

Hoge Flux Reactor Petten, een historisch overzicht

Herman Damveld

1 oktober 2020

Inleiding

De Hoge Flux Reactor (HFR) in het Noord-Hollandse Petten is bijna 59 jaar oud, vertoont regelmatig gebreken en lag daardoor gemiddeld drie en een halve maand per jaar stil voor onderhoud en reparatie. De HFR deed het van 2015 tot 2019 iets beter dan de zes jaar ervoor. Wel kost de verwerking van het radioactieve afval om het geschikt te maken voor tijdelijke opslag 224 miljoen euro; de kosten voor definitieve berging op een nog onbekende plaats zijn hier niet bij inbegrepen. Hoeveel gebruikte brandstofelementen tijdelijk opgeslagen zijn, is echter geheim.

Inhoudsopgave

P 1 De Hoge Flux Reactor in het kort

P 2 Hoofdstuk 1.... De HFR vanaf het begin

P 3 Hoofdstuk 2.... Omschrijving HFR

P 3 Hoofdstuk 3.... Van hoog- naar laagverrijkt uranium

P 5 Hoofdstuk 4.... Verwerking radioactief afval kost 224 miljoen euro

P 7 Hoofdstuk 5.... 86 storingen en gebrek aan veiligheidscultuur

P 17 Bronvermeldingen

De Hoge Flux Reactor in het kort

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”.¹ De minister doelde op de verwerking, het transport en de opslag van kernafval, het zogeheten ‘historisch radioactief afval’. 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 moet eerst worden gescheiden, gesorteerd en soms worden omgepakt.^{2 3}

In 1957 werd 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. De reactor is bijna 59 jaar oud en vertoonde met enige regelmaat gebreken, net als alle oude machines. Ook kwamen regelmatig problemen met de veiligheidscultuur aan het licht, zoals bijvoorbeeld bleek in oktober 2001, op 18 oktober 2014 en op 7 september 2016.^{4 5 6}

Wat betreft de bedrijfstijd van de HFR weten we uit een uitgelekt document dat de HFR in de periode 2008-2014 gemiddeld 69% van de tijd in bedrijf geweest is met als dieptepunt 2013 (8,5 maanden buiten bedrijf).⁷ In de periode 2015 tot en met 2019 was de HFR gemiddeld 256 dagen (70%) in bedrijf.^{8 9} Jaarlijks ligt de HFR vanaf 2008 gemiddeld drie en een halve maand stil voor onderhoud en reparatie.

Op 18 april 2017 schreef minister Schulz van Haegen dat de regering rekening houdt met ongelukken met de HFR waarbij radioactiviteit vrijkomt. Tot een gebied van 3 kilometer van de HFR moet er in het geval van een ongeluk geëvacueerd en geschild worden, terwijl er ook jodiumpillen beschikbaar moeten komen tot op een straal van 3 kilometer.¹⁰

Daarnaast bleek de afgelopen jaren dat de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium een moeizaam proces. Dit is een kwestie die al speelt vanaf 1989.^{11 12} Eind december 2016 was hiervoor eindelijk een vergunning aangevraagd. De exploitant Nuclear Research & consultancy Group (NRG) wilde er vanaf januari 2017 mee beginnen.^{13 14} In april 2017 publiceerde de minister van Infrastructuur en Milieu de ontwerpvergunning voor deze omschakeling.¹⁵

De regering verleende echter op 5 juni 2018 een vergunning voor het gebruik van hoogverrijkt uranium, die tot 5 juni 2021 geldig is.¹⁶ Volgens NRG gaat het om “een Europese klant die er onlangs pas in is geslaagd de productie van medische isotopen met laagverrijkt uranium te realiseren. Omdat de overgang geleidelijk gaat, bestraalt NRG voor deze klant nog hoogverrijkt uranium, naar verwachting nog tot begin 2021.”¹⁷

De gebruikte brandstof met laagverrijkt uranium gaat naar de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) voor bovengrondse opslag gedurende tientallen jaren. Omdat de boekhouding met gegevens over hoeveelheden “valt onder de ministeriële regeling van beveiliging van nucleaire materialen, kunnen wij de details niet met u delen,” liet NRG weten.¹⁸ Hoeveel gebruikte brandstofelementen van de HFR opgeslagen zijn bij de COVRA is dan ook onbekend.

