook aan potentiële investeerders met een tijdschema voor de belangrijkste beslissingen en acties, en duidelijkheid over de rol die de overheid en de industrie moeten spelen bij het ondersteunen en mogelijk maken van deze ontwikkeling. In de routekaart wordt uitgelegd hoe toekomstige investeerders en ontwikkelaars met de Britse overheid kunnen overleggen over de bruikbaarheid van de beschikbare financieringsmodellen. Investeerders en ontwikkelaars van nieuwe nucleaire projecten kunnen met de overheid in gesprek over de geschiktheid van Contract for Difference (CfD) en Regulated Asset Base (RAB) financieringsmodellen. Daarnaast

### Verschillende soorten nucleaire technologieën

Grote kernreactor <i>Large scale nuclear reactor</i>	Kleine Modulaire Reactor <i>Small Modular Reactor (SMR)</i>	Geavanceerde Modulaire Reactor <i>Advanced Modular Reactor (AMR)</i>
<p>Grootschalige kernenergie is een zeer koolstofarme technologie die betrouwbare basislastermogen levert ter aanvulling van hernieuwbare energieopwekking op een zeer klein landoppervlak.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Momenteel zijn er wereldwijd ongeveer 440 reactoren in bedrijf, waarvan 9 in het VK op 5 locaties.</li> <li>• De huidige nucleaire vloot in het VK voorziet ongeveer 13 miljoen huizen van stroom op een oppervlakte van minder dan een vierkante mijl.</li> <li>• Het vermogen van moderne grootschalige reactoren varieert van ongeveer 1.1 GW tot ongeveer 1.6 GW.</li> <li>• 2 reactoren in Hinkley Point C zijn momenteel in aanbouw met een verwachte levensduur van 60 jaar en een gezamenlijk vermogen van 3.2GW.</li> </ul>	<p>Kleine modulaire reactoren zijn kleinere versies van conventionele watergekoelde kernreactoren.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ze maken gebruik van bestaande technologie die wordt toegepast in kleinere eenheden (&lt; 500 MW).</li> <li>• Ze hebben een innovatief model voor fabricage en constructie (modulaire bouw/manufacturage).</li> <li>• Warmteafgifte rond 300 °Celsius.</li> <li>• Potentiële toekomstige output: ontzilting, waterstofproductie, stadsverwarming.</li> </ul>	<p>AMR's zijn de volgende generatie kernenergie. Deze reactoren gebruiken nieuwe en innovatieve brandstoffen, koelmiddelen en technologieën om hoogwaardige warmte op te wekken.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Omvatten een verscheidenheid aan verschillende reactor types.</li> <li>• Warmteafgifte rond 500-900 °Celsius.</li> <li>• Mogelijke toekomstige output: hoge temperatuur warmte voor moeilijk te ontkolen industrieën en waterstofproductie.</li> </ul>

© Department for Energy, Security and Net Zero



zal de regering overleg plegen over de opname van kernenergie in de Groene Taxonomie, om toegang te krijgen tot nieuwe investeringsstimulansen.

## Het pad naar 2050

De doelstellingen en acties in de komende twaalf maanden zullen de basis leggen voor de langetermijnstrategie in de nucleaire sector waartoe onder meer de volgende stappen worden genomen:

- Voltooiing van het door GBN (Great British Nuclear, officieel British Nuclear Fuels Ltd is een bedrijf voor kernenergie en splijtstoffen dat eigendom is van de Britse regering) geleide selectieproces voor SMR-technologie (Small Modular

Reactor), waarbij wordt aangekondigd welke technologieën zullen worden ondersteund om tegen 2029 een definitief investeringsbesluit te bereiken.

- Streven naar een definitief investeringsbesluit voor de nieuwbouw bij de bestaande kerncentrale Sizewell C voor het einde van dit Parlement.
- Toezicht houden op de bouw van reactoreenheden 1 en 2 in Hinkley Point C door EDF Energy, zodat het eerste nieuwe nucleaire project al later dit decennium online kan komen.
- Een reactie publiceren op de raadpleging over de ontmanteling van kerncentrales en het beheer van radioactieve stoffen, waaronder radioactief afval.

- Streven naar een demonstratieproject van een hogetemperatuurgasreactor in 2030.

Voor de langere termijn zijn de volgende doelstellingen geformuleerd:

- Het verkennen van een grootschalig reactorproject.
- Streven naar investeringsbeslissingen om van 2030 tot 2044 elke vijf jaar 3-7GW te leveren, om te voldoen aan de ambitie om tegen 2050 tot 24GW aan kernenergie op te wekken.
- Het ontwikkelen van overheidsbeleid om investeringen in geavanceerde nucleaire technologieën te ondersteunen, naar aanleiding van de raadpleging over alternatieve routes naar de markt. **K**

## Kernenergie is het perfecte tegengif

Rishi Sunak, premier van het VK: "Kernenergie is het perfecte tegengif voor de energie-uitdagingen waar Groot-Brittannië voor staat - het is groen, goedkoper op de lange termijn en zal de energiezekerheid van het Verenigd Koninkrijk voor de lange termijn garanderen. Dit is de juiste beslissing voor de lange termijn en het is de volgende stap in ons streven naar kernenergie, die ons op koers zet om in 2050 op een weloverwogen en duurzame manier netto nul te bereiken."



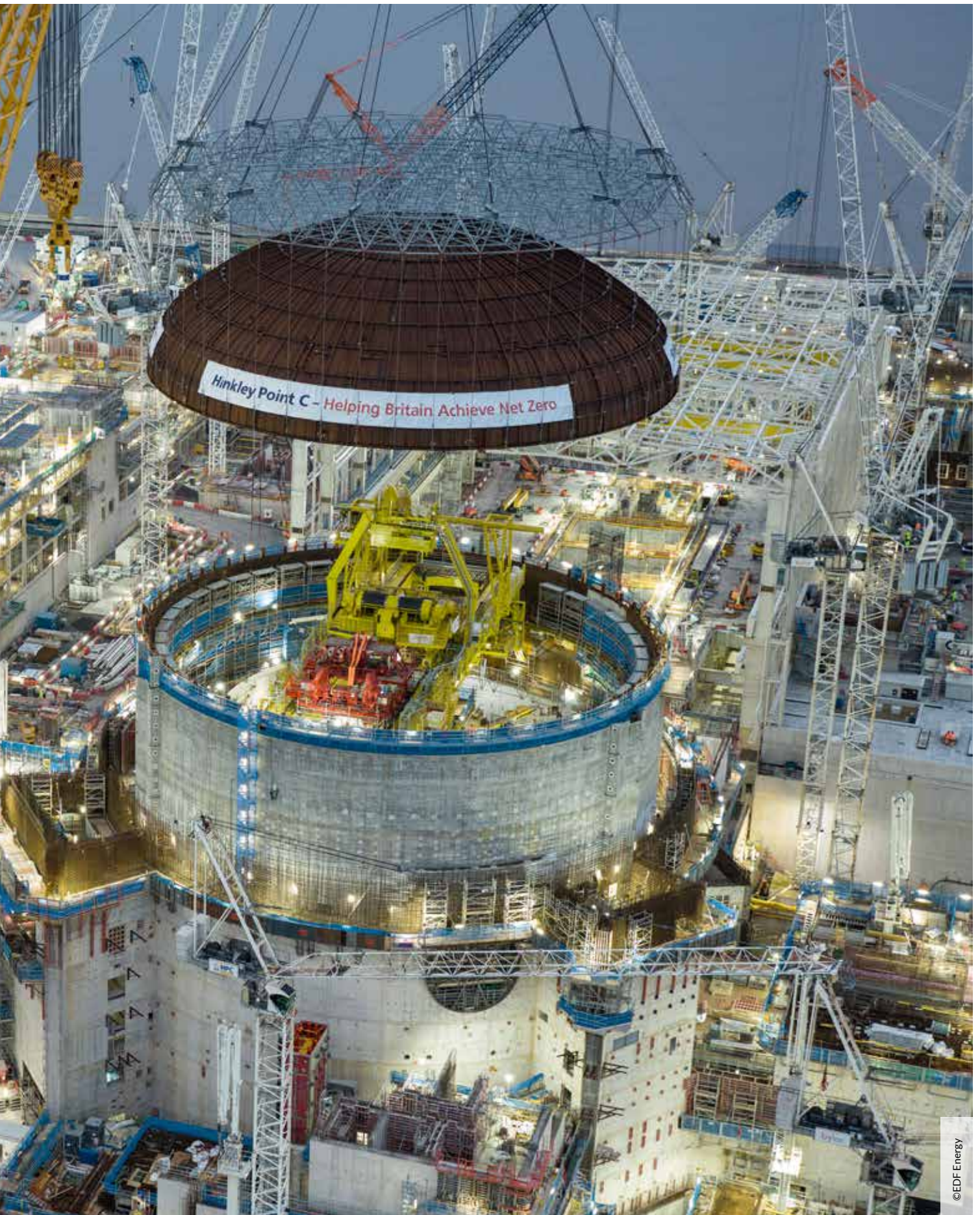
## Spectaculaire plaatsing van de koepel op reactorgebouw bij Hinkley Point C

