


sck cen

Hoogtepunten 2019

**Duizenden
dimensies
van morgen**





Met beide voeten in de maatschappij

Helemaal in lijn met zijn missie werkt SCK CEN rond thema's die belangrijk zijn voor onze maatschappij, nu en in de toekomst: de veiligheid en efficiëntie van nucleaire installaties, de productie van en onderzoek naar medische radio-isotopen, 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.

Hoogtepunten 2019

Duizenden dimensies van morgen

Of het nu gaat om het ontwikkelen van
betere kankertherapieën, de veiligheid van
kernreactoren, het meten van radioactiviteit,
deeltjesversnellers of kernfusie. Via
wetenschappelijk onderzoek werkt SCK CEN
aan de toekomst van onze samenleving.



“De toekomst telt duizenden dimensies”

Een interview met Eric van Walle,
directeur-generaal van SCK CEN

2019 stond in het teken van een betere toekomst. We hielden marsen voor het klimaat, hielpen vluchtelingen en verpletterden het record van De Warmste Week, de jaarlijkse benefietactie van de VRT. Hoe past SCK CEN in dat plaatje?

“We houden al sinds de jaren vijftig onze blik op morgen. Aanvankelijk werd ons onderzoekscentrum opgericht om kernenergie in België te ontwikkelen, maar al snel hebben we onze kennis en ervaring in diverse nucleaire domeinen uitgebreid. Daarbij focussen we altijd op de toekomstgerichte toepassingsmogelijkheden van het atoom en zijn kern. Met een van de kleinste bouwstenen in het heelal willen wij het grootst mogelijke verschil maken voor de maatschappij.”

Jullie nieuwe motto luidt *Exploring a better tomorrow*. Waarom die keuze?

“Dat inzicht kwam enkele jaren geleden, toen we de toekomstscenario's van ons onderzoekscentrum in kaart brachten. Hoe ervaart de wereld ons? Wat denken mensen dat wij hier doen? Hoe kunnen wij ons meer zichtbaar inzetten voor de maatschappij? Het antwoord op die laatste vraag was voor ons glashelder. Ons werk heeft meer maatschappelijk nut dan wij en anderen zich realiseren, en dat mag iedereen weten. Maatschappelijke relevantie was, is en blijft de rode draad

doorheen al onze projecten. De wetenschappelijke evolutie toont immers aan dat wij meer en meer iets kunnen betekenen voor mensen bij wie kanker wordt vastgesteld. We willen dan ook blijven investeren in oplossingen die onze wereld met nucleaire ingrediënten meer duurzaam maken. Het is daarom onze ambitie om nucleaire kennis te verzekeren, en dat voor alle generaties die na ons komen.”

Een nobele belofte, maar kan SCK CEN die ook waarmaken?

“Daar kan ik volmondig ‘ja’ op antwoorden, zoals we in 2019 opnieuw bewezen hebben. Ik denk bijvoorbeeld aan onze onderzoeksreactor BR2. Vorig jaar troffen we alle voorbereidingen om in 2020 het aantal draaidagen van 160 dagen naar 210 dagen te verhogen. De vraag naar medische radio-isotopen en gedopeerd silicium stijgt en we dragen graag ons steentje bij om de bevoorrading te verzekeren. In 2019 zijn we ook gestart met de productie van terbium-161, een opkomend talent onder de therapeutische radio-isotopen.”

“Ook op het vlak van structuurmaterialen was het vorig jaar alle hens aan dek. We reikten oplossingen aan voor de veilige uitbating van bestaande en toekomstige kerncentrales en we kwalificeerden de structuurmaterialen van de fusietestreactor ITER. Om de structuurmaterialen van de

onderzoeksinfrastructuur MYRRHA te kwalificeren, besteedden we een recordaantal uren aan corrosietesten. Zo brengen we MYRRHA weer een stap dichterbij haar doel om bij te dragen aan het optimaliseren van het radioactief-afvalbeleid.

De extra draaidagen van de BR2-onderzoeksreactor bewijzen meteen hun nut. Een commerciële elektriciteitsproductie door kernfusie zal dan weer ten vroegste in 2100 mogelijk zijn. De ene ‘morgen’ is de andere niet?

“Goede wetenschap vraagt nu eenmaal tijd. Tijd om na te denken, ideeën te laten rijpen en ze veelvuldig te testen. We mogen niets aan het toeval overlaten. Soms moeten we een concept bijstellen en de gedane kwalificatietesten hernemen. Niet elke oplossing waaraan we werken, kunnen we morgen al aanreiken. De toekomst telt duizenden dimensies.”

Blader door dit jaarrapport en ontdek de duizenden dimensies van morgen.

Morgen



- 10 | SCK GEN investeerde fors in beveiliging
- 14 | Medische sector kan meer dan ooit rekenen op BR2

2021 / 2026

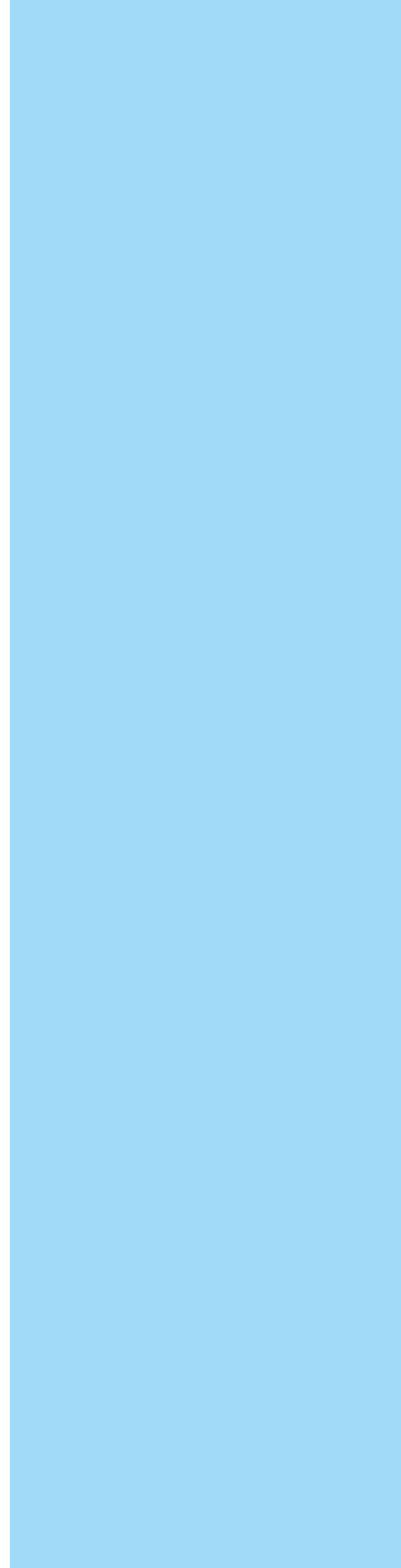
- 20 | Nieuwe technologie meet stralingsdosis zonder dosimeter
- 24 | SCK GEN demonteert de installatie die de voetafdruk van de BR3-ontmanteling aanzienlijk verkleinde
- 28 | Terbium-161: een opkomende radio-isotoop in de strijd tegen kanker



2027 / 2050

- 34 | Nieuwe generatie medische radio-isotopen op komst
- 38 | Corrosietesten met materialen voor MYRRHA geslaagd
- 42 | Hoe bereiden we ons voor op steeds langere ruimtereizen?
- 46 | Kernfusie: de zon in een doos

- 50 | Kerncijfers



Morgen

Detecteren, vertragen, neutraliseren

SCK CEN investeerde fors in fysieke beveiliging

Trillingsdetectoren, intelligente camera's, eenpersoonssassen, toegangscontroles, getraind bewakingspersoneel en een *response force*. De voorbije vijf jaar verhoogde SCK CEN de fysieke beveiliging aanzienlijk. Het onderzoekscentrum kreeg daarvoor in 2019 een officiële erkenning van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle. “De nieuwe maatregelen maken SCK CEN een van de meest beveiligde sites van het land”, zegt security manager Benny Carlé.





Vijf jaar geleden keken reizigers van De Lijn nog verbaasd op als hun bus pal langs de onderzoeksreactor BR2 op de Boeretang reed. Eén jaar later werd de Boeretang definitief gesloten voor doorgaand verkeer en mocht De Lijn er niet meer door. Inwoners van Mol en Dessel moesten hun gebruikelijke routes veranderen. De afsluiting van de Boeretang maakte deel uit van een reeks beveiligingsmaatregelen die SCK CEN implementeerde in het kader van de beveiliging van nucleaire sites.

Een eerste beveiligingsgolf kwam op gang na de aanslagen van 9/11, een tweede golf na de terreurdaden in Parijs en Brussel. “De aanslagen van 9/11 waren een eyeopener van formaat”, herinnert Benny Carlé, security manager bij SCK CEN, zich. “Het was pas toen de terreurdreiging acuut werd, dat het idee daagde: er is nood aan een overkoepelend regelgevend kader.” Onder diplomatieke druk van Amerika werd dat kader internationaal verankerd. Op 17 oktober 2011 verscheen in het Belgisch Staatsblad een Koninklijk Besluit betreffende de fysieke beveiliging van het kernmateriaal en de nucleaire installaties. Andere landen zetten vergelijkbare systemen op.

Verstrenge beveiliging

In 2006 rolde SCK CEN al een bijkomend beveiligingssysteem voor de BR2-onderzoeksreactor uit. Die ontwikkelingen werden toen opgevolgd en geëvalueerd door de Amerikaanse ambassade. “Het Koninklijk Besluit van 17 oktober 2011 legt de focus op concentrische zones en creëert een ‘defence in depth’-systeem. Waar we vroeger bijvoorbeeld het reactorgebouw van BR2 in zijn geheel bekeken, lichten we nu elke veiligheidslaag apart door”, aldus de security manager. “We analyseren het mogelijke pad dat indringers zullen afleggen. Wat is de kortste route? Wat zijn de kwetsbaarheden van die route? Wat als een persoon een gebouw binnendringt? Wanneer zullen we dat dan detecteren? Welke barrières hebben we ingebouwd om de indringer te vertragen? En hoe grijpt een responsteam in om de situatie te neutraliseren?”

Detect, delay, respond. Bedreigingen opsporen, vertragen en erop reageren: die drie sleutelwoorden moeten het onderzoekscentrum dus verdedigen tegen een waaier aan realistische dreigingsscenario’s. “De overheid geeft ons verschillende dreigingsscenario’s die wij uitwerken. Bij de uitwerking houden we altijd rekening met een mogelijke *insider threat*: een medewerker die zijn geautoriseerde toegang gebruikt om het bedrijf schade toe te brengen”, verklaart Carlé.



Officiële erkenning van het FANC

SCK CEN voerde een resem aan beveiligingsmaatregelen in om mogelijke dreigingsscenario's het hoofd te bieden. Zo kwamen er trillingsdetectoren, intelligente camera's, toegangssassen die maar één persoon tegelijk doorlaten, doorgedreven toegangscontroles, getraind bewakingspersoneel en een *response force*. Vorig jaar mocht het onderzoekscentrum voor zijn inspanningen een officiële erkenning van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) in ontvangst ne-



Beveiliging leeft sterk onder onze medewerkers. Iedereen zet zijn schouders eronder, dat doet ons plezier.

Benny Carlé

men. “Daar ging een strenge audit aan vooraf. Het FANC kwam op bezoek en ging elke omschrijving in ons erkenningsdossier minutieus na”, aldus Carlé. “In België beschikken slechts vijf andere instellingen over een dergelijke erkenning.”

1000 ogen

Camera’s installeren en bewakingsagenten laten patrouilleren, is daarmee de kous af? Nee, het credo van de beveiligingssector is ‘blijven oefenen’. “Bewakingsagenten kunnen een verdachte beweging op de camera’s signaleren, maar ze moeten ook de juiste instructies aan het responsteam kunnen geven. Bewaking, leger en politie moeten dus perfect op elkaar zijn ingespeeld”, vertelt Carlé. “Om die vaardigheden in de vingers te hebben, moeten ze het minstens honderd keer geoefend hebben. SCK CEN organiseert daarom wekelijks 21 *table-top*-oefeningen – oefeningen zonder acties op het terrein – en minstens vier terreinoefeningen. Intussen oefenen onze beveiligingsploegen al enkele jaren. Ook het FANC houdt de vinger aan de pols en zal periodieke inspecties inplannen. Al zijn het niet alleen de officiële instanties die het bewakingsconcept doen slagen. Beveiliging leeft sterk onder onze medewerkers. Met hen hebben we een duizendtal extra paar ogen om een oogje in het zeil te houden. Iedereen zet zijn schouders eronder, dat doet ons plezier”, besluit Carlé.