Daarnaast gaat het om het zogeheten historisch radioactief afval zoals gereedschap, instrumenten, doeken en papier. De verwerking en tijdelijke opslag daarvan kost 224 miljoen euro.¹⁹

Op 27 mei 2020 publiceerde de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) een gewijzigde vergunning van de HFR in Petten. Deze vergunning is geldig voor onbepaalde tijd.²⁰ De ANVS paste de vergunning aan omdat de vergunningvoorschriften achterhaald waren. Onder meer Stichting Laka had bedenkingen ingebracht over het lozen van radioactief afvalwater op het riool, het gebruik van het Noord-Hollands Kanaal als koelwater en het ontbreken van een milieueffectrapportage.²¹ De gewijzigde vergunning kwam niet tegemoet aan de bezwaren van Laka. Omdat dit de tweede keer is dat de levensduur van een kernreactor wordt verlengd zonder dat de milieueffecten hiervan in kaart zijn gebracht, gaat Laka bij de Raad van State in beroep.²²

Overigens: de Europese Commissie heeft op 24 maart 2020 besloten tot eind 2023 aan de HFR een subsidie te verlenen van 27,8 miljoen euro.²³

Hoofdstuk 1

De HFR vanaf het begin

In 1957 werd 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 werd opgevoerd tot het huidige reactorvermogen van 45 MW. In 1984 werd het reactorvat vernieuwd, waarvoor de reactor een jaar buiten bedrijf was.^{24 25}

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.²⁶ In 1991 stond 15% van het gebruik van de HFR in het teken van medische toepassingen, de rest was kernenergie.²⁷ 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 zorgde vanaf 2017 voor zo'n 40% van de wereldwijde vraag naar medische isotopen.²⁸

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. Er 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.

De HFR heeft acht tot negen bedrijfscycli per jaar. Na elke cyclus is 4 dagen onderhoud nodig. Jaarlijks zijn er twee langdurige stops voor onderhoud, brandstofwisseling en aanpassingen. Het aantal dagen dat HFR reactor in bedrijf is geweest vanaf 2015 staat in tabel 1.

Tabel 1
Bedrijfstijd HFR in dagen vanaf 2015²⁹

Jaar	Dagen in bedrijf
2015	230
2016	267
2017	271
2018	253
2019	260

Hoofdstuk 2

Omschrijving HFR

De HFR werkte aanvankelijk op hoogverrijkt 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 maken voor medische toepassingen.

Zoals aangegeven ontstaan in de HFR door bestraling van plaatjes met uranium (ook wel targets genoemd) allerlei splijttingsproducten, 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, 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 is verlegd omdat er grond werd 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.

Hoofdstuk 3

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 hoogverrijkte 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.^{30 31}

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.³² 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.³³ 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 nog steeds gebeurde er niets. Eind **1998** was de opslagruimte bij de reactor bijna vol. De centrale kon 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.³⁴ Daarop ging de exploitant van de HFR eind 1999 hiermee alsnog akkoord.³⁵ 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.³⁶ 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**.^{37 38 39 40 41} Vanaf eind januari 2018 werd in de HFR geen HEU meer gebruikt: de productie van molybdeen gebeurde vanaf toen alleen nog met LEU.^{42 43}

De regering verleende op 5 juni 2018 een vergunning voor het gebruik van hoogverrijkt uranium ten behoeve van de productie van medische isotopen, een vergunning die tot 5 juni 2021 geldig is.^{44 45 46} Gebruikt de HFR dus nog steeds hoogverrijkt uranium? Cora Blankendaal, persvoorlichter van NRG, gaf op 9 september 2020 de volgende toelichting: “NRG heeft ook een andere Europese klant die er onlangs pas in is geslaagd de productie van medische isotopen met laagverrijkt uranium te realiseren. Omdat de overgang geleidelijk gaat,

bestraalt NRG voor deze klant nog hoogverrijkt uranium, naar verwachting nog tot begin 2021.”⁴⁷

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.⁴⁸ Tot en met 2019 kwamen daar nog eens 18 vaten bij: op 1 januari 2020 bedroeg het totaal 44 vaten.⁴⁹ We hebben Ewoud Verhoef, plaatsvervangend directeur van de COVRA, gevraagd welk deel van de HFR kwam. Zijn antwoord was: “Wij doen geen uitspraken over individuele producenten van afval.”⁵⁰ Cora Blankendaal reageerde desgevraagd: “De splijtstof die in de reactor wordt gebruikt, wordt geadmistreerd in onze splijtstofboekhouding. Deze boekhouding valt onder de ministeriële regeling van beveiliging van nucleaire materialen, daarom kunnen wij deze details niet met u delen.”⁵¹ Hoeveel gebruikte brandstofelementen van de HFR opgeslagen zijn bij de COVRA is dan ook onbekend.