- 's Werelds grootste kraan Big Sur plaatste de 47 meter brede en 14 meter hoge koepel op het eerste reactorgebouw van Hinkley Point C in Somerset, Engeland.
- De 245 ton zware koepel sluit het 44 meter hoge gebouw af, waardoor de volgende fase van het werk, weersonafhankelijk, kan versnellen.
- Dankzij het inhijzen kan de eerste reactor in 2024 worden geïnstalleerd.

De koepel voor het eerste reactorgebouw van Hinkley Point C is met succes op zijn plaats gehesen. De koepel is het bovenste deel van het binnenste omhulsel van het reactorgebouw - een stalen cilinder in beton. De koepel, met een diameter van 47 meter, is breder dan de koepel van St Paul's Cathedral in Londen. De koepel is opgebouwd uit 38 geprefabriceerde panelen die naar Hinkley Point C zijn verscheept en ter plekke in een fabriek aan elkaar zijn gelast. Prefabricage en modulaire bouw zijn belangrijke kenmerken van de constructie van Hinkley Point C.

Eerder deze maand werd de 750 ton zware ringkraan in één stuk op zijn plaats gehesen boven de derde - en laatste - stalen voeringring van het reactorgebouw. Deze interne kraan draait 360° boven de reactor en wordt gebruikt om bij te tanken en apparatuur te installeren. Simon Parsons, Nuclear Island Area Director, zei: "Het bouwen van de eerste kerncentrale in een generatie is een uitdagende klus en het succes van deze complexe operatie is te danken aan de vastberadenheid en toewijding van onze fantastische teams. Het optillen van de koepel stelt ons in staat om door te gaan met het plaatsen van apparatuur, leidingen en kabels, waaronder de eerste reactor die op de locatie komt en volgend jaar geïnstalleerd kan worden." Uiteindelijk zullen de twee kernreactoren van de kerncentrale koolstofvrije elektriciteit leveren voor zes miljoen huishoudens, en een grote bijdrage leveren aan de energiezekerheid van Groot-Brittannië voor de komende decennia. **K**





©EDF Energy



# Opening FIELD-LAB



**K** Karlijn van der Schilden, R&D Manager Medical Isotopes NRG | PALLAS en Vinod Ramnandanlal, commercieel directeur bij NRGIPALLAS hebben veel samengewerkt bij de oprichting van FIELD-LAB

**N**a jaren van voorbereiding is op 7 december de FIELD-LAB-faciliteit in Petten officieel geopend. Karlijn van der Schilden is R&D Manager Medical Isotopes NRG | PALLAS en aanjager van het FIELD-LAB-project.

“FIELD-LAB in Petten is een traject waarin we als NRG | PALLAS samenwerken met vier academische centra en met verschillende industriële partners. Tezamen zullen we de ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen voor de behandeling van kanker helpen versnellen.”

FIELD-LAB omvat meer dan het pas geopende laboratoriumgebouw in Petten vertelt Van der Schilden. “Samen met onze partners bestrijkt FIELD-LAB de volledige route van de ontwikkeling van nucleaire geneesmiddelen. Van de ontwikkeling van nieuwe medische isotopen en verwerking van isotopen voor research en preklinisch onderzoek, tot de GMP-productie (Good Manufacturing Practice) voor klinisch trials met eindproducten.” NRG|PALLAS beschikt weliswaar over een complete nucleaire infrastructuur op de Energy & Health Campus in Petten, maar ook de Nederlandse academische medische centra en industriële partners maken dus deel uit van dit FIELD-LAB-project. Van der Schilden: “De academische partners en industriële partners

ontwikkelen een nieuw medicijn, bij NRG | PALLAS produceren we het medische isotoop, zoals bijvoorbeeld lutetium-177 of lood-212.

## Sneller toegang tot meer isotopen

Het initiatief dat door NRG|PALLAS in 2018 werd gestart, richt zich op het versnellen en stimuleren van innovatieprojecten in de nucleaire geneeskunde en voor de behandeling van kanker die zich in de klinische fasen I en II bevinden. Klinische studies die gericht zijn op medische productontwikkeling worden opgedeeld in vier fasen. De Fase I-studie richt zich op onderzoek naar veiligheid en optimale dosis, terwijl in de Fase II-studie het nieuwe product bij een beperkte groep patiënten

wordt getest. De focus van het FIELD-LAB ligt op dit moment op het ontwikkelen van medische toepassingen van lutetium-177 en lood-212. “Dat komt omdat er heel veel klinische trials zijn op basis van lutetium en lood en er ook nog eens meer te verwachten zijn”, aldus Van der Schilden. Ze benadrukt dat het FIELD-LAB medische isotopen kan leveren voor fase I en II klinische trials. Commerciële productie voor fase III klinische trials met een grote groep patiënten of voor de reguliere zorg wordt de scope van het Nuclear Health Center wat op de Energy & Health Campus in Petten zal worden gebouwd. “Met de faciliteiten in Petten en de samenwerkingen met partners vergroten we het aantal klinische studies zodat uiteindelijk meer eindproducten beschikbaar komen voor de behandeling van kankerpatiënten.”

