

HOGE FLUX REACTOR IN PETTEN: 60 JAAR OUD EN MET GEBREKEN

Herman Damveld,
24 januari 2022

Voorwoord

De regering heeft de Hoge Flux Reactor (HFR) in het Noord-Hollandse Petten net op tijd gered van de ondergang, zei minister Kamp van Economische Zaken op 5 oktober 2016 in de Tweede Kamer. Als het kabinet geweigerd had 40 miljoen euro extra uit te geven was het “daar misgelopen”, aldus de minister die sprak van “een noodsituatie”. Het is overigens de vraag of 40 miljoen euro genoeg is. Minister Kamp: “Ik ben niet overtuigd van die raming. Daarom ga ik grondig onderzoek instellen. Daarbij kijken we ook of we het opruimen misschien beter door derden kunnen laten doen.”¹

De reactor kwam op 9 november 1961 in bedrijf, is 60 jaar oud, en vertoont de laatste jaren gebreken, net als alle oude machines. Neem bijvoorbeeld het bericht van 21 januari 2022: “De Nuclear Research & Consultancy Group (NRG) heeft de ANVS geïnformeerd over het feit dat NRG de Hoge Flux Reactor (HFR) nog niet opstart. De reactor was buiten bedrijf. NRG heeft tijdens controlewerkzaamheden een mankement aangetroffen in een koelsysteem van de reactor. Daarom heeft NRG het opstarten van de reactor uitgesteld. (...) NRG onderzoekt de oorzaak van dit mankement.”² Dat was de laatste van 60 storingen die officieel in de documenten van de overheid staan (zie hieronder voor een overzicht).

Of neem bijvoorbeeld het waterverlies in het reactorbassin dat het beton zou kunnen aantasten. Minister Schultz van Haegen schreef hierover op 31 januari 2017: “Dit waterverlies was (...) in 2011 en de daarop genomen maatregelen, teruggebracht tot nihil maar is in 2016 weer toegenomen. Omdat het waterverlies niet kan worden verklaard, zal NRG in het eerste en tweede kwartaal van 2017 nieuwe onderzoeken, inspecties en berekeningen uitvoeren. Daarbij wordt onder meer de mogelijkheid onderzocht om met een fluorescerend middel te werken, waardoor eventuele lekpaden makkelijker zichtbaar worden gemaakt. In het eerste kwartaal van 2017 zal NRG ook nader onderzoek doen om vast te stellen hoe robuust de betonconstructie van de reactor is. Ik merk overigens op dat bij de bouw van de reactor in de betonconstructie drainage is aangebracht om lekpadwater af te voeren en te registreren en dat het lekwater niet in het milieu terecht komt.”³

Ook komen regelmatig problemen met de veiligheidscultuur aan het licht en gebeuren er in feite onverantwoorde zaken, zoals bijvoorbeeld in oktober 2001, op 18 oktober 2014 en op 7 september 2016 bleek.^{4 5 6} De HFR zal naar verwachting rond 2025 gesloten worden, stelde B.J. Bruins, minister voor Medische Zorg op 6 december 2018.⁷ Of de HFR die einddatum van 2025 haalt is ook de vraag.

Op 18 april 2017 schreef minister Schulz van Haegen dat de regering rekening houdt met ongelukken met de HFR waarbij er radioactiviteit vrijkomt. Tot een gebied van 3 kilometer van de HFR moet er geëvacueerd en geschild worden, terwijl er ook jodiumpillen beschikbaar moeten komen tot op een staal van 3 kilometer.⁸

De HFR is op 25 oktober 2018 uitgeschakeld na een lekkage. Radioactief verontreinigd koelwater was terechtgekomen in een kruipruimte. Wat de lekkage precies heeft veroorzaakt, is nog onduidelijk. NRG is een onderzoek gestart. Daarbij wordt ook bekeken hoeveel vervuild water er precies is weggelekt.⁹

Daarnaast bleek de afgelopen jaren dat de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium niet ging zoals bedoeld. Dit is een kwestie die al speelt vanaf 1989.^{10 11} Eind december 2016 is hiervoor eindelijk een vergunning aangevraagd. De exploitant NRG

wilde er vanaf januari 2017 mee beginnen.^{12 13} In april 2017 publiceerde de minister van Infrastructuur en Milieu de ontwerpvergunning gepubliceerd voor deze omschakeling.¹⁴ De regering verleende echter op 28 november 2017 een vergunning voor het gebruik van hoogverrijkt uranium, een vergunning die tot 28 november 2020 geldig is.¹⁵ Pas vanaf 18 maart 2020 werkt de HFR alleen maar op laagverrijkt uranium.¹⁶

De HFR is in de periode 2008-2014 gemiddeld 69% van de tijd (8 maanden) in bedrijf geweest met als dieptepunt in 2013 (3,5 maanden). In 2015 ging het om 87%.¹⁷ Volgens het Bureau Berenschot was het verlies in de periode 2012-2015 in totaal 24,3 miljoen euro doordat de HFR niet in bedrijf was en nog eens 18,3 miljoen euro door de verplichtingen om het zogeheten historisch radioactief afval op te ruimen en te verplaatsen; één maand niet in bedrijf betekent een verlies van 2 miljoen euro.¹⁸

Het historisch afval betreft 1700 vaten van elk 35 liter die al lange tijd in Petten liggen. De vaten bevatten diverse soorten vast radioactief afval zoals restanten van bestralingsexperimenten uit de HFR, gereedschap, instrumenten, doeken en papier. Dit afval in de vaten moet eerst worden gescheiden, gesorteerd of soms worden omgepakt.^{19 20} De exploitant NRG gaat er van uit dat de bedrijfstijd vanaf nu jaarlijks 95% zal zijn, maar dat is niet realistisch want dan zou het gaan om 18 dagen stilstand per jaar wat tot nu toe niet vertoond is. Ook daarom blijft de HFR verliesgevend.²¹ Volgens het Bureau Berenschot is de financiële situatie “urgent en onhoudbaar; de continuïteit van bedrijf is in gevaar. (...) De problematiek van nucleaire activiteiten is fundamenteel van aard. Inkomsten uit de productie van medische isotopen vallen tegen.”²²

De moeilijke financiële situatie van NRG is niet van vandaag of gisteren. Tussen 1995 en 2013 heeft de regering al zo’n 65 miljoen euro steun aan NRG gegeven voor de verwerking van het historische kernafval.²³ Ook wil de regering dat de HFR in bedrijf blijft tot 2025 (dan is de HFR 64 jaar oud) en heeft daarvoor op 17 oktober 2014 een lening van 82 miljoen euro verstrekt.²⁴ Op 23 december 2015 bleek echter dat die lening ook gebruikt mag worden om de sanering van historisch radioactief afval voor te financieren, een sanering die naar schatting 104,6 miljoen zou kosten.²⁵

Minister Kamp deelde op 30 september 2016 mee dat de “kosten van het verwerken en afvoeren van radioactief afval, inclusief historisch afval, worden (...) geraamd op 109 miljoen euro.” Om te voorkomen dat de exploitant failliet gaat is een financiële afspraak gemaakt. Er wordt: “een financiering van 40 miljoen euro verstrekt, die is geormerkt voor het verwerken en afvoeren van het (historisch) radioactief afval.”²⁶

Volgens een op 9 mei 2017 uitgelekt Plan van Aanpak kost het opruimen van alle vaten 113 miljoen euro en de ontmanteling van de gebruikte installaties nog eens 71 miljoen euro. Samen gaat het om 184 miljoen euro. “Als echt alles mee zit, wordt de deadline van 2022 gehaald”, schrijft NRG. Maar er staat ook een pessimistisch scenario beschreven. “Het laatste splijtstof verlaat Petten in 2027.” Voor de opruimoperatie heeft NRG 116 miljoen euro in kas. NRG is daarom in gesprek met de overheid om bij te springen.^{27 28 29}

Uit stukken uit het archief van de kabinetsformatie die op 19 december 2017 via de Stichting Laka naar buiten kwamen blijkt dat het opruimen 100 miljoen euro extra kost en dat de overheid dit moet betalen.³⁰ De totale kosten komen dan op 284 miljoen euro. Op 18 september 2018 schreef minister Wiebes dat nog voor dit jaar, 2018, een bedrag van 117 miljoen euro beschikbaar is gesteld als bijdrage aan de kosten van het opruimen van het historisch afval en de ontmanteling van gebouwen, installaties en apparatuur in Petten.³¹

In de HFR wordt uranium verspleten en daarbij ontstaan allerlei zogeheten splijtingsproducten. In een aparte fabriek, het Hot Cell laboratorium, wordt onder meer het medische isotoop molybdeen-99 (Mo-99) afgescheiden van de andere splijtingsproducten. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft op 6 oktober 2016 een rapport uitgebracht over de beschikbaarheid medische isotopen als zowel de HFR als het Hot Cell laboratorium plotseling zouden stoppen. Het RIVM concludeert: “Deze uitval is niet op korte termijn op te vangen door externe marktpartijen. Voor zover nu in te schatten zal het minimaal een jaar kosten voordat de beschikbaarheid van Mo-99 in de mondiale markt opnieuw geregeld is.”³² Kortom, de HFR hoeft niet tot 2025 in bedrijf te blijven en kan veel sneller sluiten. In dit artikel blikken we terug op de roerige geschiedenis van de HFR.