Hoofdstuk 4

Verwerking radioactief afval kost 224 miljoen euro

Sinds de ingebruikname van de Hoge Flux Reactor (HFR) en de Lage Flux Reactor (LFR) in Petten is er radioactief afval gevormd. Dit afval, niet alleen uit Petten maar uit heel Nederland (bijvoorbeeld uit ziekenhuizen), was jarenlang opgeslagen op het onderzoeksterrein van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en 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 de NRG van medio 2019 hierover:

“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). In de WSF 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 lage- middel- en hoge radioactiviteit. Deze vaten zijn weer teruggeplaatst in de WSF, wachtend op 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 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.”^{52 53}

De stichting Laka stelde in een overzicht dat vervoer naar de COVRA al vanaf 2003 mogelijk was en dat de overheid er tussen 1995 en 2013 al zo'n 65 miljoen euro aan heeft uitgegeven.⁵⁴ Een planning voor de daadwerkelijke afvoer is er nog niet.

Minister Kamp had onderzoek laten doen door Strategy&/PWC en schreef hierover op 30 september 2016: "Het rapport van Strategy&/PWC wordt vanwege bedrijfsvertrouwelijke informatie niet openbaar gemaakt." Wel concludeerde hij op basis van dit onderzoek "dat in vergelijking met de business case uit 2014 de kosten van het opruimen van het historisch 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. Echter: "De impact van een faillissement is groot, omdat een eventuele sluiting van de HFR en de molybdeenfabriek in Petten, waarvan NRG de vergunninghouder 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 euro."

Hij vervolgde met de mededeling dat "de kosten van een afbouw van activiteiten van alleen NRG zich bevinden in een bandbreedte van 145 miljoen euro (bij geleidelijke afbouw) tot 274 miljoen euro (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 euro 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 wilde de activiteiten van ECN en NRG loskoppelen. Dat duurde enige tijd en om te voorkomen dat ECN of NRG failliet ging, werd een financiële afspraak gemaakt. Er werd "een financiering van 40 miljoen euro verstrekt, die is geormerkt voor het verwerken en afvoeren van het (historisch) radioactief afval. Deze financiering van in totaal 40 miljoen euro 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 besloot: "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."⁵⁵

Minister Schultz van Haegen schreef op 31 januari 2017 aan de Tweede Kamer: "Op 19 januari 2017 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.”⁵⁶

Op 19 februari 2018 schreef de minister: “Op basis van het eindrapport van de interdepartementale hoog ambtelijke werkgroep nucleair landschap (Kamerstuk 25422, nr. 203) zal het kabinet in 2018 een bijdrage van 117 miljoen euro uit de envelop beschikbaar stellen voor het oplossen van de korte-termijn problematiek van het opruimen van het historisch radioactief afval en de ontmanteling van gebouwen bij ECN/NRG in Petten.”⁵⁷

Op 26 april 2018 vulde de regering dit aan: “De totale kostenraming van de huidige wijze van verwerken en afvoeren van het historisch radioactief afval en de ontmanteling van gebouwen komt uit op 221 miljoen euro; een stijging van 117 miljoen euro ten opzichte van een eerdere raming van ECN/NRG en een stijging van 37 miljoen euro ten opzichte van de bevindingen in het Strategy&/PWC-rapport van juni 2017. De afvoer van de laatste vaten historisch radioactief afval is in dit basispad voorzien in het derde kwartaal van 2026.”⁵⁸

