



Noodzaak opstarten HFR in Petten

Een onderzoeksrapport voor Greenpeace Nederland

Profundo
economisch onderzoek

Noodzaak opstarten HFR in Petten

Een onderzoeksrapport voor Greenpeace Nederland

CONCEPT: 24 maart 2009

**Jan Willem van Gelder
Anniek Herder**

**Profundo
Van Duurenlaan 9
1901 KX Castricum
Tel: 0251-658385
Fax: 0251-658386
E-mail: vangelder@profundo.nl
Website: www.profundo.nl**

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Inleiding.....	4
Hoofdstuk 1 Europese vraag naar medische isotopen.....	6
1.1 Inleiding	6
1.2 Door VROM gebruikte bronnen	6
1.2.1 AIPES	6
1.2.2 Nederlandse Vereniging van Nucleaire Geneeskunde	7
1.2.3 Technopolis.....	7
1.2.4 Reactor Instituut Delft.....	7
1.2.5 Bonet, David, Ponsard	8
1.2.6 World Nuclear Association	8
Hoofdstuk 2 Productiecapaciteit voor medische isotopen	9
2.1 Mondiale productiecapaciteit	9
2.2 HFR Petten.....	2
2.2.1 Huidige situatie.....	2
2.2.2 Vervanging.....	3
2.2.3 Productiecapaciteit.....	3
2.3 OSIRIS-reactor.....	4
2.3.1 Huidige situatie.....	4
2.3.2 Productiecapaciteit.....	4
2.4 BR2-reactor	5
2.4.1 Huidige situatie.....	5
2.4.2 Productiecapaciteit.....	6
2.5 Overige reactoren	7
2.5.1 OPAL in Australië.....	8
2.5.2 NRU in Canada	8
2.5.3 Reactoren in de VS.....	9
2.5.4 Safari-1 in Zuid-Afrika.....	9
Hoofdstuk 3 Conclusies	11
3.1 Europese vraag	11
3.2 Productiecapaciteit	11
3.3 Productieperioden	12
3.4 Eindconclusies.....	12
Bijlage 1 Bronverwijzingen	14

Samenvatting

De Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten werd in augustus 2008 stilgelegd, omdat er problemen met de koelinstallatie waren, waardoor de kans op een kernsmelt met alle gevolgen van dien toeneemt. Hoewel de reactor niet aan de vergunning voldoet, is de HFR op 12 februari 2009 weer opgestart.

Daarvoor is door het Nederlandse ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) een beschikking afgegeven die geldig is tot 1 maart 2010. Daarin staat dat het 'in bedrijf gaan van de HFR slechts alleen kan worden gerechtvaardigd als er een zwaarder wegend belang is dat tegen het niet optimaal veilig zijn van de reactor opweegt'.

Greenpeace Nederland vermoedt dat het hierbij niet alleen om medische belangen gaat, maar dat ook economische belangen een rol spelen. Voor HFR-eigenaar NRG betekent het stilleggen van de reactor dat er geen inkomsten uit onderzoek en isotoopproductie worden verkregen. De reactoren in België en Frankrijk zouden mogelijk de productie kunnen opvangen als ze al hun andere (commerciële) activiteiten staken. Als economische belangen de doorslag hebben gegeven is in de ogen van Greenpeace het weer opstarten van de HFR niet noodzakelijk voor de Europese productie van medische isotopen en zou de reactor daarom zo snel mogelijk stil gelegd moeten worden.

Op grond van deze overwegingen heeft Greenpeace Nederland aan Profundo gevraagd om na te gaan of het volledig operationeel zijn van de HFR in Petten in alle opzichten noodzakelijk is om in de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010 aan de Europese vraag naar medische isotopen te kunnen voldoen.

Europese vraag

Uit de analyse van diverse rapporten en websites die ook gebruikt zijn voor besluitvorming door VROM, wordt duidelijk dat medische isotopen, en met name het meest gebruikte Molybdeen-99 (^{99}Mo), gebruikt worden voor 25 tot 30 miljoen medische behandelingen per jaar wereldwijd. De genoemde cijfers voor de benodigde hoeveelheid ^{99}Mo bestaan grotendeels uit schattingen en lopen uiteen doordat rekening wordt gehouden met verschillende groeiscenario's, variërend van 1,5% tot 5%. We gaan uit van een mondiale behoefte van 6.000-7.000 Ci ^{99}Mo per week. De behoefte aan medische isotopen in Europa zou 22% van de mondiale vraag zijn. Omgerekend is dat dus 1.320 tot 1.540 Ci ^{99}Mo per week.

Uit de bespreking van de door VROM gebruikte literatuur blijkt echter duidelijk dat er geen betrouwbare, verifieerbare bronnen zijn waarop een schatting van de huidige Europese vraag naar ^{99}Mo gebaseerd kan worden. Producenten drukken hun productiecapaciteit bovendien uit in percentages van de wereldbehoefte, terwijl het niet duidelijk is hoe groot die behoefte precies is. In het overleg met VROM hanteert HFR Petten cijfers die de noodzaak van hernieuwde opening moeten aantonen, zonder dat deze cijfers door externe partijen kunnen worden geverifieerd.

Productiecapaciteit

In de periode dat HFR Petten stil heeft gelegen is de productie gedeeltelijk en tijdelijk overgenomen door andere reactoren. We hebben onderzocht of dit ook mogelijk is gedurende een langere periode.

- **BR2**
De BR2-reactor in België zou de productie van HFR Petten gedeeltelijk kunnen overnemen in bepaalde periodes. De maximale productiecapaciteit van BR2 is zelfs vergelijkbaar met de huidige productiecapaciteit van de HFR Petten, zo'n 30-35% van de wereldbehoefte aan ⁹⁹Mo. Maar de BR is in essentie een onderzoeksreactor en de beheerder wil deze doelstelling en bijbehorende activiteiten niet aanpassen.
- **NRU**
De Canadese NRU 'draait op volle toeren' en bijna volledig voor de productie van medische isotopen. Ze voorziet daarmee de Noord-Amerikaanse markt en in bepaalde periodes ook Europa. Het lijkt niet mogelijk dat NRU ook de volledige productiecapaciteit van de HFR erbij zou kunnen nemen.
- **OPAL**
In Australië zal naar verwachting de nieuwe reactor OPAL binnenkort volledig operationeel worden. Op dit moment zijn er echter beperkingen waardoor de maximale productiecapaciteit nog niet gehaald wordt. Bovendien zal dit net voldoende zijn voor de nationale behoefte aan ⁹⁹Mo en hoeven we voorlopig nog niet te verwachten dat er een bijdrage komt aan de Europese vraag.
- **OSIRIS**
De OSIRIS-reactor in Frankrijk zou in theorie 1.500-2.000 Ci ⁹⁹Mo per week kunnen produceren. Er zijn echter allerlei beperkingen door de lopende contracten, de huidige vergunningen, de faciliteiten en infrastructuur.
- **SAFARI-1**
De Zuid-Afrikaanse reactor SAFARI-1 kan in theorie ook de productiecapaciteit verhogen tot 30% van de wereldbehoefte maar heeft met vergelijkbare problemen als OSIRIS en BR2. Het zijn vooral economische belangen die het reactor bedrijf ervan weerhouden om de productie structureel te verhogen.

Productieperiodes

Qua capaciteit kunnen BR2 en Osiris de productie van medische isotopen van de HFR overnemen, als andere activiteiten kunnen worden gestaakt en als ze niet zelf in onderhoud zijn. Vanwege de geringe bijdrage van Osiris zou HFR Petten met name in bedrijf moeten zijn in alle periodes dat de BR2 vanwege onderhoud dicht gaat.

Volgens de reactorbedrijven zijn de schema's van Osiris, BR2 en HFR nu al zo goed mogelijk op elkaar afgestemd. Een centraal document met alle productieschema's is aanwezig maar niet publiek beschikbaar. Zonder die informatie is het echter niet mogelijk om precies aan te geven in welke periodes HFR buiten bedrijf gesteld kan worden.

Eindconclusies

Volgens VROM kan het 'in bedrijf gaan van de HFR slechts alleen worden gerechtvaardigd als er een zwaarder wegend belang is dat tegen het niet optimaal veilig zijn van de reactor opweegt'. Uit de verzamelde gegevens blijkt dat VROM dit zwaarder wegende belang onvoldoende heeft onderbouwd:

- Onduidelijk is hoe groot de Europese vraag naar medische isotopen op dit moment is - er zijn geen betrouwbare en verifieerbare cijfers beschikbaar.

- Andere reactoren kunnen de productie van HFR in de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010 volledig overnemen, maar schrikken daarvoor terug vanwege de hoge kosten. Door VROM is echter niet onderzocht hoe hoog deze kosten zijn en of die opwegen tegen het in gebruik stellen van een onveilige reactor;
- De Europese reactoren BR-2 en Osiris kunnen, in de periodes dat zij zelf niet voor onderhoud stilliggen, de productie van HFR Petten in verschillende gedeeltes van de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010 overnemen. Om welke periodes dit precies gaat heeft VROM niet beoordeeld en valt voor buitenstaanders ook niet te verifiëren.
- Financiële argumenten lijken een grote rol te spelen bij de heropening van de HFR Petten. Niet alleen het financiële belang van de beheerder van Petten speelt een rol, maar ook dat het voor andere reactoren onaanvaardbaar is om de medische isotopenproductie van Petten over te nemen, ten koste van andere, meer winstgevende activiteiten. Zeker nu de reactor niet optimaal veilig is, is het van belang dat VROM duidelijk maakt waarom Nederlands belastinggeld in de HFR Petten wordt geïnvesteerd om medische isotopen onder de kostprijs voor de mondiale radiofarmaceutische markt te kunnen produceren.