Cybercrime: booming business

Cybercriminaliteit zit in de lift. De wereldwijde omzet van online misdaden zou gelijk zijn aan de omzet van de drugshandel. Om zich daartegen te weren, timmert SCK CEN aan een geavanceerde, sterk beveiligde ICT-infrastructuur. Benny Carlé: “Het netwerk indelen in subzones, die zones met barrières afschermen, efficiënte detectiemethoden voorzien ... We hebben hier de voorbije jaren bijzondere aandacht aan geschonken en zullen er ook de komende jaren op blijven inzetten. Cybercriminaliteit is namelijk geen statisch gegeven: de aanvallen worden steeds ingewikkelder, de uitdagingen steeds groter.”



Kennis, materialen en data waarborgen

Wereldwijd zijn nucleaire instellingen druk in de weer om hun site, zowel fysiek als digitaal, sterker te beveiligen. Ook SCK CEN. Daar heeft een gewijzigde, internationale context voor gezorgd. Anno 2020 mogen we terecht fier zijn op het bereikte resultaat, waarvoor we een officiële erkenning van het FANC mochten ontvangen. Toch is die officiële erkenning niet het sluitstuk van onze inspanningen. We zullen onze beveiliging blijven moderniseren om gelijke tred te kunnen houden met nieuwe uitdagingen.

— Peter Baeten
Adjunct-directeur-generaal

Medische sector kan meer dan ooit rekenen op BR2

SCK CEN verhoogt beschikbaarheid onderzoeksreactor van 160 naar 210 dagen

Het aantal kankerpatiënten blijft jaar na jaar stijgen. En dus neemt de nood aan medische radio-isotopen toe. “Continue bevoorrading is cruciaal”, stelt Steven Van Dyck, reactormanager bij SCK CEN. Om die bevoorrading te verzekeren, besliste SCK CEN om het aantal draaidagen van de BR2-onderzoeksreactor te verhogen van 160 naar 210 dagen per jaar.

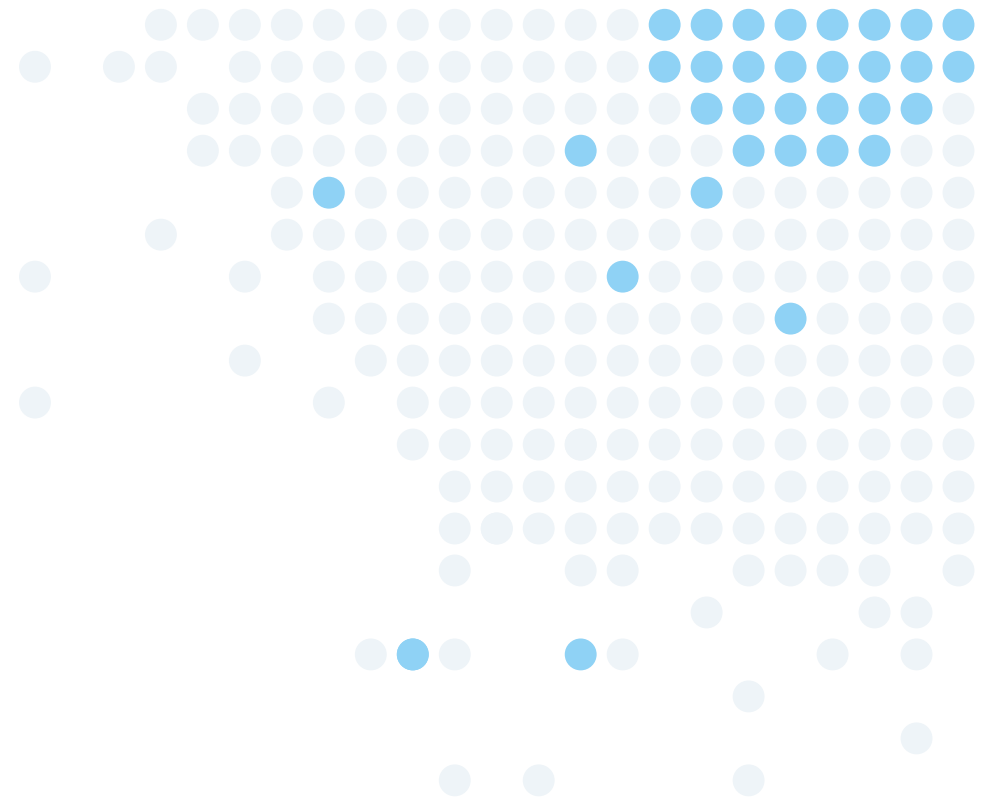
In 2016 haalden de wetenschappelijke en medische wereld opgelucht adem, toen de BR2-onderzoeksreactor na een grondige onderhoudsbeurt weer succesvol opgestart werd. BR2 was weer klaar voor minstens een nieuw decennium vol ambitieuze projecten. “Dankzij de ‘refurbishment’ zijn we technisch zelfs in staat een hogere werkingsgraad te bereiken”, klonk het bij de oplevering. SCK CEN voegt nu de daad bij het woord. In 2019 trof het onderzoekscentrum alle voorbereidingen om het aantal draaidagen van 160 naar 210 te verhogen. De drijfveer? De internationaal groeiende vraag naar radio-isotopen voor medische beeldvorming en kankerbestrijding.

Race tegen de klok

“Er zijn wereldwijd slechts een handvol producenten van medische radio-isotopen. Eind 2015 sloot de OSIRIS-reactor in Frankrijk de deuren, eind 2016 volgde NRU in Canada. Nu schieten er nog slechts zes producenten over om die wereldvraag te dekken. En die vraag stijgt jaar na jaar. Dat onderstreept de nood aan beschikbaarheid van onze BR2-onderzoeksreactor”, vertelt reactormanager Steven Van Dyck. “Bovendien kunnen we geen stock aanleggen, zoals dat bij productielijnen van bijvoorbeeld injectienaalden gebeurt. Het is een race tegen de klok om de medische radio-isotopen tijdig bij de patiënt te krijgen. Een continue bevoorrading is cruciaal.”

“Het is een race tegen de klok om medische radio-isotopen tijdig bij de patiënt te krijgen. Een continue bevoorrading is dus cruciaal.”

Steven Van Dyck



Focusshift

Op dit moment nemen medische radio-isotopen twee derde van de bestralingskanalen van BR2 in beslag. Ooit was dat anders. “In het verleden lag de focus op materiaalonderzoek, terwijl medische radio-isotopen een bijproduct waren”, verduidelijkt Van Dyck.

Is het dan einde verhaal voor alle andere toepassingen? “Nee”, beklemtoont Van Dyck. “De BR2-onderzoeksreactor is multi-inzetbaar. Het is een veelzijdige, flexibele installatie die verschillende taken tegelijk kan combineren. We kunnen de reactor dus op hetzelfde moment inzetten om medische en industriële radio-isotopen te produceren, hoogwaardige halfgeleiders (gedopeerd silicium) te produceren en materiaalonderzoek uit te voeren. In 2019 ronden we bijvoorbeeld een meerjarige bestralingscampagne af. Daarmee brachten we ITER, de fusietestreactor in het Franse onderzoekscentrum Cadarache, een stap dichterbij zijn doel: de technische en wetenschappelijke haalbaarheid van kernfusie aantonen [zie p. 46].”

“De vraag naar dergelijke bestralingen zal in de toekomst ook alleen maar stijgen. Zeker nu in 2018, na meer dan zestig jaar trouwe dienst, het doek viel over de onderzoeksreactor Halden in Noorwegen. De reactor werd ingezet voor experimenteel splijtstof- en materiaalonderzoek.”



Iedereen kan een systeem leveren dat vijf jaar meegaat. De nieuwe dieselgeneratoren moeten ook na de uitbating blijven dienen. We bereiden de toekomst voor.

Karel Sebrechts

Met de verhoogde beschikbaarheid levert SCK CEN al een vitale bijdrage aan die continue bevoorrading, maar het onderzoekscentrum deed nog een extra inspanning: ook de bestaingscapaciteit ging omhoog. “Voor de productie van diagnostische radio-isotopen hebben we een extra reactorkanaal uitgerust, voor de productie van therapeutische radio-isotopen verdubbelden we de capaciteit”, aldus Van Dyck.

Welke radio-isotopen rollen er spreekwoordelijk van de productieband? “Het grootste gedeelte is gereserveerd voor de productie van molybdeen-99, de belangrijkste diagnostische radio-isotoop. Elk jaar worden bijna zeven miljoen onderzoeken uitgevoerd dankzij de Belgische productie. Verder produceren we radio-isotopen voor de ontwikkeling van doelgerichte kankerbehandelingen. Neem bijvoorbeeld lutetium-177. Die radio-isotoop is veelbelovend voor de behandeling van prostaatkanker, in Europa verantwoordelijk voor 90.000 sterfgevallen per jaar. Of een van de terbiumisotopen, die ze bij CERN MEDICIS ook wel het ‘Zwitsers zakmes’ van de nucleaire geneeskunde noemen [zie p. 29].”

Extra jobs

Om het beoogde aantal draaidagen te kunnen aanbieden, heeft SCK CEN het aantal werksyclus van de reactor verhoogd en de duur ervan verlengd. Van Dyck: “We draaien nu vier tot vijf weken aan één stuk, waar we vroeger werksyclusperiodes van drie weken hadden. Om dat vlot te laten verlopen, hebben we een 25-tal medewerkers aangeworven. Die medewerkers krijgen doorgedreven opleidingen om elke taak perfect onder de knie te krijgen. Ze moeten immers perfect op elkaar ingespeeld zijn.

Door het nieuwe regime is de shutdownperiode, de periode waarin de reactor stilligt, korter. Dat heeft bijvoorbeeld een impact op de planning van controles. “Alles is minutieus gepland om alle wettelijke controles te kunnen uitvoeren en periodiek onderhoud te kunnen doen. We dragen die controles hoog in het vaandel. Veiligheid is en blijft topprioriteit.”



Het noodstelsel werd opgesplitst in twee treinen. Als één trein uitvalt, hebben we een andere als back-up: een noodoplossing voor een noodoplossing.

Bob Derboven



Links: Karel Sebrechts, die het bouwproject initieerde. Rechts: projectingenieur Bob Derboven.



De 3 B's van BR2

Bekendheid, beschikbaarheid en betrouwbaarheid. BR2 is wereldwijd een belangrijke leverancier van medische radio-isotopen. Vanaf 2020 zal de reactor meer dan ooit beschikbaar zijn. Om de betrouwbaarheid te verhogen, verving SCK CEN de noodaggregaten. De noodaggregaten onderhouden de elektriciteitsnetten van BR2 bij een energiestoring. “Bij een dergelijke storing zou de reactor onvoorzien moeten worden stilgelegd. Bij een onvoorziene stop verliezen we twee dagen werking. Dat is één procent op jaarbasis”, verduidelijkt Karel Sebrechts, die het bouwproject initieerde. “Als je weet dat er jaarlijks 7 miljoen onderzoeken plaatsvinden dankzij de Belgische productie van molybdeen-99, dan mag duidelijk zijn dat een onvoorziene stop aardig wat patiënten raakt. De oude nooddiesels hadden al meer dan vijftig jaar dienst op hun teller. We konden er niet meer blindelings op vertrouwen, dus was het tijd om ze te vervangen.”

In het oude systeem draaiden drie vliegwielen continu 1.000 toeren per minuut. De vliegwielen waren mechanisch gekoppeld aan dieselgeneratoren. Van zodra het net uitviel, zwenkten ze de dieselgeneratoren aan. Projectingenieur Bob Derboven: “In het nieuwe concept hebben we beide losgekoppeld. Zes intelligente vliegwielen draaien in vacuüm aan 10.000 toeren per minuut. De vliegwielen vangen een spanningsdip op, terwijl de dieselgeneratoren in parallel elektrisch opgestart worden. Zodra ze opgestart zijn, nemen ze het werk van

de vliegwielen over. Het noodstelsel is bovendien opgesplitst in twee treinen. Als één trein uitvalt, hebben we nog een andere als back-up. Noem het een noodoplossing voor een noodoplossing.” SCK CEN heeft een nieuw gebouw opgetrokken om de noodaggregaten in te huisen.

Klaar voor de toekomst

De projectleiders hebben verder een vangnet uitgewerkt voor een brede waaier aan toevalligheden. Wat als er brand uitbreekt? Of een aardbeving het terrein door elkaar schudt? Derboven: “Het gebouw is zo gebouwd dat het aardschokken moet kunnen weerstaan. Bovendien is het in verschillende ruimtes onderverdeeld. Dat maakt dat wij een brand in een ruimte kunnen ‘opsluiten’. Op die manier blijven de andere ruimtes intact en kunnen we de bedrijfszekerheid van BR2 garanderen.”

In het hele concept staat modulariteit centraal. Sebrechts: “Iedereen kan een systeem leveren dat vijf jaar meegaat. Bij BR2 is de tijdshorizon onduidelijk. Op dit moment zal BR2 tot 2026 uitgebaat worden, maar wij hebben een veiligheidsdossier ingediend om die termijn tot 2036 te verlengen. Ook onafhankelijk van de uitbating zullen er voor bepaalde functies noodgroepen moeten zijn. Het is daarom belangrijk dat we onze modules gemakkelijk kunnen uitbreiden en onderdelen kunnen vervangen. We kijken verder dan de uitbating: dat maakt deze installatie uniek. We bereiden de toekomst voor.”



