

hoogtepunten

2016



The image features large, bold, blue numbers '2016' in a sans-serif font. The numbers are positioned in the upper half of the page, with the '2' and '0' on the top line and the '1' and '6' on the line below. The background is white, and the numbers are set against a large, abstract blue shape that curves from the bottom left towards the center.This block contains the large, bold, blue number '16' in a sans-serif font, positioned in the middle of the page. It is part of the overall '2016' graphic, with the '1' and '6' being the focus of this specific section. The background is white, and the number is set against the same large, abstract blue shape seen in the previous block.

“ Met beide voeten in de maatschappij ”

Helemaal in lijn met zijn missie werkt het SCK•CEN rond thema's die belangrijk zijn voor onze maatschappij, nu en in de toekomst: de veiligheid en efficiëntie van nucleaire installaties, de berging van radioactief afval, de bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling, duurzame ontwikkeling ... Zo bouwen we mee aan een leefbare samenleving, voor onszelf en de generaties die na ons komen.



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

hoogtepunten
2016

BESTE LEZER

De jaren volgen elkaar op, maar elk jaar is anders: 2015 was uitdagend in allerlei opzichten; 2016 bleek woeliger door een reeks onvoorziene acties die bovenop de geplande projecten kwamen. De tragische terroristische aanslag in Brussel bracht ons ertoe de uitvoering van ons veiligheidsplan te versnellen, onze veiligheidsdiensten te versterken, en tevens een nauwe en doeltreffende samenwerking op te zetten met de militairen die werden ingezet op onze site.

Onvoorziene omstandigheden hebben ons er echter niet van weerhouden om al onze ambitieuze projecten te verwezenlijken, zoals u zal ontdekken in dit jaarverslag.

Ons nieuw strategisch plan hertekent de contouren van de toekomst van ons onderzoekscentrum. Meer dan ooit willen wij onze inspanningen richten op belangrijke gebieden waarop wij - dankzij onze wetenschappers, onze deskundigheid en onze unieke infrastructuur - een echte meerwaarde kunnen betekenen voor onze samenleving.

Onze onderzoeksreactor BR2 heeft zijn grondige opknapbeurt met glans doorstaan. Een tijdige heropstart die door de wetenschappelijke en medische gemeenschap werd gevierd tijdens een academische zitting in aanwezigheid van Hare Koninklijke Hoogheid Prinses Astrid. In BR2 zullen wij onze inspanningen verdubbelen om nieuwe medische radio-isotopen te produceren die nog doeltreffender zijn tegen kanker. Nucleaire geneeskunde, die centraal staat in ons strategisch plan, dient trouwens als rode draad in de ontwikkeling van vele disciplines van het SCK•CEN. Wist u dat oude thoriumbronnen zeldzame en waardevolle hulpmiddelen kunnen blijken bij de ontwikkeling van nieuwe behandelingen van kanker? Ontdek in deze uitgave de vooruitgang van onze onderzoekers op het gebied van *Targeted Alpha Therapy*.

Het MYRRHA-project gaat ook vooruit met zijn nieuw stapsgewijs implementatieplan. De eerste stap in het programma van deze polyvalente onderzoeksinstallatie: de bouw van de versneller en van proefstations voor de productie van radio-isotopen en materiaalonderzoek. In deze editie geeft Archimedes een boost aan de ontwikkeling van de MYRRHA reactor, maar ook de ontdekking van bijzonder innovatieve en veelbelovende structurele materialen voor de reactoren van de 4^e generatie onthullen.

Water is een vitale en essentiële hulpbron voor onze wereld. Maar ook voor onze wetenschappers. Water speelt een cruciale rol in ons onderzoek naar geologische berging in diepe kleilagen, op ongeveer 225 meter diep. Net als aan de oppervlakte, waar het water dat u dagelijks verbruikt strikt wordt gecontroleerd in onze laboratoria.

Op internationaal vlak heeft ons onderzoekscentrum zich in 2016 opnieuw kunnen onderscheiden door de vele prijzen die onze jonge onderzoekers hebben gewonnen en de vooraanstaande functies die aan onze deskundigen werden toevertrouwd, in het bijzonder in het prestigieuze wetenschappelijk comité UNSCEAR van de Verenigde Naties.

Hoe kunnen tot slot in de Kempen ontwikkelde toepassingen voor ruimtemissies van lange duur in Afrika landen? You will be 'Inspired' to read it!

Eric van Walle

Directeur-generaal
van het SCK•CEN



01

De toekomst begint nu

- 06 Nieuw strategisch plan van het SCK•CEN
- 10 De rol van een onderzoekscentrum in onze samenleving
- 12 Beveiliging en veiligheid hebben prioriteit
- 14 Onderzoeksreactor BR2 klaar voor nieuwe uitdagingen

02

Boost voor MYRRHA

- 20 Gefaseerde implementatie
- 23 Sluitende tests over het gedrag van componenten
- 26 Corrosiekringloop uniek in zijn soort
- 28 Structurele materialen voor reactoren van de 4^e generatie

03

Technologie in functie van innovatie

- 32 Fusie: ongekennde bestralingscampagne in BR2
- 36 225 meter ondergedompeld in Boomse Klei
- 40 U_3O_8 : het ontbrekende puzzelstuk
- 43 Nieuwe perspectieven voor behandeling van kanker

04

Bijdragen aan grote maatschappelijke uitdagingen

- 48 Hans Vanmarcke aan het hoofd van UNSCEAR-comité van de Verenigde Naties
- 52 Naar de beste diagnostische en therapeutische behandelingen
- 57 Sleutelrol in radioactiviteitsmetingen voor drinkwater
- 59 Aan wetenschap doe je met en voor mensen
- 62 Ruimteonderzoek stimuleren in Congo

05

Kerncijfers



De toekomst
begint nu

01

Klare kijk op de toekomst

Nieuw strategisch plan SCK•CEN

“De toekomst voorspellen kunnen we niet. Erop voorbereid zijn wel.” Frank Hardeman, adjunct-directeur-generaal, verklaart waarom het SCK•CEN zijn strategie vernieuwde. “Geen breuk met het verleden, wel een heroriëntatie. Ons strategisch plan vormt een evenwichtige visie die toekomstige beslissingen ondersteunt over onderzoek, installaties en medewerkers.”

Ooit draaide alles bij het SCK•CEN rond kernenergie. Maar dat is niet meer zo, zegt Frank Hardeman: “Onderzoek, dienstverlening en kennisopbouw rond veilige toepassingen van kernenergie blijft een hoeksteen. Maar de wereld verandert. Door de verouderende bevolking en de aandacht voor gezondheid zijn we steeds meer actief in medische ontwikkelingen. Ook voor de nucleaire afvalproblematiek en ontmantelingsaspecten zijn we een vooraanstaand kenniscentrum.”

Performante infrastructuur

Het SCK•CEN kan zijn expertise alleen aanbieden als de infrastructuur performant is. “Daarom hebben we pas de refurbishment van reactor BR2 achter de rug en bereiden we nauwgezet MYRRHA voor. Innovatie is belangrijk. Ook andere installaties zijn van belang: het nabestralingsonderzoek in het Laboratorium voor Hoge en Middelhoge Activiteit (LHMA), het ondergrondse laboratorium HADES, de toekomstige campus voor medisch nucleair onderzoek en een tiental kleinere installaties.”



“ Door de verouderende bevolking en de aandacht voor gezondheid zijn we steeds meer actief in medische ontwikkelingen. ”



“ Onze jonge en internationale groep medewerkers bruist van energie. ”

Moderne context

Tegelijkertijd wil het SCK•CEN constructieve relaties onderhouden met de wetenschappelijke wereld, veiligheidsautoriteiten, overheid en industriële partners, zowel in België als daarbuiten: “We streven naar structurele samenwerking met toonaangevende landen op wereldniveau die op ons een beroep willen doen voor infrastructuur of kennis die zij niet in huis hebben.”

Mensen werken graag bij het SCK•CEN. Frank Hardeman stelt vast: “Er is weinig personeelsverloop. Maar we willen onze medewerkers een moderne context, financiële zekerheid en ontwikkelingsmogelijkheden bieden. Daarom gaan we ze meer vertrouwd maken met soft skills, het middenkader meer verantwoordelijkheden geven, het geïntegreerd managementsysteem volledig uitwerken, enzovoort.”

“De balans tussen commerciële toepassingen en zuivere wetenschap zal als een rode draad door onze beslissingen lopen. We ondersteunen onze mensen om aan onderzoek en ontwikkeling te doen als activiteit die naar inkomsten voor het SCK•CEN leidt. Maar we blijven een evenwichtig instituut en behouden uitdrukkelijk het wetenschappelijke luik van onze activiteiten.”

“In 2017 zetten we ons strategisch plan op muziek”, besluit Frank Hardeman. “We werken een actieplan uit en roepen een opvolgingstool in het leven. Dit is het ideale moment om de dingen concreet te maken. Onze jonge en internationale groep medewerkers bruist van energie. Je gaat nog van het SCK•CEN horen. Veel en vaak!”

“Kennis delen, zowel nationaal als internationaal, daar is het SCK•CEN altijd gul mee geweest”, stelt Frank Hardeman. “We willen onze kennisactiviteit – zowel opbouwen, beheren als verspreiden – voor onze organisatie nog meer structureren via ons Learning Center en onze Academy. Onze afdeling Human Resources zal een bijdrage leveren om het competence management van onze mensen verder te ontwikkelen.”

Vastberaden kijken naar de toekomst in wankelende tijden

Welke rol speelt het SCK•CEN in onze maatschappij?

Of het SCK•CEN nog een rol te spelen heeft in onze maatschappij? Meer dan ooit, zegt secretaris-generaal Christian Legrain. Het onderzoekscentrum moet nog meer bekendheid verwerven als een baken van objectiviteit en innovatief wetenschappelijk onderzoek.

De kijk op de energieproblematiek is vandaag niet altijd gebaseerd op feiten. Zeker in West-Europa geven ideologen en goeroes de toon aan. Wat is de rol van het SCK•CEN in dit tijdsgewricht?

Christian Legrain: Ik pleit ervoor om ernstig te blijven. We moeten onze activiteiten met continuïteit ondersteunen. Dat betekent onderzoeken, als expertisecentrum optreden, feiten staven, cijfers onderbouwen, complexe wetenschap op een verstaanbare manier verwoorden. Kortom, op een volwassen manier wetenschap beoefenen. Het SCK•CEN doet altijd aan grondig onderzoek en wil een objectieve kijk geven op alles wat met kernenergie te maken heeft. Nooit subjectief, altijd verantwoord. Dat is van belang in een samenleving die de trappers kwijtraakt door de massa aan informatie die ons via internet en sociale media overspoelt. De rol van de deskundige moet centraal blijven staan in domeinen als energie en gezondheidszorg, waarin de nucleaire technologie ongetwijfeld een cruciale opdracht te vervullen heeft.

“*Het SCK•CEN doet altijd aan grondig onderzoek en wil een objectieve kijk geven op alles wat met kernenergie te maken heeft. Nooit subjectief, altijd verantwoord.*”

Het terrorisme – en de maatregelen daartegen – heeft zijn invloed op de werking van het SCK•CEN. Hoe bekijkt u dat?

Helaas is de wereld veranderd, we moeten leren leven met deze nieuwe situatie... Ik vind de beveiligingsmaatregelen noodzakelijk, maar we moeten een open imago behouden, want we hebben een maatschappelijke opdracht. De 'grenzen' zijn er niet om óns te beschermen, maar wel de burgers en onze medewerkers.

Hoe zorgt het SCK•CEN ervoor dat de inzet van zijn personeel op een hoog peil blijft?

We doen steeds meer inspanningen op het vlak van human resources. Zo hebben we opleidingen in people management gegeven. En er is een parcours uitgetekend voor 135 meer ervaren kaderleden, zodat zij hun kennis en expertise kunnen doorgeven aan jongere medewerkers. Dat creëert perspectief voor de jeugd, die we ook aanspreken via onze Academy. We motiveren jongeren om wetenschappen te gaan studeren, we dienen projecten in voor wedstrijden – ons 'Inspiration'-project (zie pagina 62) is een mooi voorbeeld van de talrijke initiatieven die we genomen hebben – en we nemen deel aan evenementen voor leerlingen zoals de Creativiteitsmarathon. Wetenschap is aantrekkelijk en heeft met allerlei aspecten van onze maatschappij te maken. Door al die inspanningen willen we jongeren aantrekken om bij het SCK•CEN te komen werken.

Het zal dan wél nodig zijn om intensief te communiceren ...

Inderdaad, het SCK•CEN is er niet bij gebaat zich in de stille Kempen te verbergen. Wellicht zijn we meer bekend in het buitenland dan in België. Daarom willen we als onafhankelijke wetenschappelijke expert blijven optreden in de media en mensen motiveren voor wetenschap, in het bijzonder deze die aan het SCK•CEN beoefend wordt. Kijk maar naar MYRRHA, een uitzonderlijk project met een raffinement waarmee we de hele wereld zullen verbazen.

Betere beveiliging site versneld uitgevoerd

Internationale gebeurtenissen verstrengen de controle

De security van het SCK•CEN is in 2016 aanzienlijk versterkt. Je kunt niet naast de aanwezigheid van gewapende militairen op de site kijken, de controles aan de hoofdtoegang en de respectieve ingangen van de beveiligde zones zijn verscherpt en de Boeretang is afgesloten voor doorgaand verkeer. Maar dat waren niet de enige ingrepen.

De splitsing van de campus in een gebied voor het SCK•CEN en een gebied voor VITO stond op het programma. “Door de gestegen nood aan beveiliging hebben we die splitsing versneld doorgevoerd”, zeggen Benny Carlé en Jan Veraghtert, die de operaties coördineren. “Deze versterking van de beveiligingsmaatregelen past in een internationale evolutie. En natuurlijk zijn er de internationale richtlijnen voor nucleaire sites die ook in de Belgische wetgeving zijn overgenomen. De fysieke beveiligingsmaatregelen kun je zien, maar er is ook intensief gewerkt aan een betere cybersecurity.”

Op verschillende plaatsen werd de toegangsbeveiliging verstrengd. Benny Carlé en Jan Veraghtert: “We hebben de verkeerssituatie rond de Boeretang veranderd zodat het weer een privéweg is voor de industriezone Boeretang, we lieten een nieuwe omheining bouwen om de site te beschermen en we hebben de beveiligingsinfrastructuur van de interne

perimeters en beveiligde zones aanzienlijk vernieuwd en uitgebreid.”

Om alles in goede banen te laten lopen, vond er een informatiecampagne voor het voltallige personeel plaats: “We hebben een reeks sessies gehouden om het security bewustzijn van onze werknemers te vergroten en om ze vertrouwd te maken met de nieuwe beveiligingsinitiatieven. Er is een Information Security Officer aangesteld en volgend jaar komt er ook een tweede informatiecampagne over het beschermen van vertrouwelijke informatie.”

Meer taken voor bewakingsagenten

Bij het security office zijn er een aantal nieuwe taken bijgekomen: “Onze bewakingsagenten kregen er operationele taken bij, onder meer de toegangscontroles met metaaldetectie, RX-scanners en explosieven-detectie. We hebben het team twee jaar geleden uitgebreid met vrouwelijke bewakingsagenten, zodat het fouilleren van verdachte vrouwelijke personen uitgevoerd kan worden. Het zijn erg bekwame bewakers die ondertussen goed ingeburgerd zijn.”



Jan Veraghtert en Benny Carlé, verantwoordelijk voor veiligheidswerken

Naast de bewakingsagenten zijn er permanent militairen aanwezig op het terrein van het SCK•CEN: “Ze vormen als het ware een mini-kazerne met eigen woongelegenheden en voertuigen ter plaatse. De militairen oefenen hier ook op de site.”

Er hebben zich in 2016 geen incidenten voorgedaan: “Wel werd er eens een verdacht pakje gemeld – vals alarm. Af en toe is er weleens een automobilist die amok maakt omdat hij niet meer via de Boeretang kan passeren. Die gebeurtenissen én de algemene vorderingen van het beveiligingsbeleid worden in de ‘Nuclear Security Summits’ gerapporteerd.”

