

KERNVISIE MAGAZINE

**➤ PALLAS KIEST
INVAP-TBI**

**➤ COVRA PRESENTEERT
OPERA**

➤ FUNCTIEWISSELING RID

**MET DE ANVS OP
INSPECTIE BIJ DE HFR**

COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

JAARGANG 13, NUMMER 1, FEBRUARI 2017

KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEMAANDELIJKS

OPLAGE 2200 EX

ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE

StudioHusken.nl, Den Helder

BESTUUR STICHTING KERNVISIE

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter

Ir. G.H. Boersma, secretaris

Ir. E.W. Schuurung, penningmeester

J.D. Bruin

Ing. W. Hiddink

Drs. J.J. de Jong

Ir. J.C.L. van Cappelle

Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld

Ir. G.C. van Uitert

REDACTIE KERNVISIE

Ir. G.H. Boersma

M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

I. van Kessel (Irene van Kessel Fotografie)

REDACTIE ADRES

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen

Telefoon 026-2130214

E-mail: kernvisie@kernvisie.com

Internet: www.kernvisie.com

Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70,

t.n.v. Kernvisie, Foundation for Nuclear Energy te
Zwijndrecht.

OP DE COVER

Patrick Arends en Ronald Schipper

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.



De nucleaire sector is een van de veiligste en meest gecontroleerde sectoren ter wereld. In Nederland ligt de verantwoordelijkheid voor vergunningverlening en inspecties van nucleaire installaties bij de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). De nucleaire sector in Nederland is veel groter en diverser dan de meeste mensen denken en dat geeft de ANVS dan ook flink wat om handen. Enerzijds zijn er de reguliere inspecties van bestaande installaties en anderzijds de vele initiatieven op het gebied van het realiseren en moderniseren van medische, energie- en onderzoeksinstallaties. Onafhankelijkheid en transparantie ziet de Autoriteit als belangrijke waarden. Vanuit die visie mocht KernVisie meekijken tijdens een reguliere inspectie bij de hoge flux reactor (HFR) van NRG in Petten. Ook is de ANVS is nauw betrokken bij de ontwikkeling van het project OYSTER bij de TU Delft waar onlangs het hoogste punt van het koelgebouw werd gevierd en de voorbereidingen voor de bouw van de opvolger van de HFR: de PALLAS-reactor, die een nieuwe fase ingaat. De Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor heeft het Argentijns-Nederlandse bedrijf ICHOS uitgekozen voor ontwerp en bouw van de 'state-of-the-art' PALLAS-reactor. Bij ontwerpen op de lange termijn komen de sector en de toezichthouder elkaar ook tegen. COVRA organiseerde een bijeenkomst om de uitkomsten van OPERA (Onderzoeksprogramma Eindberging Radioactief Afval) officieel aan te bieden aan de opdrachtgevers EPZ en jawel: de ANVS.

André Versteegh
voorzitter Stichting Kernvisie

Disclaimer: De redactie van Kernvisie Magazine heeft haar uiterste best gedaan om de rechthebbenden van alle foto's in deze uitgave te achterhalen. In enkele gevallen is dat niet gelukt. Mocht u in geval van een ommissie of een vergissing menen de rechthebbende van een foto of illustratie te zijn, gelieve contact op te nemen met de Stichting Kernvisie: info@kernvisie.com

X INHOUD

MAATSCHAPPIJ

MET DE ANVS OP INSPECTIE BIJ DE HOGE FLUX REACTOR

Voor de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) zijn onafhankelijkheid en transparantie belangrijke waarden. Vanuit die visie gaf ze een exclusief inkijkje tijdens een inspectie bij de Hoge Flux Reactor (HFR) van NRG in Petten.



MEDISCH

ISOTOOP NRG KAN WERKING CHEMO HELPEN VOORSPELLEN

NRG heeft een radioactief platina-isotoop ontwikkeld dat kan helpen om de effectiviteit van de veel toegepaste chemotherapie met cisplatina bij kankerpatiënten, of schade door dit soort behandeling, te helpen voorspellen.



ENERGIE

TU DELFT PROMOTIE VALENTINA VALORI WARMTEOVERDRACHT SUPERKRITISCHE VLOEISTOFFEN

In januari promoveerde Valentina Valori aan de TU Delft op de warmteoverdracht in superkritische vloeistoffen. Haar onderzoek kan een bijdrage leveren aan het onderzoek naar innovatieve veiligheidssystemen voor kernreactoren.



P08 COLUMN

Remco de Boer: Oude reflexen

P12 INBEELD

Voortgang bij de bouw van Hinkley Point C

P17 FUNCTIEWISSELING

Functiewisseling sluitstuk organisatie-structuur Reactor Instituut Delft

P21 PALLAS

PALLAS kiest INVAP-TBI voor ontwerp en bouw PALLAS-reactor



X **P22 MAATSCHAPPIJ**

VEILIGE ONDERGRONDSE BERGING RADIOACTIEF AFVAL

Na zeven jaar onderzoek presenteerde COVRA in januari de uitkomsten van OPERA, het Onderzoeksprogramma Eindberging Radioactief Afval. De resultaten zijn het startpunt van maatschappelijk en wetenschappelijk onderzoek naar een eindberging die uiterlijk 2130 zal worden gebouwd.



MAATSCHAPPIJ

➤ *Ronald Schipper en Patrick Arends
met de HFR op de achtergrond*

➤ MET DE ANVS OP INSPECTIE BIJ DE HOGE FLUX REACTOR

Voor de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) zijn onafhankelijkheid en transparantie belangrijke waarden. Vanuit die visie gaf ze een exclusief inkijkje tijdens een inspectie bij de Hoge Flux Reactor (HFR) van NRG in Petten, geleid door Ronald Schipper, senior-inspecteur en Patrick Arends, specialist op het gebied van stralingsbescherming.

De inspectie bij NRG in januari betrof een proactieve, reguliere inspectie die vooraf door de ANVS was voorbereid en met een inspectie-agenda was aangekondigd. De doelen van de tweedaagse inspectie waren: een indruk krijgen van de wijze waarop persoonsdosimetrie is geborgd, opvolgen van inspectiebevindingen op het gebied van ARBO/good housekeeping en bespreken van twee aan de ANVS gemelde ongeplande afwijkingen. Schipper is de vaste 'plant inspector' van de ANVS die regelmatig de HFR bezoekt. Arends is specialist op het gebied van stralingshygiëne. Hij is stralingsdeskundige (niveau-2) en sinds 2001 werkzaam bij de inspectiedienst (voorheen KFD-Kernfysische Dienst en nu ANVS).

ONTSPANNEN

Voor de inspectie plaatsvindt, hebben de inspecteurs voorbereidend werk uitgevoerd. Dat houdt in dat ze vooraf aan NRG de doelen van de inspectie en de onderwerpen van de inspectie hebben gemeld en aangegeven welke documentatie beschikbaar moet zijn,

op welke wijze ze zullen inspecteren en dat ze vooraf de van toepassing zijnde regelgeving hebben bekeken en nagedacht wat ze willen zien en bespreken met NRG. De inspectie op locatie start in een vergaderzaal met een introductie van Chris van Wijk, stralingsdeskundige HFR bij NRG. Na een kennismakingsronde van alle aanwezigen is de sfeer ontspannen. Aanwezig is een flink team, waaronder: Schipper en Arends van de ANVS, de NRG Manager Licencing Rob van der Stad en de Algemeen Coördinerend Stralingsdeskundige Folkert Draaisma van NRG. Schipper geeft een indruk van hetgeen tijdens de komende tweedaagse inspectie voorbij zal komen op basis van de inspectieagenda. Tijdens het eerste gesprek komen direct onderwerpen aan de orde die bekeken zullen worden, maar wordt ook aangekondigd dat er gesproken zal worden over de eisen die de ANVS stelt aan de inhoud van het door NRG op te stellen stralingsjaarverslag. Terwijl Schipper zich richt op het hele brede werkveld van veiligheid dat loopt

van toezicht op gehoorbescherming bij elektrische gereedschappen tot incidenten met de reactor en radioactieve stoffen, legt Arends de focus op stralingsbescherming en de persoonsdosimetrie. Dat laatste blijkt direct voordat het gezelschap de radiologische zone kan betreden waar de dosimeters worden uitgedeeld. Voor Arends is dat reden om toch even met een snelle controlevraag bij de NRG-stralingsdeskundige te checken hoe het met de voorschriften zit. "Wat is de voorgeschreven plaats om een dosimeter te dragen? Mag een dosimeter achterstevoren aan de kleding worden gehecht?"

EDELGAS

Eén van de onderwerpen is een afwijking in de gasactiviteit die enige tijd geleden in de reactorhal was geconstateerd. De verhoging van het radioactieve edelgas argon-41 werd automatisch waargenomen door gasmonitoren die op een vaste alarmwaarde staan afgesteld. De verhoging was te gering om tot overschrijding van de alarmfase te komen. Toch maakte NRG naar aanleiding hiervan een melding bij de ANVS. Om de oorzaak te achterhalen werd een speciaal team samengesteld. Schipper wil natuurlijk weten wat de vorderingen zijn. Arends is vanuit zijn professie vooral geïnteresseerd in wat de verhoging betekent voor de stralingsdosis van de mensen die in de reactorhal werken. Argon-41 heeft een relatief korte halveringstijd van 1,87 uur en ontstaat door lucht, waarin dat argongas van nature aanwezig is, te bestralen met ✕

SIGNALEN WORDEN SERIEUS GENOMEN

De inspectie bij NRG is proactief. Een andere mogelijkheid is de reactieve inspectie. De ANVS bepaalt periodiek de gewenste balans tussen de mate waarin zij hun agenda vormgeven (proactief) of deze laten leiden door incidenten en meldingen (reactief).

