

Analyse, inform and activate

LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie

De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De [catalogus](#) van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde [tijdschriften](#) uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling [video's](#).

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material. Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The [catalogue](#) of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized [magazines](#) from the Dutch anti-nuclear power movement and a [video-section](#).

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small [donation](#). Thank you.



www.laka.org | info@laka.org | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

20 JAAR PALLASREACTOR

EEN ANALYSE
VAN VERANDERENDE
OMSTANDIGHEDEN



Stichting Laka
juni 2022

20 JAAR PALLASREACTOR

Een analyse van veranderende omstandigheden

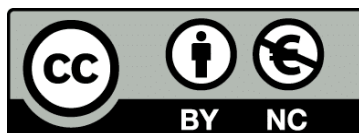
Samenstelling en redactie: Dirk Bannink

Inhoud:

Voorwoord	3
Inleiding	4
1- Noodzaak Pallas gebaseerd op foute verwachtingen	5
Chronologie (doorlopend)	6
2- Pallas overbodig voor 98,9% van nucleaire geneeskunde	8
3- Europees isolationisme als misplaatst argument voor Pallas	10
4- Pallas als Griekse mythe van 'meest vergevorderde project'	12
5- Bewezen technologie?	13
Conclusies	15

Stichting Laka
Ketelhuisplein 43
1054 RD Amsterdam
Tel: 020 – 616 8294
www.laka.org
info@laka.org

Stichting Laka is het documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie. Laka documenteert, analyseert en becommentarieert al veertig jaar (de ontwikkeling van) kernenergie. Laka schrijft ook al 20 jaar over productie van medische isotopen anders dan met een reactor.



Deze publicatie is gepubliceerd onder de Creative Commons Licentie. Iedereen mag dit rapport downloaden en verspreiden. Alle rechten blijven bij Stichting Laka. Het is niet toegestaan (delen uit) dit rapport voor commerciële doeleinden te gebruiken.

Laka vraagt geen geld voor het downloaden en gebruik van deze publicatie. Om dit soort publicaties te kunnen blijven schrijven is Laka afhankelijk van giften. U kunt een gift overmaken op NL54 TRIO 0390 9021 79 tnv. Stichting Laka te Amsterdam. Of via: www.laka.org/donateur

Bij de voorpagina:

Palendorp in Petten: een kunstwerk en monument dat bestaat uit 160 palen van verschillende hoogtes, die het silhouet van tien huizen en een kerk vormen. Ze symboliseren het oude dorp 'Petten bi der Sipe' dat sinds 1300 bestond, maar vanaf 1792 in zee verdwenen is. Het symboliseert tevens het vergaan van de tijd; als het radioactief afval er nog is, maar de mensen al lang weer weg zijn. (foto: A.Wegman)

VOORWOORD

Nog vóór de zomer zegt het Kabinet te willen beslissen of het zo'n 2 miljard euro staatssteun gaat verlenen aan de geplande Pallas-kernreactor in Petten, de opvolger van de Hoge Flux Reactor, HFR. De eerste plannen voor Pallas zijn ondertussen bijna twintig jaar oud en is het tien jaar geleden dat het project al eens door de Staat gered werd. En eigenlijk is de komst van de kernreactor nog net zo onwaarschijnlijk. Minister van Economische Zaken Kamp zei het allemaal zo duidelijk in 2013: "Uiteindelijk moet Pallas een privaat gefinancierde, commerciële onderneming worden. De Rijksoverheid en de Provincie wensen na een succesvolle realisatie niet langer als vermogensverstrekker of als eigenaar betrokken te zijn bij de Pallas-entiteit."

Misschien is de komst van Pallas zelfs wel onwaarschijnlijker dan toen: Aan de voorwaarde dat de bouw privaat gefinancierd moet worden kan niet worden voldaan. Terwijl het afgelopen jaar ook duidelijk is geworden dat de kernreactor geen 400 miljoen maar tussen 1,5 en 2 miljard euro zal gaan kosten. Daarbij komt dat het medische isotopen-landschap enorm veranderd is ten opzichte van het moment dat de eerste plannen voor Pallas werden gemaakt.

Maar wie denkt dat daarmee Pallas strandt, rekent buiten de Nederlandse kernenergielobby. Het zou zomaar kunnen gebeuren dat de Nederlandse overheid toch diep in de buidel tast en we de komende veertig jaar opgescheept zitten met een langlevend hoog radioactief afval- én verlieslatende kernreactor. Een kernreactor die ook nog eens de innovatie in alternatieven frustreert door gesubsidieerd medische radio-isotopen in de markt te dumpen.

Laka publiceert al ruim twintig jaar over andere productiemethoden van medische radio-isotopen dan met een reactor. In 2000 publiceerde Laka 'Alternatieve productiemethodes technetium-99m', een factsheet naar aanleiding van de mogelijke sluiting van de Hoge Flux Reactor in Petten. In 2013 zorgde het baanbrekende rapport 'De Pallas business case – Tussen droom en werkelijkheid' ervoor dat het Pallas-initiatief voor het eerst ter discussie kwam te staan. Sinds die tijd verschenen nog een aantal rapporten en publiceerde Laka regelmatig over de ontwikkelingen rondom Pallas, medische radio-isotopen en alternatieve productiemethoden. Laka's meest recente rapport behandelt innovatie in medische radio-isotopenproductie zonder kernreactor.

Omdat het kabinet op het punt staat te beslissen of het gaat investeren in Pallas en daarmee toch publiek geld – ondanks twintig jaar beloftes van het tegenovergestelde – in de bouw van de kernreactor stopt, is het tijd voor een samenvatting en een analyse van de argumenten.

Naast een chronologisch overzicht, onderzoeken we (opnieuw) de merites van door opeenvolgende Kabinetten herhaalde argumenten om Pallas te rechtvaardigen: Pallas is nodig voor de leveringszekerheid; Pallas is het meest vergevorderde project in Europa; reactoren voor medische radio-isotopen zijn 'bewezen technologie' in tegenstelling tot versnellers; etc. Het lijkt er op dat deze argumenten evenveel waard zijn als de tien jaar herhaalde verzekering dat er veel belangstelling is van private partijen voor financiering van Pallas en dat onderhandelingen met die private partijen vrijwel afgerond zijn.

INLEIDING

Welk belang dient een nieuwe kernreactor?

Medische radio-isotopen worden verreweg het meest gebruikt in de medische diagnostiek. Hoewel er een sterke groei wordt verwacht in het gebruik van medisch therapeutische radio-isotopen, blijft dat ook in de meest optimistische prognose ruim achter bij de vraag naar diagnostische radio-isotopen.

In de nucleaire medische diagnostiek zijn de twee belangrijkste beeldvormende technieken PET en SPECT. PET staat voor Positron Emission Tomography, een beeldvormende techniek met positronen (antideeltjes van elektronen). SPECT (Single-Photon Emission Computed Tomography) is een beeldvormende techniek met behulp van gammastraling. PET is relatief nieuw en groeit sterk. SPECT is de oudere techniek waarvoor traditioneel de radio-isotopen in een kernreactor worden geproduceerd. SPECT-isotopen kunnen ook met deeltjesversnellers geproduceerd worden en dat gebeurt ook steeds vaker. PET-isotopen worden alleen met deeltjesversnellers gemaakt. PET-beeldvorming is superieur aan SPECT, daar is weinig twijfel over. Zo wordt in een recent rapport in opdracht van het ministerie van VWS¹ geconcludeerd: "PET scans are superior to SPECT because they allow for improved (early) diagnosis and ultimately lead to better patient outcomes."

Het belang van de patiënt is dus om zoveel en zo snel mogelijk om te schakelen naar PET beeldvormende technologie – die ook nog eens goedkoper is –, waarbij kernreactor-isotopen geen rol (kunnen) spelen. Ondanks dat PET/CT-scans duurder zijn dan SPECT/CT, kan er veel efficiënter mee worden gewerkt waardoor behandeling met PET/CT in de praktijk toch goedkoper is. Dit verklaart ook waarom innovatie vooral plaatsvindt richting versnellerproductie. We zien dat het aandeel SPECT-isotopen dat in versnellers wordt gemaakt, toeneemt en daarnaast steeds meer 'traditionele' kernreactor-isotopen ook met versnellers worden gemaakt. Waardoor, zo blijkt, voor ongeveer 98% van de nucleair geneeskundige behandelingen geen kernreactor nodig is.

Als het niet in het belang van de patient is, dan is de vraag gerechtvaardigd in wiens belang een nieuwe kernreactor dan wel zou zijn.

Want die gesubsidieerde kernreactor zal, ook al zijn er waarborgen om dat te voorkomen, de markt beheersen met radio-isotopen voor SPECT medische behandelingen, en zal daarmee innovatieve ontwikkelingen remmen. En voor de enkele therapeutische radio-isotopen die voorlopig nog niet zonder kernreactor geproduceerd kan worden, en waarvoor nog geen geschikte versneller-isotopen beschikbaar zijn (minder dan 1% van de nucleaire geneeskundige behandelingen), kunnen afspraken worden gemaakt met reactoren die dat de komende periode gaan doen en kan onderzoek naar alternatieven gedaan worden. Door relatief lange vervaltijden van deze radio-isotopen is geografische afstand nauwelijks relevant. Pallas is niet onmisbaar.