Upgrades gepland

Het securitybeleid, zowel voor de fysieke bescherming als voor het ICT-luik, wordt opgevolgd door een nieuw opgericht ‘security risk committee’. Dit comité van experts is verantwoordelijk voor het analyseren van dreigingen, het identificeren van eventuele risico’s en het voorstellen van structurele verbeteringen.

“In 2017 zijn verschillende upgrades van de security binnen de beveiligde zones van de campus gepland. Wij zijn onder andere van plan om een nieuwe hoofdingang te bouwen aan de zuidkant van de site.”



Veiligheid

Aandacht voor beveiliging

Het management is zich ten volle bewust van het belang om alle installaties op een veilige, beveiligde en milieuvriendelijke manier uit te baten. Rekening houdend met de gestegen noden rond beveiliging werden extra inspanningen geleverd in het voorbije jaar die behoren tot de geïntegreerde aanpak van het risicobeheer.

Fernand Vermeersch

Hoofd Interne Dienst voor Preventie en Bescherming op het Werk



Reactor BR2 heeft de toekomst voor zich

De wetenschappelijke en medische wereld halen opgelucht adem. Na een grondige onderhoudsbeurt van 16 maanden is de Belgian Reactor 2 (BR2) succesvol opgestart in juli 2016. De onderzoeksreactor is klaar voor minstens een nieuw decennium met ambitieuze perspectieven in het vizier.

Steven Van Dyck: Het was niet zomaar een onderhoud. Een groot deel van het binnenwerk is vernieuwd, alle ondergrondse buizen en kabels zijn vervangen, de ventilatieleidingen zijn versterkt en de berylliummatrix aan de binnenkant is ook gloednieuw. We hebben alle voorziene ingrepen uitgevoerd en BR2 is exact op de geplande dag weer opgestart, 19 juli 2016.

Sven Van den Berghe: Die timing is uniek in de nucleaire wereld, waar men helaas vaak met grote vertragingen rekening moet houden. Precisie blijft een keurmerk van BR2: wij leveren kwaliteit op een veilige manier en in de kortst mogelijke tijd. Weet je, zelfs toen BR2 gebouwd werd, is hij na 4 jaar en met maar zes maanden vertraging opgeleverd. Als wetenschappers en technologen zijn we altijd voorzichtig in onze communicatie. Maar deze refurbishment was een succes.

Hoelang kan BR2 nu mee?

Steven Van Dyck: We hebben een dossier ingediend voor de tienjaarlijkse herziening van de veiligheid. Dat moet BR2 een perspectief van tien jaar geven. Maar we kijken verder, want in een volgende stap willen we de periode van 2026 tot 2036 voorbereiden.



Interview met **Sven Van den Berghe**, Reactor Stakeholder Manager BR2 en **Steven Van Dyck**, Reactor Manager BR2

“*Dankzij de Belgische radio-isotopenproductie krijgen jaarlijks 7 miljoen patiënten in de wereld een diagnostisch onderzoek.*”

BR2 stamt uit 1962. Is uw toekomstvisie wel realistisch?

Steven Van Dyck: We hebben onderdelen vervangen die al vijftig jaar oud waren. Ze zijn nu splinternieuw en kunnen tien jaar en véél langer mee. Het reactorvat zelf hebben we met de grootste nauwkeurigheid geïnspecteerd. Resultaat? Geen enkele indicatie van slijtage. Als we de materiaalgegevens bekijken en in de toekomst rekenen, dan weten we nu al dat het reactorvat zonder problemen het jaar 2036 kan halen. Natuurlijk zijn extra studies nodig om dat te bevestigen, maar we hebben de tijd.

Voor welke doelen wil het SCK·CEN zijn BR2 inschakelen?

Steven Van Dyck: Er zijn op dit ogenblik in de wereld weinig plaatsen waar isotopen geproduceerd worden. Dat onderstreept de nood aan betrouwbaarheid voor BR2. We moeten voldoende productie garanderen. Medici van overal ter wereld rekenen op ons. De BR2 produceert routinematig ongeveer een kwart van de jaarlijkse behoefte aan het belangrijkste medische isotoop, molybdeen-99. Wanneer de reactor in werking is, kan hij twee derde van de wekelijkse wereldvraag dekken, wat gelijk is aan de verwerkingscapaciteit die in Europa beschikbaar is. Dankzij de Belgische radio-isotopenproductie krijgen jaarlijks 7 miljoen patiënten in de wereld een diagnostisch onderzoek.

Sven Van den Berghe: Onze reactor is 40 tot 50 percent van de tijd operationeel, maar de rest van de tijd is even belangrijk om hem in topvorm te houden, daar zijn we heel streng in. Met de nieuwe matrix en de nieuwe onderdelen van de reactor zijn we technisch zelfs in staat een hogere werkingsgraad te bereiken. Isotopenproductie is een continue en repetitieve activiteit waarmee onze reactor een grote maatschappelijke bijdrage levert. Naast de hoofdproductie van molybdeen-99 voor de diagnose en de behandeling van kanker voeren we isotopenbestralingen uit voor de ontwikkeling van producten – nieuwe therapieën of combinaties ervan – of voor andere toepassingen van bestaande producten. Zo'n kwalificatieproces van ontwikkeling tot routineproductie kan jaren duren. De markt van de isotopen is erg dynamisch. Vraag en aanbod fluctueren en er duiken steeds meer nieuwe toepassingen op.

Steven Van Dyck: Zo hebben we in de drie cycli die voor 2016 voorzien waren 6 testen gedaan om isotopen te produceren die we niet eerder hadden geleverd of om gekende isotopenproducties te valideren voor nieuwe toepassingen en klanten.

Toch is isotopenbestraling niet het enige doel ...

Sven Van den Berghe: De reactor is en blijft beschikbaar voor verschillende toepassingen. In de specificaties voor het ontwerp van de BR2 stond het al: 'a reactor with the greatest overall usefulness'. Dat is exact wat we gekregen hebben. BR2 is een veelzijdige en flexibele bestralingsmachine die vele verschillende taken tegelijk aankan.

Steven Van Dyck: Naast isotopenproductie fungeert BR2 als materiaaltestreactor. Er worden op dit ogenblik bijna nergens ter wereld nog onderzoeksreactoren gebouwd, maar er is wél nood aan onderzoek. Dat kan alleen in een hoogperformante onderzoeksreactor. Vandaar het succes van BR2.

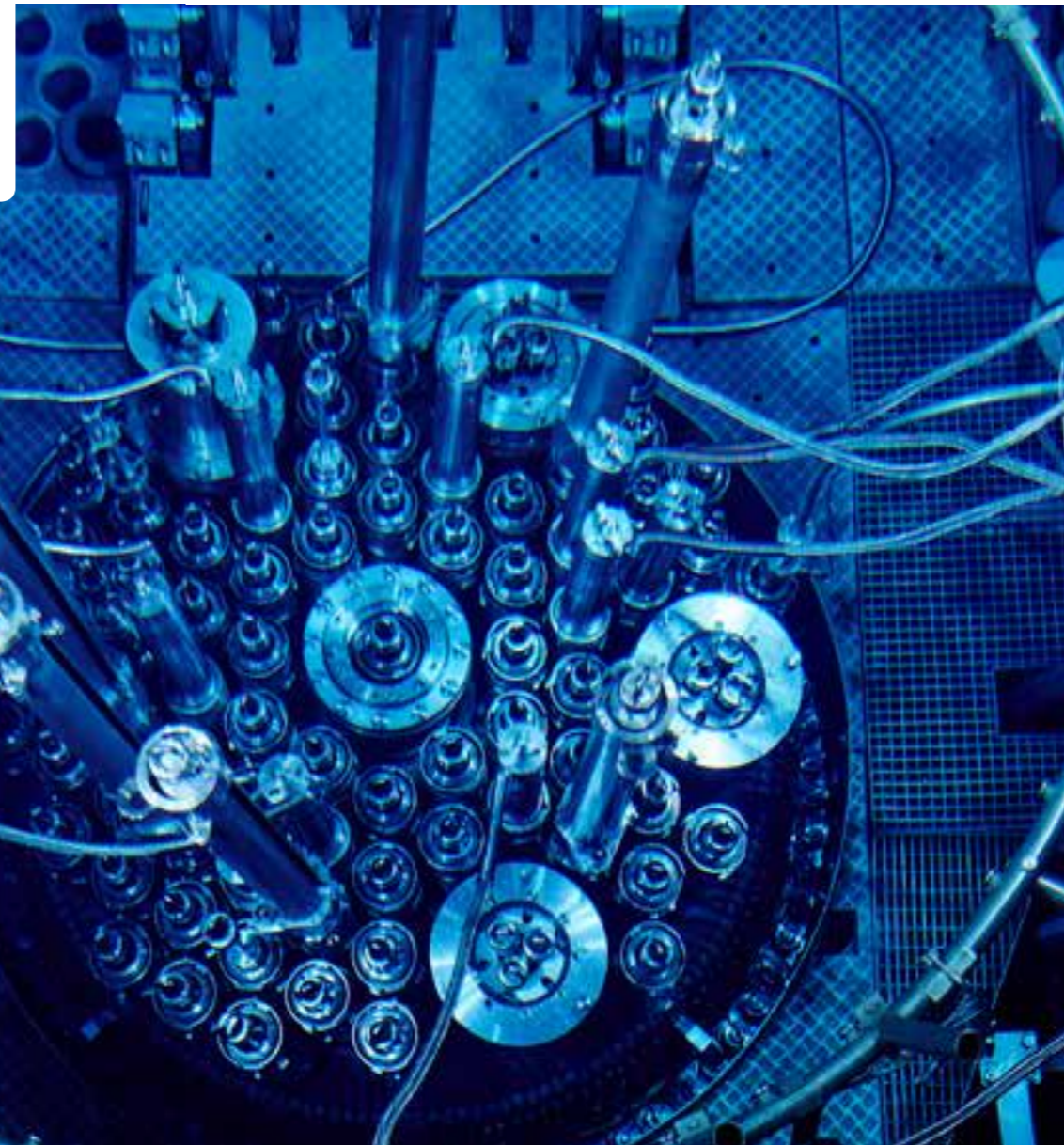
Het SCK·CEN wil aan wetenschappers en bedrijven de mogelijkheid bieden om op een structurele manier gebruik te maken van BR2. Dat gebeurt met het nieuwe concept BREASY (BR2 Reactor Experimental Access and Scientific Yield). Wat houdt dit precies in?

Sven Van den Berghe: Met BREASY stellen we de capaciteit van BR2 ter beschikking van wetenschappers in de hele wereld om experimenten uit te voeren. Concreet nodigen we instituten en zelfs landen uit om een capaciteitsparticipatie in BR2 aan te gaan. Ze nemen een deel van onze neutronen af en kopen als het ware een deeltje van de onderzoeksreactor. Ook willen we een deel van onze capaciteit ter beschikking stellen aan de academische wereld. We noemen het onze 'user facility'. Vroeger werkten we ad hoc met doctoraatsstudenten die onderzoek deden of onderzoeksprojecten met externe partners.

“ Met BREASY stellen we de capaciteit van BR2 ter beschikking van wetenschappers in de hele wereld om experimenten uit te voeren. ”

Wat is het verschil?

Sven Van den Berghe: Nu gaan we naar een meer structureel partnerschap: een gemeenschap van gebruikers die een continue relatie met ons aangaan. Ze blijven toegang houden tot onze infrastructuur, zodat hun onderzoek kan evolueren. Voor ons als uitbater levert dat een continuïteit op in gebruiksniveau. Vroeger hadden verschillende Europese universiteiten een onderzoeksreactor op hun campus, maar dat is niet meer zo. De departementen voor nucleaire engineering bestaan nog wel. Daarom willen we een 'call' doen voor onderzoek over bestralingen. We hebben ons daarvoor geïnspireerd op de werkwijze van de *Nuclear Scientific User Facility* in de Verenigde Staten.



ACADEMISCHE ZITTING MET HKH PRINSES ASTRID

Op 28 oktober organiseerde het SCK·CEN een academische zitting in aanwezigheid van Hare Koninklijke Hoogheid Prinses Astrid om de geslaagde heropstart van zijn onderzoeksreactor BR2 te vieren na een 'refurbishment' van 16 maanden.

"Dankzij deze refurbishment kan BR2 zijn essentiële rol op technologisch vlak verzekeren om de nucleaire veiligheid van vermogenreactoren te blijven garanderen en tegemoet te komen aan de groeiende internationale vraag naar medische radio-isotopen" zegt Eric van Walle, directeur-generaal van het SCK·CEN. "De reactor is ook in staat om nieuwe types radio-isotopen te produceren die de vooruitgang van de nucleaire geneeskunde ondersteunen in de strijd tegen kanker. Bij de lancering in 1961 was BR2 een wereldprimeur; dankzij deze renovatie behoudt hij zijn internationale reputatie van geavanceerde onderzoeksinfrastructuur."



**Boost voor
MYRRHA**

02

MYRRHA schakelt over op gefaseerde ontwikkeling



150 ingenieurs, wetenschappers, technici en administratieve assistenten uit 27 verschillende landen werken aan MYRRHA, de Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications. Hoe ver staat het met de financiering en de ontwikkeling van deze opvolger van BR2? Projectdirecteur Hamid Aït Abderrahim maakt een stand van zaken op.

In 2009 werd de investering in MYRRHA geschat op 960 miljoen euro.

Wat geeft de teller vandaag aan?

Hamid Aït Abderrahim: Als gevolg van de lichte maar gestage inflatie van de euro kwam er 112 miljoen euro bij. Ondertussen gebeurde in 2011 ook het kernongeval in Fukushima. Gevolg: hoewel ons project nog maar op papier stond, kregen we bijkomende veiligheidseisen opgelegd door het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, het FANC. Dat resulteerde in bijna 150 miljoen euro extra investeringen. Tot slot is het ontwerp van MYRRHA geëvolueerd, en dat brengt een meerprijs van 250 miljoen euro mee. Zo bereikten we in het totaal 1,6 miljard euro. Dat was eind 2014 en we houden dat bedrag nog altijd aan.

Is MYRRHA überhaupt nog interessant om te realiseren?

Die vraag hebben we in 2015 samen met externe experts bekeken. Het antwoord was unaniem positief. De portfolio van de onderzoeken blijft geldig én nodig.

En wat met de planning?

De raad van bestuur heeft ons gevraagd de implementatiestrategie van het MYRRHA-project onder de loep te nemen. Door een stapsgewijze strategie moet het mogelijk zijn de risico's te verminderen en de investeringen te spreiden.

Wat houdt die strategie in?

We gaan uit van drie fasen, waarvan fase 1 nu het meest concreet is. In die fase is het onze bedoeling de versneller tot 100 MeV (mega-elektronvolt) te bouwen en één of twee onderzoeksstations, eentje om radio-isotopen te produceren en eentje om materiaalonderzoek te doen. We doen dat in fase 1 om de betrouwbaarheid van onze versneller aan te tonen. Normaal gezien stopt zo'n grote versneller vaak – bijvoorbeeld 2000 keer per jaar. In MYRRHA willen we het aantal stops die langer dan drie seconden duren terugbrengen tot tien per kwartaal. De versneller moet dus super betrouwbaar zijn. Dat zal lukken dankzij een fouttolerant ontwerp waarin caviteiten het van elkaar kunnen overnemen en door redundantie bij de injector.

Hoelang gaat de ontwikkeling van de versneller duren?

We bouwen de versneller tot 100 MeV op ware grootte tussen 2019 en 2022. Daarna nemen we twee jaar om de betrouwbaarheid in realiteit te testen, tot in 2024. Uit onze simulaties blijkt dat we de gewenste betrouwbaarheid zullen halen, nu is het aan ons om dat écht aan te tonen. Tegelijkertijd loopt de ontwikkeling van de stations voor de productie van radio-isotopen en/of het materiaalonderzoek. Daardoor zullen de onderzoeksstations van meet af aan hun waarde bewijzen.

“ Bij de bouw van het hele project zullen bijna 1000 mensen gedurende drie jaar betrokken zijn, tijdens de exploitatie zullen er constant tussen 300 en 400 mensen voor MYRRHA werken. En al die banen zullen nog eens drie indirecte banen genereren. ”

Wat gebeurt er in de twee volgende fasen?

Fase 2 dient voor de verdere ontwikkeling van de versneller tot en met 600 MeV. Fase 3 is de bouw van de reactor, dus de complete opbouw en afwerking van MYRRHA. Voor fase 2 en 3 voorzien we 1,25 miljard euro. Door MYRRHA te bouwen in een periode van 11 jaar, kunnen we de investering spreiden en hebben we meer tijd om alle fondsen bijeen te krijgen.

