



**KERNVISIE
MAGAZINE**

20 miljoen
euro extra voor
Thorizon One

Het Persoonlijk
Leiderschapsprogramma
van NRG PALLAS

TURBO-beurs:
onderzoek naar
combinatiebehandeling
met radio-embolisatie

2
April
2025

UITGAVE VAN
STICHTING KERNVISIE

**De subtiele
dynamiek van
nucleaire
geheimhouding**



KernVisie Magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

Jaargang 20
Nummer 2
April 2025
KernVisie Magazine
verschijnt tweemaandelijks
Oplage 2.200 ex

Ontwerp & Grafische realisatie
StudioHusken.nl, Heiloo

Bestuur Stichting KernVisie

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

Redactie KernVisie Magazine

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

Redactie adres

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen
Telefoon 06-29058146
E-mail: KernVisie@KernVisie.com
Internet: www.KernVisie.com
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v. KernVisie,
Foundation for Nuclear Technology te Huissen.

Op de Cover

Machiel Kleemans
Foto © Irene van Kessel

Distributie, onder vermelding Stichting KernVisie, via eigen e-mail systemen en gebruik van de informatie voor lezingen, presentaties, studies, discussies, publicaties, enz. wordt op prijs gesteld en toegejuicht.

Omgang met persoonsgegevens

KernVisie Magazine is een uitgave van de Stichting KernVisie. Onze website www.KernVisie.com bevat een uitgebreide privacyverklaring over het gebruik van de persoonsgegevens die nodig zijn ten behoeve van de verzending van het magazine.

Voorwoord

Samenwerken en kennis delen

In dit nummer besteden we aandacht aan unieke samenwerkingen in de internationale nucleaire sector. Zowel in het heden als in het verleden. Zo bouwden Nederland

en Noorwegen bijna 75 jaar geleden de onderzoeksreactor JEEP I (Joint Establishment Experimental Pile) in het Noorse Kjeller. Het bijzondere aan dit project was dat het tot stand kwam in de periode tussen het einde van de Tweede Wereldoorlog en het Atoms for Peace-programma. In die periode kwam de nucleaire wetenschap in een stroomversnelling en was het aan strenge geheimhoudingseisen gehouden. Machiel Kleemans promoveerde recent op zijn onderzoek naar deze bijzondere samenwerking en de verschuivende grenzen van de geheimhouding. Natuurlijk is er ook nieuws. Een onderzoeksteam van de Universiteit Twente en het Radboudumc heeft een TURBO-subsidie van 80.000 euro ontvangen voor hun project waarin de wetenschappers onderzoeken of een nieuwe combinatiebehandeling met radioactieve holmiumbolletjes en microbolletjes mogelijkheden biedt voor het verbeteren van de effectiviteit van een bestaande vorm van kankertherapie. En om nog even terug te komen op de strenge geheimhouding rond nucleair: een zekere mate van geheimhouding zal altijd blijven, maar openheid, transparantie en leren van elkaar staan tegenwoordig hoog in het vaandel. Jonge nucleaire professionals van Nucleair Nederland zoeken elkaar bijvoorbeeld op tijdens het Persoonlijk Leiderschapsprogramma van NRG PALLAS, waarbij ze de kans krijgen om kennis te delen, een breed netwerk op te bouwen en leiderschapsvaardigheden te ontwikkelen. In de basis gaat het gewoon weer om samenwerken en kennis delen, zoals Nederland en Noorwegen dat al begin jaren vijftig deden met de bouw van JEEP I, maar ook met een gezamenlijke reactorschool voor nieuwe medewerkers in Kjeller, met als onvoorzien resultaat een aantal Noors/Nederlandse huwelijken. Waar samenwerking allemaal niet toe kan leiden. **K**

André Versteegh
voorzitter Stichting KernVisie





P04

Maatschappij

De subtiele dynamiek van nucleaire geheimhouding

In 1951 bouwden Nederland en Noorwegen de onderzoeksreactor JEEP I in het Noorse Kjeller. Een bijzonder project, omdat het tot stand kwam in de vroege Koude Oorlog, toen de nucleaire wetenschap te maken had met strenge geheimhoudingseisen. Machiel Kleemans deed onderzoek naar deze unieke samenwerking en de verschuivende grenzen van de geheimhouding.

P08 Energie

Thorizon haalt nog eens 20 miljoen euro op voor MSR

Recent kan het Nederlandse bedrijf Thorizon 20 miljoen euro bij zijn investeringen optellen. Hiermee groeit het in totale kapitaal naar 42,5 miljoen euro en wordt ingezet voor: de prototype-ontwikkeling van de gesmoltenzoutreactor (MSR) Thorizon One, de benodigde vergunningstrajecten en een eerste opstelling van het innovatieve cartridgesysteem van de MSR.



P14

Maatschappij

Jonge professionals in nucleair nemen persoonlijke ontwikkeling in eigen hand

Het Persoonlijk Leiderschapsprogramma van NRG PALLAS biedt jonge professionals van Nucleair Nederland de kans om leiderschapsvaardigheden te ontwikkelen. Anna Bakker is een van de ontwikkelaars van het programma: "We stellen deelnemers in staat eigenaarschap te nemen over hun eigen ontwikkeling."

P20 Medisch

TURBO-beurs: onderzoek naar combinatiebehandeling met radio-embolisatie

Een onderzoeksteam van de Universiteit Twente en het Radboudumc heeft een TURBO-subsidie van 80.000 euro ontvangen voor hun project: Combining bubbles and spheres to optimize liver cancer treatment. De wetenschappers onderzoeken of een nieuwe combinatiebehandeling met radioactieve holmiumbolletjes en microbelletjes mogelijkheden biedt voor het verbeteren van de effectiviteit van de bestaande kankertherapie met radio-embolisatie.



P10

Maatschappij

COVRA publiceert rapporten voor eindberging in klei en zout

P12

InBeeld

Tepco is gestart met de ontmanteling van watertanks bij Fukushima

P18

Nucleaire Notities

Si-doping van wafers voor halfgeleiders

P19

Column

Lars Roobol: China zet in op uranium uit zee



In 1951 bouwden Nederland en Noorwegen de onderzoeksreactor JEEP I (Joint Establishment Experimental Pile) in het Noorse Kjeller. Een bijzonder project, omdat het tot stand kwam in de vroege Koude Oorlog, toen de nucleaire wetenschap te maken had met strenge geheimhoudingseisen. Machiel Kleemans deed onderzoek naar deze unieke samenwerking en de verschuivende grenzen van de geheimhouding. “Het is heel subtiel en tegelijkertijd indicatief voor de veranderende machtsverhoudingen.”

© Irene van Kessel

Maatschappij

De subtiel dynamiek van nucleaire geheimhouding



Kleemans begon zijn promotieonderzoek tien jaar geleden, maar de fascinatie voor het onderwerp is terug te voeren naar 2005, toen hij voor de wetenschappelijke uitgeverij Reed Elsevier werkte en redacteurs voor nucleaire- en stralingstijdschriften benoemde. “Daarvoor bezocht ik internationale conferenties en laboratoria”, vertelt hij. “In 2005 richtte ik het tijdschrift High Energy Density Physics op in samenwerking met de wetenschappers van het Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) in Amerika. Bij LLNL doen ze onderzoek naar kernfusie. In de National Ignition Facility schieten ze met lasers op kleine bolletjes waterstof om op die manier kernfusie tot stand te brengen. Het gaat om experimenteel onderzoek, zowel voor civiele doeleinden als de open wetenschap. En onderzoek naar militaire doeleinden, de geheime kant. Zo kwam ik voor het eerst in aanraking met geheimhouding in de wetenschap.” Als onderdeel van zijn werking Kleemans ook regelmatig uit eten met de wetenschappers. Het

viel hem op dat de wetenschappers in een informelere, sociale omgeving onderling wel praatten over onderwerpen waarvoor eigenlijk geheimhouding gold. “Ergens is toen dat zaadje geplant.”

Samenwerking tussen Noorwegen en Nederland

Al tijdens zijn studie Theoretische Natuurkunde raakte Kleemans geïnteresseerd in de historische en filosofische kant van de wetenschap. “Die combinatie van belangstelling voor het

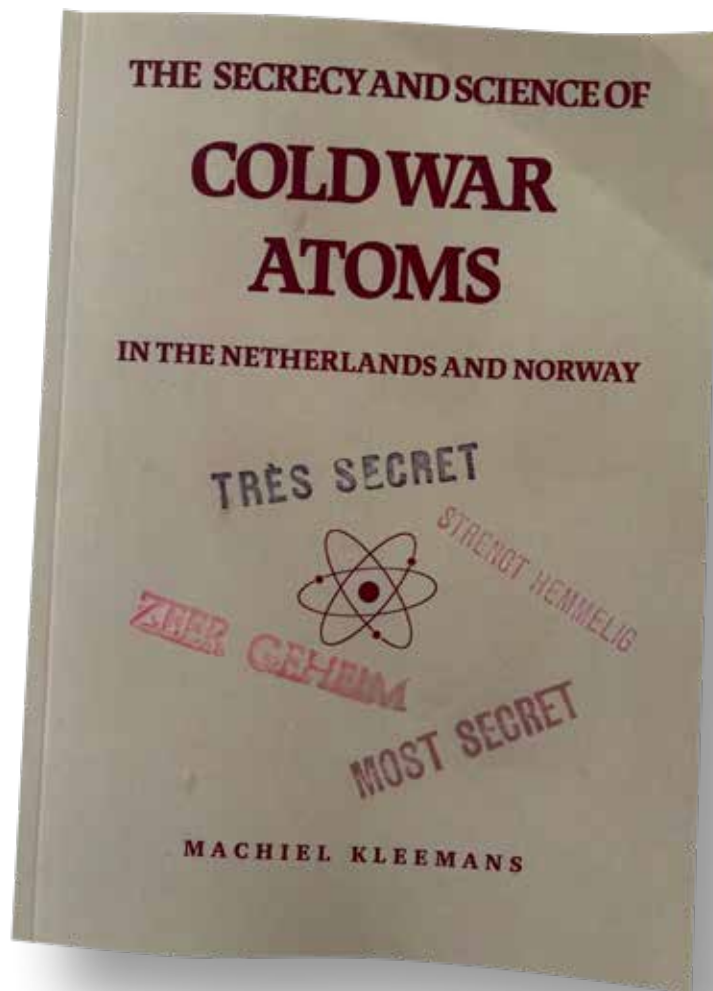
vak en de ervaring vanuit mijn werk bracht me bij de vroege Koude Oorlog. Ik zag de grote laboratoria zoals Oak Ridge in Tennessee, waar de eerste experimenten plaatsvonden, en was benieuwd hoe het allemaal was begonnen. “Vooral de geheimhouding eromheen vond ik

