

EVALUATIE MER MODIFICATIE HFR PETTEN

IKC-NUMMER: 41341



© Copyright OpdenKamp ADVIESGROEP BV

O A G

Dit document mag alleen worden gebruikt en gekopieerd voor het doel waarvoor het is bedoeld
Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van OpdenKamp ADVIESGROEP BV mag dit document niet
voor andere doeleinden worden gekopieerd of aan derden worden getoond.

OpdenKamp Adviesgroep B.V.
Koninginnegracht 23, 2514 AB, Den Haag
tel. (070) 426 00 00, fax (070) 426 00 01
e-mail : mailbox@oag.nl
<http://www.oag.nl>

Den Haag: juli 2010
Document: \\VR/HFR\10-46
Projectleider: Ir. Agaath E. Klein

De voorgenomen activiteit heeft geen invloed gehad op de externe stralingsdosis in de omgeving.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de aantallen elementen en staven, maar wel op de activiteit van het hoog-radioactief afval, waarbij deze onder de in het MER voorspelde waarden blijft.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging in de lozingen van koelwater in de Noordzee.

Met betrekking tot de geluidsniveaus kan worden geconcludeerd dat, zoals verwacht in het MER, de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de voorgenomen activiteit, zoals voorspeld in het MER, buiten een beperkte verhoging van de activiteit van het hoog-radioactief afval, geen significante milieugevolgen heeft.

Met betrekking tot de veiligheid kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Zoals verwacht in het MER is tijdens de overgangperiode van HEU- naar LEU-kern met betrekking tot de reactorfysische en thermohydraulische eigenschappen van de kernsamenstelling voldaan aan de veiligheidsvoorschriften.

Doordat slechts een deel van de voorgenomen maatregelen is uitgevoerd, zijn de kans op kernbeschadiging en het individueel risico niet gedaald tot de in het MER aangegeven waarden. Wel is reeds 63% veiligheidswinst geboekt. Het individueel risico voldoet ruim aan het toetsingscriterium van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

De meeste meldingen over bijzondere gebeurtenissen in de periode 2005-2008 hebben geen relatie met de in het MER beschreven voorgenomen activiteiten. De storingen in oktober 2006 en mei 2007 zijn wel het gevolg van een in het MER voorgenomen activiteit en wel van de uitgevoerde veiligheidsmaatregel drukvereffeningsleidingen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat door de uitvoering van de veiligheidsverhogende maatregelen de veiligheid van de HFR is verbeterd. Doordat (nog) niet alle maatregelen zijn uitgevoerd is dit echter (nog) niet in de mate gebeurd zoals aangegeven in het MER.

Zoals aangegeven in het MER is aan de veiligheidscriteria met betrekking tot ontwerpongevallen en aan de risicocriteria met betrekking tot ernstige ongevallen voldaan.

Met betrekking tot de in het MER aangegeven leemte in kennis over de exacte samenstelling van de kern kan worden gesteld dat deze niet relevant is. Met de conservatieve vooronderstellingen in het MER zijn deze onzekerheden ondervangen. De werkelijke samenstelling (activiteit) valt ruim binnen de in het MER aangegeven samenstelling.

Ook de leemten in kennis met betrekking tot de reikwijdte en de onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses zijn niet relevant. Met de uitgevoerde veiligheidsanalyses is voldoende inzicht in de veiligheidsrisico's verkregen en de HFR voldoet aan de gestelde eisen ten aanzien hiervan. Door de conservatieve aannamen zijn de veiligheidsrisico's lager dan de berekende waarden en de berekende risico's voldoen ruimschoots aan de risicocriteria.

1 INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

Op 7 januari 2005 is aan de Nuclear Research and consultancy Group (NRG) vergunning verleend voor het wijzigen en in werking houden van de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten (beschikking SAS/2002013372) [Ministerie van VROM 2005].

De voorgenomen activiteiten betroffen:

- Omschakeling van hoog verrijkt uranium (HEU) als brandstof naar laag verrijkt uranium (LEU);
- Veiligheidsverhogende maatregelen die voortvloeien uit een veiligheidsherevaluatie van de gehele installatie.

Onderdeel van de procedure van vergunningverlening was het uitvoeren van een milieueffectrapportage [NRG 2003a]. Krachtens de artikelen 7.37, tweede lid, en 7.39 t/m 7.43 van de Wet Milieubeheer dient door het bevoegd gezag een onderzoek plaats te vinden naar de gevolgen voor het milieu van de activiteit waarvoor een milieueffectrapport is opgesteld. Het bevoegd gezag bestaat in dit geval uit de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Economische Zaken (EZ), Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) en Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS).

In de vergunning is bepaald dat deze wettelijk voorgeschreven evaluatie de periode bestrijkt vanaf de aanvang van het conversietraject in oktober 2005 tot en met twee jaar nadat de conversie is voltooid. Het conversietraject is in oktober 2005 begonnen en voltooid in mei 2006. De evaluatieperiode bestrijkt de jaren 2005 tot en met 2008.

In de evaluatiefase moet een onderzoeksprogramma worden uitgevoerd dat erop is gericht na te gaan of er geen grotere of andere effecten optreden dan die zijn beschreven in het milieueffectrapport (MER).

De hoofdpunten in dit evaluatieprogramma zijn (conform de vergunning paragraaf 4.4) in ieder geval:

1. De ontwikkeling van het milieu ter plaatse van de inrichting te Petten, dit mede in relatie tot de resultaten uit de lozingsrapportages en het omgevingsmeetprogramma, zowel op de Onderzoekslocatie Petten (OLP) als aan de terreingrens;
2. Het verloop van de conversie en de bij de besluitvorming gehanteerde uitgangspunten inzake veiligheid en de uitvoering van het ALARA-beginsel. Daarbij wordt de nodige aandacht besteed aan de verificatie van de reactorfysische en thermohydraulische karakteristieken van de reactorkern, betrekking hebbend op zowel de overgangskernen als op de nieuwe evenwichtskern;
3. Gebeurtenissen waarbij zich een (onmiddellijke dreiging van een) buitennormale lozing voordeed of gebeurtenissen die overeenkomstig voorschrift A.44 of A.46 van de vergunning zijn gemeld.

Dit rapport bevat de resultaten van het evaluatieonderzoek.

1.2 OPDRACHT

De evaluatie is uitgevoerd door OpdenKamp Adviesgroep in opdracht van het Ministerie van VROM, directie SAS. De rapportage beantwoordt aan de opdracht zoals die is omschreven in de brief van de opdrachtgever van 5 augustus 2008 en in het evaluatieprogramma van oktober 2008.

1.3 UITGANGSPUNTEN

Bij de evaluatie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De evaluatie beperkt zich tot de in het milieueffectrapport (MER) voorgenomen activiteiten van de inrichting en de effecten die daarvan het gevolg zijn.
- Het evaluatieonderzoek betreft de milieugevolgen van genoemde activiteiten. Omdat alleen de milieuaspecten worden geëvalueerd, wordt niet ingegaan op andere aspecten, zoals arbeidshygiëne.
- Het evaluatieonderzoek heeft betrekking op de periode vanaf de aanvang van het conversietraject (oktober 2005) tot en met twee jaar nadat de conversie is voltooid (mei 2006). De gegevens met betrekking tot de milieuaspecten over de periode 2005-2008 worden vergeleken met de voorspellingen in het MER hierover.
- De evaluatie behelst geen veldwerk en bestaat alleen uit documentenonderzoek en toelichtingen hierop van de betrokken partijen. De milieuaspecten en -gevolgen zijn zoveel als mogelijk kwantitatief beschreven.

1.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 zijn de voorgenomen en uitgevoerde activiteiten globaal beschreven. In hoofdstuk 3 is het referentiekader uit het MER voor de verschillende milieuaspecten weergegeven. Hoofdstuk 4 en 5 bevatten de feitelijke evaluatie. In hoofdstuk 4 zijn de voorspellingen uit het MER over de optredende milieugevolgen bij de uit te voeren activiteiten vergeleken met de daadwerkelijke effecten voor de verschillende milieuaspecten (radiologische effecten lucht, water, bodem, directe straling, radioactief afval en conventionele milieuaspecten). Hoofdstuk 5 bevat de evaluatie met betrekking tot de veiligheid en het ALARA-beginsel, waarbij deze zich met name richt op de reactorfysische en thermohydraulische karakteristieken van de reactorkern, de veiligheidsverhogende maatregelen en meldingen over bijzondere gebeurtenissen. Hoofdstuk 6 gaat in op de in het MER aangegeven leemten in kennis. En hoofdstuk 7 bevat de conclusies.