De ANVS krijgt ook regelmatig, al dan niet anonieme, signalen van burgers. Deze signalen worden altijd serieus bekeken en waar nodig ook onderzocht. Andersom werkt het volgens Schipper ook. Bezochte bedrijven mogen ook 'klagen' over de ANVS. Immers, ook de inspecteurs hebben zich bijvoorbeeld te houden aan gedragsregels. "Maar we kunnen ook verschillen van mening over de prioritering van onderwerpen. Dat moet bespreekbaar blijven. Het uitgangspunt is dat we allemaal onze eigen verantwoordelijkheid bepalen."

neutronen. De aanwezigheid van het argon-41 in de reactorhal is niet bijzonder omdat het altijd ontstaat doordat zich in het koelwater luchtbelletjes bevinden. Op zich is er dus niets aan de hand. Arends: "De verhoging is mogelijk het resultaat van het invoeren van 'vers' water waarin zich verhoudingsgewijs meer lucht bevindt na een reactorstop." Een andere mogelijkheid is dat extra lucht is vrijgekomen bij de waterpompen door cavitatie. Dit is een verschijnsel dat ontstaat wanneer in een turbulent bewegende vloeistof de plaatselijke druk lager wordt dan de dampdruk van de vloeistof. Normaal gesproken wordt water bij atmosferische druk pas bij honderd graden Celsius gasvormig. Bij cavitatie treedt dit op bij lagere druk, bij een lagere temperatuur. De eerdere constatering dat de verhoging geen gevaarlijke situatie oplevert, wordt tijdens de inspectie bevestigd.

OP HET DERDE BORDES

De reactor staat in een hal en is ongeveer tien meter hoog, met drie stalen omgangen eromheen. Vanaf het derde bordes is het bassin van de reactor duidelijk te zien. Arends wil weten hoe mensen die bij de reactor werkzaam zijn de stralingsniveaus

kunnen meten. "Zijn er mogelijkheden voor hen om niet alleen op de dosimeter maar ook via meetpunten op de brug over het bassin het niveau in de gaten te houden?" Dat blijkt inderdaad het geval. Tegelijkertijd wordt uitgelegd dat de bestaande brug die nu uit twee niveaus bestaat aan vervanging toe is. Er komt een brug voor in de plaats die uit een niveau zal bestaan, zodat werknemers niet hoeven 'over te stappen' en ook deze brug zal uiteraard van de nodige meetapparatuur worden voorzien. Het bassin is afgedekt met plastic, enerzijds om te voorkomen dat er iets in het water terechtkomt en anderzijds om ervoor te zorgen dat gassen uit het water gecontroleerd aan de zijanten kunnen worden afgezogen. Arends vertelt dat hij zich bij de controles zoals deze primair richt op radioactieve lozingen en de stralingsniveaus op de terreingrens. "Daarnaast bekijk ik de doses van alle werknemers en of NRG het ALARA-principe goed doorvoert. De stralingsbescherming van de werknemers is belangrijk en moet gebaseerd zijn op gedegen risicoanalyses", licht Arends toe. ALARA is het acroniem van As Low As Reasonably Achievable, ofwel: zo laag als redelijkerwijze haalbaar is. Het principe is een beginsel uit de

stralingsbescherming dat inhoudt dat bestraling en besmetting van mensen, dieren, planten en goederen zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, wordt beperkt. Middelen die daaraan bijdragen zijn: het gebruik van afscherming, het beperken van de tijd doorgebracht in de nabijheid van een bron van straling, het zo veel mogelijk afstand houden van de bron van straling en het gebruik van een bron met zo laag mogelijke activiteit.

MANAGEMENT OF CHANGE

De huidige inspectie is complex volgens Arends: "Als inspecteur richt ik mij onder meer op de lozingen op het terrein. Gezien de grote hoeveelheid installaties is dat zeker een complexe opgave." Arends bezoekt NRG als specialist vier keer per jaar waarbij hij bij alle nucleaire installaties komt. "Binnen de ANVS ben ik primair voor dit onderdeel de verantwoordelijke inspecteur." Vanwege de vele stralingsbronnen en toepassingen bij NRG constateert hij regelmatig afwijkingen. "Het kan om zo'n verhoogde gasactiviteit gaan maar er kan ook sprake zijn van verhoogde stralingsniveaus door storingen of fouten in de bedrijfsvoering." Bedrijven moeten volgens hem zelf onderzoek doen naar afwijking of incident, zelf herstelwerkzaamheden uitvoeren waar mogelijk en aansluitend de resultaten rapporteren. "Veranderingen aan de installaties moeten bedrijven vooraf melden bij de ANVS. Het 'management of change' is voor het bedrijf. Wij doen de inspecties."

DIALOOG

De inspecties van Schipper zijn gericht op een breed scala aan onderwerpen. De nucleaire bedrijfsvoering van de reactor en het onderhoud van de reactor worden regelmatig gecontroleerd, maar ook het testen en uitvoeren van nieuwe bestralingen en experimenten in de reactor, de implementatie van noodzakelijke veiligheidsverbeteringen, de opvolging van ongewone gebeurtenissen

REGELKAMER

In de regelkamer krijgt KernVisie een toelichting over de eigenschappen en de werking van de HFR, de opbouw van de 'pools', de inhoud van de kern met 33 splijtstofelementen en zes regelstaven, het gescheiden koelsysteem dat ervoor moet zorgen dat de 45 MW-thermische reactor met water voor het secundair koelsysteem uit het Noord-Hollandskanaal zijn warmte kwijt kan in de Noordzee. De HFR kent een reactorcyclus van 31 dagen, waarna de kern ten dele van nieuwe splijtstof wordt voorzien zodat de HFR zijn productie van radio-isotopen en experimenten kan continueren. Voornamelijk wordt de HFR gebruikt voor de productie van medische isotopen die onmisbaar zijn bij het opsporen en bestrijden van kanker. Dagelijks worden maar liefst dertigduizend mensen met medische isotopen uit Petten behandeld. De vraag hiernaar zal de komende twintig jaar ook nog eens toenemen, terwijl het aanbod afneemt. De nucleaire branche staat daarom in de komende jaren voor grote uitdagingen, waaronder de nieuwbouw van de onderzoeksreactor Pallas in Petten die de HFR gaat vervangen. Hiervoor ontwikkelt de ANVS nieuwe beveiliging- en veiligheidseisen en nieuwe regelgeving.



➤ Ronald Schipper (ANVS) in gesprek met operators van NRG in de regelkamer van de HFR

© NRG

SAFETY, SECURITY EN SAFEGUARDS

De nucleaire sector is zo'n beetje de meest gecontroleerde sector die er is. Die controle is in handen van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) die regels opstelt, vergunningen verleent en toeziet op de naleving daarvan en handhavend optreedt waar nodig. De ANVS houdt samen met andere rijksinspecties, zoals ISZW (Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid), IGZ (Inspectie Gezondheidszorg) en SodM (Staattoezicht op de Mijnen), toezicht op de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming in Nederland. Inspecties van nucleaire installaties zijn daarvan een onderdeel. Sinds 1 augustus 2017 is de organisatie een zelfstandig bestuursorgaan (zbo), een onafhankelijke autoriteit voor de nucleaire veiligheid waarin de belangen van Safety, Security en Safeguards zijn samengebracht. De nucleaire sector is een dynamisch werkveld dat continu aan verandering onderhevig is. Het kent daardoor niet alleen de bestaande risico's, maar ook veranderende omstandigheden en nieuwe risico's. Het toezicht van de ANVS is risicogestuurd waarbij veiligheid altijd het leidende principe vormt. De ANVS maakt een bewuste afweging of inspecties aangekondigd worden of niet. Complexere onderzoeken worden meestal aangekondigd uitgevoerd zodat de efficiëntie van het bezoek hoog kan zijn. Echter als er bijvoorbeeld een vermoeden bestaat dat de aankondiging zou kunnen leiden tot beïnvloeding van het onderzoek dan kan er gekozen worden voor een onaangekondigd onderzoek.

en incidenten, de organisatie en veiligheidscultuur van de NRG en ga zo maar door. Ook conventionele veiligheid wordt regelmatig geïnspecteerd in samenwerking met de Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Tijdens de rondgang in de hoge montagehal en de

lage montagehal controleert Schipper of NRG de punten uit de vorige inspectie op conventionele veiligheid heeft opgepakt. Schipper geeft aan dat hij op al deze aspecten moet controleren. De kernenergievergunning van NRG is namelijk een integrale inrichtingsvergunning

waarin, naast voorschriften op het gebied van nucleaire veiligheid en stralingsveiligheid, ook voorschriften zijn opgenomen die gaan over conventionele (milieu)veiligheid, zoals voorschriften voor geluid, bodemvervuiling, opslag van gevaarlijke stoffen en dergelijke. **K**

WISSELING VAN DE WACHT

Een definitie van de column kan je eigenlijk niet geven. Er gelden nauwelijks beperkingen voor wat het onderwerp van een column kan zijn en de onderwerpen kunnen van persoonlijke aard zijn of betrekking hebben op wereldpolitiek. Kernvisie Magazine kent de vaste columnist en we proberen altijd extra bijdragen te krijgen om de lezers te prikkelen, te activeren, te verbazen of gewoon te vermaken.