Inleiding

De Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten werd in augustus 2008 stilgelegd, omdat er problemen met de koelinstallatie waren. Na onderzoek werd corrosie in het primaire koelwatersysteem aangetoond, waardoor de kans op een kernsmelt met alle gevolgen van dien toeneemt. Desondanks is de HFR op 12 februari 2009 weer opgestart, hoewel de reactor niet aan de vergunning voldoet.

Door het Nederlandse ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) is voor de hernieuwde opstart een beschikking afgegeven die geldig is tot 1 maart 2010. Voor aanvang van elke cyclus moet de veiligheid en de situatie op de isotopenmarkt opnieuw geëvalueerd worden. Volgens de beschikking kan het 'in bedrijf gaan van de HFR slechts alleen worden gerechtvaardigd als er een zwaarder wegend belang is dat tegen het niet optimaal veilig zijn van de reactor opweegt'.

Greenpeace Nederland vermoedt dat het hierbij niet alleen om medische belangen gaat, maar dat ook economische belangen een rol spelen in de beslissing de HFR weer op te laten starten. Voor HFR-eigenaar NRG betekent het langer stilleggen van de reactor immers dat voor een langere periode geen inkomsten uit onderzoek en isotoopproductie worden verkregen. De reactoren in België en Frankrijk die het afgelopen half jaar de productie van de HFR hebben opgevangen, zouden dat mogelijk kunnen blijven doen als ze al hun andere (commerciële) activiteiten staken. Als economische belangen de doorslag hebben gegeven is in de ogen van Greenpeace het weer opstarten van de HFR niet noodzakelijk voor de Europese productie van medische isotopen. Dat zou tot de conclusie kunnen leiden dat er niet voldaan is aan de door het ministerie van VROM gestelde eis dat er een zwaarder wegend belang is dat tegen het niet optimaal veilig zijn van de reactor opweegt. Volgens Greenpeace zou de reactor daarom zo snel mogelijk stil gelegd moeten worden.

Op grond van deze overwegingen heeft Greenpeace Nederland aan Profundo gevraagd om na te gaan of het volledig operationeel zijn van de HFR in Petten in alle opzichten noodzakelijk is om in de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010 aan de Europese vraag naar medische isotopen te kunnen voldoen. In dit rapport wordt verslag gedaan van dit onderzoek.

Onderzoeksvragen

Op basis van het onderzoeksdoel zijn de volgende concrete onderzoeksvragen geformuleerd:

- hoe groot is in de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010 de Europese vraag naar medische isotopen (met name molybdeen-99) die geproduceerd moeten worden in een kernreactor?
- hoeveel medische isotopen kan de OSIRIS-reactor in Frankrijk leveren als alle andere (commerciële) activiteiten worden stilgelegd?
- hoeveel medische isotopen kan de BR2-reactor in België leveren als alle andere (commerciële) activiteiten worden stilgelegd?
- welke bijdrage kunnen de reactoren in Canada en Zuid-Afrika leveren aan de productie van medische isotopen voor de Europese markt?
- hoe lang en in welke maanden moet de HFR operationeel zijn om de gaten in de productiecapaciteit van andere reactoren op te vangen?

Op de onderzoeksvragen is een antwoord gezocht door het analyseren van websites en andere publicaties van de betrokken bedrijven en overheden, rapporten en andere publicaties van onderzoeksinstellingen en marktonderzoeksbureaus, alsmede artikelen in algemene media, vakbladen en wetenschappelijke publicaties. Bovendien zijn via e-mail en telefonisch aanvullende vragen worden gesteld aan de betreffende bedrijven en aan (onafhankelijke) deskundigen.

In Hoofdstuk 1 wordt de Europese vraag naar medische isotopen besproken. In Hoofdstuk 2 wordt vervolgens ingegaan op de Europese productiecapaciteit voor medische isotopen. In Hoofdstuk 3 worden conclusies getrokken. Een samenvatting van de resultaten van dit onderzoek vindt u op de eerste pagina's van dit rapport.

Hoofdstuk 1 Europese vraag naar medische isotopen

1.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag naar de omvang van de Europese vraag naar medische isotopen (met name molybdeen-99) in de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010. Er zijn veel (nieuws)artikelen te vinden die spreken van een tekort aan medische isotopen of een risico op een tekort zodra een van de vier belangrijke kernreactoren voor een korte periode sluit. Marktcijfers over de precieze vraag naar medische isotopen blijken echter moeilijk te vinden.

In de afweging rond de vergunningverstrekking aan de HFR in Petten baseert het Nederlandse ministerie van VROM zich op een aantal bronnen, die te vinden zijn op de website van VROM. We hebben de rapporten, inclusief referenties, die VROM heeft gebruikt geanalyseerd, de websites van betrokken organisaties bekeken en medewerkers gesproken. Op basis van deze informatie zijn de door VROM gebruikte bronnen kritisch geanalyseerd.

1.2 Door VROM gebruikte bronnen

1.2.1 AIPES

De Europese Industrial Association for Nuclear Medicine and Molecular Healthcare AIPES (Association of Imaging Producers & Equipment Suppliers) heeft onder andere in haar missie staan dat ze de logistiek en operatie van technieken voor beeldvorming en therapie met behulp van moleculaire en radioactieve 'tracers' zal ondersteunen. AIPES deed 2 februari 2009 een oproep om de HFR Petten te heropenen en investeringen in benodigde infrastructuur voor de productie van medische isotopen te verhogen.

In dit persbericht wordt uitgelegd dat het tekort, ontstaan na de sluiting van HFR Petten in augustus 2008, nog steeds niet is verminderd en dat de andere Europese reactoren niet verder belast kunnen worden. Ondanks de aanpassingen aan de schema's van deze reactoren zijn ze niet in staat de Europese productie over te nemen, aldus AIPES. HFR Petten heeft een cruciale rol in de Europese productie van medische isotopen. Voor 2009 en 2010 vreest AIPES het ergste, omdat dan de reactoren in Zuid-Afrika en Canada die medische isotopen produceren voor onderhoud gesloten worden. Daardoor kunnen er periodes ontstaan waarin niet aan de vraag kan worden voldaan.¹

Een rapport van AIPES uit november 2008 beschrijft de vraag en aanbod van medische isotopen op de korte en lange termijn en wat nodig is om tekorten te voorkomen. Het rapport is door VROM gebruikt als bron voor besluitvorming over de heropening van HFR Petten. De wereldbehoefte aan ⁹⁹Mo wordt geschat op 25 tot 30 miljoen behandelingen per jaar met een groei van 1,5 tot 2,5% per jaar tot 2018.

De geschatte behoefte aan ⁹⁹Mo is 10.000 tot 12.000 Ci per week, maar onduidelijk is voor welk jaar deze schatting geldt. Europa vertegenwoordigt ongeveer 22% van de mondiale vraag, Noord-Amerika 52%, Azië en het Pacifisch gebied 20%, en andere regio's 6%.²

Opmerkelijk genoeg staat op de website van AIPES echter dat "*The present world demand for molybdenum (Mo-99), the parent radioisotope of Tc-99m, is estimated at 6000 to 7000 Ci per week.*"³ Het lijkt er daarom op dat de geschatte mondiale behoefte in het AIPES-rapport geen betrekking heeft op het jaar 2009, maar op het jaar 2018.

1.2.2 Nederlandse Vereniging van Nucleaire Geneeskunde

De medische wereld in Nederland drong al langere tijd aan op de hernieuwde ingebruikname van de HFR Petten. In een brief in september 2008 wijst de Nederlandse Vereniging van Nucleair- Geneeskundigen (NVNG) erop dat vooral patiënten in Europa onverantwoord lang op onderzoeken moeten wachten. Tegelijk met het wegvallen van de productie in Petten moest eind augustus ook de IRE isotopenfabriek in België uit bedrijf vanwege een lekkage. De Volkskrant schreef hierover dat volgens de NVNG andere kernreactoren in de wereld, in Canada, Frankrijk en Zuid-Afrika, het wegvallen van de productie niet konden opvangen.⁴

De voorzitter van de NVNG, de heer Verzijlbergen, verwijst in een gesprek over de behoeften aan medische isotopen naar een rapport van Technopolis dat op verzoek van VROM gemaakt is. Bij hem is geen ander rapport bekend over de Europese vraag naar medische isotopen.