Waar zal de financiering vandaan komen?

Uit verschillende bronnen. De Belgische regering heeft ons alvast 40 miljoen euro toegekend voor de periode 2016-2017 om het project te ontwikkelen met de nieuwe fasering. Vóór eind 2017 moeten we de regering elf grote verslagen bezorgen zodat ze de knoop kan doorhakken voor de bouwwerkzaamheden in fase 1. Maar er is meer. Begin januari 2015 heeft de regering beslist om MYRRHA voor een bedrag van 1,5 miljard euro te laten opnemen in de lijst van Belgische projecten voor het nieuwe investeringsplan van de Europese Commissie, het zogenoemde Juncker-plan of EFSI. En in het nieuwe Horizon 2020-programma van EURATOM zal voor ruim 11 miljoen euro geïnvesteerd worden in MYRRHA, waarvan 9 miljoen door de Europese Commissie via het H2020 MYRTE project. Bovendien is MYRRHA door de Europese Investeringsbank geselecteerd als potentieel project voor de financiering via het InnovFin-programma. Dat zou een lening van 120 à 240 miljoen euro kunnen opleveren met een aflossingsvrije periode van 10 jaar en een lange terugbetalingsperiode met een lage rentevoet. Er lopen allerlei onderhandelingen.

Op welke termijn moet de investering in MYRRHA terugbetaald zijn?

We starten een bouwperiode van 11 jaar, tussen nu en 2030. Daarna zal MYRRHA 35 jaar gebruikt worden, tot in 2065. De terugbetaling op zich moet lukken op 26 jaar. Dat is wel zonder rekening te houden met de impact van de tewerkstelling. Bij de bouw zullen bijna 1000 mensen gedurende drie jaar betrokken zijn, tijdens de exploitatie zullen er constant tussen 300 en 400 mensen voor MYRRHA werken. En al die banen zullen nog eens drie indirecte banen genereren.

Welke inkomsten zal MYRRHA genereren?

De wereld zit te wachten op nieuwe technieken voor het beheer van radioactief afval. Kunnen we die ontwikkelen én patenteren, dan creëert dat perspectieven. Ook is MYRRHA van belang voor de bouw van toekomstige loodgekoelde 4^e generatie reactoren en de zogenaamde SMR's (kleine modulaire reactoren). Onze kennis bij het ontwikkelen van een nieuw type reactor die dezelfde kern gedurende tien jaar kan gebruiken zonder te herladen, met minder afvalproductie en een hogere veiligheid ... dat kunnen we allemaal valoriseren.

Hoe staat het ondertussen met de samenwerking met andere landen?

Met verschillende landen lopen besprekingen over een deelname aan MYRRHA. We bereiden een samenwerkingsakkoord voor met het Franse CNRS (Centre national de la recherche scientifique), Zweden is bereid te participeren, Japan zal beslissen over een mogelijke deelname en ook de Duitse regering buigt zich terug over een samenwerkingsrapport. Meer nieuws in de loop van 2017!

Archimedes geeft een boost aan MYRRHA

Splijstofbundels en controlestaven onder de loep

In de lood-bismut kringloop COMPLIT onderzoeken onze wetenschappers het thermo-hydraulische en hydrodynamische gedrag van reactorcomponenten die bestemd zijn voor MYRRHA op ware grootte. Het voorbije jaar bogen ze zich over de drukverliezen in de splijstofbundel. En ze bouwden en testten een prototype van de controlestaven.

De drukverliezen in de splijstofbundel bepalen het debiet van het koelmiddel door de reactorkern. Het is belangrijk om te weten of er steeds voldoende koeldebiet is, vooral bij een plotse stop van de reactor. Die moet dan op een passieve manier – dus zonder tussenkomst van de pompen – de warmte van de splijstof kunnen wegnemen.

Onderzoekers Katrien Van Tichelen en Graham Kennedy bekeken in COMPLIT deze drukverliezen: "We toonden aan dat de gegevens die we bij het reactorontwerp gebruiken voor drukverliezen in de splijstofbundel voldoende precies zijn." Nog andere omgevingsfactoren oefenen een invloed uit: "De temperatuur verandert de eigenschappen van het koelmiddel

en van het materiaal van de bundel. Zo kunnen bijvoorbeeld de wanden van de bundel ruwer worden, waardoor een extra drukverlies ontstaat."

In de nabije toekomst willen ze het gedrag van de splijstofbundel verder onderzoeken: "Wat is bijvoorbeeld de sterkte van trillingen van de splijstofnaalden die ontstaan door de stroming van het koelmiddel? We gaan ook na of de drukverliezen in de loop van de tijd zullen variëren als er eventueel bijkomende fenomenen optreden."





Bedankt Archimedes

Een tweede onderzoek in COMPLIT ging over de controlestaven: "Ze vormen een complexe component van bijna 10 meter lang, met dezelfde omvang, geometrie en hetzelfde gewicht in het experiment als in MYRRHA. We proberen aan te tonen dat het mogelijk is ze in minder dan één seconde in de reactorkern te brengen. Dat is belangrijk voor de veiligheid, want de reactor moet snel kunnen worden gestopt. Het is een grote uitdaging om de ranke structuur precies te positioneren, zodat ze tijdens de beweging nergens geklemd of vervormd raakt."

Het bewegen van de controlestaven gebeurt in lood-bismut, een zwaar vloeibaar metaal. Dat maakt de omstandigheden anders dan bij een klassieke reactor, zeggen Katrien en Graham: "In een klassieke reactor gaan de controlestaven naar beneden dankzij de zwaartekracht. Hier is de vloeistof zo zwaar dat standaard materialen erin blijven drijven."

De oplossing? "We brengen de controlestaven onder de reactorkern in. Als we ze vrijlaten, bewegen ze naar boven. Deze proof-of-principle testen zijn uniek in hun soort. Voor het eerst werd gebruikgemaakt van de archimedeskracht voor het inbrengen van controlestaven. En met succes."

Na de principe-testen peilt het onderzoek naar het gedrag van de controlestaven bij herhaalde inbrenging. Ze moeten minstens één reactorcyclus van drie maanden meegaan: "We gaan er van uit dat het langer zal zijn, want we hebben de duurzaamheid erg conservatief ingeschat."

In de toekomst staan testen van andere componenten op het programma. "De hoofdmoot van onze tijd zal gaan naar de aanpassing van COMPLIT voor het testen van het thermo-hydraulisch gedrag van de warmtewisselaarbuizen van MYRRHA. We willen bewezen basisinformatie geven aan onze ontwerpers, zodat ze die kunnen gebruiken in de volgende ontwerpvisie."



“ Voor het eerst werd gebruikgemaakt van de archimedeskracht voor het inbrengen van controlestaven. En met succes! ”

Innovatie

Unieke experimentele installaties zijn onontbeerlijk

Het SCK•CEN past geavanceerde en complexe wiskundige modellen toe bij de ontwikkeling van innovatieve nucleaire systemen. De modellen worden gevalideerd door gerichte experimenten in specifieke experimentele opstellingen. Deze unieke verzameling van experimentele installaties versterkt het internationale karakter van het SCK•CEN en oefent een unieke aantrekkingskracht uit.

Peter Baeten

Instituutsdirecteur Geavanceerde Nucleaire Systemen



Corrosiekringloop uniek in zijn soort

Klare kijk via correlaties

Ben je van plan in een kernreactor zwaar vloeibaar metaal als koelmiddel te gebruiken? Hou er dan rekening mee dat er bij bepaalde materialen vormen van corrosie kunnen optreden. Voor de temperatuur en de levensduur van de componenten is dat niet goed. Daarom is het nodig de gevolgen van corrosie zorgvuldig te onderzoeken voor het ontwerp van een installatie als MYRRHA. Maar hoe kun je aantonen dat materialen overleven als MYRRHA nog niet bestaat?

MYRRHA wordt een onderzoeksinstallatie die technologieën voor vierde-generatie-kernreactoren zal bevatten. Een knelpunt in de ontwikkeling van MYRRHA vormen de materialen. Ze moeten standhouden in moeilijke omstandigheden – denk aan hoge temperatuur, sterke straling en een corrosieve omgeving.

Hoge temperaturen

In de toekomstige reactoren heersen andere omstandigheden dan in traditionele reactoren. De temperatuur in MYRRHA kan bijvoorbeeld oplopen tot 400 °C, in vierde-generatie-kernreactoren met vloeibaar lood als koelmiddel kan hij zelfs tot 600 °C klimmen. Wat is dan de corrosiebestendigheid van de geselecteerde materialen als ze in contact komen met het koelmiddel, vloeibaar lood-bismut metaal?

Dat wordt onderzocht in het materiaalprogramma voor MYRRHA. Het doel is de kandidaat-materialen voor structurele en functionele componenten voor het primaire circuit van MYRRHA te selecteren en verifiëren.

De tests voor dit onderzoek vinden plaats in een omgeving die de echte corrosie-omstandigheden simuleert. Een levenschte aanpak om corrosie in omstandigheden die representatief zijn voor MYRRHA te onderzoeken, zou veel dure en geavanceerde opstellingen vragen, die dan ook nog eens vele jaren parallel zouden moeten lopen.

Unieke corrosiekringloop

Daarom ontwikkelden de onderzoekers van het SCK·CEN een methode die een klare kijk geeft op corrosie dankzij het

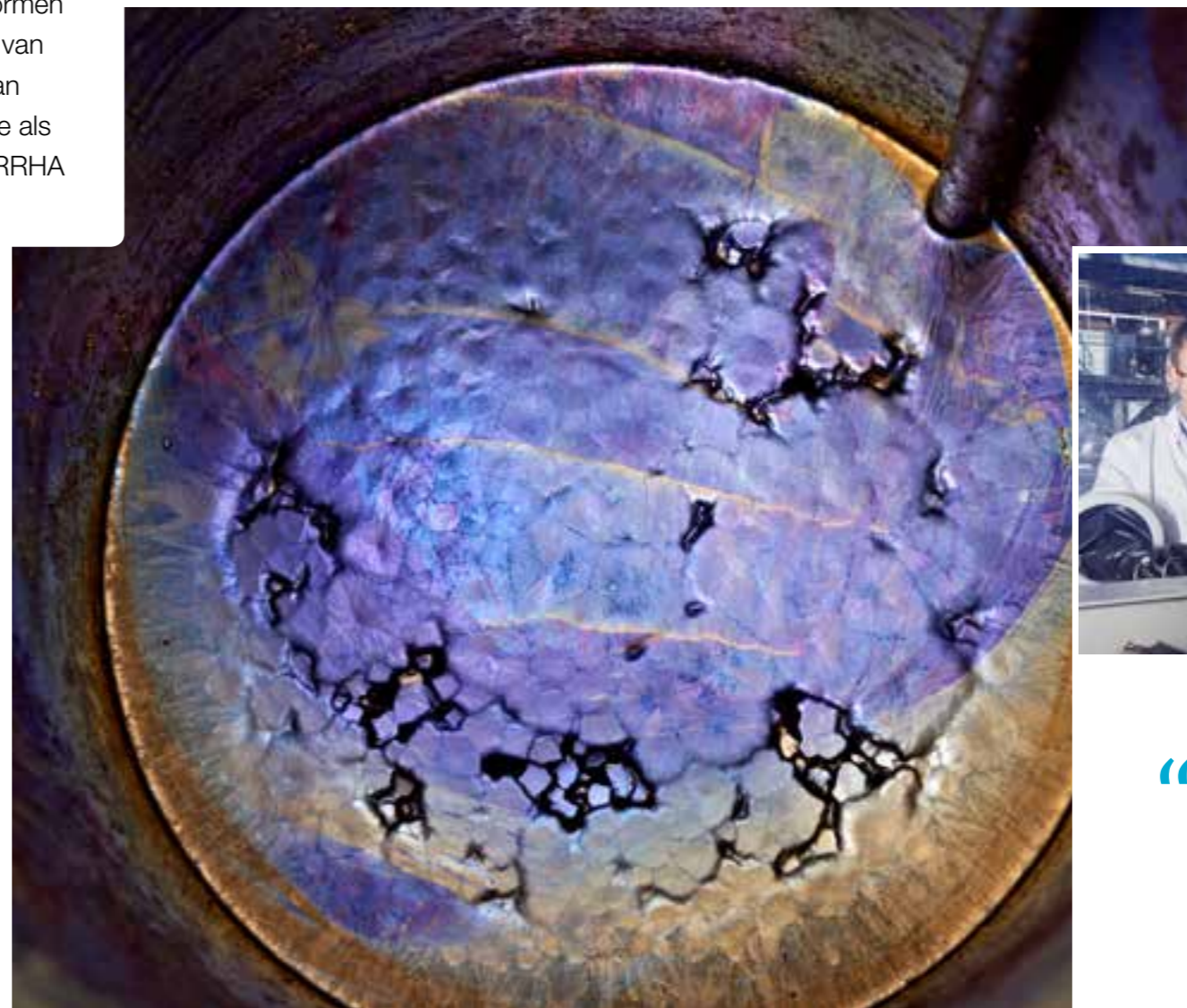
correlatieprincipe: de mogelijke onderlinge samenhang tussen twee reeksen van waarnemingen. De onderzoekers namen niet alleen enkele kleine testopstellingen in gebruik, maar bouwden ook een grote corrosiekringloop, die uniek is in zijn soort. Hij is nodig om te bewijzen dat de in de kleine opstellingen berekende correlaties voor de corrosie-ontwikkeling conservatief genoeg zijn.

Door de testresultaten te analyseren en te vergelijken, vinden de onderzoekers oplossingen tegen de effecten van corrosie. De berekeningen vormen een nuttige tool voor de MYRRHA-ontwerpers om beperkingen te definiëren, werkingsparameters in te schatten en de toegestane corrosie in componenten – zoals splijstofelementen, warmtewisselaarbuizen, reactorvat en vele andere – te valideren.

Corrosiemechanismen onder de loep

Op dit moment zijn de onderzoekers bezig te controleren of de correlaties de corrosieschade precies kunnen voorspellen door elk verkregen experimenteel resultaat met de voorspellingen te vergelijken. Tot dusver is het voorspellend vermogen van de ontwikkelde correlaties erg gunstig.

Ook nemen ze corrosiemechanismen onder de loep – zowel met moderne technieken om de microstructuur en microchemie te beschrijven als met verschillende soorten elektronenmicroscopie. Dit inzicht in mechanismen is noodzakelijk om de correlaties te staven. Tot slot willen de onderzoekers ook de ontwikkelde correlaties verbeteren en bijwerken, specifiek voor de lasnaden in materialen.



“ De onderzoekers namen niet alleen enkele kleine testopstellingen in gebruik, maar bouwden ook een grote corrosiekringloop, die uniek is in zijn soort. ”

Structurele materialen voor reactoren van de 4^e generatie

Veelbelovende samenwerking tussen het SCK•CEN en de KU Leuven

In de MYRRHA reactor bevindt zich een pompimpeller. Dat is een roterende component van een pomp die het koelmiddel Lead Bismuth Eutectic (LBE) moet kunnen verplaatsen. Bij traditionele structurele materialen zoals roestvast staal bestaat het risico op oplossing en erosie. Om te voorkomen dat de pompimpeller het pijnpunt van de reactor wordt, sloegen het SCK•CEN en de KU Leuven de handen in elkaar. Resultaat: innovatieve structurele materialen gebaseerd op MAX fasen.

Welke materialen behouden hun vorm en eigenschappen als ze in contact komen met snelstromende zware vloeibare metalen (ZVM) zoals LBE en lood? Thomas Lapauw, doctoraatsstudent aan de KU Leuven, onderzoekt het potentieel van MAX fasen: "Deze klasse van ternaire carbiden en nitriden vertoont een unieke combinatie van eigenschappen – sommige hebben de kenmerken van keramieken en andere die van metalen."