Na zes jaar onafgebroken columns schrijven voor Kernvisie Magazine heeft onze vaste columnist Alike van Heek helaas afscheid van de redactie genomen. Dat was volgens haar niet omdat de inspiratie op was, maar vanwege een nieuwe baan die ze heeft aangenomen bij de IAEA in Wenen. Gelukkig heeft de redactie een goede vervanger gevonden in Remco de Boer, die vanaf dit eerste nummer voor 2018 als vaste columnist bijdragen voor *Kernvisie Magazine* gaat schrijven. Remco is onderzoeker, publicist en interviewer. Hij adviseert, schrijft en spreekt over de energietransitie, onder meer bij BNR Nieuwsradio, energienieuwsdienst Energiea en *Het Financieel Dagblad*. Wij kennen hem al omdat hij al bijdragen leverde voor Kernvisie Magazine en daarnaast op verzoek van de Stichting KernVisie de dagvoorzitter was tijdens het internationale symposium The Nuclear Elephant in 2017. We zien uit naar de columns van Remco en wensen Alike veel geluk bij haar nieuwe baan in Wenen! **K**

Gerrit Boersma,
hoofdredacteur Kernvisie Magazine

COLUMN



OUDE REFLEXEN

Een kort zinnetje was het, en de man die het uitsprak was Eric Wiebes. De minister van Economische Zaken en Klimaat zei in december in de Tweede Kamer: "De thorium-reactor is er ook nog niet, maar hij komt wel." Wiebes, die zichzelf kort daarvoor 'een optimist' had genoemd, bleek niet afkerig van kernenergie. Tot ophef leidde dat niet.

Die was er ook niet in januari, toen er één nieuws over de PALLAS-reactor was

én de notitie van de adviesgroep OPERA over de eindberging van radioactief afval het daglicht zag. Ook is er in de Pettense duinen nog altijd geen menselijke protestketen tegen de gesmolten-zoutproeven bij NRG gesignaleerd.

Nee, Nederland heeft wel wat anders aan z'n hoofd: Groningen. Het drama dat zich daar voltrekt, staat met stip bovenaan de politieke agenda. De aardbevingen drukken ons met de neus op het feit dat alle energievormen ook nadelen hebben; nadelen die soms pas veel later duidelijk worden.

Aardgas was decennialang top. Niet top was kernenergie. Dante's hel was er niks bij. Nog in 2005 schaarde stichting Natuur & Milieu zich achter de bouw van nieuwe kolencentrales – 'schone' centrales met afvang en opslag van CO₂ (CCS). Alles beter dan een nieuwe reactor, was het idee. CCS kwam er niet, de centrales wel.

Duitsland, dat in de strijd tegen klimaatverandering liever bruin- en steenkool verstoekt dan z'n kerncentrales openhoudt, stelt nu vast dat de uitstoot van broeikasgassen niet of nauwelijks verder daalt. Dan doet Groot-Brittannië het slimmer. Met hun kolen-exit en een mix van aardgas, nucleair en hernieuwbaar zijn de Britten klimaattechnisch lekker bezig.

Hoewel het lot van kernenergie in de energiemix nog altijd zeer onzeker is, staat één ding vast: met klimaatverandering als hét probleem van de eeuw zullen de oude anti-kernenergiereflexen langzaam maar zeker plaatsmaken voor een inhoudelijk debat over de voor- en nadelen van alle energievormen. Alleen dat is al winst **K**

Remco de Boer

Ir. Remco de Boer is onderzoeker, publicist en interviewer. Hij adviseert, schrijft en spreekt over de energietransitie, onder meer bij BNR Nieuwsradio en energienieuwsdienst Energiea. De Boer is sinds 2012 columnist bij Delft Integraal, het wetenschappelijke magazine van de TU Delft. In 2015 verscheen zijn boek 'Tussen hoogmoed en hysterie', een reconstructie van de strijd tegen schaliegas in Nederland.

HOOGSTE PUNT CNS-KOELGEBOUW BIJ RID

Op dinsdag 23 januari vierde het Reactor Instituut Delft (RID) het hoogste punt van het Cold Neutron Source (CNS)-koelgebouw. College van Bestuur-voorzitter Tim van der Hagen, directeur RID Bert Wolterbeek, general manager Rik Linssen en projectmanager OYSTER Ron Goetjaer gingen in duo's met een hoogwerker naar het hoogste punt om de stekeinden ter hoogte van de tweede verdiepingsvloer aan te draaien. Met de realisatie van het CNS-koelgebouw wordt een volgende belangrijke stap gezet in het aanpassen van de onderzoeksinfrastructuur van het RID binnen het OYSTER-programma.

De stekeinden die werden aangedraaid, maken deel uit van de wapening van het gebouw en vormen een belangrijk onderdeel van de constructie. Een stekeind is een wapeningsstaaf die uit het beton steekt om later met het daarop aansluitende constructieonderdeel

een goede verbinding te krijgen. Het gezamenlijk aandraaien was volgens Linssen belangrijk om te laten zien dat het bij de uitvoering van een groot project zoals OYSTER om teamwork gaat. Bij de gelegenheid waren volgens hem ongeveer 25 stakeholders aanwezig, waaronder

Van links naar rechts: Martijn Muilwijk (Strukton), Tim van der Hagen, Rik Linssen, Bert Wolterbeek, Ron Goetjaer en Hans Dijkhuizen (Strukton)

mensen van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS), vertegenwoordigers van Nucleair Nederland en de onderaannemers.

STERLING CRYOGENERATOREN

Afgelopen oktober gingen de eerste heipalen voor het koelgebouw de grond in. Het CNS-gebouw maakt deel uit van het OYSTER-project en staat geheel los van de reactor en betreft een niet-nucleair onderdeel. Hierdoor was het mogelijk om hiervoor een KEW (Kernenergiewet) vergunning aan te vragen en met de bouw te starten vóór de vergunning voor het nucleaire gedeelte zal worden aangevraagd. Binnen het OYSTER-project wordt een koude bron direct naast de kern



➤ *Zicht op de bouwwerkzaamheden van het CNS-koelgebouw*

in de reactor geplaatst. De extreme kou van deze bron van minus tweehonderdvijftig graden Celsius zorgt ervoor dat de eigenschappen van de neutronen zodanig veranderen dat ze beter zijn te manipuleren en veel gevoeliger metingen mogelijk maken. In het CNS-gebouw komen Sterling cryogeneratoren die de kou zullen 'leveren' aan de bron.

Met het bereiken van het hoogste punt is de bouw nog niet gereed. Wat nu zichtbaar is, is de stalen constructie van het gebouw dat in het tweede kwartaal van dit jaar zal worden opgeleverd. Linssen: "We verwachten dat we in het derde kwartaal het equipment en de instrumenten kunnen plaatsen en de mock up van de koude bron die later in de reactor wordt geplaatst, waarmee we kunnen gaan testen of de koeling doet wat we ervan verwachten." Volgens Linssen gaan deze activiteiten

halverwege 2018 van start. In het eerste kwartaal van 2019 verwacht Linssen de vergunning voor de bouw van het nucleaire gedeelte. Linssen wijst erop dat tweederde van de aanbesteding ter waarde van 30 miljoen euro voor het hele OYSTER-project door gespecialiseerde Nederlandse bedrijven wordt uitgevoerd. Linssen: "Die zijn voor een groot deel onderaannemers van de Koreaanse hoofdaannemer KHC, met daarnaast ondersteuning van NRG voor RID." Linssen legt uit dat NRG onder meer met extra menskracht en hun nucleaire expertise meeschrijft aan de vergunningen.

OVER OYSTER

Met het OYSTER-programma (Optimized Yield - for Science, Technology & Education - of Radiation) kan het RID blijven voldoen aan fundamentele onderzoeksvragen uit de markt en de wetenschappelijke wereld op het gebied van gezondheid, duurzame energie en materiaalonderzoek. Sinds de start van OYSTER is er al een aantal unieke, nieuwe instrumenten gerealiseerd die volop in de belangstelling staan. Met neutronendiffractometer PEARL doen wetenschappers uit binnen- en buitenland energieonderzoek naar bijvoorbeeld waterstofopslag en nieuwe batterijmaterialen. Daarnaast is de flexibele bestralingsfaciliteit voor nieuwe productieroutes van medische isotopen onlangs in gebruik genomen. **K**

Menno Jelgersma



© NRG

PRODUCTIE MEDISCHE ISOTOPEN ALLEEN MET LAAGVERRIJKT URANIUM

NRG in Petten is in samenwerking met haar partnerbedrijf Curium als eerste faciliteit in Europa gestopt met het gebruik van hoogverrijkt uranium bij de productie van medische isotopen. Ziekenhuizen ontvangen voortaan alleen nog maar molybdeen, een belangrijke isotoop, gemaakt uit laagverrijkt uranium. Daarmee komt Nederland zijn afspraken na die zijn gemaakt met de Amerikaanse president Obama.