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Straling (ANVS) noemde op 4 november 2019 een bedrag van 224 miljoen euro en voegde eraan toe: “Deze planning is een realistisch tijdpad als geen grote verstoringen optreden en het actuele werktempo kan worden voortgezet. Dit tijdpad voorziet in een afvoer van al het historisch afval voor eind 2026. Het tweede, pessimistische tijdpad geeft een indicatie van de vertraging die wordt opgelopen als voorzienbare tegenslagen zich voordoen. Het pessimistische scenario loopt door tot in 2034. (...) Het uitgangspunt dat de COVRA 13 transporten van hoogactief afval per jaar zou kunnen ontvangen in het HABOG (Hoogradioactief Afval Behandelings- en OpslagGebouw, H.D.), blijkt achteraf nooit realistisch te zijn geweest. Aan dit verkeerde uitgangspunt lag een misverstand ten grondslag, opgetreden als gevolg van de in het verleden gebrekkige communicatie tussen NRG en COVRA. NRG is daardoor onterecht uitgegaan van de theoretisch maximaal beschikbare ontvangstcapaciteit voor NRG als geheel in plaats van een realistisch maximum voor het historisch afval, rekening houdend met alle reguliere transporten.”⁵⁹

Overigens: de kosten van de definitieve berging van radioactief afval zij niet inbegrepen bij de boven genoemde bedragen.

Hoofdstuk 5

86 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 eind 2019 ging het om 86 storingen.^{60 61 62 63 64 65 66 67 68}

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

Totaal 86

Enkele voorbeelden

In **1968** smolt een plaatje met uranium, waardoor radioactief jodium in het water kwam.⁶⁹

Eind jaren zeventig werd het reactorvat bros door de neutronenstraling. Daarom 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 1997.⁷⁰

In **1987** kwamen door oververhitting via het waterbassin radioactieve stoffen in de reactorhal terecht. Daarbij werd echter niemand besmet.⁷¹

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.⁷²

Eind 2001 stuurde een medewerker van de HFR, Paul Schaap, een zwartboek naar de overheid. Daarin beschreef hij gesjoemel met de regels.⁷³ Operators zouden relevante informatie over incidenten niet in het logboek mogen schrijven. Daarop kreeg Schaap ontslag.⁷⁴ De overheid nam de zaak echter serieus op en besloot de HFR tijdelijk te sluiten op 5 februari 2002.⁷⁵ De toenmalige minister van Milieu Jan Pronk wilde een onderzoek naar de veiligheidscultuur bij de HFR. Dat onderzoek werd uitgevoerd door het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) te Wenen.⁷⁶ De overheid - intussen een nieuwe regering - stelde een 'verbeterprogramma veiligheidscultuur' op.

In **2003** schreef staatssecretaris Van Geel van Milieu aan de Tweede Kamer dat 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 dit zou worden 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 een kernsmelting worden uitgesloten, stelde Van Geel.^{77 78}

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 terecht waren gekomen, waarbij de lozingsnormen tussen de 100 en 1000 keer werden overschreden.⁷⁹

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.”^{80 81 82}

In **augustus 2008** stopte de reactor, nadat een gasbellenspootje 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. En: “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.⁸³

Toch gaf de regering NRG in februari 2009 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.⁸⁴

NRG nam daarna 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 reactor kern 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 weer in bedrijf.⁸⁵

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.⁸⁶

In **januari 2012** meldde NRG aan de Kernfysische Dienst (KFD) een verhoging van de concentratie van de radioactieve stof 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.^{87 88}

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.⁸⁹

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 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.⁹⁰

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.⁹¹

In **november 2012** werd een afwijking geconstateerd in het koelwatersysteem van de HFR. “Het is een nog niet eerder geconstateerd effect,” deelde Cora Blankendaal, persvoorlichter van exploitant NRG, op **14 februari 2013** mee: “een beperkt verloop van bassinwater naar het primaire koelwatersysteem. Bij normaal bedrijf gaat 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.⁹²

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 2013.⁹³ NRG besloot op **19 maart 2013** de Hoge Flux Reactor niet op te starten voor begin mei 2013.⁹⁴ Op **26 april 2013** werd die datum verschoven naar “niet voor medio mei 2013” en op 8 mei naar “niet voor begin juni 2013.”^{95 96} 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.⁹⁷ 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.”⁹⁸ 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 had NRG niet gegeven in haar persberichten. Dat is opmerkelijk. 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 vervolgde: “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

stelsystemwijziging vallen binnen de randvoorwaarden die gesteld zijn in de vergunning. Hiermee is de nucleaire veiligheid voldoende geborgd.”⁹⁹ Tot zover de minister.

