

HOGE FLUX REACTOR TE PETTEN: EEN OUD APPARAAT MET GEBREKEN

Herman Damveld,

18 oktober 2014; hdamveld@xs4all.nl

Voorwoord

Hoge Flux Reactor (HFR) in het Noord-Hollandse Petten is in 2013 maar 3,5 maanden in bedrijf geweest. De reactor is 52 jaar oud en vertoont de laatste jaren gebreken net als alle oude machines. Ook komen regelmatig problemen met de veiligheidscultuur aan het licht en gebeuren er in feite onverantwoorde zaken, zoals op 18 oktober 2014 naar buiten kwam.

Toch wil de regering dat de HFR in bedrijf blijft tot 2023 en heeft daarvoor op 17 oktober 2014 een lening van 82 miljoen euro verstrekt. Maar of de HFR die einddatum haalt is de vraag.

Daarnaast bleek in maart 2014 dat de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium niet gaat zoals bedoeld. Dit is een kwestie die al speelt vanaf 1989.

Tijd voor een terugblik.

18 oktober 2014.

Enkele citaten uit rapporten die Brandpunt Reporter en de Volkskrant naar buiten bracht.

“Op 11 juni 2013 gaat het mis bij de kernreactor in Petten. Een waarschuwingssysteem dat omwonenden beschermt tegen teveel 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 teveel 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 vrij gegeven 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 waarschuwingslampje 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 stil zal worden gelegd 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. Dat blijkt uit documenten die Brandpunt Reporter in handen kreeg na een beroep op de Wet Openbaarheid van Bestuur.

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 email 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)."

Inleiding

In 1961 vond de eerste kernsplijting plaats in de toen splinternieuwe Hoge Flux Reactor (HFR) in het Noord-Hollandse Petten². De HFR diende aanvankelijk voor onderzoek naar materialen voor kerncentrales. Vanaf de jaren negentig is de productie van radioactieve stoffen voor medische toepassingen belangrijker geworden³. In 1991 stond 15% van het gebruik van de HFR in het teken van medische toepassingen, de rest was kernenergie⁴. In 2003 was 60% voor medische toepassingen en kernenergie nog 40%. Sindsdien is het belang van de medische toepassingen toegenomen, maar een exact getal staat niet in recente openbare stukken. De HFR zorgt nu voor 30% van de wereldwijde vraag naar medische isotopen⁵.

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.

Over deze drie kwesties gaat dit artikel.

Dit gebeurde in 2014⁶

Op 12 maart 2014 werd bekend dat drie vooraanstaande Amerikaanse experts op het gebied van nucleaire veiligheid in een brief aan minister Timmermans van Buitenlandse Zaken erop 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.

Dit gebeurde in 2013^{7 8}:

19 februari: Fout in veiligheidsanalyse HFR.

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

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

28 augustus: Splijtstofelement onjuist in kern geladen⁹.

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

30 september: Tijdens een geplande onderhoudsstop heeft NRG een afwijking geconstateerd aan één 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.

15 november: Bij NRG zijn momenteel 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 één 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.^{10 11}

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)”.¹²

Vijftig jaar reactorbedrijf in vogelvlucht volgens de exploitant Nuclear Research & consultancy Group (NRG)¹³.

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. Op last van toenmalig Minister Pronk van VROM is de reactor in 2001 tijdelijk buiten bedrijf gesteld, vanwege zorgen over de veiligheidscultuur. Een inspectie van het Internationaal Atoom Energie Agentschap volgde waarna het reactorbedrijf in maart 2002 kon worden hervat.

De kernenergiewetvergunning voor de Hoge Flux Reactor ging in 2005 over van de Europese Commissie naar NRG. Met een gewijzigde vergunning kon de reactor daarna overschakelen van hoogverrijkt naar laag verrijkt uranium als reactorbandstof. ‘Petten’ was de eerste onderzoeksreactor in de wereld die deze overschakeling succesvol volbracht.

In 2008 ontdekte NRG tijdens een reguliere inspectie een technisch mankement in de hoofdkoelwaterleiding van de reactor, waarna NRG de reactor stillegde voor reparatie. In augustus 2010 werd de reactor na reparatie weer opgestart en de productie van medische isotopen en het energieonderzoeksprogramma hervat.

1. 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 te 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 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 zullen ze zeer waarschijnlijk niet lang meer leven.

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 uranumsplijting 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 de 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.