Superieure weerstand

MAX fasen kunnen tegen een stootje. Ze zijn superieur bestand tegen corrosie bij vloeibare metalen en munten uit door een hoge schadetolerantie. Daardoor, hebben MAX fasen een groot potentieel voor gebruik in ZVM-gekoelde nucleaire systemen. Konstantza Lambrinou van het SCK•CEN begeleidt het onderzoek

en is erg enthousiast over de MAX fasen: "Je kunt er componenten met een complexe geometrie mee vervaardigen. Zelfs als de duurzaamheid van sterk presterende MAX fasen niet volstaat bij blootstelling aan snelstromende ZVM, is het mogelijk om duurzame fasen zoals binaire carbiden en nitriden op het impeller-oppervlak te vormen."

MAX fasen zijn ook relevant voor pompimpellers van vierde generatie loodgekoelde snelle reactoren (Gen-IV LFRs). De impeller moet in MYRRHA betrouwbaar zijn bij 270 °C, maar bij LFRs stijgt de temperatuur tot 480 °C. Dat vergt natuurlijk grondig onderzoek. Thomas Lapauw vertelt hoe hij dat aanpakt: "Ik bereid eerst MAX fase-gebaseerde monolieten en hun composieten - bijvoorbeeld cermets (samengesteld



MAX fasen vormen een materiaal waarmee het mogelijk is ingewikkelde vormen te maken. Ook conventioneel frezen kan perfect.

materiaal van keramische deeltjes in een metaalmatrix) - voor door middel van poedermetallurgie. Daarna voer ik een micro-structurele karakterisering van de geproduceerde materialen uit en ik beoordeel de sterkte en breuktaaiheid. Tot slot evalueer ik de weerstand tegen corrosie en erosie in vloeibare metalen."

Ontdekking van nieuwe MAX fasen

Wat is de blikvanger van dit project? Konstantza Lambrinou laat er geen twijfel over bestaan: "De poeder metallurgische synthese van moeilijk te maken MAX fase-materialen. Thomas ontdekte nieuwe veelbelovende MAX fasen, ideaal voor toepassingen in ZVM-gekoelde systemen en hogetemperatuuroepassingen. Logisch dat het SCK•CEN en de KU Leuven een gezamenlijke octrooiaanvraag ingediend hebben."

Is het mogelijk om cermets te produceren op basis van MAX fasen? Dat is een vraag waar in de nabije toekomst een antwoord op zal komen. Deze composieten kunnen de voordelen van deze ternaire carbiden behouden én de breuktaaiheid verbeteren. Thomas Lapauw heeft een eerste generatie van deze materialen klaar om hun mechanische eigenschappen te evalueren.



**Technologie
in functie van
innovatie**

03

Primeur voor BR2

Fusie vraagt hoge-neutronenflux-bestraling bij 1200 °C

Twee decennia in de toekomst lijkt ver weg. Maar in het Zuid-Franse Cadarache construeert men nu de testfusiereactor ITER. Het is de laatste stap vóór de bouw van de prototype fusiereactor DEMO, die er rond 2044 moet staan. Ook het SCK•CEN draagt als onderzoekscentrum zijn steentje bij: voor het Europese programma EUROfusion zal er in BR2 een hoge-flux-bestraling plaatsvinden bij 1200 °C. Nooit eerder in de geschiedenis van het SCK•CEN werden zulke extreme omstandigheden bereikt.

De ITER-reactor die over enkele decennia in het Franse Cadarache komt, is de eerste stap om zowel de technische als de commerciële voordelen van kernfusie te bewijzen. Onderzoeksteams ontwikkelen en kwalificeren nu de materialen die in die fusiereactor zullen komen, onder meer voor de 'eerste wand' die direct wordt blootgesteld aan het plasma.

De selectie van basismaterialen voor ITER is nu afgerond. Wolfram zal als pantser dienen voor de divertor – een component dat een maximale warmtebelasting volhoudt om de meest stabiele ontlading van het plasma te bereiken. De end-of-life dosis ontvangen door het divertormateriaal in ITER zal niet boven 1 dpa (displacement per atom) gaan.

Nu moet het onderzoek naar nieuwe materialen evolueren om de werking van commercieel georiënteerde fusie-installaties mogelijk te maken – specifiek voor DEMO, het prototype van industriële fusie dat de opvolger van ITER wordt. De geaccumuleerde dosis zal er ten minste een factor 10 of 20 hoger liggen. Dit kernfusieonderzoek gebeurt in het kader van het EUROfusion-project, een H2020 samenwerkingsverband tussen Euratom en landen uit de Europese Unie, Zwitserland en het Oekraïne die een consortium vormen.

“ De eerste bestralingscampagne boven 1000 °C in BR2 wordt een echte uitdaging en zal nieuwe perspectieven bieden voor ontwikkeling van hoge-temperatuurmaterialen voor zowel kernfusie als kernsplijting. ”

Bestralingscampagne in BR2

Onder meer in het SCK•CEN worden de eerste data gescreend en geselecteerd voor bestralingsomstandigheden 'na ITER'. In 2017 starten de onderzoekers een nieuwe bestralingscampagne in de onderzoeksreactor BR2 om innovatieve wolfram-gebaseerde materialen te selecteren. De imitatie van fusieomstandigheden is wél mogelijk in BR2 dankzij zijn kernflexibiliteit, de hoge flux en de grote ervaring van de experts. Door de neutronenflux en de bestralingstemperatuur te verhogen, creëren de onderzoekers neutronen die 'proxy' zijn aan een fusieomgeving. Toch vergen de end-of-life omstandigheden nog een lange bestralingstijd, ten minste vijf jaar ononderbroken straling.





GRAFJET HOUDT HET HOOFD KOEL

HTHF is de naam van de behuizing waarin het TUNER-project (TUngsten NEutron irRadiation) een bepaalde bestraling zal uitvoeren. In deze specifieke behuizing onderzoekt men het effect van de combinatie van hoge temperatuur (800 °C) en hoge flux (1 dpa in wolfram) op materialen en hun eigenschappen.

De voordelen van grafiet

De keuze ging naar grafiet, omdat het een lage neutronenabsorptie en goede warmtegeleiding heeft. Bovendien warmt grafiet door zijn laag soortelijk gewicht minder uit zichzelf op. Zo vermijden de onderzoekers dat de temperatuur te hoog zou oplopen. Het ontwerp volgde in het begin enkele meer algemene criteria, in een later stadium werd het aangepast aan de specifieke criteria van de klant. Ontwerper Gitte Borghmans moest erg gedetailleerd werken: "26 hulsjes hangen als kleine wagonnetjes achter elkaar. Elk hulsje is maar 30 mm hoog."

6 cycli in BR2

De installatie HTHF is nu ontworpen en de bouw vindt plaats begin 2017, zodat de bestraling voor de zomervakantie van 2017 kan starten. Door de gevraagde 'high flux' zal HTHF gedurende 6 cycli – ongeveer 1 jaar – in de BR2-reactor blijven. Het laboratorium LHMA neemt de bestraalde monsters in 2018 onder de loep.

De campagne in BR2 wordt een echte uitdaging en zal aantonen of BR2 in staat is extreme bestralingsomstandigheden voor nieuwe materialen te leveren. Na het succesvol aantonen van de HTHF-prestatie bestaat de volgende onderzoeksstap uit een sub-miniatuurisatieprogramma: hoe kleiner de volumes, hoe lager of goedkoper de stralingsomstandigheden waaraan men moet voldoen. Kleine monstervolumes betekenen ook snelle deactivatie, goedkoop transport en in het algemeen een snelle PIE-feedback. In de toekomst zal het gebruik van miniaturisatie sterk groeien, wat de volgende grote test is voor het Fusion Materials Programme.

“ *Het project omvat ook de ontwikkeling van een nieuw bestralingsapparaat, de zogenaamde High Temperature High Flux.* ”

De te bestralen materialen zijn op wolfram gebaseerde legeringen, bedoeld voor de eerste wand en het pantser. De onderzoekers gebruiken nano-engineering om de beste prestaties te bereiken in fusieomstandigheden. Met de bestralingscampagnes willen ze nagaan: blijven de prestatie van de productiematerialen na de blootstelling aan neutronen op peil of gooien die neutronen roet in het eten?

Stap voor stap

Het project op zich bestaat uit drie delen met verschillende post-bestralingstesten en verloopt in samenwerking met de onderzoekscentra FZJ en KIT (Duitsland) en Demokritos (Griekenland). Voor de spreiding van de opdracht over verschillende centra zijn er goede redenen. Eén laboratorium heeft niet alle materialen, expertise en kunde in huis. Bovendien loopt er een race tegen de tijd, want de planning voor de bepaling van het DEMO-ontwerp is erg krap, hoewel de realisatie zelf pas tegen 2044 gepland is.

Nieuw bestralingsapparaat

De duur van het project is ongeveer drie jaar met een totaalbudget van 2,5 miljoen euro, waarvan de helft naar bestraling gaat en een derde naar 'post-irradiation experiments' (PIE). Het project omvat ook de ontwikkeling van een nieuw bestralingsapparaat, de zogenaamde High Temperature High Flux (HTHF) (zie kader).

In deze installatie zal een hoge-neutronenflux-bestraling plaatsvinden bij 1200 °C onder actieve temperatuur- en omgevingscontrole, een primeur in de geschiedenis van proeven die in het SCK-CEN uitgevoerd zijn. Na de bestraling brengen de onderzoekers de thermische, mechanische en micro-mechanische eigenschappen van de bestraalde materialen in kaart in het laboratorium voor hoge en middelhoge activiteit (LHMA).

Technologie

Duurzaamheid is geen modewoord

BR2 behoort, door de "refurbishment" en zijn unieke configuratie, nog steeds tot één van de beste testreactoren, en zal daar ook toe blijven behoren de komende generaties. BR2 is ook een uiterst betrouwbare toeleverancier van medische radio-isotopen, en staat in voor maar liefst twee derde van de wereldwijde productie. De verdere ontwikkeling van nieuwe veelbelovende medische radio-isotopen voor kankerbehandeling toont aan dat duurzaamheid ons nucleair onderzoek steeds kenmerkt en zal blijven kenmerken.

Leo Sannen

Instituutsdirecteur Nucleaire Materiaalwetenschappen



Hoe evolueert poriewater bij opwarming in Boomse Klei?

Onderzoek 225 meter onder de grond

Is de Boomse Klei geschikt voor de ondergrondse berging van radioactief afval? Dat wordt intensief onderzocht. Eén onderzoek gaat na in welke mate de warmte van het radioactieve afval - gesimuleerd door de PRACLAY Heater test - een invloed zal hebben op de samenstelling van het poriewater, dat op zijn beurt het gedrag van radionucliden kan beïnvloeden. De experimenten vinden plaats in het laboratorium HADES, 225 meter diep onder de grond.

Wetenschappers wereldwijd beschouwen diepe berging in geologisch stabiele lagen als de meest aangewezen manier voor het langetermijnbeheer van het hoogradioactieve afval. In België focust het onderzoeksprogramma zich op diepe kleilagen zoals de Boomse Klei. Voordat berging in klei concreet kan worden, is het nodig het gedrag van de klei en de impact van mogelijke verstoringen grondig te onderzoeken. Het SCK·CEN startte dit onderzoek in België bijna 40 jaar geleden.

Het onderzoek naar de impact van warmte op de samenstelling van het poriewater gebeurt in het ondergrondse laboratorium HADES, als onderdeel van de PRACLAY Heater test. Met deze test kunnen de onderzoekers nagaan hoe de Boomse Klei zich thermisch, hydro-mechanisch en chemisch gedraagt wanneer deze opwarmt door contact met hoogradioactief afval.



Onderzoekers **Mieke De Craen** en **Miroslav Honty** in het ondergrondse laboratorium HADES.

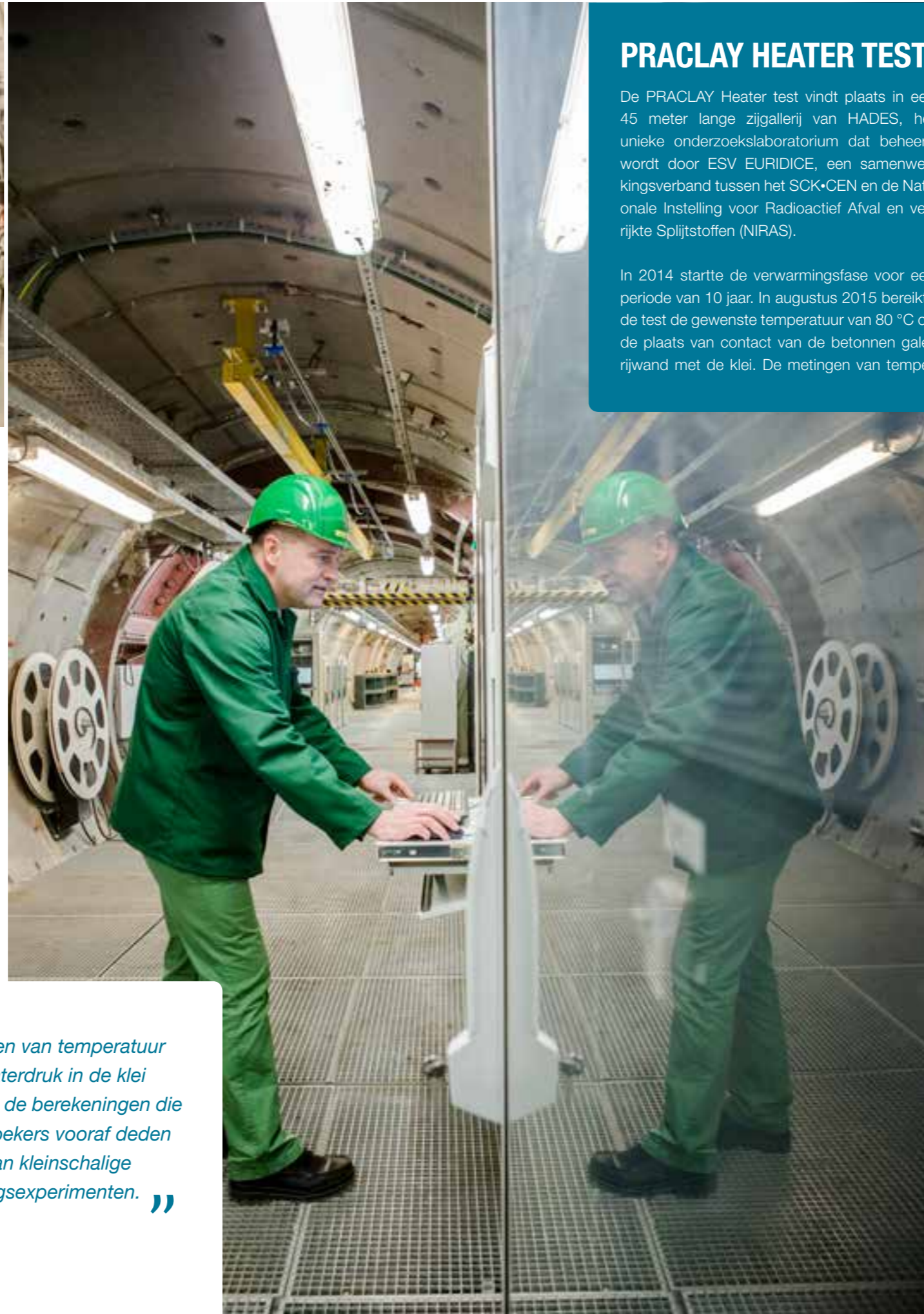


Onderzoek naar thermische belasting

Eén van de experimentele opstellingen heeft als doel om de chemische veranderingen te bestuderen die het gevolg zijn van de opwarming van de klei. Het onderzoek zal lopen over een periode van tien jaar. Hoe gaat het in zijn werk?

Onderzoekers Mieke De Craen en Miroslav Honty nemen ons mee 225 meter diep onder de grond: "Wij monstern in het laboratorium op regelmatige tijdstippen het poriewater en de daarin opgeloste gassen. We boren een gat in de kleilaag en stoppen er een piëzometer in. Bekijk het als een metalen buis met op verschillende plaatsen een filter die het water opvangt. Dat water gaat via dunne leidingen naar de experimentele opstelling in het ondergrondse laboratorium. In normale omstandigheden heeft het poriewater op deze diepte een temperatuur van 16 °C, maar door de opwarming van de PRACLAY Heater test bedraagt de temperatuur ter hoogte van de filters momenteel zo'n 55 °C. Die temperatuur kan het chemisch evenwicht verstoren en dát is precies wat we willen bestuderen. De experimentele opstelling maakt het mogelijk om een aantal specifieke parameters te meten en om het poriewater en de daarin opgeloste gassen afzonderlijk te bemonstern. De monsters vertrekken dan naar de bovengrondse laboratoria voor verdere analyse."