NRG stelde in haar persbericht van **11 juni 2013**: “NRG heeft indertijd (kort na november 2012, H.D.) besloten geen verzoek tot opstart bij de toezichthouder in te dienen.”¹⁰⁰ Kortom, hetzij de KFD, hetzij NRG spreekt hier onwaarheid.

Terwijl in 2009 een wereldwijd tekort aan radioactieve medische isotopen dreigde door de stilstand van de HFR, was hiervoor begin 2013 een oplossing gevonden. Naar begin mei 2013 bleek, nam de Belgische reactor BR-2 de productie over zolang de HFR het niet deed.¹⁰¹

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 daarvan. De reactor werd daarom niet opgestart totdat de oorzaak bekend was en maatregelen waren genomen om dit in de toekomst te voorkomen.¹⁰² De HFR kwam op **14 februari 2014** weer in bedrijf.¹⁰³

Rumoer 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 was dat er een verschil zit tussen wat 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 maakte melding van een storing in een gasmonitor. Maar Kamp liet een aantal zaken onvermeld. Dat NRG te weinig controles uitvoerde, dat het incident te laat was gemeld en dat de KFD aan NRG een dwangsom had opgelegd - het stond niet in de rapportage. De onvolledigheid gold bijvoorbeeld ook voor de storing van oktober 2013: de meting van een te hoge concentratie uranium in een afvaltank. Minister Kamp informeerde de Tweede Kamer op zo'n manier dat het leek alsof 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 hij 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 een explosie bij de kernreactor in Petten. In een afvaltank wordt zoveel uranium gemeten dat 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).”¹⁰⁴

Tot zover de citaten.

De regering over de gebeurtenissen in 2013 en 2014^{105 106 107}

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: Splijststofelement onjuist in kern geladen.¹⁰⁸

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 een 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.¹⁰⁹

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.^{110 111}

*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).”*¹¹²

15 mei 2014¹¹³

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

De toestand was zo kritiek dat een faillissement een reële optie was, 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 zou ook in 2014 verlies worden geleden. Hij ging 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.”¹¹⁴

27 maart 2015: Uitval van de externe stroomvoorziening

“Op 27 maart 2015 meldde 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 onvoorziene 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 heeft de evaluatie beoordeeld, die naar aanleiding van de gebeurtenis door NRG is uitgevoerd.”¹¹⁵

September/december 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 een 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.”¹¹⁶ De reactor is op **2 december 2015** weer in bedrijf gekomen.¹¹⁷

22 juni 2016

Op 22 juni 2016 werd een medewerker in een van de laboratoriumruimten van het Jaap Goedkoop Laboratorium (JGL) met een kleine hoeveelheid, kleiner dan een miljoenste gram, radioactieve stof gecontamineerd.¹¹⁸

7 september 2016: “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.¹¹⁹

In oktober 2014 besloot de regering namelijk een lening van maximaal 82 miljoen euro te verstrekken aan 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.”¹²⁰

De lening was 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 staat en ook niet het gewenste resultaat zal opleveren.¹²¹

In het document staat dat veiligheid “niet het alles overheersende beginsel is.”¹²² 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.”¹²³ Het gevolg hiervan is dat 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.¹²⁴

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 open te doen over veiligheidsproblemen.¹²⁵

Dit document staat niet op zichzelf. In het rapport van de Commissie Turkenburg van maart 2015 stond immers ook al dat de overgang van een onderzoeksinstelling naar een commerciële bedrijfsvoering veel problemen en potentiële gevaren oplevert.¹²⁶ Dit werd bevestigd door de commissie Holtkamp in oktober 2015.¹²⁷ Deze rapporten werden overigens pas op 30 augustus 2016 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 adviesbureau 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 zou de regering een besluit nemen over de toekomst van ECN/NRG.¹²⁸

Minister Schultz van Haegen reageerde op 12 september 2016 op de berichtgeving: “De laatste twee jaar kwamen bij de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) uit diverse bronnen signalen binnen over ontevredenheid en/of onzekerheden bij de NRG-medewerkers. In dit verband werden 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 vervolgde: “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 schreef ze: “De Kamer wordt hierover in het vierde kwartaal van 2016 geïnformeerd.”¹²⁹