Good Manufacturing Practices (GMP) Ontwikkelaars van nieuwe medicijnen zijn wettelijk verplicht om te werken via Good Manufacturing Practices (GMP). Een van de belangrijkste uitbreidingen op de Energy & Health Campus is dan ook de bouw van het GMP-lab geweest. Voordat een fabrikant medicijnen mag produceren of medicijnen in trials toegepast mogen



worden is onder andere een vergunning nodig van de Inspectie Gezondheidszorg en Jeugd waarin staat vermeld dat het bedrijf voldoet aan alle eisen die gesteld worden om volgens GMP te werken. Werken volgens GMP geeft zekerheid dat er een degelijk kwaliteitsborgingsysteem wordt gehanteerd en geeft garantie over de kwaliteit van geproduceerde geneesmiddelen. Ook voor de productie van isotopen waarmee geneesmiddelen worden bereid, worden GMP-eisen gesteld. Van der Schilden: “We beschikken nu over de Hoge Flux Reactor, in de toekomst zal dat de PALLAS-reactor zijn. We nemen onze verantwoordelijkheid om bij te dragen aan de ontwikkeling van medische isotopen. Die ontwikkeling is in eerste instantie research. Zo leveren we al geruime tijd lood-212 aan partners voor hun onderzoek. Maar om de isotopen geschikt

te maken voor klinische fase I of II van nieuwe nucleaire medicijnen, is een GMP-faciliteit voor de productie van de isotopen gewoon noodzakelijk. Voor academische ziekenhuizen is het niet haalbaar om een faciliteit te bouwen voor het zuiveren van een isotoop uit hoogradioactief bestraald materiaal.”

## Organisatiebreed gedragen

Bij NRG|PALLAS werken er ongeveer 60 mensen bij het FIELD-LAB en bij de partners ook nog eens 15 tot 20 mensen. Maar Van der Schilden wil toch vooral kwijt dat het succes van FIELD-LAB niet mogelijk zou zijn zonder de hele NRG|PALLAS-organisatie. “De isotopen worden voor het FIELD-LAB in de reactor bestraald en in de laboratoria ontmanteld. We doen vaak een beroep op collega’s binnen NRG|PALLAS omdat plannen

regelmatig aangepast worden als resultaten uit ontwikkeling anders uitvallen. Dan moet omwille van onderzoek bij partners snel een bestraling tussendoor gepland worden bijvoorbeeld.” Iedereen binnen de organisatie is van FIELD-LAB op de hoogte en alle afdelingen zijn erbij betrokken, zoals de ICT-afdeling of de facilitaire dienst. “Maar bijvoorbeeld ook de afdeling inkoop, die procedures moet aanpassen en samen met de kwaliteitsafdeling leveranciers kwalificeren, want onze producten moeten aan de hoogste eisen voldoen. Dus 60 mensen zijn er misschien direct bij betrokken, maar FIELD-LAB wordt organisatiebreed gedragen anders was het niet zo succesvol geweest.”

## Hoogtepunt

Van der Schilden is al vanaf het begin betrokken bij het FIELD-LAB-project. “Ik werk vanaf 2007 bij NRG en heb me altijd al gericht op de medische toepassing van isotopen. Al snel kwam ik erachter dat je partners nodig hebt. Niet in de laatste plaats omdat het niet veel zin heeft om isotopen te gaan ontwikkelen, als je niet weet of er behoefte aan is en ook niet als je niet weet of het wel werkt of niet. In 2011 hebben we daarom al een overeenkomst met partners gesloten om samen te gaan werken. De opening van het FIELD-LAB was voor Van der Schilden een hoogtepunt. “Het was heel gaaf om de positiviteit te voelen, om tezamen met de partners te kunnen zeggen: dit hebben we bereikt. We kunnen echt wat betekenen voor al die mensen die kanker hebben en vooruitzien naar nog meer werkzame medicijnen.” **K**



➤ Maarten van der Weijden hield bij de opening een inspirerend verhaal over zijn eigen ervaringen.

## Veelbelovende projecten

Op dit moment loopt er al een aantal veelbelovende projecten, zoals de humane pilotstudie met radioactief cisplatine. Dit project is erop gericht om patiënten te kunnen selecteren voor chemotherapie met niet-radioactief cisplatine. De eerste humane pilotstudie (met 6 patiënten) bevindt zich in afrondende fase. Andere belangrijke projecten omvatten de ontwikkeling van unieke technologieën voor de productie van de isotopen lood-212 en lutetium-177. Lutetium-177 is al wat langer op de markt en wordt gebruikt om neuro-endocriene tumoren te behandelen. Het wordt ook toegepast voor de behandeling van uitgezaaide prostaatkanker. Dat betekent dat er heel veel vraag is naar lutetium, ook voor ontwikkeling van nieuwe medicijnen. Lood-212 is veelbelovend omdat het een alfa-emitter is en effectiever kan zijn dan lutetium-177. NRG | PALLAS vergroot met FIELD-LAB de beschikbaarheid van deze isotopen om de ontwikkeling van nieuwe medicijnen mogelijk te maken.

# Intentieverklaring samenwerking mbo-onderwijs en nucleaire sector

**D**e Nederlandse overheid heeft concrete ambities voor de realisatie van twee nieuwe kerncentrales in Nederland. Dit noodzaakt de instroom van medewerkers met voldoende basiskennis van de nucleaire industrie. Daarom hebben diverse partijen in de nucleaire sector en het onderwijs op 12 januari een intentieverklaring getekend om het mbo-onderwijs op het gebied van nucleaire technologie en samenwerking te stimuleren. Een en ander moet leiden tot nieuwe onderwijspakketten op het gebied van nucleaire technologie en stralingsbescherming, gecoördineerde stagetrajecten en betere beroepsoriëntatie.

Het doel van de samenwerking is een impuls geven aan de instroom van technische studenten richting de nucleaire sector door het ontwikkelen van een (nieuw) nucleair mbo-curriculum. Voor de realisatie van de Nederlandse nucleaire ambities is instroom en opleiden van mbo-studenten cruciaal. De intentieverklaring

vormt het startsein voor samenwerking van kennisinstellingen met het mbo-onderwijs en de Nederlandse nucleaire sector. De deelnemende partijen zijn: NRG|PALLAS en TU Delft (werken al samen in de Nuclear Academy<sup>1</sup>), mbo-onderwijs; vertegenwoordigd door Scalda, Horizon College/Regio College, Vonk en ROC van Twente en

Bedrijfsleven, vertegenwoordigd door COVRA, EPZ en Urenco.

## Ambities

De nucleaire sector in Nederland heeft een nieuwe dynamiek gekregen. De Nederlandse overheid heeft concrete ambities voor de realisatie van twee nieuwe kerncentrales in Nederland. Er wordt onderzoek gedaan naar het langer openhouden van de huidige kerncentrale in Borssele. Als gevolg van geopolitieke ontwikkelingen is de behoefte aan grondstoffen voor brandstof van kernreactoren bovendien toegenomen. Daarom zal de capaciteit voor de verrijking uranium door Urenco in Almelo (Overijssel) worden uitgebreid. En voor de realisatie van de nieuwe PALLAS-reactor in Petten (Noord-Holland), waar medische isotopen worden geproduceerd, worden inmiddels ook forse stappen gezet.