2 VOORGENOMEN EN UITGEVOERDE ACTIVITEITEN

In dit hoofdstuk worden de voorgenomen en uitgevoerde activiteiten globaal beschreven. Slechts die onderdelen krijgen meer aandacht die voor het onderzoek van belang zijn. Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar het milieueffectrapport (MER) [NRG, 2003a] en het veiligheidsrapport (VR) [NRG, 2003b].

Na een korte beschrijving van de situatie en de installatie in paragraaf 2.1 en 2.2 en van de veiligheidssystemen in paragraaf 2.3 volgt de beschrijving van de activiteiten in paragraaf 2.4 en 2.5.

2.1 SITUATIEBESCHRIJVING

De Hoge Flux Reactor (HFR) is een watergekoelde nucleaire onderzoeksreactor te Petten met een vermogen van maximaal 50 MWth. De reactor fungeert als neutronenbron voor toegepast en wetenschappelijk onderzoek, alsmede producent van radio-isotopen voor medische en industriële toepassingen. Ook worden er nucleaire genezingsmethoden en geneesmiddelen ontwikkeld en toegepast.

Het gebouwencomplex van de HFR ligt op het terrein van het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek (GCO) van de Europese Commissie te Petten. De reactor ligt op ca. 2,5 km ten noorden van het dorp Petten.

2.2 BESCHRIJVING INSTALLATIE

De reactor en de bassins zijn ondergebracht in het reactorgebouw: een stalen koepelvormig gebouw dat de nucleaire systemen isoleert van de omgeving. De koepel heeft een diameter van 25 meter en is van 1,2 cm dik staal. Het reactorgebouw wordt op een kleine onderdruk gehouden als extra barrière tegen de verspreiding van radioactieve stoffen in de lucht.

De warmtewisselaars en pompen van de koelsystemen zijn ondergebracht in het naastgelegen primaire pompgebouw.

Het reactorvat met daarin de reactorkern bevindt zich in het reactorbassin: een met dikke betonnen wanden omringd bassin van ongeveer 9 m diep, gevuld met gedemineraliseerd water. Het reactorvat is 5,4 m hoog, heeft 4 à 5 cm dikke wanden gemaakt van een aluminium legering. Bovenin het reactorvat bevinden zich twee inlaat- en uitlaatleidingen voor het koelwater.

De reactorkern bestaat uit 72 kerncomponenten: ca 33 splijtstofelementen, 6 regelementen, ca 23 reflectorelementen en ca 10 vulelementen voor bestralingsposities. Naast de reactorkern bevindt zich een rij met 9 posities waarin reflectorelementen of elementen met bestralingsexperimenten worden geplaatst.

Een splijtstofelement bevat parallelle splijtstofstaven bestaande uit een legering met uranium in een aluminium matrix met aan weerszijden aluminium bekledingsplaten. Het uranium dient als brandstof. Het uranium bestaat uit een mengsel van uranium-235 en uranium-238. Voor het splijttingsproces is alleen uranium-235 bruikbaar. Wordt een uranium-235 kern getroffen door een neutron dan kan dit neutron worden ingevangen in de kern waardoor deze uiteenvalt in twee kleinere kernen. Bij het splijten komen diverse soorten straling vrij, waaronder neutronen, en een hoeveelheid energie die wordt omgezet in warmte. De vrijgekomen neutronen kunnen op hun beurt weer kernsplijtingen veroorzaken, zodat een kettingreactie ontstaat.

De regelementen dienen om het aantal vrije neutronen te regelen. Het bovenste gedeelte is voorzien van een neutronenabsorberend materiaal. Daaronder bevindt zich een gedeelte met splijtstof. Door het in- of uitbewegen van de regelstaaf wordt het vermogen geregeld.

De beryllium reflectorelementen zijn rondom de kern geplaatst en hebben als doel neutronen naar de kern terug te reflecteren.

Tabel 2.2 Stand van zaken uitvoering veiligheidsverhogende maatregelen 2009 [NRG 2009b]

| | | |
|------|---|----------------------|
| TM-1 | Toevoegen van vacuümbrekers | gereed |
| TM-2 | Drukvereffeningsleidingen tussen reactorvat en uitlaatleidingen | gereed |
| TM-3 | Verbinding van het reactorvat met het bassin | niet gereed |
| TM-4 | Vervangen van de dieselaangedreven koelpomp door een elektrische pomp met additionele accuvoeding | gereed |
| TM-5 | Beperking van de mogelijke gevolgen van de val van een splijstofcontainer | gereed ¹⁾ |
| TM-6 | Additioneel afschakelsysteem | half gereed |
| TM-7 | Verbetering van de insluiting van het reactorkoelsysteem | niet gereed |
| TM-8 | Installatie van een noodmonitoringpaneel | niet gereed |

1) Deze maatregel is anders uitgevoerd dan beschreven in het MER; de maatregel is geïmplementeerd middels een procedure en kan daarmee als gereed worden bestempeld.

3 REFERENTIEKADER MILIEU

In het MER [NRG 2003a] worden de bestaande toestand van het milieu en de autonome ontwikkelingen hierin beschreven, als referentiekader voor de voorspelde milieugevolgen. In dit hoofdstuk wordt dit referentiekader uit het MER voor de verschillende milieuaspecten weergegeven.

3.1 ALGEMEEN

De HFR bevindt zich in het smalle duingebied ten noorden van Petten, op circa 1 km ten zuidwesten van St. Maartenszee en circa 2,5 km ten noordoosten van Petten (dichtstbijzijnde woonkernen). De gebouwen staan op het terrein van de GCO, dat grenst aan het terrein van het ECN.

Een groot deel van het duingebied van IJmuiden tot Den Helder behoort tot de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en grote delen hebben een beschermde status vanwege natuurlijke en landschappelijke waarden. Ten zuiden van de OLP liggen de Staatsduinen (beschermde gebied op grond van de Europese Habitatrichtlijn) en naar het noorden toe ligt het natuurreservaat Het Zwanenwater (beschermde gebied op grond van de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn). Ook de Noordzee valt onder het beschermingsregime van de EHS en de EU-richtlijnen. Naar het oosten toe liggen grootschalige poldergebieden. Het grondgebruik is agrarisch: grasland, tuinbouw, akkerbouw, waaronder bollenteelt.

3.2 RADIOLOGISCHE LUCHTKWALITEIT

De radiologische luchtkwaliteit vanwege de HFR in de omgeving wordt bepaald door de hoeveelheid en aard van de naar de lucht geloosde radionucliden en de verspreiding hiervan. Door middel van een ventilatiesysteem met filters wordt lucht uit het reactorgebouw via een ventilatieschacht naar de lucht geloosd. De verspreiding van de geloosde activiteit leidt op een zekere afstand van het emissiepunt, waar de pluim de grond raakt, tot een maximale concentratie van radionucliden in de lucht op leefniveau. Blootstelling aan radioactieve stoffen in de lucht vindt plaats langs twee wegen: door inademing en door uitwendige bestraling door radionucliden in de pluim.

De lozingen naar de radioactieve stoffen naar de lucht bestaan hoofdzakelijk uit:

- edelgassen, met name argon (^{41}Ar),
- waterdampgebonden tritiumactiviteit (^3H) en
- aërosolgebonden of dampvormige β/γ -activiteit, met name jodium (^{131}I).

In tabel 3.1 staan de lozingen van de HFR naar de lucht in 2000-2002 weergegeven. Deze lozingen bedragen 20-30% van de vergunningslimiet van 100 Re_{inh} /jaar (1 Re_{inh} is de hoeveelheid radioactiviteit die bij complete inhalatie een dosis van 1 Sv geeft).

Tabel 3.1 Lozing via schoorsteen HFR van radioactieve stoffen naar de lucht in 2000-2002 met tussen haakjes de percentages t.o.v. de vergunningslimiet (uit MER tabel 4.5.1)

| Radionuclide | Lozing 2000 (MBq) | Lozing 2001 (MBq) | Lozing 2002 (MBq) |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| α -activiteit | < ¹⁾ | < ¹⁾ | < ¹⁾ |
| β/γ -activiteit (m.n. ^{131}I) | 1,77 (0,02%) | 1,45 (0,02%) | 0,035 (<0,01%) |
| ^3H (tritium) | $793 \cdot 10^3$ (13%) | $506 \cdot 10^3$ (8%) | $230 \cdot 10^3$ (4%) |
| Edelgassen (m.n. ^{41}Ar) | $9.100 \cdot 10^3$ (16%) | $7.490 \cdot 10^3$ (13%) | $5.900 \cdot 10^3$ (10%) |

1) < betekent kleiner dan minimaal detecteerbare activiteit

Door het ECN zijn in 1990 verspreidings- en dosisberekeningen uitgevoerd voor een eenheidslozing van 1 Bq/s (31,5 MBq/jaar) naar de lucht. Hieruit blijkt dat de locatie van de maximale concentratie zich op 0,8 km ten noordoosten van de HFR bevindt.