1. Perverse prikkels tasten de veiligheid aan

De NOS publiceerde op 7 september 2016 een document opgesteld door een nucleair deskundige, die door NRG was aangetrokken om orde op zaken te stellen. Bij zijn voortijdige vertrek heeft hij de directie van deze notitie op de hoogte gesteld. In het document is sprake van "perverse prikkels" als gevolg van een lening van 82 miljoen euro die het bedrijf moet terugbetalen aan het Rijk. De nadruk ligt op geld verdienen om de lening terug te kunnen betalen.³³

In oktober 2014 besloot de regering namelijk een lening van maximaal 82 miljoen euro te verstrekken voor de HFR. “Hierdoor kan de exploitatie van de reactor de komende 10 jaar worden gecontinueerd en blijven 850 banen behouden,” liet minister Henk Kamp (Economische Zaken) weten. “Het is van groot belang dat de onderzoeksreactor in Petten kan blijven draaien. Wegens de productie van medische isotopen en het belang van het bedrijf voor de Nederlandse economie.”³⁴

De lening is bedoeld om de HFR volwaardig in bedrijf te kunnen houden. Daarvoor zijn 180 verbeterprojecten in gang gezet. In het nu uitgelekte rapport staat echter dat een deel van die projecten niet meer onder controle staan en ook niet het gewenste resultaat zullen opleveren.³⁵ In het document staat dat veiligheid “niet het alles overheersende beginsel is”.³⁶ De top van het management “beschouwt het personeel als deel van het probleem”, vertrouwt het personeel niet en geeft aan “dat er gevolgen zullen zijn als men de veiligheid aan de orde stelt.”³⁷ Het gevolg hiervan is dat er de afgelopen drie jaar 11 managers vertrokken zijn en er op de werkvloer veel verloop is. “De besluitvorming en het gedrag van de directie heeft een nadelig gevolg voor de veiligheidscultuur”, staat in het rapport.³⁸

Daar komt nog bij dat de korte termijn veiligheid beïnvloed wordt door de werkdruk van het resterende personeel. Ook vertrouwt een aanzienlijk deel van het personeel de leiding niet en durven velen hun mond niet te openen over veiligheidsproblemen.³⁹

Dit document staat niet op zichzelf. In het rapport van de Commissie Turkenburg van maart 2015 staat immers ook al dat de overgang van een onderzoeksinstelling naar een commerciële bedrijfsvoering veel problemen en potentiële gevaren oplevert.⁴⁰ Dit werd bevestigd door de commissie Holtkamp in oktober 2015.⁴¹ Deze rapporten werden overigens pas op 30 augustus openbaar gemaakt door minister Schultz van Haegen. De minister wees daarbij op “de verslechterde situatie” van zowel NRG als het Energie Centrum Nederland (ECN), beide gevestigd in Petten. Ze vervolgde: “Momenteel wordt door een extern advies bureau onderzoek gedaan naar de financiële situatie en mogelijke toekomstscenario’s voor ECN/NRG.” In die scenario’s worden de gevolgen beschreven “ook in het geval van een faillissement.” Voor 1 oktober 2016 neemt de regering een besluit over de toekomst van ECN/NRG.⁴²

Minister Schultz van Haegen reageerde op 12 september op de berichtgeving: “De laatste twee jaar kwamen er bij de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) uit

diverse bronnen signalen binnen over ontevredenheid en/of onzekerheden bij de NRG medewerker. In dit verband werden er begrippen als “angstcultuur” en “veiligheidscultuur” naar voren gebracht. De ANVS heeft de afgelopen twee jaar een aantal malen contact gehad met personen die vertrouwelijk informatie over NRG met de ANVS wilden delen. De ANVS is met deze personen en de door hen verstrekte informatie omgegaan conform de interne ANVS-richtlijnen voor het omgaan met klokkenluiders.”

Ze vervolgt: “Het is zeker niet uit te sluiten dat de beschikbaarheid van de installaties in de toekomst zal afnemen door onverwachte verstoringen. Het door NRG gestarte programma om de veroudering van de installaties te beheersen geeft echter, mits volledig en tijdig uitgevoerd, voldoende zekerheid dat de nucleaire veiligheid op het gewenste niveau blijft. Dit omdat het programma nucleaire veiligheid boven beschikbaarheid stelt.” En: “De ANVS concludeert dat er op dit moment geen twijfel bestaat over de nucleaire veiligheid. Wel dient ervoor gewaakt te worden dat NRG zijn veiligheidsprestaties borgt en continu verbetert. Bijzondere (omgevings)factoren van NRG vormen hiervoor, op termijn, een risico.”

Kortom, minister Schultz van Haegen erkent dat er problemen en risico’s zijn. Over oplossingen schrijft ze: “De Kamer wordt hierover in het vierde kwartaal van 2016 geïnformeerd.”⁴³

Reactie NRG dd 7 september: “De directie van NRG heeft kennisgenomen van de berichtgeving door de NOS, waarin onder andere wordt beweerd dat NRG onder zware financiële druk staat. Het klopt dat de Stichting ECN, en daarmee ook dochterbedrijf NRG, al ruim drie jaar in financieel zwaar weer verkeert. Dit komt voornamelijk door het historisch nucleair afval, wat van de overheid naar het COVRA in Vlissingen verplaatst moet worden. Deze operatie drukt al jaren zwaar op de bedrijfsresultaten: NRG kan de last niet dragen. Wij hebben dan ook alle begrip voor de zorgen van medewerkers, die vrezen dat deze financiële situatie in de toekomst impact zal hebben op de dagelijkse operatie. Wij willen echter benadrukken dat de veiligheid van de nucleaire activiteiten voor NRG prioriteit nummer één is en dat wij niet zullen accepteren dat de veiligheid ooit in het geding komt.”⁴⁴

Minister Kamp op 30 september 2016: “Het kabinet stelt € 40 miljoen beschikbaar bestemd voor het verwerken en afvoeren van het historisch radioactief afval.”⁴⁵

Minister Schultz van Haegen schreef hierover op 31 januari 2017: “Op basis van gesprekken die zijn gevoerd met meer dan 20 medewerkers is de conclusie dat tot nu toe sprake is van een voldoende ontwikkeld veiligheidsbewustzijn bij haar nucleaire faciliteiten van de Hoge Flux Reactor (HFR) en de Hot Cell Laboratories (HCL) om eventuele productiepijkkels zo nodig te weerstaan. Wel heeft de ANVS het beeld opgebouwd dat er IAEA eisen zijn op het gebied van veiligheidsgedrag die NRG beter kan en dient na te leven. (...) In het kader van het toezicht heeft de ANVS drie waarschuwingsbrieven aan NRG gezonden. Het betreft twee brieven over veiligheidsdocumentatie en een brief over beveiliging.”⁴⁶

Historisch afval^{47 48}

Sinds de ingebruikname van de Hoge Flux Reactor (HFR) en de Lage Flux Reactor (LFR) in Petten, ruim vijftig jaar geleden, is er radioactief afval gevormd. Dit afval, niet alleen uit Petten maar uit heel Nederland (bijvoorbeeld uit ziekenhuizen), wordt reeds jarenlang opgeslagen op het onderzoeksterrein van ECN/NRG in de speciaal daarvoor ingerichte opslagfaciliteit Waste Storage Facility (WSF). Deze opslag voor radioactief vast afval wordt in de volksmond ook wel pluggenloods genoemd.

Citaten van NRG:

“Vanaf 1984 stelt de overheid in de ‘Nota Radioactief Afval’ dat al het in Nederland geproduceerde afval door een centrale organisatie wordt ingezameld, verwerkt en opgeslagen. De Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) is met dit doel opgericht. Tot begin

jaren negentig is de COVRA in Petten gevestigd, en geldt de WSF als 'nationale opslagfaciliteit'. Daarna verhuist de COVRA naar Nieuwdorp (Zeeland).

Hier liggen op dit moment ongeveer 1700 vaatjes historisch afval. De inhoud van deze vaatjes is 35 liter. De vaatjes bevatten diverse soorten vast radioactief afval zoals restanten van bestralingsexperimenten uit de HFR, gereedschap, instrumenten, doeken en papier. Het radioactief afval moet gescheiden worden aangeleverd bij COVRA. Het afval in de vaatjes moet dus eerst worden gescheiden en gesorteerd.

In 2015 en 2016 zijn 109 gecorrodeerde vaten die opgeslagen lagen in de WSF (waste storage facility, ook wel pluggenloods genoemd) omgepakt in de Hot Cell Laboratories (HCL). Bij het ompakken is de inhoud van de vaten gesorteerd. Dit houdt kort gezegd in dat het pvc is gescheiden van het afval en dat de inhoud van de vaten is gesorteerd op laag- middel- en hoogradioactiviteit. Deze vaten zijn weer teruggeplaatst in de WSF, wachtend voor de verdere behandeling voor uiteindelijke afvoer naar COVRA.

Een zestal vaten kon niet volgens de bovenstaande standaardprocedure behandeld worden. Met een endoscoop hebben wij foto's van het afval genomen om de situatie in de plug te bekijken. Op dit moment wordt er gewerkt aan een oplossing om ook deze vaten te liften en te sorteren. Hoewel de vaten veilig liggen opgeslagen in de WSF willen wij dit afval dezelfde behandeling geven als de andere 109 vaten, dus scheiden en sorteren en ompakken, zodat ook deze klaar staan voor verdere behandeling voor uiteindelijke afvoer naar COVRA."

De stichting Laka te Amsterdam stelt in een overzicht dat vervoer naar de COVRA al vanaf 2003 mogelijk was en dat de overheid tussen 1995 en 2013 er al zo'n 65 miljoen euro aan heeft uitgegeven.⁴⁹Een planning voor de daadwerkelijke afvoer is er nog niet.