In het kader van het non-proliferatieverdrag is wereldwijd afgesproken het gebruik van hoogverrijkt uranium uit te bannen, omdat hier kernwapens mee gemaakt kunnen worden. Tijdens de nucleaire top in Den Haag in 2014 sprak de toenmalige

Amerikaanse president Barack Obama af met Frankrijk, België en Nederland om ook bij de productie van medische isotopen over te stappen van hoog- op laagverrijkt uranium. Om het risico op misbruik van hoogverrijkt uranium uit te sluiten, is de reactor al in 2006

overgestapt op laagverrijkt uranium als splijtstof. Ook daarin liep Nederland destijds voorop. Om bij de productie van medische isotopen hetzelfde te kunnen doen, moest het productieproces bij NRG en Curium gewijzigd worden en moest een lang en ingewikkeld traject gevolgd worden om dezelfde kwaliteit van het eindproduct te kunnen garanderen. Een succesvolle mijlpaal is hiermee bereikt voor NRG.

“We vervullen hierin samen met Curium een voortrekkersrol en geven een belangrijk signaal af aan alle landen, namelijk dat je voor de productie van medische isotopen geen hoogverrijkt uranium meer nodig hebt,” zegt Philippe Brouwers, Business Director NRG.

“Eigenlijk behalen we op deze manier een soort Fairtrade-keurmerk voor medische isotopen, maar dan gezien vanuit non-proliferatie-oogpunt. We zijn blij dat we hierdoor de afspraken die tijdens de nucleaire top zijn gemaakt, gestand kunnen doen.”

BELANG VAN MEDISCHE ISOTOPEN

Eind vorig jaar startte NRG de campagne ‘30.000perdag’ om het belang van medische isotopen voor het opsporen en bestrijden van kanker te benadrukken. Volgens Brouwers is het overstappen naar laagverrijkt uranium van groot belang om de leveringszekerheid van molybdeen op de lange termijn te kunnen waarborgen. NRG is ‘s werelds grootste producent van medische isotopen. Molybdeen wordt door partnerbedrijf Curium geproduceerd, op basis van in de reactor in Petten bestraald uranium. Tot nu toe betrof het bestraalde materiaal hoogverrijkt uranium. Curium levert molybdeen aan ziekenhuizen wereldwijd. **K**

NRG





INBEELD

BOUWERKZAAM- HEDEN AAN 'NUCLEAIR EILAND' HINKLEY POINT C

Grote bedrijvigheid op de locatie waar de eerste Britse kerncentrale sinds decennia gebouwd wordt: Hinkley Point C. Terwijl de eerste contouren van het 'nucleaire eiland' zichtbaar worden en duidelijk te zien is dat EDF Energy flink doorpakt met de bouw van de nieuwe EPR wordt in de nabije omgeving

Hinkley House, de eerste accommodatie opgeleverd voor bouwvakkers die komende zomer arriveren. Daarnaast komen er extra woningen voor personeel in Bridgwater.

De bouw maakt deel uit van een jaarlijkse investering van EDF van 200 miljoen pond in de regionale economie. Het doel van de nieuwbouw is om de druk van de vastgoedmarkt te halen. In totaal zullen er

bij de bouw van Hinkley Point C 5.600 bouwvakkers betrokken zijn die ergens in de directe omgeving zullen moeten verblijven. Tijdens de eerste betonstort halverwege vorig

jaar waren er al ongeveer 1.600 mensen ter plaatse. Voor de aanvoer van nog eens 57.000 ton zand en grind voor de

productie van het beton is zelfs een aparte steiger in zee aangelegd. **K**



KERNENERGIE SCOORT BETER DAN ALTERNATIEVEN

De kans dat kernenergie in Nederland een rol gaat spelen ten behoeve van de oplossing van het klimaat/energieprobleem is nog nooit zo klein geweest als nu. Voor een groot deel van het publiek zal een dergelijke boodschap welkom zijn. Immers, velen vinden met name het risico bij toepassing van kernenergie onacceptabel en zien kernenergie daarom als de minst aantrekkelijke energietechnologie. Die groep is alleen maar groter geworden door de prijsdalingen van wind- en zonne-energie de afgelopen jaren, en denkt dat ook de opslag van elektriciteit snel voordelig zal worden.

Velen zijn inmiddels overtuigd dat de overstap op honderd procent groene energie slechts een kwestie van tijd is en dat "gevaarlijke kernenergie" dus overbodig is. De werkelijkheid is anders. Er kleven verstrekende, nare consequenties aan het frivool proberen om een honderd procent vrij energiesysteem te realiseren zonder kernenergie. Wegens de weersafhankelijkheid van groene energietechnieken stijgen de kosten van transmissie, opslag en back-up namelijk exponentieel naarmate hun marktaandeel stijgt. Zelfs als individuele groene energie-installaties voordelig lijken, dan nog zal een honderd procent groen energiesysteem veel kostbaarder blijken dan een CO₂-vrij systeem dat geniet van de ruime toepassing van kernenergietechnologie.

Kernenergie is vanwege de immense energiedichtheid en praktisch onuitputtelijke beschikbaarheid van nucleaire brandstof de meest voordelige energiebron en zal dat om basale fysische redenen altijd zijn. Op alle punten – landgebruik, economie en leveringszekerheid, maar ook veiligheid en milieu(!) – is kernenergie aangetoond beter dan elke andere optie. Dat recente kerncentraleprojecten in bepaalde landen duur uitpakken is vooral de reflectie van een vanwege voortdurende antikernenergiepropaganda, onwelwillende politiek en navenant getroebleerde sector, maar doet niets af aan de inherente voordeligheid van de technologie. Door de nucleaire optie blijmoedig te laten verdorren botst onze samenleving vroeg of laat op de harde grenzen van de 'vergroening' zonder dat kernenergie nog een ontsnapping kan bieden. Niet kernenergie, maar de uitsluiting van kernenergie, is het werkelijke risico! **K**

ir. J.E. van Dorp

Engineering consultant HVAC en energiesystemen.

Bijdrage voor Kernvisie op persoonlijke titel.

"Joris is werkzaam als Specialist HVAC en Energie in de sector bouw- en installatietechniek. Hij heeft tijdens zijn masterstudie werktuigbouwkunde aan de TU Delft in de jaren '90 een levenslange interesse ontwikkeld in het onderwerp Energie en Maatschappij, en in het bijzonder de wereldwijde energietransitie naar een co2-vrij energiesysteem. Hij schrijft deze column op persoonlijke titel. Joris kan bereikt worden via het emailadres j.e.vandorp@gmail.com

RUSLAND EN CHINA ZETTEN VOL IN OP KERNENERGIE

In Rusland en China gaat de verdere ontwikkeling van kernenergie voortvarend door.

In China bijvoorbeeld door de bouw van een centrale met een tweetal demonstratie HTR-PM reactoren (Hoge temperatuur gasgekoelde reactoren) en een demonstratie snelleweekreactor. In Rusland bestaan plannen voor het ontwikkelen van een gesloten splijstofcyclus waarmee de vorming van radioactief afval in kernreactoren voorkomen kan worden. Deksel geplaatst op de eerste eenheid van de Chinese HTR-PM centrale. Het deksel van het drukvat is geplaatst op de eerste van de twee demonstratie HTR-PM reactoren die in aanbouw zijn bij Shidaowan in de provincie Shandong. Het deksel werd op 27 december geplaatst. De operatie duurde ruim anderhalf uur; het deksel werd met 76 bouten vastgemaakt aan het vat. De inwendige reactordelen van het drukvat waren voor de sluiting met het deksel al aangebracht. Volgens de bouwer werd op deze wijze met de sluiting de bouw van 's werelds eerste Gen IV-reactor afgerond.

De bouw van de demonstratie HTR-PM centrale startte in december 2012. De centrale bestaat uit twee kleine reactoren en een turbine. De centrale moet straks 210 MWe leveren. China Huaneng is de leidende organisatie van het consortium dat de demonstratiecentrale bouwt tezamen met China Nuclear Engineering Corporation (CNEC) en Tsinghua University's Institute of Nuclear and New Energy Technology. Deze laatste is de leider van de research en ontwikkeling werkzaamheden. Chinergy, een joint venture van Tsinghua en CNEC, is de hoofdaannemer van de bouw van het nucleaire deel van de centrale. **K**



ISOTOOP NRG KAN WERKING CHEMO HELPEN VOORSPELLEN

NRG heeft een radioactief platina-isotoop ontwikkeld dat kan helpen om de effectiviteit van de veel toegepaste chemotherapie met cisplatina bij kankerpatiënten, of schade door dit soort behandeling, te helpen voorspellen. Philippe Brouwers, NRG directeur business development: "Binnenkort worden klinische testen bij mensen gestart om de haalbaarheid en werking van dit CISSPECT te onderzoeken." De ontwikkeling van CISSPECT past in Advancing Nuclear Medicine (ANM), het streven van NRG om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen die aansluiten bij de radiofarmaceutische markt.