Op basis van gegevens uit de ECN-studie en van dosiscoëfficiënten voor de inhalatiedosis uit het Besluit stralingsbescherming is de lozing van de vergunningslimiet per nuclide omgerekend naar de dosisbijdragen voor leden van de bevolking via uitwendige bestraling en inhalatie (zie tabel 3.2). Daarbij wordt uitgegaan van een continu verblijf op de plaats van het maximum.

Tabel 3.2 Dosisbijdragen ten gevolge van luchtgedragen activiteit bij lozing van de totale vergunningslimiet per radionuclide (uit MER tabel 5.5.3 en VR tabel 12.6)

| Radionuclide | Lozing vergunningslimiet (GBq/jaar) | Uitwendige bestraling (μ Sv/jaar) | Inwendige bestraling (inhalatie) (μ Sv/jaar) | Totaal (uitwendig + inwendig) (μ Sv/jaar) |
|---|-------------------------------------|--|---|--|
| β/γ -activiteit (^{131}I) | 8 | $2,1 \cdot 10^{-6}$ | $2,5 \cdot 10^{-4}$ | $2,5 \cdot 10^{-4}$ |
| HTO (^3H) | $6 \cdot 10^3$ | - | $1,8 \cdot 10^{-2}$ | $1,8 \cdot 10^{-2}$ |
| Edelgassen (^{41}Ar) | $6 \cdot 10^4$ | 0,4 | - | 0,4 |

Uit de berekening blijkt dat de hoogste bijdrage wordt geleverd indien de vergunningslimiet wordt geloosd als lozing van het edelgas ^{41}Ar . Normaal wordt een mix van de verschillende nucliden geloosd zodat de bijdrage lager is.

3.3 RADIOLOGISCHE WATERKWALITEIT

Met uitzondering van de Noordzee, kan oppervlaktewater uitsluitend door de HFR worden besmet door depositie van radionucliden vanuit de lucht. Vanwege de geringe lozing naar lucht van aerosolgebonden activiteit en de korte halveringstijd van de in dit opzicht belangrijkste radionuclide ^{131}I , is de depositie en concentratie in oppervlaktewater verwaarloosbaar. De concentratie zal, zelfs in het geval van stilstaand water met een geringe diepte, niet hoger zijn dan ongeveer 1 mBq/m^3 .

Het mogelijk radioactieve afvalwater van de HFR wordt, evenals al het andere mogelijk radioactief afvalwater van de Onderzoekslocatie Petten (OLP), via de waterbehandeling van de Decontamination and Waste Treatment (DWT) in de Noordzee geloosd. In de waterbehandeling wordt het afvalwater grotendeels ontdaan van radioactieve stoffen en andere verontreinigingen, waarna het via een pijpleiding in de Noordzee wordt geloosd op 4,4 km uit de kust. Blootstelling kan plaatsvinden via de consumptie van zeevis, mosselen en garnalen.

In tabel 3.3 staan de lozingen van de belangrijkste radioactieve stoffen naar de Noordzee in 2000-2002 weergegeven. Omdat alle lozingen via de DWT gaan, betreft het radioactieve stoffen van alle gebruikers van de OLP. Ongeveer driekwart van de activiteit hiervan is afkomstig van de HFR, behalve voor jodium-131: dit is grotendeels niet afkomstig van de HFR.

Deze lozingen bedragen circa 25% van de vergunningslimiet voor lozingen naar water door DWT van $2000 \text{ Re}_{\text{ing}}/\text{jaar}$ ($1 \text{ Re}_{\text{ing}}$ is de hoeveelheid radioactiviteit die bij complete ingestie een dosis van 1 Sv geeft).

Tabel 3.3 Lozingen naar de Noordzee van de gehele OLP in 2000-2002 met tussen haakjes de percentages t.o.v. de vergunningslimiet (uit MER tabel 4.5.2)

| Radionuclide | Lozing 2000 (MBq) | Lozing 2001 (MBq) | Lozing 2002 (MBq) |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ^3H | 283.200 (0,3%) | 232.000 (0,3%) | 205.300 (0,2%) |
| ^{131}I | 6.300 (7%) | 2.890 (3%) | 2.068 (2%) |
| ^{134}Cs | 5.250 (5%) | 7.120 (7%) | 7.951 (8%) |
| ^{137}Cs | 11.600 (8%) | 20.100 (13%) | 14.641 (10%) |
| $\beta^{1)}$ | 78.200 (3%) | 91.350 (4%) | 80.792 (3%) |

1) Totale β -activiteit met uitzondering van tritium (^3H)

Door het ECN zijn in 1990 dosisberekeningen uitgevoerd voor een eenheidslozing. Als gevolg van gewijzigde inzichten en beleidsstandpunten met betrekking tot te hanteren dosiscoëfficiënten, concentratiefactoren in aquatische organismen en consumptie van zeevoedsel, zijn de dosisfactoren aangepast. Op basis van de gegevens uit de ECN-studie en de aangepaste dosisfactoren is de lozing van de vergunningslimiet omgerekend naar bijdragen tot de individuele dosis (zie tabel 3.4). De verdeling over de nucliden is gemaakt op basis van de verdeling van de werkelijke lozingen. Van de totale dosis is normaal 90-95% het gevolg van radioactieve stoffen van de HFR.

Tabel 3.4 Dosisbijdragen ten gevolge van lozing van de totale vergunningslimiet naar de Noordzee (uit MER tabel 5.5.4)

| Radionuclide | Lozing (Re_{ing}) | Lozing (MBq) | Dosisfactor ($\mu\text{Sv}/\text{MBq}$) | Dosis ($\mu\text{Sv}/\text{jr}$) |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------|---|---------------------------------------|
| ^3H | 20 | $1,1 \cdot 10^6$ | $2,7 \cdot 10^{-13}$ | $3,0 \cdot 10^{-7}$ |
| ^{131}I | 400 | $1,8 \cdot 10^4$ | $1,6 \cdot 10^{-9}$ | $2,9 \cdot 10^{-5}$ |
| ^{134}Cs | 600 | $3,2 \cdot 10^4$ | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | $3,8 \cdot 10^{-4}$ |
| ^{137}Cs | 940 | $7,2 \cdot 10^4$ | $8,4 \cdot 10^{-9}$ | $6,1 \cdot 10^{-4}$ |
| Overig β/γ | 40 | $2,3 \cdot 10^4$ | $1,3 \cdot 10^{-8}$ | $3,0 \cdot 10^{-4}$ |
| Totaal | 2.000 | | | $1,3 \cdot 10^{-3}$ |

Uit de berekening blijkt dat de hoogste dosisbijdragen worden geleverd door de lozingen van de cesiumisotopen. De relatief hoge lozing van deze isotopen is grotendeels het gevolg van de aanwezigheid in onopgeloste vorm hiervan in het Hot Drain systeem van de HFR als gevolg van een falend bestralingsexperiment in het verleden. Bij elke overdracht aan DWT wordt een deel alsnog opgelost en geloosd.

3.4 RADIOLOGISCHE BODEMKWALITEIT

Radiologische belasting van de bodem vanwege de HFR treedt op door depositie van naar de lucht geloosde radioactieve stoffen. Dit betreft natte depositie (uitregenen) en droge depositie (uitzakken door zwaartekracht of invangen door vegetatie). Blootstelling kan plaatsvinden via verschillende wegen: rechtstreekse uitwendige straling van radioactieve stoffen op de bodem, inademing van stoffen die via resuspensie (opwaaien) weer in de lucht zijn gekomen en consumptie van besmette gewassen en producten (zoals vlees, melk, eieren) die via de voedselketen besmet zijn geraakt.

Door het ECN zijn in 1990 verspreidings- en dosisberekeningen uitgevoerd voor een eenheidslozing. Als gevolg van gewijzigde inzichten en beleidsstandpunten ten aanzien van berekeningswijzen zijn de dosisfactoren aangepast. Op basis van de gegevens uit de ECN-studie en de aangepaste dosisfactoren is de lozing naar de lucht van de vergunningslimiet omgerekend naar bijdragen tot de individuele dosis (zie tabel 3.5).