Minister Kamp over NRG, HFR en ECN dd. 30 september 2016:⁵⁰

De minister heeft onderzoek laten doen door Strategy&/PWC. Hij stelt: "Het rapport van Strategy&/PWC wordt vanwege bedrijfsvertrouwelijke informatie niet openbaar gemaakt." Wel concludeert hij op basis van dit onderzoek: "Dat in vergelijking met de business case uit 2014 de kosten van opruimen van het historische radioactief afval nu niet volledig meer kunnen worden betaald uit de opbrengsten van het duurzame energieonderzoek en de nucleaire activiteiten." Verliezen kunnen leiden tot een faillissement, maar: "De impact van een faillissement is groot, omdat een eventuele sluiting van de HFR en de molybdeenfabriek in Petten, waar NRG de vergunninghouder van is, samenvalt met de sluiting van de NRU-reactor en molybdeenfabriek in Canada in oktober 2016." Ook zou de overheid volgens de minister: "uiteindelijk de kosten van het verwerken en afvoeren van het radioactief afval in Petten en van de ontmanteling van de gebouwen en faciliteiten van de Stichting ECN moeten dragen. De Europese Commissie is als eigenaar verantwoordelijk voor de ontmanteling van de HFR. De kosten van het verwerken en afvoeren van radioactief afval, inclusief historisch afval, worden door de Stichting ECN met de kennis van nu geraamd op € 109 miljoen."

Hij vervolgt met de mededeling dat: "De kosten van een afbouw van activiteiten van alleen NRG zich bevinden in een bandbreedte van € 145 miljoen (bij geleidelijke afbouw) tot € 274 miljoen (bij directe stopzetting). De belangrijkste kostenposten zijn de kosten voor het verwerken en afvoeren van het radioactief afval en van de sloop van de gebouwen, doorlopende operationele kosten voor de veiligheid van de HFR en een verlies aan opbrengsten waarmee deze operationele kosten worden gedekt. Continuering van de activiteiten kost de Staat aanzienlijk minder. Volgens de analyse van Strategy&/PWC is een extra bijdrage nodig van € 27 miljoen tot € 32 miljoen om de business case sluitend te maken. De reden dat dit de Staat aanzienlijk minder kost is met name gelegen in de opbrengsten die de Stichting ECN in de toekomst genereert, waaruit de kosten van het historisch radioactief afval mede kunnen worden bekostigd."

Minister Kamp wil de activiteiten van ECN en NRG loskoppelen. Dat duurt enige tijd en om te voorkomen dat ECN of NRG failliete gaat is er een financiële afspraak gemaakt. Er wordt: “een financiering van € 40 miljoen verstrekt, die is geormerkt voor het verwerken en afvoeren van het (historisch) radioactief afval. Deze financiering van in totaal € 40 miljoen wordt gedekt uit de begrotingen van EZ en VWS.” En: “Voorts wordt de leningsovereenkomst die op 17 oktober 2014 tussen de Staat en de Stichting ECN is afgesloten voortgezet, waarbij wel de basisrente en het opname- en aflossingsritme worden aangepast (deze rente was volgens Bureau Berenschot 5,5%, H.D.). Door deze extra liquide middelen ter beschikking te stellen, hoeft de Stichting ECN pas later en voor een lager bedrag aanspraak te maken op de lening die eind 2014 door de Staat is verstrekt. Dit werkt positief uit op de aflossings- en rentelasten.” Minister Kamp besluit: “Op basis van de eerder genoemde onderzoeken naar een ontvlechting van de resterende onderdelen van de Stichting ECN en naar de nucleaire kennisinfrastructuur, zal ik in het voorjaar van 2017 bezien op welke wijze de nucleaire activiteiten kunnen worden voortgezet.”

Minister Schultz van Haegen screef op 31 januari 2017 aan de Tweede Kamer: “ Op 19 januari jl. heeft de ANVS een brief gestuurd aan de directies van ECN en NRG over de voortgang van het project dat tot doel heeft het historisch afval af te voeren naar de COVRA. Daarin staat dat de technische complexiteit en het ontbreken van voldoende financiële middelen niet langer als belangrijkste oorzaken van de vertraging zijn aan te voeren, maar dat, volgens het oordeel van de ANVS, organisatorische problemen de voortgang belemmeren.”⁵¹

2. Rumour in 2014 over wat er in 2013 met de HFR aan de hand was

Op 18 oktober 2014 publiceerden Brandpunt Reporter en de Volkskrant over rapporten die ze in handen kregen na een beroep op de Wet Openbaarheid van Bestuur (WOB). De conclusie is dat er een verschil zit tussen wat er in de rapporten staat en wat minister Kamp aan de Tweede Kamer schreef. Ieder jaar stuurt de minister van Economische Zaken aan de Kamer een 'Rapportage ongewone gebeurtenissen in Nederlandse nucleaire inrichtingen'. Het rapport over 2013 maakt melding van een storing in een gasmonitor. Maar Kamp laat een aantal zaken onvermeld. Dat NRG te weinig controles uitvoert, dat het incident te laat is gemeld en dat de KFD aan NRG een dwangsom heeft opgelegd - het staat allemaal niet de rapportage. De onvolledigheid geldt bijvoorbeeld ook voor de storing in oktober 2013: de meting van te hoge concentratie van uranium in een afvaltank. Minister Kamp informeerde de Tweede Kamer op zo'n manier dat het leek of er weinig aan de hand was.

We beginnen deze paragraaf met enkele citaten uit de WOB-rapporten. Daarna geven we de visie van de regering weer.

Op 11 juni 2013 gaat het mis bij de kernreactor in Petten. Een waarschuwingssysteem dat omwonenden beschermt tegen te veel radioactiviteit gaat stuk. Het systeem, de gasmonitor II, controleert de uitgaande lucht van de reactor voordat deze de schoorsteen verlaat. Zo moet radioactieve besmetting worden voorkomen. Dat blijkt uit documenten die Brandpunt Reporter in handen kreeg na een beroep op de Wet Openbaarheid van Bestuur. Wanneer de gasmonitor te veel radioactiviteit meet, kan het de kernreactor automatisch uitschakelen. Dat heet een RSA – een Reactor Snel Afschakeling. Of, in het jargon van de nucleaire industrie: een scram.

Uit de vrijgegeven overheidsdocumenten blijkt dat de gasmonitor in de zomer van 2013 een maand lang defect is. Zonder dat het reactorpersoneel dat in de gaten heeft. Het defect aan de gasmonitor leidt tot een onderzoek door de Kernfysische Dienst (KFD), een onderdeel van de Inspectie Leefomgeving en Transport van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. De KFD trekt, zo blijkt nu, een aantal ontluisterende conclusies over het bedrijf dat de kernreactor exploiteert, de Nuclear Research and consultancy Group (NRG).

Op 11 juni 2013 ziet een medewerker van de reactor op gasmonitor II een rood waarschuwinglampje knipperen. De gasmonitor bestaat uit drie meetinstrumenten, sets genoemd. Het lampje dat knippert is van set 2. De medewerker drukt net zo vaak ('tig keer') (zie pagina 107 in *Wob-besluit verzoek documenten activiteiten Energieonderzoek Centrum Nederland*) op de resetknop tot het knipperen stopt. Hij onderzoekt niet waarom het knippert. Het lampje gaat uit. De reactor niet. Omdat het lampje niet opnieuw gaat knipperen en de reactor een maand later toch zal worden stilgelegd voor onderhoud, besluit het personeel de reactor niet stil te leggen. "Dit om geen onnodige scram te veroorzaken," noteert de KFD later (zie pagina 107 in *Wob-besluit verzoek documenten activiteiten Energieonderzoek Centrum Nederland*).

In oktober 2013 dreigt er een explosie bij de kernreactor in Petten. In een afvaltank wordt zoveel uranium gemeten dat er een 'spontane kettingreactie' (zie 88 in 3/19 van *Bijlagen Wob-verzoek activiteiten Energieonderzoek Centrum Nederland*) dreigt. En dat kan tot een ontploffing leiden.

Op 15 oktober 2013 meldt NRG de meetresultaten aan de Kernfysische Dienst (KFD), een onderdeel van de Inspectie Leefomgeving en Transport van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. "De berekende waarde is ruim boven de toegestane hoeveelheid [...] en ook ruim boven de grens voor criticiteit."

Wat dat betekent, wordt duidelijk uit een interne e-mail van de directie Nucleaire Installatie en Veiligheid (NIV) van het ministerie van Economische Zaken: "Zojuist van KFD volgende gehoord: In de hot cells (speciale unit waar met sterk radioactieve stoffen gewerkt wordt) is zeer hoog gehalte uraan in afval gevonden. Zo hoog dat sprake is van criticiteitsprobleem (kans op soort "spontane" kettingreactie)." ⁵²

Tot zover de citaten.

De regering over de gebeurtenissen in 2013 en 2014 ^{53 54 55}

19 februari 2013: Fout in veiligheidsanalyse HFR.

19 juli 2013: Storing in het meetsysteem van radioactiviteit in de ventilatielucht van de reactorhal.

6 augustus 2013: Onjuiste meting van de hoeveelheid geloosd koelwater in de Noordzee.

28 augustus 2013: Spleetstofelement onjuist in kern geladen. ⁵⁶

28 augustus 2013: Beveiliging tegen te hoog reactorvermogen tijdelijk verkeerd ingesteld.

30 september 2013: Tijdens een geplande onderhoudsstop heeft NRG een afwijking geconstateerd aan een van de zes regelstaven van de Hoge Flux Reactor. NRG heeft direct hierop onderzoek ingesteld naar de oorzaak hiervan. NRG zal daarom de reactor niet opstarten totdat de oorzaak bekend is en maatregelen zijn genomen om dit in de toekomst te voorkomen.