2. 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 nam de Verenigde Staten de gebruikte brandstof terug en zorgde 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 dringt de Amerikaanse regering erop aan in plaats van hoogverrijkt het veel minder gevaarlijke laagverrijkt uranium te gebruiken. Vele buitenlandse onderzoeksreactoren zijn intussen omgeschakeld. Ook in Petten vonden proeven plaats. Het Amerikaanse ministerie van Energie trok hieruit de conclusie dat de omschakeling in Petten mogelijk is^{14 15}.

De Tweede Kamer volgde de ontwikkeling aanvankelijk met argusogen. Met name de PvdA en in mindere mate D66 hebben er in talloze vragen en debatten bij de regering op aangedrongen dat de omschakeling naar laagverrijkt uranium tot stand zou komen¹⁶. 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 verwelkomt¹⁷. Het bleef echter bij het verwelkomen.

De regering van de Verenigde Staten schreef in maart 1993 een brief met ernstige kritiek op de onderzoeksreactor te 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 uranium¹⁸. Daarop ging de exploitant van de HFR eind 1999 alsnog akkoord met omschakeling naar laagverrijkt uranium¹⁹. Dat loste twee problemen op. Amerika wilde tijdelijk vers hoogverrijkt uranium leveren en de gebruikte brandstof terugnemen. 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.²⁰ Met de Verenigde Staten werden afspraken vastgelegd over de aan- en afvoer van brandstofelementen totdat de omschakeling voltooid is.

De omschakeling van hoogverrijkt uranium (HEU) naar laagverrijkt uranium (LEU) begon in de herfst van 2005 en was in 2006 voltooid. Daarmee werd een lange periode van discussie over de omschakeling afgesloten.^{21 22 23 24 25}

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,²⁶ maar hoeveel precies van de HFR wordt niet aangegeven.

Deze paragraaf ging tot nu toe over de omschakeling van hoog- naar laagverrijkt uranium en de kwesties die daarmee samenhangen als 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 capsules 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. Deze targets zijn gemaakt van hoogverrijkt uranium, afkomstig uit de Verenigde Staten. Maar dit land wil dat de HFR ook wat targets betreft overschakelt 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.”²⁷ 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 testen duren nog dit jaar en NRG hoopt er voor eind 2015 een vergunning voor te krijgen.²⁸

3. 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 en met 2011 (het laatste jaar waarover gegevens bekend zijn) gaat het om 60 storingen^{29 30 31}.

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

Totaal 60

Enkele voorbeelden

In **1968** smolt een capsule met uranium, waardoor er radioactief jodium in het water kwam.³²

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 werd 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 1997³³.

In **1987** kwamen door oververhitting via het waterbassin radioactieve stoffen in de reactorhal terecht. Daarbij werd echter niemand besmet.³⁴

De exploitant van de HFR stelde op 2 september **2001** een bedrijfsvoorschrift op naar aanleiding van een scheurindicatie die gedaan is tijdens de driejaarlijkse inspectie van het reactorvat. De scheur die al eerder gemeten was, bleek groter te zijn dan eerder gedacht.³⁵

Eind 2001 stuurde een medewerker van de HFR, Paul Schaap, een zwartboek naar de overheid. Daarin beschreef hij gesjoemel met regels³⁶. Operators zouden relevante informatie over incidenten niet in het logboek mogen schrijven. Daarop kreeg Schaap ontslag³⁷. De overheid nam de zaak echter serieus op en besloot de HFR tijdelijk te sluiten op 5 februari 2002³⁸. 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 Wenen³⁹. 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 is aan herziening. Als voorbereiding op de vergunningaanvraag die hij eind 2003 verwachtte, vindt onderzoek plaats naar de veiligheid van de HFR "als geheel", schreef 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 is, te vergelijken met wat nu als stand van de techniek wordt beschouwd. Op basis

hiervan zal een integraal verbeterplan worden opgesteld en uitgevoerd bij de nieuwe vergunning.