BR2 als draaischijf voor maatschappelijke relevantie

Ik noem BR2 graag een belangrijke draaischijf voor onze maatschappelijke relevantie. De talrijke wijzen waarop onze onderzoeksreactor ingezet wordt om materialen met neutronen te bestralen, illustreren dat duidelijk, maar nergens zo direct als in zijn rol als onmisbare leverancier van medische radio-isotopen. Tijdens elke werkingscyclus leveren wij de noodzakelijke grondstoffen voor een kankerdiagnose bij minstens 1 miljoen patiënten en voor de therapeutische behandeling van meer dan drieduizend kankerpatiënten. De maatschappelijke relevantie van BR2, en bij uitbreiding van alle onderzoekslijnen van onze nationale nucleaire onderzoeksinstituten, is iets waar wij Belgen best trots op mogen zijn.

— **Sven Van den Berghe**
Nucleaire Materiaalwetenschappen



2021 / 2026

Nieuwe technologie meet stralingsdosis zonder dosimeter

SCK CEN demonteert de installatie die de voetafdruk van de BR3-ontmanteling aanzienlijk verkleinde

Terbium-161: een opkomende radio-isotoop in de strijd tegen kanker

2021 / 2026

Nieuwe technologie meet stralingsdosis zonder dosimeter

Camera en computer brengen straling bij artsen nauwkeurig in kaart

In een operatiezaal wordt het aanwezige personeel telkens aan een kleine hoeveelheid ioniserende straling blootgesteld. Om gezondheidsrisico's te voorkomen, houden dosimeters de individuele stralingsdosis in de gaten. Zulke meters zijn echter weinig nauwkeurig. SCK CEN ontwikkelde samen met zes internationale partners een revolutionaire technologie om stralingsdosissen nauwkeuriger te berekenen met een camera en gespecialiseerde software. Die technologie heeft veel potentieel, zo blijkt uit het project **PODIUM (Personal On-line Dosimetry Using Computational Methods)**.





Een interventionele radioloog verdooft de huid van de patiënt, prikt de slagader in de lies aan en brengt een katheter in het bloedvat. Hij schuift de katheter naar de plaats die hij wil onderzoeken en spuit vervolgens een contraststof in. Tijdens die procedure maakt hij röntgenopnamen van de bloedvaten.

De meeste patiënten staan er niet bij stil, maar hun arts wordt zelf ook aan ioniserende straling blootgesteld. De stralingsdosis die de arts oploopt hangt af van de handelingen die hij uitvoert. Staat hij bij het nemen van röntgenfoto's bijvoorbeeld licht over de patiënt gebogen of houdt hij zijn handen boven de patiënt? Dan kan de opgelopen stralingsdosis stijgen. Een klassieke dosimeter meet de hoeveelheid straling ter hoogte van de dosimeter. Met een camera en bewegings-sensoren wordt het mogelijk om de stralingsdosis per lichaamsdeel te achterhalen.

Gespecialiseerde software

Samen met zes internationale partners ontwikkelde SCK CEN een revolutionaire technologie om de individuele stralingsdosis die een arts oploopt te berekenen. Dat gebeurt met een camera en aangepaste computersoftware. De camera – met bewegingssensoren – volgt nauwgezet alle handelingen van de interventionele radioloog en registreert elke beweging van het lichaam. Het softwareprogramma brengt die gegevens samen met de output van het gebruikte röntgentoestel



en berekent zo de opgelopen stralingsdosis. “De software houdt rekening met het stralingsveld van de bron en de afstand tussen de radioloog en de patiënt”, zegt Pasquale Lombardo, onderzoeker bij SCK CEN. “Welke energie heeft de straling? Vanuit welke hoek worden bepaalde lichaamsdelen bestraald? Dat maakt allemaal een verschil.”

Dosimetrie op maat

Het softwareprogramma voor de nieuwe technologie werd op punt gesteld aan de hand van simulaties met poppen. Dat gebeurde in St. James's Hospital in Ierland en in het University Hospital Malmö in Zweden. Onderzoekers plaatsten anatomische torso's in de buurt van een röntgenapparaat. “We plakten de torso's vol dosimeters om de stralingsblootstelling voor het hele lichaam in kaart te brengen”, legt Lombardo uit. “We deden dezelfde metingen met én zonder persoonlijke beschermingsmiddelen. Welke dosis meten we bijvoorbeeld in de verschillende organen als de torso een loodschoot draagt? Dat is cruciale informatie. We gebruikten ook torso's van verschillende posturen: man of vrouw, groot of klein ... Dat moet later een geïndividualiseerde dosimetrie mogelijk maken.”

Meer tests nodig

De technologie lijkt de huidige, fysieke dosimeters te overtreffen. Schaffen we die dan maar af? “Eerst stappen, dan lopen”, tempert



Wij gebruiken camera's voor persoonsgebonden dosimetrie. Die aanpak is wereldwijd uniek en vernieuwend.

Filip Vanhavere



projectcoördinator Filip Vanhavere de verwachtingen. “Fysieke dosimeters hebben inderdaad beperkingen. Zo hebben ze maar één meetpunt voor het volledige lichaam. Daardoor kunnen ze weinig informatie geven over afzonderlijke organen. De meetresultaten zijn pas na een paar weken beschikbaar en er is een onzekerheidsfactor van twee voor de meetnauwkeurigheid. Onze computersoftware heeft het potentieel om die beperkingen weg te werken, maar de technologie staat nog in haar kinderschoenen. Ze moet verder ontwikkeld en getest worden.”

De consortiumpartners mikken op 2021 om een prototype uit te werken, op 2023 om het prototype te lanceren en op 2025 om het op de markt te brengen. Tegelijk willen ze de vertaalslag maken naar andere contexten dan interventionele radiologie en cardiologie. Vorig jaar installeerden de onderzoekers al een proefopstelling in werkruimtes met neutronen.



Man of vrouw, groot of klein ... Onze nieuwe technologie biedt dosimetrie op maat.

Pasquale Lombardo

Vernieuwende aanpak

De nieuwe technologie kadert in het wettelijke ALARA-principe (*as low as reasonably achievable*). Dat principe stelt dat een stralingsdosis altijd zo laag mogelijk gehouden moet worden. Wereldwijd hebben andere onderzoekers ook al camera's met bewegingssensoren ingezet om het ALARA-principe te monitoren. Zodra een persoon te dicht bij een stralingsbron komt, verschijnt er een waarschuwing. Maar het PODIUM-project gaat een stap verder.

Vanhavere: "Wij gebruiken camera's voor persoonsgebonden dosimetrie. Die aanpak is wereldwijd uniek en vernieuwend. Bovendien worden computers steeds sneller. Dat is belangrijk omdat wij de orgaandossissen berekenen aan de hand van zogenaamde Monte-Carlosimulaties. Een Monte-Carlosimulatie is een computergestuurde techniek waarbij een fysiek proces niet één keer, maar vele malen wordt gesimuleerd. In ons onderzoek is dat fysieke proces het uitzenden van stralingsdeeltjes."

"Bij een Monte-Carlosimulatie lanceren we miljoenen stralingsdeeltjes uit het röntgenapparaat", legt Lombardo uit. "Elk stralingsdeeltje heeft een andere energie of vliegt in een andere richting. We volgen ze allemaal op hun pad en berekenen de stralingsdosis die ze uiteindelijk in de verschillende organen afzetten. Telkens als de arts zich verplaatst, herhalen we dezelfde simulatie. Dat vergt ontzettend veel rekenkracht en dus snelle computers, maar het levert ook heel nauwkeurige data op. Zolang de rekenkracht van computers en de kwaliteit van de camerabeelden blijven verbeteren, kunnen we onze technologie verder verfijnen."

Zeven handen op één buik

Zeven partners sloegen de handen in elkaar om het vernieuwende PODIUM-project te doen slagen: SCK CEN (België), Universitat Politècnica de Catalunya – UPC (Spanje), Helmholtz Zentrum München (Duitsland), Lund University (Zweden), Public Health England (Groot-Brittannië), Greek Atomic Energy Commission (Griekenland) en St. James's Hospital Ireland (Ierland). "Het monitoren van individuele stralingsdossissen is cruciaal voor een goede stralingsbescherming. Het is onze ambitie om onderzoek te blijven doen en onze huidige meettechnieken te verbeteren", aldus Filip Vanhavere.

Het PODIUM-project wordt gefinancierd door het Euratom onderzoeks- en trainingsprogramma 2014-2018. Het maakt deel uit van het H2020-project CONCERT, een Europees programma dat Europees en nationaal onderzoek naar stralingsbescherming integreert.



Meesurfen op de golf van de vierde industriële revolutie

De vierde industriële revolutie laat de fysieke, digitale en biologische wereld samensmelten. Ook in de stralingsbescherming wordt basiswetenschap aangevuld met geavanceerde technologische ontwikkelingen, artificiële intelligentie, machine-learning-algoritmen en big data. Ze worden ingezet voor een verhoogde bescherming van de mens en zijn omgeving in de context van medische toepassingen, geavanceerde impactstudies, ruimtemissies ... Innovatief en rigoureuus, een onmisbare schakel in een multidisciplinair netwerk.

— **Hildegarde Vandenhove**
Milieu, Gezondheid en Veiligheid



2021/2026

Na 20 jaar streep onder MEDOC, maar geen punt erachter

Na 20 jaar dienst demonteert SCK CEN de installatie die de voetafdruk van de BR3-ontmanteling aanzienlijk verkleinde

Na twintig jaar nam SCK CEN zijn MEDOC-installatie uit gebruik. In die installatie reinigden de ontmantelingsexperten van SCK CEN metalen reactoronderdelen door de besmette oppervlaktelaag er chemisch af te schrapen. Dat verkleinde de voetafdruk van de ontmanteling van reactor BR3 aanzienlijk. Nu breidt het onderzoekscentrum een vervolg aan dat succesverhaal met een veelbelovende methode voor de eindverwerking van het secundaire afval.

Met de wet op de kernuitstap van 2003 besliste de federale regering om de kerncentrales stapsgewijs te sluiten. Bij sluiting staat er een nieuwe, grote uitdaging voor de deur: de kerncentrale moet ontmanteld worden. Het doel is om het terrein (opnieuw) in zijn oorspronkelijke staat te herstellen, zodat het een nieuwe bestemming kan krijgen. “Bij elk ontmantelingsproject geldt één gouden regel: de hoeveelheid radioactief afval op een kostenefficiënte manier tot een minimum herleiden”, aldus Kurt Van den Dungen, ontmantelingsexpert bij SCK CEN.

Hoe kan je de hoeveelheid radioactief afval verminderen? SCK CEN heeft tijdens de ontmanteling van de BR3-reactor technieken ontwikkeld om specialisten daarin te helpen slagen. Een van die technieken is MEDOC. “MEDOC staat voor *metal decontamination by oxidation with cerium*. Zoals de naam doet vermoeden, dompelen we metalen reactoronderdelen in een zuur ceriumbad op verhoogde temperatuur. Het cerium lost via een chemisch proces de gecontamineerde oppervlakte laag op, zodat het metaal vrij is van radioactiviteit. De materialen kunnen na behandeling als schroot worden afgevoerd en in de staalindustrie gerecycleerd worden”, legt Van den Dungen uit. SCK CEN verfijnde een bestaand procedé dat in de literatuurstudies veelbelovend genoemd werd, en ontwikkelde een installatie om besmette onderdelen van de BR3-drukwaterreactor te ontsmetten.

De installatie werd in 1999 in gebruik genomen en blies vorig jaar twintig kaarsjes uit. Van den Dungen: “Na meer dan twintig jaar trouwe dienst hebben we besloten om de installatie stop te zetten. Verschillende factoren hebben die beslissing beïnvloed. Enerzijds is de ontmantelingsfase afgerond waarin we een groot deel van de metalen reactoronderdelen moesten behandelen. Anderzijds stond de installatie in het BR3-gebouw, dat zelf deel uitmaakt van een ontmantelingsproject. De installatie wordt momenteel deskundig gedemonteerd en er worden pistes bewandeld om de installatie een tweede leven te geven.”

Verfijnde techniek valoriseren

De ontmantelingsexperten hebben een opmerkelijk resultaat geboekt met de MEDOC-installatie. Van den Dungen: “In totaal hebben we meer dan 100 ton metaal behandeld in de MEDOC-installatie. Negentig procent ervan konden we vrijgeven en





We hebben een opmerkelijk resultaat geboekt met de MEDOC-installatie. Dat schept perspectieven voor de toekomst.