Tabel 3.5 Dosisbijdragen ten gevolge van lozing van de totale vergunningslimiet naar de lucht per radionuclide (uit MER tabel 5.5.6)

| Radionuclide | Uitwendige bestraling ($\mu\text{Sv}/\text{jaar}$) | Inwendige bestraling (ingestie) ($\mu\text{Sv}/\text{jaar}$) | Totaal (uitwendig + inwendig) ($\mu\text{Sv}/\text{jaar}$) |
|---|--|--|--|
| β/γ -activiteit (^{131}I) | $1,8 \cdot 10^{-2}$ | $1,4 \cdot 10^{-1}$ | $1,6 \cdot 10^{-1}$ |
| HTO (^3H) | - | $4,0 \cdot 10^{-3}$ | $4,0 \cdot 10^{-3}$ |

Uit de berekening blijkt dat de hoogste dosisbijdrage wordt geleverd indien de vergunningslimiet wordt geloosd door jodium (^{131}I). Normaal wordt een mix van de verschillende nucliden geloosd zodat de bijdrage lager is.

3.5 DIRECTE STRALING

De directe straling vanuit de HFR, als gevolg van de in de installatie aanwezige radioactieve stoffen, levert een bijdrage aan de dosis voor de omgeving die maximaal is aan de terreingrens. Ter bewaking van de dosis zijn langs het gehele terrein van de OLP dosimeters geplaatst. Aangezien meerdere bedrijven op de OLP met radioactieve stoffen werken, zijn de geregistreerde doses een optelling van meerdere bijdragen.

In 2002 bedroeg de maximaal bepaalde jaardosis aan de terreingrens $10 \mu\text{Sv}$. Ter hoogte van de HFR was deze $4 \mu\text{Sv}$. De waarden zijn gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie en voor de theoretische mogelijke verblijftijd (langs het terrein is de meest beperkende bestemming die van dagrecreatiegebied, waarvoor een correctiefactor van 0,03 geldt).

3.6 RADIOACTIEF AFVAL

Binnen de HFR wordt vast radioactief afval geproduceerd, dat kan worden onderscheiden in hoog-, middel- en laag-radioactief afval. Het afval wordt op gezette tijden afgevoerd naar de COVRA.

Het hoog-radioactief afval betreft voornamelijk de opgebruikte splijtstofelementen en regelstaven. Per jaar worden maximaal 70 splijtstofelementen en 12 regelstaven uit de kern verwijderd. De gebruikte elementen worden eerst gedurende een afkoelperiode opgeslagen in een opslagbassin. De afgekoelde elementen worden vervolgens afgevoerd.

In tabel 3.6 staat de gemiddelde productie van hoog-radioactief afval per jaar.

Tabel 3.6 Gemiddelde productie van hoog-radioactief afval per jaar (uit MER tabel 5.6.1)

| | Splijtstofelement | Regelstaaf | Totaal |
|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| Aantal | ≤ 70 per jaar | ≤ 12 per jaar | ≤ 82 per jaar |
| Activiteit: | | | |
| - splijtingsproducten | 170 TBq/element | 120 TBq/staaf | ≤ 13.000 TBq/jaar |
| - actiniden | 2 TBq/element | 1 TBq/staaf | ≤ 150 TBq/jaar |

Het middel-radioactief afval bestaat voornamelijk uit ^{60}Co geactiveerde metalen componenten, dat ten tijde van de MER nog in de bassins van de HFR lag opgeslagen.

Laag-radioactief afval betreft papier, plastic, textiel, glaswerk, gebruikte luchtfilters en metaalafval.

Het middel- en laag-radioactief afval wordt bij de DWT verwerkt en gereedgemaakt voor afvoer naar de COVRA.

3.7 CONVENTIONELE MILIEUASPECTEN

De conventionele (niet-radiologische) milieugevolgen van de HFR zijn relatief beperkt. Ze betreffen met name conventionele lozingen naar oppervlaktewater en geluid.

CONVENTIONELE LOZING NAAR OPPERVLAKTEWATER

De HFR loost, naast licht radioactief afvalwater (zie paragraaf 3.3), koelwater naar de Noordzee. Het gaat hierbij om een lozing van maximaal 2.500 m³/uur met een maximale lozingstemperatuur van 34°C, conform de Wvo-vergunning. In het koelsysteem wordt voor aangroeibestrijding een hoeveelheid actief chloor van 0,2-0,4 mg/l chloor gedoseerd.

De temperatuursverhoging is aan het wateroppervlak in een zone tot hooguit 200 meter van het lozingspunt merkbaar en de lozing heeft zo goed als geen effect op het Noordzeemilieu.

Vanuit de OLP wordt huishoudelijk en niet radioactief belast laboratoriumafvalwater geloosd op het gemeentelijk riool. Via de rioolwaterzuiveringsinstallatie van het Hoogheemraadschap wordt dit geloosd op het Noord-Hollands kanaal. Deze lozingen veranderen niet als gevolg van de voorgenomen activiteiten en worden daarom niet verder beschouwd.

GELUID

De geluidsbelasting als gevolg van ventilatie, koeling en pompen beperkt zich tot de directe nabijheid van het HFR terrein. In het kader van de vergunningprocedure is een geluidsonderzoek uitgevoerd waaruit onder andere de volgende conclusies zijn getrokken. De etmaalwaarde ter plaatse van de meest nabij gelegen geluidsgevoelige bestemmingen bedraagt 26 à 31 dB(A) en is daarmee tenminste 14 dB(A) lager dan de richtwaarde voor een “rustige woonwijk met weinig verkeer”, zijnde 45 dB(A). De berekende waarden voor de piekniveaus (L_{Amax}) ter plaatse van geluidsgevoelige bestemmingen zijn ruimschoots lager dan de in de “Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening” genoemde maximaal te vergunnen waarden, te weten 70 dB(A) in de dagperiode, 65 dB(A) in de avondperiode en 60 dB(A) in de nachtperiode. De geluidsbelasting vanwege het verkeer van en naar de HFR ter plaatse van de geluidsgevoelige bestemmingen zijn zeker lager dan 50 dB(A) etmaalwaarde, zijnde de voorkeursgrenswaarde uit de circulaire “Beoordeling geluidhinder wegverkeer i.v.m. vergunningverlening Wm”.

4 MILIEUGEVOLGEN

4.1 ALGEMEEN

Het MER [NRG 2003a] doet voorspellingen over de optredende milieugevolgen door de uit te voeren activiteiten. In dit hoofdstuk worden de daadwerkelijke effecten voor de verschillende milieuaspecten nader beschouwd.

In de vergunning voor de HFR (Kew-vergunning NRG d.d 7 januari 2005, kenmerk SAS/2004166322, [Ministerie van VROM 2005]) staat een aantal voorschriften met betrekking tot het bepalen en bewaken van de milieubelasting.

Voorschrift E1 van de vergunning bepaalt dat de lozing van radioactieve stoffen in de lucht voortdurend dient te worden bewaakt en dat over deze lozingen aan de directeur KFD dient te worden gerapporteerd.

Voorschrift F9 bepaalt dat de stralingsdeskundige ieder jaar over het voorafgaande jaar in een jaarverslag dient te rapporteren. Het jaarverslag bevat in ieder geval onder andere een inschatting van de totale stralingsbelasting voor het milieu ten gevolge van alle stralingsbronnen in de inrichting. Het jaarverslag moet ieder jaar worden toegezonden aan de directeur KFD.

Voorschrift G8 bepaalt dat ieder jaar een milieujaarverslag over het voorgaande jaar moet worden opgesteld en dat dit tegelijkertijd met de onder F9 bedoelde rapportage moet worden toegezonden aan de KFD. Het milieujaarverslag betreft de niet op straling betrekking hebbende milieuaspecten.

In de Kew-vergunning van de NRG (Kew-vergunning NRG d.d. 2 augustus 2001, kenmerk DGM/SAS/2001049111, [Ministerie van VROM 2001]) voor onder andere het lozen van radioactieve stoffen in de Noordzee staat het volgende voorschrift met betrekking tot het bepalen en bewaken van deze lozingen.

Voorschrift I5 bepaalt dat voorafgaand aan elke lozing van vloeibaar radioactief afval in de Noordzee van het afvalwater een representatief monster dient te worden genomen en te lozen activiteit dient te worden bepaald. Voorschrift I6 bepaalt dat de lozingen dienen te worden geregistreerd in het beheersysteem zoals omschreven in voorschrift L1 (te weten een overzichtelijk beheersysteem met betrekking tot stralingshygiëne, dat tenminste vijf jaren moet worden bewaard).