kracht waren.” Kleemans vond een begeleider aan de Universiteit van Amsterdam en startte zijn onderzoek naast zijn baan bij het Departementaal Coördinatiecentrum Crisisbeheersing van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. “Het is fascinerend hoe alles net op tijd op zijn plek viel. Vaak was het een kwestie van een paar weken”, vertelt Kleemans. Nederlandse wetenschappers hadden al voor WOII door dat uranium gebruikt kon worden voor het opwekken van een kettingreactie. De eerste publicaties hierover verschijnen in april 1939. In de laatste weken van maart 1939 hebben wetenschappers de Nederlandse regering kunnen overtuigen om tien ton uraniumoxide te kopen van het Belgische bedrijf Union Minière in Congo. “Het werd in die tijd in grote hoeveelheden gebruikt in de glasindustrie, dus je kon toen nog onverdacht een grote bestelling plaatsen.” In april werd het bedrijf door de Engelsen en Fransen gewaarschuwd dat de grondstof ook voor andere

doeleinden gebruikt kon worden en dat deze vooral niet in Duitse handen mocht vallen.

Veilig in de kelder

De tien ton yellowcake was toen al in Nederland en bij het uitbreken van de oorlog werd het verborgen in de kelder van de Technische Hogeschool Delft. Noorwegen was al voor de oorlog gestart met de productie van zwaar water, een ander belangrijk materiaal voor een kleine ✂



©SedF

interessant”, aldus Kleemans. In 1953 werd het Atoms for Peace-programma aangekondigd door de Amerikaanse president Dwight Eisenhower bij de Verenigde Naties. Onder het programma werd nucleair onderzoek opengesteld voor landen die voorheen geen of weinig nucleaire technologie hadden. “Ik kwam erachter dat in de periode tussen het einde van de Tweede Wereldoorlog en Atoms for Peace Nederland en Noorwegen een onderzoeksreactor hebben gebouwd, ondanks alle beperkingen die toen van

kernreactor. Na de oorlog start de bouw van een Noorse reactor. Het enige wat nog ontbreekt, is uranium. Het is de Nederlandse natuurkundige Hans Kramers, hoofd van een adviescommissie voor kernfysica, die met toestemming van de Nederlandse regering het uranium aanbiedt. "Een deel van het

uraniumoxide is toen in Groot-Brittannië geruild voor kant-en-klare splijtstofstaven. Zo kregen de Engelsen ook een voet tussen de deur in het Europese nucleaire onderzoek." Kramers vraagt nog wel advies aan zijn collega-wetenschapper Robert Oppenheimer, die hem op het hart drukt

om in de uitwisseling met de Amerikaanse overheid eerst met de politici en dan pas met de wetenschappers te spreken. De Amerikanen gaan met tegenzin akkoord. "Die netwerken van wetenschappers zijn heel belangrijk. Doordat zij met elkaar in gesprek gaan en kennis delen, komt alles in beweging." Uiteindelijk wordt in

✦ Machiel Kleemans promoveerde op 19 februari op het proefschrift: *The secrecy and science of Cold War atoms in the Netherlands and Norway*. Promotor was prof. dr. J.A.E.F. van Dongen. Copromotor was prof. dr. E.L.M.P. Laenen.



© Machiel Kleemans

1951 de Noorse kernreactor in gebruik genomen. Op dat moment waren alleen de grootmachten in de wereld: de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, de Sovjet-Unie en Canada, erin geslaagd kernreactoren te bouwen en in werking te stellen.

Verloren monopolie op kernwapens

In zijn onderzoek laat Kleemans zien dat er voor het verschuiven van de grenzen van geheimhouding in de wetenschap drie dingen van belang zijn: Als eerste is het van belang om het juiste materiaal te hebben. Het tweede is het netwerk van wetenschappers voor het delen van kennis en als laatste is politieke steun essentieel. Het verschuiven van de grenzen van de geheimhouding is ook illustratief voor de veranderende machtsverhoudingen in de wereld. “Je merkt bij de Amerikanen al vroeg dat de geheimhouding een dilemma met zich meebrengt. Enerzijds kan het gebruikt worden om de voorsprong op een tegenstander te behouden en aan de andere kant heb je openheid nodig om vooruit te komen in de wetenschap. Het zijn de twee kanten van de medaille.” Nadat Rusland eind jaren veertig zijn eerste kernproeven uitvoert, realiseert Amerika zich dat het zijn monopolie op kernwapens kwijt is. En hoewel ze aanvankelijk bijzonder fel waren op geheimhouding, besluiten ze in de jaren vijftig hun kennis te delen om zicht te kunnen houden op de verschillende projecten en ontwikkelingen. “Het is dus best subtiel; afhankelijk van de tijd en de situatie wordt er gekozen voor geheimhouding of openheid.”

Geheim ultracentrifugeonderzoek

Ook de Nederlandse verrijkingstechnologie krijgt te maken met de Amerikaanse wens tot geheimhouding. In 1960 is de verrijkingstechnologie onder de natuurkundige Jaap Kistemaker zo ver gevorderd dat deze door de Verenigde Staten als proliferatiegevoelig wordt

gezien en ze Nederland om een geheimhoudingsovereenkomst vragen. Vanaf 1961 is het ultracentrifugeonderzoek dan ook gerubriceerd als geheim. Dit tot teleurstelling van Kistemaker, die juist voorstander was van openheid in de wetenschap rondom de verrijking van uranium. Al bracht de geheimhouding ook voordelen met zich mee. “Er was veel minder bureaucratie en hij hoefde dus ook veel minder verantwoording af te leggen, waardoor hij zijn laboratorium kon uitbreiden.”

Op dit moment spelen dezelfde vragen rondom geheimhouding ook bij andere technologieën. “Neem de ASML-chiptechnologie. Voor het produceren van de halfgeleiders die je nodig hebt om die chips te maken, moet je ook beschikken over specifieke kennis en materialen”, geeft Kleemans als voorbeeld. “Moet je dan iedereen in de fabrieken laten werken of moet je daar beperkingen in aanbrengen?” Ook zie je dat de politiek zich er mee bezighoudt. Zo is er vanuit Amerika druk uitgeoefend op Nederland om bepaalde kennis en materialen niet te exporteren. “Dus ook hier zie je dat de drie componenten een rol spelen: materialen, kennis en politiek. Hetzelfde geldt voor de kwantumcomputer. Ook dat gaat over nieuwe technologie en nieuwe materialen, Q-bits, hoe maak je die? Het is een vergelijkbare dynamiek.”

Hernieuwde rubricering

De verschuiving van de grenzen van de geheimhouding is nog steeds van kracht. Zo zijn Britse archiefstukken die Kleemans zeven jaar geleden nog kon inzien en zelfs mocht fotograferen, nu gesloten. “Ik vond het in 2018 soms ook wel bijzonder dat ik stukken kon inzien die gevoelige informatie bevatten, die van belang konden zijn voor landen die iets met de ontwikkeling van nucleaire technologie of kernwapens zouden willen.” Groot-Brittannië heeft een aparte organisatie opgericht die alle nucleaire archiefstukken opnieuw gaat bekijken en rubriceren, waardoor heel veel nucleaire

geschiedenis wordt teruggehaald uit het openbaar archief. “Het gaat om duizenden pagina’s en dossiers en het beoordelen duurt jaren. Sommige stukken die ik heb gebruikt in mijn onderzoek zijn weer terug in het archief, maar een hoop ook niet, zoals de verslagen van de vergaderingen die na de oorlog werden gehouden over het wel of niet geheimhouden van de nucleaire kennis.” De hernieuwde rubricering is indicatief voor de veranderingen in de mondiale politiek en de nieuwe of hernieuwde dreigingen met landen die weer belangstelling hebben voor kernwapens.