Kurt Van den Dungen

... dus een herbestemming geven. Tien procent ging naar het buurbedrijf Belgoprocess, een dochteronderneming van de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen (NIRAS), die het radioactieve afval in België beheert.” Met die techniek heeft SCK CEN de hoeveelheid radioactief afval dus drastisch kunnen verminderen. “We hebben een opmerkelijk resultaat geboekt met de MEDOC-installatie. Dat schept perspectieven voor de toekomst.”

“We willen onze kennis en ervaring graag valoriseren, maar dan moeten we eerst een sluitende oplossing vinden voor het secundaire afval”, aldus Van den Dungen. Met secundair afval doelt hij op de chemische oplossing, waarin de metalen onderdelen ontsmet werden. Collega-wetenschapper Elie Valcke: “Die decontaminatieoplossing is radioactief en moet ook een behandeling en eindbestemming krijgen. Dat onderzoeken we nu

in samenwerking met ENGIE, dat interesse toonde om MEDOC voor zijn kerncentrales te gebruiken.” Het project kadert in een samenwerkingsakkoord tussen ENGIE-Electrabel en SCK CEN om technieken en activiteiten op het vlak van uitbating en ontmanteling van kerncentrales up-to-date te houden.

De behandeling van het secundaire afval bestaat uit twee stappen: een voorbehandelingsstap en een conditioneringsstap. In de voorbehandelingsstap neutraliseren de onderzoekers de zure, radioactieve oplossing, laten ze het radioactieve slib naar de bodem zinken en scheiden ze het slib om de oplosbare sulfaten eruit te wassen. In de conditioneringsstap mengen ze het resterende radioactieve slib met een immobilisatiematrix op basis van cement. “Het geconditioneerde afval moet beantwoorden aan een reeks acceptatiecriteria, die NIRAS heeft opgelegd. Hoe gedraagt het vers aangemaakte cement zich op korte termijn? Welke warmte genereert het? Hoe lang duurt het voordat het cement is uitgehard? Hoe stabiel is het geconditioneerde afval bij langdurige bewaring bij koude of hogere temperaturen en vochtigheid? Wat als het geconditioneerde afval in contact komt met water?”, legt Valcke uit.

“We willen koste wat het kost vermijden dat er een alkali-silica-reactie optreedt, die verantwoordelijk is voor gelvorming. Een alkali-silica-reactie is een reactie waarbij sulfaten het cement doen zwellen. Er zijn echter cementsoorten die wel bestand zijn tegen lage concentraties sulfaat, zo ook de cementsoort die wij samenstelden en testen. Daarom filteren wij er op voorhand zoveel mogelijk sulfaten uit.”

Jarenlange testen

Geduld is een mooie deugd. Dat ondervinden de onderzoekers van SCK CEN ook bij dit project. “Het duurt jaren om onze zelf welafgewogen



cementsamenstelling uitgebreid te testen”, beklemtoont Valcke. “Bij de chemische reactie tussen cement en water komt warmte vrij, de zogenaamde hydratatiewarmte, waardoor de temperatuur van verhardende mortel kan stijgen. De hydratatiewarmte is onder meer afhankelijk van de cementsamenstelling en de fijnheid. Een te hoge temperatuur tijdens het productieproces kan na afkoeling leiden tot scheurvorming. De eerste resultaten zijn veelbelovend: het cement wordt niet te warm tijdens het productieproces, het hardt voldoende snel uit, het kan weerstand bieden bij robuustheidstesten ... Dat we zulke resultaten mochten boeken, is te danken aan uitstekend teamwork. In een volgende fase zullen we testen met radioactief materiaal. We bekijken welk effect uitschieters in de gemiddelde samenstelling van de decontaminatieoplossing hebben. Verschillende componenten kunnen de stabiliteit van het eindproduct beïnvloeden. De cementformule moet daar het hoofd aan kunnen bieden.”



De chemische oplossing die na behandeling overblijft, moet ook behandeld worden en een eindbestemming krijgen. Dat onderzoeken we nu in samenwerking met ENGIE.

Elie Valcke



2021/2026

Terbium-161: een opkomende radio-isotoop in de strijd tegen kanker

SCK CEN zet voor het eerst een stap verder in de productieketen

Een hogere lokale dosis, een hoger therapeutisch effect. Terbium-161 lijkt een van de radio-isotopen van de toekomst, maar is dat ook zo? Om dat nader te onderzoeken, begon SCK CEN met de productie ervan op kleine schaal. “We verzorgden alle stappen in de productieketen van een radiofarmaceutisch geneesmiddel: van het voorbereiden van de bestralingscapsules tot de radioactieve labelling van biomoleculen. Een primeur voor SCK CEN!”, aldus de betrokken radiochemici.

“Ze heeft een halfwaardetijd van net geen zeven dagen en vervalt door een bètadeeltje met een maximale energie van circa 0,5 MeV uit te stoten. Daarbij worden eveneens laag-energetische gammastralen uitgezonden die gebruikt kunnen worden voor medische beeldvorming. De definitie omschrijft ogenschijnlijk de therapeutische radio-isotoop lutetium-177, ware het niet dat de betrokken isotoop ook een aanzienlijke hoeveelheid conversie- en Auger-elektronen uitzendt.”

De radio-isotoop die hier omschreven wordt, is terbium-161. “Een nieuw opkomend talent onder de therapeutische radio-isotopen”, stelt Andrew Burgoyne, radiochemicus bij SCK CEN. “Therapeutische radio-isotopen zijn een onmisbare schakel in doelgerichte kankerbehandelingen. Bij zo’n behandeling brengt een dragermolecule een radio-isotoop heel precies naar de kankercellen. Zodra de dragermolecule zich aan de cel heeft vastgehecht of erin wordt opgenomen, kan de

De komende jaren willen we het proces uitbreiden naar andere veelbelovende radio-isotopen.

Bernard Ponsard



De beschikbaarheid van terbium-161 is beperkt. Dat remt onderzoek en ontwikkeling af.

Michiel Van de Voorde

radio-isotoop de kankercel bestralen. De kankercellen raken beschadigd, waardoor ze afsterven en de tumor zelf uiteindelijk krimpt.”

Kankercellen lokaal behandelen

Gerichte kankerbehandelingen bestaan al langer. Wat maakt terbium-161 dan zo bijzonder? “De Auger-elektronen”, antwoordt collega-radiochemicus Michiel Van de Voorde. “Als terbium-161 vervalst, zendt de isotoop per bètadeeltje gemiddeld twee laag-energetische Auger-elektronen

uit. Eenmaal uitgestoten, reizen Auger-elektronen – net als alfadeeltjes – niet ver. Dat betekent dat er zich per injectie een hogere dosis kan opstapelen en dat de kankercel héél lokaal wordt behandeld. Daarbij blijft het aantasten van gezond weefsel tot een minimum beperkt. We hopen dus op een nog groter therapeutisch effect dan bij lutetium-177.”

Om dat therapeutische effect te bewijzen, moet er nog heel wat (pre)klinisch onderzoek verricht worden. “De beschikbaarheid van terbium-161 is beperkt, wat onderzoek en ontwikkeling afremt”, merkt Van de Voorde op. Aan het vergroten van de beschikbaarheid wordt gewerkt, want in 2019 startte SCK CEN met een kleinschalige productie. “Hoe meer terbium-161 er beschikbaar is, hoe meer onderzoeken er uitgevoerd kunnen worden, hoe sneller de radio-isotoop bij de patiënt belandt”, aldus Bernard Ponsard, reactorfysicus en radioisotopes stakeholder manager.

Van productie tot preklinische studies

In het verleden nam SCK CEN alleen de eerste productiefase van medische radio-isotopen voor zijn rekening: het bestralen van targets. “Nu zetten we een stap verder in de productieketen. Dat is een primeur voor SCK CEN”, stelt Burgoyne. “Na bestraling in de BR2-onderzoeksreactor worden de capsules naar een radiochemisch laboratorium elders op de site in Mol gebracht. In dat laboratorium isoleren we zuiver terbium-161 door de isotoop via een chemisch proces van gadolinium en dysprosium te scheiden. Die scheidingstechniek hebben we inhouse geïmplementeerd en geoptimaliseerd.”





Opschalen

De bestralingen in de BR2-onderzoeksreactor gingen vorig jaar van start. “In elke cyclus reserveerden we enkele bestralingsposities voor de productie van onderzoekshoeveelheden terbium-161. In de eerste cyclus hebben we gedurende twee dagen twee capsules bestraald. Nadien hebben we onze capaciteit systematisch opgebouwd: twee capsules werden er vier, twee bestralingsdagen werden er tien”, vertelt Ponsard. De komende jaren wil SCK CEN het productieproces GMP (*Good Manufacturing Practice*) laten certificeren, de productie opschalen (in het kader van het NURA-project, zie kader) en het proces uitbreiden naar andere veelbelovende radio-isotopen. “Lutetium-177, wolfram-188/renium-188 en samarium-153 komen het eerst aan bod”, vertelt Van de Voorde. Daarvoor nemen de radiochemici in 2020 een nieuw, gespecialiseerd radiochemisch laboratorium in gebruik.

Gebroeders Terbium

Terbium-161 kan bovendien in een cocktail met verwante terbiumisotopen gebruikt worden. Terbium-155 zou in SPECT-scans ziekteprocessen aan het licht kunnen brengen. Terbium-152 zouden artsen bij PET-scans kunnen toedienen om kwaadaardige tumoren en uitzaaiingen op te sporen. Of ze volgen ermee de evolutie van de kankertherapie nauwgezet op. “Voor de kankertherapie zelf hopen we in de toekomst een beroep te kunnen doen op terbium-149 voor alfatherapie enerzijds en terbium-161 voor bètatherapie anderzijds. Terbium leent zich dus perfect voor

zowel diagnostische als therapeutische doeleinden. Kortom: ze is een theranostisch radio-isotoop bij uitstek”, vervolgt Burgoyne. Waarom kiest SCK CEN voor terbium-161 en niet voor een van de andere terbiumisotopen om te produceren? “Terbium-161 kunnen we in onze BR2-onderzoeksreactor produceren. Voor de productie van andere terbiumisotopen dan terbium-161 heb je geen neutronen, maar protonen nodig”, verheldert Bernard Ponsard. Die faciliteit is nog in opbouw (zie pagina 34).

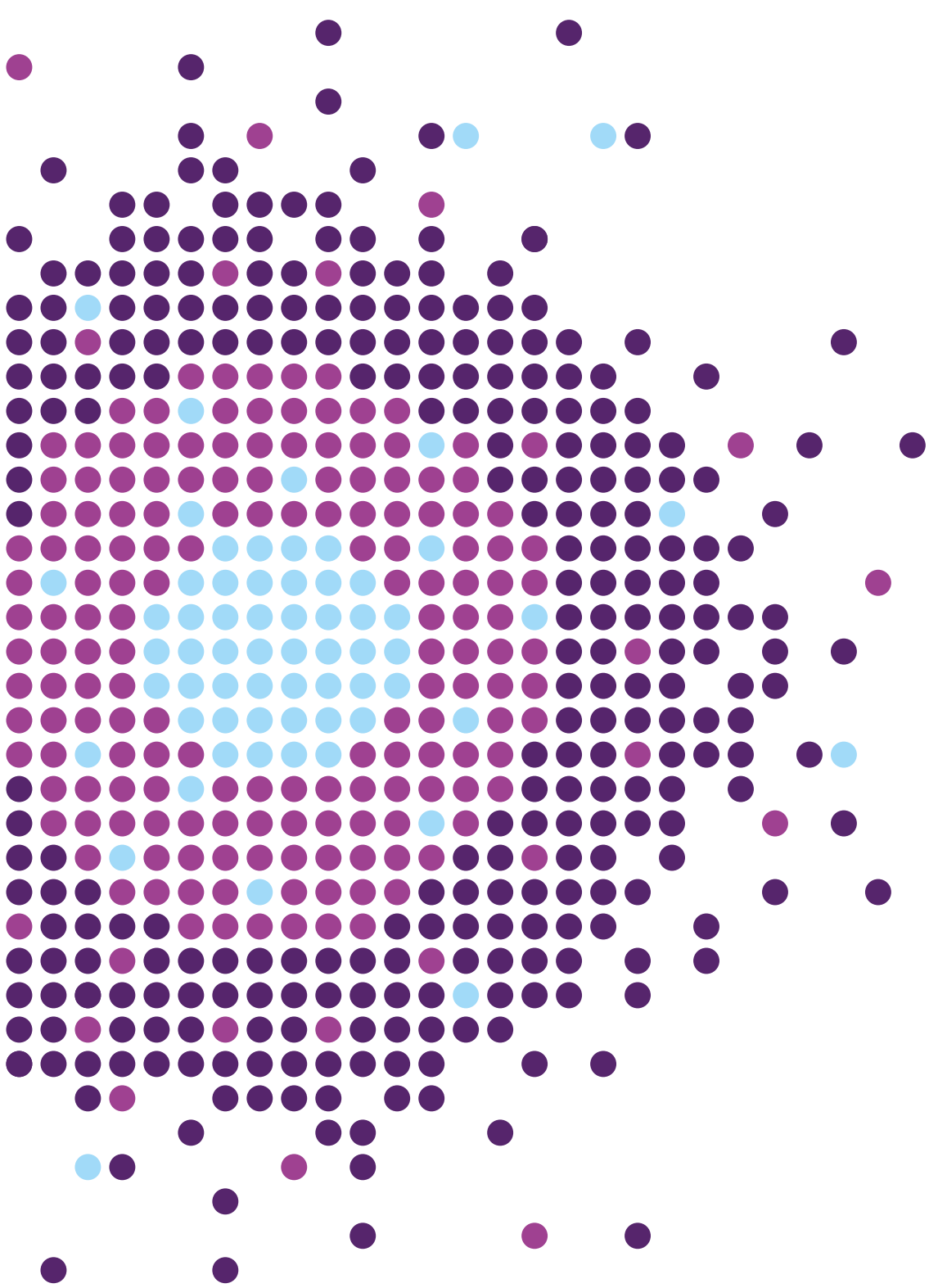


We implementeerden en optimaliseerden inhouse een scheidingstechniek om zuiver terbium-161 te isoleren.