Verder geeft hij aan dat Nederlandse ziekenhuizen hun isotopen voornamelijk uit de reactor in Petten halen. Wanneer de HFR stil ligt voor onderhoud, kan aanvoer plaatsvinden uit België en uit Canada. Osiris in Frankrijk en Zuid Afrika spelen geen grote rol.⁵

1.2.3 Technopolis

Het onderzoeksbureau Technopolis publiceerde in december 2008, op verzoek van het ministerie van VROM, een rapport over de markt voor radiofarmaca. Volgens dit rapport worden reactorisotopen voor meer dan 90% gebruikt voor beeldvormende technologieën. De verwachting van de geconsulteerde experts is dat de vraag naar radiofarmaca die geproduceerd worden in een kernreactor zal blijven bestaan tot 2025. Op het gebied van de nucleaire geneeskunde verwachten de experts dat de huidige snelle ontwikkeling van PET zal doorzetten en dat dit een relatieve daling van het gebruik van reactorisotopen zal veroorzaken. Echter, door de lage kosten en relatieve eenvoud van SPECT en planaire nucleaire technologie zullen deze technologieën blijven bestaan en in absolute zin even veel gebruikt worden.⁶

Deze conclusies gaan echter vooral over de Nederlandse situatie en niet over de Europese behoeften. Bovendien gaat het rapport vooral in op de situatie in de klinische praktijk bij de Nederlandse ziekenhuizen die een voortrekkersrol spelen. Er worden geen absolute aantallen genoemd als het gaat om omvang van de vraag naar radiofarmaca. Het rapport gaat vooral in op de verwachtingen voor de verre toekomst en niet op de concrete vraag naar radiofarmaca in het komende jaar. Het rapport stelt dat “een volledig beeld van het gebruik van de verschillende modaliteiten nu (en in het verleden) slechts mogelijk is door productiecijfers van de afdelingen radiologie en nucleaire geneeskunde van alle Nederlandse ziekenhuizen op te vragen, onderverdeeld naar modaliteit.”⁷

1.2.4 Reactor Instituut Delft

Ook het Reactor Instituut Delft schreef op verzoek van het ministerie van VROM een rapport over de markt voor radiofarmaca. Volgens dit rapport bestaat er voor medische behandelingen wereldwijd een behoefte aan ⁹⁹Mo van ongeveer 12.000-18.000 Curie¹ per week, waarvoor momenteel de capaciteit van de huidige producenten in principe toereikend is. De hoeveelheden ⁹⁹Mo radioactiviteit genoemd in dit rapport zijn gebaseerd op ‘6 dagen’ radioactiviteit. Dat betekent dat er feitelijk 4 maal meer radioactiviteit dan die 12.000-18.000 Curie geproduceerd (de zogenaamde “uit reactor productie”) moet worden omdat door het verval van ⁹⁹Mo (halveringstijd 66 uur) iedere 24 uur de radioactiviteit met ca. 22% afneemt tussen het moment van productie en het moment van levering na 6 dagen.⁸

¹ Alhoewel de Becquerel (Bq) de S.I. afgeleide eenheid van radioactiviteit is sinds 1974, wordt in de nucleaire geneeskunde, in de radionuclide productie wereldwijd en in de literatuur en rapporten nog steeds de oude eenheid Curie (Ci) gebruikt bij beschrijving van de hoeveelheid radioactiviteit. 1 Curie = 3.7×10^{10} Bq.

Volgens Reactor Instituut Delft zijn de hoeveelheden ^{99}Mo die geproduceerd zouden moeten worden wereldwijd dus ongeveer 48.000-72.000 Ci per week.

In een gesprek met de auteur van het rapport wordt duidelijk dat deze cijfers zijn gebaseerd op schattingen. Hoewel productieaantallen wel moeten worden bijgehouden door de reactoren en isotoopproducenten, zijn hun productiecijfers niet zonder meer beschikbaar.⁹

1.2.5 Bonet, David, Ponsard

Het Reactor Instituut Delft baseert zich in zijn rapport op een artikel van Bonet, David en Ponsard - medewerkers van IRE en SCK-CEN. Volgens deze auteurs wordt 80% van de mondiale ^{99}Mo / $^{99\text{m}}\text{Tc}$ productie gebruikt voor 25 miljoen diagnoses en 2 miljoen therapieën per jaar.

Volgens de drie auteurs zou de benodigde productiecapaciteit 2,5 maal de behoefte moeten dekken om op momenten waarop een tekort kan ontstaan door onderhoud van een reactor altijd te kunnen leveren. Om die reden heeft AIPES een werkgroep opgezet om de schema's op elkaar af te stemmen. Hierin is de BR2 vooral de back-up reactor.

De cijfers van de drie auteurs over productiecapaciteit zijn deels gebaseerd op een artikel met cijfers uit 2005 van Frank N. von Hippel en Laura H.Kahn, van Princeton University.¹⁰

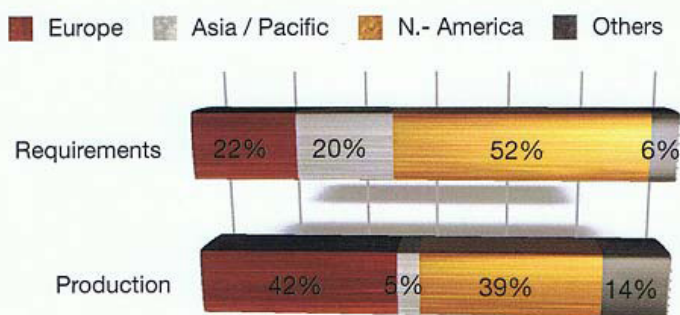
1.2.6 World Nuclear Association

Volgens de World Nuclear Association (WNA) gebruiken 10.000 ziekenhuis wereldwijd radioactieve isotopen in medicijnen, waarvan 90% bestemd is voor het stellen van diagnose. Het meest gebruikte isotoop technetium wordt gebruikt in 30 miljoen behandelingen per jaar. In de VS worden ongeveer 18 miljoen behandelingen gegeven en in Europa 10 miljoen. Het gebruik van radioactieve isotopen zou groeien met 10% per jaar.¹¹

Hoofdstuk 2 Productiecapaciteit voor medische isotopen

2.1 Mondiale productiecapaciteit

Volgens AIPES is de productiecapaciteit van de huidige reactoren net voldoende om aan de mondiale vraag te voldoen. Maar er kunnen erg gemakkelijk leveringsproblemen ontstaan. Een deel van het probleem volgens AIPES is de onbalans tussen vraag en aanbod wereldwijd. In een paar regio's wordt meer geproduceerd dan nodig in die regio en dit wordt door anderen geconsumeerd, zie Figuur 1.



Figuur 1. Geschatte reactor productie en behoeften van ^{99}Mo verdeeld naar regio's in 2007.

Een ander probleem dat heeft bijgedragen aan de huidige zeer onstabiele situatie voor levering van medische isotopen is de reactie van de markt op het besluit om te zorgen voor overcapaciteit zodat de levering kan worden gegarandeerd. Deze overcapaciteit van reactoren heeft vervolgens echter geresulteerd in competitie tussen reactor bedrijven en andere spelers op de markt en tot een druk op de prijzen. Reactorbedrijven hebben nu maar weinig middelen om nieuwe faciliteiten te ontwikkelen die de huidige kunnen vervangen.

De oplossingen voor de (te verwachten) tekorten aan medische isotopen volgens AIPES zijn op de korte termijn vooral het garanderen van de beschikbaarheid van de reactors. Daarbij neemt AIPES een coördinerende rol op zich om ervoor te zorgen dat er zo min mogelijk reactors tegelijkertijd stilliggen. Op de langere termijn moeten meer systematische oplossingen bedacht worden, zoals:

- Gehele of gedeeltelijke conversie van bestaande onderzoeksreactoren naar productie reactoren voor radionucliden, zoals de FRM-II in Duitsland;
- Afhankelijkheid van de wereldmarkt van een netwerk van 'kleinere' productie reactors, en aanverwante logistiek onderwerpen;
- Het gebruik van deeltjesversnellers en hybride systemen voor industriële productie van medische isotopen..

Er wordt nu in Europa echter maar aan een reactor gebouwd die (deels) geschikt is voor het produceren van medische isotopen: de Jules Horowitz reactor in Frankrijk. En dat terwijl de huidige reactoren over een paar jaar allemaal moeten worden vervangen en de komende jaren veel onderhoud nodig hebben.¹²

Tabel 1 geeft een overzicht van de productiecapaciteit van de belangrijkste reactoren in de wereld, gebaseerd op cijfers uit 2003 en 2005.

Tabel 1 Mondiale productiecapaciteit m.b.t. Mo-99¹³

Reactor	Exploitant en verwerkingsfabrikant	Bedrijfsdagen per jaar	Geschatte rest-levensduur	Maximale capaciteit van huidige vraag ⁹⁹ Mo in %	Huidige capaciteit in %
NRU (Canada)	AECL geleverd via MDS Nordion	315-320	3 ^b	70	40-45
BR2 (België)	CEN-SCK geleverd via IRE en Tyco	100-105	10	8 ^c	10
HFR (EU/NL)	GCO/NRG geleverd via IRE en Tyco	280-290	12 ^d	30 ^e	27-30
Osiris (Frankrijk)	CEA geleverd via IRE	190-200	10 ^b	10	2
FRJ2 (Duitsland)	FZ-JÜLICH geleverd via IRE	200	10 ^b	5	2
SAFARI-1 (Zuid-Afrika)	NECSA geleverd via NTP	310-315	20	30	10
HIFAR (Australië)	ANSTO	230	5 ^b	5	2
Totaal		1625-1660		160	95

De productiecapaciteiten in Tabel 1 zijn uitgedrukt in percentages van de mondiale vraag, maar onduidelijk is waarop de producenten hun schattingen van de mondiale vraag baseren.