Vervolgonderzoek

Kleemans is een van de weinigen die onderzoek doet naar de Nederlandse nucleaire geschiedenis. In andere landen zoals Groot-Brittannië, Frankrijk en Amerika is het een veel groter vakgebied. “Terwijl we in Nederland een behoorlijk grote en diverse nucleaire sector hebben”, aldus Kleemans. “Ik denk dat we onszelf wat dat betreft onderschatten. Pas toen ik er zelf indook, ontdekte ik hoe groot de sector is en wat voor een indrukwekkend verleden we hebben.” Kleemans zal 1 dag per week als onderzoeker aan de Universiteit van Amsterdam verbonden blijven. Voor zijn vervolgonderzoek wil hij de nucleaire wetenschap in de latere periode van de Koude Oorlog onderzoeken. “Ik wil kijken hoe de wetenschap zich toen heeft ontwikkeld en hoe het stelsel van controle op de kennis en technologie tot stand is gekomen. Tot 1960 is er eigenlijk nog helemaal niks. Er is nog geen non-proliferatieverdrag en Euratom begint net op te komen. Alles was heel ad hoc en wetenschappers gingen zelf aan de slag met het uitwisselen van kennis en materialen. Pas vanaf 1960 krijgt in Europa de politiek een beetje grip op de wetenschap. Ik vind het heel interessant om te onderzoeken hoe dat zich ontwikkelde en wat de invloed was op de wetenschappers die zich bezighielden met nucleair onderzoek.” **K**

Sarala Jelgersma

Thorizon haalt nog eens 20 miljoen euro op voor baanbrekende gesmoltenzoutreactor

Recent kan het Nederlandse deeptechbedrijf Thorizon, met vestigingen in Amsterdam en Lyon, 20 miljoen euro bij zijn investeringen optellen. Hiermee groeit het in totaal opgehaalde kapitaal naar 42,5 miljoen euro, inclusief de eerste investeringsronde in 2022 en toegezegde subsidies. Het kapitaal wordt ingezet voor de prototype-ontwikkeling van de gesmoltenzoutreactor (MSR) Thorizon One, de benodigde vergunningstrajecten en een eerste opstelling van het innovatieve cartridgesysteem van de MSR.

Met de openheid over de verkregen subsidies en het ontvangen kapitaal wil Thorizon laten zien welke partijen er participeren in de geavanceerde MSR-technologie die de energiezekerheid

kan versterken en tegelijkertijd de CO₂-uitstoot en de hoeveelheid langlevend nucleair afval kan verminderen. Margriet Hooghiemstra, Chief of Staff bij Thorizon: "We hebben besloten dit nieuws te delen,

omdat het de sterke steun van onze aandeelhouders laat zien, die het beste inzicht hebben in hoe het bedrijf ervoor staat. Sinds de vorige financieringsronde hebben we grote vooruitgang geboekt en ook aanzienlijke niet-verwaterende financiering toegevoegd. Onder onze investeerders bevinden zich zowel private als publieke partijen. We willen graag meer Europese investeerders aantrekken om Europese innovatie en energiezekerheid te bevorderen." Op dit moment is Thorizon actief in gesprek met 20 investeerders. "Met de 42,5 miljoen euro aan kapitaal komen we aan de helft van het beoogde bedrag dat nodig is om de Serie A-ronde te bereiken. Het is ons doel om nog een keer eenzelfde bedrag op te halen, liefst bij Europese (Franse) investeerders." Als de Serie A-ronde is afgerond, volgt er volgens Hooghiemstra in ieder geval nog een Serie B-ronde die zal worden gecombineerd met verschillende subsidietrajecten op nationaal en Europees niveau.

Geavanceerd cartridgesysteem

Ondertussen wordt er flink gewerkt aan de ontwikkeling van de Thorizon-One. Hooghiemstra: "Op dit moment zijn we volgens plan het Basic Design aan het afronden en loopt het traject met de regelgevers voorspoedig, om de reactor klaar te hebben voor gebruik in 2032." Het kapitaal waar Thorizon nu over beschikt, zet de organisatie onder meer in voor de ontwikkeling van het geavanceerde cartridgesysteem. "Dit systeem is ons unieke ontwerp om een gesmolten-zout-systeem waarin nucleair afval wordt omgezet in energie mogelijk te maken. Dit systeem zijn wij aan het ontwikkelen. Met



➤ Margriet Hooghiemstra: "We willen graag meer Europese investeerders aantrekken om Europese innovatie en energiezekerheid te bevorderen."

de fondsen die wij ophalen in de Series A zullen wij het basic design afmaken en prototypen van de volledige cartridge en bepaalde componenten bouwen om het systeem te testen en klaar te maken voor productie”, licht Hooghiemstra toe.

Haalbaarheidsstudies

Daarnaast voert Thorizon drie haalbaarheidsstudies uit met betrekking tot mogelijke vestigingslocaties in Nederland, België en Frankrijk. Volgens Hooghiemstra gaat het om locaties die nu ook al een nucleaire bestemming hebben. “Welke sites dit precies zijn, is nog niet publiek bekend.” Wel kan Hooghiemstra zeggen dat Thorizon geen voorkeur heeft voor een land. “Wij zijn een Europees bedrijf en combineren de sterktes van de landen waarin wij actief zijn. De diepe kennis en ervaring op nucleair gebied van Frankrijk, samen met de engineering, manufacturing en high-tech kennis in Nederland is een zeer succesvolle combinatie voor het realiseren van een innovatieve reactor.”

Kosten laag houden

Thorizon werkt ook samen met EPZ in Borssele, met oog op ‘vroegtijdige operationele inzichten’. EPZ is de eigenaar en beheerder van de Kerncentrale Borssele, een Gen-II-drukwaterreactor (PWR) die in 1973 aan het stroomnet werd gekoppeld. De Thorizon One is een geavanceerde Gen-IV-reactor. Hoe kan EPZ Thorizon adviseren? Hooghiemstra: “De Thorizon One bevat weliswaar een uniek en innovatief cartridgesysteem, maar de rest van de reactor is, om de kosten laag te houden, zoveel mogelijk conventioneel. Hoe dit project past op een nucleaire site en wat daarbij komt kijken – zoals operationele en omgevingsstudies – zijn vraagstukken waar EPZ veel ervaring mee heeft.”

Kansen voor Europa

“Dankzij de steun van onze investeerders en de betrokken overheden zijn we uitstekend gepositioneerd om de Thorizon



©Visualization by JarienGeels

✎ Kiki Lauwers: “Dankzij de steun van onze investeerders en de betrokken overheden zijn we uitstekend gepositioneerd om de Thorizon One te ontwikkelen.”

One te ontwikkelen,” zegt Kiki Lauwers, CEO van Thorizon. “Er ligt een enorme kans om nucleaire innovatie in Europa te versnellen en zo onze energiezekerheid te versterken, terwijl we tegelijkertijd de CO₂-uitstoot en de hoeveelheid langlevend nucleair afval verminderen. Naast onze huidige aandeelhouders is er ruimte voor nieuwe strategische partners en investeerders om samen de eerste gesmoltenzoutreactor in

Europa te realiseren.” Reda Atibi, Senior Investment Manager bij Invest-NL: “We zijn verheugd om Thorizon te ondersteunen in deze volgende fase, waarin de eerste componenten worden gebouwd en getest. Sinds onze eerste investering in 2022 heeft het team indrukwekkende vooruitgang geboekt: de expertise is verder versterkt, technologische doorbraken zijn gerealiseerd in de samenwerking met Nederlandse en Franse toezichthouders. **K**

42,5 miljoen euro

Het recent ontvangen kapitaal van 20 miljoen euro bestaat uit 16 miljoen investering geleid door Invest-NL, met ondersteuning van de InvestEU-garantie van de Europese Commissie, specifiek gericht op technologische ontwikkelactiviteiten, en 4 miljoen van de provincie Noord-Brabant in samenwerking met VDL Groep en Demcon. Verder is er al eerder 12,5 miljoen aan kapitaal opgehaald bij durfkapitaalfonds Positron Ventures, de regionale ontwikkelingsmaatschappijen PDENH (Noord-Holland), Impuls Zeeland, en 10 miljoen aan subsidie van de Franse overheid onder het programma France2030. Tot nu toe is er dus een totaal van 42,5 miljoen opgehaald.

COVRA publiceert rapporten voor eindberging in klei en zout

In Nederland wordt sinds de jaren 70 van de vorige eeuw onderzoek gedaan naar de eindberging van radioactief afval. In de onderzoeksprogramma's wordt natuurwetenschappelijk onderzoek uitgevoerd, dat als basis dient voor de technologische en geologische voorwaarden voor een eindbergingsfaciliteit in Nederland. In maart heeft de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) twee veiligheids- en haalbaarheidsstudies op het gebied van eindberging gepubliceerd, één voor eindberging in klei en één voor eindberging in zout.

COVRA heeft als enig bedrijf in Nederland de taak om al het radioactief afval te verzamelen, te verwerken en op te slaan. Om die zorgtaak uit te kunnen voeren, beschikt COVRA over een opslag- en verwerkingsfaciliteit in Zeeland. De bovengrondse opslag bij COVRA is een tijdelijke oplossing. Eindberging in diepe, stabiele, ondergrondse aardlagen is naar de huidige stand van internationale wetenschap en techniek de meest veilige oplossing voor radioactief afval op de lange termijn. Nederland heeft ondergrondse steenzout- en kleiformaties, die in potentie geschikt

zijn voor het bouwen van een eindberging. Het onderzoek naar eindberging vormt een integraal onderdeel van het Nederlandse overheidsbeleid voor radioactief afval. De coördinatie daarvan behoort tot de kerntaken van COVRA.