NRG reageerde op **7 september 2016** als volgt: “De directie van NRG heeft kennis genomen 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 de 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.”¹³⁰

Minister Kamp op **30 september 2016**: “Het kabinet stelt 40 miljoen euro beschikbaar, bestemd voor het verwerken en afvoeren van het historisch radioactief afval.”¹³¹ 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 Laboratoria (HCL) om eventuele productieprikkels 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.”¹³²

31 januari 2017

Waterverlies in het reactorbassin zou het beton kunnen aantasten. Minister Schultz van Haegen schreef hierover op 31 januari 2017: “Dit waterverlies was (...) in 2011 na 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 ervoor te zorgen dat het lekwater niet in het milieu terecht komt.”¹³³

25 oktober 2018

De HFR werd op 25 oktober 2018 uitgeschakeld na een lekkage. Radioactief verontreinigd koelwater was terechtgekomen in een kruipruimte. Wat de lekkage precies had veroorzaakt, was onduidelijk. NRG startte een onderzoek. Daarbij werd ook bekeken hoeveel vervuild water precies was weggelekt.¹³⁴

17 februari 2019

Op 17 februari 2019 ging het alarm af 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 en 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.¹³⁵ 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.

- 1 http://www.leidschdagblad.nl/regionaal/metropool/article28595646.ece/Kamp-NRG-was-noodsituatie?lref=r_regionaal, 6 oktober 2016. http://www.haarlemsdagblad.nl/regionaal/metropool/article28595646.ece/Kamp-NRG-was-noodsituatie?lref=SR_3, 5 oktober 2016.
- 2 <https://www.nrg.eu/over-nrg/radioactief-afval-project/het-historisch-radioactief-afval-project.html>.
- 3 <https://www.nrg.eu/over-nrg/radioactief-afval-project/veelgestelde-vragen.html>.
- 4 Nieuwsblad van het Noorden, 25 oktober 2001.
- 5 <http://reporter.kro.nl/specials/petten/bronnen/>, 18 oktober 2014.
- 6 http://content1a.omroep.nl/urishioldv2/127m4ea883aa5743fd960057d12659000000.847993bc2f21df9c631a0cb71a0e914c/nos/docs/070916_petten.pdf, 7 september 2016.
- 7 <https://nos.nl/artikel/2130503-zorgen-over-veiligheid-bij-kernreactor-in-petten.html>, 7 september 2016.
- 8 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/07/24/convention-on-nucleair-safety>, 24 juli 2019.
- 9 E-mail Cora Blankenburg aan Herman Damveld op 17 september 2020 om 16:36 uur.
- 10 <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-infrastructuur-en-milieu/documenten/rapporten/2017/04/18/responsplan-nationaal-crisisplan-stralingsincidenten>, 18 april 2017.
- 11 http://content1c.omroep.nl/urishioldv2/127m71620d9f1d291bdb0053216253000000.e34fd171b1fc9fa84f2d181598e08c3e/nos/docs/120314_brief_vs.pdf.
- 12 <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-497146.pdf>, april 2015.
- 13 <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapport/2016/12/21/kennisgeving-kernenergiwet>, 21 december 2016.
- 14 <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapport/2016/12/21/mededelingsnotitie-milieu-effectrapportage-heu-leu-conversie-mpf>, 21 december 2016.
- 15 <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/publicatie/2017/04/06/ontwerp-kernenergiwetvergunning-nrg-heu-leu-conversie>, 6 april 2017.
- 16 <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/06/ANVS-2018%2010857.pdf>, 5 juni 2018.
- 17 E-mail Cora Blankenburg aan Herman Damveld op 9 september 2020 om 12:42 uur.
- 18 E-mail Cora Blankenburg aan Herman Damveld op 9 september 2020 om 12:42 uur.
- 19 <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/besluit/2019/11/04/goedkeuring-plan-van-aanpak-rwmp>, 4 november 2019.
- 20 <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/vergunning/2020/05/27/definitieve-vergunning-van-nrg-met-betrekking-tot-de-ambtshalve-wijziging-van-de-voorschriften-van-de-hfr>, 27 mei 2020.
- 21 <https://www.laka.org/nieuws/2020/laka-vraagt-om-mer-voor-levensduurverlenging-hogefluxreactor-petten-12576>, 3 april 2020.
- 22 <https://www.laka.org/nieuws/2020/anvs-wijzigt-vergunning-kernreactor-petten-zonder-m-e-r-13002#more-13002>, 29 mei 2020.
- 23 <https://www.laka.org/nieuws/2020/opnieuw-europese-subsidie-voor-kernreactor-petten-2-13550#more-13550>, 1 juli 2020 (document COM(2020) 108 final).
- 24 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=55&cHash=595dd437af036c705de73d9c92253836, 8 november 2011.
- 25 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=55&cHash=595dd437af036c705de73d9c92253836, 8 november 2011.
- 26 G. Verbong e.a., "Op weg naar de markt. De geschiedenis van ECN 1976-2001", Uitgave ECN, 2001, pp 134-144..
- 27 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>.
- 28 <https://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/radioisotopes-in-medicine.aspx>, mei 2020.
- 29 E-mail Cora Blankenburg aan Herman Damveld op 17 september 2020 om 16:36 uur.
- 30 Technisch Weekblad, 14 oktober en 9 december 1998.
- 31 Congress of the United States, House of Representatives, 17 juli 1991.
- 32 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.
- 33 http://ressourcessgd.kb.nl/SGD/19901991/PDF/SGD_19901991_0001569.pdf.
- 34 Volkskrant, 3 en 5 december 1998; Algemeen Dagblad, 2 december 1998.
- 35 Technisch Weekblad, 16 juni 1999.
- 36 <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/459>;
<http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>.
- 37 <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2844/Archief/archief/article/detail/495872/1998/12/05/Petten-bant-de-Bom.dhtml>, 15 december 1998.
- 38 http://nl.wikipedia.org/wiki/Kernreactoren_Petten.
- 39 <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vergunningen/2010/12/15/evaluatierapport-mer-modificatie-hoge-flux-reactor-petten-evaluatie-mer-modificatie-hfr-petten.html>, 15 december 2010.
- 40 <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>, november 2009.