De reactorexploitanten leveren de bestraalde 'targets' aan fabrikanten van Molybdeen-generatoren, die meestal op hetzelfde terrein een verwerkingsfabriek hebben. Van de medische isotopen wordt 40% geleverd aan de farmacie via MDS Nordion, 25% via Tyco, 20% via IRE en 10% via NTP.¹⁴

De huidige vijf voornaamste radionucliden producerende kernreactoren (NRU, BR2, HFR, Osiris en SAFARI) zijn al 40-50 jaar in bedrijf, en zullen naar verwachting rond 2015 uit bedrijf zijn genomen. Twee nieuwe grote reactoren (CARR, Jules Horowitz) zullen in 2015 operationeel zijn. Door concurrerende belangen en prioriteitstelling (wetenschappelijk onderzoek vs. routinematige productie) is het de vraag of productie van medische radionucliden in deze reactoren van significante omvang kan zijn. Volgens Reactor Instituut Delft zijn op de lange termijn daarom rond 2015 dringend nieuwe reactoren nodig, met een bedrijf specifiek gericht op het produceren van radionucliden voor medische toepassingen en van het 'hoge flux' type.

Maar ook op de korte termijn kunnen leveringsproblemen ontstaan. Al in 2002 (tijdelijke stillegging HFR), in 2007 (tijdelijke stillegging NRU) en 2008/2009 (tijdelijke stillegging HFR) is duidelijk geworden dat de onverwachte onderbrekingen van het bedrijfsprogramma van een van de vijf grootste producenten, nauwelijks kunnen worden opgevangen door de andere reactoren in de wereld. Zeker de productie van de NRU of de HFR kan niet permanent worden opgevangen door reactoren in Zuid-Afrika en België. Voor een week misschien wel, maar niet structureel.¹⁵

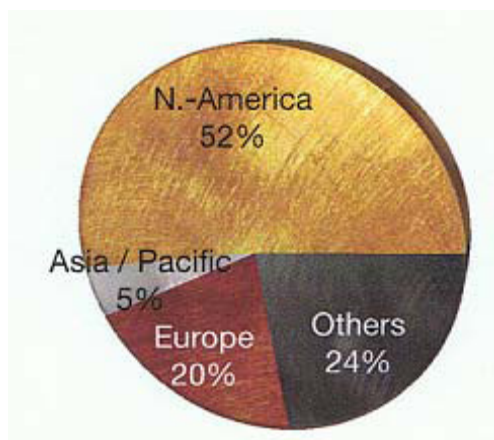
^b Het besluit om deze reactoren te vervangen is genomen. De restlevensduur van Osiris is afgestemd op het beschikbaar komen van de nieuwe reactor. HIFAR en FRJ2 zijn al gesloten en vervangen door respectievelijk OPAL en FRM2.

^c In verband met vatmateriaal 'verbrossing' is zowel het aantal bedrijfsdagen per jaar als het vermogen sterk gereduceerd. De capaciteit zou zonder deze restrictie zeker een factor vijf hoger kunnen.

^d Afhankelijk van de uitkomsten van het in service inspectieprogramma. Dit programma heeft betrekking op de kwaliteit van de lassen, in het bijzonder of er geen defecten optreden. Brief van de minister van VROM van 13 maart 2002 (kenmerk VI/KFD/020388.477).

^e Onderzocht wordt om de kernbestralingsposities in te zetten. De eerste proeven (met pijpvormige targets) zijn succesvol gebleken. Hierdoor kan de capaciteit met 35% toenemen tot 40% van de huidige wereldvraag.

Volgens AIPES liet de leveringscrisis in september 2008 - ontstaan door de sluiting van HFR - ook zien dat andere reactoren van medische isotopen de productie van HFR Petten wel kunnen overnemen. Uit Tabel 1 blijkt ook dat de maximale capaciteit vele malen meer is dan de behoefte. Als deze beter benut zou worden hoeven er geen problemen meer te ontstaan.



Figuur 2. Reactor productie van ⁹⁹Mo verdeeld naar regio's, geschatte data voor oktober 2008, aangepast voor de leveringscrisis.¹⁶

Figuur 2 laat zien hoe regionale aandelen in de productie zijn veranderd door de leveringscrisis. Waar Europa normaal 42% produceerde werd in september de productie vooral in Noord-Amerika gedaan (normaal 39%) en op andere plaatsen (normaal 14%). De regio's waren in deze periode zelfvoorzienend. Vooral de kleine producenten hebben een belangrijke rol gespeeld om de tekorten op te heffen. Daarnaast hebben de Canadese NRU en de Zuid-Afrikaanse SAFARI-1 reactor hun productie verhoogd.

Dit geeft aan dat het niet per se noodzakelijk is dat HFR Petten continu moet draaien. In de komende paragrafen geven we daarom een beschrijving van de belangrijkste reactoren en hun productiecapaciteit. Ook bekijken we of het mogelijk is dat deze reactoren structureel hun productie verhogen.

2.2 HFR Petten

2.2.1 Huidige situatie

De HFR Petten wordt beheerd en gebruikt door Nuclear Research and consultancy Group (NRG). De vennootschap onder firma NRG is ontstaan uit de samenvoeging van de dienstverlening m.b.t. straling, milieu en nucleaire technologie van ECN (70% aandeel) en KEMA (30% aandeel). Bovendien werd TNO-CSD (persoons dosimetrie) overgenomen. Op deze wijze is een Center of Excellence ontstaan voor alle aspecten van de nucleaire technologie.

Op 1 december 2006 heeft ECN het belang van 30% overgenomen dat KEMA in NRG had. Van de 900 mensen die in dienst zijn bij ECN werken circa 300 medewerkers bij NRG. ECN heeft een jaaromzet van € 122 miljoen.¹⁷

Sinds 6 mei 2006 wordt er *low enriched uranium* (LEU) gebruikt als splijtstof voor de HFR. NRG koopt de nieuwe brandstof in van Europese partners en het gebruikte materiaal wordt afgevoerd naar COVRA (Centrale Organisatie voor Radioactief Afval) in Vlissingen.¹⁸

Na een sluiting van een half jaar wegen corrosie problemen het koelwatersysteem is de HFR in februari 2009 weer geopend. Na de extra maatregelen die genomen zijn, is de Hoge Flux Reactor weer veilig. Dat is ook geconcludeerd door een missie van het Internationaal Atoom Agentschap (IAEA) uit Wenen, die de reactor aan een inspectie onderwierp begin januari. De toestemming tot herstart is geldig tot 1 maart 2010 en er zijn voorwaarden aan verbonden. Zo moet het ministerie van VWS voor elke productiecyclus van vier weken de noodzaak van productie van medische isotopen aangeven. In de beschikking staat dat als zich *"ontwikkelingen ten aanzien van vraag en aanbod op de wereldmarkt voor medische isotopen voordoen waardoor het bedrijf van de HFR minder noodzakelijk is"*, de vergunninghouder dat onmiddellijk moet melden.¹⁹

Reden tot heropening was om de ondercapaciteit van de productie van medische isotopen op te vangen. Daarnaast zijn ook materiaalbestralingen gestart ten behoeve van de bedrijfsduurverlenging van 14 kerncentrales in Groot-Brittannië. Hier liggen plannen om nieuwe kerncentrales te bouwen maar tot die tijd moeten de bestaande reactoren, vaak al tientallen jaren oud en in feite afgeschreven, open blijven. Grafiet uit de Engelse kerncentrales wordt in de reactor tot de zomer van 2010 bestraald, om aan de weet te komen of dit materiaal bruikbaar is voor het veilig open houden van de centrales. Groot-Brittannië heeft de HFR daarvoor nodig omdat ze zelf niet meer over een onderzoeksreactor zouden beschikken.²⁰

NRG zou, om de problemen met het koelsysteem te verhelpen, aanvankelijk een huls in de aangetaste leiding inbrengen. Het bedrijf heeft daar vanaf gezien, omdat de operatie zeer complex is en lang duurt. Op termijn (in 2010) wil NRG het aangetaste deel van het koelsysteem compleet vervangen.²¹

2.2.2 Vervanging

Uiteindelijk wil NRG de HFR in 2015 voorgoed sluiten en een nieuwe in gebruik nemen, PALLAS. Dit is een gezamenlijk project van Nuclear Research & consultancy Group (NRG), the Joint Research Center (JRC), Mallinckrodt Medical and Reactor Institute Delft (RID, Technische Universiteit Delft). De nieuwe faciliteit zal:

- bijdragen aan nucleaire veiligheid en betrouwbaarheid;
- bijdragen aan de volksgezondheid (via o.a. medische isotoop productie);
- onderzoeksfaciliteiten bieden met het oog op de toekomstige energievoorziening;
- mogelijkheden bieden voor opleiding en training.²²

In 2008 is NRG begonnen met de aanbesteding voor de bouw van de nieuwe reactor. Begin 2009 zal NRG kiezen uit de ontwerpen van drie partijen. Ook het vergunningstraject dat nodig is voor de daadwerkelijke bouw is gestart. De locatie voor PALLAS is overigens nog onbekend, zowel Petten als Borssele worden genoemd als optie.²³

2.2.3 Productiecapaciteit

NRG claimt de "grootste producent van isotopen voor de medische sector in Europa en zelfs grote producent op mondiaal niveau" te zijn. Gemiddeld is het 25% tot 50% van de Europese vraag. *"Op dit moment produceert de HFR volgens NRG zelfs 60% van de Europese vraag naar medische isotopen en 30% van de mondiale vraag naar medische isotopen"*, zo staat in een persbericht.²⁴

Meer gedetailleerde informatie willen medewerkers van NRG niet geven, omdat dit gaat om informatie van klanten (IRE en Tyco). Ook het productieschema voor het komende jaar wordt niet vrijgegeven, mede omdat het onzeker is of alle periodes doorgaan. Ze moeten immers voor elke productieperiode aantonen dat het nodig is. Volgens Peter Bode van Reactor Instituut Delft produceert HFR Petten ongeveer 6000 Ci per week.²⁵



Op de website van NRG vinden we een afbeelding (zie hiernaast) met het volgende bijschrift: *“Medische isotopen op weg naar de ziekenhuizen in Europa, maar ook ver daarbuiten.”* Het is tegenstrijdig met de argumentatie dat Petten open moet blijven in verband met de levering aan ziekenhuizen in Europa. Als zij kunnen leveren aan verder weg gelegen ziekenhuizen kan er andersom ook aan ziekenhuizen in Europa worden geleverd door productiebedrijven daarbuiten. Dit heeft de berichtgeving van AIPES ook al aangetoond.