Conform de genoemde voorschriften uit de vergunningen heeft de NRG de verschillende metingen verricht of laten verrichten en hierover gerapporteerd. De volgende registraties en rapportages zijn in dit verband relevant:

- NRG-jaarverslagen Milieu en veiligheid
- Registratie van via de schoorsteen geloosde hoeveelheid activiteit
- Registratie van via de zeeleiding geloosde hoeveelheid activiteit
- Registratie van effectieve dosis op 58 punten van het bedrijfsterrein Petten

Daarnaast zijn de volgende rapportages van belang voor de evaluatie van de MER:

- HFR Kernontwerprapporten
- Rapportages lozingsgegevens secundair koelwater
- Notitie NRG 2009 met gegevens ten behoeve van de MER-evaluatie
- Storingsrapportages van de VROM-Inspectie

LOZINGEN 2005-2008

In tabel 4.2 staan de lozingen van de belangrijkste radioactieve stoffen naar de Noordzee in de evaluatieperiode weergegeven: 2005 tot en met 2008. Onderaan staan de percentages van de vergunningslimiet voor lozingen naar water door DWT van 2000 $Re_{ing}/jaar$ (1 Re_{ing} is de hoeveelheid radioactiviteit die bij complete ingestie een dosis van 1 Sv geeft).

Tabel 4.2 Lozingen naar de Noordzee van de gehele OLP in 2005-2008 (bron: NRG Registers 2005-2008)

| Radionuclide | Lozing 2005 (MBq) | Lozing 2006 (MBq) | Lozing 2007 (MBq) | Lozing 2008 (MBq) |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3H | $261 * 10^3$ | $337 * 10^3$ | $267 * 10^3$ | $200 * 10^3$ |
| ^{131}I | 347 | 491 | 458 | 233 |
| ^{134}Cs | 1.390 | 456 | 552 | 101 |
| ^{137}Cs | 3.100 | 1.310 | 1.417 | 634 |
| $\beta^{1)}$ | $75,6 * 10^3$ | $54,8 * 10^3$ | $98,1 * 10^3$ | $60,4 * 10^3$ |
| Totaal van vergunningslimiet | 6,9% | 4,2% | 6,0% | 3,7% |

1) Totale β -activiteit met uitzondering van tritium (3H)

De lozingen laten ten opzichte van de lozingsgegevens van 2000, 2001 en 2002 een aanzienlijke daling in geloosde activiteit veroorzaken door jodium zien. Het overgrote deel van deze activiteit wordt echter niet geloosd door de HFR, maar heeft een andere herkomst binnen de OLP.

De lozingen van de activiteit afkomstig van de beide cesiumisotopen zijn met een factor 10 verminderd. Zoals in het MER is aangegeven is de lozing van deze Cs activiteit het gevolg van de aanwezigheid van deze isotopen in onopgeloste vorm in het Hot Drain Systeem van de HFR, als gevolg van een falend bestralingsexperiment in het verleden. De daling zal dus niet zijn veroorzaakt door de overgang van HEU naar LEU.

De hoeveelheden aan activiteit en de percentages van de vergunningslimiet veroorzaakt door zowel tritium als de totale β -activiteit (met uitzondering van tritium) zijn bij vergelijking van de beschouwde perioden van voor en na de overgang van HEU naar LEU vergelijkbaar.

Uit de resultaten blijkt dat de gemiddelde lozing naar de Noordzee van tritium en andere activeringsproducten nauwelijks is veranderd, zoals voorspeld in het MER. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 4 tot 7 % van de vergunninglimiet. Daarmee komen de dosisbijdragen ten gevolge van de lozingen naar de Noordzee overeen met de in het MER berekende jaarlijkse lozing van de vergunninglimiet.

De voorgenomen activiteit heeft, zoals verwacht in het MER, geen invloed op de grootte en samenstelling van de lozing naar de Noordzee.

4.4 RADIOLOGISCHE BODEMKWALITEIT

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat de lozingen naar lucht van radioactieve stoffen nauwelijks zullen veranderen en zeker onder de huidige vergunningslimiet zullen blijven (zie paragraaf 4.2). Daardoor zal ook de maximale dosisbijdrage ten gevolge van depositie van radioactieve stoffen in de omgeving gelijk blijven.

LOZINGEN 2005-2008

De lozingen naar de lucht van radioactieve stoffen (zie paragraaf 4.2) zijn zoals voorspeld in het MER, niet gestegen. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 12 tot 16% van de vergunninglimiet. Daarmee liggen de dosisbijdragen ten gevolge van depositie van radioactieve

stoffen ruim onder de in het MER berekende maximale bijdragen bij lozing van de vergunninglimiet.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging van de stralingsbelasting van leden van de bevolking ten gevolge van depositie van door de HFR geloosde radioactieve stoffen.

4.5 DIRECTE STRALING

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat de voorgenomen activiteit niet of nauwelijks van invloed zal zijn op de externe stralingsdosis aan de terreingrens.

STRALINGSNIVEAUS 2005-2008

Uit de registratie van de effectieve dosis op 58 punten van het bedrijfsterrein Petten [NRG Registers 2005-2008] en de rapportage hiervan in de NRG-jaarverslagen “Veiligheid en Milieu” [NRG 2006,2007,2008] blijkt dat in de jaren 2005-2007 de effectieve stralingsdosis aan de terreingrens ter hoogte van de HFR 4 μ Sv per jaar bedroeg. In 2008 bedroeg de effectieve dosis 2 μ Sv.

Uit deze gegevens blijkt dat de stralingsdosis, zoals voorspeld in het MER, niet is gestegen. De voorgenomen activiteit heeft geen invloed gehad op de externe stralingsdosis aan de terreingrens.

4.6 RADIOACTIEF AFVAL

VOORSPELLING MER

Met betrekking tot het laag- en middel-radioactief afval is in het MER aangegeven dat de voorgenomen activiteit hier geen invloed op heeft.

In het MER wordt aangegeven dat bij de overgang van HEU naar LEU de kerninventaris na volledige opbrand verandert en daarmee ook de hoeveelheid hoog radioactief afval.

Door de conversie kan de activiteit van de reactorkern met circa 18% stijgen. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door een hoger percentage actiniden (met name neptunium, plutonium, americium en curium) en anderzijds door de verhoogde splijtstofmassa per element in de LEU-splijtstof. Het hogere percentage actiniden wordt veroorzaakt door het sterk verhoogde percentage uranium-238 in LEU (80%) ten opzichte van HEU (7%). De actiniden ontstaan door neutronenabsorptie in dit uranium. De genoemde verschillen leiden tot een hogere activiteit van de elementen na opbrand.

In tabel 4.3 staat de gemiddelde productie van hoog-radioactief afval in de nieuwe situatie.

Tabel 4.3 Gemiddelde productie van hoog-radioactief afval per jaar (uit MER tabel 5.6.2)

| | Splijtstofelement | Regelstaaf | Totaal |
|-----------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| Aantal | ≤ 70 per jaar | ≤ 12 per jaar | ≤ 82 per jaar |
| Activiteit: | | | |
| - splijtingsproducten | 170 TBq/element | 160 TBq/staaf | ≤ 14.000 TBq/jaar |
| - actiniden | 19 TBq/element | 19 TBq/staaf | ≤ 1.600 TBq/jaar |

PRODUCTIE LAAG- EN MIDDEL/RADIOACTIEF AFVAL

Hieronder is een overzicht gegeven van de aantallen naar de COVRA afgevoerde vaten radioactief afval voor de jaren 2001-2008. De bulk (meer dan 95%) betreft 110 liter vaten.

Tabel 4.4 Aantal naar COVRA afgevoerde vaten radioactief afval voor 2001-2008 (bron: NRG 2009a)

| Jaar | Aantal vaten radioactief afval | |
|------|--------------------------------|---------|
| | van NRG totaal | van HFR |
| 2001 | 456 | 245 |
| 2002 | 388 | 284 |
| 2003 | 332 | 286 |
| 2004 | 381 | 280 |
| 2005 | 458 | 386 |
| 2006 | 428 | 401 |
| 2007 | 460 | 405 |
| 2008 | 595 | 332 |

Uit het overzicht is geen trend met betrekking tot de voorgenomen activiteit (HEU-LEU conversie) te halen. De conversie is geen significante bron van extra laag- en middel-radioactief afval. Bepalend voor schommelingen in de hoeveelheden zijn met name de diverse sanerings- en opruimacties.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval.

PRODUCTIE HOOG-RADIOACTIEF AFVAL 2005-2008

Hieronder is een overzicht gegeven van de productie van hoog-radioactief afval voor de jaren 2005-2008. Daarbij zijn de aantallen ontladen splijtstofelementen en regelstaven en de bijbehorende activiteit gegeven. Deze activiteit is berekend op basis van de activiteit per element (zie tabel 4.3).