Het kabinet benadrukt² dat Pallas gaat opereren op basis van marktconforme prijzen, en dat Pallas dividend zal uitkeren aan de Staat als aandeelhouder. Daarbij laten ze in het midden dat wanneer Pallas zichzelf uit de markt prijst, omdat, bijvoorbeeld Shine in Veendam wordt gebouwd, de Staat geen dividend krijgt, maar het verlies zal moeten bijpassen totdat de kernreactor is afgeschreven. Sommigen zouden dit subsidie noemen.

Het belang dat met Pallas, een 'multi-purpose kernreactor' gediend wordt, lijkt eerder dat van de nucleaire industrie. ASML CEO Peter Wennink constateerde dat de 'onvoorstelbare lobby' van de kernenergie-industrie de reden was om met de veelbelovende Lighthouse technologie naar België te vertrekken: "We liepen tegen een muur op". Maar het belang van Pallas voor kernenergie-onderzoek is ook veel kleiner geworden nu het vernieuwde ontwerp (Pallas 2.0) veel minder ruimte laat voor onderzoek, nog afgezien van de al in 2017 door een hoog-ambtelijke werkgroep gemaakte constatering³ dat "(vroegtijdig) sluiten van de HFR en een eventueel uitblijven van (onderzoeksfaciliteiten in) Pallas [is] geen 'show stopper' voor nucleair onderzoek in Nederland".



De HFR in Petten. Hoe lang nog?

Juni 2022

1 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/01/31/productie-van-medische-isotopen-met-cyclotron>

2 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/05/31/commissiebrief-inzake-financieel-dagblad-artikel>

3 <https://www.laka.org/nieuws/2017/ez-honderden-miljoenen-subsidie-8225>

1- Noodzaak Pallas gebaseerd op foute verwachtingen

Molybdeen is het werkpaard van de medische radio-isotopen en was de kurk waar de business case van Pallas op dreef. Lange tijd werd bestraling in een kernreactor gezien als de enige mogelijke productiemethode van molybdeen, maar steeds meer andere technieken worden ontwikkeld die ook molybdeen, en soms meteen het bruikbare technetium, kunnen produceren. Maar er was ook nog iets anders aan de hand.

1.1-Molybdeen: vraag verkeerd ingeschat

In 2017 publiceerde Laka een rapport¹ over het niet-uitkomen van de verwachte groei van molybdeen-99: 'Pallasreactor - tussen krimpende markt en groeiende capaciteit'.

De belangrijkste conclusie: Internationale organisaties als het IAEA en de OECD

voorspelden aan het einde van het eerste decennium van deze eeuw een sterke groei in de productie van molybdeen. In 2010 was de vraag 12.000 6 day Ci 99Mo. In een rapport van de TU Delft uit 2009², 'Productiewijzen voor radionucliden voor medische toepassingen met een onderzoek-kernreactor en alternatieve technologieën: Pallas: noodzaak en ontwerp in perspectief wordt voorspeld dat de vraag naar molybdeen met 8-12 procent per jaar zal stijgen. Met een groei van gemiddeld 10 procent jaarlijks zou de vraag naar molybdeen dus al in acht jaar verdubbelen. Dit rapport van de TU

6 DAY CI 99MO

In de handel in molybdeen-99 meet men de hoeveelheid radioactiviteit in "6 dagen curie". Omdat molybdeen-99 relatief snel vervalft (na 66 uur is nog maar de helft van de beginhoeveelheid over), zit in deze maat ook het tijdstip waarop de radioactiviteit wordt gemeten: 6 dagen nadat het materiaal is geproduceerd. Na ongeveer 6 dagen worden de stoffen namelijk aan de ziekenhuizen geleverd. Het is de hoeveelheid radioactief molybdeen-99 die minimaal nog over is bij levering. Molybdeen vervalft tot Technetium, en dat is de isotoop die in 80% van de medische handelingen met radioactieve isotopen wordt gebruikt.

Delft was belangrijk voor de Nederlandse besluitvorming over de noodzaak voor een nieuwe reactor.

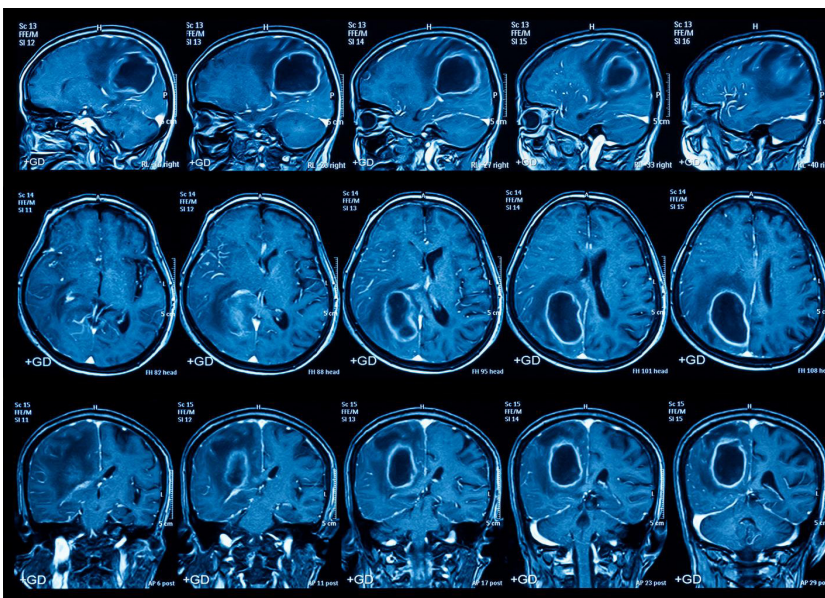
Maar die cijfers bleken te optimistisch en misschien zelfs wel toegeschreven naar de gewenste conclusie dat een nieuwe reactor noodzakelijk is. Na de crisis van 2009-2010 in de aanvoer van molybdeen was de vraag naar molybdeen tussen de 9.500 en 10.000

6-day Ci 99Mo: bijna 20% gedaald. Eind 2016 was de wereldwijde vraag naar molybdeen minder dan de helft van wat in 2009 nog werd verwacht - en waar de 'noodzaak' van Pallas op is gebaseerd.

En al werd ook na 2016 een (bescheidener) groei verwacht, sinds 2016 is er geen enkele groei in de vraag naar Mo-99. Volgens de laatste cijfers (p.160) in het Final Report Co-ordinated Approach to the Development and Supply of Radionuclides in the EU uit oktober 2021 is de wereldwijde vraag nog steeds

9.500 6-day Ci 99Mo, waarvan de HFR ongeveer 30% produceert. De Europese markt is ongeveer 2000-2500 6-dag Ci 99 Mo: 25% van de globale vraag³.

Toch was het feit dat de vraag naar Mo-99 niet groeide ook weer niet geheel onverwacht: dit schreef Laka er over in 2013⁴: "In de groeiemarkten van Azië is nauwelijks vraag naar SPECT, maar vooral naar de nieuwste PET-technologie. In de Westerse wereld werd tot voor kort door ingewijden aangenomen dat SPECT langzaam terrein zou gaan verliezen aan PET. Maar nieuwe ontwikkelingen wijzen uit dat dit proces veel sneller zal gaan verlopen. Op dit moment is de cardiologie het laatste bastion van de SPECT-technologie, maar onderzoek heeft aan het licht gebracht dat veel poliklinische behandelingen met cardiale PET veel kosten-effectiever blijken te zijn dan met



1 <https://www.laka.org/medische-isotopen/krimpende-vraag-en-groeiende-capaciteit>

2 https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.8.55/06_productiewijzen-voor-radionucliden-voor-medische-t

3 https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/6.07.4.60/53_co-ordinated-approach-to-the-development-and-suppl

4 https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.8.55/09_de-pallas-business-case-tussen-droom-en-werkelijk

SPECT. Om die reden wordt in de VS nu flink gesneden in de vergoedingen voor poliklinische behandelingen met SPECT. Marktanalisten verwachten dat de val van SPECT in de cardiologie aanstaande is of anders gezegd: de val van technetium-99m (99m Tc).”

1.2-Molybdeen: productie anders dan met kernreactor

Naast het feit dat de vraag naar Molybdeen veel minder dan verwacht (gehoopt?) is, zijn er ook nieuwe technieken ontwikkeld die het produceren zonder een kernreactor. We behandelen er twee die voor Nederland van belang zijn.

SMART

ASML ontwikkelde het Lighthouse procédé: een technologie om met ASML's EUV-lasers medische radio-isotopen goedkoper en milieuvriendelijker dan met een kernreactor te produceren. De technologie werd in 2016 uitgeroepen tot Nationaal Icoon door het Ministerie van Economische Zaken⁵. Maar de innovatieve methode kreeg behalve veel lof en een

5 <https://www.laka.org/nieuws/2016/medische-isotopen-zonder-kernreactor-nationaal-icoon-5800>

**Marktonderzoek:
Pallas en Lighthouse
zijn concurrenten;
geen aanvulling
op elkaar**

beeldje, nooit de toegezegde financiële en politieke steun. In oktober 2018 werd uiteindelijk bekend dat de veelbelovende technologie vertrok uit Nederland en een samenwerkingsverband was aangegaan met het Belgische IRE⁶. IRE is overigens, met 30% afname van Mo99, de grootste klant van NRG, de beoogde exploitant van Pallas. “Ze steken achthonderd miljoen in een kernreactor, maar die is straks dertig procent van zijn omzet kwijt als IRE Mo-99 zelf gaat produceren. IRE is de grootste klant in Petten.”