“ De metingen van temperatuur en poriewaterdruk in de klei bevestigen de berekeningen die de onderzoekers vooraf deden op basis van kleinschalige verwarmingsexperimenten. ”



PRACLAY HEATER TEST

De PRACLAY Heater test vindt plaats in een 45 meter lange zijgallerij van HADES, het unieke onderzoekslaboratorium dat beheerd wordt door ESV EURIDICE, een samenwerkingsverband tussen het SCK•CEN en de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen (NIRAS).

In 2014 startte de verwarmingsfase voor een periode van 10 jaar. In augustus 2015 bereikte de test de gewenste temperatuur van 80 °C op de plaats van contact van de betonnen galerijwand met de klei. De metingen van tempe-

ratuur en poriewaterdruk die tot nu toe in de klei zijn gebeurd, bevestigen de berekeningen die de onderzoekers vooraf deden op basis van de resultaten van kleinschalige verwarmingsexperimenten uit het verleden. Deze bevestiging, op een schaal die representatief is voor een echte berging, is één van de belangrijkste doelstellingen van het experiment. Daarnaast biedt de PRACLAY Heater test ook de mogelijkheid om de geochemische veranderingen in de klei, de stabiliteit van de betonbekleding en de betrouwbaarheid van de meetinstrumenten bij verhoogde temperatuur te testen.

Resultaten vergelijken met voorspellingen

Door de verwarming treden er chemische reacties op die het poriewater beïnvloeden. De onderzoekers willen uitvissen in welke mate dat gebeurt en of het een effect heeft op het gedrag van radionucliden. Mieke De Craen en Miroslav Honty: "We hebben een grote database van het poriewater bij een natuurlijke temperatuur van 16 °C. En we hebben ook geochemische modellen om de samenstelling van poriewater te voorspellen bij verhoogde temperaturen. Maar tot nu toe hadden we de mogelijkheid niet om de geldigheid ervan te testen aan de hand van experimentele gegevens".

Dat kan nu op grote schaal dankzij de verwarmingsproef in HADES. De onderzoekers zullen de poriesamenstelling van het water bepalen en de resultaten vergelijken met hun voorspellingen. Dankzij de nieuwe gegevens zullen we in staat zijn de situatie bij verhoogde temperaturen in detail te bestuderen. Ondertussen loopt er ook een onderzoek in nauwe samenwerking met de groep Microbiologie. Zij gaan peilen naar de mogelijke aanwezigheid en activiteit van micro-organismen in poriewater in de Boomse Klei onder thermische belasting."

U₃O₇: het ontbrekende puzzelstuk

Beter begrip van oxidatieproces

Uraniumdioxide (UO₂) is de meest gebruikte kernsplijtstof. Bij blootstelling aan lucht of water zal UO₂ oxideren naar U₃O₈. Bij die oxidatiereactie zet het materiaal minstens met een derde van zijn volume uit en bij erg fijne poeders kan dat proces zeer snel gaan. De wetenschap bestudeert al meer dan zeventig jaar de complexe structuren die tijdens de oxidatie van UO₂ naar U₃O₈ gevormd worden, maar een belangrijke tussenfase, namelijk U₃O₇ bleef tot op heden onbegrepen. Daar bracht Gregory Leinders verandering in met zijn doctoraatsstudie.

Uraniumpoeders en cilindervormige brandstofpastilles oxideren steeds als ze in contact komen met lucht. Dat kan zowel bij de productie van kernsplijtstof als bij de opslag van gebruikte splijtstof nefaste gevolgen hebben. Tijdens de oxidatiereactie komt er een aanzienlijke hoeveelheid warmte vrij, waardoor in erg fijne poeders het gevaar op spontane ontbranding ontstaat. Met alle veiligheidsrisico's tot gevolg, want in een productieproces is brand uit den boze.

Dat is niet alles. Zodra oxidatie onbeperkt optreedt, wordt het hogere en meer stabiele oxide U₃O₈ gevormd. Deze oxidevorm is niet bruikbaar voor de productie van kernsplijtstof. Bij de kristallografische overgang naar U₃O₈ vergroot het volume met liefst 36 procent. Hierdoor kunnen opslagcontainers scheuren,

niet alleen bij het productieproces maar ook bij de verwerking en bewaring van de gebruikte splijtstof.

Gegevens in tegenspraak

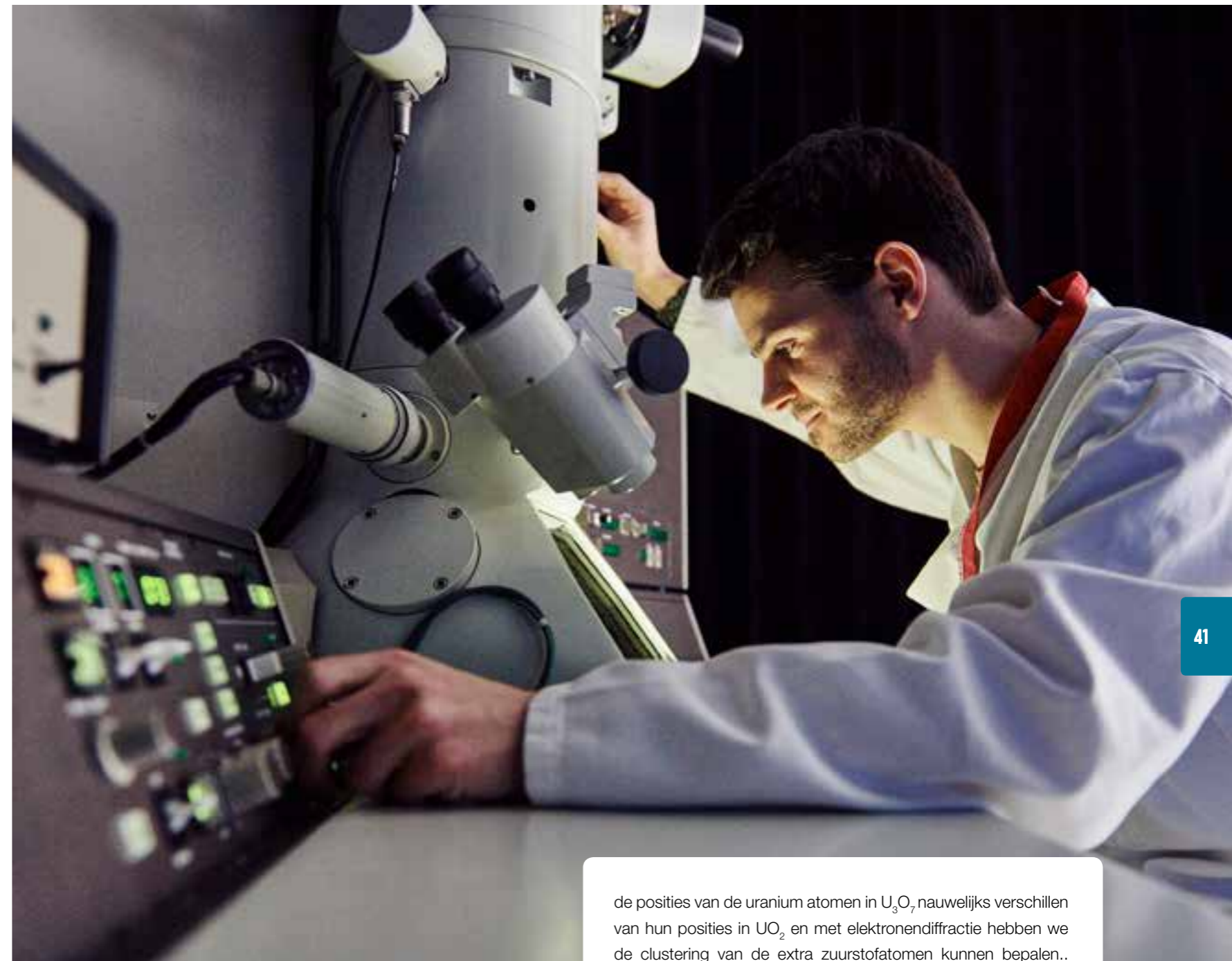
Gregory Leinders onderzocht samen met collega's uit de groep *Splijtstofmaterialen* hoe zuurstof interageert met UO₂-poeders: "Ik ging na op welke manier en hoe snel de oxidatie plaatsvindt. De omstandigheden waren gerelateerd aan die bij de productie van kernsplijtstof en bij de opslag van UO₂-poeders en brand-

stofpastilles. Concreet: een maximale zuurstofconcentratie gelijk aan die in de lucht en temperaturen tot zo'n 250 °C".

Voordat U₃O₈ gevormd wordt onder deze omstandigheden, ontstaat het intermediair uraniumoxide U₃O₇. Gregory Leinders: "Hoewel dit oxide al zeventig jaar bekend is, ontbrak het aan inzicht in de complexe kristalstructuur. De gegevens spraken elkaar soms zelfs tegen. Samen met mijn collega's ben ik erin geslaagd een consistent model voor die structuur te ontwikkelen, op basis van nieuwe experimentele resultaten."

Periodische ordening

Nadat polykristallijne U₃O₇-poeders werden aangemaakt in de labo's van het SCK·CEN, gebruikten de onderzoekers X-stralendiffractie en elektronendiffractie voor de structurele analyse: "We doen dat met een bundel X-stralen en een bundel elektronen, zodat er een scattering-proces optreedt dat gevoelig is aan de positie van de atomen in de structuur.



de posities van de uranium atomen in U₃O₇ nauwelijks verschillen van hun posities in UO₂ en met elektronendiffractie hebben we de clustering van de extra zuurstofatomen kunnen bepalen. Gemiddeld genomen lijkt de structuur sterk op die van UO₂, maar er zitten toegevoegde anionen gegroepeerd in zogenoemde kuboctaëder zuurstofclusters, wat leidt tot een lang-periodische ordening. Het kristalrooster kan vervolgens beschreven worden met een vergrote eenheidscel die 15 fluoriet-soort subcellen bevat."

Het gevolg is een interferentiepatroon, en dát meten we. Zulke diffractogrammen geven ons informatie over de positie van en de afstand tussen atomen en de symmetrie van de kristalstructuur."

Het gebruik van de twee diffractietechnieken maakte het mogelijk om de structuur goed in kaart te brengen: "Met X-stralendiffractie toonden we aan dat

Wetenschappers hadden er zich al meer dan 70 jaar het hoofd over gebroken, maar de onderzoekers van het SCK·CEN slaagden erin: "Eindelijk bestaat er een consistent model voor de complexe kristalstructuur van U₃O₇."

“Eindelijk bestaat er een consistent model voor de complexe kristalstructuur van U_3O_7 .”



Naar een kwantitatieve interpretatie

Met de afleiding van de U_3O_7 -kristalstructuur is een essentieel ontbrekend stuk in de puzzel van het oxidatiemechanisme van UO_2 ontdekt. Maar er is meer nodig: “De eenheidscel op zich vraagt nog verfijnd onderzoek. In een vervolgstudie willen we additionele structurele informatie ontrafelen aan de hand van hoogstaande technieken. Onder meer met synchrotron X-stralenabsorptie-spectroscopie (XAS) om de valentietoestand van de uraniumatomen te bepalen. En met precessie-elektronendiffractie voor de verdere verfijning van de kristalstructuur – een meer geavanceerde techniek die het mogelijk maakt intensiteiten in een elektronendiffractogram kwantitatief te bepalen en te interpreteren. Al deze resultaten zullen ertoe bijdragen meer inzicht te krijgen in de vorming van het belangrijke eindproduct van oxidatie: U_3O_8 .”

Nieuwe perspectieven voor behandeling van kanker

Capsules met waardevolle thorium voor gerichte Alfa therapie

Het verleden kan waardevolle schatten voor de toekomst bezitten. Het SCK•CEN heeft gedurende de jaren 70 thoriumbronnen geproduceerd en is vandaag één van de weinige onderzoeksinstituten in de wereld die in het bezit is van thorium-229. Deze radio-isotoop, zowel zeldzaam als veelbelovend, biedt een reëel potentieel in de behandeling tegen kanker.

Thorium-229 (Th-229) is een waardevol radio-isotoop, bijvoorbeeld voor gebruik in nucleaire klokken. Maar er is meer: de dochterisotopen actinium-225 (Ac-225) en bismut-213 (Bi-213) hebben veel potentieel in kankertherapie. Dat klinkt hoopgevend en toch er is één probleem: de wereldwijde hoeveelheid Th-229 is erg beperkt. Het SCK•CEN is erin geslaagd om relevante hoeveelheden Th-229 in de historische thoriumbronnen aan te tonen, waardoor de mogelijkheid ontstond om onderzoek en ontwikkeling van radiofarmaca op te starten. Meer specifiek gaat de interesse uit naar het ‘vervalproduct Ac-225, voor zowel directe toepassingen als het creëren van een generator voor Bi-213.



Targeted Alpha Therapy

Ac-225 en Bi-213 kunnen gekoppeld worden aan specifieke antilichamen. Een antilichaam is een soort voertuigmolecule waaraan een kortlevend radioactief deeltje kan worden gehangen. Het antilichaam gekoppeld met Ac-225 of Bi-213 zal zich in het lichaam vervolgens verplaatsen en specifiek binden aan een kankercel zoals een sleuteltje op een slot, en bij het radioactief verval van Ac-225 en Bi-213 komen alfadeeltjes vrij die de kankercel vernietigen. Dit is het principe van zogenoemde Targeted Alpha Therapy (TAT).

Een van de enige ter wereld

Het SCK•CEN is een van de enige onderzoeksinstituten ter wereld die in het bezit is van Th-229 als bron voor Ac-225 en Bi-213. Tijdens het onderzoek van de historische thoriumbronnen werd de beschikbare hoeveelheid Th-229 bepaald aan de hand van een niet-destructieve meetmethode gebaseerd op gammaspectrometrie en mathematische modellering. De toegepaste kwalitatieve methode bood het voordeel dat de hermetische afdichting van de historische capsules intact bleef en dat de zuiverheid van het kostbare product niet in het gedrang kwam. De kennis en ervaring van de expertisegroep *Dismantling, Decontamination & Waste* voor de bepaling van de meetopstelling en de interpretatie van de meetresultaten was hierin cruciaal. Het thorium – slechts 1 milligram! – zat in capsules die in een volgende fase met de grootste omzichtigheid geopend moesten worden.

“Het SCK•CEN is een van de enige onderzoeksinstituten ter wereld die in het bezit is van thorium-229, een waardevol radio-isotoop.”

“Met ons preklinisch onderzoek willen we de medische sector overtuigen van de grote meerwaarde van Targeted Alpha Therapy. Dat inzicht kan voor het SCK•CEN de deur openen naar een grootschalige isotopenproductie. Veelbelovend!”

Geslaagde operatie

De opening van de capsule vond in december 2016 plaats. Met succes! Er zijn meteen acties gestart in de vorm van het SERAPHIM-project (**S**eparation of thorium-229 from historical sources for the production of **r**adioisotopes for targeted **a**lpha **i**mmunotherapy). Eerst wordt de radiologische inhoud verwerkt voor de afscheiding van Th-229. Daarna is het de bedoeling een Ac-225/Bi-213 generator te produceren waaruit Bi-213 wordt gewonnen voor de ontwikkeling van Bi-213-gekoppelde antilichaampjes voor therapie van eierstok- en borstkanker. Dit gebeurt in het doctoraat van Yana Dekempeneer, een succesvolle samenwerking tussen de expertisegroep Radiochemie en de Vrije Universiteit Brussel.

SCK•CEN-onderzoeker Thomas Cardinaels, hoofd van het project, is ervan overtuigd dat deze alfa-isotopen een grote toekomst voor zich hebben: “Met ons preklinisch onderzoek willen we de medische sector overtuigen van de grote meerwaarde van Targeted Alpha Therapy. Dat inzicht kan voor het SCK•CEN de deur openen naar een grootschalige isotopenproductie. Veelbelovend!”