## Kennis en menskracht nodig

Voor de realisatie van al deze ambities dient de instroom van medewerkers met voldoende basiskennis van de nucleaire industrie verbeterd en vergroot te worden. Dat vraagt om een versterking van de relatie tussen de nucleaire sector en onderwijsinstellingen, waarbij het mbo een cruciale rol speelt. De samenwerkende partners zetten in op nieuwe onderwijspakketten op het gebied van nucleaire technologie en stralingsbescherming, gecoördineerde stagetrajecten en betere beroepsoriëntatie om studenten enthousiast te maken voor een carrière in de nucleaire sector. De organisaties ontwikkelen een meerjarenplan voor de samenwerking en gaan de mogelijkheden voor financiering verkennen. Hierin staan de initiatiefnemers uiteraard open voor uitbreiding van de samenwerking met andere mbo-instellingen, bedrijven en organisaties. **K**





# Jaarbijeenkomst Vereniging Nucleair Nederland

**O**p vrijdag 8 december vond de Nucleair Nederland Jaarbijeenkomst plaats bij het Reactor Institute Delft. Het was voor de vereniging een mooi moment om met vertegenwoordigers van alle leden, te weten: TU Delft, COVRA, NRG, EPZ, PALLAS, Urenco en SHINE ervaringen van het afgelopen jaar uit te wisselen. Het werd een geslaagde dag waarbij toch vooral de boodschap doordrong om goed samen te werken, want er komen grote uitdagingen op de sector af zowel op medisch gebied als op het gebied van energie.

Ad Louter, directeur Urenco Nederland en voorzitter van de Vereniging Nucleair Nederland verzorgde de opening van de bijeenkomst en heette alle aanwezigen welkom. Als gastheer hield Wim Koppers, directeur Reactor Institute Delft (RID) de eerste presentatie over het RID en vertelde onder meer over de vorderingen van het OYSTER-project, een voor het RID cruciaal onderdeel waaraan verscheidene instrumenten voor materiaalonderzoek zijn gekoppeld. Bram Paul Jobse, financieel directeur EPZ ging in op de uitdagingen en kansen voor kernenergie in Nederland en de ontwikkeling van nucleaire projectclusters bij EPZ: nieuwbouw van grote centrales, middelgrote en kleine centrales, de bedrijfsduurverlenging van de KCB en

de toekomstige ontmanteling van de KCB. Jan Boelen, directeur van COVRA, benadrukte het stabiele beleid van de COVRA sinds 1984 en het belang van een langetermijnperspectief van minstens 150 jaar. Altijd centraal bij COVRA staat de maatschappelijke acceptatie en inbedding. Om dat te bereiken is COVRA een open, transparante en gastvrije organisatie. Ook Ad Louter keek vooruit en vertelde onder meer over de strategische focus van Urenco Nederland met de uitbreidingen van Hal 8 en 9 en uitbreiding van het aandeel stabiele isotopen, waarvan Urenco de enige Europese leverancier is. Ook wijst hij op de onzekerheden als gevolg van de oorlog in Oekraïne en hoe Urenco zijn bedrijfsstrategie het beste hierop kan aanpassen. Bertholt

Leeftink, CEO Personele Unie van PALLAS en NRG, vraagt zich af of de nucleaire sector wel voldoende georganiseerd is en geeft zelf aan dat hier nog winst is te behalen. “We moeten ons een spiegel voorhouden en de grote maatschappelijke uitdagingen aangaan, waar we als sector aan bij kunnen dragen.” Nucleair is een onderdeel van de oplossing van het energievraagstuk. Hij vertelt over het laatste nieuws bij de ontwikkeling van PALLAS met de keuze voor een aannemer. In 2024 zal ook de fusie plaats vinden tussen NRG en PALLAS. Ook de voorzitters van de werkgroepen van Nucleair Nederland: CONN (Communicatie), SONN (Security), RONN (Regulators) en het recentelijk nieuw opgerichte HONN (Human Resources) gaven toelichting over wat er in het afgelopen jaar is bereikt en waar de focus voor het komende jaar ligt. De vereniging had ook drie externe sprekers uitgenodigd: Mart van Bracht, programmadirecteur systeemintegratie bij de Topsector Energie. Bieke Oskam, adviseur bij Linking Partners en Hidde Baars, director government affairs NL & EU Urenco. Zij gingen respectievelijk in op: het Meerjarig Missie-gedreven Innovatie Programma MMIP dat tot doel heeft de achterstanden op zowel het vlak van ‘Human Capital’ als kennis en innovatie in te lopen, Kernenergie en Den Haag (verkiezingsuitslag), een terugblik en een vooruitblik en het EU-beleid rond de energietransitie die sterk is gedomineerd door hernieuwbare energie. Na alle presentaties dankte Ad Louter de aanwezigen voor hun bijdragen en benadrukte nog eens dat het mooi is dat de sector het in de afgelopen jaren voor elkaar heeft gekregen om als ‘nucleair’ op de kaart te staan.

De Nederlandse politiek heeft zich met het Klimaatakkoord tot doel gesteld om in 2030 bijna de helft minder aan broeikasgassen uit te stoten ten opzichte van 1990. Dit akkoord is de invulling van het Klimaatverdrag van Parijs dat in 2015 werd gepresenteerd op de klimaatop in Parijs. Hierin heeft Nederland tezamen met 194 landen afgesproken om in 2050 de stijging van de gemiddelde ➤



wereldtemperatuur te beperken tot 1,5 graad Celsius, maar in ieder geval tot onder 2 graden Celsius. Om dit te halen is een enorme verduurzaming noodzakelijk waarbij de uitstoot van broeikasgassen met 55% in 2030 moet afnemen, tot 100% emissiereductie in 2050 ten opzichte van 1990. In het afgelopen jaar werd kernenergie als een nieuwe missie toegevoegd aan de Topsector Energie. Voor de realisatie is structurele waarborging en versterking van de nucleaire kennisinfrastructuur in Nederland onmisbaar.

## Topsector Energie

De Topsector Energie is de organisatie achter alle innovaties die nodig zijn voor de transitie naar een betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam energiesysteem. De missies voor energietransitie en duurzaamheid bepalen de prioriteiten van de Topsector Energie en heeft hiertoe een missie-gedreven innovatiebeleid in het leven geroepen. Missie-gedreven Meerjarige Innovatie Programma's waarin 7 missies zijn opgenomen, met kernenergie als laatst opgenomen en zevende missie: MMIP Kernenergie in een CO<sub>2</sub>-vrije energievoorziening in 2050. De missie van het programma, zoals de Rijksoverheid in een Rapport op 20 december 2023 publiceerde, luidt: 'Het waarborgen en versterken van een toekomstbestendige nucleaire (kennis)-infrastructuur, onder andere door via dit MMIP gericht te investeren in onderwijs, onderzoek en innovatie. We richten ons daarbij niet alleen op de huidige technieken: via gerichte investeringen versterken we ook de kennis rondom nieuwe reactoren, die in 2050 een wezenlijk onderdeel kunnen zijn van een stabiele, CO<sub>2</sub>-vrije energievoorziening. Daarbij is van belang dat er een breed scala aan technici en nucleaire experts wordt opgeleid op mbo-, hbo- en wo-niveau.' Van Bracht wijst in zijn presentatie op de twee deelprogramma's: Human Capital Agenda en het Kennis- en Innovatieprogramma, een en ander onderverdeeld in drie tijdsperiodes: -2024, 2025-2026, 2027-2030. "We streven



➤ *Mart van Bracht: "De impact van kernenergie in het Nederlandse energiesysteem is nog niet op orde. Het ministerie van EZK zal daarom in 2024 een studie opzetten om dit te verhelpen."*

naar versterking van de kennisbasis van de TU Delft, maar ook de kennispositie van andere universiteiten en instellingen, en een inzet naar meerjarige lange termijn wetenschappelijke onderzoeksprogramma's", zo wordt het verwoordt in het programma. Wat betreft de hbo's en mbo's is een inventarisatie van de behoefte noodzakelijk naast het aantrekken van respectievelijk lectoren en expertiseplatforms waar praktijkgericht onderzoek wordt uitgevoerd (practoraten).