Het reactorvat vertoont haarscheuren bij een lasnaad. De vraag is of die haarscheuren in omvang zullen toenemen. Van Geel stelde dat uit analyses blijkt dat de lasnaad niet blootgesteld wordt aan grote temperatuurschommelingen en hoge drukken. Daarom is de kans dat de haarscheuren zullen uitgroeien tot een ontoelaatbare scheur vrijwel nihil, zodat volgens Van Geel het reactorvat zeker tot het jaar 2015 zal 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 is de kans hierop eens in de tien miljoen jaar. Via een extra voorziening, namelijk twee kleppen op het reactorvat, wordt de tijd om actie te ondernemen bij het Veldmansscenario verlengd van enkele minuten tot meer dan een uur. Daarmee kan de kans op kernsmelten worden uitgesloten, stelde Van Geel.^{40 41}

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 is 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 ongefilteld via een 4,4 kilometer lange lozingspijp in zee waren terechtgekomen, waarbij de lozingsnormen tussen de 100 en 1000 keer werden overschreden.⁴²

In **maart 2005** heeft de rechtbank te Alkmaar drie bedrijven bij de nucleaire centrale te Petten veroordeeld voor milieuovertredingen. Ze kregen elk een boete van 25.000 euro. De rechtbank sprak van " laksheid ten aanzien van de naleving" van de milieuvoorschriften.^{43 44 45}

In augustus **2008** stopte de reactor nadat een gasbellenspoortje in het primaire koelwatersysteem werd 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.⁴⁶

De regering heeft NRG in februari 2009 toch toestemming gegeven 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.⁴⁷

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 lokaties 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 lokaties 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.⁴⁸

In april **2012** startte de HFR weer na het jaarlijkse groot onderhoud. De productie van medische isotopen en het energieonderzoeksprogramma in de reactor zijn daarmee hervat na een reactorstop van ruim een maand voor preventief onderhoud en inspecties. De nadruk viel op onderhoud aan het koelsysteem en er zijn diverse tests en inspecties uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat de hal lekdicht is en het reactorvat in goede conditie is evenals de koelwaterinlaatleidingen.⁴⁹

In de herfst van **2012** werd een verhoogde concentratie tritium in het grondwater rondom de HFR vastgesteld. Dit tritium is afkomstig van een aangetaste leiding van een van de hulpsystemen van de reactor. Dat is het resultaat van een intensief onderzoeksprogramma dat NRG in oktober 2012 aankondigde naar aanleiding van periodieke grondwatermetingen. De leiding is hierop direct buiten gebruik gesteld om te zorgen dat er geen tritium in het grondwater meer terechtkomt.

De tritiumbron is tijdens de reguliere onderhoudsstop (sinds 11 november 2012) van de HFR geïdentificeerd. Voor de aangetaste leiding is een alternatief leidingsysteem voorhanden, dat voorlopig tijdens onderhoudsstops ingezet kan worden. NRG heeft deze tijdelijke oplossing voorgelegd aan de toezichthouder, de Kernfysische Dienst. Bij een formele positieve beoordeling van dit alternatief, zal de reactor weer worden opgestart. Ondertussen wordt er gewerkt aan vervanging van de aangetaste leiding.⁵⁰

NRG is in **maart 2013** gestart 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.⁵¹

In **november 2012** is een afwijking ontdekt in het koelwatersysteem van de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten. “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 is vanaf november 2012 uit bedrijf. Het is niet bekend wanneer de reactor gerepareerd is: “NRG werkt momenteel aan een oplossing die wordt getoetst, gekwalificeerd en beoordeeld door de bevoegde autoriteiten”, stelde Blankendaal.⁵²

Er is 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 - ruim 50 jaar – 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.”⁵³ NRG heeft op 19 maart 2013 besloten de Hoge Flux Reactor niet op te starten voor **begin mei 2013** ⁵⁴. Op 26 april 2013 werd die datum verschoven naar ‘niet voor medio mei 2013’ ⁵⁵ en op 8 mei naar “niet voor begin juni 2013”⁵⁶. 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 is volgens Ronald Schram van NRG hard gewerkt aan de voorbereidingen voor de reparatie en de toestemming voor de reparatie is er nu⁵⁷.

Op 4 juni 2013 liet NRG weten dat de HFR **rond 11 juni 2013** weer in bedrijf zal komen: “NRG heeft er voor gekozen het primaire koelwatersysteem uit te breiden. Op deze manier is het systeem beter te controleren en te onderhouden.”⁵⁸ 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 apart. 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.”⁵⁹ Tot zover de minister.

Opvallend is dat NRG in haar persbericht van 11 juni 2013 stelt: “NRG heeft indertijd (kort na november 2013, H.D.) besloten geen verzoek tot opstart bij de toezichthouder in te dienen.”⁶⁰ Dus hetzij de KFD of NRG spreekt hier onwaarheid.