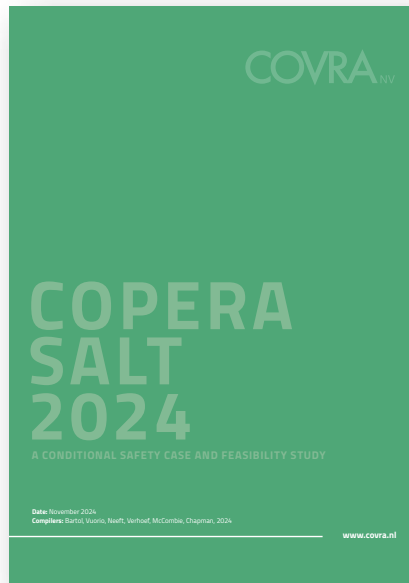
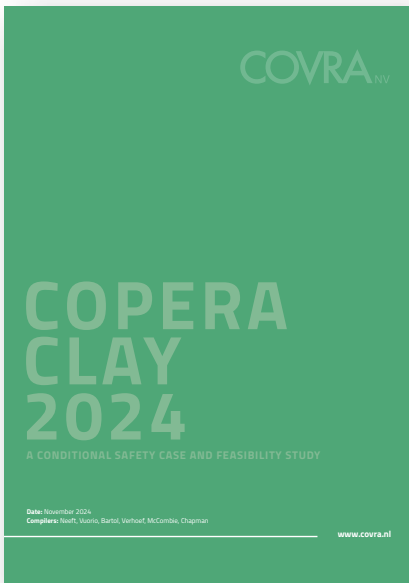
Besluitvorming mogelijk al in 2050

De definitieve besluitvorming over een eindberging in Nederland stond gepland rond 2100. Het huidige kabinet is echter voornemens om de besluitvorming rondom eindberging naar voren te halen, mogelijk

naar 2050. Ondanks het mogelijk naar voren halen van de datum, krijgt COVRA voldoende de tijd om gedegen onderzoek te doen naar een eindberging en om te leren van de kennis en ervaring van andere landen en voldoende geld te sparen om een eindberging te bouwen. Tot het zover is, blijft COVRA het radioactief afval dat in Nederland ontstaat bovengronds opslaan. Bijkomend voordeel is dat een groot deel van het afval dat nu bovengronds wordt opgeslagen tegen de tijd dat een eindbergingsfaciliteit gereed is, minder warmte produceert. Hierdoor kan het afval dichter op elkaar worden geplaatst in een eindberging, waardoor deze minder groot hoeft te zijn. Momenteel wordt in kaart gebracht welke stappen moeten worden gezet om dit mogelijk te maken.

Integrale veiligheids- en haalbaarheidsstudies

COPERA is het huidige onderzoeksprogramma van COVRA voor de eindberging van radioactief afval. Het programma is in 2020 gestart en heeft een looptijd van 30 jaar. Het bouwt voort op de programma's: ICK (1972 - 1979), OPLA (1982 - 1992), CORA (1995 - 2001) en



weloverwogen besluit over eindberging kan worden genomen.

Twee safety cases: eindberging in klei en zout

In het vorige onderzoeksprogramma, OPERA (2011-2017), werd voor het eerst een safety case voor geologische eindberging in klei gemaakt. In COPERA is nu ook de eerste safety case voor geologische berging in zout gemaakt. Voor klei is naast geologische berging ook berging op andere dieptes onderzocht. Dit maakt het mogelijk de berging aan te passen op het type radioactief afval. Denk bijvoorbeeld aan het plaatsen van laagradioactief afval op een mindere diepte dan hoogradioactief afval. De uiteindelijke keuze voor zout of klei is nu nog open. Dat geldt ook voor de vraag waar de eindberging moet komen. De rapporten van de veiligheidsstudies zijn via de website van COVRA te downloaden. **K**

➤ In maart heeft de COVRA twee veiligheids- en haalbaarheidsstudies op het gebied van eindberging gepubliceerd, één voor eindberging in klei en één voor eindberging in zout.

OPERA (2010 – 2017). In de eerste fase van COPERA (2020-2025) is de kennis uit de eerdere programma's gebruikt voor vervolgonderzoek op basis van veiligheidsstudies voor een eindberging in klei en zout. De eerste stap (2020-2025) heeft geleid tot twee nieuwe rapporten met integrale veiligheids- en haalbaarheidsstudies voor geologische eindberging: één voor berging in klei en één voor berging in zout.

De rapporten bundelen en structureren de kennis over eindberging in zout of klei en evalueren de veiligheid en technische haalbaarheid volgens de internationale state of the art: de safety case. De technisch-wetenschappelijke kennis over eindberging in Nederland wordt nu in COPERA stapsgewijs verder ontwikkeld, zodat er uiteindelijk een



Rapport klei

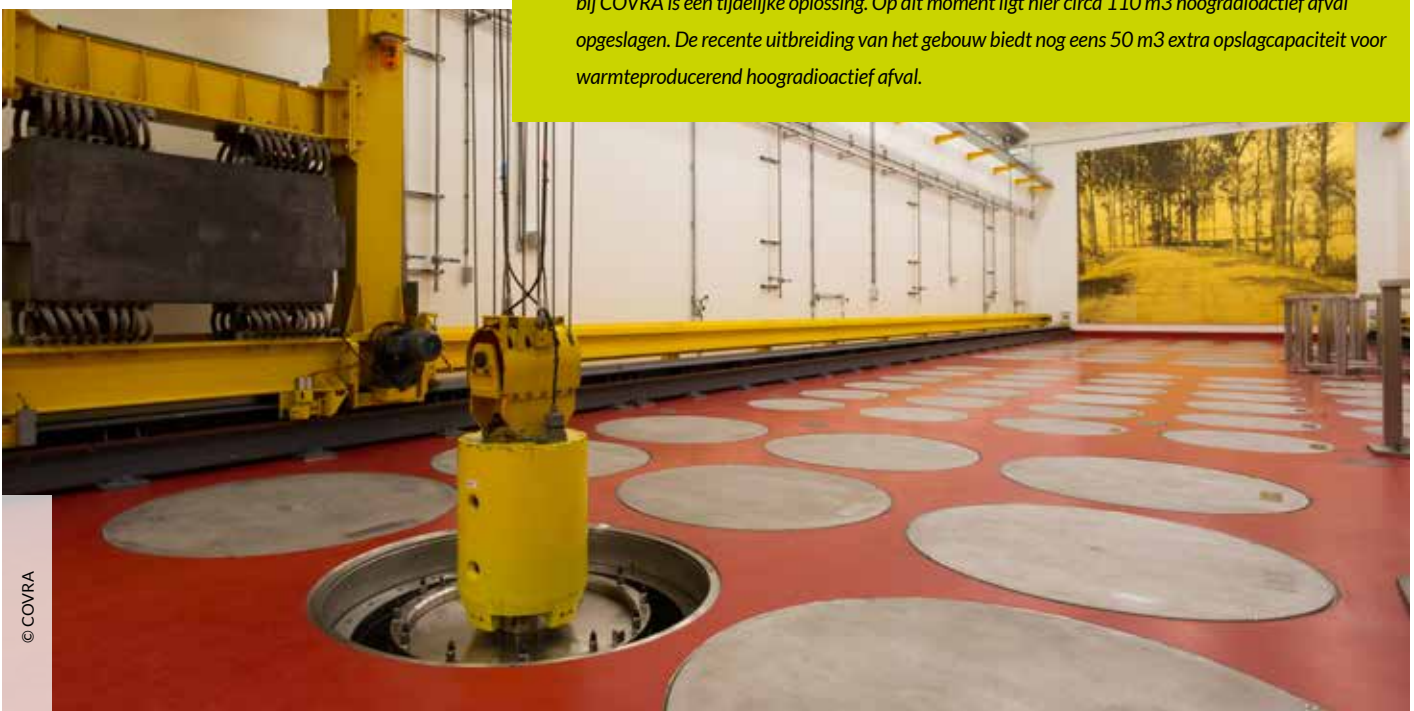


Rapport zout



Samenvatting NL

➤ De bovengrondse opslag in het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslaggebouw (HABOG) bij COVRA is een tijdelijke oplossing. Op dit moment ligt hier circa 110 m3 hoogradioactief afval opgeslagen. De recente uitbreiding van het gebouw biedt nog eens 50 m3 extra opslagcapaciteit voor warmteproducerend hoogradioactief afval.



Tepco is gestart met de ontmanteling van watertanks bij Fukushima

Op 19 februari is de Tokyo Electric Power Company (Tepco) gestart met de ontmanteling van watertanks die zich in het gebied J9 bij de Fukushima Daiichi-kerncentrale bevinden. De hoofdreden hiervoor is om ruimte vrij te maken die nodig is voor de opslag van puin dat binnenkort vrijkomt uit de beschadigde reactoren. Het water uit de tanks heeft volgens onafhankelijk onderzoek een verwaarloosbare radiologische impact op mens en milieu.

In totaal is ongeveer 1,3 miljoen ton water gereinigd en op het terrein van de kerncentrale opgeslagen in ongeveer duizend watertanks. Het besmette water is afkomstig van water dat werd gebruikt om de gesmolten splijtstof na het ongeluk in maart 2011 af te koelen en besmet grondwater dat onder de kerncentrale richting zee stroomt. Het besmette water is voor het grootste deel met het Advanced Liquid Processing System (ALPS) gereinigd. Alleen het radioactieve tritium kon niet uit het water worden gehaald. Na reiniging wordt het behandelde water verdund met zeewater tot een veertigste van de concentratie die volgens de Japanse veiligheidsnormen is toegestaan. De stralingsniveaus zijn volgens Tepco op dat moment gelijk aan het niveau van de achtergrondstraling. Deskundigen van het Internationaal Atoomenergie Agentschap (IAEA) hebben bevestigd dat de tritiumconcentratie in verdund ALPS-gezuiverd water ver onder de Japanse operationele limiet ligt en in overeenstemming is met de internationale veiligheidsnormen. In een uitgebreid rapport dat op 4 juli 2023 werd uitgebracht, voordat de eerste lozing begon, kwam de veiligheidsbeoordeling van de IAEA tot de conclusie dat de lozing een verwaarloosbare radiologische impact op mens en milieu heeft. Tepco verwacht dat de ontmanteling van de J9-tanks rond het einde van dit jaar voltooid zal zijn. Het vrijmaken van de volledige ruimte zal naar verwachting gereed zijn tegen maart 2026. Zodra dit het geval is, wil de exploitant opslagfaciliteiten gaan bouwen voor de hoogradioactieve materialen die uit de reactoren worden gehaald. **K**





Jonge professionals in nucleair nemen persoonlijke ontwikkeling in eigen hand

© Sure Boorsma

Het Persoonlijk Leiderschapsprogramma van NRG PALLAS biedt jonge professionals van Nucleair Nederland de kans om leiderschapsvaardigheden te ontwikkelen. Hierdoor kunnen ze zich verder ontwikkelen en bouwen ze tegelijkertijd een breed netwerk op. Anna Bakker is een van de ontwikkelaars van het programma: “We stellen deelnemers in staat eigenaarschap te nemen over hun eigen ontwikkeling.”