## Impact van kernenergie in het Nederlandse energiesysteem

Wat betreft de Hoofdlijnen Kennis en Innovatieprogramma wijst Van Bracht op de aanpak van zogenaamde roadmaps. Deze zullen de kennisleemtes en innovatiebehoefte in kaart brengen en aantonen waar welke investeringen nodig zijn en wie wanneer actie moet nemen om de noodzakelijke kennis en innovaties

beschikbaar te maken. "De tweede aanpak betreft een Nationaal meerjarig wetenschappelijk onderzoeksprogramma", aldus Van Bracht. Hij legt uit dat deze uit twee fasen bestaat en uitgaat van een vraag gestuurde agenda die wordt begeleid door stakeholders. Het doel is om een opzet te realiseren die ervoor zorgt dat opgedane kennis ook zo snel mogelijk kan worden gebruikt en toegepast. Ook het Technologie ontwikkelingsprogramma als derde aanpak bestaat uit 2 fasen met als doel om innovatie te stimuleren bij met name het bedrijfsleven, inclusief het MKB. Het vierde instrument zijn Vraag-gestuurde programma's van TNO en NRG. Dit jaar al zullen enkele wetenschappelijk onderzoeksprogramma's worden opgestart bij TNO en NRG. Het gaat hierbij om de thema's: opleiding en training, integratie van kernenergie in het energiesysteem en maatschappelijk draagvlak waar het gaat om kernenergie. Als laatste noemt Van Bracht het onderdeel Implementatieprogramma's, gericht op bijvoorbeeld het opzetten van demonstratieprojecten, de ontwikkeling van 'serious games', of de realisatie van digitale simulatoren met als doel de opgedane kennis in de praktijk te brengen. Waar het gaat om de Systeemkennis (inpassing van kernenergie in het Nederlandse energiesysteem) als een van de 8 thema's van de Kennis & Innovatie agenda, ziet Van Bracht dat de impact van kernenergie in het Nederlandse energiesysteem nog niet op orde is. Het ministerie van EZK zal daarom in 2024 een studie opzetten om dit te verhelpen. De thema's waar volgens Van Bracht de eerste aandacht naar uit zullen gaan zijn de kennis over nucleaire reactor- en splijtstofcyclustechnologie en hoge temperatuur waterstofproductie. In januari 2024 startte de uitvoering van het programma, waarbij de focus dit jaar zal liggen op onder andere: Inventarisatiestudies en roadmaps, Uitbreiding staf TUDelft, de Nuclear Academy en de oproep voor voorstellen voor lectoren en het opzetten van practoraten. **K**



## Decarboniseren zonder te de-industrialiseren

**H**eeft u het gelezen in de krant? Duitsland heeft in 2023 slechts 673 miljoen ton CO<sub>2</sub> uitgestoten, het laagste niveau in 70 jaar! Ook Nederland heeft een flink dalende uitstoot de laatste jaren. Goed nieuws zou u zeggen, en dat is het

ook, voor het klimaat. Maar ga je naar de oorzaken kijken, dan blijkt er ook reden tot zorg: voor een belangrijk deel komt de daling niet door alle zonnepanelen en windturbines die wij opstellen, maar doordat de energie-intensieve industrieën minder hebben geproduceerd.

Ook die industrie heeft het moeilijk sinds de prijzen voor energie zo gestegen zijn. En onze overheid is minder ijverig bezig om die bedrijven te steunen dan de overheid in de landen rondom ons. Met als gevolg dat het huidige vestigingsklimaat voor energie-intensieve bedrijven (denk aan: kunstmest, (petro)chemie en metaalproducenten) vrij guur is geworden. Om wat voorbeelden te noemen: aluminiumsmelter Aldel was al failliet, zinkfabriek Nyrstar NL produceert sinds kort niet meer, de VDL gieterij in Heerlen stopt ermee, en Sabc is zich aan het bezinnen op haar activiteiten op het Chemelot terrein in Limburg.

Als dat zo doorgaat betekent dat dat onze CO<sub>2</sub> uitstoot zal dalen (decarbonisatie), maar óók dat onze economie zal krimpen (de-industrialisatie). Dan moeten we onze spullen uit het buitenland halen, en wie zegt dat die daar klimaat- en milieuvriendelijker geproduceerd worden?

Daarom mijn welgemeend advies aan ons volgend kabinet: bedrijf industriepolitiek als Nederlandse overheid. Bega niet de fout onze maakindustrie weg te jagen, maar help hen CO<sub>2</sub>-arm te produceren. Zo bouwen we aan een toekomstbestendige economie waarin de generaties na ons ook een mooi inkomen kunnen verdienen. En als je heel slim bent als kabinet, dan realiseer je je dat kernenergie veel potentieel heeft voor het leveren van elektriciteit en warmte, en dat wij voldoende gevestigde bedrijven en start ups binnen de landsgrenzen hebben die klaar staan om ons te helpen dat te realiseren. **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.

# Grondwater: Hoe wetenschappers de vervuiling en duurzaamheid ervan bestuderen

**G**rondwater is goed voor ongeveer 30 procent van al het zoetwater in de wereld, waardoor het een belangrijke bron is voor het aanpakken van de huidige mondiale problemen, zoals de groei van de wereldbevolking, intensivering van de landbouw en toenemend watergebruik in verschillende sectoren zoals olie- en gaswinning en mijnbouw, kleding- en textielproductie en veeteelt. Om grondwater te beschermen tegen de bedreigingen van overmatige onttrekking en vervuiling, en om het duurzaam te beheren voor de toekomst, is het essentieel om te begrijpen waar grondwater op specifieke locaties vandaan komt, wat de kwaliteit ervan is en hoe snel het zich aanvult. Wetenschappers kunnen dit soort onderzoek uitvoeren door de 'vingerafdrukken' van water te analyseren, die 'isotopen' worden genoemd. Dit zijn variaties van atomen in het watermolecuul.

## Wat is grondwater?

Grondwater is water dat zich onder de grond bevindt. Het kan verborgen zitten in de scheuren en ruimten binnen rotsen en sedimenten, waardoor het een ondergrondse bron vormt, gehuisvest in wat bekend staat als een aquifer. Afhankelijk van de eigenschappen van de aquifer kan grondwater met behulp van pompputten worden gewonnen voor irrigatie, drinkwatervoorziening, industriële

watervoorziening en andere menselijke activiteiten.