Op 17 oktober 2013 constateerde NRG dat een meting een te hoge concentratie uranium-235 in een afvaltank aan een van de productielijnen (de oostlijn) van de Molybdeen Productie Faciliteit (MPF) aangaf, waarop NRG de MPF-oostlijn uit bedrijf heeft genomen en de KFD op de hoogte heeft gesteld. Kort daarop heeft NRG onder druk van de KFD ook de andere productielijn van de MPF (de westlijn) uit voorzorg uit bedrijf genomen. Nadere analyse wees uit dat bovenstaand incident een meetfout betrof en dat de uranium-235 concentratie in de MPF toch niet boven de in de vergunning vastgelegde grenzen is gekomen. De gemeten concentratie uranium-235 bij de MPF was dermate hoog dat, als deze meetwaarde correct zou zijn, een risico op het optreden van criticiteit bestond. Het eventueel optreden van criticiteit bij de MPF zou geen risico buiten de inrichting vormen, maar zou wel een verhoogd stralingsniveau ter plekke tot gevolg hebben en vormde dus een potentieel risico voor de aldaar aanwezig medewerkers. Mede vanwege de onduidelijkheid over de exacte situatie op

dat moment is de burgemeester van Schagen geïnformeerd. Snel werd duidelijk dat bovenstaand incident een foutieve meting betrof en dat er nooit een veiligheidsrisico was.⁵⁷

15 november 2013: Bij NRG waren op dat moment de Hoge Flux Reactor (HFR) en de Molybdeen Productiefaciliteit (MPF) niet in gebruik. Bij de HFR is dat een gevolg van een geconstateerde afwijking in een regelstaaf. De MPF is buiten bedrijf gesteld omdat er mogelijk een overschrijding is geconstateerd van de grenswaarde voor de hoeveelheid uranium in een van de afvaltanks van een productielijn. Afhankelijk van de installatie kan deze situatie enkele maanden duren. De HFR kwam op 14 februari 2014 weer in bedrijf.^{58 59}

Samenvattend over de HFR stelt de Kernfysische Dienst (KFD) in de “Rapportage ongewone gebeurtenissen in Nederlandse nucleaire installaties in 2013” die begin juli 2014 verschenen is: “Voor de door NRG in Petten beheerde installaties is het aantal en de ernst van de gemelde ongewone gebeurtenissen uitzonderlijk te noemen. In 2012 is aan NRG verscherpt toezicht opgelegd door de KFD. De frequentie van dit verscherpte toezicht is in 2013, mede door het optreden van deze gebeurtenissen, verder verhoogd. Als gevolg van deze gebeurtenissen heeft NRG alle installaties in Petten medio 2013 stilgelegd. NRG is daarop een grootschalig verbeterprogramma gestart. Na realisatie van fundamentele maatregelen heeft de KFD in februari en maart 2014 respectievelijk ingestemd met het herstarten van de Hoge Flux Reactor (HFR).”⁶⁰

In 2014 hebben zich bij de HFR negen ongewone gebeurtenissen voorgedaan, die aan de ANVS zijn gemeld. Een voorbeeld. Op 24 januari 2014 melde NRG een interne lekkage in de reactor. Koelwater uit de reactor stroomt via een defecte lasverbinding naar het reactorbassin. Door de lekkage raakt het water in het reactorbassin besmet met radioactieve stoffen. Aan de omvang van lekkages zijn grenzen gesteld. De gesignaleerde lekkage is niet toegestaan.

De defecte lasverbinding zit in een bestralingscapsule. In de reactor worden tijdens elke bedrijfscyclus objecten geplaatst met de bedoeling om te worden bestraald. Sommige objecten worden daarbij in de bestralingscapsule geplaatst. NRG geeft in de melding aan dat uit het onderzoek is gebleken dat de wand van de bestralingscapsule al sinds 2009 lek is.⁶¹

3. HFR vanaf het begin

In 1957 is in de duinen bij Petten gestart met de bouw van de HFR, die vier jaar later op 9 november 1961 voor het eerst in bedrijf kon worden gesteld. Nog tijdens de bouw in 1961 werd de reactor overgedragen aan de Europese Commissie. Tot mei 1968 draaide de reactor op een vermogen van 20 megawatt (MW), dat in 1970 is opgevoerd tot het huidige reactorvermogen van 45 MW. In 1984 werd het reactorvat vernieuwd, waarvoor de reactor een jaar buiten bedrijf was.^{62 63}

De HFR diende aanvankelijk voor onderzoek naar materialen voor kerncentrales. Vanaf de jaren negentig is de productie van radioactieve stoffen voor medische toepassingen belangrijker geworden.⁶⁴ In 1991 stond 15% van het gebruik van de HFR in het teken van medische toepassingen, de rest was kernenergie.⁶⁵ In 2003 was 60% voor medische toepassingen en kernenergie nog 40%. Sindsdien is het belang van de medische toepassingen verder toegenomen, maar een exact getal staat niet in recente openbare stukken. De HFR zorgt nu voor 30% van de wereldwijde vraag naar medische isotopen.⁶⁶

De afgelopen 25 jaar is er regelmatig discussie geweest over de HFR. In de jaren negentig ging het vooral over de omschakeling van deze reactor van hoog- naar laagverrijkt uranium. Begin deze eeuw kwam de veiligheid ter discussie. De laatste jaren deden zich nogal wat ernstige storingen voor in de HFR die moeilijk te repareren waren. Dit als gevolg van de veroudering van de reactor. De laatste twee langdurige en moeilijke reparaties waren van november 2012 tot 11 juni 2013 en van 30 september 2013 tot 14 februari 2014.

4. Omschrijving Hoge Flux Reactor

De Hoge Flux Reactor (HFR) werkte aanvankelijk op hoogverrijkt uranium en schakelt om naar laagverrijkt uranium. Bij de splijting van uranium ontstaan naast neutronen allerlei radioactieve stoffen en warmte. De HFR is zo gebouwd dat de neutronenstroom veel sterker is dan in een kerncentrale als die in Borssele. Hieraan ontleent de HFR zijn naam: de flux is een maat voor de intensiteit van de neutronenstroom. Een Hoge Flux Reactor is dus een reactor met een zeer sterke neutronenstroom.

Door de hier beschreven hoge flux kan men een materiaal of een onderdeel dat men wil onderzoeken in korte tijd blootstellen aan een hoge mate van bestraling, of radioactieve grondstoffen voor medische toepassingen maken.

Zoals aangegeven ontstaan in de HFR door bestraling van plaatjes met uranium (ook wel targets genoemd) allerlei splijtingsproducten, waaronder molybdeen en jodium, maar er zijn er veel meer. De bestraalde targets gaan dan naar de Molybdeen Productiefaciliteit (MPF) en vervolgens naar het Hotlab van Mallinckrodt voor verdere bewerking en productie van de gewenste radioactieve stof voor medische toepassingen (in dit geval molybdeen en jodium). De niet gebruikte radioactieve stoffen worden beschouwd als radioactief afval. De HFR produceert dus de ruwe grondstof, maar niet de medische isotopen zelf. Als de ruwe grondstof als medische isotoop zou worden ingespoten bij patiënten, dan zouden ze dat zeer waarschijnlijk niet lang overleven.

Er is nog een groot verschil tussen de HFR en de kerncentrale Borssele. Bij die kerncentrale wordt de warmte gebruikt om elektriciteit op te wekken. De warmte van de uraniumsplijting van de HFR daarentegen wordt via een leiding in zee geloosd aan het einde van een strekdam. Deze leiding wordt binnenkort verlegd omdat er grond wordt opgespoten voor de hele kust van Petten.

Daarnaast is er vanaf de HFR een vier kilometer lange kunststof buis met een loden mantel die in zee uitkomt. Dit is de lozingsleiding van de DWT-faciliteit (Decontamination and Waste Treatment, ontsmetting en afvalbehandeling). Hier gaat geen koelwater doorheen, maar gezuiverd afvalwater uit de verschillende laboratoria.

5. Van hoog- naar laagverrijkt uranium

De exploitant van de HFR vroeg eind 2003 een vergunning aan voor de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium. Daar ging een lange strijd aan vooraf die bijna tot sluiting van de HFR had geleid.

De HFR werkte vanaf het begin op hoogverrijkt uranium. Het Amerikaanse ministerie van Energie leverde de brandstof voor de reactor. Het gaat hier om hoogverrijkt uranium van kernwapenkwaliteit. Tot **1988** namen de Verenigde Staten de gebruikte brandstof terug en zorgden ook voor verse brandstof.

Eind jaren zeventig kwam er verandering in het Amerikaanse beleid. Hoogverrijkt uranium is geschikt voor de aanmaak van kernwapens. Om te voorkomen dat landen of groeperingen via hoogverrijkt uranium voor onderzoeksreactoren kernwapens zouden gaan maken, besloot de regering de levering van dit hoogverrijkt uranium op termijn te stoppen. Sindsdien drong de Amerikaanse regering erop aan in plaats van hoogverrijkt het veel minder gevaarlijke laagverrijkt uranium te gebruiken. Vele buitenlandse onderzoeksreactoren waren intussen omgeschakeld. Ook in Petten vonden proeven plaats. Het Amerikaanse ministerie van Energie trok hieruit de conclusie dat de omschakeling in Petten mogelijk was.^{67 68}

De Tweede Kamer volgde de ontwikkeling aanvankelijk met argusogen. Met name de PvdA en in mindere mate D66 drongen er in talloze vragen en debatten bij de regering op aan dat de omschakeling naar laagverrijkt uranium tot stand zou komen.⁶⁹ In de jaren tachtig ging de regering niet in op de verzoeken van de PvdA en D66. Dat veranderde toen de PvdA in de regering kwam. De toenmalige minister van Economische Zaken Andriessen stelde in **1991** dat

de regering de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium verwelkomde.⁷⁰ Het bleef echter bij verwelkomen.

De regering van de Verenigde Staten schreef in maart **1993** een brief met ernstige kritiek op de onderzoeksreactor in Petten. Het ging hier om het feit dat de HFR kon afzien van het gebruik van hoogverrijkt uranium, maar dat niet wilde. Als reactie hierop schreven de exploitanten van de HFR in april 1994 alsnog stappen te zullen ondernemen voor die omschakeling.