Andrew Burgoyne

Het NURA-project: radiofarmaca voor de behandeling van kanker

Het NURA-project voert baanbrekend onderzoek uit naar radiofarmaca voor de behandeling van verschillende soorten kanker. Dat gebeurt in samenwerking met klinische en industriële partners. KU Leuven is een van de partners waarmee de onderzoekers van SCK CEN de eerste pre-klinische onderzoeken met terbium-161 zullen uitvoeren. Ze koppelden terbium-161 al aan een dragermolecule en evalueren nu de werking van dat radiofarmaceutische product. Intussen staan er ook al enkele internationale samenwerkingen op til.



2027 / 2050

Nieuwe generatie medische radio-
isotopen op komst

Corrosietesten met materialen voor
MYRRHA geslaagd

Hoe bereiden we ons voor op steeds
langere ruimtereizen?

Kernfusie: de zon in een doos

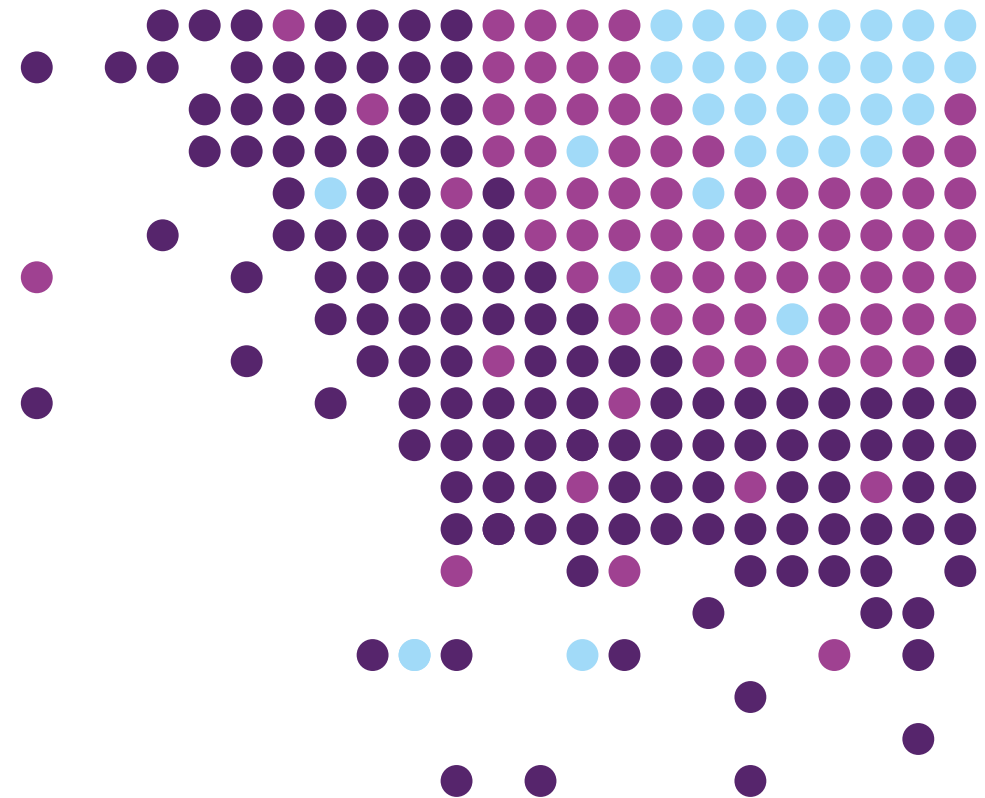
2027

SCK CEN doet radio-isotopen rijzen

De oven – ISOL@MYRRHA's 'target container' – slaagt voor eerste integriteitstest

Ingenieurs van SCK CEN bouwden ISOL@MYRRHA's *target container*: een soort oven tot 2400°C. In die 'oven' zal SCK CEN vanaf 2027 radio-isotopen produceren voor medische toepassingen en fundamenteel onderzoek. De eerste succesvolle integriteitstest heeft het onderzoekscentrum al achter de rug. "De temperatuurmeter liep vlot op: een onbeschrijflijk gevoel", vertelt Lucia Popescu, een van de drijvende krachten achter dit project.





Toen Lucia Popescu en haar collega-ingenieurs in 2019 na een lange voorbereiding de target container van ISOL@MYRRHA in het stopcontact plugden, kleurde die meteen oranje-rood. De oven – met een diameter van amper 4 centimeter – bereikte feilloos een temperatuur van meer dan 2000°C. “We hebben met z’n allen naar dit moment toegeleefd”, zegt Popescu, onderzoekster in de kernfysica. “Dat we de beoogde temperatuur moeiteloos behaalden, is een onbeschrijflijk gevoel.”

Target container

Waarvoor dient de target container? Popescu: “SCK CEN werkt momenteel intensief aan de bouw van MYRRHA, ‘s werelds eerste door een deeltjesversneller aangedreven onderzoeksreactor. De bouw van MYRRHA verloopt in verschillende fasen. In fase één bouwen we MINERVA,

de deeltjesversneller met een energie tot 100 megaelektronvolt (MeV). In een volgende fase zullen we het energieniveau tot 600 MeV optrekken. Die energie is nodig om alle geplande activiteiten, en dan voornamelijk de demonstratie van transmutatie, in de MYRRHA-onderzoeksreactor te kunnen uitvoeren. De eigenlijke onderzoeksreactor zal in de derde en laatste fase gebouwd worden, die loopt tot 2036.”

Bij een energieniveau van 100 MeV wordt de protonenbundel afgetakt. Vijf procent wordt naar een ISOL-installatie (*Isotope Separation On-Line*) in de *Proton Target Facility* (PTF) gestuurd. Die vijf procent schiet door de trefschijven in de target container van ISOL@MYRRHA. “De trefschijven zijn ongeveer een muntstuk groot, amper 1 millimeter dik en van een poreus materiaal vervaardigd”, legt Popescu uit. “Door de energie die de protonenbundel afzet, klimt de temperatuur in de

SCK CEN en TRIUMF slaan handen in elkaar

SCK CEN en de Canadese onderzoeksinstituut TRIUMF slaan de handen in elkaar. Beide partners engageerden zich om multidisciplinaire expertise en infrastructuur uit te wisselen. Ze voegden meteen de daad bij het woord, want TRIUMF deelde het ontwerp van ARIEL met SCK CEN. ARIEL staat voor Advanced Rare Isotope Laboratory en is het vlaggenschip van TRIUMF.

Andere uitdagingen

Met de nieuwe ISOL-installatie wil TRIUMF zeldzame radio-isotopen produceren. Het ontwerp van ISOL@MYRRHA zal lijken op dat van ARIEL. “Uitgezonderd het ontwerp van de target assembly”, beklemtoont Lucia Popescu. “Bij MYRRHA wordt de protonenbundel al bij een energieniveau van 100 MeV op het doelwit afgevuurd, terwijl de protonenbundel van ARIEL pas bij 500 MeV afbuigt. Dat brengt heel andere uitdagingen mee. Eenmaal de radio-isotopen verdampt zijn, is de werking wel hetzelfde.” Het samenwerkingsakkoord werd in 2019 ondertekend door Eric van Walle, directeur-generaal van SCK CEN, en Jonathan Bagger, directeur van TRIUMF.

target container naar ongeveer 2000°C. Daardoor kunnen de radio-isotopen uit de trefschijven verdampen. In het hart van de PTF gebeurt dus de magie. Daarmee kunnen we met de ontwikkeling van de theranostische radio-isotopen – radio-isotopen voor therapeutische behandeling of diagnostisch onderzoek – van start gaan. De target container zelf zit in een vacuümkamer, die met water gekoeld wordt.”

Eenmaal de radio-isotopen uit de schijven ontsnappen, beginnen ze te zwerven. Ze botsen overal tegenaan, tot ze een piepkleine opening in de target container vinden. Popescu: “Dat is de zogenaamde transfertbuis, die de isotopen naar een ionisator brengt. Vervolgens worden ze in een elektrisch veld versneld, door een magnetisch veld gescheiden op basis van massa. Dat laatste is heel belangrijk. Een stof als actinium-225 heeft bijvoorbeeld een halfwaardetijd van tien dagen, actinium-227 een halfwaardetijd van meer dan twintig jaar. Het is dus cruciaal dat we de juiste massa selecteren. Op het einde van de rit worden de isotopen verzameld.”

Uniform temperatuurprofiel

Allereerst moeten de isotopen de transfertbuis kunnen bereiken. Daarin speelt een uniform temperatuurprofiel een doorslaggevende rol. “Sommige radio-isotopen zijn allesbehalve vluchtig en hebben 2000°C nodig om te kunnen verdampen”, weet Lucia Popescu. “Als de wand van de target container ergens kouder is en een radio-isotoop ertegen botst, durft die zich aan de wand vast te hechten. Op die manier zouden we veel radio-isotopen verliezen. Dat is uiteraard

niet de bedoeling. Daarom streven we naar een uniform temperatuurprofiel.”

“De protonenbundel verwarmt de trefschijven door energie af te zetten. De trefschijven stralen op hun beurt de warmte af op de target container. Door de schijven op een specifieke afstand van elkaar te plaatsen, kunnen we een uniform temperatuurprofiel verzekeren. Als de deeltjesversneller uitgeschakeld wordt of er een onderbreking van de protonenbundel is, houden we de temperatuur met elektrische stroom op peil. De target container dient dan als ‘oven’, die de radio-isotopen doet verdampen. Het is de laatste manier van verwarmen die we hebben uitgetest in onze inhouse vervaardigde oven.”

Materiaaltesten

In 2019 werd de ‘oven’ een eerste keer uitgetest door hem elektrisch te verwarmen. De doeltemperatuur werd bereikt, het vacuüm bleef in stand en de koeling verliep vlot. Volgend jaar controleren de onderzoekers of een uniform temperatuurprofiel verzekerd kan worden. Verder bestuderen ze hoe het materiaal van de target container op de extreme omstandigheden reageert. “Hoge temperaturen, thermische schokken, een vacuüm omgeving ... Al die factoren kunnen de integriteit van het materiaal aantasten. Het materiaal kan bijvoorbeeld smelten, waardoor de porositeit dichtslibt en de radio-isotopen in de schijven gevangen zitten. Of er ontstaan barsten in de target container, waarlangs radio-isotopen verloren gaan. We kijken ernaar uit om de constructie op punt te stellen”, besluit Popescu.





MYRRHA's injector levert eerste protonen

De deeltjesversneller wordt op dit moment gebouwd in het Cyclotron Resources Centre in Louvain-la-Neuve. De opstelling in Louvain-la-Neuve beperkt zich tot 5,9 MeV. Dat lage-energiegedeelte – de injector – is uitermate belangrijk voor het gedrag van de protonenbundel tijdens de versnelling. Het bepaalt in feite de betrouwbaarheid van de versneller. Daarom schenkt SCK CEN veel aandacht aan het uitgebreid testen ervan.

Componenten samenbrengen

“Alle onderdelen werden afzonderlijk getest. In maart 2019 was de tijd rijp voor de volgende fase: alle componenten tegelijk laten werken”, aldus Dirk Vandeplassche, fysicus en specialist in deeltjesversnellers. Een succesvolle fase, zo bleek al snel, want de eerste protonen rolden moeiteloos uit de ionenbron. Vandeplassche licht toe: “De ionenbron levert de protonen, waarvan de energie steeds verhoogd wordt. Eerst in de *Radio Frequency Quadrupole* (RFQ) en daarna door een aaneenschakeling van magneten en cavi-

teiten. Voor die versnelling is een bepaald vermogen nodig. Dat vermogen wordt geleverd door krachtige versterkers. Onze versterkers werden ontworpen en gebouwd door het Belgische bedrijf IBA.” De onderzoekers hebben de eerste protonen geanalyseerd en voorbereidingen getroffen om ze in de RFQ te kunnen injecteren. Het injecteren van de protonenbundel staat op de planning voor 2020.