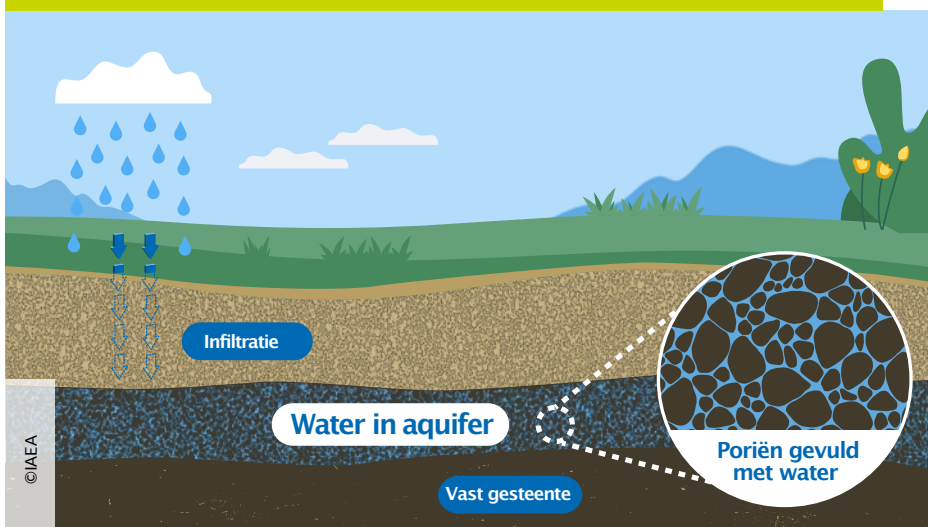
## Hoe ontstaan aquifers en waarom moeten we er verstandig mee omgaan?

Grondwater maakt deel uit van de watercyclus. Na regenval trekt een deel van het water in de bodem en, aangedreven door de zwaartekracht, migreert het continu door de ondergrond verder naar

beneden en beweegt totdat het uiteindelijk wordt tegengehouden door compact, ondoordringbaar gesteente, een aquiclude genoemd. Veel aquifers zijn verbonden met en worden gevoed door rivieren en andere oppervlaktewaterlichamen tijdens het droge seizoen. In het natte seizoen kan dit systeem worden omgekeerd, waarbij grondwater terugstroomt naar rivieren en meren en deze aanvult.

De snelheid waarmee een watervoerende laag wordt aangevuld, hangt af van het klimaat en de omgeving op de plek waar het water wordt aangevuld. Het kan eeuwen duren voordat watervoerende lagen in een gebied met weinig neerslag weer gevuld zijn. Daarentegen kunnen ondiepe watervoerende lagen in een gebied met veel neerslag vrijwel onmiddellijk worden aangevuld. Klimaatverandering, die leidt tot intensere droogteperiodes maar ook tot intensere lokale regenval, heeft dus invloed op hoe snel grondwaterlagen zich vullen en dus op hoeveel grondwater mensen duurzaam kunnen gebruiken. Het intensieve gebruik van grondwater voor menselijke activiteiten, zoals landbouw en industrie, op een schaal die de snelheid waarmee grondwaterlagen zich herstellen

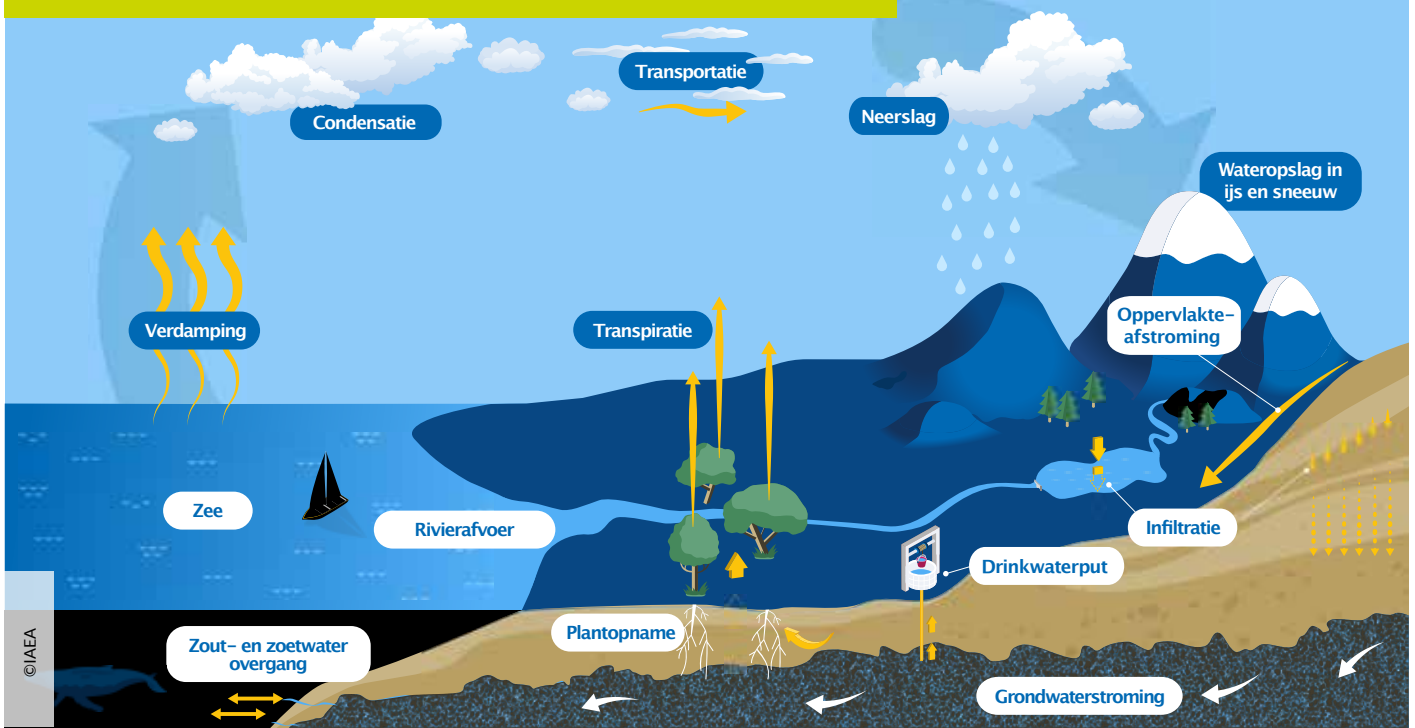
✂ Een aquifer is een poreus gesteente dat water bevat en waaruit water kan worden gewonnen (Infographic: Adriana Vargas/IAEA).





➤ Aquifers zijn een integraal onderdeel van de watercyclus en hun aanvullingsnelheid hangt onder andere af van regenval (Infographic: Adriana Vargas/IAEA).

## Waterkringloop



## Bronnen van grondwaterverontreiniging



➤ Mogelijke bronnen van grondwaterverontreiniging door menselijke activiteiten (Infographic: Adriana Vargas/IAEA).

overschrijdt, kan niet alleen de integriteit van de grondwaterlagen in gevaar brengen, die dreigen in te storten als ze worden drooggelegd, maar ook de totale hoeveelheid water die mensen kunnen gebruiken, omdat grondwater een belangrijk deel van het beschikbare zoetwater in de wereld vormt. Bovendien is grondwater niet altijd schoon genoeg voor menselijk gebruik. Menselijke activiteiten aan de oppervlakte, zoals het lozen van afvalwater en het overmatig gebruik van pesticiden en meststoffen, waaronder dierlijke mest, behoren tot de belangrijkste bronnen van verontreiniging en vervuiling van grondwater. Het kennen van de oorsprong van verontreinigende stoffen is daarom de eerste stap in het aanpakken van problemen met de waterkwaliteit.