Maar in feite gebeurde er nog steeds niets. Eind **1998** was de opslagruimte bij de reactor bijna vol. De centrale kan niet blijven draaien zonder opslagruimte. Dat zou sluiting van de HFR betekenen en dat was een reden waarom de Europese Commissie aandrang op omschakeling naar laagverrijkt uranium.⁷¹ Daarop ging de exploitant van de HFR eind 1999 hiermee alsnog akkoord.⁷² Dat loste twee problemen op: Amerika was bereid tijdelijk vers hoogverrijkt uranium te leveren en de gebruikte brandstof terug te nemen. De overeenkomst hiervoor werd in 2000 ondertekend, maar toen had het transport naar de VS nog niet plaatsgevonden en dreigde de HFR alsnog te moeten sluiten. Daarop verleende de toenmalige milieuminister Pronk heel snel een vergunning voor transport en tijdelijke bovengrondse opslag van gebruikte brandstof bij de COVRA in Zeeland, de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval. De vergunning werd eerst twee keer vernietigd door de Raad van State wegens onzorgvuldigheden in de aanvraag. Maar op 20 september **2000** mocht het eerste transport plaatsvinden.⁷³ Met de Verenigde Staten werden afspraken vastgelegd over de aan- en afvoer van brandstofelementen totdat de omschakeling voltooid was. De omschakeling van hoogverrijkt uranium (HEU) naar laagverrijkt uranium (LEU) begon in de herfst van **2005**.^{74 75 76 77 78}

De gebruikte brandstof met laagverrijkt uranium gaat naar de COVRA voor opslag gedurende tientallen jaren. Eind 2011 stonden bij de COVRA 26 vaten met in totaal 821 splijtstofelementen van onderzoeksreactoren opgeslagen, maar hoeveel precies van de HFR wordt niet aangegeven.⁷⁹

Deze paragraaf ging tot nu toe over de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium en de kwesties die daarmee samenhangen, zoals aan- en afvoer van brandstof. De HFR is echter wel een reactor met een hoge flux gebleven met als kenmerk de productie van een intense neutronenstroom voor onder meer het maken van radioactieve stoffen (isotopen) voor medische toepassingen.

De neutronenstroom van de HFR wordt naar zogeheten targets gestuurd. Dit zijn plaatjes met meestal enkele grammen hoogverrijkt uranium. Na de vangst van een neutron uit de laagverrijkte uraniumbrandstof splijt het hoogverrijkt uranium in de target in brokstukken. Er ontstaan zo verschillende kernsplijtingsproducten waarvan er twee van belang zijn voor medische toepassingen: Jodium-131 en Molybdeen-99. De targets zijn gemaakt van hoogverrijkt uranium, afkomstig uit de Verenigde Staten. Maar dit land wilde dat de HFR ook wat targets betreft overschakelde op laagverrijkt uranium.

In het jaarverslag over **2011** van NRG staat dat er “voorbereidend werk wordt uitgevoerd om te kunnen omschakelen naar targets met laagverrijkt uranium. De Verenigde Staten wil dat namelijk via het Global Threat Reduction Initiative. De HFR kan rond **2015** gereed zijn voor de omschakeling van de targets van hoog- naar laagverrijkt uranium.”⁸⁰ Dan is de HFR dus helemaal omgeschakeld. De targets die nu worden getest komen overigens niet meer uit de Verenigde Staten, maar uit Frankrijk. Ze zijn ontwikkeld door NRG in samenwerking met Areva/Cerca in Frankrijk. NRG bestraalt die targets in de HFR en Mallinckrodt zorgt voor het chemisch proces dat geschikt is voor het verkrijgen van Molybdeen. De tests duren nog dit jaar en NRG hoopt voor eind 2015 een vergunning voor het gebruik van deze targets te verkrijgen.⁸¹

Op 12 maart 2014 werd bekend dat drie vooraanstaande Amerikaanse experts op het gebied van nucleaire veiligheid er in een brief aan minister Timmermans van Buitenlandse Zaken op wijzen dat de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium vertraging oploopt. Een

aanbod van het Amerikaanse ministerie van Energie voor technische en financiële hulp is door Nederland afgewezen. De omschakeling, die al vanaf 1989 gepland is, zal daarom niet in 2015 maar op z'n vroegst in **2017** gereed zijn.^{82 83}

Op 14 december 2015 gaven de Amerikanen voor het eerst een exportvergunning aan NRG voor laag verrijkt uranium voor targets.⁸⁴ Daarop was eind december 2015 de milieueffectrapportage (m.e.r) van de NRG voor het vervangen van hoog verrijkt uranium door laag verrijkt uranium (LEU) gereed en kon men een zienswijze indienen.⁸⁵

6. Storingen en gebrek aan veiligheidscultuur

Bij de HFR deden zich regelmatig storingen voor en traden problemen met de veiligheidscultuur op. Vanaf 1980 publiceert de Kernfysische Dienst jaarlijks een overzicht van de storingen in kerninstallaties. Vanaf 1996 zijn ook gegevens van de HFR opgenomen. Tot begin 2022 gaat het om 90 storingen.^{86 87 88 89 90 91 92 93 94}

Tabel 1
Storingen HFR

1996	0
1997	0
1998	1
1999	1
2000	2
2001	1
2002	2
2003	5
2004	3
2005	3
2006	4
2007	3
2008	5
2009	5
2010	15
2011	2
2012	2
2013	6
2014	10
2015	7
2016	5
2017	1
2018	1
2019	2
2020	3
2022	1

Totaal 90

Enkele voorbeelden

In **1968** smolt een plaatje met uranium, waardoor er radioactief jodium in het water kwam.⁹⁵

Eind jaren zeventig werd het reactorvat bros door de neutronenstraling. Daarop ging de HFR eind 1983 dicht en kwam met een **nieuw reactorvat op 14 februari 1985** weer in bedrijf. Vervanging ging zonder stralingsproblemen, omdat het reactorvat zelf nauwelijks radioactief wordt door de neutronenstraling. De exploitant van de HFR stelde in 1999 uit te gaan van een levensduur van het nieuwe vat tot 2015. Dat staat ook in een rapport van de Europese Commissie uit 1997.⁹⁶

In **1987** kwamen door oververhitting via het waterbassin radioactieve stoffen in de reactorhal terecht. Daarbij werd echter niemand besmet.⁹⁷

De exploitant van de HFR stelde op 2 september **2001** een bedrijfsvoorschrift op naar aanleiding van een scheurindicatie die gedaan werd tijdens de driejaarlijkse inspectie van het reactorvat. De scheur die al eerder gemeten was, bleek groter te zijn dan eerder gedacht.⁹⁸

Eind 2001 stuurde een medewerker van de HFR, Paul Schaap, een zwartboek naar de overheid. Daarin beschreef hij gesjoemel met regels.⁹⁹ Operators zouden relevante informatie over incidenten niet in het logboek mogen schrijven. Daarop kreeg Schaap ontslag.¹⁰⁰ De overheid nam de zaak echter serieus op en besloot de HFR tijdelijk te sluiten op 5 februari 2002.¹⁰¹ De toenmalige milieuminister Jan Pronk wilde een onderzoek naar de veiligheidscultuur bij de HFR. Dat onderzoek werd uitgevoerd door het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) te Wenen.¹⁰² De overheid - intussen een nieuwe regering - stelde een "verbeterprogramma veiligheidscultuur" op.

In 2003 schreef staatssecretaris Van Geel van Milieu aan de Tweede Kamer dat ook de vergunning van de HFR toe was aan herziening. Als voorbereiding op de vergunningaanvraag die hij eind 2003 verwachtte "vindt onderzoek plaats naar de veiligheid van de HFR als geheel," aldus de staatssecretaris. Het ging hier om het technisch ontwerp, de organisatie, het beheer en de gevolgen van mogelijke ongevallen. Al dit onderzoek diende ertoe om het veiligheidsconcept van de reactor die in de vijftiger jaren ontworpen was, te vergelijken met wat op dat moment als stand van de techniek werd beschouwd. Op basis hiervan zou een integraal verbeterplan worden opgesteld en uitgevoerd bij de nieuwe vergunning.

Het reactorvat vertoonde haarscheuren bij een lasnaad. De vraag was of die haarscheuren in omvang zouden toenemen. Van Geel stelde dat uit analyses bleek dat de lasnaad niet blootgesteld zou worden aan grote temperatuurschommelingen en hoge drukken. Daarom was de kans dat de haarscheuren zouden uitgroeien tot een ontoelaatbare scheur vrijwel nihil, zodat volgens Van Geel het reactorvat zeker tot het jaar 2015 zou meegaan.

Een zeer grote breuk op de meest ongunstige plaats in de hoofdkoelmiddelleiding van de HFR kan leiden tot het smelten van de kern: dit is het zogeheten Veldmansscenario. Volgens Van Geel was de kans hierop eens in de tien miljoen jaar. Via een extra voorziening, namelijk twee kleppen op het reactorvat, werd de tijd om actie te ondernemen bij het Veldmansscenario verlengd van enkele minuten tot meer dan een uur. Daarmee kon de kans op kernsmelting worden uitgesloten, stelde Van Geel.^{103 104}

In **2004** was er arbeidsonrust bij de HFR en kwamen veiligheidsproblemen naar buiten. De overheid verscherpte daarop het toezicht. Volgens Van Geel was de veiligheidscultuur intussen zoveel verbeterd dat het toezicht werd teruggebracht tot eens in de twee weken.