Volgens Peter Wennink, CEO van ASML, houdt het Nederlandse beleid vast aan een nieuwe kernreactor door een ‘onvoorstelbare lobby’ van de kernindustrie: “We liepen tegen een muur op”. Het beleid dupeert daardoor de Nederlandse belastingbetaler, voorzag hij al eind 2018⁷.

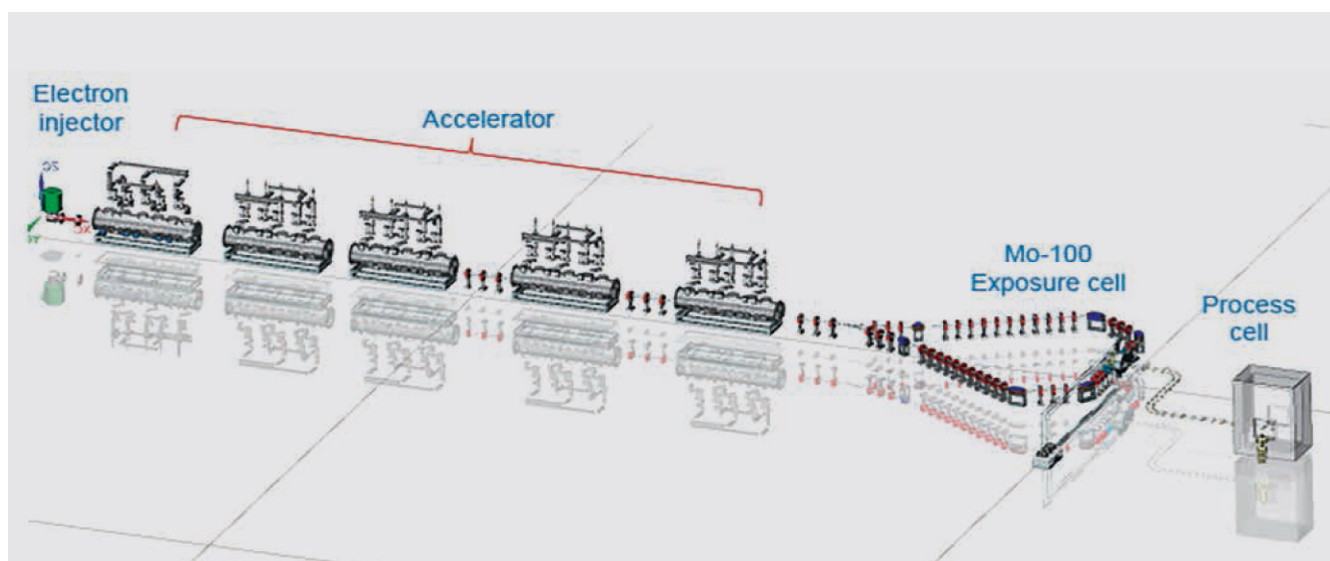
Pallas en SMART zijn concurrenten.

Het Nederlandse beleid is er vanaf het begin, inmiddels twintig jaar geleden, op gericht om de Pallasre-

6 <https://www.laka.org/nieuws/2018/productie-medicische-isotopen-met-lighthouse-definitief-naar-belgie-9812>

7 <https://www.laka.org/nieuws/2019/ceo-asml-belastingbetaler-boet-voor-vasthouden-aan-pallasreactor-10220>

Schematische weergave van het Lighthouse-procedé (2017)



Chronologie 20 jaar Pallasreactor

2003: nieuwe kernreactor moet in 2015 in bedrijf zijn

In 2003 wordt het advies gepubliceerd om een nieuwe kernreactor te bouwen als opvolger van de Hoge Flux Reactor. Pallas - zoals de kernreactor werd genoemd – moet in 2015 in bedrijf komen, want dan heeft de HFR zijn “technische levensende” bereikt. De kosten van Pallas worden geschat op € 200 miljoen.

2009: kernreactor moet in Petten komen

Toekomstige exploitant NRG spreekt zijn voorkeur uit voor Petten als locatie voor Pallas. Andere genoemde locatie is Borssele, bij de kerncentrale. De definitieve locatiekeuze wordt in het voorjaar van 2010 gemaakt, zonder dat er een echte afweging (bv een milieueffectrapportage) gemaakt is. Het is de goedkoopste optie: in Petten is, midden in de kwetsbare duinen, de volledige nucleaire infrastructuur aanwezig. Verplaatsing naar elders, bijvoorbeeld Zeeland, zou aanzienlijke extra investeringen vragen. In Petten is ook al hoogopgeleid personeel beschikbaar. Verhuizing van deze mensen zou complex zijn.

actor te bouwen. Daar moet alles voor wijken, hoewel met de mond beleden wordt bij Lighthouse – dat ondertussen SMART heet – , dat ze prima samen met Pallas kunnen, “Ze vullen elkaar aan”. Maar dat blijkt helemaal niet uit het enige onderzoek dat daarnaar is gedaan, notabene in opdracht van het ministerie van Economische Zaken.

In april 2018 werd de in opdracht van het ministerie van EZ door Strategy& | PWC uitgevoerde Pallas/ Lighthouse Review gepubliceerd. Hoewel beide positieve winstvooruitzichten hebben, lijkt Pallas gevoeliger voor onzekerheden met betrekking tot de marktontwikkelingen dan Lighthouse. Er was één duidelijke conclusie: Pallas en Lighthouse kunnen niet naast elkaar bestaan. Ze zijn elkaars concurrenten, geen aanvulling op elkaar⁸. Inmiddels is SMART dan ook, zoals gezegd, uit Nederland vertrokken.

SHINE

Het tweede initiatief is het Amerikaanse bedrijf SHINE dat sinds 2019 in Europa aanwezig is. In juni 2021 begon SHINE met de procedure voor de Kernenergiewetvergunning voor de bouw van de isotopenfabriek in Veendam, die zich in eerste instantie op de productie van Molybdeen-99 richt. In februari 2022 laat SHINE weten dat de – private – financiering voor de fabriek rond is. Naar verwachting begint de bouw van de fabriek, die een kloon wordt van de SHINE fabriek in de VS, in 2023 en de productie zou dan in 2025 kunnen starten⁹. De capaciteit zou 4.000 6-day Ci 99Mo worden, groter dus dan de ongeveer 3.000 6-day Ci 99Mo die de HFR produceert en die Pallas ook zou moeten gaan produceren.

SHINE maakt medische radio-isotopen met een tech-

8 https://www.laka.org/docu/catalogue/publication/1.01.8.55/20_pallas-lighthouse-review-extract-of-final-report
 9 <https://www.shinefusion.com/europe/>

Vertrekt SHINE ook uit Nederland als de overheid de nieuwe Pallasreactor gaat financieren?

niek waarmee het productieproces veel veiliger, veel schoner, veel betrouwbaarder en veel kosten-effectiever is dan met een traditionele kernreactor, maar nog wel met uranium.

Door de techniek gebruikt het veel minder uranium dan een kernreactor en levert het dus veel minder radioactief afval op: SHINE zegt zelf een factor honderd. In het productiegebouw worden acht versnellers op een rij geplaatst in een betonnen kamer onder de grond. Hierin worden de medische radio-isotopen gemaakt.

Gelijk speelveld?

Na een ongeveer Kamerbreed aangenomen motie voor een “gelijk speelveld”, heeft het kabinet met moeite € 10 miljoen beschikbaar gesteld voor SHINE. De Provincie Groningen deed daar nog eens € 5 miljoen bij. Peanuts vergeleken met de ruim € 250 miljoen die de overheid in Pallas heeft gestoken.

De vraag is natuurlijk wat SHINE gaat doen als Pallas doorgaat, omdat de overheid er veel geld (in welke vorm dan ook – directe financiering, leningen,

risico-afdekkend kapitaal, langetermijncontracten, Etc.) er in steekt. De kans bestaat dat het Amerikaanse bedrijf het dan in Nederland voor gezien houdt en de fabriek ergens anders bouwt. Begin mei 2022 laat SHINE-Europe directeur Burlage nog een keer weten dat er toch echt een gelijk speelveld moet komen omdat anders de realisering van SHINE in gevaar komt: “Waarom zou je zo veel belastinggeld uitgeven aan iets wat de markt kan oplossen?”

Daarmee zou het de tweede innovatieve technologie zijn om medische radio-isotopen te produceren zonder kernreactor, die uit Nederland vertrekt door de hardnekkige eenzijdige focus op de komst van de Pallasreactor.

Chronologie

De Pallasreactor in een document van de Europese Commissie (2006)

E 6 (MT)	Pallas	R&D + isotope production reactor 30-60 MW		
<i>Maturity:</i> Emerging				
<i>Timing:</i>	Should replace HFR (Petten) in 2015; securing finance 05-08; TDR 05-07; negotiations 2008; detailed engineering 09-11; construction 2011-14; operation 15-55; decommiss. >2060			
<i>Budget:</i>	Preparatory cost	Construction cost	Yearly cost	Decomm.
	50	250	35	>40
According to FUENMARR report, connected to JRC; four parties involved (institutions, including JRC), within a proposal of Joint Undertaking				

2- Pallas overbodig voor 98,8% nucleaire geneeskunde

Uit de cijfers in het door Pallas in februari 2018 gepubliceerde Plan MER constateerde Laka dat Pallas onnodig zal zijn voor 98,8% van de nucleaire geneeskundige behandelingen in Nederland. Tegen de tijd dat Pallas klaar zou moeten zijn, zullen namelijk de meeste medische radio-isotopen met deeltjesversnellers worden geproduceerd.