Tabel 4.5 Productie hoog-radioactief afval in 2005-2008 (bron: NRG 2010)

| Jaar | Aantal | | Activiteit | | |
|------|---------------------|-------------|---------------------|-----------|--------|
| | splijtstofelementen | regelstaven | Splijtingsproducten | actiniden | Totaal |
| 2000 | 50 | 12 | 9940 | 112 | 10052 |
| 2001 | 55 | 12 | 10790 | 122 | 10912 |
| 2002 | 49 | 10 | 9530 | 108 | 9638 |
| 2003 | 60 | 12 | 11640 | 132 | 11772 |
| 2004 | 53 | 11 | 10330 | 117 | 10447 |
| 2005 | 56 | 12 | 11080 | 382 | 11462 |
| 2006 | 49 | 10 | 9810 | 795 | 10605 |
| 2007 | 45 | 9 | 9090 | 1026 | 10116 |
| 2008 | 30 | 6 | 6060 | 684 | 6744 |

Uit het overzicht blijkt dat de aantallen elementen en staven niet zijn gestegen en onder de in het MER voorspelde waarden (zie tabel 4.3) blijven. Zoals ook aangegeven in het MER is de activiteit van het hoog-radioactief afval wel veranderd met de overgang van HEU naar LEU. Dit is vooral te zien in een stijging van de activiteit door actiniden. De activiteiten blijven onder de in het MER voorspelde waarden (zie tabel 4.3).

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de aantallen splijtstofelementen en regelstaven, maar wel op de activiteit van het hoog-radioactief waarbij deze onder de in het MER voorspelde waarden blijft.

4.7 CONVENTIONELE LOZINGEN NAAR OPPERVLAKTEWATER

VOORSPELLING MER

In het MER is aangegeven dat de voorgenomen activiteit geen wijziging brengt in de conventionele lozingen naar het oppervlaktewater. Met betrekking tot de HFR gaat het hierbij met name om het naar de Noordzee geloosde koelwater.

LOZINGEN KOELWATER NAAR DE NOORDZEE 2005-2008

Uit de rapportages van de koelwaterlozingen over 2005-2008 blijkt dat het debiet, de temperatuur en de concentratie vrij chloor over het algemeen waarden hebben zoals aangegeven in het MER, te weten respectievelijk maximaal 2.500 m³/uur, maximaal 34 °C en 0,2-0,4 mg/l chloor.

In warmere periodes zijn echter hogere debieten (tot 3.300 m³/uur) en hogere temperaturen (tot iets boven de 40 °C) geloosd. Ook de concentraties vrij chloor kunnen vooral in warmere periodes hoger zijn dan de aangegeven waarden, tot 0,5 mg/l. In maart 2008 is gedurende twee dagen door een storing in het nieuw geïnstalleerde chloorbleekloogdoseringssysteem te veel chloor in de secundaire koelwaterleiding gekomen. Dit heeft geleid tot concentraties vrij chloor van 0,75 mg/l en 2,2 mg/l [VROM-Inspectie 2009].

Op een enkele uitzondering na zijn de waarden voor de parameters binnen de in de Wvo-beschikking vergunde hoeveelheden gebleven: debiet maximaal 3125 m³/uur, temperatuur maximaal 40 °C en concentraties vrij chloor maximaal 0,5 mg/l.

De hogere waarden hebben geen relatie met de conversie van HEU naar LEU. Ze zijn (uitgezonderd het hierboven aangegeven incident) veroorzaakt door het ook in warme perioden bedrijven van de reactor op een bepaald vermogen, hetgeen mogelijk wordt gemaakt door de verruiming van de Wvo-vergunning sinds 2004 (verhoging maximum debiet) en 2005 (verhoging maximum temperatuur).

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging in de lozingen van koelwater in de Noordzee.

4.8 GELUID

VOORSPELLING MER

In het MER wordt aangegeven dat de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

GELUID 2005 -2008

Er zijn geen geluidmetingen gedaan in de periode 2005-2008. Er zijn echter geen redenen om aan te nemen dat de uitgevoerde conversie van HEU naar LEU of de uitgevoerde veiligheidsmaatregelen invloed hebben gehad op de geluidsbelasting. Uit de jaarverslagen van NRG met betrekking tot veiligheid en milieu blijken geen klachten over geluid.

Geconcludeerd kan worden dat zoals verwacht in het MER de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

5 VEILIGHEID EN ALARA-BEGINSEL

5.1 ALGEMEEN

Het ALARA-beginsel (As Low As Reasonably Achievable) is één van de uitgangspunten van de stralingsbescherming. In dit kader wordt gestreefd naar zo laag als redelijkerwijs mogelijke emissies en blootstelling. Met betrekking tot de veiligheid betekent dit het nemen van alle redelijkerwijs uitvoerbare maatregelen om ongevallen te voorkomen en de gevolgen te beperken.

De veiligheid van kernreactoren wordt langs twee lijnen benaderd: de ontwerpongevallen en de buiten-ontwerpongevallen.

Ontwerpongevallen zijn ongevallen waarop de installatie ontworpen is. Daarbij moet worden aangetoond dat voor alle relevante begingebourtenissen de gevolgen worden beheerst en dat de mogelijke radiologische gevolgen binnen daarvoor geldende normen (dosiscriteria) blijven.

Buiten-ontwerpongevallen zijn ongevallen die de installatie niet aantoonbaar kan beheersen, maar waarvan de kans zeer gering is. Voor de kansen en gevolgen moeten risicoanalyses worden uitgevoerd. De risico's moeten voldoen aan de hiervoor geldende normen voor het individueel en het groepsrisico.

In het MER [NRG 2003a] zijn de resultaten van de ongevalsanalyses voor de bestaande en de boogde situatie weergegeven. Deze worden in paragraaf 5.2 en 5.3 behandeld.

De gevolgen van de uitvoering van de voorgenomen activiteiten, met name de conversie van HEU naar LEU en de veiligheidsverhogende maatregelen, worden in paragraaf 5.4 en 5.5 nader beschouwd.

5.2 ONTWERPONGEVALLLEN

Aan het ontwerp van de installatie ligt de eis ten grondslag, dat de veiligheid voor de omgeving onder alle redelijkerwijs denkbare omstandigheden gewaarborgd moet zijn. Daartoe is met behulp van ongevalanalyses aangetoond dat voor alle relevante begingebourtenissen (zoals het breken van een leiding) de gevolgen worden beheerst. Dat wil zeggen dat de essentiële veiligheidsdoelen: afschakelen van de reactor, afvoeren van de vervalwarmte en insluiten van de radioactieve stoffen, zijn gewaarborgd.

De ongevalsanalyses worden onderscheiden in thermohydraulische analyses (gedrag van de installatie) en radiologische analyses (gevolgen voor de omgeving). In het Veiligheidsrapport HFR [NRG, 2003b] zijn de analyses uitgebreid beschreven. In het MER zijn de resultaten van de ongevalsanalyses weergegeven.

Bij een thermohydraulische analyse worden temperaturen en drukken binnen de reactorinstallatie in een computermodel vertaald, waarna wordt berekend hoe de respons van de installatie op de begingebourtenis zal zijn. In het MER is aangegeven dat de analyses voor de bestaande en de beoogde situatie aantonen dat na alle representatieve begingebourtenissen de installatie in een veilige toestand kan worden gebracht en gehouden. De analyses voor de bestaande situatie zijn uitgevoerd in 1994. De begingebourtenissen zijn iets afwijkend ingedeeld, maar komen in grote lijnen overeen met die in de beoogde situatie.

In het algemeen leiden ontwerpongevallen niet tot lozingen van radioactiviteit naar de omgeving, omdat het ontwerp is gericht op het beheersen van deze ongevallen en dus op het insluiten van de radioactiviteit. In bepaalde gevallen kan de lozing toch uitgaan boven de emissies bij normale bedrijfsvoering. In een radiologische analyse worden met behulp van verspreidings- en dosisberekeningen de gevolgen voor de omgeving berekend. De gevolgen worden uitgedrukt in de effectieve dosis, een maat voor het effect van de totale hoeveelheid straling die het menselijk

lichaam ontvangt. Hiervoor gelden, afhankelijk van de kans van optreden van een ontwerpongeval, dosiscriteria ter beperking van de kans op sterfte ten gevolg van lange-termijn effecten. Ter vermindering van korte-termijn effecten is een aanvullend criterium vastgesteld voor de schildklierdosis.