In **maart 2004** stelde de exploitant van de HFR: "HFR was, is en blijft een veilige onderzoeksreactor." In juli en december 2004 bleek echter dat de milieupolitie in september en oktober van het jaar daarvoor (2003) overtredingen van de regels had aangetroffen. Ook stelde Paul Schaap dat regelmatig grote hoeveelheden afvalwater ongefilterd via een 4,4 kilometer lange lozingspijp in zee waren terechtgekomen, waarbij de lozingsnormen tussen de 100 en 1000 keer werden overschreden.¹⁰⁵

In maart **2005** veroordeelde de rechtbank in Alkmaar drie bedrijven bij de nucleaire centrale in Petten voor milieuovertredingen. Ze kregen elk een boete van 25.000 euro. De rechtbank sprak van " laksheid ten aanzien van de naleving" van de milieuvoorschriften.^{106 107 108}

In augustus **2008** stopte de reactor nadat een gasbellenspoortje in het primaire koelwatersysteem was ontdekt. Uit onderzoek bleek dat het ging om corrosie in een leiding. "Om de bedrijfszekerheid op het oude niveau terug te brengen, voorzien wij een vervanging van het aangetaste leidingdeel dat in beton is gegoten," stelde Juliette van der Laan van NRG Communications in januari 2009: "Een haalbaarheidsstudie hiervoor is onlangs met positief resultaat afgerond. Op basis van de kennis van vandaag schatten wij op dit moment in over circa 18 maanden dit uitgevoerd te kunnen hebben." NRG wilde de HFR zo snel mogelijk opstarten met noodmaatregelen, vanwege het belang van hervatting van de productie van medische isotopen en het nucleaire onderzoeksprogramma.¹⁰⁹

De regering gaf NRG in februari 2009 toch toestemming om de HFR tijdelijk weer in bedrijf te nemen tot 1 maart 2010, "hoewel de HFR niet aan de kernenergiewetvergunning voldoet, omdat de integriteit van het primaire systeem wordt bedreigd." Dit "in het licht van een acuut wereldwijd tekort aan radioactieve medische isotopen." In februari 2009 lagen alle Europese reactoren voor de productie van medische isotopen namelijk stil voor noodzakelijk onderhoud.¹¹⁰

NRG nam daarop de reactor in februari **2010** uit bedrijf voor de reparatie aan de koelwaterleiding.

De reparatie van de aluminium koelwaterleiding die zich in het beton bevindt, was gericht op het vernieuwen van een aantal locaties in de leiding. Om de medewerkers tegen straling vanuit de reactorkern te beschermen, werd een op maat gemaakte stralingsafscherming geplaatst in en om het reactorvat. Vervolgens werd de koelwaterleiding vanuit de ruimte onder de vloer benaderd door het beton te verwijderen. Na inspectie van de aluminium leidingen besloot NRG in overleg met de autoriteiten de reparatie lokaal uit te voeren. Dit betekende dat de aangetaste delen werden verwijderd, waarna op die locaties nieuw aluminium leidingmateriaal werd ingelast. Voordat de leiding opnieuw in beton werd gegoten, vond een uitgebreid inspectie- en testprogramma plaats. De bevoegde autoriteiten waren bij de beoordeling van deze tests aanwezig. Op **9 september 2010** kwam de HFR daarop weer in bedrijf.¹¹¹

In april **2012** startte de HFR weer na het jaarlijkse groot onderhoud. De productie van medische isotopen en het energieonderzoeksprogramma in de reactor werden daarmee hervat na een reactorstop van ruim een maand voor preventief onderhoud en inspecties. De nadruk viel hierbij op onderhoud aan het koelsysteem en er werden diverse tests en inspecties uitgevoerd. Hieruit bleek dat de hal lekdicht was en het reactorvat in goede conditie, evenals de koelwaterinlaatleidingen.¹¹²

In **januari 2012** meldde NRG aan de KFD een verhoging van de concentratie tritium in het grondwater. Op aanwijzing van de KFD voerde NRG een onderzoek uit naar de oorzaak van het probleem. Dit tritium bleek afkomstig van een aangetaste leiding van een van de hulpsystemen van de reactor. Eind **oktober 2012** werd opnieuw een verhoogde waarde van de

tritiumconcentratie gemeten. Op aanwijzing van de KFD maakte NRG een plan van aanpak voor een onderzoek naar de omvang van het probleem en het saneren van de verontreiniging. Op 11 november 2012 vond NRG een lek in een ondergrondse transportleiding van de HFR en meldde dit aan de KFD. NRG verving de leiding, die vervolgens in een lekdichte behuizing werd gelegd waarin lekdetectie was aangebracht. Daarnaast bracht NRG haar gehele ondergrondse leidingnetwerk in kaart en nam het op in een beheersprogramma zodat dit soort ‘onopgemerkte’ lekkages zich niet meer konden voordoen. Als reactie op deze gebeurtenissen kwam NRG vanaf oktober 2012 onder verscherpt toezicht van de KFD.^{113 114}

Eind **november 2012** constateerde NRG tijdens een onderhoudsstop een lek in een afsluitring in de HFR, waardoor water uit het primaire koelsysteem weglekte naar het bassinwater. NRG stelde de KFD direct op de hoogte van deze lekkage en schortte de herstart van de reactor op tot het probleem was opgelost. Er is geen sprake van lekkage van radioactieve stoffen naar het milieu geweest.¹¹⁵

NRG meldde op **19 februari 2013** aan de KFD dat er een fout in de veiligheidsanalyse van de HFR was geconstateerd. De diameter van een van de leidingen (de primaire drainleiding) bleek groter te zijn dan de diameter van de leidingen waarvoor de veiligheidsanalyses uitgevoerd waren. Een eventuele breuk van deze leiding zou daardoor kunnen leiden tot een grotere lekkage dan in de veiligheidsanalyses was berekend. Omdat de reactor al stillag vanwege de reparatie aan het koelsysteem waren er geen onmiddellijke maatregelen noodzakelijk. NRG paste de bewuste leiding zo aan dat in geval van beschadiging de lekkage binnen de in de veiligheidsanalyses vastgestelde lekgrootte bleef. De KFD beoordeelde de door NRG voorgestelde wijziging en hield toezicht op de uitvoering van de aanpassing.¹¹⁶

NRG begon in **maart 2013** met de eerste fase van het saneren van het grondwater: “Op de plekken waar de verhoogde concentraties tritium zijn gemeten, de zogenaamde hot spots, is gestart met het oppompen van het grondwater. Dagelijks wordt zo’n 1000 liter water opgepompt en via het bedrijfsafvalwatercircuit afgevoerd. Het opgepompte water wordt gemeten zodat we een goed beeld krijgen van de effectiviteit van de sanering. Door de sanering van het grondwater op de hot spots wordt de zogenoemde bron weggenomen en neemt de concentratie van het tritium in het grondwater af. Hierna start fase twee met de sanering van het resterende grondwater,” aldus NRG.¹¹⁷

In **november 2012** werd een afwijking geconstateerd in het koelwatersysteem van de Hoge Flux Reactor. “Het is een nog niet eerder geconstateerd effect,” deelde Cora Blankendaal, persvoorlichter van de exploitant NRG, op 14 februari 2013 mee: “een beperkt verloop van bassinwater naar het primaire koelwatersysteem. Bij normaal bedrijf gaat er een beperkte hoeveelheid water van het primaire systeem naar het bassin. Het water van het primaire koelwatersysteem wordt dan automatisch aangevuld.” De HFR was vanaf november 2012 uit bedrijf. Het was in februari 2013 ook niet bekend wanneer de reactor gerepareerd zou zijn: “NRG werkt momenteel aan een oplossing die wordt getoetst, gekwalificeerd en beoordeeld door de bevoegde autoriteiten,” stelde Blankendaal.¹¹⁸

Er werd een “intensief onderzoeksprogramma” gestart om “de veiligheid en betrouwbaarheid van de reactor en de overige faciliteiten van NRG voor de rest van de beoogde levensduur te borgen. Dit is, gelet op de leeftijd van de reactor, noodzakelijk. Uit het programma zullen technische en organisatorische maatregelen en noodzakelijke investeringen voortvloeien; wat hiervoor nodig is wordt in fase twee verder uitgewerkt. Met een team van interne en externe specialisten werkt NRG aan dit project,” aldus een persbericht van NRG op 26 februari

2013.¹¹⁹ NRG besloot op **19 maart 2013** de Hoge Flux Reactor niet op te starten voor begin mei 2013.¹²⁰ Op **26 april 2013** werd die datum verschoven naar “niet voor medio mei 2013” en op 8 mei naar “niet voor begin juni 2013”.^{121 122} Op **11 mei 2013** bleek dat het ging om een afwijking in een kleine verbinding op een lastig bereikbare plek onder de reactor. Die plek was alleen met robotarmen te bereiken. Er was volgens Ronald Schram van NRG hard gewerkt aan de voorbereidingen voor de reparatie en de toestemming voor de reparatie was er nu.¹²³ Op 4 juni 2013 liet NRG weten dat de HFR **rond 11 juni 2013** weer in bedrijf zou komen: “NRG heeft ervoor gekozen het primaire koelwatersysteem uit te breiden. Op deze manier is het systeem beter te controleren en te onderhouden.”¹²⁴ Wat dit inhoudt, is ons niet precies bekend.

De vergunning voor het opstarten ging niet zonder problemen, blijkt uit een brief van minister Kamp aan de Tweede Kamer van 4 juni 2013. Volgens de minister was in november 2012 ontdekt “dat er sprake is van een ongewenste verbinding van het primaire koelsysteem naar het naastgelegen bodemplugkoelsysteem. NRG heeft dit direct gemeld aan Kernfysische Dienst (KFD). Bij deze verbinding is er geen lekkage geweest in het reactorgebouw, ook niet naar buiten.”