Terwijl er in 2009 een wereldwijd tekort aan radioactieve medische isotopen dreigde door de stilstand van de HFR, is begin 2013 een oplossing voor 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 stil lag, 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.⁶¹

September 2013 tot oktober 2014

Tijdens een geplande onderhoudsstop heeft NRG een afwijking geconstateerd aan één 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.⁶² De HFR kwam op 14 februari 2014 weer in bedrijf.⁶³

15 mei 2014⁶⁴

Volgens Brandpunt Reporter heeft NRG, de exploitant van de kernreactor in Petten, minister Kamp gevraagd voor financiële steun om overleefd 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, stelt NRG-directeur Niels Unger. Hij hoopt dat het ministerie van Economische Zaken hem tijdelijk uit de brand helpt met een zogenaamd overbruggingskrediet, maar een woordvoerder van verantwoordelijk minister Henk Kamp (VVD) liet aan het tv-programma weten dat daarover nog geen besluit is genomen. NRG kwam vorig jaar al in het rood uit en volgens Unger zal ook dit jaar verlies worden geleden. Hij gaat uit van een verlies van 'miljoenen'. Tegelijkertijd zijn de installaties van de vijftig jaar oude reactor hard aan vervanging toe, zo bleek vorig jaar uit een onderzoek van NRG. Dat moet resulteren in een nieuwe reactor, Pallas, meer het zal minimaal tien jaar duren voordat deze operationeel is. Om in deze periode de huidige reactor veilig draaiende te kunnen houden, is onderhoud nodig, zo bleek uit het onderzoek. De kosten daarvoor zijn tachtig miljoen euro. Unger is druk in onderhandeling met banken om NRG dat krediet te verschaffen, maar de nood is zo hoog dat het ministerie nu al moet bijspringen.

Het kabinet verstrekt een lening van maximaal €82 miljoen aan ECN en haar dochter NRG voor de onderzoeksreactor in Petten. Hierdoor kan de exploitatie van de reactor de komende 10 jaar worden gecontinueerd en blijven 850 banen behouden. Dit laat 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.'⁶⁵

4 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. Daar wijst NRG veelvuldig op 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 52 jaar oud en vertoont gebreken net als alle oude machines. Volgens de planning moet de HFR in bedrijf blijven tot 2023⁶⁶, maar of dat gehaald wordt is dus de vraag.