➤ *Karlijn Codée-van der Schilden*

Enkele jaren geleden kwamen het Nederlands Kanker Instituut en NRG bij elkaar om te zoeken naar een mogelijkheid om de effectiviteit van het medicijn Cisplatin bij verschillende kankersoorten vast te stellen. Cisplatina, een verbinding van platina met chloor en ammoniak, wordt al sinds de jaren zeventig van de vorige eeuw gebruikt als Cisplatin-chemotherapie. Omdat het celdeling stopt, werkt het vooral goed bij snelgroeïende tumoren en wordt het onder andere gebruikt bij chemokuren tegen hoofd-, hals-, long- en teelbalkanker. Cisplatin-therapie is echter niet bij elke vorm van kanker even effectief. Brouwers: "Bij chemokuren met Cisplatina tegen teelbalkanker geneest 95 procent van de patiënten, maar bij longkanker hebben ➤

veel minder patiënten er baat bij, terwijl er wel zeer vervelende bijwerkingen kunnen optreden. Wij willen het een arts mogelijk maken om de effectiviteit en toxiciteit van een breed ingezet product als Cisplatin vooraf in te kunnen schatten, voor een afgewogen behandeling.”

PLATINA-195M

Het is dus belangrijk om te weten welke patiënten baat hebben bij een behandeling met Cisplatin en welke niet, en bij welke patiënten bijwerkingen zijn te verwachten. Om dat aan de hand van klinisch onderzoek te kunnen vaststellen, heeft Karlijn Codée-van der Schilden van NRG een proces opgezet om natuurlijk platina in cisplatin te vervangen door het radioactieve platina-isotoop Pt-195m. Daardoor wordt Cisplatin radioactief. Deze radioactieve variant van cisplatin heet CISSPECT. Met een standaard scan zou de behandelaar de plaats en concentratie van het CISSPECT in de patiënt kunnen bepalen. Dat kan zich zowel in tumorweefsel als in kritische organen bevinden. “Als er een relatie is tussen de opname van Cisplatin en het effect zou radioactief Cisplatin een voorspeller kunnen zijn en kun je bijvoorbeeld patiënten onderscheiden die geen baat zullen hebben bij chemokuren met Cisplatin. Als er wel veel in de tumoren komt, kun je bij die patiënten vervolgens chemotherapie met gewoon Cisplatin gebruiken. Je zou ook kunnen zien of het op grote schaal in gezonde organen wordt opgenomen en bijvoorbeeld de kans op nierfalen afwegen tegen een behandeling. Om te zien of CISSPECT ook bij mensen werkt, wordt daarom nu onderzoek bij mensen gepland,” legt Codée-van der Schilden uit.

REACTORTECHNOLOGIE

Brouwers legt uit dat CISSPECT geen nieuwe uitvinding is. Ook in Zuid-Afrika en Australië werd onderzoek naar radioactief Cisplatin verricht. “Tijdens de



➤ *Philippe Brouwers*

EANM heeft Codée de resultaten van de ontwikkeling van CISSPECT gepresenteerd, de aanwezige Australiërs toonden zich blij verrast dat wij de synthese volledig geautomatiseerd voor elkaar hadden gekregen. Zij zien dat het eerder gedane onderzoek met succes is voortgezet.” Maar NRG voegt wel iets nieuws toe aan het product door een nieuwe reactortechnologie te gebruiken. Op deze manier wordt een hoge specifieke activiteit behaald waardoor er meer mogelijkheden voor toepassing van het product zijn ontstaan. Bovendien is de afgelopen jaren de kwaliteit van SPECT-camera's toegenomen. Die maken het mogelijk om, in combinatie met de hogere specifieke activiteit, betere beeldvorming te verkrijgen. Het is dus eigenlijk een revival door toegenomen kwaliteit van zowel het product als van camera's”, aldus Brouwers.

AUTOMATISERING

Future Chemistry is een partner waarmee NRG de complexe chemie van het Cisplatin heeft weten te automatiseren met als doel de module over te plaatsen naar een omgeving waar volgens internationale richtlijnen voor de productie van radiofarmaceuticals wordt gewerkt om volgend jaar een eerste humane pilot te kunnen ondersteunen. Codée: “Voorheen werd de synthese met de hand uitgevoerd. Het ontwikkelen van de automatische productiefaciliteit was een enorme uitdaging omdat de synthese stappen bevat die op deze schaal nog nooit eerder zijn geautomatiseerd. Nu verloopt de synthese precies volgens een voorgeprogrammeerd protocol. Bovendien is de synthese twee keer zo snel als voorheen zodat de hoge specifieke activiteit slechts gering zal zijn afgenomen voor gebruik. Hiermee wordt verder onderzoek, ook bij mensen mogelijk gemaakt.”

ADVANCING NUCLEAR MEDICINE (ANM)

De ontwikkeling van CISSPECT past geheel in het nieuwe streven van NRG om producten en diensten te ontwikkelen die aansluiten bij de radiofarmaceutische markt. Begin 2017 heeft NRG aangekondigd zich naast het leveren van bestralingsdiensten in toenemende mate te richten op medische isotopen en halffabrikaten. Brouwers benadrukte daarom al eerder in een Kernvisie Magazine verschenen interview dat NRG niet alleen het basismateriaal voor nucleaire medicijnen wil leveren, maar ook een deel van het chemische proces na bestraling wil uitvoeren. De officiële presentatie van het nieuwe initiatief Advancing Nuclear Medicine (ANM) is een gezamenlijk initiatief van NRG en PALLAS waarvan de officiële presentatie eerder plaatsvond op de jaarlijkse European Association of Nuclear Medicine (EANM) in Wenen. **K**

Menno Jelgersma

FUNCTIEWISSELING SLUITSTUK ORGANISA- TIESTRUCTUUR REACTOR INSTITUUT DELFT

Vanaf 1 januari 2018 is professor Jan Leen Kloosterman, hoogleraar reactorfysica, de nieuwe voorzitter van de afdeling Radiation, Science & Technology (RST) van de TU Delft. Hij neemt hiermee de taken voor dit onderdeel over van professor Bert Wolterbeek. Wolterbeek blijft directeur van het Reactor Instituut Delft (RID) naast zijn functie als hoogleraar radiochemie. De functiewijziging is de bevestiging van de administratieve ontvlechting van RID en RST en was alleen mogelijk door de samenwerking vooraf goed te borgen.

Het Reactor Instituut Delft (RID) is samen met de afdeling Radiation, Science & Technology (RST) al meer dan vijftig jaar het Nederlandse kenniscentrum voor aan straling gerelateerd onderzoek en onderwijs. Met de kennis en expertise

leveren beide onderdelen een belangrijke bijdrage aan fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek. RST is als wetenschappelijke afdeling onderdeel van de faculteit Technische Natuurwetenschappen (TNW) en maakt

✦ *Professor Jan Leen Kloosterman*

voor haar onderzoek gebruik van de grootschalige faciliteiten zoals de Hoger Onderwijs Reactor en de bijbehorende instrumenten. Het RID heeft de bedrijfsvoering van deze faciliteiten in haar pakket, inclusief het up to date houden, het onderhoud en de (radiologische) veiligheid.

Toen Wolterbeek op 1 juli 2012 aantrad als de nieuwe directeur van het RID werd hij daarmee automatisch ook de voorzitter van de afdeling RST. "Als geheel zijn we in 2005 onderdeel geworden van de faculteit TNW. Een voorwaarde daarvoor was dat de onderdelen RID en RST als onderscheidbare organisaties moesten ontvlechten. Voor een gekoppelde functie van directeur RID en voorzitter RST is destijds gekozen om ervoor te zorgen dat de samenwerking goed geborgd zou blijven", legt Wolterbeek uit. ✦

OYSTER

Wolterbeek trad aan op het moment van de start van de uitvoering van OYSTER, het project waarmee de onderzoeksreactor van het RID een stuk preciezer en breder inzetbaar wordt. Destijds verklaarde hij in Kernvisie Magazine dat dit het begin markeerde van een belangrijke fase voor het RID, maar dus ook voor RST: "Wij hebben een brugfunctie. We ontwikkelen kennis en dragen deze over. We zorgen ook voor bekendheid met de neutrontechnieken die wij in huis hebben of ontwikkelen. Die bekendheid leidt er vervolgens toe dat mensen ons weten te vinden om oplossingen te zoeken voor specifieke problemen." Maar het betekende ook dat OYSTER veel van de organisatie zou gaan vragen. Hoe ga je bijvoorbeeld om met alles wat je met OYSTER bereikt? En hoe kan je de resultaten benutten voor de organisatie? Kloosterman: "In combinatie met de wijzigingen in het academisch landschap en de kijk op hoe wetenschappers zichzelf moeten profileren, betekende dit tevens dat we hoe dan ook in de RSThoek moesten gaan nadenken hoe je dat zou moeten bewerkstelligen."

Wolterbeek: "We zijn dus op zoek gegaan naar een constructie om die samenwerking nog beter te borgen dan alleen via de gecombineerde functie van directeur RID en afdelingsvoorzitter van RST. Er is een strategieteam geformeerd dat zich hierop richt en er zijn bruggen aangebracht." Bruggen, legt Kloosterman uit, zijn de mensen die voor beide organisaties werken: "En die ervoor zorgen dat de twee onderdelen goed aan elkaar verbonden blijven. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om technici of wetenschappers die apparaten up to date houden (dat valt onder RID), maar ook wetenschappelijk onderzoek willen doen (dat valt onder RST)." Door mensen in beide organisaties te plaatsen, behoud je de noodzakelijke hechting.