Deze informatie heeft NRG niet gegeven in haar persberichten. Dat is eigenaardig. Immers, als er een lekkage is van de bodemplug kan er water in de reactorhal terechtkomen. Dit is volgens bronnen in het verleden wel eens gebeurd, met als gevolg een flinke besmetting in de gangen. De minister vervolgt: “Tijdens het onderzoek naar een oplossing voor de ongewenste verbinding is een tweede probleem geconstateerd. Dit betreft de aanwezigheid van een drainleiding vanuit het reactorvat die ten onrechte niet in de veiligheidsanalyses is meegenomen. Er is geen sprake van lekkage. Deze drainleiding dient preventief te zijn opgenomen in de veiligheidsanalyses. NRG heeft medio december 2012 aan de KFD een onderbouwing voorgelegd voor het tijdelijk opstarten van de reactor zonder reparatie. De KFD heeft deze onderbouwing afgekeurd en geen toestemming voor opstart gegeven. Vervolgens heeft NRG een reparatie en een systeemwijziging voorbereid. Ten behoeve van deze reparatie en systeemwijziging zijn door NRG veiligheidsanalyses uitgevoerd, wijzigingsplannen opgesteld en (detail)ontwerpen gemaakt. De KFD heeft beoordeeld dat de reparatie en de systeemwijziging vallen binnen de randvoorwaarden die gesteld zijn in de vergunning. Hiermee is de nucleaire veiligheid voldoende geborgd.”¹²⁵ Tot zover de minister. Opvallend is dat NRG in haar persbericht van 11 juni 2013 stelt: “NRG heeft indertijd (kort na november 2012, H.D.) besloten geen verzoek tot opstart bij de toezichthouder in te dienen.”¹²⁶ Dus hetzij de KFD, hetzij NRG spreekt hier onwaarheid.

Terwijl er in 2009 een wereldwijd tekort aan radioactieve medische isotopen dreigde door de stilstand van de HFR, is hiervoor begin 2013 een oplossing gevonden. Naar begin mei 2013 bleek neemt de Belgische reactor BR-2 de productie over zolang de HFR het niet doet. Toen drie jaar geleden de HFR stillag, besloten de Belgen de capaciteit van de BR-2 met 50% uit te breiden: de reactor kan nu op weekbasis in 65% van de wereldvraag voorzien.¹²⁷

September 2013 tot oktober 2014

Tijdens een geplande onderhoudsstop constateerde NRG een afwijking aan een van de zes regelstaven van de Hoge Flux Reactor. NRG stelde direct hierop een onderzoek in naar de oorzaak hiervan. De reactor werd daarom niet opgestart totdat de oorzaak bekend was en maatregelen waren genomen om dit in de toekomst te voorkomen.¹²⁸ De HFR kwam op 14 februari 2014 weer in bedrijf.¹²⁹

15 mei 2014¹³⁰

Volgens Brandpunt Reporter heeft NRG, de exploitant van de kernreactor in Petten, minister Kamp gevraagd om financiële steun om overeind te blijven. NRG zegt de komende 10 jaar zo'n 80 miljoen euro nodig te hebben om te kunnen blijven draaien. Tegelijkertijd stelt NRG dat 24.000 patiënten per dag gebruik maken van medische isotopen uit de reactor.

De toestand is zo kritiek dat een faillissement een reële optie is, stelde NRG-directeur Niels Unger in mei 2014. Hij hoopte dat het ministerie van Economische Zaken hem tijdelijk uit de brand zou helpen met een zogenaamd overbruggingskrediet. NRG kwam in 2013 al in het rood te staan en volgens Unger zal ook in 2014 verlies worden geleden. Hij gaat uit van een verlies van 'miljoenen'.

In oktober 2014 besloot de regering een lening van maximaal 82 miljoen euro te verstrekken voor de HFR. “Hierdoor kan de exploitatie van de reactor de komende 10 jaar worden gecontinueerd en blijven 850 banen behouden,” liet minister Henk Kamp (Economische Zaken) weten. “Het is van groot belang dat de onderzoeksreactor in Petten kan blijven draaien. Wegens de productie van medische isotopen en het belang van het bedrijf voor de Nederlandse economie.”¹³¹

27 maart 2015: Uitval van de externe stroomvoorziening¹³²

Op 27 maart 2015 melde NRG dat door de uitval van de netstroom in Noord-Holland een noodstroom situatie is ontstaan op de Onderzoekslocatie Petten (OLP), waar NRG zowel de Hoge Flux Reactor (HFR) als een aantal andere nucleaire installaties zoals de Hot Cell Laboratories (HCL) en de Waste Storage Facility (WSF) exploiteert. Naar aanleiding van de uitval van de netstroom heeft NRG het interne noodplan OLP in werking gezet. Dat plan draagt er, in geval van calamiteiten, zorg voor dat op onvoorzienne omstandigheden veilig en zorgvuldig wordt gereageerd. Uit voorzorg is de HFR afgeschakeld en hebben de dieselaggregaten de noodstroomvoorziening verzorgd. In de loop van de middag is de reguliere stroomvoorziening hersteld, waarna NRG gecontroleerd de normale bedrijfsvoering in alle installaties heeft hervat. Hoewel de oorzaak van deze gebeurtenis buiten de invloedssfeer van NRG lag is de organisatie toch verplicht deze te melden omdat het interne noodplan OLP in werking is getreden. De ANVS heeft zich gedurende de dag op de hoogte gehouden van de ontwikkelingen in Petten en de ANVS heeft de evaluatie beoordeeld, die naar aanleiding van de gebeurtenis door NRG is uitgevoerd. Deze gebeurtenis wordt meegenomen bij de herstructurering van de bedrijfsnoodorganisatie, die op dit moment loopt.

September/oktober 2015

“Tijdens de laatste dagen van de bestralingscyclus is op 16 september een licht toegenomen fluctuatie gesignaleerd op de nucleaire instrumentatie van het controlepaneel van de Hoge Flux Reactor. De reactor is in gecontroleerde stappen afgeschakeld. Onderzoek heeft aangetoond dat er een marginale speling is aangetroffen in één van de zes regelstaven van de reactor. Regelstaven regelen het ‘vermogen’ van de reactor. De geconstateerde speling heeft geen invloed gehad op de functionaliteit van de regelstaaf en op de reactorveiligheid.”¹³³ De reactor is op 2 december 2015 weer in bedrijf gekomen.¹³⁴

22 juni 2016

Op 22 juni 2016 is een medewerker in één van de laboratoriumruimten van het Jaap Goedkoop Laboratorium (JGL) met een kleine hoeveelheid, kleiner dan een miljoenste gram, radioactieve stof gecontamineerd.¹³⁵

17 februari 2019

Op 17 februari 2019 is het alarm afgegaan van een systeem dat de hoeveelheid splijtingsproducten (radioactieve deeltjes) in een filter van het koelwatersysteem meet. Het betreft een gesloten koelsysteem dat niet in contact met de buitenwereld staat, waarin altijd een beperkte hoeveelheid radioactiviteit aanwezig is. De hoeveelheid splijtingsproducten was slechts licht verhoogd ten opzichte van de normale waarde, een ernstige verstoring was dus uitgesloten.¹³⁶

NRG heeft onderzoek gedaan naar de exacte toedracht van het afgaan van het alarm. De hoeveelheid activiteit was tijdelijk hoger vanwege een bekende verminderde filterwerking in de inlaat van het koelsysteem. Ook was het meetsysteem scherper afgesteld dan bedoeld.

14 oktober 2020

Op 14 oktober 2020 heeft ANVS van de Nuclear Research & Consultancy Group (NRG) de melding ontvangen dat op 11 oktober 2020 tijdens het beladen van de reactor kern van de Hoge Flux Reactor (HFR) bleek dat enkele splijstofelementen niet goed te plaatsen waren. Deze vier splijstofelementen zijn op 11 oktober door NRG onderzocht op afwijkingen. Uit dit onderzoek bleek dat bij deze elementen sporen van beschadigingen aan de voet toonden, daarnaast en werden er oppervlakkige beschadigingen aan de splijstofomhulling aangetroffen. In de aluminium voet van het element bevindt zich geen splijstof. Deze vier elementen zijn afgekeurd voor verder gebruik in de HFR.¹³⁷

21 januari 2022

Tijdens controlewerkzaamheden voorafgaand aan de reactorstart is er een technisch mankement aangetroffen in een koelsysteem van de HFR. Als gevolg hiervan is de reactor niet opgestart: “NRG kan nog geen indicatie geven wanneer de reactor weer wordt opgestart. NRG informeert Nuclear Medicine Europe (NMEU), de organisatie die producenten en afnemers van medische isotopen bij elkaar brengt, zodat de productie van medische isotopen zo goed mogelijk gecontinueerd kan worden. (...) Een HFR-projectteam onderzoekt de oorzaak. NRG rapporteert omtrent de status en voortgang van het onderzoek aan de bevoegde autoriteiten.”¹³⁸

6 Tot slot

De HFR kan op verschillende manieren belicht worden. Vanaf het begin werd het belang voor de verdere ontwikkeling van kernenergie benadrukt. De afgelopen 20 jaar ging het vooral over het toenemende belang voor medische isotopen. Daarop wijst NRG veelvuldig in de jaarverslagen.

In dit artikel wijzen we echter op schaduwkanten van de HFR: het aanvankelijk gebruik van uranium van kernwapenkwaliteit en de veiligheidsproblemen.

Met name vanaf 2008 komt één onontkoombare schaduwkant steeds meer aan het licht: de veroudering van de HFR waardoor onderdelen het begeven. De HFR is sindsdien een machine die hetzij lange tijd hapert, dan wel op volle toeren draait om zo nummer twee in de wereld te blijven voor de productie van radioactieve stoffen voor medische toepassingen.

De HFR is in 2013 maar 3,5 maanden in bedrijf geweest. De reactor is 60 jaar oud en vertoont gebreken, net als alle oude machines. Toch stelde minister Kamp op 27 oktober 2014: “De installaties zijn naar verwachting met goed onderhoud en beheer, gezien het huidige gebruik, geschikt om langere tijd in bedrijf te blijven. Met een effectief beheerssysteem zullen degradaties tijdig gedetecteerd kunnen worden. Maatregelen om de veiligheid te waarborgen kunnen dan tijdig worden uitgevoerd. Het uitgangspunt van het kabinet bij de beoordeling van het kredietverzoek was enerzijds een reëel vooruitzicht dat de HFR de komende tien jaar veilig moet kunnen opereren én dat er uitzicht moet zijn op een gezonde, commerciële en verantwoorde bedrijfsvoering. Er is in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken een audit uitgevoerd op de zogeheten Asset Management plannen van NRG, waarin de technische

en organisatorische aanpassingen zijn vastgelegd. De auditors constateren dat de Asset Management plannen van NRG noodzakelijk en volledig zijn en gericht op veiligheid en betrouwbaarheid. Samenvattend komen zij tot de conclusie dat er met de voorgenomen aanpassingen geen belemmeringen zijn om de HFR tot 2025 veilig te bedrijven.”¹³⁹
De HFR zou in 2025 al 63 jaar oud zijn en of hij dat haalt is de vraag.