- 86 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=83&cHash=f35b123af1c5477b5b2599ec84f8d707, 6 april 2012.
- 87 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=105&cHash=72f15481659d6ab8d5108785bd2c67a8, 20 november 2011.
- 88 <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- 89 <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- 90 <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- 91 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=122&cHash=3ad784304a6ce13951ea742863bad795, 7 maart 2013.
- 92 Technisch Weekblad 8 maart 2013.
- 93 <http://tinyurl.com/byacrvv>, 26 februari 2013.
- 94 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=124&cHash=2baa6cb862cf056beb61e864330e439b, 19 maart 2013.
- 95 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=128&cHash=8697603a380e46f6ade23ed4d0b0f009, 26 april 2013.
- 96 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=129&cHash=cfc1dbc1e939ad3fc269eb0e8f4b5867, 8 mei 2013.
- 97 “Elke dag telt voor kernreactor”, Leidsch Dagblad, 11 mei 2013.
- 98 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=131&cHash=9a818a62b96b0c2bb8e4db738d3bb3fa, 4 juni 2013.
- 99 <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.
- 100 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=134&cHash=04c4074be35f9c3a687f98bbf8bb9e71, 11 juni 2013.
- 101 http://www.world-nuclear-news.org/RS_Isotope_reactor_steps_up_to_the_plate_0205131.html, 2 mei 2013.
- 102 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=142&cHash=7478ae4538c8ea4412f057942fc2f7ff, 30 september 2013.
- 103 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=155&cHash=27fb311e80209eafc181e51955e56361, 14 februari 2014.
- 104 <http://reporter.kro.nl/specials/petten/bronnen/>, 18 oktober 2014.
- 105 http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleaire-veiligheid/ongewone_gebeurtenissen_2013/
- 106 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=142&cHash=7478ae4538c8ea4412f057942fc2f7ff, 30 september 2013.
- 107 <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- 108 http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleair_en_straling/nucleair/nucleaire_installaties/ongewone_gebeurtenissen_2013/: “Splijstofelement ondersteboven in kern geladen”; volgens een andere bron is dit onmogelijk en is een splijstofstaaf in een verkeerde positie is geplaatst.
- 109 <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/10/27/kamerbrief-over-berichtgeving-kernreactor-petten.html>, 27 oktober 2014.
- 110 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=149&cHash=42d53deb3a1fe5edc1d7e98a69fff086.
- 111 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=155&cHash=27fb311e80209eafc181e51955e56361, 14 februari 2014.
- 112 <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/20131231-storingen.pdf>, 8 juli 2014.
- 113 <http://medischcontact.artsennet.nl/actueel/nieuws/nieuwsbericht/144434/voortbestaan-reactor-petten-in-gevaar.htm>, 15 mei 2014.
- 114 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=171&cHash=f70f55c532c93cc24a88b9fabd2b38c6, 17 oktober 2014.
- 115 <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2016/06/29/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2015>, 29 juni 2016.
- 116 <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/nrg-meldt-aan-de-autoriteiten-42.html>, 20 oktober 2015.
- 117 <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/hoge-flux-reactor-weer-opgestart-48.html>, 2 december 2015.
- 118 <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/melding-ongewone-gebeurtenissen-nrg-68.html>, 4 augustus 2016.
- 119 http://content1a.omroep.nl/urishieldv2/127m4ea883aa5743fd960057d1265900000.847993bc2f21df9c631a0cb71a0e914c/nos/docs/070916_petten.pdf, 7 september 2016.