In het MER zijn de resultaten weergegeven van de radiologische analyses van representatieve begingebourtenissen die een radioactieve lozing tot gevolg kunnen hebben. Voor de bestaande en de beoogde situatie is aangetoond dat de gevolgen onder de daarvoor geldende grenzen blijven (zie tabel 5.1).

Bij de toetsing zijn twee centrale elementen van het risicobeleid gehanteerd, namelijk bescherming van de meest kwetsbare groep (ten aanzien van stralingsrisico's zijn dit kinderen) en het multifunctionaliteitsprincipe. Dit laatste betekent dat het gebied grenzend aan het terrein ten alle tijde voor elke functie beschikbaar moet blijven. Bij de toetsing is dus uitgegaan van het hypothetische geval dat het gebied grenzend aan het terrein een woonbestemming heeft, waar zich ten tijde van het ongeval de referentiegroep kinderen bevindt, die vervolgens ter plaatse gedurende het gehele leven (70 jaar) worden blootgesteld aan de gevolgen van het ongeval.

Tabel 5.1 Toetsing berekende dosis voor representatieve begingebourtenissen aan dosiscriteria voor kinderen (uit MER tabel 5.4.5)

| Bergingebourtenis | Berekende dosis (mSv) | | Dosiscriteria voor kinderen (mSv) | | Geburtenis frequentie F (per jaar) |
|---|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| | Eff. dosis | schildklier-dosis | Eff. dosis | schildklier-dosis | |
| Bestaande installatie: | | | | | |
| - Volledige blokkering van één splijtstofelement in de kern | 0,01 | - | 0,04 | 500 | $F \geq 10^{-1}$ |
| - Falen van een splijtstofbestralingsfaciliteit in de bassinbestralingsruimte | 0,01 | - | 0,4 | 500 | $10^{-1} \geq F \geq 10^{-2}$ |
| Beoogde installatie: | | | | | |
| - Lekkage van een primaire leiding | 0,06 | 0,06 | 4 | 500 | $10^{-2} \geq F \geq 10^{-4}$ |
| - Beschadiging van het opslagbassin | $4 \cdot 10^{-6}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | 4 | 500 | $10^{-2} \geq F \geq 10^{-4}$ |
| - Falen van experimentele apparatuur | 0,35 | 0,35 | 0,4 | 500 | $10^{-1} \geq F \geq 10^{-2}$ |

5.3 BUITEN-ONTWERPONGEVALLLEN

Naast de beheersing van ontwerpongevallen moeten de gevolgen van buiten-ontwerpongevallen worden beperkt. Daarbij moet worden voldaan aan de in het Nederlandse risicobeleid vastgelegde risicocriteria voor het individueel risico en het groepsrisico.

Met behulp van een risicoanalyse zijn allereerst de begingebourtenissen geïnventariseerd die zouden kunnen leiden tot kernbeschadiging of tot beschadiging van andere grote hoeveelheden radioactiviteit bevattende componenten (zoals experimenten of gebruikte splijtstofelementen in het opslagbassin). Uitgaande van deze begingebourtenissen zijn alle mogelijke ongevalsverlopen bepaald die tot lozing van radioactieve stoffen kunnen leiden. Op basis van de ongevalslozingen zijn de radiologische gevolgen voor mens en milieu bepaald. Voor de mens worden korte-termijn en lange-termijn effecten onderscheiden. Samen met de kans van optreden resulteert dit in een overlidensrisico.

In het MER zijn de resultaten van de risicoanalyse voor de bestaande en de beoogde situatie weergegeven.

De kernbeschadigingsfrequentie is voor de bestaande situatie berekend op $5 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Voor de beoogde situatie is dit verlaagd tot $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar, een verbetering met een factor 40. In tabel 5.2 zijn de bijdragen van de begingebourtenissen aan de kernbeschadigingsfrequentie weergegeven. De verbetering komt vooral door de kleinere kansen op kernschade bij de breuk in een primaire uitlaatleiding en bij de val van een container. De gevolgen van deze begingebourtenissen zijn minder ernstig door de veiligheidsmaatregelen (zie paragraaf 2.5).

Tabel 5.2 Relatieve bijdragen van de interne gebeurtenissen aan de kernbeschadigingsfrequentie (uit MER tabel 5.4.6)

| Bergingebourtenis | Bijdrage aan de kernbeschadigingsfrequentie | | Verbeteringsfactor |
|---|---|-------------------------------------|--------------------|
| | Bestaande installatie | Beoogde installatie | |
| Totale kernbeschadigingsfrequentie (per jaar) t.g.v. interne begingebourtenissen | $5 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | 40 |
| Verlies van externe voeding: | | | |
| - Verlies van externe voeding | 12% | 20% | 24 |
| Onbedoelde toename van reactiviteit: | | | |
| - Opstartongeval | 0,4% | 16% | 1 |
| - Foutief bewegen van regelstaven | 0,1% | 4% | 1 |
| - Niet-symmetrische regelstaafposities | <0,01% | <0,01% | - |
| Verlies van debiet in het primaire systeem: | | | |
| - Falen van primaire pompen | 1% | 1% | 40 |
| - Blokkering van een splijfstofkanaal | <0,01% | 0,1% | 4 |
| - Blokkering van het primaire systeem | 5% | 4% | 50 |
| - Verlies van uiteindelijke warmteafvoer | 0,4% | 1% | 16 |
| Lekkage van koelmiddel: | | | |
| - Lekkage van een primaire leiding binnen het reactorbassin | 5% | 1% | 200 |
| - Lekkage van een primaire inlaatleiding | 2% | 24% | 3 |
| - Lekkage van een primaire uitlaatleiding | 2% | 24% | 3 |
| - Breuk van een primaire inlaatleiding | 37% | 3% | 490 |
| - Breuk van een primaire uitlaatleiding | 0,2% | 3% | 3 |
| Foutieve handelingen of falen van apparatuur of componenten: | | | |
| - Falen van experimenten | 0% | 0% | - |
| Speciale interne gebeurtenissen: | | | |
| - Val van een container | 36% | 0,1% | 14.000 |
| - Verlies van hulpsystemen (gelijkspanningsvoeding) | 0,06% | 0,2% | 12 |

Uitgaande van de begingebourtenissen zijn de mogelijke verlopen van de elkaar opvolgende gebeurtenissen geanalyseerd. De verschillende ongevalsscenario's zijn geanalyseerd met betrekking tot het thermohydraulisch gedrag van systemen en gebouwen. Daarbij zijn de belangrijkste variabelen: de toestand van de kern en van het primaire koelsysteem en de mogelijke routes van de vrijkomende radioactieve stoffen. Hieruit volgt het tijdsverloop van de gebeurtenissen en de hoeveelheden, eigenschappen en nucliden van de vrijkomende radioactieve stoffen. Deze gegevens zijn input voor de berekening van de individuele risico's en de groepsrisico's.

Uit de berekeningen blijkt dat voor de bestaande situatie de mogelijke acute effecten zodanig gering zijn dat er geen sprake is van enig groepsrisico. In de beoogde situatie dalen de eventuele acute effecten nog verder dankzij de veiligheidsmaatregelen, zodat hierin zeker geen sprake is van enig groepsrisico.

Voor het individueel risico blijkt dat dit lager is naarmate de afstand tot het lozingspunt toeneemt. Het maximale individuele risico treedt op aan de terreingrens van de OLP op 150 meter afstand van de HFR en is in de bestaande situatie $3 \cdot 10^{-7}$ per jaar en in de beoogde situatie $2 \cdot 10^{-8}$ per jaar; in beide situaties dus ruim beneden het maximaal toelaatbare niveau van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

5.4 GEVOLGEN CONVERSIE

De conversie van HEU naar LEU heeft gevolgen voor de nucleaire en thermohydraulische karakteristieken van de kern. Het voldoen van het kernontwerp aan bepaalde eisen is van belang voor het kunnen beheersen van de gevolgen in het geval van bepaalde begingebourtenissen.

Bij de veiligheidsanalyses in het veiligheidsrapport (VR) is uitgegaan van een LEU-kern. Met het voor iedere nieuwe cyclus aantonen dat de overgangskern aan de veiligheidseisen voldoet, wordt aangetoond dat in alle situaties wordt voldaan aan de veiligheidsanalyses uit het VR.

Daarnaast is de conversie van invloed op de totale activiteit in de reactorkern. In de radiologische analyses hebben de kerninventarissen van de evenwichtskernen voor de HEU- en de LEU-situatie als basis gediend.