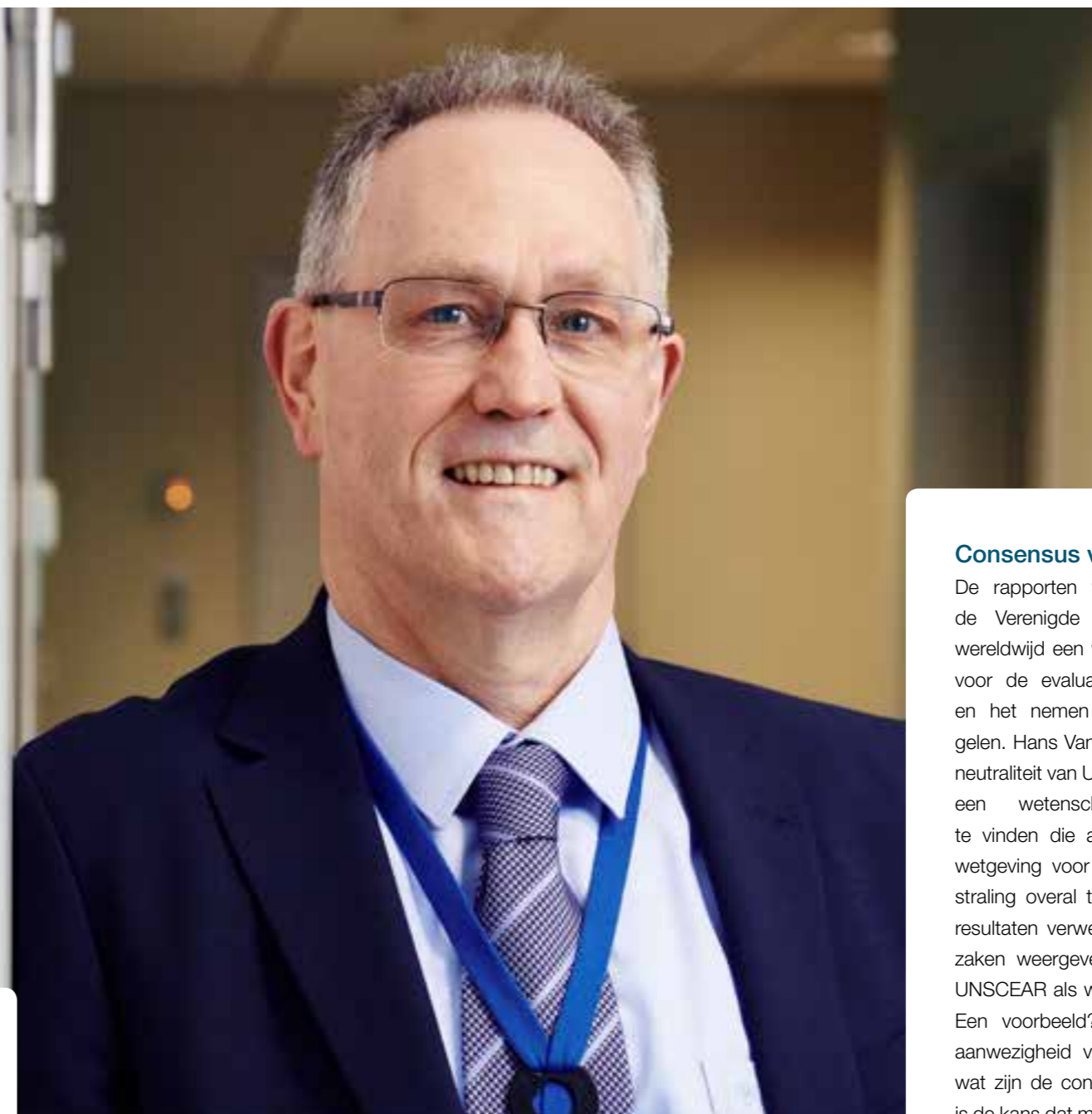


**Bijdragen
aan grote
maatschappelijke
uitdagingen**

04

“Ik had nooit kunnen dromen voorzitter te worden”

Hans Vanmarcke aan het hoofd van UNSCEAR



48

Hij werd in 1996 lid van de Belgische delegatie van wetenschappers. In de loop der jaren miste hij geen enkele vergadering in Wenen. Het ministerie van Buitenlandse Zaken stelde hem in 2008 aan als hoofd van de Belgische delegatie. In 2015 werd hij vicevoorzitter. En in 2016 verkozen de 27 deelnemende landen hem tot voorzitter. Allemaal bij UNSCEAR, het wetenschappelijk comité van de Verenigde Naties over de gevolgen van blootstelling aan straling. Zijn naam? Hans Vanmarcke, expert in stralingsbescherming bij het SCK•CEN.

1955. In volle Koude Oorlog zijn de USA en de USSR volop bezig met bovengrondse kernproeven. Grote hoeveelheden radioactief materiaal komen in de atmosfeer terecht en beide grootmachten zijn bezig de wereld radioactief te besmetten. Er moet een organisatie komen om op een neutrale manier de gevolgen van de radioactieve neerslag in kaart te brengen.

De algemene vergadering van de Verenigde Naties roept UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) in het leven. UNSCEAR krijgt een mandaat om overal ter wereld de niveaus van blootstelling aan radioactieve straling te evalueren en de gezondheidseffecten ervan te onderzoeken. Die blootstelling is niet alleen het gevolg van de wapenwedloop, maar ook van de ontwikkeling van kernenergie, het winnen van grondstoffen, de groei van de medische toepassingen en de natuurlijke blootstelling.

Er is een belangrijk verschil met organisaties zoals het IAEA (Internationaal Atoomenergieagentschap) en de WHO (Wereldgezondheidsorganisatie) legt UNSCEAR-voorzitter Hans Vanmarcke uit: “Die organisaties hebben een vaste vestigingsplaats, waar heel wat medewerkers in dienst zijn. UNSCEAR is helemaal anders. We hebben alleen maar een klein secretariaat in Wenen. De input komt van de landen die deelnemen.” Maar elk nadeel heeft zijn voordeel: “UNSCEAR heeft een belangrijk statuut omdat we rechtstreeks aan de algemene vergadering van de Verenigde Naties rapporteren.”

49

Consensus vinden

De rapporten van UNSCEAR bieden de Verenigde Naties en regeringen wereldwijd een wetenschappelijke basis voor de evaluatie van stralingsrisico's en het nemen van veiligheidsmaatregelen. Hans Vanmarcke beklemtoont de neutraliteit van UNSCEAR: “We proberen een wetenschappelijke consensus te vinden die als basis dient voor de wetgeving voor de bescherming tegen straling overal ter wereld. Onderzoekresultaten verwerken en een stand van zaken weergeven, dat is de taak van UNSCEAR als wetenschappelijk comité. Een voorbeeld? We onderzoeken de aanwezigheid van radon in woningen: wat zijn de concentraties ervan en wat is de kans dat mensen er longkanker van krijgen?”

Daarnaast communiceert UNSCEAR ook rechtstreeks aan de bevolking over de blootstelling aan ioniserende straling en de gevolgen daarvan: “We stellen onder meer een toegankelijke brochure samen over ‘Straling: effecten en bronnen’ die door de UNEP (het VN-Milieuprogramma) wordt uitgegeven. Het vertaalwerk naar een groot aantal talen is niet te onderschatten.”



België aan zet

Hans Vanmarcke is lid van de Belgische afvaardiging sinds 1996. "Het is een enorm privilege en een ware eer om deze commissie van de Verenigde Naties voor te zitten en België te vertegenwoordigen. Ik investeer al jaren veel van mijn tijd in UNSCEAR en er zijn ondertussen al verschillende collega's van het SCK·CEN die aan UNSCEAR-rapporten meegewerkt hebben. Mijn voorzitterschap draagt bij tot onze bekendheid en prestige. Dit privilege is niet enkel bestemd voor ons onderzoekscentrum, ik betrek ook andere Belgische organisaties.

Het voorzitterschap van Hans Vanmarcke heeft ook zijn gevolgen voor de Belgische ambassade in Oostenrijk: "België moet nu het voortouw nemen in diplomatieke acties bij de Verenigde Naties die met UNSCEAR te maken hebben. Ik leid het wetenschappelijk deel, de ambassadeur neemt de diplomatie voor zijn rekening."

Op dit ogenblik zijn er 27 landen lid van UNSCEAR: "Een diplomatiek gevoelig onderwerp in 2017 is de vraag om het comité uit te breiden met nieuwe lidstaten. Opgelet, lid worden is geen cadeau, het is een verantwoordelijkheid. Je krijgt als land een taak om voor de wereld iets te betekenen, en dat kan alleen als je gemotiveerde wetenschappers afvaardigt."

A dream come true

Tijdens het mandaat van Hans Vanmarcke zal UNSCEAR zich met name wijden aan de uitvoering van verschillende langverwachte rapporten: de gevolgen voor de gezondheid van blootstelling aan radon binnenshuis, de biologische mechanismen van blootstelling aan lage stralingsdosissen, de epidemiologische studies naar de incidentie van stralingsgerelateerde kanker en de incidentie van 'secundaire' kanker na radiotherapie.

"Het is van fundamenteel belang dat we onze onderzoeken voortzetten naar de effecten van ioniserende straling op de gezondheid, in het bijzonder de gevolgen van lage stralingsdosissen. Het verschaffen van gevalideerde wetenschappelijke informatie aan de Algemene Vergadering van de VN, de wetenschappelijke wereld en het grote publiek, blijft onze prioriteit."

Het is keihard werken, weet Hans Vanmarcke. "Maar ook een gedroomde manier om de kroon op mijn carrière te zetten. Na mijn twee jaar als voorzitter zal ik nog twee jaar past-president kunnen zijn. Ik had nooit kunnen dromen dat ik ooit zo'n internationale organisatie zou leiden."

"Je krijgt als land een taak om voor de wereld iets te betekenen, en dat kan alleen als je gemotiveerde wetenschappers afvaardigt."

WAARDEVOLLE RAPPORTEN

Sinds de oprichting publiceert UNSCEAR een twintigtal zeer belangrijke onderzoeken. Deze rapporten gelden wereldwijd als norm en worden door de wetenschappelijke wereld als referentie gebruikt. Een paar voorbeelden:

- Effecten van ioniserende straling op dieren en planten;
- Epidemiologische studies over het verband tussen kanker en blootstelling aan straling;
- Effecten van de blootstelling aan radon in woningen en werkplaatsen;
- Gezondheidseffecten van de blootstelling van kinderen aan straling;
- Overzicht van de wereldwijde blootstelling aan straling (Fukushima, Tsjernobyl, geneeskunde,...);
- Stralingsblootstelling bij elektriciteitsproductie in functie van de productiemethode.

Meer info: <http://www.unscear.org>

Welke impact heeft radiotherapie op onze gezondheid?

Betere diagnostische en therapeutische behandelingen

Ioniserende straling kan negatieve gezondheidseffecten veroorzaken. Bij het SCK•CEN gaan onderzoekers na wanneer die effecten optreden en hoe ze voorkomen kunnen worden. Dat is van belang voor de medische sector, die steeds meer gebruikmaakt van deze nuttige en doeltreffende technologie voor diagnostische en therapeutische behandelingen.

In 1945 werden de Japanse steden Hiroshima en Nagasaki getroffen door atoombomaanvallen. Kinderen die als foetus tussen week 8 en week 25 bestraald werden met een voldoende hoge dosis, vertoonden op twaalfjarige leeftijd duidelijke tekenen van een vertraagde mentale ontwikkeling. Ook de omvang van hun hersenen was kleiner.

Er bestonden alleen statistische data, geen mechanistische studies. Daarom bestuderen wetenschappers bij het SCK•CEN al jaren de gevolgen van blootstelling aan ioniserende straling tijdens de foetale of vroege postnatale leeftijd. Het gaat concreet over de invloed op de ontwikkeling en de latere functionaliteit van de hersenen, de neurodegeneratie en de verouderingsprocessen, onder meer het vroegtijdig optreden van de ziekte van Alzheimer. Ook testen de onderzoekers

middelen die kinderen – voor of juist na de geboorte – zouden kunnen beschermen tegen de negatieve effecten van stralingsblootstelling.

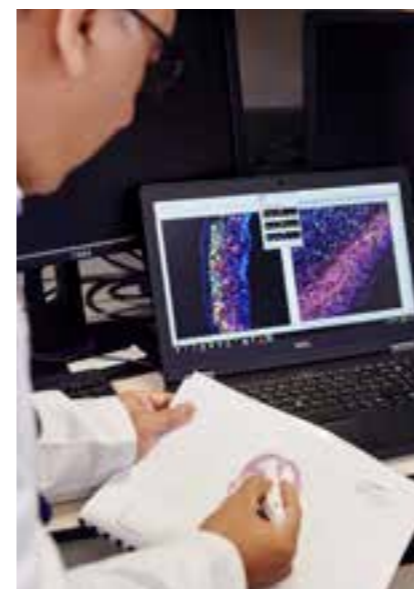
De studies maken gebruik van het dierenverblijf van het SCK•CEN, waarbij de onderzoekers nagaan hoe ioniserende straling de hersenen en het gedrag van muizen beïnvloedt.

De gevolgen zijn op een veel kortere periode vast te stellen dan bij mensen. Ook wordt er gewerkt met een genetisch muismodel dat vatbaar is om de ziekte van Alzheimer te ontwikkelen.

Verduidelijking verband tussen bestraling foetus en defecten bij volwassenen

De conclusies zijn duidelijk: in de vroege periode wanneer de organen zich ontwikkelen kan ioniserende straling met voldoende hoge doses leiden tot misvormingen, zoals microphthalmos (oogmisvorming) en exencefalie (onvolledige ontwikkeling van de schedel). Bij het begin van de periode waarin nieuwe zenuwcellen worden aangemaakt, veroorzaakt bestraling blijvende ontwikkelingsstoornissen en functionele en structurele veranderingen in de hersenen – waarbij gedragsproblemen optreden.

Momenteel peilen de onderzoekers naar de onderliggende mechanismen van deze aandoeningen en de gerelateerde biomarkers. Hiermee zouden in de toekomst mensen geïdentificeerd kunnen worden die een risico op



bepaalde ziekten lopen als gevolg van stralingsblootstelling. Ook is het de bedoeling middelen te testen die bij bestraling een betere bescherming van het gezonde weefsel bieden.

Meer gevoelige methoden

Tegelijkertijd loopt er onderzoek naar de effecten van bestraling van muisembryo's op de hersenontwikkeling, specifiek voor defecten ter hoogte van de neurale buis (voorloper van het centraal zenuwstelsel) en het ontwikkelen van microcefalie (kleine hersenomvang). De onderzoekers proberen de moleculaire mechanismen van deze defecten te achterhalen en gaan na of de toediening van respectievelijk foliumzuur of inhibitoren van het tumor suppressorgen P53 de mechanismen kunnen tegengaan.

Ze achterhaalden immers dat het gen P53, dat de expressie van vele andere genen regelt, een centrale rol speelt in het mechanisme van een verminderde hersengroei na bestraling, zoals ook gezien werd bij besmetting met het zikavirus. Hoewel door zijn rol in de ontwikkeling van vele kankers P53 het meest bestudeerde gen in de medische en biologische wetenschappen is, heeft



het SCK•CEN een aantal nieuwe doelwitgenen van P53 ontdekt, wat voor meerdere onderzoeksgebieden belangrijk kan zijn.

Dankzij meer gevoelige methoden voor het meten van zowel de hersenomvang als cognitieve functies konden de wetenschappers aantonen dat prenatale blootstelling aan radioactieve straling negatieve effecten kan hebben bij lagere doses dan voorheen werd vermoed. Toch kunnen deze doses nog steeds als vrij hoog worden beschouwd in de context van medische diagnostiek.

“*Het is de bedoeling te komen tot een betere bescherming van het gezonde weefsel bij radiotherapie en zo bij te dragen tot een betere levenskwaliteit van de patiënten.*”

Identificatie van biomerkers

Ioniserende straling heeft ook invloed op het cardiovasculair systeem, vaak pas na een periode van een of twee decennia. Ook dit werd geobserveerd bij de overlevenden van de Japanse atoombomexplosies in WO II. De problemen met hart- en vaataandoeningen kunnen zich ook voordoen als een gevolg van de behandeling tegen borstkanker met radiotherapie. Als de symptomen zich vertonen, is de ziekte vaak al ver gevorderd. Daarom is het nodig enerzijds biomerkers te identificeren die al in een vroeger stadium aangeven dat er iets aan de hand is en anderzijds in te grijpen om verdere ontwikkeling van de problemen te voorkomen.