TWEE PETTEN

Het proces was eind 2017 zover gevorderd dat het moment rijp was om de

**✦ Professor Bert Wolterbeek**

functies van directeur en afdelingsvoorzitter over twee personen te verdelen. "Vanaf nu hoef je verschillende afwegingen niet meer als een persoon te nemen maar als tandem. De functieverandering is ook in lijn met de ontwikkelingen waarin het academische landschap verandert", vertelt Wolterbeek. Van academici wordt geëist dat ze zich meer profileren. Omdat de structuurgroep die in het leven is geroepen de connectie tussen RST en RID in stand gaat houden, is besloten om te bezien hoe Wolterbeek één van de twee petten kon overdragen. Maar dat betekent overigens niet dat hij nu minder werk heeft. "Ik ben ook hoogleraar radiochemie en kan me nu nog meer richten op de taken die daarbij behoren."

CULTUUR

Mensen van buiten de organisatie hebben bij het horen van de naam RID direct ook het idee dat RST daarbij hoort. RID

staat bovendien met grote letters op de gevel. Wolterbeek en Kloosterman hebben daar vrede mee. Kloosterman: "Naar buiten toe blijft het RID, maar in pandig bestaat de tweedeling als organisatiemodel." RST is op dit moment al wat verder met de 'boedelscheiding' dan het RID en Wolterbeek gaat in de komende tijd extra inspanning verrichten om met het RID gelijke tred te houden. De organisatieverandering is het eerst in RST opgepakt. Het lijkt daardoor een gespreid bedje waarin Kloosterman terecht is gekomen, maar dat is toch niet helemaal waar. Kloosterman: "Het academisch landschap is dynamisch en doorlopend aan verandering onderhevig. De structuur mag nu op orde en verankerd zijn, op het gebied van de cultuur zijn nog vele verbeteringen te halen. Voor de komende tijd betekent dat in ieder geval dat er nog een hoop werk te verrichten is." **K**

Menno Jelgersma



In januari promoveerde Valentina Valori aan de TU Delft op de warmteoverdracht in superkritische vloeistoffen. Voor Tim van der Hagen, voorzitter College van Bestuur en promotor van Valori was het zijn vijftiende promotie. Professor Jerry Westerweel was de tweede promotor en co-promotor was dr. Martin Rohde.

"Het visualiseren van stroming in superkritische vloeistoffen was voor ons een Higgs-moment", aldus Rohde. Valori's onderzoek kan een bijdrage leveren aan het onderzoek naar reactoren die gekoeld worden door superkritisch water en naar innovatieve veiligheidssystemen voor kernreactoren die in geval van nood automatisch warmte kunnen afvoeren. Superkritische vloeistoffen worden wijd gebruikt in de industrie. De chemische, farmaceutische, voedselindustrie en de energieproductie zijn hiervan voorbeelden. In de sector van de energieproductie worden zij hoofdzakelijk gebruikt als koelvloeistoffen, omdat zij het mogelijk maken om de thermische efficiency van energie-installaties te verhogen. Rohde legt uit dat superkritisch een zogenaamde 'vierde fase' is die voorkomt bij hoge druk en hoge temperatuur. "Op een bepaald moment blijkt er dan geen onderscheid meer te

zijn tussen de gasfase en de vloeistoffase; er is sprake van een soort mengvorm." De stof die het meest gebruikt wordt in superkritische processen is kooldioxide. Het is een niet-giftige, onbrandbare stof met een relatief 'praktisch' kritisch punt bij 31 graden Celsius en 74 bar.

HIGGS-MOMENT

Er is nog veel onbekend over de warmteoverdracht in superkritische vloeistoffen en de huidige modellen slagen er nog steeds niet in om deze nauwkeurig te voorspellen. Dat komt onder meer omdat superkritische vloeistoffen worden gekenmerkt door sterk variërende vloeistofeigenschappen, waardoor stroming en warmteoverdracht zeer moeilijk zijn te modelleren, te simuleren en experimenteel te onderzoeken. Tijdens het onderzoek van Valori werd met name vrije convectie in superkritische vloeistoffen bestudeerd. Rohde: "Het koelen door superkritische

vloeistoffen hangt af van zowel geforceerde stroming als vrije convectie. De grote dichtheidsverschillen die ontstaan in de stroming kunnen onder bepaalde omstandigheden een flinke bijdrage leveren aan de warmteoverdracht, zowel in negatieve zin (zoals bij opwaartse stroming) als in positieve zin (zoals bij neerwaartse stroming). Valori heeft, als eerste ter wereld, de vrije convectie in een superkritische vloeistof experimenteel in beeld gebracht." Zij heeft, aldus Rohde, ook voor het eerst laten zien dat natuurlijke convectie heel veel invloed heeft op warmteoverdracht en stroming. "Voor ons was de visualisering eigenlijk een soort Higgs-moment. Dit had nog nooit iemand gedaan en is dus absoluut uniek." De mogelijkheid om lokale snelheidsmetingen te onderzoeken werd met behulp van Particle Image Velocimetry (PIV) uitgevoerd. Dit is een optische techniek om metingen van de stroming te verkrijgen.

sCO₂-HeRo

Het onderzoek is volgens Rohde van belang voor de ontwikkeling van de super-critical water reactor (SCWR), een reactorontwerp van de vierde generatie en voor een noodkoeling van bestaande reactoren, zoals ontwikkeld wordt in het EU-project sCO₂-HeRo. "Het voordeel van superkritische vloeistoffen is dat je er heel veel warmte in kan stoppen per kilogram en dat betekent dat je niet veel koelmiddel nodig hebt om warmte af te voeren." Mocht, zoals in Fukushima, alle stroom uitvallen, dan slaat dit systeem aan en wordt de warmte via superkritische CO₂ naar buiten afgevoerd. "Dit systeem slaat vanzelf aan en levert ook nog eens extra energie." Een demonstratie van het systeem staat op het programma bij KSG I Gfs – Gesellschaft für Simulator-schulung mbH. Hier staat een glazen model van een PWR waaraan de sCO₂-HeRo wordt gekoppeld. **K**

K VEILIGE ONDERGRONDSE BERGING RADIOACTIEF AFVAL

COVRA, de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval, organiseerde op 29 januari in Rijksmuseum Boerhaave in Leiden een bijeenkomst om de uitkomsten van het Onderzoeksprogramma Eindberging Radioactief Afval, kortweg OPERA, te presenteren. Er is zeven jaar onderzoek verricht naar de manier waarop radioactief afval op termijn veilig in de diepe ondergrond van Nederland geborgen kan worden. De resultaten zijn het startpunt van maatschappelijk en wetenschappelijk onderzoek naar een eindberging die uiterlijk 2130 zal worden gebouwd.

Om een eindberging mogelijk te maken moet er nu al gewerkt worden aan een oplossing voor over honderd jaar via een proces waarin ruimte is voor wetenschappelijke, technische en maatschappelijke ontwikkelingen. Tijdens de bijeenkomst werden de twee eindrapporten van OPERA formeel aangeboden aan de opdrachtgevers, ANVS (Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming) en EPZ. Het eerste rapport, de OPERA Safety Case, geeft een overzicht van de natuurwetenschappelijke kennis over eindberging in Nederland. Het tweede rapport, de notitie van de OPERA Adviesgroep, verkent het maatschappelijk proces dat moet leiden tot het uiteindelijke besluit over een eindberging voor radioactief afval. Onder voorzitterschap van Alex Brenninkmeijer werden tijdens de bijeenkomst zowel de technische als de maatschappelijke aspecten uit de onderzoeksresultaten gepresenteerd en besproken. Algemeen Directeur Jan Boelen van de COVRA benadrukt het belang van veilige en centrale opslag en de dienst die ermee wordt bewezen voor de maatschappij. Ieder land in de Europese Unie is op zoek naar zijn eigen

eindberging. Dat betekent volgens Boelen niet automatisch dat er over honderd jaar 27 (of meer) eindbergingen zijn. Belangrijk is dat elk land in principe een eigen eindberging zou kunnen hebben.

OPERA SAFETY CASE – NOTITIE OPERA ADVIESGROEP

De OPERA Safety Case geeft een overzicht van de natuurwetenschappelijke kennis over eindberging in Nederland. Het beschrijft de technologische en geologische voorwaarden voor een veilige eindbergingsfaciliteit in de Boomse klei in Nederland. Die kennis kan ook weer gebruikt worden voor het opstellen van een Safety Case voor een eindberging in steenzout. De uiteindelijke keuze voor zout of klei is dus nog open. De definitieve besluitvorming over eindberging zal rond 2100 plaatsvinden en eindberging is in Nederland voorzien in 2130.

De notitie van de OPERA Adviesgroep verkent het maatschappelijk proces dat moet leiden tot het uiteindelijke besluit over een eindberging voor radioactief afval. Het is volgens de voorzitter van de Adviesgroep Frank van den Heuvel (Senior Advisor Public

Affairs bij FMO - Financieringsmaatschappij Ontwikkelingslanden) belangrijk om bij grote technologische projecten rekening te houden met de maatschappelijke onderstroom. Ratio en emotie zijn volgens hem onlosmakelijk verbonden met techniek. Vanwege het ruime tijdspad zijn er volgens hem volop kansen om met goede oplossingen te komen. OPERA gaat nadrukkelijk niet in op de vraag waar de eindberging zal komen.