- ¹ <http://reporter.kro.nl/specials/petten/bronnen/>, 18 oktober 2014.
- ² [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=55](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=55), 8 november 2011.
- ³ G. Verbong e.a., “Op weg naar de markt. De geschiedenis van ECN 1976-2001”, Uitgave ECN, 2001, pp 134-144..
- ⁴ 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>.
- ⁵ http://www.kiviniria.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.
- ⁶ http://download.omroep.nl/nos/docs/120314_brief_vs.pdf
- ⁷ http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleaire-veiligheid/ongewone_gebeurtenissen_2013/
- ⁸ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=142](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=142), 30 september 2013.
- ⁹ http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleair_en_straling/nucleair/nucleaire_installaties/ongewone_gebeurtenissen_2013/: “Splijtstofelement ondersteboven in kern geladen”; volgens een andere bron is dit onmogelijk en is een splijtstofstaaf in een verkeerde positie is geplaatst.
- ¹⁰ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=149](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=149)
- ¹¹ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=155](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=155), 14 februari 2014.
- ¹² <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/20131231-storings.pdf>, 8 juli 2014.
- ¹³ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=55](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=55), 8 november 2011.
- ¹⁴ Technisch Weekblad, 14 oktober en 9 december 1998.
- ¹⁵ Congress of the United States, House of Representatives, 17 juli 1991.
- ¹⁶ 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.
- ¹⁷ http://ressourcessgd.kb.nl/SGD/19901991/PDF/SGD_19901991_0001569.pdf.
- ¹⁸ Volkskrant, 3 en 5 december 1998; Algemeen Dagblad, 2 december 1998.
- ¹⁹ Technisch Weekblad, 16 juni 1999.
- ²⁰ <http://www.kernenergieinnederland.nl/node/459>;
<http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>.
- ²¹ <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2844/Archief/archief/article/detail/495872/1998/12/05/Petten-bant-de-Bom.dhtml>, 15 december 1998.
- ²² http://nl.wikipedia.org/wiki/Kernreactoren_Petten.
- ²³ <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.
- ²⁴ <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>, november 2009.
- ²⁵ EVALUATIE MER MODIFICATIE HFR PETTEN IKC-NUMMER: 41341, OpdenKamp Adviesgroep B.V., juli 2010.
- ²⁶ <http://www.covra.nl/infocentrum>, Jaarrapport 2011.
- ²⁷ http://www.nrg.eu/uploads/media/NRG_jaarverslag_2011.pdf, p 20.
- ²⁸ http://www.nrg.eu/fileadmin/nrg/corp/NRGJV12_NL_web.pdf, 1 juli 2013.
- ²⁹ Overzichten te vinden op de volgende twee links:
http://www.kernenergieinnederland.nl/faceted_search/results/taxonomy:239,134;
http://www.kernenergieinnederland.nl/faceted_search/results/taxonomy:239,134?page=1;
- ³⁰ <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.
- ³¹ http://www.ilent.nl/Images/Binder_Storingsrapportage_2012_tcm334-346118.pdf, 9 september 2013.
- ³² C. D. Andriessse, “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 uit gestuurd, vanwege het stralingsdosistempo in de HFR en de bijgebouwen. Ook is er geen edelgas geloosd in tegenstelling tot wat Andriessse beweert.
- ³³ Commissie van de Europese Gemeenschappen, Brussel, 14 april 1997, COM (97) 150 def.
- ³⁴ <http://www.kernenergieinnederland.nl/node/331>.
- ³⁵ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-25422-11.html>, 5 februari 2002.
- ³⁶ Nieuwsblad van het Noorden, 25 oktober 2001.
- ³⁷ Nieuwsblad van het Noorden, 10 december 2001, 5 en 7 februari 2002.
- ³⁸ Tweede Kamer, vergaderjaar 2001-2002, 25422, nr. 11.
- ³⁹ <http://www.kernenergieinnederland.nl/node/479>.
- ⁴⁰ <http://www.laka.org/nieuws/2003/brieftkpetten.pdf>, 4 maart 2003.
- ⁴¹ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-25422-30.pdf>, 3 juli 2003.
- ⁴² http://alkmaar.sp.nl/petten/petten_december_2006.pdf;
- ⁴³ <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2010/2/chronologie-petten.pdf>, november 2009.
- ⁴⁴ C. D. Andriessse, “De republiek der kerngeleerden”, Uitgeverij BetaText, 2000.
- ⁴⁵ Volkskrant, 26 maart 2005.

- ⁴⁶ Technisch Weekblad, 31 januari 2009, p 1; . <http://www.technischweekblad.nl/gasbelletjes-hfr-petten-op-lastige-plek.78227.lynkx>.
- ⁴⁷ Technisch Weekblad 21 februari 2009, p 1; . <http://tw.lynkx-01.nl/default.lynkx?id=63365>.
- ⁴⁸ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=19](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=19), 9 september 2010.
- ⁴⁹ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=83](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=83), 6 april 2012.
- ⁵⁰ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=105](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=105), 20 november 2011.
- ⁵¹ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=122](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=122), 7 maart 2013.
- ⁵² Technisch Weekblad 8 maart 2013.
- ⁵³ <http://tinyurl.com/byacrvy>, 26 februari 2013.
- ⁵⁴ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=124](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=124), 19 maart 2013.
- ⁵⁵ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=128](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=128), 26 april 2013.
- ⁵⁶ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=129](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=129), 8 mei 2013.
- ⁵⁷ “Elke dag telt voor kernreactor”, Leidsch Dagblad, 11 mei 2013.
- ⁵⁸ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=131](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=131), 4 juni 2013.
- ⁵⁹ <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.
- ⁶⁰ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=134](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=134), 11 juni 2013.
- ⁶¹ http://www.world-nuclear-news.org/RS_Isotope_reactor_steps_up_to_the_plate_0205131.html, 2 mei 2013.
- ⁶² [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=142](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=142), 30 september 2013.
- ⁶³ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=155](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=155), 14 februari 2014.
- ⁶⁴ <http://medischcontact.artsennet.nl/actueel/nieuws/nieuwsbericht/144434/voortbestaan-reactor-petten-in-gevaar.htm>, 15 mei 2014.
- ⁶⁵ [http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews\[tt_news\]=171](http://www.nrg.eu/nl/nuclear-services/nieuws/item/?tx_ttnews[tt_news]=171), 17 oktober 2014.
- ⁶⁶ http://www.oecd-neo.org/ndd/reports/2013/implementation_hlg-mr_policy.pdf, maart 2013, p 52.