Op basis van onderzoek naar de onderliggende cellulaire en moleculaire mechanismen van stralingsgeïnduceerde hart- en vaataandoeningen krijgen de wetenschappers van het SCK•CEN een beter inzicht in de mogelijke gezondheidsrisico's voor personen die blootgesteld worden aan ioniserende straling. Er is specifieke aandacht voor de ontwikkeling van atherosclerose. Zo proberen de onderzoekers bij te dragen tot de formulering van betere richtlijnen voor radioprotectie voor hart en bloedvaten. Ook willen ze agentia identificeren die de schadelijke effecten van ioniserende straling kunnen beperken als ze toegediend worden net voor, tijdens of na de behandeling.



Het onderzoek gebeurt met in-vitro-celculturen van endotheelcellen, de cellen die bloedvaten aflijnen en in direct contact staan met het bloed. Endotheelcellen zijn belangrijk om het bloedvatstelsel normaal te laten functioneren. Hun beschadiging kan leiden tot de ontwikkeling van ziekten van hart en bloedvaten. Ook worden in dit onderzoek muizen blootgesteld aan ioniserende straling en bloedstalen geanalyseerd van kankerpatiënten die behandeld zijn met radiotherapie.

Ondertussen hebben de wetenschappers ontdekt dat een lage dosis X-straling DNA-schade en celdood kan veroorzaken. De resultaten van de DNA-schade wezen op een niet-lineaire relatie met relatief meer DNA schade bij lagere dosissen.

Chronische bestraling aan een laag dosistempo kan leiden tot een profiel van celstress en ontsteking in eerste instantie, wat verder resulteert in een vervroegde celveroudering. De wetenschappers brengen ook de mechanismen achter de laattijdige effecten van ioniserende straling in beeld. Verder willen ze nu de intercellulaire communicatie bestuderen: hoe communiceren cellen in een stralingsgebied naar andere cellen, en hoe kan men die intercellulaire communicatie voorkomen?

Expertise

Maatschappelijke relevantie dragen we hoog in ons vaandel

Het SCK•CEN zet zijn wetenschappelijk en technische expertise in om maatschappelijke vragen te beantwoorden en oplossingen te bieden. Is ons drinkwater veilig? Wat zijn mogelijke risico's van het inzetten van ioniserende straling voor diagnostische en therapeutische doeleinden? Het SCK•CEN bouwt bruggen; we bevragen de bevolking naar hun waarden en verwachtingen en treden in dialoog rond risico's over het gebruik van straling. We brengen onze expertise naar het Zuiden. We zijn maatschappelijk verankerd.

Hildegarde Vandenhove

Instituutsdirecteur Milieu, Gezondheid en Veiligheid



Sleutelrol in radioactiviteitsmetingen voor drinkwater

Nieuwe meettechnieken verfijnd en gevalideerd



Radiologische controle van drinkwater is niet nieuw. De expertisegroep LRM (*Lage Radioactiviteitsmetingen*) voert al vele jaren analyses uit op drinkwater, vooral via alfa- en beta-globaalmetingen. Ze doet dat onder meer voor enkele grote frisdrankproducenten.

Nieuwe richtwaarden

Het onderzoek kwam de voorbije jaren in een stroomversnelling door de Belgische omzetting van een nieuwe Europese regelgeving. Michel Bruggeman licht toe: "In 2013 legde de nieuwe Europese richtlijn 2013/51/EURATOM richtwaarden vast voor de controle van radioactiviteit in zowel drinkwater als water dat gebruikt wordt in voedselbereidingen of dat in contact komt met voedsel. De nieuwe regelgeving definieerde ook de nuclide-specifieke richtwaarden die je bij gedetailleerde controles in het oog moet houden."

Gevolg van dit alles? "Zowel drinkwaterproducenten als bedrijven in de voedingsindustrie die gebruikmaken van water dat in contact komt met het voedsel, moeten hun verschillende waterbronnen laten controleren. Alles hangt natuurlijk af van de interpretatie die elke individuele lidstaat aan de richtlijn geeft. Voor ons vormen de verschillen in nationale wetgevingen een bijkomende uitdaging."

Collega Freddy Verzezen kadert de omvang van de controles: "Het gaat niet alleen om water dat eventueel radioactief besmet is door menselijke handelingen maar vooral om de radioactiviteitsconcentraties die het gevolg zijn van natuurlijke radioactiviteit. Het grondwater komt in de ondergrond in contact met gesteenten die drager zijn van een zekere natuurlijke radioactiviteit. Daardoor bevat het altijd radionucliden uit de natuurlijke reeksen van uranium, thorium en kalium."

Snel, gevoelig en betaalbaar

Het Federale Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) organiseert de controle van het drinkwater op basis van een beslissingsboom: eerst wordt een screening uitgevoerd (globale metingen en de kwantificatie van twee sleutelnucliden) en – afhankelijk van de resultaten van die screening – volgen dan diepgaandere analyses om meer radionucliden te bepalen. Voor de basisscreening op radioactiviteit hebben we extra proportioneeltellers aangekocht die we gebruiken om de alfa- en betaglobaalactiviteit te meten."

Radionucliden van belang kun je onderverdelen in twee groepen. Aan de oorsprong van de ene groep ligt natuurlijke radioactiviteit, de andere is het gevolg van een menselijke activiteit. Michel Bruggeman: "We hebben vooral op de eerste groep gewerkt en voor Ra-226, Ra-228, Rn-222 en Pb-210 nieuwe meettechnieken opgesteld."

De onderzoekers van LRM stonden dus voor de uitdaging om nieuwe meettechnieken voor nuclidespecifieke analyses van water te ontwikkelen die relatief snel én betaalbaar resultaten opleveren. Maar niet alleen de snelheid van techniek is van belang, zegt Freddy Verzezen: "Ze moet ook betrouwbaar zijn en aan de gevoeligheid voldoen die de richtlijn vraagt."

“Soms steekt het welslagen van een methode in kleine dingen die je moet ontdekken tijdens je onderzoek.”

De komende jaren zullen heel wat waterbronnen een controle op radioactiviteit moeten ondergaan. Dat komt door een recente Europese richtlijn. Maar hoe bepaal je de verschillende radionucliden en parameters in drinkwater? Onderzoekers van het SCK•CEN hebben daartoe de nucleaire meettechnieken geselecteerd, verfijnd en gevalideerd.

Michel Bruggeman en Freddy Verzezen

Niet de beste maar de meest geschikte

Onderzoeker Mirela Vasile coördineerde de ontwikkelingen van de meettechnieken voor deze controles. Zo werd er onder andere gebruikgemaakt van filtermembranen om bepaalde elementen uit het water te filteren en daarna selectief te meten. Een dergelijke membraantechnologie levert een snelle manier om bepaalde elementen uit het water te halen, maar de volledige methode moet ook evenwichtig zijn: "Het heeft ons verschillende maanden tijd gekost om de stabiliteit van de meting te kunnen garanderen met een zogenaemde RAD-disk™. Die is selectief voor radium en dient dus voor de bepaling van Ra-226 en Ra-228. Na filtering van het water kun je het membraan gewoon meten via vloeistof-scintillatiespectroscopie of gammaspectrometrie. Wel moet je de gepaste nabehandelingen van het membraan én het aanvangstijdstip van de meting kennen om betrouwbare metingen te kunnen uitvoeren."

Een team klaar voor de toekomst

Maar weinig laboratoria in België mogen alle noodzakelijke analyses van de radioactiviteit van drinkwaterstalen uitvoeren. Het aantal drinkwaterstalen dat de afgelopen jaren aan onderzoeken werden onderworpen is nog steeds moeilijk te bepalen, maar de expertisegroep LRM is zich aan het voorbereiden om een groot deel van de onderzoeken de komende jaren te kunnen uitvoeren. "Wij hebben geprobeerd te anticiperen op de vraag door de meetcapaciteit van de screening uit te breiden. We hebben extra tellers gekocht en technieken met korte doorstroomtijden ontwikkeld. We zijn ook niet blijven stilzitten op het gebied van klantenwerving en we hebben partnerschappen gezocht met andere wateranalyzelaboratoria die alleen chemische of biologische analyses kunnen uitvoeren. We wachten de bestellingen met spanning af..."



Aan wetenschap doe je met en voor mensen

PISA slaat brug tussen wetenschap en maatschappij

Het SCK•CEN startte in de jaren negentig het 'Programme for Integration of Social Aspects into nuclear research', kortweg PISA. Dat programma is in de nucleaire sector uitgegroeid tot dé drijvende kracht om sociale en humane wetenschappen aan bod te laten komen in het nucleaire debat op Europees niveau. Meer dan ooit speelt het SCK•CEN in die integratie een leidende rol. Interview met Catrinel Turcanu en Tanja Perko van de *Studies van Nucleaire Wetenschap en Technologie*.

Waarom moeten sociale en humane wetenschappen een plaats vinden in een domein dat toch op de eerste plaats met exacte wetenschappen te maken heeft?

Catrinel Turcanu: Je kunt vandaag niet meer aan nucleaire wetenschap doen zonder de band met de maatschappij aan te halen. Aan wetenschap doe je met en voor mensen. Dat betekent dat je rekening houdt met de normen, waarden en meningen van alle stakeholders. Niet alleen onderzoekers, industrie en overheid, maar iedereen uit onze maatschappij. Het PISA-programma van het SCK•CEN geniet inderdaad internationaal aanzien voor zijn voortrekkersrol hierin. We hebben heel wat expertise verworven over de integratie van sociale en humane wetenschappen, specifiek in het onderzoek naar de risico's van ioniserende straling.

Voelen exacte wetenschappers zich daar wel goed bij?

Tanja Perko: Wij halen exacte wetenschappers uit hun comfortzone. Maar we zijn niet disruptief, we genereren nieuwe oplossingen. Want alleen samen kunnen we goede en complete wetenschap beoefenen. Er is meer interactie nodig, je moet de grenzen tussen verschillende vakgebieden overschrijden: sociale en technische aspecten kunnen niet van elkaar gescheiden worden.

“ *Het werkt aanstekelijk, want er zijn meer en meer initiatieven voor integratie van sociale en ethische aspecten in nucleair onderzoek op internationaal niveau.* ”

Dat we wetenschappers een spiegel voorhouden, kan vervelend zijn ... maar ook nuttig. In het SCK•CEN hadden we na vijftien jaar de nodige steun opgebouwd en konden we naar buiten treden. Het werkt aanstekelijk, want er zijn meer en meer initiatieven voor integratie van sociale en ethische aspecten in nucleair onderzoek op internationaal niveau.

Na het nucleaire ongeval in Fukushima in 2011 vond de Europese Commissie dat er iets gedaan moest worden aan de communicatie over ioniserende straling. Resultaat was het EAGLE-project ...

Tanja Perko: Hoe breng je mensen op de hoogte van de risico's en voordelen van ioniserende straling? Hoe kunnen zij in staat zijn om geïnformeerde beslissingen te nemen? Wat moeten ze doen bij een incident? In EAGLE hebben we nationale en internationale data, instrumenten en methoden in kaart gebracht, de onderwijs-, voorlichting- en communicatiebehoeften bekeken en de coördinatiemogelijkheden op Europees niveau geïdentificeerd. EAGLE was ook een stap in de richting van een communicatie-ideaal: iedereen samen aan tafel brengen en van elkaar leren, de nucleaire sector, de gebruikers van ioniserende straling, de overheid, massa- en sociale media, geïnformeerde burgers, enzovoort.

Wat is het concrete eindresultaat van EAGLE?

Tanja Perko: Een reeks aanbevelingen om tot een communicatieproces te komen waarin de burger centraal staat – altijd in het kader van risico's bij ioniserende straling. Van nucleaire producenten tot journalisten, iedereen kan met de aanbevelingen aan de slag. Ze worden gepubliceerd in een boekje voor RICOMET 2017.

Catrinel Turcanu: RICOMET is een internationale conferentie over risicoperceptie, communicatie en ethiek bij blootstelling aan ioniserende straling. Ook weer een initiatief van het SCK•CEN! In 2015 en 2016 was RICOMET dé plaats om te dialogeren over wetenschappelijk onderzoek, communicatie, risicoperceptie en ethiek – altijd op een internationaal niveau en over nucleaire toepassingen, natuurlijke radioactiviteit en stralingsbescherming.

Eén studie ging bij voorbeeld burgerwetenschap in Japan, na het ongeval in Fukushima. Meteen na de ramp namen burgers in Japan het heft in handen door met geigertellers radioactiviteit in de omgeving te meten en de verzamelde gegevens online te zetten. Deze vorm van burgerwetenschap komt tegemoet aan een behoefte van burgers om betrouwbare informatie over radioactieve straling te delen. Daaruit trekken we lessen voor de toekomst.



Alles is ooit gestart met PISA. Hoe willen jullie je inspanningen in de toekomst meer impact geven?

Catrinel Turcanu: Daarvoor is een sterkere integratie nodig. Nu kwam de inbreng van sociale en humane wetenschappen onder meer in de Europese OPERRA- en CONCERT-projecten aan bod. Maar dat gebeurt te fragmentarisch. Daarom hebben we in samenwerking met onze internationale partners Europa voorgesteld binnen het CONCERT HORIZON 2020-project een strategische agenda te ontwikkelen voor sociale en humane wetenschappen in het onderzoek naar stralingsbescherming. We willen de grenzen doorbreken van de verschillende disciplines die met ioniserende straling bezig zijn, maar ook de grenzen tussen de academische wetenschap en de maatschappij. Allemaal om beter te kunnen inspelen op de eisen van het grote publiek en om de beleidsmakers erbij te betrekken. Niet alleen de communicatie moet aan bod komen, ook andere sociale en ethische aspecten zijn uiterst belangrijk. Je kunt die zaken niet isoleren. Als pionier in de integratie van al die aspecten blijft het SCK•CEN daarin meer dan ooit zijn rol spelen.

Een conferentie organiseren is één ding, maar hoe hou je de interesse en de discussie levend?

Tanja Perko: Eerst is er ons netwerk. Dat blijven we activeren via een Europees platform voor sociale en humane wetenschappen in het onderzoek naar ioniserende straling. Daarnaast willen we een omgeving ontwikkelen voor verantwoord onderzoek en innovatie in het domein van de ioniserende straling. Belangrijk is dat we zelfreflectie onder technische gemeenschappen blijven stimuleren. We willen een bron zijn van inspirerende ideeën voor sociaal-wetenschappelijk onderzoek op verschillende gebieden. Natuurlijk zullen we ons onderzoek altijd afstemmen op de maatschappelijke waarden, behoeften en verwachtingen. Ook zouden we graag een openbaar wetenschapscentrum creëren om mediarelaties uit te bouwen en intensief met de buitenwereld te communiceren.

Inspiration project stimuleert ruimteonderzoek in Congo

Spirulina, de groene eiwitbron, bestrijdt ondervoeding

In Congo lijdt zo'n 43% van alle kinderen jonger dan vijf jaar aan chronische ondervoeding. Het gevolg is een hoge kindersterfte. Daarom hebben onderzoekers van het SCK•CEN in Congo de kweek van spirulina ontwikkeld. Die algensoort is rijk aan vitamines en mineralen, essentieel om chronische ondervoeding bij kinderen te bestrijden. Dit 'Inspiration'-project is het eerste in een reeks waarmee het onderzoekscentrum zijn steentje wil bijdragen aan een evenwichtige en rechtvaardige wereld.

"Traditioneel steunden we bij het SCK•CEN een reeks kleine projectjes. Organisaties kregen van ons telkens een kleine som geld. Meer en meer begonnen we ons daar vragen bij te stellen: wat steunen we eigenlijk, wat is het resultaat ervan, wat is ons doel?" Eric van Walle, directeur-generaal van het SCK•CEN, schetst hoe het Inspiration-project ontstond: "We kwamen op het idee ons op één maatschappelijk project te richten en onze eigen mensen erbij te betrekken. Zo ontstond contact met Ondernemers voor Ondernemers, een organisatie die bedrijven uit het Noorden motiveert een duurzame samenwerking met het Zuiden aan te gaan. Dat leek ons interessant en daarom lanceerden we een oproep aan onze medewerkers."