Verhuis naar Mol

Zodra het lage-energiegedeelte volledig op punt staat, zal het energieniveau van de deeltjesversneller stapsgewijs opgedreven worden. “In een eerste fase bouwen we MINERVA, de deeltjesversneller met een energie tot 100 MeV om met de ontwikkeling van innovatieve, medische radio-isotopen van start te gaan en materiaalonderzoek uit te voeren. In een tweede fase willen we een energieniveau tot 600 MeV bereiken. Voordat het zover is, moet de deeltjesversneller naar Mol verhuizen. Alle voorbereidingen voor het gebouw waarin MINERVA zal huisvesten, zijn in volle gang”, besluit Vandeplassche.



Wetenschap en technologie als communicerende vaten

Wetenschappelijke vooruitgang is de motor achter technologische ontwikkeling. Technologische ontwikkeling schept op zijn beurt weer nieuwe onderzoeksmogelijkheden en stimuleert op die manier de wetenschap. Beide aspecten kunnen niet als communicerende vaten op elkaar inspelen zonder onderzoekers als verbindende factor. Onderzoekers uit verschillende disciplines die hun krachten bundelen. Een werkomgeving waar zij hun ideeën kunnen uitwisselen, maakt daar het hart van uit. We trachten dan ook onze interdisciplinaire omgeving te waarborgen om onze ambitieuze doelstellingen te behalen.

— Marc Schyng

Geavanceerde Nucleaire Systemen



2036

SCK CEN verbreekt wereldrecord

20.000 uur aan corrosietesten: 7.000 uur meer
dan de vorige wereldrecordhouder

Rond 2036 wil SCK CEN de bouw van de innovatieve onderzoeksinfrastructuur MYRRHA afronden, die wereldwijd een unicum zal zijn. De voorbereiding draait op volle toeren en materiaalonderzoek speelt daarin een sleutelrol. “Tijdens de corrosietests braken onze structuurmaterialen alle records. Alles wijst erop dat ze de vereiste verblijftijd in de reactorkern zonder kleerscheuren doorstaan”, stellen de betrokken onderzoekers.

Een glimmend buizencomplex domineert de technologiehal van SCK CEN, waar tal van experimenten voor de toekomstige, innovatieve onderzoeksinfrastructuur MYRRHA opgesteld staan. Dat imposante buizencomplex is 's werelds krachtigste corrosiekringloop met vloeibaar lood-bismut. De installatie – die toepasselijk de naam CRAFT kreeg – pompt continu 400 liter lood-bismut aan twee meter per seconde door de buizen. Ze wordt ingezet om de corrosiebestendigheid van MYRRHA's geselecteerde structuurmaterialen in vloeibaar lood-bismut te valideren.

Erich Stergar, wetenschapper bij SCK CEN die het onderzoek naar de structuurmaterialen coördineert: "Lood-bismut is een vloeibaar metaal, waarmee we de kern van MYRRHA zullen koelen. We moeten zeker zijn dat de structuurmaterialen die we selecteerden, de extreme omstandigheden in de onderzoeksreactor zonder problemen aankunnen. De CRAFT-installatie is een cruciaal instrument om de toegestane corrosie in componenten zoals splijtstofelementen, warmtewisselaarbuizen, reactorvat en andere onderdelen te bepalen."

Wereldrecord

In 2019 ronden onderzoekers van SCK CEN een grootschalig corrosie-experiment af. Het roestvrij stalen omhulsel dat de splijtstof zal verpakken, verbleef meer dan 20.000 uur in het 400°C warme lood-bismut. "Daarmee vestigden we een nieuw wereldrecord", aldus Stergar. De vorige recordhouder, Karlsruhe Institute of Technology in Duitsland, klokte af op 13.000 uur. Of de materialen corrosiebestendig zijn? "Jazeker", antwoordt hij.

Al waren de omstandigheden in dit experiment extremer dan in de uiteindelijke infrastructuur. In het reactorvat van MYRRHA schommelt de temperatuur tussen 220°C en 400°C. Ingenieur Rafaël Fernandez, die het ontwerp van MYRRHA helpt uittekenen: "In de splijtstofelementen meten we lokaal temperaturen tot 400°C. Om de kern te koelen, stroomt er vloeibaar lood-bismut door. Op het moment dat het lood-bismut in de kern stroomt, bedraagt de temperatuur van het lood-bismut 220°C. Op het moment dat het uit de kern stroomt, bedraagt de temperatuur gemiddeld 306°C."



Of de materialen
corrosiebestendig zijn?
Jazeker!

Erich Stergar

Worst case

De componenten in MYRRHA zullen dus niet continu aan 400°C blootgesteld worden, terwijl dat in het grootschalige corrosie-experiment wel het geval was. “Hoe hoger de temperatuur, hoe meer corrosie”, aldus Fernandez. In MYRRHA blijven de splijtstofelementen achttien cycli in de reactorkern, maar ze moeten slechts twee cycli een temperatuur van 400°C dulden. “Dit experiment duurde

20.000 uur, oftewel 9,3 cycli. We hebben dus een worstcasescenario onderzocht”, vervolgt hij.

Het zijn die wisselende temperaturen die het onderwerp van vervolgonderzoek vormen. In 2020 zullen de onderzoekers van SCK CEN reële condities in MYRRHA simuleren en de structuurmaterialen dus in lood-bismut met verschillende temperaturen onderdompelen. “Het doel is om het basismateriaal te kwalificeren”, verklaart Stergar.

Daarmee hebben de onderzoekers slechts één nieuwe horde genomen. “MYRRHA zal uiteraard niet alleen uit basismaterialen bestaan. De basismaterialen worden aan elkaar gelast of zo gemonteerd dat ze nog kunnen bewegen. Hoe reageren die verbindingen op de extreme omstandigheden? Hoe corrosiebestendig zijn ze? Kunnen we ze gemakkelijk vervangen? Op al die vragen willen we een antwoord formuleren in de volgende stappen van ons onderzoek”, besluit de onderzoeker.



Tikkeltje zuurstof doet materiaal ademen

Hoe treedt corrosie juist op? Het roestvrij stalen omhulsel dat de splijtstof zal verpakken, is een legering van ijzer, chroom, nikkel en koolstof. Het lood-bismut dat langs de buis stroomt, knabbelt het nikkel – en in mindere mate het chroom – uit het staal. Daardoor wijzigt de dikte van het omhulsel: het wordt dunner. “Het omhulsel is de eerste fysieke barrière van de uraniumsplijtstof en mag dus niet desintegreren”, legt onderzoeker Stergar uit. Om dat te voorkomen, voegen de onderzoekers een ‘vingerhoedje’ zuurstof toe. “Als roestvrij staal met water in contact komt, wordt er een laag gevormd om het staal te beschermen. Bij vloeibaar lood-bismut moeten we slechts een tikkeltje zuurstof toevoegen om diezelfde beschermelaag te krijgen. De concentratie moet echter beperkt zijn: net genoeg om die beschermelaag te creëren, maar niet genoeg om het lood-bismut te laten oxideren. Dat zou de koeling van de kern blokkeren.” De onderzoekers streven naar een doelwaarde van 10^{-7} gewichtsprocent in het vloeibare lood-bismut, wat overeenkomt met ongeveer 1 gram zuurstof per 1000 ton lood-bismut. Het reactorvat van MYRRHA zal met 7600 ton lood-bismut gevuld zijn. Een vingerhoed zuurstof moet dus volstaan.



**Hoe hoger de temperatuur,
hoe meer corrosie.
We hebben dus een
worstcasescenario
onderzocht.**

Rafaël Fernandez



Zijne Majesteit de Koning bezoekt SCK CEN

Zijne Majesteit de Koning heeft op 26 juni 2019 een werkbezoek gebracht aan SCK CEN in Mol. Aanleiding van het bezoek was de regeringsbeslissing van 2018 om MYRRHA – een wereldprimeur – in België te realiseren. “Die nieuwe, unieke onderzoeksinfrastructuur zal jonge en dynamische wetenschappers uit de hele wereld aantrekken”, aldus Hamid Aït Abderrahim, adjunct-directeur-generaal van SCK CEN en directeur van het MYRRHA-project. De bouw van MYRRHA heeft dankzij de regeringsbeslissing grote vooruitgang geboekt. Dat mocht Zijne Majesteit de Koning aanschouwen tijdens zijn werkbezoek.



Dromen in daden omzetten

Exploring a better tomorrow luidt onze nieuwe tagline. Ze weerspiegelt perfect onze missie: innovatieve toepassingen ontwikkelen voor de maatschappij. Wetenschappelijke vindingrijkheid is noodzakelijk om innovatieve ideeën te bedenken, maar enkel met een strikt projectmanagement toveren we dat idee om in een succesverhaal. Wat willen we bereiken? Welke mijlpalen kent het project? Wanneer moeten we ze opleveren? We blijven onszelf die vragen stellen, zodat we efficiënt blijven samenwerken. Ons oog op de afgesproken deadline, onze blik op de maatschappij.

— **Adrian Fabich**
MINERVA Design and Build

2040

Hoe bereiden we ons voor op steeds langere ruimtereizen?

SCK CEN stuurt bacteriën en raderdiertjes de ruimte in

Het internationaal ruimtestation ISS had vorig jaar bijzondere gasten aan boord: piepkleine organismen van 1 micrometer tot 1 millimeter groot. Ze zijn met het blote oog niet waar te nemen. Toch schuilt er in hun kleine gestalte mogelijk een antwoord op veel ruimtevraagstukken. Vormen ze de toegangspoort tot Mars in 2040?





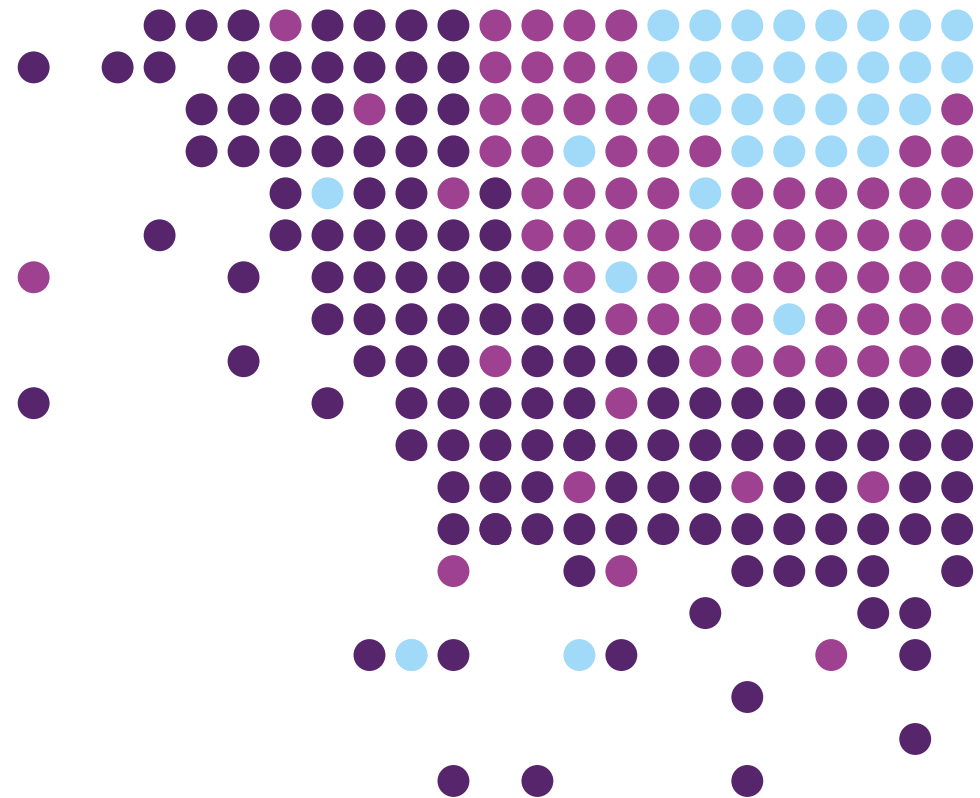
Miljoenen kilometers scheiden ons van Mars. Al is het niet de fysieke afstand die de toegangspoort naar die felbegeerde, rode planeet blokkeert. Showstoppers voor een langdurige, bemande ruimtereis zijn factoren als gewichtloosheid, kosmische straling en een beperkte water- en voedselvoorraad. Langdurige gewichtloosheid en kosmische straling tasten onder andere het gezichtsvermogen aan, maken de botten brozer en verhogen het risico op kanker. Bovendien is een trip naar Mars, die heen en terug tweeënhalf tot drie jaar duurt, zonder autonome voedsel- en watervoorziening een onhaalbare kaart. Dan zou er naar schatting per passagier 25 ton aan eten en drinken mee vervoerd moeten worden, en daar zijn de huidige ruimtevaartuigen niet op voorzien. Elke kilo kost ook tonnen geld, het gewicht moet dus beperkt worden.