DOSES FACTOR TIEN LAGER DAN LIMIET

Het Nederlandse radioactief afval wordt op een veilige manier ingezameld, beheerd en gecontroleerd door COVRA. COVRA verwerkt het afval en slaat het ten minste honderd jaar op in bovengrondse gebouwen. Na honderd jaar is een deel van het afval nog steeds radioactief en moet voor lange tijd, deels voor meer dan honderdduizend jaar, daarom uit het leefmilieu en de invloedssfeer van de mens worden gehouden. Dit kan door het opbergen van het afval in een eindberging in de diepe ondergrond. Hierdoor ontstaat een 'multibarrièresysteem' dat moet voorkomen dat huidige en toekomstige generaties niet bij het afval kunnen komen en het afval zodanig blijft ingesloten dat het er niet uit kan. Rekenmodellen zijn er op los gelaten om te komen tot de conclusie dat mogelijk na 35.000 jaar stoffen uit de eindberging kunnen diffunderen. Na 200.000 jaar kan radioactief materiaal aan het aardoppervlak verschijnen. Ewoud Verhoef, plaatsvervangend directeur COVRA: "Maar dan ligt de maximale doses altijd nog een factor tien lager dan de huidige dosislimiet, waarna de stralingsbelasting dan weer afneemt."

Op de bijeenkomst werden daarom niet alleen de resultaten gerepresenteerd maar ook besproken met de deelnemers in interactieve sessies. De OPERA-rapporten zijn nu al beschikbaar op de website van COVRA. **K**



PALLAS Kiest INVAP-TBI voor ontwerp en bouw PALLAS-REACTOR

De Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor (PALLAS) heeft het Argentijns-Nederlandse bedrijf ICHOS, (INVAP en de TBI-bedrijven Croonwolter&dros – Mobilis) uitgekozen voor het ontwerp en de bouw van de 'state-of-the-art' PALLAS-reactor. Dr. Hermen van der Lugt, algemeen directeur PALLAS: "Vanaf 2025 zal PALLAS een van 's werelds toonaangevende leveranciers van medische isotopen zijn en een cruciale rol spelen in de leveringsketen voor radiofarmaceutische producten wereldwijd en in nucleair technologisch onderzoek."

PALLAS gaat de bijna zestig jaar oude Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten vervangen. De PALLAS-reactor is een bassinreactor die in staat is de neutronenflux efficiënter en effectiever in te zetten dan de huidige Hoge Flux Reactor, wat leidt tot een aanzienlijk lager thermisch vermogen. Het belangrijkste kenmerk van de PALLAS-reactor is zijn operationele flexibiliteit. De kern van de reactor kan zeer flexibel worden ingericht voor de productie van verschillende (nieuwe) medische isotopen en kan hierdoor inspelen op veranderende

markten. Op de locatie in Petten wordt ongeveer 1,7 hectare gebruikt voor de reactor, verschillende kleinere ondersteunende faciliteiten voor koeling, elektriciteitsvoorziening en gebouwen voor medewerkers en bezoekers.

PRECISEREN KOSTENRAMING

De HFR voorziet op dit moment in zeventig procent van de isotopen die in Europese ziekenhuizen gebruikt worden voor diagnostische procedures en behandeling. Om de betrouwbare levering van een breed

➤ Op 24 januari 2018 tekenden Hermen van der Lugt, CEO van PALLAS, Vicente Campenni, CEO van INVAP, Lennart Koek, directeur van Croonwolter&dros B.V. en Robert Jan Feijen, directeur van Mobilis B.V. het contract in Den Haag. De overeenkomst werd getekend in het bijzijn van Alberto Weretilneck, gouverneur van de provincie Río Negro, Héctor Horacio Salvador, de ambassadeur van Argentinië, Bas van den Dungen, directeur-generaal Curatieve Zorg van het Nederlandse ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, vertegenwoordigers van het Nederlandse ministerie van Economische Zaken en Klimaat en Jaap Bond, gedeputeerde van de provincie Noord-Holland.

scala aan isotopen op de lange termijn te garanderen, heeft de Nederlandse regering in 2012 besloten om de HFR te vervangen. Stichting PALLAS werd opgericht op 16 december 2013, met als doel het ontwerpen en bouwen van de reactor, het verkrijgen van de benodigde vergunningen, het ontwikkelen van een solide business case en het organiseren van particuliere financiering voor de bouw- en inbedrijfstellingsfase van de PALLAS-reactor.

De huidige contractwaarde van het project bedraagt maximaal veertig miljoen euro voor de voorbereidingsfase, tot enkele honderden miljoenen euro's voor de daaropvolgende fasen. De aanbieders hebben daarmee volgens Van der Lugt een schatting gegeven van de totale kosten. "Gezien de mate ➤

van detail van het ontwerp is dat bedrag nog met (grote) onzekerheden omkleed. Het consortium gaat samen met PALLAS het ontwerp uitwerken en de kostenschattingen nader preciseren, waarbij afwijkingen van de huidige schatting nauwkeurig onderbouwd zullen worden. De contractstructuur is zo opgezet dat het contract te zijner tijd kan worden omgezet in een contract met een vaste looptijd en een vaste prijs. Deze omzetting zal plaatsvinden als het ontwerp verder is uitgewerkt, er meer duidelijkheid is over de kernenergievergunning en/of als de financiering voor de bouw geregeld is."

AANBESTEDINGSPROCEDURE

In 2015 startte PALLAS de aanbestedingsprocedure voor het ontwerp en de bouw van de PALLAS-reactor volgens de aanbestedingsrichtlijnen van de EU. Drie geprekwalificeerde consortia – respectievelijk geleid door het Argentijnse INVAP, het Franse TechnicAtom en het Zuid-Koreaanse Kaeri – zijn na een serie diepgaande gesprekken doorgeslagen naar de volgende fase van de formele aanbestedingsprocedure in januari 2017. Van der Lugt: "Na verschillende rondes van bieden en onderhandelen boden de combinatie van het Argentijnse INVAP en de Nederlandse TBI bouw- en installatiebedrijven Croonwolter&dros en Mobilis de beste oplossing voor een veilige productiefaciliteit voor radio-isotopen voor nucleaire geneeskunde." Daarbij heeft INVAP volgens Van der Lugt ruime ervaring in nucleaire projecten zoals de OPAL-reactor in Australië. "En het heeft laten zien een zeer capabel bedrijf te zijn, dat de veiligheid en succesvolle uitvoering van de projecten garandeert waarbij de vastgestelde deadlines worden gehaald en de overeengekomen budgetten met de klant niet overschreden worden." Bij de bouw van de OPAL-reactor lag er zes jaar tussen het indienen van de aanvraag van de bouwvergunning bij de nucleaire autoriteit (mei 2001) en de afronding van de bouw/ingebruikname (april 2007). De TBI-bedrijven die tezamen met INVAP in de combinatie zitten, hebben veel ervaring met complex

multidisciplinair werk- en projectmanagement in de infrastructurele en industriële markten.

PUBLIEK-PRIVAAT

De financiering van PALLAS bestaat uit twee fasen: een fase met overheidsfinanciering gevolgd door een fase met particuliere financiering. Voor de door de overheid gefinancierde fase heeft het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, samen met de provincie Noord-Holland, een lening van 80 miljoen euro beschikbaar gesteld. De selectie van ontwerper en bouwverzekering behoort tot de eerste fase. De tweede fase, bouw en inbedrijfstelling van de PALLAS-reactor, zal volgens de planning particulier gefinancierd worden. Hiervoor heeft PALLAS een solide business case ontwikkeld. Eind 2017 is de business case van PALLAS verder uitgewerkt en is er een begin gemaakt met het benaderen van toekomstige klanten. PALLAS is ook in gesprek met mogelijke investeerders en trekt de aandacht van serieuze internationale particuliere investeerders. Van der Lugt: "Het nieuws van 24 januari 2018 betekent dat PALLAS goede voortgang maakt met de opdracht die door het Ministerie van Economische Zaken en de provincie Noord-Holland is afgegeven in 2013. Als onderdeel van de aanbestedingsprocedure is een eerste ontwerp opgeleverd. PALLAS vervolgt nu de ontwerpfasen. De daadwerkelijke bouw start pas als de bouwvergunning definitief is en de financiering (door private investeerders) rond is."

De Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor heeft op 26 januari het milieueffectrapport (plan-MER) en het ontwerp voor de herziening van het bestemmingsplan bij de gemeente Schagen ingediend. De herziening van het bestemmingsplan, het Beeldkwaliteitsplan en het Plan-MER PALLAS maken hiermee de toekomstige vestiging van PALLAS in Petten mogelijk. De huidige MER-procedure heeft betrekking op benodigde wijzigingen in het bestemmingsplan. Van der Lugt: "Wij hebben vertrouwen in een goed verloop van deze procedure. De vergunning om PALLAS te

bouwen moet worden verstrekt door de ANVS. De aanvraag kan worden gedaan op basis van het 'basic design', de tweede stap in het ontwerpproces. Het zogenaamde 'detailed design' (de derde stap in het ontwerpproces) is de basis voor een aparte en latere aanvraag om PALLAS in bedrijf te mogen stellen.