Onderzoeker Felice Mastroleo zag die oproep: "De directie vroeg of we een idee hadden dat in Afrika toegepast zou kunnen worden. Met enkele collega's presenteerden we 'Inspiration', of voluit INtroduction of SPIRulina in equatorial Africa To Improve IOcal Nutrition. Ons doel was om in Congo de teelt van spirulina op te starten om met deze algensoort de chronische ondervoeding bij kinderen te bestrijden."



Van de ruimte naar Congo

Waar komt de kennis over spirulina vandaan? "Uit ons werk voor het ESA-ruimtevaartproject", zegt Felice. "Daarin is MELISSA ontwikkeld, een recyclagesysteem voor lange ruimtereizen. Het doel is water, voedsel en zuurstof voor de mensen in de ruimte te produceren. In dat systeem voeren planten en bacteriën de recyclage uit. Een van de bacteriën is spirulina, eigenlijk een cyanobacterie die je tussen bacterie en plant moet situeren. Spirulina ontwikkelt zich zo snel als een plant én produceert zuurstof. In ons onderzoek gaan we na of spirulina bestand is tegen het effect van de ruimte – en in het bijzonder de ioniserende straling – en tegen het effect van de microzwaartekracht."

Uit alle voorstellen koos de directie van het SCK•CEN voor het project Inspiration. Maar de onderzoekers kregen geen carte blanche, vertelt Eric van Walle: "De eerste opdracht was om in Afrika een goed contact te hebben. We wilden niet zomaar mensen naar ginder sturen. Ook gingen we met hen een engagement aan: ze konden een aantal werkuren aan het project werken, maar moesten evenveel vrije tijd eraan spenderen."

“ Het Inspiration project toont het DNA van ons onderzoekscentrum. In minstens de helft van onze activiteiten proberen we oplossingen te ontwikkelen voor grote maatschappelijke uitdagingen. ”

Felice legde contacten: "Eerst met Louvain Coopération, een vereniging van de UCL in Louvain-la-Neuve, waar een project voor Burundi liep. Door de burgeroorlog hebben we een alternatief moeten zoeken. Zo zijn we bij de ngo Congodorpen beland, een vereniging die zich richt op allerlei aspecten van landbouw en geneeskunde in Congo. Ze hebben een agrarisch centrum opgericht in het Congolese dorpje Mooto. De mensen produceren er palmboomolie, koffie, cacao en ze kweken ook vis."

Van Mol naar Mooto

De sprong van onderzoek in moleculaire biologie naar het kweken van spirulina op grote schaal is aanzienlijk. Felice bouwde met zijn collega's een open bekken dat 1.000 liter water kon bevatten: "Dat deden we in ons onderzoeksgebouw in Mol. Om het evenaarsklimaat te simuleren, bedroeg de temperatuur constant 30 °C. Het licht was zo natuurlijk mogelijk. De test met het bekken liep acht maanden. Met dank aan de talrijke collega's die zich vrijwillig hebben ingezet om geregeld het spirulinabekken te komen omroeren. Die collega's brachten trouwens ook geld in het laatje op een event waar ze wafels, pasta en kervelsoep konden eten die met spirulina verrijkt waren."



Felice deed in Mooto nog méér dan de spirulinakweek op poten zetten: “We hebben getoond hoe mensen spirulina kunnen mengen in de bereiding van hun basis van pondou, een spinazie-achtige groente. We hebben onderzoekers van hogescholen en universiteiten spirulina leren kennen, zodat ze in hun cursussen die kennis kunnen doorgeven. En we hebben een dokter van het plaatselijke ziekenhuis getoond waarmee hij rekening moet houden als hij patiënten spirulina wil geven.”

Een erkend engagement

Het Inspiration project kreeg belangstelling van de media en had de eer om genomineerd te worden voor de OndernemersvoorOndernemers-trofee. “Dit project toont het DNA van ons onderzoekscentrum. In minstens de helft van onze activiteiten proberen we oplossingen te ontwikkelen voor grote maatschappelijke uitdagingen. Wij zijn duidelijk betrokken op sociaal niveau. Duurzaamheid is ook essentieel voor ons. Onze wens is om onze onderzoekers ter plaatse te sturen om hun kennis over te dragen en om de lokale bevolking zorg te doen dragen voor hun gezondheid op een autonome manier. Hoe konden we dit beter doen dan met zo'n project voor gezondheid? “

Felice trok in de zomer van 2016 met zijn collega Ben Vos naar het plaatsje Mooto in Congo: “Eerst hebben we de precultuur van de spirulina gestart en het bekken gebouwd. De uitdaging voor de spirulinakweek was de samenstelling van de nutriënten, hoewel spirulina er weinig nodig heeft. We hadden nutriënten uit ons labo meegebracht, behalve nitraat. Dat mag je niet in een vliegtuig vervoeren. Ter plaatse gingen we op zoek naar een goede bron van nitraat om toe te voegen.”

Zuiver water, gezonde spirulina

De grootste uitdaging was zuiver water: “Analyse van verschillende bronnen wees op een grote aanwezigheid van nitriet en zware metalen. De minst besmette bron lag het verst van het dorp. Toch hebben we de mensen verplicht om dat water te gebruiken. Spirulina is heel voedzaam, maar werkt als een spons voor zware metalen. Geen gezonde spirulina zonder zuiver water.”



De spirulina ontwikkelde zich zoals gepland. Inwoners van Mooto konden er meteen van eten: “Je giet de opbrengst door een filter. Die vangt de spirulinacellen op. Je kunt de spirulina dan met een lepeltje meteen opeten. Jammer genoeg kun je de spirulina niet in die toestand bewaren. Daarom hebben we een methode ontwikkeld om het te drogen. Zo kan de lokale bevolking het aan hun voedsel toevoegen. Spirulina is smaakneutraal, maar bezit een veelvoud aan eiwitten in vergelijking met maniok, hun dagelijks voedsel.”



FINALIST VAN TROFEE VOOR DUURZAAMSTE ONDERNEMER

Ons project Inspiration was een van de finalisten van de Trofee voor Duurzaamste ondernemer, uitgereikt door de organisatie Ondernemers voor Ondernemers. Het evenement belooft het werk van Belgische bedrijven die duurzaam ondernemerschap en economische groei in ontwikkelingslanden stimuleren. Het SCK•CEN werd geprezen voor zijn werk in Congo door Alexander De Croo, vicepremier en minister van ontwikkelingssamenwerking.

Kerncijfers

05

768
MEDEWERKERS

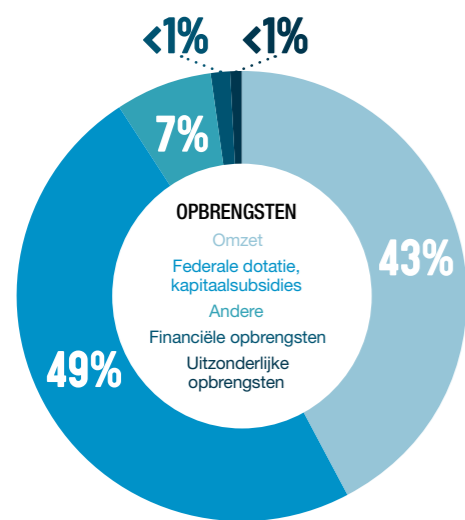
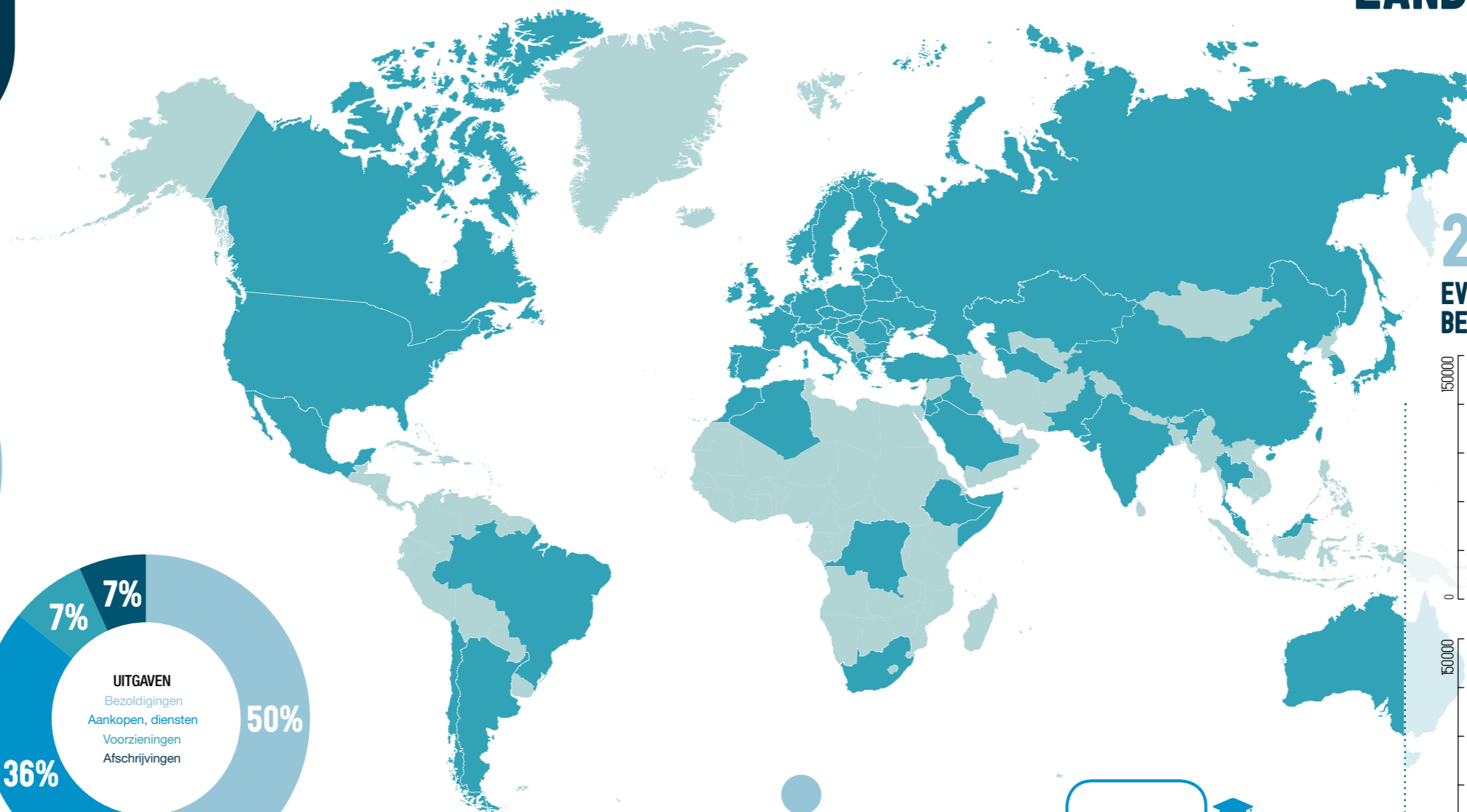
184
584

35%
MET EEN ACADEMISCHE
GRAAD

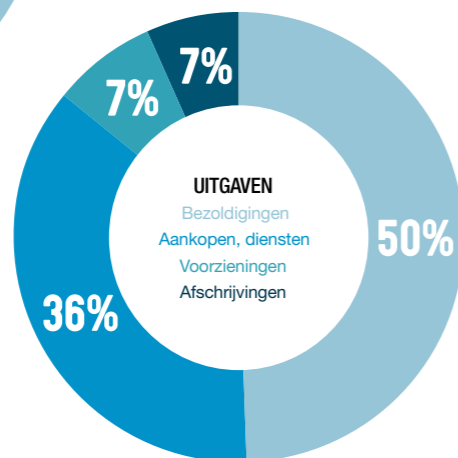
73
DOCTORANDI

41
NATIONALITEITEN

ACTIEF IN
57
LANDEN



2016

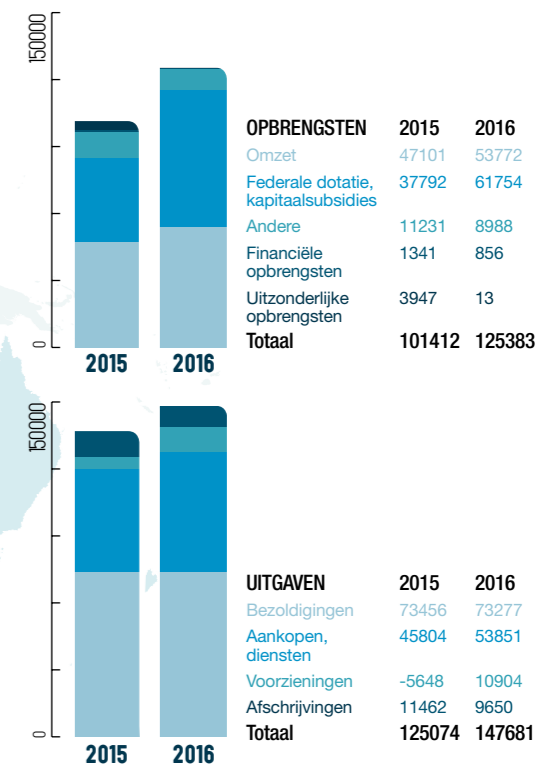


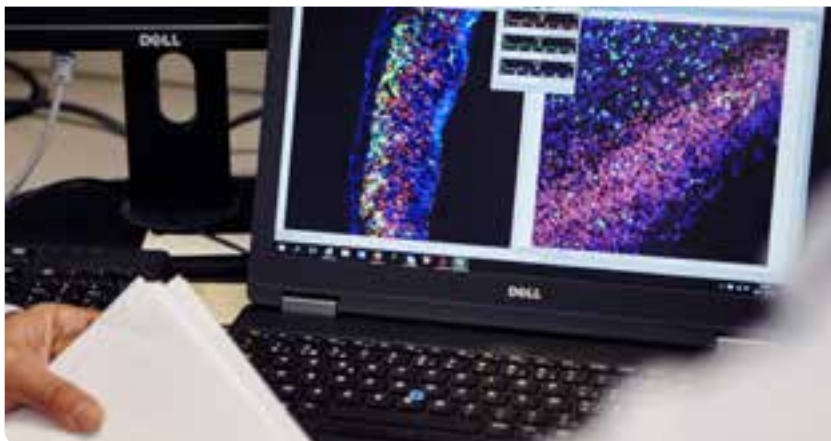
994

WETENSCHAPPELIJKE
PUBLICATIES & PRESENTATIES

2015-2016

EVOLUTIE VAN DE BEGROTING (KEUR)





SCK • CEN

STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

hoogtepunten
2016

SCK·CEN

Studiecentrum voor Kernenergie

Het SCK·CEN is een stichting van openbaar nut met een privaatrechtelijk statuut, die opereert onder de voogdij van de Belgische Minister voor Energie.

Laboratoria

Boeretang 200
BE-2400 MOL

Maatschappelijke zetel

Herrmann-Debrouxlaan 40
BE-1160 BRUSSEL

Verantwoordelijke uitgever

Eric van Walle
Directeur-generaal

Redactie

Erik Dams, erikdams.com
Expertisegroep Communicatie

Vormgeving

Annelies Van Calster
Danielle Knot
leftlane.be

Fotografie

Klaas De Buysser
klaasdebuysser.be
Collectie SCK·CEN

Drukwerk

Albe De Coker
Hoboken

Copyright © 2017 – SCK·CEN

Dit werk is auteursrechtelijk beschermd (2017). Niets in deze publicatie mag worden gereproduceerd en/of gepubliceerd zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van het SCK·CEN.



2016

SCK•CEN

Studiecentrum voor Kernenergie

65 jaar ervaring in nucleaire wetenschap en techniek

Als onderzoekscentrum voor vreedzame toepassingen van radioactiviteit, vormt het SCK•CEN een onmisbare schakel in onze samenleving. We doen toekomstgericht onderzoek en ontwikkelen duurzame technologieën. Verder organiseren we opleidingen en bieden we gespecialiseerde diensten en consultancy aan. Met meer dan 750 medewerkers behoort het SCK•CEN tot de grootste onderzoeksinstituten van België.

Drie onderzoeksthema's krijgen doorheen al onze activiteiten extra aandacht:

- Veiligheid van nucleaire installaties
- Doordacht beheer van radioactief afval
- Bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling

www.sckcen.be



[@SCKCEN](https://twitter.com/SCKCEN)