2.3 OSIRIS-reactor

2.3.1 Huidige situatie

OSIRIS hoort bij de Direction déléguée aux Activités Nucléaires de Saclay (DANS), onderdeel van de Direction de l’Energie Nucléaire (DEN) in het onderzoekscentrum in Saclay, nabij Parijs, eigendom van het Commissariat à l’Energie Atomique (CEA). De afdeling Reactors en Diensten (DRSN) beheert OSIRIS.²⁶

De productie van medische isotopen is onderdeel van een gezamenlijk programma met andere Europese reactor om levering ervan te kunnen garanderen aan ziekenhuizen. OSIRIS zou jaarlijks ongeveer 1000 cilinders (160 mm hoog en met een diameter van 22 mm) bestralen voor Franse en Europese farmaceutische industrie. In 2001-2002 is tijdens groot onderhoud het reactorvat vervangen. OSIRIS zal uiteindelijk worden gesloten als de nieuwe Jules Horowitz reactor operationeel wordt.²⁷

2.3.2 Productiecapaciteit

In een brief aan VROM legt Alain Alberman uit dat het erg lastig is voor Osiris om de productiecapaciteit voor ^{99}Mo te verhogen. Gedurende een beperkt aantal perioden is het wel mogelijk om meer isotopen te produceren dan gebruikelijk. Voor de tweede helft van 2009 heeft Osiris het schema al aangepast: van juni tot december worden 5 cycli verwacht. Bovendien komen er periodes van groot onderhoud aan in juni-oktober 2009 en maart-september 2010. Deze zijn nodig om aan alle veiligheidseisen te voldoen en de vergunning van de Franse Nucleaire Veiligheidsdienst tot 2015 te kunnen behouden. De contracten met andere gebruikers van Osiris voor 2009 liggen al vast. Om deze onderhoudswerkzaamheden op te schuiven naar 2010 zal een verzoek moeten worden ingediend bij de Franse ‘Nuclear Safety Agency’. Om de lopende contracten aan te passen zou VROM een officieel verzoek moeten indienen bij CEA.²⁸

Uit telefoongesprekken met Alberman wordt duidelijk het hier gaat om contracten met de Franse energiebedrijven (waaronder EdF) voor onderzoek ten behoeve van veiligheidsrapportage, maar ook om het ontwikkelen van nieuwe materialen voor de PWR kerncentrales in Frankrijk. Dit vertegenwoordigd ongeveer 70% van de inkomsten. Dan is er nog 15% van de inkomsten afkomstig van onderzoek naar splijtstof voor de nieuwe generatie reactoren GEN 4, en materialen voor de te bouwen nieuwe onderzoeksreactor JHR in Frankrijk. Zo'n 5% van inkomsten komt dan nog van het 'silicon doping' voor de halfgeleiderindustrie en de overige 10% komt van medische isotopenproductie. De operationele kosten van de reactor zijn ongeveer 25 miljoen euro per jaar, wat dus wordt opgebracht door bovenstaande inkomsten.

Volgens Alberman zou Osiris in theorie 1500-2000 Ci $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ (6 dagen calibratie) kunnen produceren. Dat is gelijk aan 40% van de Europese productie, zegt hij. Er zijn echter veel beperkingen aan deze oplossing:

- Er moeten lopende contracten worden aangepast en inkomsten worden gecompenseerd;
- er moeten vergunningen komen voor verwerking en transport van de verhoogde productie; en
- er moeten aanpassingen aan de faciliteiten rondom OSIRIS worden gedaan om de producten te kunnen verwerken.

Hij twijfelt echter of BR2 en Osiris gezamenlijk de productie van HFR Petten kunnen vervangen, al zouden ze alle aanpassingen doen. Hoewel er veel overleg is en de schema's zoveel mogelijk op elkaar worden afgestemd, zijn er in de toekomst meer leveringsproblemen te verwachten doordat er in Europa steeds een of twee reactoren dicht zijn. In 2010 verwacht Alberman zeker een probleem want op het moment dat de vergunning van Petten afloopt heeft Osiris een periode van 6 maanden onderhoud. Ook dit jaar is Osiris in onderhoud van juni tot oktober. Ze hadden beter nu in reparatie kunnen gaan, maar veel had het niet uitgemaakt want Osiris kan niet genoeg produceren om Petten te vervangen. Er moeten dus dringend besluiten worden genomen over de bouw van nieuwe reactoren.²⁹

2.4 BR2-reactor

2.4.1 Huidige situatie

Het Belgische Nucleaire Onderzoekscentrum SCK-CEN is eigenaar van BR2 en heeft een omzet van 80 miljoen euro per jaar, afkomstig van:

- 50 % directe overheidssubsidies;
- 10 % indirect overheidssubsidies via activiteiten voor ontmanteling van vrijgegeven installaties;
- 40 % inkomsten uit contractwerk en dienstverlening.

De BR2-reactor is een 100 MW high-flux Materiaal Testing Reactor van SCK-CEN en is tussen 1995 en 1997 grondig gerenoveerd, waardoor de levensduur is verlengd tot 2020-2025.

Het SCK-CEN werkt al verschillende jaren aan een nieuw type van kernreactor die aangedreven wordt door een deeltjesversneller, 'MYRRHA'. Het samenwerkingsverband dat SCK hiervoor heeft met het Franse CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) wordt nu verlengd met 5 jaar.

Dit houdt in dat op de locatie van SCK-CEN in Mol eerst een nieuwe installatie gebouwd zal worden, 'GUINEVERE', een laagvermogen proefopstelling van MYRRHA. Daarnaast zal er ook een Europees team van experts en ingenieurs tewerkgesteld worden bij SCK-CEN in Mol om MYRRHA in detail te ontwerpen.

Eens MYRRHA operationeel is, zal het multifunctioneel toegepast kunnen worden (voor de productie van radio-isotopen, onderzoek voor de ruimtevaart, opleiding...). Eén van de voornaamste voordelen is dat de vermindering van de radioactiviteit van radioactief afval op lange termijn (duizenden jaren) in MYRRHA bestudeerd kan worden door middel van scheiding en transmutatie. De bedoeling is dat MYRRHA operationeel wordt in 2016-2018.³⁰

2.4.2 Productiecapaciteit

De BR2 speelt een vooraanstaande rol in het onderzoek rond het gedrag van reactormaterialen. Met CALLISTO programma kan het SCK-CEN het gedrag van commerciële LWR-splijtstof als UO₂ en MOX bij zeer hoge versplijting, tot 60 GWd per ton metaal, grondig bestuderen. Om de kosten van de reactor te dekken worden ook commerciële bestralingen uitgevoerd voor de productie van halfgeleiders voor de micro-electronica. Verder produceert de BR2-reactor radio-isotopen voor onder meer diagnose- en therapietoepassingen in de nucleaire geneeskunde, voor lascontroles in de industrie, als merkstof in de landbouw.

Het produceren van medische isotopen -voor diagnose (⁹⁹Mo (of ^{99m}Tc) en ¹³³Xe), therapie (¹⁹²Ir, ¹²⁵I, ¹³¹I, ¹⁶⁹Er, ¹⁷⁷Lu, ¹⁸⁸W (¹⁸⁸Re) en pijnbestrijding (¹⁵³Sm, ¹⁸⁶Re, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Y, ¹⁸⁸W (¹⁸⁸Re))- speelt een steeds belangrijker rol doordat er steeds minder reactoren op de wereld zijn die medische isotopen produceren.³¹

De BR2-reactor is in staat om een groot scala aan radio-isotopen te produceren. In ons rapport uit 2000 concludeerden we nog dat de feitelijke productie niet erg hoog ligt door het aanbod van andere Europese producenten en de reactor vooral als back-up-faciliteit dient voor MDS Nordion.³²

Volgens een rapport van Reactor Instituut Delft heeft de BR2 reactor inmiddels een samenwerkingsovereenkomst met de HFIR-reactor van Oak Ridge National Laboratory (USA), en met Brookhaven National Laboratory (USA) om als back-up te dienen voor levering van radioisotopen aan de Amerikaanse markt.³³

Daarnaast zijn de medewerkers van HFR Petten en BR2 steeds in overleg om de productie op elkaar af te stemmen. BR2 draaide altijd al in perioden als Petten dicht is, zoals tijdens de vakantieperiode in de zomer bijvoorbeeld. Ook is het productieschema van BR2 aangepast zodra duidelijk werd dat Petten langer gesloten moest blijven. BR2 kan dus de productie van HFR Petten gedeeltelijk overnemen in bepaalde periodes.