Wat zijn isotopen en hoe kunnen ze wetenschappers helpen om water te begrijpen? Het watermolecuul bestaat uit atomen van zuurstof en waterstof. Sommige variaties van de atomen van hetzelfde chemische element, isotopen genoemd, kunnen worden gebruikt om de watercyclus

te bestuderen, waaronder grondwater. Isotopen zijn atomen van hetzelfde element met hetzelfde aantal protonen maar een verschillend aantal neutronen. Er worden verschillende "isotopische" technieken gebruikt om de hoeveelheden en verhoudingen van isotopen te meten en hun oorsprong, geschiedenis, bronnen en interacties in het milieu te traceren. Water heeft een verschillende of unieke isotopische "vingerafdruk" of "isotopische handtekening", afhankelijk van waar het vandaan komt. Wetenschappers analyseren isotopen om de beweging en vervuilingbronnen van water op zijn weg door de watercyclus te volgen.

### Hoe gebruiken wetenschappers isotopen om vast te stellen of grondwater overmatig wordt gebruikt?

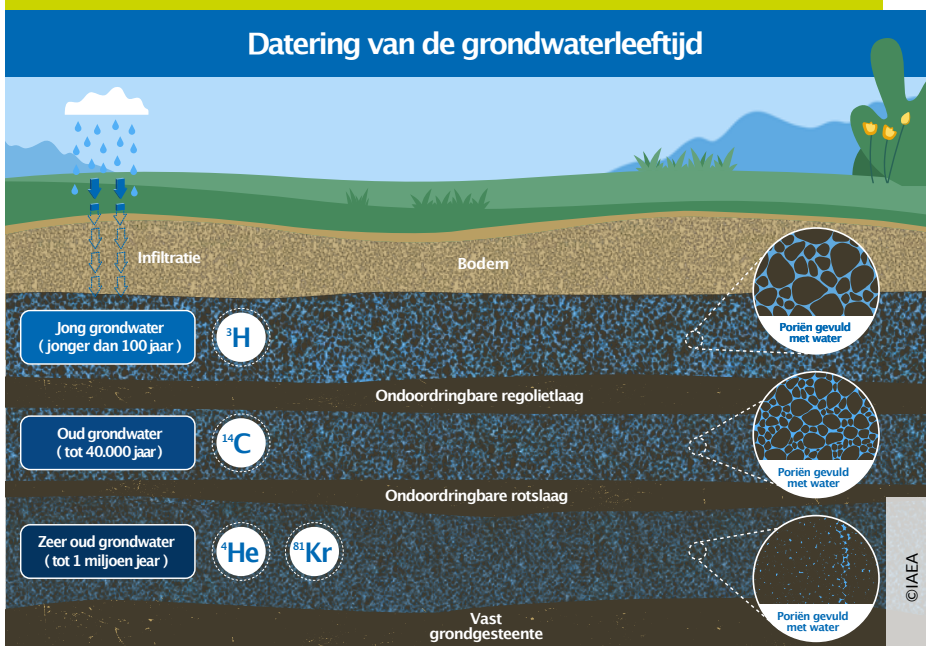
Wetenschappers gebruiken isotopen in grootschalige onderzoeken naar water om de hoeveelheid, leeftijd en oorsprong ervan te bepalen en om vast te stellen of de hoeveelheid die door mensen wordt gebruikt duurzaam is. Zo worden radio-isotopen die

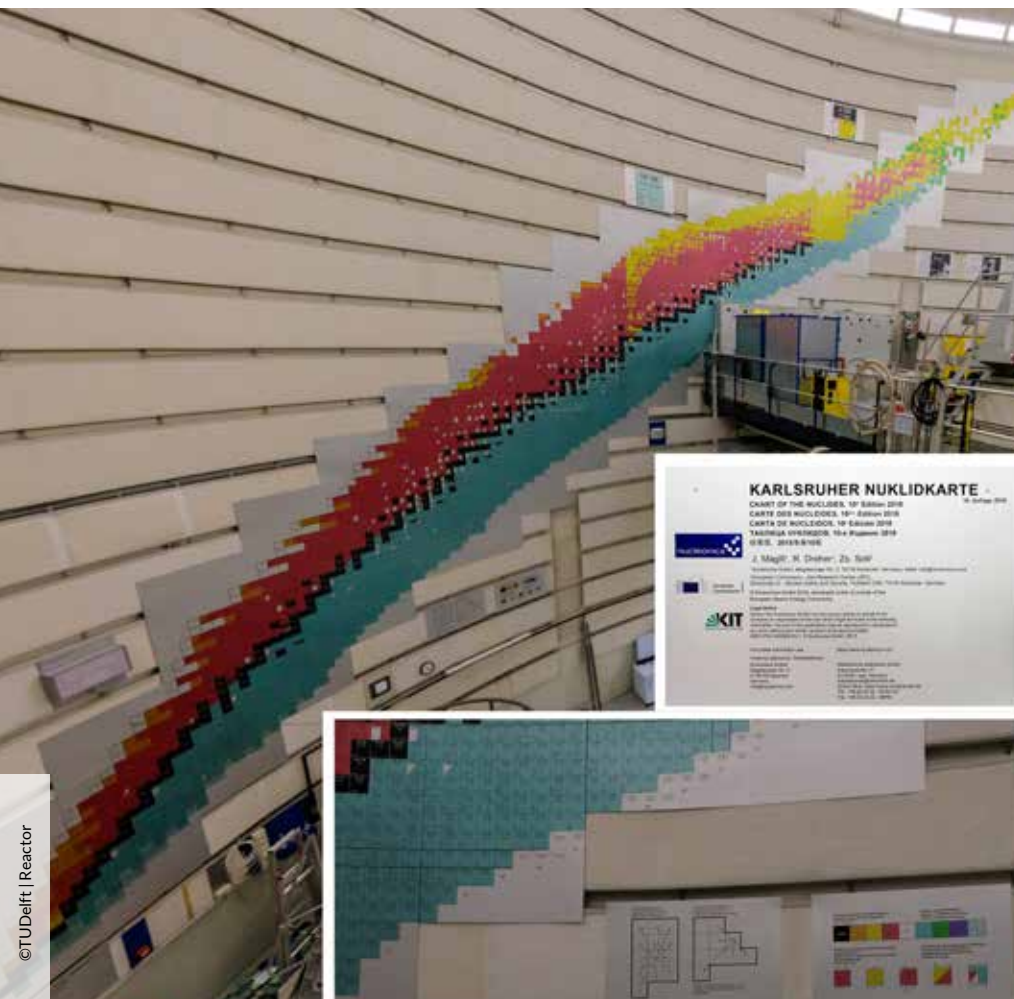
van nature aanwezig zijn in grondwater, zoals tritium, koolstof-14 en de edelgasen helium-3, helium-4 en krypton-81, gebruikt om meer te weten te komen over hoe oud grondwater is en over de tijdschaal waarop grondwater stroomt. Door de concentratie van verschillende combinaties van zowel stabiele als radio-isotopen te analyseren, kunnen wetenschappers berekenen wanneer het water in watervoerende lagen precies wordt aangevuld, hoe snel het grondwater stroomt en hoelang het duurt om weer aan te vullen. Met deze gegevens kan bijvoorbeeld worden vastgesteld of landbouwactiviteiten in een bepaald gebied al dan niet een hoeveelheid grondwater opeisen die niet snel genoeg wordt aangevuld om op de lange termijn in de irrigatiebehoeften te voorzien.