Als de Pallasreactor in 2030 in bedrijf komt, kunnen veruit de meeste radio-isotopen die geproduceerd moeten gaan worden, ook zonder kernreactor geproduceerd worden.¹ Als Nederland hecht aan het betaalbaar houden van medische radio-isotopen, is het van belang om op korte termijn alternatieven te onderzoeken voor de productie van de isotopen waar nu nog een kernreactor voor nodig is. Mogelijkheden zijn:

- Onderzoek en ontwikkeling naar vergelijkbare therapeutische toepassingen die werken met radio-isotopen die met behulp van deeltjesversnellers kunnen worden geproduceerd;

- alternatieve productiemethode voor radio-isotopen onderzoeken. Naar verwachting kunnen volgende generaties versnellers veel meer verschillende radio-isotopen produceren dan de huidige;

- internationale samenwerking met bestaande kernreactoren. Door de relatief lange halfwaardetijden (vaak enkele weken) van veel therapeutische radio-isotopen is transport vaak weinig problematisch.

Een aantal jaren verder is die 1,2% ook al weer achterhaald.

Pallas ook overbodig voor productie Lutetium

Nadat duidelijk was geworden dat voor de productie van de belangrijkste medische isotoop Molybdeen Pallas niet meer nodig is, was de hoop in Petten gevestigd op de productie van Lutetium waarvoor wél een traditionele kernreactor nodig zou zijn. Ook die hoop

1 <https://www.laka.org/nieuws/2018/cijfers-nrg-pallas-reactor-overbodig-voor-988-van-de-nucleaire-geneeskunde-8525>

is nu vervlogen door de conclusies van TU Delft, dat in opdracht van het ministerie van VWS de claims van SHINE over de productie van Lutetium onderzocht². Lutetium-177 wordt vaak gebruikt bij de behandeling van prostaatkanker.

En van de belangrijke claims van SHINE is dat “op termijn de meest effectieve productiewijze van het nuclide Lutetium op basis van SHINE-technologie zal zijn”. De TU Delft bevestigt alle claims van SHINE: Het is realistisch dat SHINE jaarlijks voor 250.000 patiënten Lutetium-177 kan produceren én dat waarschijnlijk al kan vanaf 2029.

Extra slecht nieuws voor Pallas, omdat het niet alleen effectiever kan met de SHINE-technologie dan in een reactor, maar ook zeer waarschijnlijk ook nog eens eerder dan Pallas, die op zijn vroegst pas in 2030³ in bedrijf kan komen.

Een kwart miljoen patiënt doses – een standaard behandeling bestaat uit vier doses per patiënt – Lutetium is heel veel. Het RIVM schatte in 2020 het aantal medische verrichtingen in Nederland per jaar met Lu-177 op 900. In het rapport uit 2021, Co-ordinated Approach to the Development and Supply of Radionuclides in the EU⁴, wordt de vraag in de Europese Unie gesteld op

2 <https://www.laka.org/nieuws/2022/tu-delft-claims-shine-over-lutetium-realistisch-16708>

3 <https://www.laka.org/nieuws/2022/hfr-kapot-vws-organiseert-ronde-tafel-over-pallas-16181>] operationeel zou kunnen zijn.

4 https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/6.07.4.60/53_co-ordinated-approach-to-the-development-and-suppl

Chronologie

2010: aanbesteding start en stopt

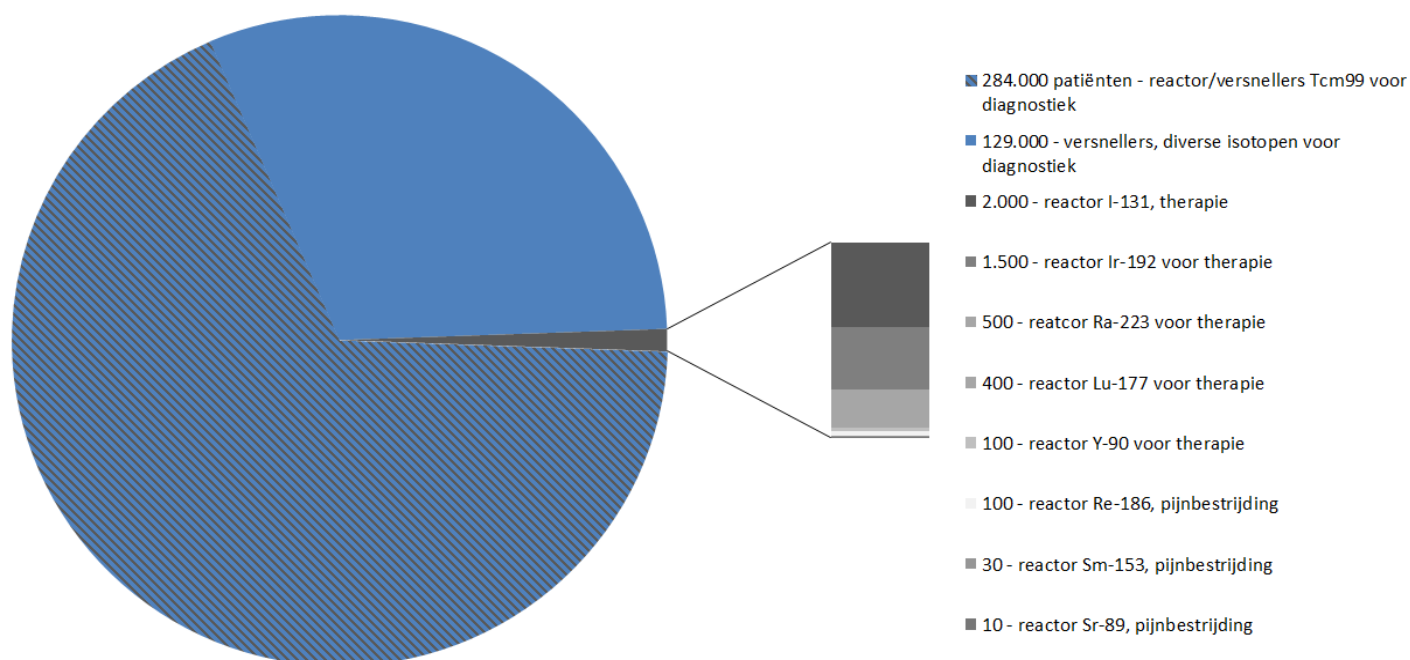
Eind 2009 begint de internationale aanbesteding van de Pallasreactor. Het Argentijnse INVAP, het Zuid-Koreaanse KAERI, het Russische Rosatom en het Franse Areva doen mee. INVAP wint, maar door geldgebrek bij NRG wordt de aanbesteding in februari 2010 afgebroken. Geschatte kosten van Pallas zijn dan al ruim verdubbeld tot meer dan een half miljard euro.

2013: 80 miljoen euro overheidssteun

Na de mislukte aanbesteding wil NRG een publiek-private financiering, met de nadruk op de publieke financiering in de beginfase van het project. Om de zaak vlot te trekken besluiten het Rijk en de provincie Noord-Holland elk € 40 miljoen beschikbaar te stellen in de vorm van een lening. Deze lening, die op 1 juni 2019 met rente terugbetaald moet zijn, is bedoeld voor Fase 1: het ontwerp, de aanbesteding en de vergunningsprocedure. De financiering van bouw en exploitatie moet door marktpartijen worden gedaan. In december 2013 wordt de Stichting Voorbereiding Pallas-reactor opgericht met als doel de bouw van een reactor voor kernenergie-onderzoek (een derde) en de productie van radio-isotopen (twee derde). Volgens plan moet de nieuwe reactor in 2022 in bedrijf komen.

Toepassing van medische isotopen bij nucleair geneeskundige verrichtingen in Nederland

Cijfers: Stichting voorbereiding Pallas-reactor, 2017



10.000 patiënt-doseringen per jaar, die, zo wordt verwacht, zal groeien tot meer dan 100.000 doseringen op jaarbasis in 2040. Gebaseerd op de huidige kennis wordt de wereldwijde vraag rond 2040 op ca. 300.000 tot 400.000 patiënt-doseringen beschouwd. Aan de claim van SHINE dat hun productieproces ruimschoots aan de verwachte groei kan voldoen, ziet het TU Delft-team dan ook geen reden om te twijfelen.

Hoe snel de innovatie kan gaan als men inzet op versnellertechnologieën in plaats van vast te houden aan reactoren – en hoezeer die ontwikkeling ook onderschat of genegeerd is – blijkt wel uit het rapport van

Ook voor Lutetium is binnenkort geen reactor nodig

het RIVM uit december 2020, “Leveringszekerheid voor medische radionucliden - aanvullingen 2020”. Hierin wordt in het ‘Overzicht van productie-methoden van radionucliden’ (blz 16)⁵ Lu-177 ingedeeld bij de radio-isotopen die uitsluitend met een reactor kunnen

worden geproduceerd. Minder dan anderhalf jaar verder blijkt productie met de versnellertechnologie niet alleen mogelijk maar zelfs het ‘meest effectief’!