Gelukkig staat het ruimtevaartonderzoek geen seconde stil. Onderzoekers werken aan oplossin-

gen en technologieën om die obstakels uit de weg te ruimen. De mysteries die we op Mars en andere planeten kunnen ontrafelen, zijn immers van onschatbare waarde, ook voor het leven op aarde. Ze geven een boost aan onze wetenschappelijke kennis en dat leidt tot cruciale innovaties. Ook SCK CEN zet zijn schouders onder die baanbrekende onderzoeken. Vorig jaar voerde het samen met (inter)nationale partners twee experimenten uit in de ruimte: één met bacteriën en één met minuscule raderdierjes.

Bacteriën als 'grondstof' voor landbouw op de maan

Alvorens voet op Mars te zetten, wil ruimtevaartorganisatie NASA in 2024 opnieuw mensen naar de maan sturen om een permanente basis op te richten. Op een afstand van zo'n 385.000 kilometer kan onze naaste ruimtebuur als springplank naar Mars dienen. "De inwoners van het





We hebben zicht gekregen op de mogelijkheden om nutriënten te verkrijgen door planetaire oppervlakken te ontginnen. Die nutriënten kunnen we inzetten als grondstoffen voor voedselproductie in de ruimte.

Rob Van Houdt



toekomstige maandorp kunnen, net als astronauten, niet even naar de aarde terugkeren om zich te bevoorraden. Ze moeten hun water, voedsel en zuurstof ter plaatse produceren”, verklaart Natalie Leys, microbiologe bij SCK CEN. Maar hoe? Gewassen zaaien, planten, oogsten op de maan, is dat mogelijk?

Om die vraag te beantwoorden, stuurden wetenschappers van SCK CEN, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt en University of Edinburgh vorig zomer bacteriën en basaltgesteente de ruimte in. “Basalt is een vulkanisch gesteente dat we ook op de maan terugvinden”, verduidelijkt SCK CEN-onderzoeker Rob Van Houdt, die het project mee coördineert. “Wij gaan na of de bacteriën zich aan dat type maangesteente hechten en of ze groeien. Kunnen ze onder invloed van microzwaartekracht en ruimtestraling noodzakelijke voedingsstoffen (nutriënten) uit het maangesteente vrijmaken en het gesteente op die manier omvormen tot meer ‘vruchtbare’ grond? Dan kunnen we die nutriënten inzetten als grondstoffen voor voedselproductie. En voilà, we hebben landbouw in de ruimte.”

Minder afhankelijk van aardse grondstoffen

De partners lieten drie bacteriën op het gesteente los: *Sphingomonas desiccabilis*, *Cupriavidus metallidurans* en *Bacillus subtilis*. Van Houdt: “Om de grond vruchtbaar te maken, moeten we weten welke bacterie het meest geschikt is. Welke bacterie de juiste grondstof is, zeg maar. De eerste bacterie zette meer nutriënten vrij, de tweede evenveel en de derde minder.”

Het is nog te vroeg om de schop in het maanoppervlak te steken en groenten te planten, maar de resultaten leiden wel tot een beter inzicht in biomining. “We hebben met andere woorden zicht gekregen op de mogelijkheden om – door planetaire oppervlakken te ontginnen – nutriënten te verkrijgen. Dat geeft ons de kans om die processen te verbeteren en uiteindelijk ons minder afhankelijk te maken van waardevolle, aardse grondstoffen”, vervolgt Van Houdt.

Raderdiertjes: aangepast aan leven in de ruimte

In het najaar, zes maanden na het vluchtexperiment met de bacteriën, stuurden UNamur en SCK CEN een lading raderdiertjes vanuit het Kennedy Space Center in Florida naar het ISS. “Raderdiertjes overleven in een luchtledige ruimte en bieden beter weerstand aan hoge stralings-



Dit onderzoek kan een rol spelen in de ontwikkeling van manieren om de stralingsweerstand van astronauten te verhogen.

Sarah Baatout

dosissen en zelfs uitdroging. Dat is merkwaardig, omdat hun cellulaire opbouw op die van de mens lijkt”, aldus Sarah Baatout, radiobiologe bij SCK CEN. Met dit ruimte-experiment willen de onderzoekspartners de onderliggende oorzaken daarvan blootleggen. Baatout: “De inzichten kunnen een rol spelen in de ontwikkeling van manieren om de stralingsweerstand van astronauten bij toekomstige ruimtereizen te verhogen.”

De raderdiertjes bewogen gedurende twee weken in een baan rond de aarde, waar ze aan de effecten van de ruimte werden blootgesteld. Na een succesvolle vlucht onderzochten de wetenschappers de dieren op het vlak van voortplanting, genexpressie en genoomstructuur. Boris Hespeels, bioloog aan UNamur: “Genexpressie geeft cellen het signaal om eiwitten aan te maken. Dat is bijvoorbeeld nodig om schade aan het DNA te herstellen. Door die genexpressie in detail te bestuderen, kunnen we zien welke processen bij raderdiertjes optreden en dus welke mechanismen hen tegen de extreme ruimte-omgeving beschermen. Vervolgens controleren we in hun genoom of het beschadigde DNA correct hersteld is. Een slecht hersteld genoom kan leiden tot onvruchtbaarheid, afwijkingen in het nageslacht of zelfs de dood.”

Nakomelingen onder de loep

UNamur en SCK CEN hielden ook enkele raderdiertjes op aarde, die ze op dezelfde manier behandelden. Karin Van Doninck, biologe aan UNamur: “Door de toestand van de raderdiertjes uit de ruimte te vergelijken met die van de diertjes op aarde, kunnen we de impact van de extreme ruimte-omstandigheden op de blootgestelde ra-



Ook op aarde zal het onderzoek zijn nut bewijzen. Denk bijvoorbeeld aan de bescherming van kankerpatiënten tegen negatieve effecten van blootstelling aan straling tijdens hun therapie.

Bjorn Baselet

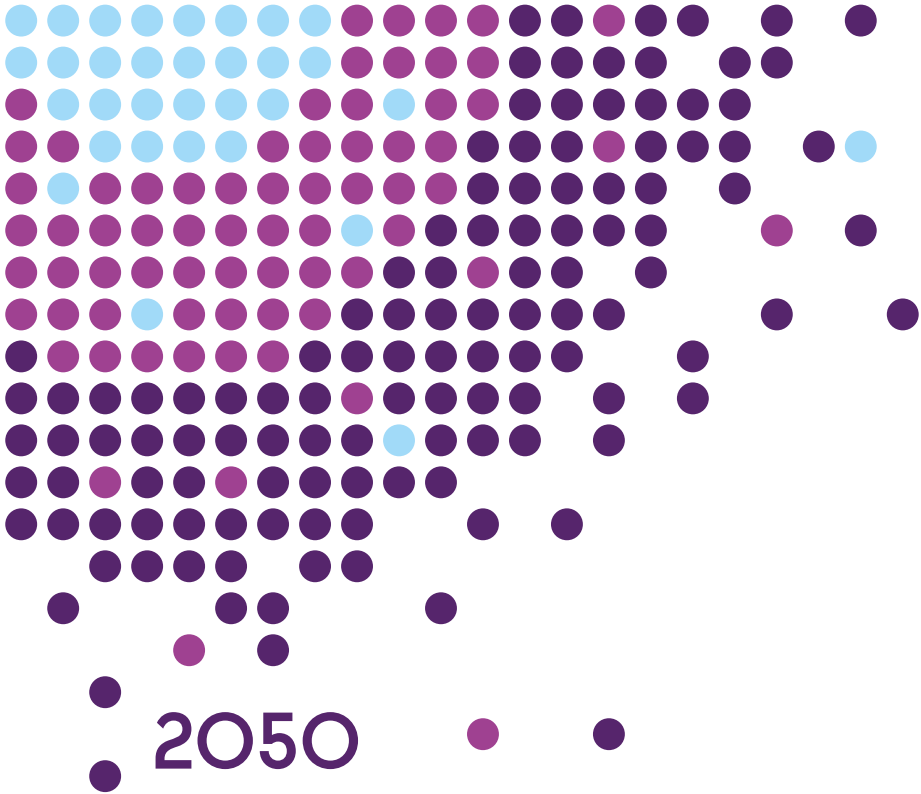
derdiertjes bestuderen. Hoe stellen hun nakomelingen het bijvoorbeeld? Doordat ze zich klonen en zich dus zonder seks voortplanten, kopiëren ze ook de mogelijke fouten die tijdens het DNA-herstel zijn ontstaan.”

De raderdiertjes bleken onder invloed van kosmische straling hun DNA zonder problemen te kunnen herstellen. Vervolgonderzoek moet uitwijzen hoe ze dat voor elkaar krijgen. Die bevindingen openen de deur naar verdere ruimteverkenning, maar ook op aarde zal het onderzoek zijn nut bewijzen. Radiobioloog Bjorn Baselet van SCK CEN: “Onze bevindingen kunnen bijvoorbeeld leiden tot maatregelen om beroepsmatig blootgestelde personen of kankerpatiënten tijdens hun therapie beter te beschermen tegen de negatieve effecten van blootstelling aan straling.”

Mannen overbodig

Raderdiertjes zijn microscopisch klein (200 micrometer tot 1 millimeter). Ze leven in meren en rivieren, op mossen, vochtige aarde, boomstammen, rotsen en bladresten. Sommige soorten, zoals de *Bdelloidea*-raderdiertjes planten zich voort zonder seks. De vrouwtjes klonen zichzelf dus als het ware. Het raderdiertje dankt zijn naam aan de trilhaartjes die als een kroon rond zijn mond staan en die razendsnel rond kunnen draaien zoals een rad. Daardoor stroomt water de mond in, waaruit het raderdiertje zijn voedsel filtert. UNamur en SCK CEN stuurden *Bdelloidea Adineta vaga* de ruimte in. Er staat een nieuwe vlucht gepland in het najaar van 2020 en in 2023.





2050

Kernfusie: de zon in een doos

SCK CEN test structuurmaterialen voor kernfusiereactor

Twee jaar lang testte SCK CEN in zijn BR2-onderzoeksreactor structuurmaterialen voor de testfusiereactor ITER. De materialen werden blootgesteld aan een hoge neutronenflux tot 1.200°C. In 2019 werd de bestralingcampagne afgerond en kwam de fusietestreactor in het Franse onderzoekscentrum Cadarache een stap dichterbij zijn doel: de technische en wetenschappelijke haalbaarheid van kernfusie aantonen. “Nooit eerder in de geschiedenis van SCK CEN hebben we zulke extreme omstandigheden bereikt”, zegt projectcoördinator Dmitry Terentyev.





De zon op aarde. *A star in a jar*. Er circuleren heel wat bijnamen voor kernfusie, de techniek die de energieopwekking van de zon imiteert. Concreet gaat het om twee waterstofatoomkernen die botsen en tot een zwaardere atoomkern (helium) samensmelten. Kernfusie zou een bijna ongelimiteerde hoeveelheid energie kunnen leveren zonder broeikasgassen uit te stoten. In de strijd tegen de klimaatverandering klinkt dat als muziek in de oren. De techniek zou ook veel minder langlevend radioactief afval produceren dan 'klassieke' kernenergie.

Op een werkende kernfusie-installatie is het wellicht nog even wachten. In het Franse onderzoekscentrum Cadarache werkt SCK CEN samen met een internationaal team van wetenschappers aan de fusietestreactor ITER. Het ITER-project moet de wetenschappelijke en technische haalbaarheid van kernfusie als een bruikbare toekomstige energiebron aantonen. In 2050 wordt ITER opgevolgd door DEMO, een prototype van een industriële kernfusiereactor. Dat prototype zou de mogelijkheden voor de commerciële elektriciteitsproductie duidelijk moeten maken.

Materialen die straling weerstaan

De technische en praktische uitdagingen van kernfusie zijn groot. Een van de meest complexe werkpunten is het effect van straling op de apparatuur, de robotica en de structuurmaterialen van een reactor. In dat kader rondten onderzoekers van SCK CEN in 2019 een meerjarige bestralingscampagne in de BR2-onderzoeksreactor af.

“Tijdens de campagne kwalificeerden we de materialen die in de fusiereactor zullen komen. Het ging onder meer om materialen voor de ‘eerste wand’, die direct aan het plasma wordt blootgesteld”, verduidelijkt Dmitry Terentyev, expert in kernfusie. “Twee jaar lang stelden we de materialen bloot aan een hoge neutronenflux tot 1.200°C. Om de fusieomstandigheden maximaal te imiteren, ontwikkelden we het bestralingsapparaat HTHF (*High Temperature High Flux*). Nooit eerder in de geschiedenis van SCK CEN hebben we structuurmaterialen in zulke extreme omstandigheden getest.” In een volgende stap zullen onderzoekers de thermische, mechanische en micro-mechanische eigenschappen van de bestraalde materialen in kaart brengen. Daarvoor werkt SCK CEN samen met onderzoeksinstellingen uit Duitsland, Italië, Zwitserland en Griekenland.