Anna Bakker is na het afronden van haar masteropleiding Chemical Engineering aan de TU Delft in september 2023 als trainee-consultant begonnen aan het 1,5-jarige traineeprogramma bij NRG PALLAS. “Tijdens een traineeprogramma kunnen jonge professionals ruime ervaring opdoen in verschillende projecten en daarnaast wordt de mogelijkheid geboden om een rijke persoonlijke ontwikkeling door te maken. Als het traineeship eindigt, ga je je vooral focussen op je eerste ‘echte’ baan. Je ontdekt dan dat het vaak ontbreekt aan mogelijkheden om je breder te ontwikkelen.” Daarom heeft Bakker zich tezamen met medetrainee Alex Chapman ingezet om het Persoonlijk Leiderschapsprogramma te ontwikkelen, waarmee NRG PALLAS jonge professionals

binnen de nucleaire sector de mogelijkheid biedt om zelf grip te krijgen op de eigen ontwikkelings- en carrièremogelijkheden, en een groot netwerk binnen de nucleaire sector op te bouwen.

Vergroten van de gereedschapskist

Bakker vertelt dat het idee voor het opzetten van het programma afkomstig is van haar manager, Carla Salet, Trainee Programma Coördinator bij NRG PALLAS. “Zij kwam met het idee om een programma te ontwikkelen dat buiten de eigen organisatie om young professionals bij elkaar kan brengen en dat er bovendien op is gericht om je eigen capaciteiten te ontdekken en verder te ontwikkelen.” Met haar collega is Bakker vervolgens

aan de slag gegaan met het schrijven van het Foundation Document, dat de basis vormt voor het programma. “We hebben goed nagedacht over de visie die we hadden. Aansluitend hebben we het eerste evenement georganiseerd.” Omdat het doel van het programma is de vaardigheden te vergroten van de deelnemers die ze in hun dagelijkse werk kunnen inzetten, komen onderwerpen aan bod zoals:

- presenteren - hoe breng jij jouw ideeën naar voren?
- ondernemerschap;
- samenwerken en eigenaarschap;
- onderhandelen en conflicten oplossen;
- planning & timemanagement;
- strategie: doelen stellen en langetermijnoriëntatie.

Gericht op de nucleaire sector

Inmiddels zijn er twee evenementen geweest, staat er een derde evenement op stapel en worden al de eerste voorbereidingen getroffen voor een vierde evenement. Aan het eerste evenement deden 30 mensen mee, aan het tweede 40 en Bakker hoopt dat zich voor het derde 50 jonge mensen aanmelden. Bakker benadrukt dat er steeds meer young professionals werkzaam zijn in de nucleaire sector en dat het daarom zeker mogelijk is om zoveel mogelijk mensen aan te trekken om deel te nemen aan het programma. Naast de bedrijven van de vereniging Nucleair Nederland wordt ook contact gelegd met het ministerie van EZK en het ministerie van Klimaat en Groene Groei om mensen te interesseren. Bakker: "Maar het blijft wel gericht op de nucleaire sector in het belang van ons netwerk." Bakker probeert gegadigden te bereiken via LinkedIn en andere kanalen. "Maar we benaderen ook direct de managers van bedrijven en afdelingen om met ons mee te kijken wie er voor het programma in aanmerking kunnen komen." Daarnaast probeert Bakker sprekers te krijgen van andere organisaties om de bekendheid van het programma te vergroten.

2 themadagen

Het programma bestaat uit 2 themadagen per jaar, met een voorjaars- en een najaarseditie. Tijdens die dagen ligt de nadruk op de carrièremogelijkheden van de young professionals, om zo een boost te geven aan bepaalde soft skills, niet-nucleaire skills en onderwerpen zoals: hoe kan je het beste een presentatie geven? Bakker: "Dat deden we tijdens de themadag Present like a Pro, waarin we, gebaseerd op TED-talks, hebben leren presenteren en om jezelf daadkrachtig en helder op de kaart te kunnen zetten. Een tweede onderwerp dat tijdens een van de themadagen aan bod is gekomen, was: eigenaarschap in samenwerking. Omdat we zien dat er veel projecten gaande zijn in de nucleaire sector, is het

van belang dat we elkaar weten te vinden en de samenwerking zoeken." Het nieuwe onderwerp voor een komende themadag is interculturele samenwerking. "Tijdens deze dag maken we young professionals bewust van interculturele verschillen. We laten ervaringsdeskundigen aan het woord, gevolgd door een interactieve workshop."

Ontwikkeling in eigen hand nemen

Er is voor gekozen om het een Persoonlijk Leiderschapsprogramma te noemen, niet

zozeer om straks leiding te gaan geven aan anderen, maar vooral met de nadruk op het zelf in handen nemen van je eigen ontwikkelings- en carrièremogelijkheden. "We kunnen binnen het programma niet beloven dat je een leider wordt, maar wel dat je met de ontwikkeling van soft skills een belangrijke bijdrage kan leveren aan je eigen carrière. We stellen je in staat om de regie zelf in handen te nemen", verduidelijkt Bakker. In principe kan iedereen meedoen aan het programma. Het is weliswaar gericht op young professionals binnen Nucleair ✂



© Jolanda Fisser

Anna Bakker

Anna Bakker heeft een bachelor Molecular Science and Technology en aansluitend een masteropleiding Chemical Engineering in 2023 afgerond aan de TU Delft. Toen ze met een studievereniging een bezoek aan Petten bracht, was ze direct enthousiast over NRG PALLAS. "Ik vond het werkveld direct ontzettend interessant en was meteen getroffen door de vriendelijkheid en de professionaliteit van de mensen die hier werkzaam zijn." Ze had haar afstudeerproject in samenwerking met het Reactor Instituut Delft gedaan, dus ze was al bekend met werken met radioactieve materialen. "Om daarmee te mogen werken, heb ik de opleiding toezichthoudend medewerker gedaan." De ervaring van het bezoek aan de HFR en de mogelijkheid om een traineeship bij NRG te starten, deed haar besluiten om vanaf september 2023 als trainee Consultant bij NRG PALLAS aan de slag te gaan. Het traineeship bood haar de kans om bij de HFR de functie reactor utilization expert in te vullen. Een reactor utilization expert houdt zich bezig met het meest effectieve en efficiënte gebruik van de reactor. Vanaf 1 maart zal Bakker geheel als reactor utilization expert aan de HFR verbonden zijn, maar ze zal zich blijven inzetten voor het Persoonlijk Leiderschapsprogramma.

Nederland, maar je bepaalt zelf of je young professional bent. Ook mensen die al een keer hebben deelgenomen aan een programma mogen zich nog een tweede keer aanmelden voor een themadag als ze geïnteresseerd zijn in het nieuwe onderwerp. Bakker: "Wat we als richtlijn aanhouden, is dat het programma vooral een bijdrage kan leveren in de eerste 5 jaar van je carrière. Maar iedereen binnen de sector die denkt dat een bepaald thema belangrijk is voor haar of zijn persoonlijke ontwikkeling kan zich aanmelden."

Proactieve gemeenschap

Met het beëindigen van haar traineeship start Bakker per 1 maart als fulltime reactor utilization expert bij de HFR. "Maar ik blijf bij het Persoonlijk Leiderschapsprogramma betrokken en zal wekelijks nog een aantal uur aan het programma kunnen werken. Ik wil dat ook graag, omdat ik er vanaf het begin bij betrokken ben geweest, maar het zal dan wel in een meer sturende dan uitvoerende rol zijn." De nucleaire sector groeit en er zullen steeds meer mensen in werkzaam

zijn. Het is dan ook de droom van Bakker dat er steeds meer young professionals bij het programma zullen aansluiten. "Ik hoop daarnaast dat jongeren die hebben deelgenomen aan het programma er zelf ook een bijdrage aan gaan leveren, zodat de input niet of niet alleen door de organisatie bedacht gaat worden, maar dat het programma 'zichzelf gaat dragen' en een proactieve gemeenschap ontstaat die het programma zelf aanstuurt." **K**

Menno Jelgersma

Tweede dag Persoonlijk Leiderschapsprogramma van NRG PALLAS

Op vrijdag 8 november vond de tweede themadag van het Persoonlijk Leiderschapsprogramma plaats met als thema Ownership in Collaboration. Haske Reiling en Sem Leftin vertellen over hun motivatie om aan het programma deel te nemen en hun opgedane ervaringen.

Haske Reiling werkt als trainee bij de NRG PALLAS Consultancy & Services afdeling.

Wat is je achtergrond?

Ik heb een achtergrond in Aardwetenschappen, met een master Geologie & Geochemie aan de Vrije Universiteit Amsterdam. In februari 2024 ben ik begonnen als Trainee Nuclear Technology bij NRG PALLAS.