Dit werd ook bevestigd in een gesprek met Bernard Ponsard, Project Manager voor de productie van radio-isotopen in de BR2 reactor van het SCK-CEN. De maximale productiecapaciteit van BR2 is vergelijkbaar met de huidige productiecapaciteit van de HFR Petten, zo'n 30-35% van de wereldbehoefte aan ⁹⁹Mo/^{99m}Tc. De dagen die BR2 te bieden heeft zijn kostbaar, volgens Ponsard: *"we kunnen niet alleen draaien voor medische isotopen. Het is technisch gezien mogelijk, maar BR2 is een onderzoeksreactor en geen 'dedicated reactor' voor de productie van radio-isotopen. Wij willen de doelstelling van de reactor behouden. Bovendien is de productie van medische isotopen niet kostendekkend en kunnen we dus de wetenschappelijke en andere commerciële capaciteiten niet kwijt. We doen nu al het maximale naast de onderzoeksprogramma's en zoeken naar mogelijkheden om de productie verder te verhogen (in 2010). We zouden bijvoorbeeld bestralingsposities kunnen aanpassen en een extra bestralingsperiode kunnen aanbieden vanaf 2010."*³⁴

De aanpassingen aan het schema heeft wel tot gevolg dat grote onderhoudswerkzaamheden zijn doorgeschoven naar de tweede helft van 2009 en niet langer uitgesteld kunnen worden. Dit blijkt uit een brief van Van Walle aan VROM, van waaruit we ook het productieschema hebben overgenomen in Tabel 2. De veiligheid van de reactor zou bij uitstel van de werkzaamheden in het geding komen: *“All maintenance periods are necessary to keep up with legal standards or are necessary to comply with other running contractual research obligations that we have”*. Van Walle maakt verder duidelijk dat uit de vergelijking van de schema's van Osiris en BR2 zal blijken dat er onvermijdelijk periodes komen waarin minder isotopen geproduceerd kunnen worden.³⁵

Tabel 2 Productieschema BR in 2009

Cyclusnummer	start	einde	Onderhoudsperiode, in weken
01/2009A	13-01-2009	03-02-2009	5
02/2009A	10-03-2009	31-03-2009	2
03/2009A	17-04-2009	08-05-2009	11
04/2009A	21-07-2009	18-08-2009	10
05/2009A	23-10-2009	20-11-2009	-

Wetenschappelijke en commerciële activiteiten zoals de medische isotopen productie hoeven elkaar niet altijd in de weg te zitten. Reactoren worden voor meerdere activiteiten tegelijk gebruikt. Maar de BR2 draait maar ongeveer 120 dagen per jaar. Zonder de geplande onderhoudswerkzaamheden die worden gedaan om aan die commerciële contractuele verplichtingen te kunnen voldoen, zou de BR2 wellicht meer kunnen draaien en de productiecapaciteit kunnen verhogen.

2.5 Overige reactoren

Er zijn wereldwijd ook een aantal landen die eigen productie tot stand brengen. Dit gebeurt op kleine schaal, en naar eigen behoefte. Deze productie voldoet vaak niet altijd helemaal aan de eisen van de artsen: in veel van die reactoren wordt ⁹⁹Mo gemaakt via neutronenactivering en het eindproduct heeft dan een veel lagere specifieke activiteit dan het product dat uit bestraling van U-targets wordt verkregen. In de VS zoeken ze bijvoorbeeld naar de mogelijkheid om kleine reactoren geschikt te maken voor productie zodat ze kunnen leveren als de Canadese NRU dicht gaat.

Daarnaast is in China recent een grote onderzoeksreactor (CARR) gebouwd. Maar, net als bij de andere reactoren, zie je ook hier dat belangen van andere onderzoek de productie van isotopen klem kan zetten. Productie van radionucliden vereist een reactor bedrijfsschema dat conflicterend kan zijn voor het onderzoeksprogramma. Zo ook in Duitsland waar de FRM-2 in Munchen bijna volledig als onderzoeksreactor draait. Daar kun je niet op bouwen voor de levering van medische isotopen.³⁶

We hebben verder recente informatie gevonden over de productiecapaciteit van reactoren in Australië, Canada, de VS en Zuid/Afrika, te vinden in de volgende paragrafen.

2.5.1 OPAL in Australië

De Lucas Heights Facility van ANSTO produceert medische isotopen. Het is een ideale locatie voor gelijktijdige productie van grote hoeveelheden verschillende soorten isotopen. Gemiddeld 3500 medische isotopen worden elke maand verhandeld. Toch importeert ANSTO op dit moment ^{99}Mo om aan de nationale behoeften te voldoen. Doordat dit erg kostbaar is, als zware luchtvracht, en de scheepvaart niet even betrouwbaar is het van belang dat er lokale Australische productie is.³⁷

De nieuwe reactor in Australië, OPAL, is naar verwachting in 2009 volledig operationeel. ANSTO verwacht dat het dan een 8-9 % marktaandeel in de levering van radionucliden zal kunnen bereiken, deels voor nationaal gebruik. In Australië wordt rekening gehouden met een geleidelijke toename in het aantal leveringen voor nucleaire geneeskunde van 0,5 miljoen tot 2 miljoen per jaar. Daarvan zal ca. 80 % betrekking hebben op $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, terwijl de rest van de radio-isotopen in cyclotrons zal worden geproduceerd.³⁸

Maar er zijn op dit moment nog problemen met de kernreactor en er moet nog een Molybdenum-99 verwerkingsfaciliteit gebouwd worden. OPAL is dus nog niet helemaal klaar voor volledige productie en het is nog niet duidelijk welke bijdrage ze zullen gaan leveren aan de wereldmarkt.³⁹

ANSTO heeft het productieschema op haar website gepubliceerd, zie Tabel 3.

Tabel 3 Productieschema OPAL in 1^e helft 2009⁴⁰

Cyclusnummer	start	einde	Onderhoudsperiode, in weken
12	26 Jan 2009	1 Mrt 2009 ^f	4
13	1 Apr 2009	26 Apr 2009	1
14	1 May 2009	2 Jun 2009	1
15	12 Jun 2009	7 Jul 2009	1
16	12 Jul 2009	13 Aug 2009	-

Volgens Verzijlbergen van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde wordt in Australië nu net genoeg geproduceerd om aan de eigen behoefte te voldoen. Er wordt wereldwijd veel over medische isotopen productie gesproken en samengewerkt en daaruit is ook gebleken dat ANSTO geen bijdrage kan leveren aan de Europese behoefte.⁴¹

2.5.2 NRU in Canada

Gestart in 1957 is de NRU de oudste van de huidige werkende reactoren en de bedoeling was om te sluiten in 2005. Tot mei 2008 was er sprake van de komst van twee nieuwe reactoren die in de wereldvraag naar Molybdenum-99 zou kunnen voorzien: de Maple 1 en Maple 2. Maar in mei 2008 is de hele plan geschrapt door aanhoudende problemen met de bouw van de reactoren resulterend uit fouten in het ontwerp. De vergunning voor NRU is verlengd tot waarschijnlijk zelfs na 2011.⁴²

Volgens Peter Bode van het Reactor Instituut Delft is NRU nu maximaal in gebruik voor de productie van medische isotopen en voorziet daarmee de Noord-Amerikaanse markt in haar behoefte.⁴³

^f "The extended shutdown at the end of cycle 12 for reflector vessel leak tests and repairs and the replacement of a reactor cooling heat exchanger is now scheduled to be completed on 31 March".

2.5.3 Reactoren in de VS

Er zijn in de VS verschillende kleine onderzoeksreactoren geschikt voor isotopen productie. De ACRR-reactor was in september 1996 door het Department of Energy geselecteerd om molybdeen-99 te gaan produceren, omdat de Amerikaanse overheid voor dit product niet afhankelijk wil zijn van buitenlandse leveranciers. Volgens plan zou de ACRR-reactor vanaf de zomer van 2000 molybdeen-99 moeten gaan produceren. In juni 1999 was echter opnieuw een afweging gemaakt, waarbij als gevolg van de toename van het aantal verschillende producenten van molybdeen-99 is besloten dat de Verenigde Staten niet langer een eigen back-up-faciliteit nodig heeft. Het project is daarom stilgelegd.

Van dit besluit komen de Amerikanen nu terug. Er is o.a. een proces in gang gezet om de MURR in Missouri geschikt te maken. Het duurt echter al weer een tijd voordat hier toestemming voor wordt gegeven. De doelstelling van de MURR is om tot constructie van de bestralingsfaciliteit te komen in 2009/2010, en tot commerciële productie in 2012/2013, waarbij 30-50 % van de behoefte in de Verenigde Staten gedekt zou kunnen worden. Het ligt in de lijn der verwachtingen dat de Verenigde Staten haar reactoren zal gebruiken om in eerste instantie in haar eigen behoefte te voorzien, en dat distributie op de wereldmarkt een lagere prioriteit zal hebben.⁴⁴

2.5.4 Safari-1 in Zuid-Afrika

De Safari-1-reactor werd in 1965 geopend, en wordt sinds het begin van de jaren zeventig gebruikt voor de productie van jodium-131. Sinds 1993 wordt de reactor ook gebruikt voor de productie van molybdeen-99. De productiecapaciteit bedroeg in 1996 ongeveer 1.000 Ci per week, voldoende om in 15 procent van de wereldvraag te kunnen voorzien. Sindsdien is de productiecapaciteit echter verder uitgebreid.