Keuze van leverancier

Voor de bestralingscampagne bleven de structuurmaterialen twee jaar lang in de BR2-onderzoeksreactor. “Dat was het minimum om de volledige levensduur van de materialen in ITER na te bootsen”, aldus Terentyev. “We onderzochten vooral de mogelijkheden van wolfram, staal en koper. Wolfram zou in ITER als een pantser moeten dienen voor de divertor, een component dat de hitte en as bij de fusiereactor verwijdert om het plasma niet te vervuilen. In de divertor lopen de temperaturen het hoogst op. De buitenste schil van de divertor, die met water gekoeld wordt, wordt uit wolfram vervaardigd. De binnenste pijp waar het water doorstroomt, is uit koper gemaakt. Het staal moet de structuur uit koper en wolfram ondersteunen.”

Het materiaal van de divertor is vervaardigd uit wolfram, staal en koper.



De basismaterialen voor de fusietestreactor werden in het verleden al geselecteerd. SCK CEN kwalificeert nu het geleverde materiaal van verschillende leveranciers. “Hoe wolfram, staal of koper op de stralingseffecten reageert, kan verschillen van leverancier tot leverancier”, licht Terentyev toe. “Het hangt bijvoorbeeld af van de samenstelling van het materiaal, het productieproces en de gebruikte installaties. In 2020 en 2021 zal SCK CEN de schade en verouderingsprocessen van de bestraalde materialen analyseren.”

Hoger TRL-niveau

Met de afgeronde bestralingscampagne komt de realisatie van ITER weer een stap dichterbij. “We stijgen opnieuw een TRL-niveau”, zegt Terentyev trots. TRL staat voor *technology readiness level* en verwijst naar de mate van ontwikkeling waarin nieuwe technologieën zich bevinden. De schaal telt negen niveaus, van 1 (onderzoek) tot 9 (marktintroductie). “Voor wolfram zitten we nu op niveau 4 en voor staal op 5. Bij koper trad er onverwacht materiaalverbrossing op. Dat concept moeten we dus bijstellen voor we naar een volgende TRL-fase kunnen overgaan.”

Het ITER-kernfusieonderzoek kadert in het EUROfusion-project, een H2020-samenwerkingsverband tussen Euratom en landen uit de Europese Unie, Zwitserland en Oekraïne. Voor de volgende stap in het onderzoek ontwikkelt SCK CEN samen met internationale partners een nieuw bestralingsapparaat om de structuurmaterialen voor ITER-brandstofcellen uit te testen. SCK CEN blijft dus zijn bestralingscapaciteiten in de BR2-onderzoeksreactor uitbreiden om aan de noden van kernfusieonderzoek tegemoet te komen.



Twee jaar lang bootsten we de effecten van kernfusie op structuurmaterialen na. Nooit eerder bereikten we zulke extreme omstandigheden.

Dmitry Terentyev





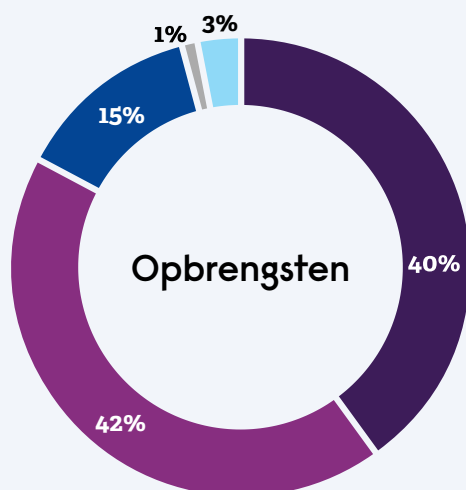
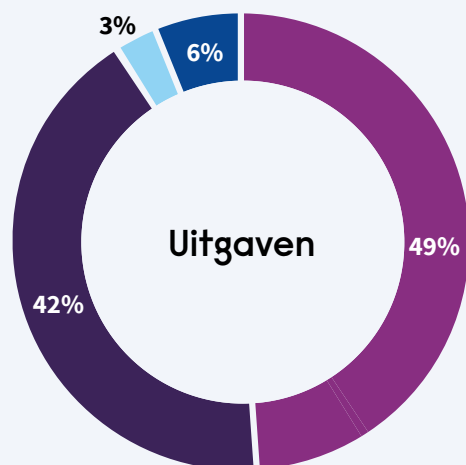
Een kenniscentrum van wereldklasse

Vergelijk grootschalige projecten als MYRRHA of ITER met de beklimming van de Mount Everest. De top is het ultieme doel, maar het directe pad ernaartoe is onbewandelbaar. Daarom nemen we de alternatieve, ietwat langere route: een met meerdere invalswegen om jonge wetenschappers te laten aansluiten en met tussentijdse successen om te vieren. Dat zorgt voor een groepsgevoel en motivatie.

— **Hamid Aït Abderrahim**
Adjunct-directeur-generaal en
directeur van MYRRHA

Kerncijfers

Begroting

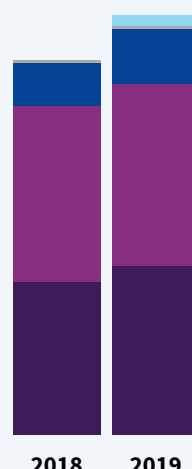


Evolutie van de begroting



Uitgaven (in kEUR)

	2018	2019
Bezoldigingen	82.686	90.221
Aankopen, diensten	64.434	78.253
Voorzieningen	5.762	6.138
Afschrijvingen	9.726	11.201
TOTAAL	162.608	185.813



Opbrengsten (in kEUR)

	2018	2019
Omzet	66.256	73.473
Federale dotatie, kapitaalsubsidies	76.897	76.723
Andere	18.745	26.528
Financiële opbrengsten	1.196	1.093
Uitzonderlijke opbrengsten	156	4.792
TOTAAL	163.250	182.609

Actief in 59 landen
(aangeduid in het paars)



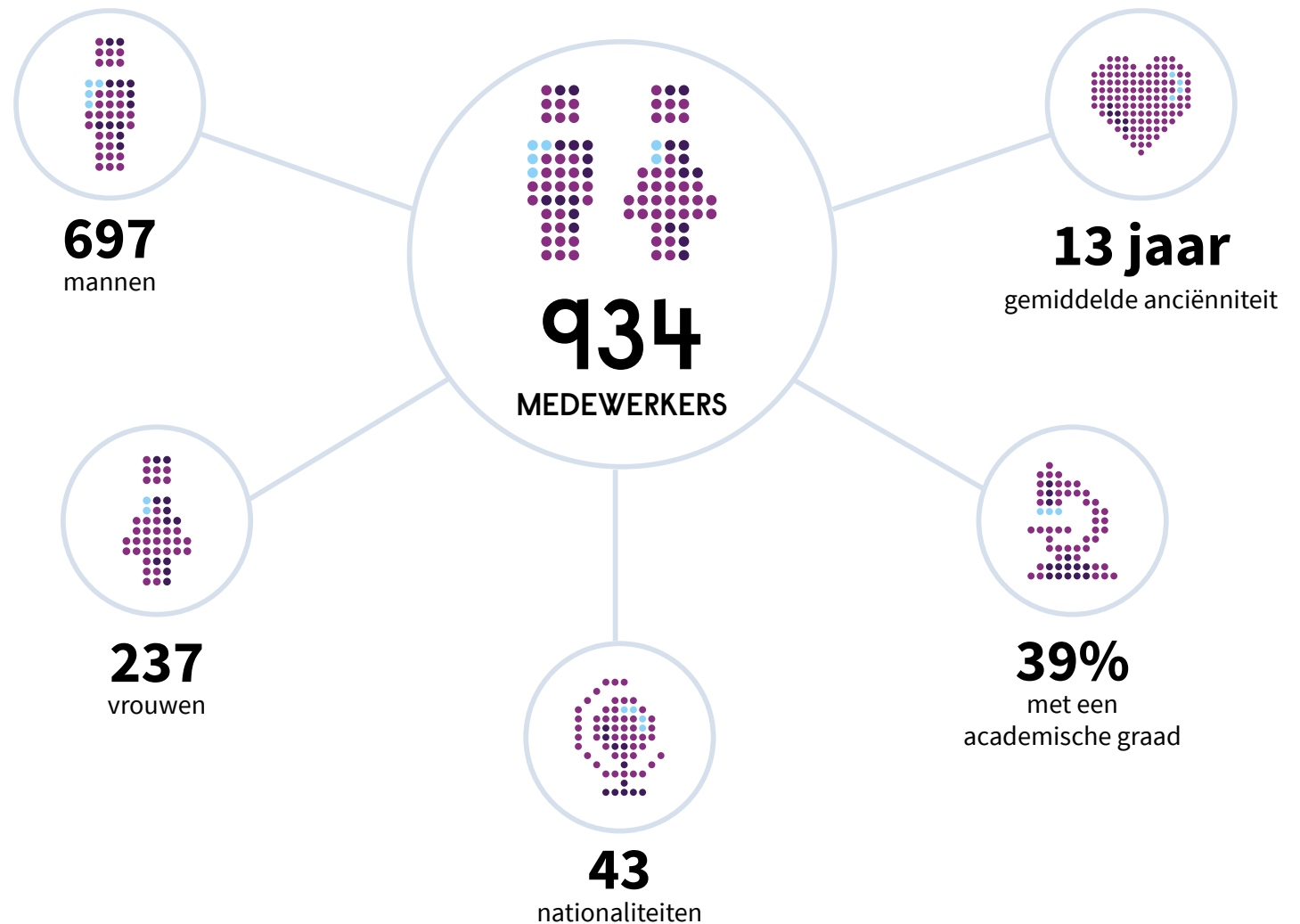


Gekenmerkt door innovatie

Een bedrijf kan pas écht innoveren als het zijn plannen weet te realiseren. Met trots kan ik zeggen dat SCK CEN zo'n innovator is. De ambitieuze plannen die we de afgelopen jaren maakten, worden stap voor stap werkelijkheid. Dat zie je op het terrein, maar reflecteert ook in onze cijfers. SCK CEN groeit: meer medewerkers, meer inkomsten. Tegelijk is innovatie behendig jongleren tussen wetenschap, organisatie en budgetbeheer. We willen onze innovatieve kracht blijven tonen zonder grip te verliezen. Meer dan ooit rekenen wij op elke medewerker om onze plannen waar te maken én een gezonde organisatie te blijven.

— **Kathleen Overmeer**
Algemene diensten en administratie

Personeelsbestand



Publicaties



Opleiding en onderzoek



35% uit België
65% uit het buitenland



met 1956 deelnemers

Netwerkend valoriseren

In 2006 telde Vlaanderen 34 706 voltijdse medewerkers, die in onderzoek en ontwikkeling (O&O) aan de slag zijn. In 2018 stond die teller op 53 933 medewerkers: een stijging van 55%. Vlaanderen – en bij uitbreiding heel België – kent dus een sterk klimaat van onderzoek en innovatie. “We hebben heel wat troeven in de hand om met dat grote potentieel maatschappelijke impact te creëren. Als SCK CEN willen we ons daar strategisch goed positioneren”, aldus Pascal De Langhe, directeur van Business Development & Support. “We slaan de brug tussen onderzoekers en verschillende spelers op de markt: gaande van kernenergie tot de industriële en medische sector, die steeds meer onze aandacht vangt. Dat doen we door een dialoog op te starten, al netwerkend samenwerkingen te realiseren, waar opportuun consortia te bouwen en de nodige financiële steun los te weken. Als kennisinstituut waken we er daarbij ook over dat de opgebouwde kennis beschermd blijft.”





sck cen

65 jaar ervaring in nucleaire wetenschap en techniek

Als onderzoekscentrum voor vreedzame toepassingen van radioactiviteit vormt 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 850 medewerkers behoort SCK CEN tot de grootste onderzoeksinstituten van België.

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

- veiligheid van nucleaire installaties
- ontwikkeling van nucleaire geneeskunde
- bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling



SCK CEN

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

Laboratoria

Boeretang 200
BE-2400 MOL

Maatschappelijke zetel

Herrmann-Debrouxlaan 40
BE-1160 BRUSSEL

Verantwoordelijke uitgever

Eric van Walle
Directeur-generaal

Redactie

Wendy De Grootte (SCK CEN)

Concept en vormgeving

Pantarein Publishing

Fotografie

Roel Dillen
Klaas De Buysser

Drukwerk

IPM Printing



Copyright © 2020 – SCK CEN

Dit werk is auteursrechtelijk beschermd (2020). Niets in deze publicatie mag worden gereproduceerd en/of gepubliceerd zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van SCK CEN.