Hoe kwam je te weten dat er een persoonlijk leiderschapsprogramma was?

Het persoonlijk leiderschap programma is breed gepromoot binnen NRG PALLAS. Het eerste PLP in het voorjaar moest ik

helaas missen. Toen ik de aankondiging voor het volgende PLP zag heb ik me meteen ingeschreven.

Waarom wilde je deelnemen (bijdragen) aan het programma?

Tijdens mijn werk en in mijn dagelijks leven maak ik regelmatig mee dat mensen graag een idee of project steunen maar liever geen actieve rol willen. Soms is het lastig mensen in beweging te krijgen en naar mijn mening is het op deze momenten zeer belangrijk mensen eigenaarschap te geven.

Wat waren je verwachtingen en voldoet het programma daaraan?

Het programma heeft mijn verwachtingen overtroffen. Naast de goede tips, die de

sprekers hebben meegegeven, was de dag zeer interactief en hebben we zelf de tips mogen toepassen tijdens groepsopdrachten. Ik heb tijdens de dag veel geleerd over effectief samenwerken, hoe je vertrouwen opbouwt en verantwoordelijkheden verdeelt.

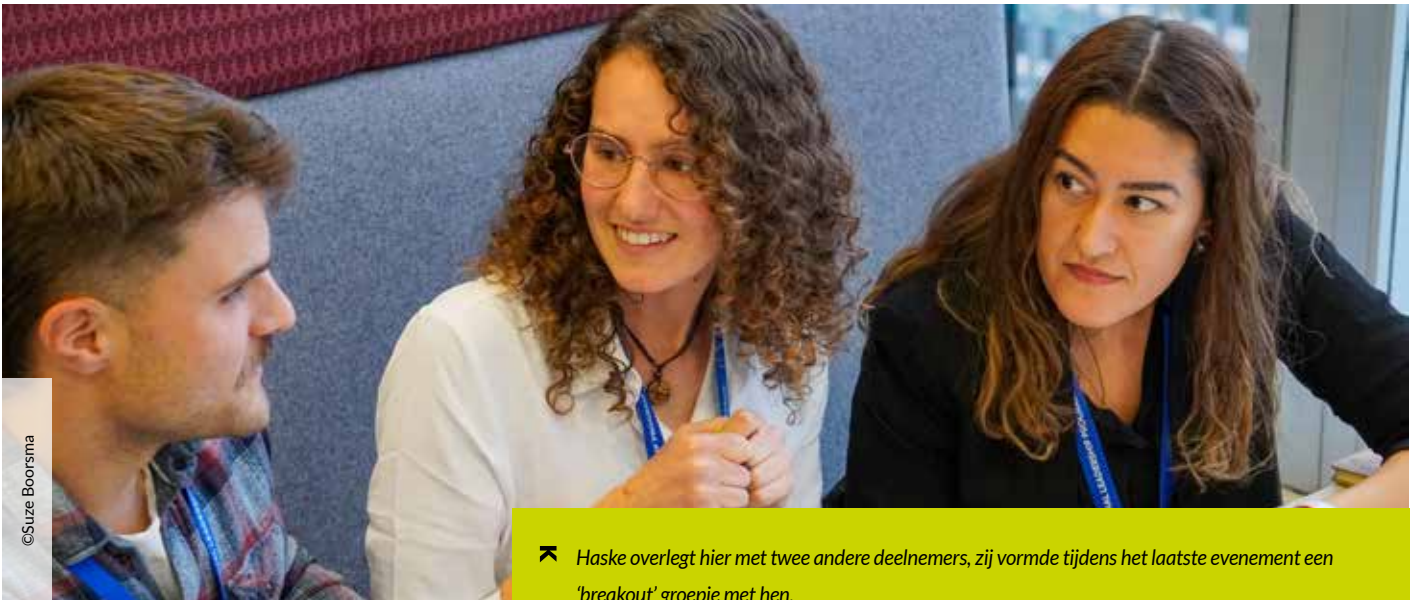
Hoe ga je de verkregen kennis inzetten?

De meeste inzichten en tips zal ik waarschijnlijk, vrij onbewust, inzetten in de kleine dingen en tijdens gesprekken. Ik heb iets meer aandacht voor de persoon tijdens werk gerelateerde communicatie. Vooral in e-mails zet ik vaak een extra zinnetje zoals: ik hoop dat alles goed met je gaat.

Sem Leftin werkt als ingenieur bij FIELD-LAB

Wat is je achtergrond?

Ik heb een scheikundige achtergrond en werk in een laboratoriumomgeving. Mijn werk vraagt niet alleen om technische expertise, maar ook om goede communicatie en samenwerking.



©Suze Boorsma

➤ *Haske overlegt hier met twee andere deelnemers, zij vormde tijdens het laatste evenement een 'breakout' groepje met hen.*

Hoe kwam je in aanraking met het persoonlijk leiderschapsprogramma?

Via trainees die betrokken waren bij de organisatie. Het werd me aangeraden via mond-tot-mondreclame, en hun enthousiasme maakte me nieuwsgierig.

Waarom wilde je deelnemen aan het programma?

Ik wilde mijn persoonlijke leiderschapsvaardigheden verder ontwikkelen. De sessies tot nu toe hebben zich vooral gericht op communicatieve vaardigheden, en dat is iets wat in elke werkomgeving en in het dagelijks leven van grote waarde is.

Wat waren je verwachtingen en voldoet het programma daaraan?

Ik hoopte praktische handvatten te krijgen voor thema's zoals communicatie, conflictmanagement en teamwork. Tot nu toe heeft het programma zeker aan mijn verwachtingen voldaan. Ik kijk zelfs al uit naar de volgende editie!

Hoe ga je de opgedane kennis toepassen in je werk?

De inzichten die ik heb opgedaan helpen me bij het effectief communiceren van

resultaten en ideeën. Daarnaast verwacht ik veel te kunnen groeien op het gebied van conflictmanagement, wat essentieel is in een professionele omgeving.

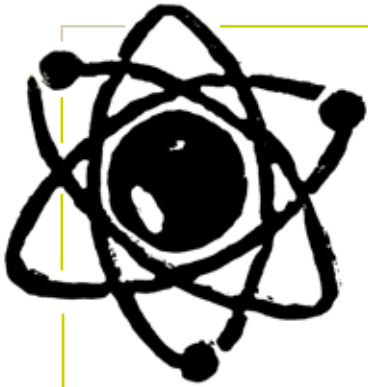
Heb je nog andere trainingen op het oog die hierop aansluiten?

Op dit moment niet, maar ik hoop dat de training over communicatie en vertrouwen ook op mijn afdeling gegeven kan worden. Die sessie was ontzettend inspirerend en zou de samenwerking binnen ons team zeker verder versterken. **K**

➤ *Sem staat hier naast een van de trainers tijdens onze eerste themadag 'Present like a pro', hij staat op het punt om de presentatie te geven of heeft deze net afgerond.*



©Jolanda Fisser



Nucleaire Notities

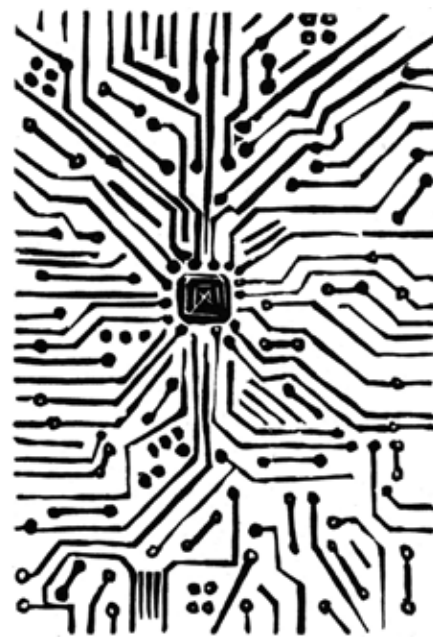
André Versteegh, de voorzitter van de Stichting KernVisie, maakte mij er onlangs op attent dat een veelgebruikte nucleaire techniek het bestralen is van silicium (Si) voor Si-doping van wafers voor halfgeleiders. Zo kwam ik erachter dat groene energie en nucleaire technologie hand in hand gaan.

Een wereld zonder elektronica is tegenwoordig ondenkbaar. De dag begint met de wekker die afgaat, het checken van appjes of e-mail op je smartphone en het opstarten van je computer of laptop. De auto waarmee je naar het werk rijdt, bevat honderden chips en bijna alle fietsen zijn voorzien van een accu. De ontwikkeling van elektronische systemen gaat steeds verder en ook de digitalisering gaat met grote sprongen. Of het nu gaat om communicatie, transport, beveiliging of gezondheidszorg, alles vraagt om elektriciteit. In een wereld die steeds meer afhankelijk wordt van elektronica en informatietechnologie is een belangrijke rol weggelegd voor halfgeleiders.

Vanwege hun vermogen om de stroom van elektriciteit te regelen, zijn halfgeleiders een belangrijk onderdeel bij de productie van elektronische apparaten. Ze zijn dan ook een integraal onderdeel van digitale apparatuur, van computers tot huishoudelijke apparaten en van apparatuur voor het maken van diagnoses tot militaire systemen. Ook worden ze gebruikt in de fotovoltaïsche technologie, waarbij ze in zonnepanelen ervoor zorgen dat het zonlicht kan worden omgezet in elektriciteit. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een zogeheten wafer, ook wel een plak of substraat genoemd. Dit is een heel dun plakje halfgeleider, zoals kristallijn silicium (c-Si). Natuurlijke halfgeleiders, zoals zuiver silicium, hebben echter niet voldoende elektrische eigenschappen voor gebruik

in moderne elektronische apparaten. Om hun vermogen om elektriciteit te geleiden te vergroten, wordt een dopingproces gebruikt.