- 120 http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=171&cHash=f70f55c532c93cc24a88b9fabd2b38c6, 17 oktober 2014.
- 121 http://content1a.omroep.nl/urishioldv2/127m4ea883aa5743fd960057d12659000000.847993bc2f21df9c631a0cb71a0e914c/nos/docs/070916_petten.pdf, 7 september 2016, p 4.
- 122 http://content1a.omroep.nl/urishioldv2/127m4ea883aa5743fd960057d12659000000.847993bc2f21df9c631a0cb71a0e914c/nos/docs/070916_petten.pdf, 7 september 2016, p 2.
- 123 http://content1a.omroep.nl/urishioldv2/127m4ea883aa5743fd960057d12659000000.847993bc2f21df9c631a0cb71a0e914c/nos/docs/070916_petten.pdf, 7 september 2016, p 3.
- 124 http://content1a.omroep.nl/urishioldv2/127m4ea883aa5743fd960057d12659000000.847993bc2f21df9c631a0cb71a0e914c/nos/docs/070916_petten.pdf, 7 september 2016, p 3.
- 125 http://content1a.omroep.nl/urishioldv2/127m4ea883aa5743fd960057d12659000000.847993bc2f21df9c631a0cb71a0e914c/nos/docs/070916_petten.pdf, 7 september 2016, p 4.
- 126 http://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.8.53/09_eindrapport-review-rwmp-rap-en-rap-alpha-2015.
- 127 http://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.8.53/10_eindrapport-betreffende-het-uitvoeren-van-een-seco.
- 128 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2016/08/30/beantwoording-vragen-leden-van-veldhoven-d66-van-tongeren-gl-en-dik-faber-cu-over-ophoping-van-kernafval-in-petten-door-falende-apparatuur>, 30 augustus 2016.
- 129 https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2016Z16397&did=2016D33760, 12 september 2016.
- 130 <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/article/reactie-nrg-op-berichtgeving-nos-7-september-2016-71.html>.
- 131 <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken/nieuws/2016/09/30/onderzoekscentra-bundelen-hun-krachten>, 30 september 2016.
- 132 <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-infrastructuur-en-milieu/documenten/kamerstukken/2017/01/31/aanbieding-iaea-rapport-insarr-missie-bij-de-hoge-flux-reactor-en-informatie-over-lopende-onderzoeken-bij-de-onderzoekslocatie-in-petten>, 31 januari 2017.
- 133 <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-infrastructuur-en-milieu/documenten/kamerstukken/2017/01/31/aanbieding-iaea-rapport-insarr-missie-bij-de-hoge-flux-reactor-en-informatie-over-lopende-onderzoeken-bij-de-onderzoekslocatie-in-petten>, 31 januari 2017.
- 134 <https://www.nrg.eu/over-nrg/nieuws-pers/detail/artikel/lekkage-bij-werkzaamheden-in-pompgebouw-hfr-127.html>, 25 oktober 2018.
- 135 <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/hoge-flux-reactor-nrg>