- ⁶⁵ De Minister van Economische Zaken, J. E. Andriessen, Tweede Kamer, vergaderjaar 1991-1992, 21 666, nr. 5, 29 januari 1992, <http://www.laka.org/notas/andriessen.pdf>.
- ⁶⁶ http://www.kiviniiria.net/media/Techniekpromotie/Thema_SKIVINIRIA/Zorg_en_techniek/Presentaties_tijdens_Jaarcongres/W302_Voorwaarden_voor_een_stralende_toekomst_voor_radio-isotopen_-_de_Haas.pdf, 11 oktober 2012.
- ⁶⁷ Technisch Weekblad, 14 oktober en 9 december 1998.
- ⁶⁸ Congress of the United States, House of Representatives, 17 juli 1991.
- ⁶⁹ Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, Aanhangsel 1709; Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, Aanhangsel 1377; Ministerie EZ, antwoorden 5 januari 1993; Ministerie EZ, DPV/OV-0834/95, 7 april 1995.
- ⁷⁰ http://resourcessgd.kb.nl/SGD/19901991/PDF/SGD_19901991_0001569.pdf.
- ⁷¹ Volkskrant, 3 en 5 december 1998; Algemeen Dagblad, 2 december 1998.
- ⁷² Technisch Weekblad, 16 juni 1999.
- ⁷³ <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/459>;
<http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>.
- ⁷⁴ <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2844/Archief/archief/article/detail/495872/1998/12/05/Petten-bant-de-Bom.dhtml>, 15 december 1998.
- ⁷⁵ http://nl.wikipedia.org/wiki/Kernreactoren_Petten.
- ⁷⁶ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vergunningen/2010/12/15/evaluatie-rapport-mer-modificatie-hoge-flux-reactor-petten-evaluatie-mer-modificatie-hfr-petten.html>, 15 december 2010.
- ⁷⁷ <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>, november 2009.
- ⁷⁸ EVALUATIE MER MODIFICATIE HFR PETTEN IKC-NUMMER: 41341, OpdenKamp Adviesgroep B.V., juli 2010.
- ⁷⁹ <http://www.covra.nl/infocentrum>, Jaarrapport 2011.
- ⁸⁰ http://www.nrg.eu/uploads/media/NRG_jaarverslag_2011.pdf, p 20.
- ⁸¹ http://www.nrg.eu/fileadmin/nrg/corp/NRGJV12_NL_web.pdf, 1 juli 2013.
- ⁸² http://content1c.omroep.nl/urishieldv2/127m71620d9f1d291bdb0053216253000000.e34fd171b1fc9fa84f2d181598e08c3e/nos/docs/120314_brief_vs.pdf.
- ⁸³ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-497146.pdf>, april 2015.
- ⁸⁴ <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1534/ML15348A250.pdf>, 14 december 2015.
- ⁸⁵ <http://www.autoriteitnvs.nl/binaries/anvs/documenten/publicatie/2015/12/23/kennisgevingmededelingsnotitiemilieu-effectrapportageheuleu/kennisgeving-heuleu.pdf>, 23 december 2015.
- ⁸⁶ Overzichten te vinden op de volgende twee links:
http://www.kernenergiein nederland.nl/faceted_search/results/taxonomy%3A239%2C134;
http://www.kernenergiein nederland.nl/faceted_search/results/taxonomy%3A239%2C134?page=1;
- ⁸⁷ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/02/27/rapportage-van-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2011.html>, 27 februari 2013.
- ⁸⁸ http://www.ilent.nl/Images/Binder%20%20Storingsrapportage%202012_tcm334-346118.pdf, 9 september 2013.
- ⁸⁹ <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/nrg-meldt-aan-autoriteiten-30.html>, 20 april 2015.
- ⁹⁰ <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/nrg-meldt-aan-autoriteiten-20.html>, 29 januari 2015.
- ⁹¹ <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/persbericht-nrg-meldt-aan-autoriteiten-14.html>, 9 juli 2014.
- ⁹² https://www.nrg.eu/about-nrg/nieuws-pers/detail/article/nrg-meldt-aan-de-autoriteiten-42.html?L=1%25252525252525252520_top&cHash=297815a8ac53d29d37194d669d6141f3.
- ⁹³ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/hoge-flux-reactor-nrg>.
- ⁹⁴ <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapporten/2020/06/29/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-nucleaire-installaties-2019>, 29 juni 2020.
- ⁹⁵ C. D. Andriesse, "De republiek der kerngeleerden", Uitgeverij BetaText, 2000, p. 31: "Iedereen die een taak had in de HFR kwam dagenlang het gebouw niet uit en sliep op een veldbed."; volgens een andere bron is toen juist iedereen het gebouw uitgestuurd, vanwege het stralingsdosistempo in de HFR en de bijgebouwen. Ook is er geen edelgas geloosd in tegenstelling tot wat Andriesse beweert.
- ⁹⁶ Commissie van de Europese Gemeenschappen, Brussel, 14 april 1997, COM (97) 150 def.
- ⁹⁷ <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/331>.
- ⁹⁸ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/behandelddossier/25422/kst-25422-11?resultIndex=166&sorttype=1&sortorder=4>, 5 februari 2002.
- ⁹⁹ Nieuwsblad van het Noorden, 25 oktober 2001.
- ¹⁰⁰ Nieuwsblad van het Noorden, 10 december 2001, 5 en 7 februari 2002.
- ¹⁰¹ Tweede Kamer, vergaderjaar 2001-2002, 25422, nr. 11.
- ¹⁰² <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/479>.
- ¹⁰³ <http://www.laka.org/nieuws/2003/brieftkpetten.pdf>, 4 maart 2003.
- ¹⁰⁴ <https://www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j9vvij5epmj1ey0/vi3alfeibpzd>, 3 juli 2003.
- ¹⁰⁵ http://alkmaar.sp.nl/petten/petten_december_2006.pdf;
- ¹⁰⁶ <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>, november 2009.
- ¹⁰⁷ C. D. Andriesse, "De republiek der kerngeleerden", Uitgeverij BetaText, 2000.

- ¹⁰⁸ Volkskrant, 26 maart 2005.
- ¹⁰⁹ Technisch Weekblad, 31 januari 2009, p 1; . <http://www.technischweekblad.nl/gasbelletjes-hfr-petten-op-lastige-plek.78227.lynkx>.
- ¹¹⁰ Technisch Weekblad 21 februari 2009, p 1; . <http://tw.lynkx-01.nl/default.lynkx?id=63365>.
- ¹¹¹ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=19&cHash=3b9142ec15f54aa2fe66e05bdec7e96c, 9 september 2010.
- ¹¹² http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=83&cHash=f35b123af1c5477b5b2599ec84f8d707, 6 april 2012.
- ¹¹³ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=105&cHash=72f15481659d6ab8d5108785bd2c67a8, 20 november 2011.
- ¹¹⁴ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- ¹¹⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- ¹¹⁶ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- ¹¹⁷ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=122&cHash=3ad784304a6ce13951ea742863bad795, 7 maart 2013.
- ¹¹⁸ Technisch Weekblad 8 maart 2013.
- ¹¹⁹ <http://tinyurl.com/byacrvv>, 26 februari 2013.
- ¹²⁰ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=124&cHash=2baa6cb862cf056beb61e864330e439b, 19 maart 2013.
- ¹²¹ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=128&cHash=8697603a380e46f6ade23ed4d0b0f009, 26 april 2013.
- ¹²² http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=129&cHash=cfc1dbc1e939ad3fc269eb0e8f4b5867, 8 mei 2013.
- ¹²³ “Elke dag telt voor kernreactor”, Leidsch Dagblad, 11 mei 2013.
- ¹²⁴ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=131&cHash=9a818a62b96b0c2bb8e4db738d3bb3fa, 4 juni 2013.
- ¹²⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2013/06/04/kamerbrief-voortgang-reparatie-en-geplande-opstart-van-de-hoge-flux-reactor-petten.html>, 4 juni 2013.
- ¹²⁶ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=134&cHash=04c4074be35f9c3a687f98bbf8bb9e71, 11 juni 2013.
- ¹²⁷ http://www.world-nuclear-news.org/RS_Isotope_reactor_steps_up_to_the_plate_0205131.html, 2 mei 2013.
- ¹²⁸ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=142&cHash=7478ae4538c8ea4412f057942fc2f7ff, 30 september 2013.
- ¹²⁹ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=155&cHash=27fb311e80209eafc181e51955e56361, 14 februari 2014.
- ¹³⁰ <http://medischcontact.artsennet.nl/actueel/nieuws/nieuwsbericht/144434/voortbestaan-reactor-petten-in-gevaar.htm>, 15 mei 2014.
- ¹³¹ http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=171&cHash=f70f55c532c93cc24a88b9fabd2b38c6, 17 oktober 2014.
- ¹³² <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2016/06/29/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2015>, 29 juni 2016.
- ¹³³ <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/nrg-meldt-aan-de-autoriteiten-42.html>, 20 oktober 2015.
- ¹³⁴ <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/hoge-flux-reactor-weer-opgestart-48.html>, 2 december 2015.
- ¹³⁵ <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/melding-ongewone-gebeurtenissen-nrg-68.html>, 4 augustus 2016.
- ¹³⁶ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/hoge-flux-reactor-nrg>
- ¹³⁷ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/hoge-flux-reactor-nrg>.
- ¹³⁸ <https://www.nrg.eu/nieuws/hfr-niet-opgestart>, 21 januari 2022.
- ¹³⁹ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.