⁵ https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/6.07.4.60/49_leveringszekerheid-voor-medische-radionucliden-a

Chronologie

Juni 2015: start vergunningsprocedure

In juni 2015 wordt de vergunningsprocedure formeel gestart met het indienen van de Mededelingsnotitie Milieueffectrapportage. De commissie m.e.r. stelt, o.a. aan de hand van de inspraakreacties, een advies op over wat in de milieueffectrapportage allemaal beschreven moet worden. In februari 2018 werd het Plan-m.e.r. ingediend, dat een wijziging in het bestemmingsplan mogelijk moest maken. De verwachting is dat in 2020 de Kernenergiewetvergunning aangevraagd wordt, waarna in 2021 de bouw kan starten.

2018: INVAP wint opnieuw aanbesteding

Het Argentijnse bedrijf INVAP wint in januari 2018 voor de tweede keer de aanbesteding voor ontwerp en bouw. Het contract wordt in de Argentijnse Ambassade getekend met een consortium genaamd ICHOS, bestaande uit INVAP met een bijrol voor de Nederlandse bedrijven Croonwouter&Dros en Mobilis. INVAP is voornamelijk gekozen vanwege de “ruime ervaring in nucleaire projecten zoals de OPAL-reactor in Australië”; het “had laten zien een zeer capabel bedrijf te zijn.” Er zijn nog steeds geen private financiers en ook nieuwe technieken om medische radio-isotopen te produceren zonder een kernreactor lijken een probleem te worden voor de geheime business case.

3- Europees isolationisme als misplaatst argument voor Pallas

In de beslissing over Pallas zal het rapport 'Co-ordinated Approach to the Development and Supply of Radionuclides in the EU', van de Europese Commissie, geschreven door NucAdvisor, naar verwachting een grote rol spelen. Het rapport dat in januari dit jaar door de nieuwe minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, Ernst Kuipers, naar de Kamer werd gestuurd, telt 260 bladzijden en schetst een aantal scenario's met betrekking tot de leveringszekerheid van medische radio-isotopen. Het maakt deel uit van de strategische agenda voor medische radio-isotopen van de Europese Commissie (SAMIRA).

In de Kamerbrief die het rapport¹ 'Co-ordinated Approach to the Development and Supply of Radionuclides in the EU' vergezelde, worden de conclusies uit het rapport behoorlijk naar Pallas toegeschreven. In het rapport, is namelijk een nieuwe reactor – ergens in Europa – alleen maar één van de mogelijke scenario's.

In de Kamerbrief wordt opeens grote nadruk gelegd op de Europese onafhankelijkheid. Dat lijkt een vaststaand uitgangspunt. "Volgens de experts zal de Europese Unie zonder maatregelen afhankelijk worden van landen buiten Europa voor de voorziening van medische radio-isotopen. Met name de

snel stijgende vraag naar isotopen voor therapeutische doeleinden zal volgens de geraadpleegde experts niet kunnen worden opgevangen, indien de verouderde productiecapaciteit in Europa niet tijdig wordt vervangen." De minister over de conclusies in het rapport: "Als vuistregel geldt daarbij: hoe hoger de investering, hoe beperkter de afhankelijkheid van landen buiten de EU."

De redenen om aan die Europese onafhankelijkheid vast te houden zijn niet overtuigend. Kuipers: "In de eerste plaats spelen hierbij vooral logistieke factoren een rol: vanwege de snelle afname van de radioactiviteit en werkzaamheid van radio-isotopen is snelle levering aan ziekenhuizen - en dus productie dicht bij huis – doorslaggevend voor de voorzieningszekerheid en het voorkomen van mogelijke tekorten." Maar juist de therapeutische isotopen hebben relatief lange

1 https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/6.07.4.60/53_co-ordinated-approach-to-the-development-and-suppl

halfwaardetijden die het heel goed mogelijk maken om ze buiten Europa te produceren. Daarbij komt dat de veruit meest gebruikte diagnostische isotoop (80% van alle medische handelingen met radioactieve isotopen), technetium, op steeds grotere schaal op steeds meer locaties geproduceerd gaat worden zonder kernreactor.

"Ook andere, meer geopolitieke afwegingen kunnen redenen zijn om te kiezen voor het bestendigen van de Europese onafhankelijkheid. Daarbij kan gedacht worden aan het versterken van de innovatiekracht en de exportpositie van Europa, behoud van hoogwaardige nucleaire kennis en het streven naar meer strategische autonomie van de EU." Maar dan is het ook andersom: waarom zou de rest van de wereld afhankelijk willen (moeten) zijn van de Europese Unie? Er is derhalve geen technische reden om de voorzieningszekerheid binnen Europa te garanderen; de redenen

zijn economisch en politiek. Waar komt dat isolationisme vandaan? Alleen dan kan Nederland een rol blijven spelen als 'wereldspeler'. En dat is een politieke en vooral commerciële afweging.

Afhankelijk zijn is blijkbaar niet goed, maar afhankelijkheid creëren kennelijk juist wel.

Rapport veel genuanceerder

In deze eerste brief aan de Kamer stelt de nieuwe minister dat de conclusie van NucAdvisor is "dat er aanvullende investeringen, waaronder één additionele reactor, noodzakelijk zijn om toekomstige tekorten te voorkomen." En gaat dan verder: "Het Pallas-project

Afhankelijk zijn is slecht, maar afhankelijkheid creëren blijkbaar juist goed

Chronologie

2020: private financiering toch onmogelijk

Na jaren volgehouden te hebben dat de financiering bijna rond is, meldt minister Van Ark (Medische Zorg en Sport) in december 2020: "Private financiering lijkt op dit moment alleen mogelijk met vergaande garanties van de overheid. Dit zou de onwenselijke situatie opleveren waarin private partijen de zeggenschap hebben, terwijl aanzienlijke risico's bij de staat blijven liggen. Om deze reden ben ik van mening dat het doorzetten van de route met private financiering op dit moment niet zinvol is."

2018-2021: lening terugbetalen lukt niet

Doordat de financiering niet rond komt en Fase 1 daardoor vertraging heeft opgelopen, lukt het niet om de lening van €80 miljoen aan de landelijke overheid en de provincie terug te betalen. Eerst wordt terugbetalingstermijn met een jaar verlengd tot 1 juni 2020. In 2020 wordt deze termijn verlengd tot 1 januari 2022. En afgelopen december 2021 tot 1 juli 2022. Nu er geen private financiering is, kan de lening overigens alleen terugbetaald worden aan de Provincie NH en de Staat als de Staat de kernreactor financiert.

wordt in het rapport gezien als een oplossingsrichting, gelet op de nadruk op grootschalige productie van medische radio-isotopen.” Het rapport zelf is veel genuanceerder dan de Kamerbrief doet voorkomen.

NucAdvisor schetst een aantal scenario's waarvan een nieuwe kernreactor ergens in Europa een sub-scenario is (scenario B2), en tevens het duurst. Het rapport werpt eerder de vraag op of Europa wel dan niet volledig zelfvoorzienend wil zijn en roept op om verder onderzoek te doen naar de marktontwikkelingen en moedigt een mix van private- en overheidsinitiatieven aan.

Ook de opmerking in de brief van de minister dat het rapport verwijst naar Pallas als oplossing is vergezocht: Pallas wordt nauwelijks genoemd: één keer als vertraagd project en één keer in één van de scenario's als 'nieuw' initiatief. Terwijl in het rapport duidelijk wordt dat de Franse Jules Horowitz-reactor en de Duitse FRM II-reactor veel verder gevorderde projecten zijn, maar (nu nog) hoofdzakelijk voor onderzoek zijn gebouwd. Het is een politieke beslissing – en geen technische onmogelijkheid – om die reactoren meer voor (therapeutische) isotopen te bestemmen.

Onduidelijk in het rapport blijft de toekomstige vraag naar medische radio-isotopen. NucAdvisor heeft maar voor een paar EU-landen de vraag in kaart gebracht en het wordt niet duidelijk hoe representatief dit is. Duidelijk is wel dat het aandeel therapeutische reactor-isotopen, hoewel groeiende, procentueel laag² zal

2 [https://www.laka.org/nieuws/2018/cijfers-nrg-pallas-re-](https://www.laka.org/nieuws/2018/cijfers-nrg-pallas-re-actor-overbodig-voor-988-van-de-nucleaire-geneeskunde-8525)

blijven.

Afhankelijkheid van HALEU blijft

Het herhaaldelijk gebruik in de brief van de term 'laagverrijkt uranium' in dit verband is irritant en verhullend. In de proliferatie-wereld heet het laagverrijkt uranium (tot 19,75% uranium-235) maar in feite is de juiste term HALEU (High Assay Low Enriched Uranium). Het is uranium verrijkt tot een percentage net onder

die 20% - dit in vergelijking met kerncentrales waarvoor het uranium tot ongeveer 4 á 5 % verrijkt wordt - een percentage dat Urenco niet eens mag verrijken³. En dat is ook weer een probleem dat afhankelijkheid creëert. Het rapport gaat er uitgebreid op in, de brief aan de Kamer benoemt het niet eens.