De Nuclear Energy Corporation of South Africa (Necsa) is eigendom van de staat en heeft een bedrijfsonderdeel for nuclear medicines: the Nuclear Technology Products Division (NTP) met inkomsten van R255 miljoen in 2006-2007, een stijging van 30% ten opzichten van 2005. Belangrijk deel van dit succes is SAFARI-1, een onderzoeksreactor die naar eigen zeggen inmiddels de derde grootste producent van medische isotopen in de wereld is en voor behandeling van 2 miljoen patiënten in 64 landen heeft gezorgd. Ongeveer 60% van de inkomsten komt van medische isotopenproductie. Volgens een medewerker zou de productie kunnen groeien met 50% maar dat is de uiterste limiet omdat de reactor nu al erg efficiënt wordt gebruikt.

NTP heeft de volledige productieketen in eigen beheer en dat is uniek in de wereld. In theorie zou de reactor 30% van de wereldbehoefte kunnen produceren, volgens een medewerker van NTP.⁴⁵

2.5 Productieperioden

In deze paragraaf gaan we in op de vraag hoe lang en in welke maanden (in de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010) de HFR operationeel zou moeten zijn om de gaten in de productiecapaciteit van de andere Europese reactoren - BR2 en Osiris - op te vangen.

Het afstemmen van schema's zodat HFR Petten alleen draait als BR2 en Osiris in onderhoud zijn kan alleen als die andere reactoren de hoeveelheden die HFR Petten kan produceren volledig kunnen opvangen. HFR Petten produceert 30-35% van de wereldbehoefte. BR2 produceert in principe 10% en Osiris 2%. Om gezamenlijk de productiecapaciteit van HFR te kunnen overnemen moeten BR2 en Osiris dus meer gaan produceren dan nu. Daarvoor zullen andere activiteiten moeten worden gestaakt. Dit is echter tijdelijk wel mogelijk, zoals ook bleek toen de HFR in september 2008 uit productie ging. Dat gaat echter niet probleemloos, vooral omdat de beheerders van de reactoren inkomsten mislopen.

Daarnaast is er nog sprake van noodzakelijk onderhoud. BR2 heeft zowel in 2009 als in 2010 onderhoudsperiodes in februari, in maart, mei/juni en van half augustus tot half oktober. Van Osiris hebben we het volledige schema niet gekregen. Maar er zijn twee grote onderhoudsperiodes van juni tot oktober in 2009 en van maart tot oktober in 2010. Vanwege de geringe capaciteit van Osiris zou HFR Petten in bedrijf moeten zijn in alle periodes dat de BR2 vanwege onderhoud dicht gaat.

Volgens de medewerkers van de reactorbedrijven zijn de schema's van Osiris, BR2 en HFR nu al zo goed mogelijk op elkaar afgestemd onder coördinatie van AIPES. Een centraal document met alle productieschema's is aanwezig maar niet publiek beschikbaar. Zonder die informatie is het niet mogelijk om precies aan te geven in welke periodes HFR wel buiten bedrijf gesteld kan worden.

Hoofdstuk 3 Conclusies

3.1 Europese vraag

In de rapporten van AIPES en Reactor Instituut Delft wordt gesproken over wereldwijd 25 tot 30 miljoen medische behandelingen per jaar waarvoor ^{99m}Tc gebruikt wordt. Daarvoor is 10.000 tot 18.000 Ci $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ per week nodig. Volgens AIPES gaat het om 10.000-12.000 Ci per week, volgens Reactor Instituut Delft is 12.000-18.000 Ci per week nodig.

Op de website van AIPES wordt echter een schatting gemeld van de huidige mondiale behoefte van 6.000-7.000 Ci per week. Dit verschil, van minstens 4.000 Ci per week, wordt mogelijk verklaard door het feit dat in beide rapporten rekening is gehouden met een sterke groei van de vraag in de komende tien jaar. De schattingen daarvan lopen uiteen van 1,5% tot 5% per jaar tot 2018. De cijfers in de rapporten gaan mogelijk over de wereldbehoefte aan $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ in 2018, en niet de huidige mondiale vraag.

We gaan daarom uit van de schatting van AIPES van de huidige mondiale behoefte van 6.000-7.000 Ci per week. Rekening houdend met verval van radioactiviteit (6 dagen tijd) en uitgaande van de huidige vraag moet er wereldwijd 24.000 tot 28.000 Ci $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ per week geproduceerd worden.

Volgens AIPES is de behoefte aan medische isotopen in Europa 22% van de mondiale vraag. De Europese vraag zou dus op 1.320 tot 1.540 Ci $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ per week liggen. De daarvoor benodigde productie is 5.280 tot 6.160 Ci $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ per week.

Uit de bespreking van de door VROM gebruikte literatuur blijkt echter duidelijk dat er geen betrouwbare, verifieerbare bronnen zijn waarop een schatting van de huidige Europese vraag naar $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ gebaseerd kan worden.

3.2 Productiecapaciteit

- Hoeveel medische isotopen kan de OSIRIS-reactor in Frankrijk leveren als alle andere (commerciële) activiteiten worden stilgelegd?

Een medewerker van OSIRIS geeft aan dat in theorie 1.500-2.000 Ci per week zou kunnen worden geproduceerd. Er zijn echter allerlei beperkingen door de lopende contracten, de huidige vergunningen, de faciliteiten en infrastructuur.

- Hoeveel medische isotopen kan de BR2-reactor in België leveren als alle andere (commerciële) activiteiten worden stilgelegd?

BR2 zou de productie van HFR Petten gedeeltelijk kunnen overnemen in bepaalde periodes. De maximale productiecapaciteit van BR2 is vergelijkbaar met de huidige productiecapaciteit van de HFR Petten, zo'n 30-35% van de wereldbehoefte aan $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$. Maar de BR is in essentie een onderzoeksreactor en de beheerder wil deze doelstelling niet aanpassen.

- Welke bijdrage kunnen de reactoren in Australië, Canada en Zuid-Afrika leveren aan de productie van medische isotopen voor de Europese markt?

In Australië zal naar verwachting de nieuwe reactor OPAL volledig operationeel worden. Op dit moment zijn er echter nog wat beperkingen waardoor de maximale productiecapaciteit nog niet gehaald wordt. Bovendien zal dit net voldoende zijn voor de nationale behoefte aan ⁹⁹Mo en hoeven we voorlopig nog niet te verwachten dat er een bijdrage komt aan de Europese vraag.

De Canadese NRU 'draait op volle toeren' en bijna volledig voor de productie van medische isotopen. Ze voorziet daarmee de Noord-Amerikaanse markt en in bepaalde periodes ook Europa. Het lijkt niet mogelijk dat NRU ook de productiecapaciteit van de HFR erbij zou kunnen nemen.

De Zuid-Afrikaanse reactor SAFARI-1 kan in theorie ook de productiecapaciteit verhogen tot 30% van de wereldbehoefte maar heeft met vergelijkbare problemen als OSIRIS en BR2. Het zijn vooral economische belangen die het reactor bedrijf ervan weerhouden om de productie structureel te verhogen.

3.3 Productieperioden

BR2 en Osiris kunnen tijdelijk de productie van medische isotopen van de HFR overnemen, als andere activiteiten kunnen worden gestaakt. Dat is echter niet mogelijk als deze reactoren vanwege onderhoud stil liggen. Vanwege de geringe capaciteit van Osiris zou HFR Petten met name in bedrijf moeten zijn in alle periodes dat de BR2 vanwege onderhoud dicht gaat. BR2 heeft in 2009 onderhoudsperiodes in februari, in maart, mei/juni en van half augustus tot half oktober. Ook in 2010 zijn er periodes van groot onderhoud.

De schema's van Osiris, BR2 en HFR zijn nu al zo goed mogelijk op elkaar afgestemd onder coördinatie van ALPES. Een centraal document met alle productieschema's is aanwezig maar niet publiek beschikbaar. Zonder die informatie is het niet mogelijk om precies aan te geven in welke periodes HFR wel buiten bedrijf gesteld kan worden.

3.4 Eindconclusies

Volgens VROM kan het 'in bedrijf gaan van de HFR slechts alleen worden gerechtvaardigd als er een zwaarder wegend belang is dat tegen het niet optimaal veilig zijn van de reactor opweegt'. Uit de verzamelde gegevens blijkt dat VROM dit zwaarder wegende belang onvoldoende heeft onderbouwd:

- Onduidelijk is hoe groot de Europese vraag naar medische isotopen op dit moment is - er zijn geen betrouwbare en verifieerbare cijfers beschikbaar. In het overleg met VROM overlegt HFR Petten wel cijfers die de noodzaak van hernieuwde opening moeten aantonen, zonder dat deze cijfers door externe partijen kunnen worden geverifieerd.
- Andere reactoren kunnen de productie van HFR in de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010 volledig overnemen, maar schrikken daarvoor terug vanwege de hoge kosten. Door VROM is echter niet onderzocht hoe hoog deze kosten zijn en of die opwegen tegen het in gebruik stellen van een onveilige reactor;
- De Europese reactoren BR-2 en Osiris kunnen (samen met niet-Europese reactoren) ook tijdelijk de productie van HFR Petten in verschillende gedeeltes van de periode 1 februari 2009 tot 1 maart 2010 overnemen (zonder dat daar hoge kosten aan verbonden zijn), in de periodes dat zij zelf niet voor onderhoud stilliggen. Wanneer dit mogelijk zou zijn heeft VROM niet beoordeeld en valt voor buitenstaanders ook niet te verifiëren, aangezien een document met alle productieschema's van de drie reactoren niet openbaar wordt gemaakt.