Doping is een techniek waarbij bewust een kleine hoeveelheid onzuiverheid aan een materiaal wordt toegevoegd om de eigenschappen ervan te verbeteren



voor specifieke doeleinden. Doping kan op verschillende manieren, waarvan diffusie en ioneninjectie de twee meest voorkomende dopingprocedures zijn. Maar doping kan ook door bestraling in een reactor; dit proces wordt Neutron Transmutation Doping (NTD) genoemd. Bij NTD wordt zeer zuiver silicium bestraald in een thermische neutronenflux. Gedurende dit proces reageren thermische neutronen, die

afkomstig zijn van het splijten van uranium, met de siliciumatomen, waardoor sommige van die atomen veranderen in fosfor. Dit zorgt ervoor dat de weerstand van het siliciumkristal afneemt en de wafer beter elektriciteit kan geleiden. NTD wordt dan ook gebruikt wanneer een hoge mate van precisie en uniformiteit in de verdeling van het doteringsmateriaal (fosfor) is vereist. Het zorgt voor betere en betrouwbaardere prestaties in alle elektronische apparaten, maar is vooral van cruciaal belang voor apparaten met een hoog vermogen en zeer hoge vermogens. Het wordt bijvoorbeeld gebruikt in halfgeleider-elementen die moeten functioneren onder extreme omstandigheden, zoals in de ruimte. De verwachting is dat de vraag naar halfgeleiders met hoog vermogen in de toekomst alleen maar groter zal worden. Dit heeft zeker ook te maken met de groeiende vraag naar 'groene energietechnologieën', zoals elektriciteitsopwekking door windmolens en zonnecellen en het gebruik van hybride en elektrische voertuigen. Maar ook de eerdergenoemde afhankelijkheid van elektronica en informatiesystemen zal wereldwijd alleen maar toenemen. Dan is het goed om te weten dat er iets als Neutron Transmutation Doping bestaat, dat ons kan helpen in onze transitie naar een groene, geëlektrificeerde maatschappij. **K**

Sarala Jelgersma



China zet in op uranium uit zee

Uranium komt overal ter wereld voor, ook in de zee. De concentratie is ontzettend laag: 0,003 milligram uranium per liter. Maar de zee bevat ontzettend veel water. Zouden we voor een redelijke prijs uranium uit het zeewater kunnen filteren, dan zou de bekende economisch winbare voorraad van het metaal in een klap duizendmaal zo groot worden en stijgen naar circa 4 miljard ton.

Japan was lang leidend in het onderzoek naar extractie van uranium uit zeewater, maar worden nu snel ingehaald door China. Vorig jaar verscheen er een artikel in *Chemical Engineering Journal* (Vol. 495, 1 september 2024). Onderzoekers uit Qindao meldden een organisch materiaal ontwikkeld te hebben dat uranium aan zich bindt. Ook bond het liever uranium dan vanadium, en dat was goed nieuws, want zeewater bevat ook vanadium, en dat is chemisch lastig van elkaar te scheiden.

In *Nature Communications* (Vol. 16, 10 maart 2025) stond vorige maand een onderzoek naar zgn. metal-organic frameworks door een onderzoeksgroep van de universiteit van Lanzhou. Deze materialen zijn ook goed in het binden van uranium en blijken nog veel beter te zijn in het scheiden van vanadium en uranium.

En dat zijn maar twee artikelen, om te illustreren dat het Chinese onderzoek resultaten begint af te werpen. China gebruikte in 2024 ongeveer 15.000 ton uranium, en moest het meeste importeren. Het IAEA denkt dat China in 2040 jaarlijks zo'n 40.000 ton nodig heeft, door de uitbouw van hun kernenergieprogramma. Het is dus van strategisch belang voor de Chinezen om minder afhankelijk te worden van het buitenland, wat uranium betreft.

Het staatsbedrijf CNNC (China National Nuclear Company) heeft daarom in 2019 al met 14 onderzoeksinstituten een alliantie gevormd, met als doel de extractie van uranium uit zeewater. Zij wilden dit jaar al net zo ver zijn als Japan: een kilo uranium uit de zee filteren. In 2035 moeten dat tonnen uranium zijn, en in 2050 willen ze een belangrijk deel van hun eigen gebruik uit zee halen.

Of het hen zal lukken? U mag het zeggen. Minder afhankelijk van andere landen worden is een kwestie van doelmatig en hard werken, op veel fronten, maar niet al het onderzoek leidt tot succes.

Wel is energie een belangrijke basisbehoefte, waarmee je liever niet gechanteerd wilt worden. Het kan helpen om als overheid een ambitieus programma neer te zetten en onderzoek te stimuleren.

Wat denkt u? Zou Nederland (Europa) dat ook moeten doen? **K**

Lars Roobol

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

JK

TURBO-beurs: onderzoek naar combinatie- behandeling met radio-embolisatie

Primaire levertumoren behoren tot de meest voorkomende kankers wereldwijd. Helaas komt slechts 10 tot 20 procent van de patiënten in aanmerking voor een curatieve behandeling zoals chirurgie of transplantatie. Voor veel patiënten blijven alleen palliatieve behandelingen over, zoals radio-embolisatie (RE). Bij RE worden de bolletjes, waarin radioactief holmium-166 is opgenomen, in de bloedvaten richting de tumor geïnjecteerd. De bolletjes lopen in de haarvaten van de tumor vast, zodat ze lokaal heel gericht bètastraling uitzenden en daarmee de tumor behandelen. Daarnaast zenden de bolletjes ook gammastraling uit, waarmee de behandelaars via een scan kunnen controleren of de bolletjes daadwerkelijk op de juiste locatie zitten en of de behandeling effectief zal zijn. Bovendien verstoren de paramagnetische holmiumbolletjes lokaal het MRI-veld, waardoor ze ook meetbaar zijn met behulp van MRI.

Combinatietherapie

Frank Nijsen, universitair hoofddocent Radboudumc: "Wat we in de afgelopen jaren hebben kunnen constateren, en wat ook blijkt uit grote studies (randomized controlled studies), is dat RE niet direct de doorbraak veroorzaakte waarop iedereen hoopte. Individueel hadden sommige patiënten zeker veel baat bij de behandeling, maar uiteindelijk werden

K *Het TURBO-team van het Radboudumc met van links naar rechts Ilse Spenkelink, Joey Roosen en Frank Nijsen*

Een onderzoeksteam van de Universiteit Twente en het Radboudumc heeft een TURBO-subsidie van 80.000 euro ontvangen voor hun project: **Combining bubbles and spheres to optimize liver cancer treatment**. De wetenschappers onderzoeken of een nieuwe combinatiebehandeling met radioactieve holmiumbolletjes en microbelletjes nieuwe mogelijkheden biedt voor het verbeteren van de effectiviteit van de bestaande radio-embolisatie. De eerste pilot met patiënten start in de loop van dit jaar.

©Radboudumc



©TechMed Centre, Universiteit Twente

➤ *Voordat de pilot van start kan gaan, vindt het eerste werk in vitro plaats. Het team maakt daarbij gebruik van varkenslevers die geprepareerd bij de UT aankomen. Erik Groot Jebbink en Jan van der Hoek, promovendus Universiteit Twente (op de voorgrond) monitoren continu de status van de lever.*

vergelijkbare resultaten behaald als met chemotherapie.” Wat wel uit studies bleek, was dat een hogere dosis veel effect sorteerde, met resultaten van 11 maanden overleving naar 27 maanden. De verhoging van de doses was mogelijk omdat de behandelaars steeds meer activiteit in de tumor kregen, waardoor enerzijds de therapie effectiever werd en anderzijds de bijwerkingen beperkt bleven. Nijsen: “Toen zijn er twee dingen gebeurd. De doses werden zoveel mogelijk verhoogd op de tumoren en er kwam een ontwikkeling van combinatietherapieën op gang.” Denk daarbij aan RE in combinatie met chemotherapie en immunotherapie. “Zo werden ook de combinatietherapieën in de lever zelf steeds belangrijker.” Een nieuwe combinatietherapie, die in de VS al geruime tijd in ontwikkeling is, is de combinatie van microbolletjes met radioactief yttrium en microbelletjes. Shannen Ubbink is als onderzoeker betrokken bij het TURBO-project en spin in het web binnen het onderzoeksteam: “Belletjes en bolletjes zijn twee geheel van elkaar verschillende structuren. Bij microbolletjes is de basis een medische radio-isotoop zoals

holmium-166 of yttrium-90, die in een polymeer- of glasbolletje is opgenomen. Microbellen bestaan uit een gaskern met een omhulsel van eiwitten, lipiden of polymeren.” Het onderzoek in Nederland richt zich op de nieuwe combinatie van microbolletjes met holmium en microbelletjes. Ubbink: “Wij maken gebruik van SonoVue-microbellen. Dit zijn belletjes met een fosfolipidomhulsel.”