HALEU vergroot de afhankelijkheid van Europa (Nederland) omdat er eigenlijk maar één leverancier is: Rusland. In de HFR werd tot na de Russische inval in Oekraïne het contract voor Russische brandstof, afgesloten een half jaar ná de annexatie van de Krim, opgezegd⁴. Als daar een andere leverancier bijkomt, is dat de VS, die ook nog een voorraadjie heeft. Daarmee blijft de afhankelijkheid van landen buiten Europa met een nieuwe kernreactor gewoon bestaan.

[actor-overbodig-voor-988-van-de-nucleaire-geneeskunde-8525](https://www.laka.org/nieuws/2019/urengo-vs-wil-ho-ger-verrijkt-uranium-producere-10381)

3 <https://www.laka.org/nieuws/2019/urengo-vs-wil-ho-ger-verrijkt-uranium-producere-10381>

4 <https://www.laka.org/nieuws/2022/urengo-en-nrg-zeg-gen-contracten-met-rusland-op-borssele-houdt-zich-stil-16468>

Chronologie (slot)

2021: Pallas 2.0 en twee keer zo duur

Nu private financiering onmogelijk is gebleken, moet Van Ark in maart 2021 ook nog toegeven dat Pallas weer duurder is dan gedacht: ze schrijft dat “eerdere voorlopige ramingen van Pallas tussen 700 miljoen en 1,3 miljard euro” lagen. Echter: “De huidige investeringsraming van Pallas/NRG gaat uit van een range van 1,4 tot 2 miljard euro.” En dat is nog niet alles: de Nederlandse bedrijven hebben het bouwconsortium verlaten: te risicovol. Ook blijkt het ontwerp helemaal veranderd te zijn; er is sprake van 'Pallas 2.0' en het onderzoeksdeel lijkt helemaal vervallen. Het volgende kabinet moet na de verkiezingen besluiten of het flink wil investeren in de reactor. Er komt wel een subsidie aan Pallas van ongeveer € 60 miljoen om het zolang uit te kunnen zingen, het geld was namelijk op.

2022: “Kabinet besluit in voorjaar over Pallas”

Nadat een besluit over staatssteun aangekondigd was voor het eerste kwartaal 2022 – en nadat er geen bedrag in het coalitieakkoord was opgenomen – schrijft de nieuwe minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, Kuipers, op 21 januari: “Het kabinet verwacht dit voorjaar een besluit te nemen over het Pallas-project op basis van een goed inzicht in de kosten, risico's, financieringsmogelijkheden, opbrengsten en alternatieven.” Dat wordt al snel uitgesteld tot “voor de zomer”.

4-Pallas als Griekse mythe van ‘meest vergevorderde project’

Al vele jaren stellen de achtereenvolgende kabinetten dat Pallas “het meest vergevorderde project in Europa is voor de productie van medische radio-isotopen.” Ook in het Introductiedocument voor de nieuwe minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport van januari 2022. Het blijft in de politiek vrijwel elke keer onweersproken, maar is natuurlijk een mythe.

Ook in het Introductiedocument¹ voor de nieuwe minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport staat het weer: Pallas is het meest vergevorderde project in Europa voor de productie van medische radio-isotopen. Vreemd voor een reactor waar nog geen financiering voor is, zelfs nog geen aanvraag voor een Kernenergie-wetvergunning.

Zowel de Franse Jules Horowitz-reactor als de Duitse FRM-II-reactor zijn allebei veel verder gevorderd en zijn allebei technisch in staat om medische radio-isotopen te produceren. Bij bouwbegin was de productie² van radio-isotopen zelfs één van de ‘primary uses’ van de Jules Horowitz-reactor. FRM II produceerde allang therapeutische radio-isotopen³ en komt naar

verwachting dit jaar weer in bedrijf na bijna twee jaar stilgelegd⁴ te hebben na een ongeluk. Af en toe, door vasthoudende Kamerleden, wordt o.a. door toenmalig staatssecretaris Keijzer in maart 2019 toegegeven⁵ dat Pallas inderdaad niet ‘het meest vergevorderde project in Europa’ is om medische radio-isotopen te produceren.

Hoewel sindsdien de komst van Pallas alleen maar onzekerder is geworden – private financiering is mislukt, ontwerp moet flink aangepast, verdere vertraging en enorme kostenoverschrijdingen – kreeg de nieuwe minister Ernst Kuipers opnieuw deze schone schijn opgelepeld: “Pallas is het meest vergevorderde project in Europa voor de productie van medische isotopen.”

1 <https://www.laka.org/nieuws/2022/vws-beslissing-over-staatssteun-pallas-kernreactor-in-dit-kwartaal-16085>

2 https://www.world-nuclear-news.org/newNuclear/210307Construction_starts_on_Jules_Horowitz.shtml

3 <https://www.frm2.tum.de/frm2/industrie-medizin/ra->

[dioisotopen-produktion/](https://www.frm2.tum.de/frm2/industrie-medizin/ra-dioisotopen-produktion/)

4 <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/freising/muenchen-garching-reaktor-tu-1.5419410>

5 <https://www.laka.org/nieuws/2019/steun-pallas-vs-light-house-meten-met-twee-maten-10435>



Links de FRM-II reactor in München , Duitsland en (onder) de Jules Horowitz in Cadarache, Frankrijk



5-Bewezen technologie?

Het bouwen van onderzoeks-, multi-purpose- of isotoopproductiereactoren is geen 'piece of cake' zoals vaak wordt gedacht. In alle Nederlandse parlementaire stukken wordt hardnekkig gesteld dat dat soort reactoren een 'bewezen technologie' is en wordt het tegenover de 'onbewezen technologie' van versnellers gezet. Maar een nieuwe multi-purpose kernreactor is geen "bewezen technologie", ze worden niet standaard geleverd; het betreft een specifiek ontwerp voor een specifiek doel. En ook de hoofdaannemer van Pallas, INVAP, kent zo de problemen ervan.

Behalve dat radio-isotopen al vanaf de jaren '40 geproduceerd worden met verschillende soorten versnellers, is het bouwen van een kleine multipurpose reactor geen sinecure. Ook daar gaat het namelijk wel eens behoorlijk mis.

Het MAPLE-debacle in Canada¹

Eind jaren '80 werd duidelijk dat er nieuwe productiecapaciteit moest komen voor medische radio-isotopen om de geplande sluiting op te

vangen van de NRX in 1992 en de NRU in 2005. In 1996 gaf de Canadese producent van radio-isotopen, MDS Nordion, de Canadese kernreactorbouwer Atomic Energy of Canada Limited (AECL) opdracht voor de bouw van twee kernreactoren. De twee onderzoeksreactoren werden vernoemd naar de projectnaam waaronder ze vielen: Multipurpose Applied Physics

Lattice Experiment (MAPLE). Beide reactoren, Maple 1 en Maple 2, waren bestemd voor de productie van molybdeen-99. Elke reactor zou een capaciteit krijgen die voldoende was om de hele wereld van 99 Mo te voorzien, zodat de andere reactor als een back-up zou kunnen dienen als er een zou uitvallen. Door deze beslissing en het vooruitzicht dat de kernreactoren begin 2000 in bedrijf zouden komen, werd er geen rekening

¹ Nuclear Engineering International: 22 August 2008: <https://www.neimagazine.com/news/newmaple-cancelled>, Canadian Medical Association Journal, Vol. 178, Issue 13, 17 June 2008, <https://www.cmaj.ca/content/178/13/1648>

In Canada werden voor radio-isotopenproductie twee reactoren gebouwd, maar wegens technische problemen kwamen ze nooit in bedrijf

gehouden met de toepassing van andere productiemethoden om de aanvoer van molybdeen veilig te stellen. Amerikaanse en Canadese projecten die zich bezighielden met de ontwikkeling daarvan kwamen daarvoor stil te liggen.

De bouw begon in 1997 en de twee reactoren waren in 2000 voltooid, waarbij Maple 1 in februari van dat jaar kritisch werd. Maar de reactoren deden niet wat er verwacht werd. Het belangrijkste probleem was dat de

reactiecoëfficiënt (PCR: positive power coefficient reactivity) van de reactoren niet negatief was, zoals verwacht, maar positief. In een reactor met een negatieve PCR zal de reactiviteit afnemen naarmate het vermogen toeneemt, terwijl bij een positieve PCR het omgekeerde het geval is.

De Canadese Nucleaire Veiligheidscommissie (CNSC) weigerde de twee Maple reactoren een

bedrijfsvergunning te verlenen als gevolg van de ontwerpfout. In 2005, vijf jaar nadat de reactoren hadden moeten worden opgeleverd, waren de oorspronkelijk geplande kosten (US\$140 miljoen) geëxplodeerd tot minstens C\$500 miljoen en volgens sommige bronnen zelfs C\$700 miljoen had gekost. Het hele Maple project werd uiteindelijk op 16 mei 2008 door AECL geannuleerd zonder dat men precies wist wat er misgegaan was: "Misschien moeten we ons echt zorgen maken over ons vermogen om het gedrag van reactoren te voorspellen. Er is aantoonbaar een leemte in ons begrip en het zou nogal belangrijk kunnen zijn om uit

te vinden wat die leemte is", aldus een kernenergie-consultant.

Canada's Minister of Natural Resources Gary Lunn zei dat een decennium en honderden miljoenen dollars verder het geen enkele isotoop had opgeleverd "and the agency has been entirely perplexed by a fundamental design flaw that invariably generated unexpected positive power coefficient reactivity in operational tests."