### Hoe gebruiken wetenschappers isotopen om grondwaterverontreiniging te bestuderen?

Wetenschappers gebruiken specifieke isotopen zoals stikstof-15, zuurstof-18 en zwavel-34 om verontreinigende stoffen zoals nitraat en sulfaten te identificeren. Ze gebruiken deze isotopen ook om vast te stellen of het grondwater op een bepaalde locatie veilig is voor menselijk gebruik. Wetenschappers kunnen bijvoorbeeld vaststellen of water dat vervuild is met een overmatige hoeveelheid nitraat, vervuild is door menselijk afval of door meststoffen. Nitraationen bestaan uit stikstof en zuurstof, en stikstof heeft twee isotopen terwijl zuurstof er drie heeft. De verhouding van deze isotopen is verschillend in menselijk afval en in meststoffen. Daarom kan de bron van de vervuiling worden geïdentificeerd op basis van deze isotopische verschillen. Het kennen van de oorsprong van vervuilende stoffen is een mijlpaal in het aanpakken van problemen met waterkwaliteit en het werken aan duurzaam beheer van waterbronnen. **K**

➤ Door de isotopen in grondwater te analyseren, kunnen wetenschappers vaststellen hoe oud het water is en afleiden hoelang het duurt voordat een watervoerende laag weer is aangevuld op basis van de hoeveelheid water die wordt opgepompt voor menselijke activiteiten (Infographic: Adriana Vargas/IAEA).





# Nuclidenkaart op gigaformaat

**D**e onderzoeksreactor van TU Delft Reactor Institute van de faculteit Technische Natuurwetenschappen heeft een aantal jaar geleden een nieuwe koepelbeplating aan de buitenkant laten plaatsen. Wat van buitenaf niet te zien is: de binnenzijde van de reactorhal heeft nu een unieke bekleding gekregen met de, voor zover bekend, grootste nuclidenkaart ter wereld.

Als je een bèta-achtergrond hebt zal je de nuclidenkaart of isotopenkaart wel kennen. Menig schoollokaal of onderwijsinstelling heeft er eentje hangen. Deze wandkaart is ontwikkeld in Karlsruhe door Walter Seelmann-Eggebert en zijn assistent Gerda

Pfennig. De eerste gedrukte uitgave van de Karlsruhe Nuclidenkaart dateert uit 1958 in de vorm van een wandkaart. De kaart is nog steeds in verschillende formaten verkrijgbaar: als vouwkaart, wandkaart of een zogenaamde auditoriumkaart in het

formaat 0,43m x 3,16m. In het instituut in Delft wordt de kaart uiteraard veelvuldig gebruikt bij onderwijs en onderzoek omdat alle neutronen, protonen, isotopen en het verval van niet-stabiele nucliden van deze kaart kan worden afgelezen.

## Ruim 3000 nucliden

De medewerkers van TU Delft Reactor Institute hebben deze kaart naar een heel nieuw niveau getild: ze hebben deze kaart heel groot laten afdrukken op aluminium panelen en aan de binnenzijde van de reactorhal gemonteerd. De nuclidenkaart is zo'n 19 meter bij 13 meter; diagonaal van waterstof tot oganesson is de lengte maar liefst 23 meter. De ruim 3.000 nucliden zijn geprint op ongeveer 100 platen. Deze versie van de kaart is uniek in zijn soort. De kaart is mogelijk de grootste nuclidenkaart ter wereld. Het is enerzijds een illustratie van de kern van het werk dat met de reactor gedaan wordt en anderzijds zal het zeer van pas komen voor de uitleg bij de vele rondleidingen en het onderwijs bij de reactor.

## Samenwerking

Het oorspronkelijke idee om de nuclidenkaart groots af te beelden begon bij stralingsdeskundige Henk van Doorn. De Karlsruhe nuclidenkaart (10e editie 2018) is aangeschaft bij Nucleonica. Zij hebben ook hun goedkeuring gegeven om deze digitale kaart te verwerken tot de uiteindelijke printversie. De platen zijn geprint door Polychromal. Zij hebben een bijdrage geleverd aan het printproces wat niet eenvoudig bleek door de enorme schaal van het project met alle kleine details. Meer info over de huidige eigenaar van Karlsruhe Nuclidenkaart is te vinden bij het Joint Research Centre (JRC) van de EU. JRC levert onafhankelijk, met feiten onderbouwde kennis en wetenschap waarmee de EU-beleid wordt ondersteund om een positieve maatschappelijke bijdrage te leveren. **K**

TU Delft



AN OLIVER STONE FILM

# NUCLEAR NOW

TIME TO LOOK AGAIN



**O**p 17 maart is de feestelijke première van de nieuwste documentaire: **Nuclear Now** van regisseur - en BAFTA en Oscarwinnaar - **Oliver Stone** in Tuschinski, Amsterdam. De vertoning zal worden omlijst met een openingswoord en gesprek tussen directeur **WePlanet Nederland Olguita Oudendijk**, **Oliver Stone** en directeur **Urenco Nederland Ad Louter**. De moderator van deze avond is **journalist, auteur van het boek De schijn regeert** en radio- en televisiepresentator **Roderick Veelo**.

De wetenschap ontsloot het gebruik van kernenergie halverwege de 20e eeuw, eerst voor bommen en daarna om onderzeeërs van energie te voorzien. De Verenigde Staten leidden de inspanningen om elektriciteit op te wekken uit deze nieuwe bron. Maar in het midden van de 20e eeuw, toen samenlevingen begonnen met de overgang naar kernenergie en afstapten van fossiele brandstoffen, begon een langdurige PR-campagne om het publiek bang te maken, deels gefinancierd door steenkool- en oliebelangen. Deze campagne zou angst zaaien over onschadelijke lage straling en verwarring creëren tussen kernwapens en kernenergie. Door het probleem recht in de ogen te kijken, laat Oliver Stone zien dat kennis het tegengif tegen angst is, en dat we met onze menselijke vindingrijkheid de klimaatcrisis kunnen oplossen als we die gebruiken. Voor zijn documentaire kreeg hij ongekennde toegang tot de nucleaire industrie in Frankrijk, de VS en Rusland. Hij onderzocht zo de mogelijkheid voor de wereldgemeenschap om de uitdagingen van klimaatverandering en energiearmoede te overwinnen en om een betere toekomst te creëren met behulp van kernenergie.

Na de première zal de film op diverse plekken in Nederland en Brussel te zien zijn. Na elke vertoning verzorgt Replanet een paneldiscussie met diverse experts.



QR-code met een link naar tourdata: [replanet.nl/nntd](http://replanet.nl/nntd)  
De kortingscode **KERNVISIE10** geeft bij het afrekenen  
10% korting op de kaartprijs voor de première!

**wePlanet**  
NETHERLANDS