TechMed Centre en MITeC-faciliteiten

Nijsen is al jaren betrokken bij de ontwikkeling en het beschikbaar maken voor therapeutische doeleinden van holmium-microbollen, waarmee hij al als student in 1994 in aanraking kwam. “In 2009 werden hiermee de eerste patiënten geholpen.” In 2013 hielp hij met de opzet van de spin-off Quirem Medical voor het in productie nemen van de microbollen. “In 2015 volgde de CE-markering, wat de beschikbaarheid van de microbollen aan ziekenhuizen mogelijk maakte.” Nijsen, die zoals hij zelf zegt altijd met ‘een been in de wetenschap is gebleven’, stapte in

2017 over van het UMC Utrecht naar het Radboudumc. “Dat heb ik voornamelijk gedaan omdat ik de techniek van radio-embolisatie onder beeldvorming wilde gaan doen en daar gaf Radboudumc de mogelijkheid voor.” Radboudumc beschikt over de zogenaamde MITeC-faciliteit, die bestaat uit twee operatiekamers die onderling verbonden zijn via een MRI-ruimte. MITeC staat voor Medical Innovation and Technology expert Center en brengt onderzoekers, chirurgen, technici en andere medische experts samen. De MITeC-faciliteiten zijn voor het lopende TURBO-project heel belangrijk, omdat hier de innovatieve minimaal invasieve procedure kan worden beoordeeld op doeltreffendheid, efficiëntie, veiligheid en haalbaarheid. Erik Groot Jebbink, technisch geneeskundige en universitair docent Universiteit Twente, ontmoette Nijsen in 2020: “Vanaf dat moment ging het balletje met plannen voor een combinatietherapie eigenlijk al rollen.” Hij zag ook direct de kansen voor het ontwikkelen van een nieuwe therapie door met het Radboudumc te gaan ➤

samenwerken. Groot Jebbink: “Op het TechMed Centre van de UT, waar ook MRI/ hybride OK-faciliteiten beschikbaar zijn, ligt de focus op technologieontwikkeling. In het MITeC kunnen patiënten daadwerkelijk met röntgenstraling en met MRI behandeld worden; dat kan bij ons niet.”

Microbellen als contrastmiddel

Wat maakt nu de combinatie van microbolletjes en -belletjes zo interessant? In de afgelopen tien jaar is er aanzienlijke vooruitgang geboekt in de ontwikkeling van microbellen als theranostica voor een breed scala aan medische toepassingen. De microbellen reageren op ultrageluid en dat maakt ze bruikbaar voor contrasterende ultrasonische beeldvorming, moleculaire beeldvorming en gerichte toediening van geneesmiddelen. Ubbink: “De inzet van microbellen is vergelijkbaar met contrastmiddelen die beschikbaar zijn

voor MRI en CT. Microbellen worden als contrastmiddel ingezet bij de beeldvorming van bloedvaten bij gebruik van ultrasound.” De bellen zijn 3 tot 10 micrometer in diameter en de holmiumbollen 30 micrometer. Nijsen: “De microbollen lopen vast in de kleinere bloedvaten en haarvaten van de tumor om daar hun straling af te geven, en de microbellen lopen niet vast, maar dienen ertoe om het stromen van het bloed in beeld te brengen.”

Een betere respons op holmiumbolletjes

Groot Jebbink: “In de pilot richten we ons op twee toepassingen van de microbellen. We willen kijken of we de positie van de katheter, die we voor de RE inzetten, kunnen optimaliseren door eerst te zien hoeveel bolletjes er daadwerkelijk in de tumor aankomen. Als de optimale positie is vastgesteld, kunnen aansluitend de radioactieve microbolletjes worden

toegediend. De tweede toepassing is dat met behulp van ultrasound de druk in de bolletjes heel plaatselijk kan worden verhoogd, waardoor de bolletjes knappen. Hierdoor ontstaan er kleine ‘jets’ in het bloed die de vaatwanden op celniveau in de tumorregio kunnen prikkelen. Er is inmiddels klinisch bewijs dat deze prikkeling leidt tot een betere respons op de behandeling met de radioactieve bolletjes. “Waarom de prikkeling van de wanden een positief effect heeft op de behandeling van tumoren is nog niet helemaal duidelijk”, aldus Nijsen. “Misschien heeft het iets te maken met hoe het immuunsysteem op de prikkeling reageert.”

Varkenslevers

Voordat de pilot met mogelijk 6 tot 10 patiënten van start kan gaan, vindt het eerste werk op de UT in vitro plaats. Groot Jebbink: “Het onderzoek binnen deze Fase I richt zich nu vooral op hoe de holmiumbolletjes reageren op de bolletjes.

➤ *De lever heeft een dubbele bloedvoorziening, dus zorgt het team ervoor dat dit bij de slachthuislevers tijdens het onderzoek hier in het TechMed centre ook het geval is. Daarnaast is het belangrijk dat het varkensbloed de juiste druk heeft en dat de lever van zuurstof en voeding wordt voorzien.*



We willen niet dat wanneer de belletjes knappen, de microbollen beschadigen. Als dat veilig kan, kan het ook veilig in de patiënt.” Hiervoor maakt het team gebruik van varkenslevers die van het slachthuis afkomstig zijn, en op ijs gekoeld en geprepareerd met antistollingsmiddelen bij de UT aankomen. Ubbink: “Het is veel werk. De lever heeft een dubbele bloedvoorziening, dus we zorgen ervoor dat dit bij de slachthuislevers ook het geval is. Daarnaast zorgen we ervoor dat het varkensbloed de juiste druk heeft en van zuurstof en voeding voor de lever wordt voorzien. Ook tijdens het toedienen van de microbellen en -bollen monitoren we continu de status van de lever.” Groot Jebbink: “Microbellen zijn goedgekeurd om via een ader in de spuiten. Wat wij gaan doen is ze via een katheter in een slagader spuiten. Wij gaan dus buiten de bijsluiters om iets te doen en dat vereist veel voorbereiding en veiligheidsanalyses om aan te tonen dat de nieuwe toepassing veilig is voor patiënten.” Rond de zomer hopen Nijsen en Groot Jebbink de goedkeuring te krijgen om fase II van de pilot te starten, die zal zijn gericht op het aantonen van de effectiviteit van de combinatietherapie in patiënten. Dit klinische deel zal in het Radboudumc plaatsvinden.

Bereidwilligheid

Op de vraag of patiënten wel mee willen werken aan pilots in een moeilijke fase van hun leven, antwoordt Nijsen dat de bereidheid van mensen altijd groot



©Arthur Veugelers / TechMed Centre

➤ Erik Groot Jebbink is technisch geneeskundige en universitair docent Universiteit Twente. Shannen Ubbink is als onderzoeker betrokken bij het TURBO-project en is spin in het web binnen het onderzoeksteam voor het TechMed Centre van de UT.

is. “Er zijn altijd mensen die mee willen doen. Sommigen hebben als motivering dat ze een bijdrage aan de wetenschap willen leveren of toekomstige patiënten willen helpen. “Maar we vertellen ze ook dat uit eerdere studies is gebleken dat patiënten die met hogere stralingsdoses worden behandeld mogelijk meer voordeel kunnen hebben.” Volgens Nijsen is er een tendens waarneembaar die laat zien dat langzaam toediening met holmium-microbollen als palliatieve behandeling verschuift naar een meer curatieve behandeling. Nijsen is daarbij een groot voorstander van combinatietherapieën.

“Ik voorzie dat we met de combinatieaanpak van therapieën van kanker in de toekomst een chronische ziekte kunnen maken.” De uitvoering van de complete pilot neemt ongeveer 1,5 jaar in beslag, voordat deze is afgerond. De uitkomsten van het veiligheidsdeel waar Ubbink vooral mee bezig is, worden eind dit jaar verwacht. Over het deel over de katheterpositie en optimalisatie zal in de loop der jaren worden gepubliceerd. Publicaties over de klinische studies zullen mogelijk nog wat langer op zich laten wachten. **K**

Menno Jelgersma

TURBO-beurs

TURBO is een belangrijk initiatief binnen het recent gelanceerde HealthTech Nexus-strategisch partnerschap tussen Radboudumc en de Universiteit Twente. Het Twente University Radboudumc Opportunities (TURBO)-programma is een initiatief van de UT om de samenwerking met ziekenhuizen op te starten en de verbinding aan te gaan met de kliniek om de ontwikkelingen sneller te laten verlopen. Vier interdisciplinaire onderzoeksteams, bestaande uit experts van zowel Radboudumc als UT, ontvingen in totaal €320.000 (€80.000 per project) om hun werk te bevorderen. Een selectiecommissie waarin mensen van zowel Universiteit Twente als Radboudumc participeren, beoordeelt de onderzoeksvoorstellen die er jaarlijks worden aangemeld en kiest er vervolgens vier kansrijke medisch-technische projecten uit. Een daarvan was Combining bubbles and spheres to optimize liver cancer treatment. Nijsen is naast zijn aanstelling bij Radboudumc ook wetenschappelijk adviseur van Quirem Medical/Terumo.



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

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

Het Magazine wordt verstuurd aan begunstigers van de Stichting, leden van NNS en KIVI-Kerntechniek waarvan de gegevens die nodig zijn voor verzending bij de stichting bekend zijn en aan andere belanghebbenden. Daarnaast verzorgen vertegenwoordigers van de stichting lezingen en gastcolleges. De Stichting streeft ernaar om de informatie over kerntechnologie toegankelijk en aantrekkelijk te maken voor haar KernVisie-lezers en bezoekers van hun website.

Leden van de NNS en KIVI-Kerntechniek kunnen zich, met vermelding van NNS resp. KIVI-KE en lidmaatschapsnummer, voor het magazine aan- of afmelden via het contactformulier op de website.

*** Wilt u zich aanmelden als begunstiger van Stichting KernVisie?**

Geef ook daarvoor uw gegevens door via het contactformulier op de website.

De bijdrage is minimaal €25,- per jaar (studenten €10,-) over te maken naar het banknummer NL19 INGB 0006 8513 70 ten name van KernVisie, Foundation for Nuclear Energy te Huissen.