Versnellers als bewezen technologie

Lineaire deeltjesversnellers (linacs) en circulaire deeltjesversnellers (cyclotrons) produceerden tot de



Canada: de MAPLE-reactoren: gebouwd maar nooit in bedrijf genomen

jaren vijftig van de vorige eeuw vrijwel alle radio-isotopen die een medische toepassing hadden. Na de ontdekkingen van de cyclotron door Ernest Lawrence in 1931 en kunstmatige radioactiviteit door Irène Curie and Jean-Frédéric Joliot in 1934 ontstond de mogelijkheid om praktisch iedere denkbare radio-isotoop te maken voor gebruik in de diagnostiek of in een therapie. In 1937 maakte Joseph Hamilton jodium-131 met behulp van een cyclotron, die in het Berkeley Laboratorium was ontwikkeld. Jodium-131 en fosfor-32 werden midden jaren dertig van de vorige eeuw al toegepast in de diagnostiek en in therapieën. Jodium-131 wordt onder meer gebruikt bij de behandeling van schildklierkanker en een overactieve schildklier.

In 1938 werd door Emilio Segre technetium-99m ontdekt. Technetium-99m wordt onder meer toegepast voor onderzoek van hart, lever, nieren, schildklier, hersenen, longen, de bloedsomloop, en voor onderzoek naar breuken en kankeruitzaaiingen in het beenmerstelsel. Een ander voorbeeld is strontium-89 dat in 1939 werd geëvalueerd na het eerste gebruik bij de behandeling van botkanker. In die tijd waren er nog geen reactoren voor de productie van radio-isotopen. De toen al gebruikte Fosfor-32, jodium-131 en molybdeen-99 (ouderisotoop van technetium-99m) worden daarom nu ten onrechte beschouwd als “typische reactorisotopen”.

De eerste reactorisotopen werden in de Tweede Wereldoorlog voor het eerst geproduceerd door dezelfde reactor die de splijtstof maakte voor de kernbommen die later op Hiroshima en Nagasaki zijn gedropt: de kernreactor van het Oak Ridge Nationaal Laboratorium (ORNL).

Direct na de Tweede Wereldoorlog begon ORNL gratis reactorisotopen te leveren aan Amerikaanse ziekenhuizen en universiteiten voor biomedisch onderzoek, kankerdiagnostiek en therapie. Deze actie liep vooruit op een campagne in de vroege jaren vijftig die het ‘vreedzaam gebruik van kernenergie’ moest bevorderen. Daardoor werd in de VS in de tweede helft van de jaren veertig radio-isotopen steeds vaker geproduceerd door kernreactoren. Begin jaren vijftig volgde de rest van de westerse wereld.

Geheel kansloos delfden de deeltjesversnellers het onderspit in de concurrentie met de gesubsidieerde kernreactoren.

INVAP in Argentinië & Brazilië

INVAP, het Argentijnse staatsbedrijf en tweemaal winnaar van de aanbesteding van Pallas, bouwt ook in Ar-

gentinië zelf een multipurpose reactor. En ook dat gaat niet van een leien dakje. Hoewel informatie schaars is, is duidelijk dat de reactor enorm achterloopt op de planning. Het begin van het proces tot de bouw van de RA-10 – een 30 MW reactor voor onderzoek en radio-isotopenproductie – was in 2010; in 2014 kwam de definitieve toestemming. De bouw begon in 2016 en had in 2019/2020 afgerond moeten zijn met het in bedrijf nemen van de reactor in 2020. In oktober dat jaar berichtte de World Nuclear Association dat de installatie van de pompen voor het primaire koelcircuit was voltooid en daarmee de assemblage van de grote onderdelen van de reactor was afgerond. Maar niets over wanneer de CNEA verwachtte de reactor in gebruik te nemen².

Maar op 9 februari 2022 [‘International Women in Nuclear Day’) verschijnt er opeens een filmpje op de facebookpagina van CNEA³ vanaf de bouwplaats, waarop duidelijk wordt dat de constructie nog lang niet afgerond is. Ook de status in de IAEA database van researchreactoren⁴ is onveranderd: ‘under construction’. De laatste update van deze gegevens is overigens al van 24 september 2018. Geen erg dynamische berichtgeving van CNEA.

Radio-isotopen uit versnellers delfden vanaf de jaren ‘50 het onderspit tegen sterk gesubsidieerde radio-isotopen uit kernreactoren

Ongeveer gelijktijdig met de RA-10

werd in Brazilië besloten tot de bouw van de Brazil Multipurpose reactor, de RMB. Ook daarvoor werd, met verwijzing naar de door het bedrijf gebouwde OPAL-reactor, een contract afgesloten met INVAP. In 2015 werd verwacht dat de bouw van de reactor, die voornamelijk Mo99 moet gaan produceren, in 2018 zou starten en in 2021 afgerond zou zijn⁵. Het laatste bericht over RMB is van september 2020⁶ waarin duidelijk wordt dat de bouw nog niet eens gestart is: wel had INVAP het conceptual design en het basic engineering design afgerond en was het wachten op vergunningen en ‘detailed engineering’. En geld natuurlijk; de kosten werden toen (2018) geschat op \$500 miljoen.

De huidige status is onduidelijk. In de IAEA database staat nog steeds ‘Planned’.

2 Oktober 9, 2020: <https://world-nuclear-news.org/Articles/Large-components-in-place-for-Argentinean-research>

3 <https://nl-nl.facebook.com/CNEA.Arg/videos/j%C3%B3venes-profesionales-ra10/633595194613978/>

4 <https://nucleus.iaea.org/rrdb/#/home>

5 <http://www.aben.com.br/Arquivos/395/395.pdf>

6 <https://www.neimagazine.com/features/featurenuclear-development-in-brazil-8137143/>

CONCLUSIES

De eerste plannen voor de Pallasreactor dateren van bijna twintig jaar geleden. In die twintig jaar is er veel gebeurd, ook in de productie van radio-isotopen. De markt is enorm veranderd en in beweging. De situatie dat uitsluitend een aantal kernreactoren de hele wereld voorzien van radio-isotopen is al veranderd, maar zal de komende jaren nog verder veranderen. Noord-Amerika, een enorme markt, zal zelfvoorzienend worden, en nieuwe technologieën hebben – of gaan de komende jaren – de markt betreden. Innovatie helpt de doorbraak van de superieure PET/CT beeldvormende technologie die gebruik maakt van radio-isotopen die uitsluitend door versnellers worden geproduceerd. Dat zorgt vervolgens weer voor innovatie in het gebruik van ‘nieuwe’ radio-isotopen of radio-isotopen die de traditionele reactor-isotopen vervangen.

Zoals in dit rapport beschreven zijn de argumenten voor de Pallasreactor achterhaald door de realiteit.

- Pallas is gebaseerd op foute verwachtingen
- Uit het rapport van NucAdvisor kunnen andere conclusies getrokken worden dan is gebeurd
- Pallas is niet het meest gevorderde project
- Een nieuwe multi-purpose kernreactor is geen “bewezen technologie”, ze worden niet standaard geleverd; het betreft een specifiek ontwerp voor een specifiek doel

Dat er toch nog steeds over gesproken wordt en dat het kabinet zo maar zou kunnen besluiten om veel geld te steken in de Pallasreactor – waarvan steeds gezegd werd dat private partijen in de rij stonden om te investeren, is in dat licht bezien, onbegrijpelijk.

Maat juist die aanhoudende juichende toon van de achtereenvolgende ministers en de nucleaire industrie de afgelopen twintig jaar, zorgt er nu voor dat er moeilijk afstand te nemen is van de plannen. Een *self-fulfilling prophecy*?

Rapporten van stichting Laka over de Pallasreactor en alternatieve productiemethodes voor medische isotopen

zie: <https://www.laka.org/medische-isotopen>



Stichting Laka
 1114 AB Dordrecht
 Tel: +31 (0) 74 61 23 234
 Fax: +31 (0) 74 61 23 235
 E-mail: www@laka.org
 Web: www.laka.org
 Stichting Laka is een
 501(c)(3) organisatie

Laka Foundation
 1114 AB Dordrecht
 Tel: +31 (0) 74 61 23 234
 Fax: +31 (0) 74 61 23 235
 E-mail: www@laka.org
 Web: www.laka.org
 Laka Foundation is a
 501(c)(3) organization

21 juli 2000, factsheet

Sluiting HFR-Petten?

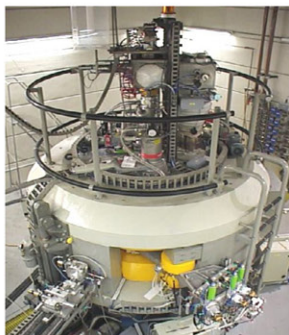
Alternatieve productiemethodes technetium-99m

Vrijdag 7 juli schoorste de Raad van State de transportvergunning voor uitgewerkte brandstof van de Hoge Flux Reactor (HFR) van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in Petten. Milieuminister Prokx zet dat het ECN hierdoor in grote problemen is gekomen nu de opslagcapaciteit aldaar volloopt en dat de reactor noodgedwongen dicht zou moeten. Om dat te voorkomen heeft Prokx een half week later een nieuwe vergunning verleend voor afvoer van uitgewerkte brandstof naar de COVRA faciliteit in Borssele. Maar hoe ernstig is het als de reactor zou moeten sluiten? Zijn er alternatieve productiemethoden van radio-isotopen voor medische doeleinden? Eén van de meest belangrijke isotopen die met de HFR wordt geproduceerd is technetium-99m voor diagnostische doeleinden. De stichting Laka heeft met dit stuk een eerste verkenning gedaan naar alternatieve productiemethodes voor technetium-99m. Hieruit blijkt dat er hele goede alternatieve methodes voor bestaan zonder dat een kernreactor nodig is. In de hele discussie over de HFR zou eens een grondige afweging moeten worden gemaakt of de verschillende radio-isotopen zonder een kernreactor kunnen worden gemaakt.