BOUWVOORBEREIDINGEN IN 2020

Anders dan bijvoorbeeld in civiele bouw gebruikelijk is, is het in de nucleaire sector de gewoonte dat ontwerpers/bouwers van begin (ontwerp) tot eind (bouw/ingebruikstelling) betrokken zijn. Dat komt volgens Van der Lugt doordat het ontwerp mede is gebaseerd op kennis en kunde ('intellectueel eigendom') van de ontwerper. "Ook kent de ontwerper de prestaties van zijn eigen toeleveranciers het beste. Bovendien willen we voor de vergunningverleners (waaronder de ANVS) duidelijkheid creëren over de hoofdaannemers voor het gehele project. Uiteraard zullen en kunnen onderdelen van de bouw verder worden uitbesteed aan onderaannemers. Dit is onderdeel van de opdracht aan het consortium." In Australië was INVAP ook bij het gehele project betrokken. De Australische overheid heeft een ander soort contract aanbesteed omdat de financiering voor het gehele project in een keer beschikbaar is gesteld. "Bij PALLAS wordt dat in fasen gedaan, waarbij de overheid de eerste fase financiert en de financiering van de bouw door private financiers moet worden gedaan", legt Van der Lugt uit. De ambitie is om eind 2019 de aanvraag bij de ANVS in te dienen. "Ook zullen we eind 2019 duidelijkheid moeten hebben over de financiering vanaf 2020. De uiteindelijke doorlooptijd van de procedure is uiteraard erg bepalend voor de vervolgstappen. PALLAS heeft de ambitie om in 2020 met de bouwvoorbereidingen te beginnen. De bouw kan uiteraard pas starten als de vergunning definitief is." De bouw van de reactor en alle daarbij behorende voorzieningen neemt circa vijf jaar in beslag. Dit betekent dat de nieuwe PALLAS-reactor in 2025 zal beginnen met de productie van medische isotopen. **K**



ONDERZOEKSRaad: SAMENWERKING TUSSEN LANDEN IS GOED, CRISIS- PLANNEN KUNNEN BETER

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is positief over de samenwerking met onze buurlanden om te voorkomen dat een kernongeval ontstaat. De bevoegde autoriteiten moeten wel meer oog hebben voor de zorgen in de samenleving en de informatievoorziening aan burgers. Dat schrijft de Raad in het recent verschenen rapport Samenwerken aan nucleaire veiligheid. Naast het verbeteren van de crisisplannen moeten de landen meer samen oefenen en organiseren dat ze de te treffen maatregelen en de communicatie hierover onderling afstemmen.

De Onderzoeksraad is zijn onderzoek gestart naar aanleiding van onrust onder de bevolking over incidenten in de Belgische kerncentrales Doel en Tihange. De Raad heeft niet alleen deze kerncentrales, maar ook de kerncentrales Borssele (in Nederland) en Emsland (in Duitsland) in zijn onderzoek betrokken. Gedurende het onderzoek hebben de partijen in Nederland, België en Duitsland hun medewerking aan het onderzoek verleend. Dat getuigt naar het oordeel van de Raad van een cultuur waarin partijen bereid zijn inzage te geven in hun werkprocessen.

SAMENWERKING IN DE ZORG VOOR VEILIGE KERNCENTRALES

Kerncentrales zijn onderworpen aan zeer strenge veiligheidseisen. Bevoegde nucleaire autoriteiten in de landen zien erop toe dat deze veiligheidseisen worden nageleefd. In aanvulling hierop bewaakt een internationaal stelsel dat landen adequaat invulling geven aan hun zorg voor veilige kerncentrales. De Onderzoeksraad heeft geen reden om aan het stelsel te twijfelen. Het

onderzoek heeft zich niet gericht op de vraag of kerncentrales veilig zijn, maar op de vraag hoe Nederland met zijn buurlanden samenwerkt als het gaat om de kerncentrales in de grensgebieden. Ondanks dat landen zelf verantwoordelijk zijn voor de veiligheid van hun kerncentrales vindt tussen de Nederlandse en de Belgische en tussen de Nederlandse en Duitse nucleaire autoriteiten structureel overleg plaats. Zij delen informatie over de veiligheid van de kerncentrales en maken gebruik van elkaars kennis en expertise. Zo weten de nucleaire autoriteiten wat er speelt bij de kerncentrales aan de andere kant van de grens en kunnen ze van elkaar leren.

SAMENWERKING IN DE CRISISBEHEERSING

De Raad constateert dat de samenwerking op een aantal terreinen goed is voorbereid. Nederland, België en Duitsland brengen elkaar zo snel mogelijk op de hoogte als er een noodsituatie bij een kerncentrale dreigt. Ook hebben ze toegang tot elkaars stralingsmetingen en technische gegevens, zodat zij hier bij

een ongeval gebruik van kunnen maken. De kans op een ernstig kernongeval bij één van de genoemde kerncentrales is klein. Maar als zich een kernongeval voordoet, dan is het van belang dat de crisisbeheersing van de landen goed op elkaar is afgestemd. De Onderzoeksraad concludeert dat de samenwerking op papier deels is geregeld, maar als zich daadwerkelijk een kernongeval zou voordoen, deze waarschijnlijk niet goed zal verlopen. Dat komt volgens de Raad doordat niet in alle nucleaire crisisplannen het grensoverschrijdende karakter van een kernongeval goed tot zijn recht komt. Daarnaast zijn bij een kernongeval maatregelen nodig om de bevolking in de omgeving van de kerncentrale te beschermen tegen straling. De voorbereiding van deze maatregelen verschilt per land, waardoor het risico bestaat dat inwoners aan de ene kant van de grens andere instructies krijgen dan aan de andere kant van de grens. Dit kan leiden tot verwarring en onrust onder de bevolking. In de afspraken die Nederland heeft gemaakt met België en Duitsland over de crisiscommunicatie wordt bovendien te weinig rekening gehouden met verschillen in taal en cultuur.

INFORMATIE AAN BURGERS

Berichten over incidenten bij kerncentrales kunnen onrust veroorzaken bij burgers. De Onderzoeksraad concludeert in zijn onderzoek dat die zorgen nog te weinig op het netvlies staan van de autoriteiten die besluiten nemen over de kerncentrales. Zo blijkt informatie over incidenten bij kerncentrales moeilijk voor burgers te doorgronden. Ook bereikt de informatie over vergunningprocedures niet alle omwonenden voor wie die procedures van belang zijn. De Raad stelt dat partijen meer aandacht moeten hebben voor de maatschappelijke zorgen en deze moeten adresseren in hun communicatie. **K**

KIVI/NNS ORGANISEERT OP VRIJDAGMIDDAG 20 APRIL HET SYMPOSIUM SMALL MODULAR REACTORS (SMR), EEN NIEUW PERSPECTIEF VOOR KERNENERGIE?

Het symposium vindt plaats bij de KEMA in Arnhem, Utrechtseweg 310, in het Inspiratierijk (Energy Businesspark, gebouw B07).

Tijd vanaf 13:00 uur

1. INLEIDING SMR – FERRY ROELOFS (NRG)

Ir. Roelofs zal een inleiding geven waarin verschillende definities van SMRs gepresenteerd zullen worden. Tevens zal een overzicht gegeven worden van verschillende lopende initiatieven wereldwijd en zullen economische overwegingen worden toegelicht.

2. LICENSING VAN LWR-SMR – ANNE KRÜSSENBERG (GRS)

De veiligheidssystemen voor ongevalssituaties bij kleinschalige lichtwaterreactoren (SMRs) kunnen wezenlijk verschillen van grootschalige kernreactoren omdat er minder warmte afgevoerd hoeft te worden. Dr. Krüsenberg zal toelichten wat de specifieke technische aspecten die het vergunningstraject van een SMR significant anders zouden kunnen maken dan voor een grootschalige kernreactor, zoals bijvoorbeeld de reactoren die nu in Finland en Frankrijk in aanbouw zijn.

3. SMRS IN HET VERENIGD KONINKRIJK – ROB ARNOLD (DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY & INDUSTRIAL STRATEGY)

Het bestaande reactorpark in het Verenigd Koninkrijk nadert het einde van zijn levensduur. Voor de vervanging hiervan heeft het Verenigd Koninkrijk besloten de optie van kernenergie te omarmen. Dit komt ten goede aan zowel de binnenlandse maakindustrie, creëert op termijn exportkansen voor bedrijven in het Verenigd Koninkrijk en helpt bij het realiseren van de klimaatdoelstellingen van het land. Dr. Arnold zal toelichten welke bijdrage men verwacht van SMRs in dit perspectief.

4. ADVANCES IN SMR

Onder SMRs worden niet alleen lichtwaterreactoren geschaard. Er kunnen ook andere typen reactoren als SMR beschouwd worden. Dit soort geavanceerde reactoren hebben hun eigen voor- en nadelen. Aan de hand van een voorbeeld zal de luisteraar meegenomen worden in de overwegingen en het financieel perspectief van zulke geavanceerde ontwerpen.



Leden van KIVI KE, begunstigers van NNS en begunstigers van Kernvisie zijn uitgenodigd om kosteloos het symposium bij te wonen. Aanmelding zal te zijner tijd kunnen via de website www.kivi.nl
Op deze website zal ook het definitieve programma gepubliceerd worden.