- Financiële argumenten lijken een grote rol te spelen bij de heropening van de HFR Petten. Niet alleen het financiële belang van de beheerder van Petten speelt een rol, maar ook het feit dat medische isotopenproductie niet kostendekkend is. Voor de andere (Europese) reactoren is het daarom zeer onaantrekkelijk om de medische isotopenproductie van Petten over te nemen, ten koste van andere, wel winstgevende activiteiten. Als de radiofarmaceutische bedrijven die de medische isotopen afnemen daarvoor een reële prijs zouden betalen, zou de markt er heel anders uitzien (evenals de bereidheid van andere reactoren om Petten's productie over te nemen). VROM maakt niet duidelijk waarom Nederlands belastinggeld in de HFR Petten wordt geïnvesteerd om medische isotopen onder de kostprijs voor de mondiale radiofarmaceutische markt te kunnen produceren. Zeker nu de reactor niet optimaal veilig is, is het niet duidelijk waarom deze afweging ontbreekt.

Bijlage 1 Bronverwijzingen

- 1 Urgent update on the European situation concerning the production of TC-99m for medical imaging. Persbericht AIPES, Brussel, 2 februari 2009.
- 2 Report on Molybdenum-99 Production for Nuclear Medicine – 2010 – 2020. AIPES-eeig, Brussel, november 2008.
- 3 Website AIPES (<http://www.aipes-eeig.org/index.php?id=44>), Bezoekt op 13 maart 2009.
- 4 Patiënten in de wacht na sluiten van reactor. Onderzoek en bestraling uitgesteld. Broer Scholtens, de Volkskrant, 3 september 2008; Reactor Petten mag open van Atoomagentschap. Friesch Dagblad, 24 februari 2009.
- 5 Gesprek met Fred Verzijlbergen, voorzitter Nederlandse Vereniging Nucleaire Geneeskunde, 17 maart 2009.
- 6 Het medisch gebruik van radio-isotopen tot 2025. Een toekomstverkenning. Technopolis Group, Amsterdam, 19 december 2008.
- 7 Het medisch gebruik van radio-isotopen tot 2025. Een toekomstverkenning. Technopolis Group, Amsterdam, 19 december 2008.
- 8 Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoeks-kernreactor en alternatieve technologieën. Dr. ir. P. Bode, Reactorinstituut Delft, Delft, Versie 11 februari 2009.
- 9 Gesprek met Peter Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, 17 maart 2009.
- 10 Feasibility of Eliminating the Use of Highly Enriched Uranium in the Production of Medical Radioisotopes. Frank N. von Hippel and Laura H. Kahn, Science and Global Security, Taylor & Francis Group, 14:151–162, 2006.
- 11 Website World Nuclear Association, Information Papers (<http://world-nuclear.org/info/inf55.html>), bezocht op 17 maart 2009.
- 12 Website AIPES (<http://www.aipes-eeig.org/index.php?id=44>), Bezoekt op 13 maart 2009.
- 13 Medische isotopen en de Hoge Flux Reactor in Petten. VROM, Den Haag, februari 2003; Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoeks-kernreactor en alternatieve technologieën. Dr. ir. P. Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, Versie 11 februari 2009.
- 14 Website World Nuclear Association, Information Papers (<http://world-nuclear.org/info/inf55.html>), bezocht op 17 maart 2009.
- 15 Gesprek met Peter Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, 17 maart 2009; Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoeks-kernreactor en alternatieve technologieën. Dr. ir. P. Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, Versie 11 februari 2009.
- 16 Report on Molybdenum-99 Production for Nuclear Medicine – 2010 – 2020. AIPES-eeig, Brussel, november 2008.
- 17 Website ECN (www.ecn.nl), Bezoekt op 12 maart 2009; Website NRG (www.nrg-nl.com), Bezoekt op 12 maart 2009.
- 18 HEU-LEU conversion reactor Petten completed, Persbericht NRG, 8 mei 2006.
- 19 Herstart HFR 'onder voorwaarden'. LAKA Persbericht 12 februari 2009; IAEA steunt herstart HFR Petten. Persbericht VROM, 23 februari 2009.

- 20 Website NRG (www.nrg-nl.com), Bezocht op 12 maart 2009; Eerste levering medische isotopen vanuit Petten. Persbericht NRG, 17 februari 2009; HFR Petten gaat op de Britse toer, Noordhollands Dagblad, 10 maart 2009; High Flux Reactor increases the production of Medical Isotopes to the maximum. Persbericht NRG, 13 december 2007; Gesprek met Peter Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, 17 maart 2009.
- 21 NRG wil reactor Petten opstarten, ANP, 24 januari 2009.
- 22 Website NRG (www.nrg-nl.com), Bezocht op 12 maart 2009.
- 23 HFR Petten gaat op de Britse toer, Noordhollands Dagblad, 10 maart 2009; Nieuwe fase ontwikkeling PALLAS, Persbericht NRG, 7 februari 2008.
- 24 Website NRG (www.nrg-nl.com), Bezocht op 12 maart 2009; Eerste levering medische isotopen vanuit Petten. Persbericht NRG, 17 februari 2009; High Flux Reactor increases the production of Medical Isotopes to the maximum. Persbericht NRG, 13 december 2007.
- 25 Gesprek met Kevin Charlton, NRG, Petten, 20 maart 2009, Gesprek met Peter Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, 17 maart 2009.
- 26 Website CEA (www.cea.fr), Bezocht in maart 2009.
- 27 Global medical isotopes crisis highlights alarming lack of production facilities. Frank Deconinck, European Nuclear Society e-news, Issue 23, Winter 2008; Osiris. Nuclear Energy Directorate, Division For Nuclear Activities, Saclay. Nuclear Reactors And Services Department. Brochure van het Commissariat à L'énergie Atomique - Saclay, september 2006.
- 28 Verzoek om informatie. Brief van dhr. Alberman van CEA/DEN/DANS/DNRS aan mevr. Delfini van VROM, Directie Nucleaire Veiligheid, referentienummer RB/2009010009, Saclay, 3 februari 2009.
- 29 Gesprekken met Alain Alberman, DEN-DANS, CEA, 17 en 19 maart 2009.
- 30 Website Stora (<http://www.stora.org/webpage.asp?Webpageld=13>), bezocht op 12 maart 2009. Website SKN-CEN (<http://www.sckcen.be/myrrha>), Bezocht op 12 maart 2009.
- 31 Website SKC-SKN (<http://www.sckcen.be/nl/Pers/Persberichten/SCK-PR-0123>), Bezocht in maart 2009.
- 32 Reactors, Radioisotopes & the HIFAR Controversy, PhD thesis, Jim Green, Science and Technology Studies, University of Wollongong (NSW), Australië, juli 1997.
- 33 Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoekskernreactor en alternatieve technologieën. Dr. ir. P. Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, Versie 11 februari 2009.
- 34 Gesprek met Bernard Ponsard, project manager voor de productie van radioisotopen in de BR2 reactor bij SCK-CEN, 19 maart 2009.
- 35 Verzoek om informatie. Brief van dhr. Van Walle van SCK-CEN aan dhr. Corbijn van VROM, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Risicobeleid, Afdeling Straling, Nucleaire en Bioveiligheid, referentienummer RB/2009010013, Mol, 3 februari 2009.
- 36 Gesprek met Peter Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, 17 maart 2009.
- 37 Website ANSTO (www.ansto.gov.au/commercial_services/health/ari/services_and_facilities/facilities), Bezocht in maart 2009.
- 38 Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoekskernreactor en alternatieve technologieën. Dr. ir. P. Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, Versie 11 februari 2009.
- 39 Gesprek met Peter Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, 17 maart 2009.
- 40 Website ANSTO (http://www.ansto.gov.au/discovering_ansto/anstos_research_reactor/reactor_cycles), Bezocht op 20 maart 2009.

- 41 Gesprek met Fred Verzijlbergen, voorzitter Nederlandse Vereniging Nucleaire Geneeskunde, 17 maart 2009.

- 42 In depth health. Medical isotopes. CBC News, laatste update 29 august 2008. Website: <http://www.cbc.ca/news/background/health/isotopes.html>, Bezocht op 13 maart 2009. Global medical isotopes crisis highlights alarming lack of production facilities. Frank Deconinck, European Nuclear Society e-news, Issue 23, Winter 2008 Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoeks-kernreactor en alternatieve technologieën. Dr. ir. P. Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, Versie 11 februari 2009; Nuclear Industry. Second reactor mooted. Nicky Smith, Financial Mail (South Africa), November 23, 2007.

- 43 Gesprek met Peter Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, 17 maart 2009.

- 44 Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoeks-kernreactor en alternatieve technologieën. Dr. ir. P. Bode, Reactor Instituut Delft, Delft, Versie 11 februari 2009.

- 45 Gesprek met Bin du Toit, product manager NTP, 20 maart 2009.