Technetium-99m

Meestal wordt technetium-99m met behulp van een kernreactor gemaakt. In een reactor wordt door spijting met neutronen in uranium-targets het isotoop molybdeen-99 gevormd. Met een halwaardetijd van 67 uur vervalt dit weer in het gewenste technetium-99m (halwaardetijd is 6 uur). Het moederisotoop molybdeen-99 wordt in een fabriek afgescheiden en verpakt in een zogenaamde "Technikow". Daarin ontstaat dus het vervalproduct technetium-99m wat in een ziekenhuis afgesplitst wordt voor diagnostisch onderzoek. Maar een reactor heeft geen eeuwige levensduur. En de bouw van vervangende reactoren gaat niet altijd zonder slag of stoot. In een tijd waarin kernenergie politiek en maatschappelijk zeer omstreden is is het niet eenvoudig met voorstellen voor nieuwe reactoren te komen. Dus moet men rekening houden met het feit dat isotoop-producerende reactoren uiteindelijk moeten sluiten. In die context is al vaker onderzocht in hoeverre de isotoopproductie met deeltjesversnellers een alternatief is. De cyclotron of deeltjesversneller is een uitvinding van de vroegere jaren '30 (Ernest Lawrence). Met de cyclotron konden diverse elementen geproduceerd worden. Toen echter in 1941 de nucleaire reactor was uitgevonden (Enrico Fermi) vormde die een concurrent voor de cyclotron. In een reactor konden de isotopen nog eenvoudiger en goedkoper worden geproduceerd. Dit raakte productie met deeltjesversnellers naar de achtergrond. Midden jaren negentig hebben het Belgische Studiecentrum voor Kernenergie (SCK) en het bedrijf Ion Beam Applications (IBA) nadere studie verricht naar het alternatief deeltjesversneller. De studie richtte zich onder andere op het bestralen van verrijkt uranium-targets in een deeltjesversneller. Het project Accelerator-driven Operated New Irradiation System (Adonis) geeft veel perspectief. Eén enkel systeem zou in staat zijn per dag 25.000 >porties< molybdeen te produceren, terwijl wereldwijd per dag 60.000 patiënten onderzocht worden met dit isotoop. Het zou de Europese vraag ramschots kunnen dekken. Het grote voordeel van het gebruik van de versneller is dat de deeltjes, die gebruikt worden om de uranium-targets te bombarderen, niet meer afkomstig zijn uit een kernreactor. En dat scheelt in de productie van kernval. Een versneller is immers een apparaat waarin deeltjes worden geproduceerd zonder gebruik te maken van nucleaire brandstof. Toch blijft er een afvalprobleem aanwezig in de vorm van restproducten van de uranium-targets. In die targets is immers wel

Medical Radioisotopes Production Without A Nuclear Reactor



Henk van der Keur
 Laka Foundation, 22 May 2010
www.laka.org

De Pallas business case tussen droom en werkelijkheid



Hoe belangrijke veranderingen in de markt voor medische isotopen de business case achterhaald hebben

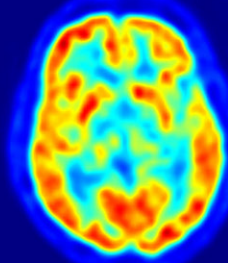
Henk van der Keur
 Stichting Laka
 april 2013

Juli 2000
 Sluiting HFR-Petten. Alternatieve productiemethodes technetium-99m

Mei 2010
 Medical Isotope Production Without A Nuclear Reactor

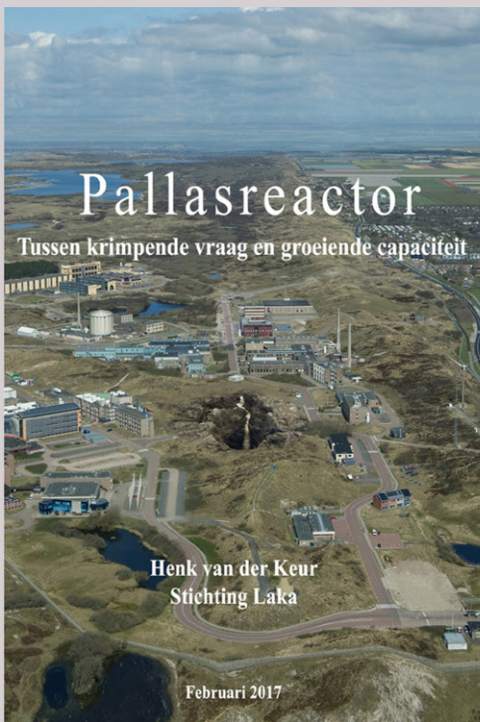
Mei 2013
 De Pallas business case. Tussen droom en werkelijkheid

PALLASREACTOR OF DEELTJERVERSNELLERS? DE TOEKOMST VAN MEDISCHE ISOTOPENPRODUCTIE IN NEDERLAND



Oktober 2014
 Henk van der Keur
 Stichting Laka

Oktober 2014
 Pallasreactor of deeltjesversnellers? De toekomst van medische isotoop-productie in Nederland



Pallasreactor

Tussen krimpende vraag en groeiende capaciteit

Henk van der Keur
 Stichting Laka

Februari 2017

Februari 2017
 Pallasreactor. Tussen krimpende vraag en groeiende capaciteit

Innovatie in medische isotoopproductie zonder kernreactor

Stichting Laka
 Henk van der Keur
 Februari 2021



Februari 2021
 Innovatie in medische isotoopproductie zonder kernreactor

Medische radio-isotopen

Voor arts en patiënt maakt het niet uit of medische radio-isotopen uit een kernreactor of uit een deeltjesversneller komen. Alleen de kwaliteit en de beschikbaarheid tellen. Laka kijkt daarnaast nadrukkelijk naar de milieueffecten van de productie van radio-isotopen.

Medische radio-isotopen zijn onmisbaar in de moderne gezondheidszorg. Omdat radio-isotopen milieuvriendelijker, veiliger en goedkoper kunnen worden geproduceerd met deeltjesversnellers, roept Laka op in Petten geen nieuwe kernreactor voor de productie van medische isotopen te bouwen.

De productie van radio-isotopen met deeltjesversnellers kent veel voordelen:

Veiligheid

- Geen/weinig langlevend hoogradioactief kernafval;
- Geen/weinig transport met kortlevende hoogradioactieve isotopen;
- Geen splijtstoffen, dus geen proliferatiegevaar;
- Geen gevaar op een kernramp.

Beschikbaarheid

- Een groot aantal regionale medische centra met deeltjesversnellers zorgen voor grote leveringszekerheid.

Brede range van medische radio-isotopen:

- Met een versneller kunnen meer verschillende radio-isotopen worden geproduceerd dan met een kernreactor; zowel voor nieuwe toepassingen als ter vervanging van toepassingen met reactorisotopen;
- Versnellerisotopen worden voor dezelfde medische toepassingen gebruikt en bieden dezelfde beeldvormende kwaliteit als reactorisotopen.

Innovatief:

- Medische diagnostiek / beeldvormende technologie met versnellerisotopen staat in de beginfase van innovatie. Bij reactorisotopen is de innovatie over het hoogtepunt.

Overgangperiode voor radio-isotopen voor therapie

Ongeveer 90% van de medische radio-isotopen wordt gebruikt bij het stellen van diagnoses; de overige 10% wordt gebruikt voor therapeutische bestraling. Sommige bestralingsisotopen kunnen echter pas over enkele jaren met deeltjesversnellers worden geproduceerd.

In tegenstelling tot kortlevende radio-isotopen voor diagnostiek hebben therapeutische radio-isotopen vaak een halfwaardetijd van enkele maanden. Iridium-192, een veelgebruikt isotoop voor brachytherapie (inwendige bestraling), heeft zo een halfwaardetijd van 73,2 dagen. Dit soort isotopen kunnen daarmee relatief gemakkelijk over grote afstanden worden vervoerd. Wereldwijd volstaan daarom één á twee onderzoeksreactoren voor de productie ervan. Na de huidige overgangperiode kunnen over enkele jaren alle radio-isotopen met deeltjesversnellers worden gemaakt. Een nieuwe reactor is dus ook voor therapeutische radio-isotopen in Petten niet nodig.

Stichting Laka is het documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie. Laka documenteert, analyseert en becommentarieert al veertig jaar (de ontwikkeling van) kernenergie. Omdat de productie met kernreactoren gepaard gaat met aanzienlijke hoeveelheden langlevend hoogradioactief afval schrijft Laka ook al twintig jaar over de productie van medische radio-isotopen zónder kernreactor.

Analyseren, informeren en activeren

LAKA

Ketelhuysplein 43, 1054 RD Amsterdam
www.laka.org info@laka.org