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat als gevolg van de conversie de nucleaire karakteristieken als volgt zullen wijzigen. Vergeleken bij de HEU-kern zal in de LEU-kern de overreactiviteit (mate waarin de reactiviteit boven het niveau ligt om kritisch te worden) iets toenemen, het effect van de regelstaven iets minder zijn en de afschakelmarge (verschil tussen de afschakelcapaciteit van de regelstaven en de benodigde afschakelcapaciteit) iets kleiner zijn. Maar aan de bestaande veiligheidsrelevante voorwaarden zal zijn voldaan, met name:

- De maximum overreactiviteit van de kern mag niet groter zijn dan een vastgestelde waarde (15% dk/k).
- De reactor moet subkritisch blijven voor elke kernconfiguratie en gedurende de gehele cyclus, met de meest effectieve regelstaven geheel uitgetrokken en de andere volledig ingedreven.
- De reactor moet subkritisch blijven met alle regelstaven uitgetrokken over een lengte corresponderend met de helft van hun reactiviteitswaarde.

Met betrekking tot de thermohydraulische karakteristieken wordt in het MER de verwachting uitgesproken dat de bestaande limieten niet worden overschrijden. De hydraulische karakteristieken zijn identiek voor het HEU- en het LEU-element. Het temperatuurverschil tussen splijststofplaatoppervlak en het midden van de plaat kan voor het LEU-geval groter zijn dan voor het HEU-geval.

De totale activiteit van de reactorkern zal na de HEU-LEU conversie met circa 18% kunnen stijgen als gevolg van een hoger percentage actiniden en een verhoogde splijststofmassa per element. Door deze verhoogde activiteit zal bij eventuele ongevallen met lozing van radioactiviteit de hoeveelheid radiotoxiciteit in het milieu kunnen toenemen. Deze verhoging zal echter worden gecompenseerd door de veiligheidsverhogende maatregelen (zie paragraaf 5.5).

In het MER is aangegeven dat tijdens de overgangperiode waarin zowel HEU- als LEU-splijststofelementen worden toegepast, de milieugevolgen globaal tussen die van de HEU- en de LEU-kern in liggen en dat aan de voor de bestaande HEU-kern geldende veiligheidsvoorschriften wordt voldaan.

alarmpanelen, maar dat geen automatische reactorafschakeling bij te hoge temperaturen plaatsvindt. Na waarneming van de afwijking is de schakelaar direct op “normaal” gezet en is de bestraling gestopt. Na een test van het temperatuur-bewakingscircuit is de faciliteit weer in bedrijf genomen. [NRG 2007; VROM-Inspectie 2007]

6 oktober 2006: Gescheurde balg (compensator) in primair koelsysteem (INES-niveau 1)

De reactor is 6 oktober 2006 uit bedrijf genomen wegens een lekkage aan een compensator in een leiding van het primaire koelsysteem. De compensator bleek niet juist gemonteerd te zijn mede omdat er onvolkomenheden waren in de productie en montage van de leidingdelen waartussen de compensator was geplaatst. Deze leidingdelen waren geplaatst in augustus 2005 als onderdeel van een nieuw veiligheidssysteem dat het primaire koelsysteem moet beveiligen tegen grote leidingbreuken. Na vervanging van het leidingwerk en de compensator is de reactor op 11 oktober 2006 weer in bedrijf genomen. [VROM-Inspectie 2007]

7 mei 2007: Lekkage balg in drukvereffeningssysteem (INES-niveau 1)

De reactor is handmatig gestopt wegens het ontdekken van een druppellekkage bij de compensator van de drukvereffeningsleiding (op dezelfde plaats als de balg die 6 oktober 2006 faalde). De oorzaak bleek spanningsgerelateerde corrosie te zijn. De balg is vervangen door een meerlaagsbalg en de ophanging en bevestiging van het betreffende leidingdeel zijn verbeterd. Er is een hoeveelheid primair koelwater in de reactorhal terechtgekomen, dat volgens voorschriften is opgeruimd. De storing had geen directe veiligheidsrelevante gevolgen. De reactor is op 22 mei 2007 weer in gebruik genomen. [NRG 2008; VROM-Inspectie 2008]

14 november 2007: Besmetting reactorhal (INES-niveau 0)

Tijdens het zoeken naar een lekkage in de instrumentatiekop van een nieuw experiment wordt door een fout druk afgelaten, waardoor de hallucht licht besmet raakt. De hal is plaatselijk gereinigd en de filters van de continue luchtstofmonitoren zijn vervangen. [NRG 2008; VROM-Inspectie 2008]

22 januari 2008: Vondst technetium-99 bron in kast (INES-niveau 0)

Aan een KFD-inspecteur wordt tijdens een inspectie gemeld dat een tot dusver onbekende radioactieve bron is gevonden in een kast binnen de HFR. De bron is opgeborgen op een daartoe geschikte plaats en toegevoegd aan de bronnen lijst. [VROM-Inspectie 2009]

25 januari 2008: Besmetting van twee medewerkers (INES-niveau 1)

Twee medewerkers hebben een uitwendige besmetting opgelopen bij het verwisselen van twee waterzuiveringsfilters van het primaire (reactor)systeem en het reactorbassin. De filterwisseling is afwijkend van de bedrijfsvoorschriften uitgevoerd. [VROM-Inspectie 2009]

28 juni – 12 juli 2008: Overschrijding van veiligheidstechnische specificaties t.a.v. pH bassin koelwater (INES-niveau 0)

De zuurgraad van het reactorbassin is gedurende een ononderbroken periode onder de 5,5 pH geweest. Dit is ruimschoots langer dan de maximaal toegestane periode van 48 uur volgens de veiligheidstechnische specificaties. NRG heeft de ionenwisselaars geregenereerd.

21 augustus 2008: Afkeur van reducer in bottom plug liner (INES-niveau 1)

Een deel van de primaire koelwaterleiding van de HFR aan de onderzijde van het reactorvat is gestort in beton. De diameter van de leiding wordt hier teruggebracht van 22 naar 16 duim (inch). De in deze zogenoemde reducers waargenomen deformaties worden sinds april 2006 met Niet Destructief Onderzoek (NDO) geïnspecteerd. Tijdens een herhalingsinspectie wordt op 21 augustus 2008 op één van de deformaties een van het oppervlak loslatend bellenspoor waargenomen. Dit gasbellenspoor is naar verwachting afkomstig van zeer geringe hoeveelheden gasvormige corrosieproducten van de buitenzijde van de reducer in het primaire systeem. De potentiële gevolgen bij draaiende reactor leiden tot een INES-niveau 1 inschaling volgens het

veiligheidslagen concept. NRG heeft de reactor na stillegging van juli 2008 tot februari 2009 in februari 2009 weer in bedrijf genomen voor radio-isotopenproductie na verkregen goedkeuring van het bevoegde gezag.

De meeste meldingen hebben geen relatie met de in het MER beschreven voorgenomen activiteiten. De storingen in oktober 2006 en mei 2007 zijn wel het gevolg van de in het MER voorgenomen activiteit en wel van de uitgevoerde veiligheidsmaatregel drukvereffeningsleidingen.

6 LEEMTEN IN KENNIS

De in het MER aangegeven leemten in kennis betreffen:

- de voorspelling van de exacte kernsamenstelling op elk moment in de tijd,
- reikwijdte en onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses.

De exacte samenstelling van de kern is niet nauwkeurig te voorspellen, omdat deze van zeer veel factoren afhangt, zoals van de positie en opbrand van de oude elementen, de positie van de nieuwe elementen, de uit te voeren bestralingsexperimenten, de belading van de productiefaciliteiten enz. Theoretisch is via een complexe berekening de kernsamenstelling en activiteit op ieder moment uit te rekenen. Dit wordt echter niet gedaan. Wel worden vlak voordat elementen worden afgevoerd naar de COVRA de activiteiten per gebruikt element uitgerekend [NRG 2009b].

In het MER zijn conservatieve vooronderstellingen gedaan zodat de berekende samenstelling voor de meest kritische radionucliden de werkelijke samenstelling niet onderschat. Hiermee zijn deze onzekerheden ondervangen en is deze leemte in kennis niet relevant. De werkelijke samenstelling (activiteit) valt ruim binnen de in het MER aangegeven samenstelling.

De leemten in kennis met betrekking tot de reikwijdte en de onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses zijn niet veranderd, maar zijn ook niet relevant. Met de uitgevoerde veiligheidsanalyses is voldoende inzicht in de veiligheidsrisico's verkregen en de HFR voldoet aan de gestelde eisen ten aanzien hiervan.

Door de conservatieve aannamen zijn de veiligheidsrisico's lager dan de berekende waarden. De berekende risico's voldoen ruimschoots aan de risicocriteria, waardoor het niet zinvol is de onzekerheden nauwkeuriger in kaart te brengen.

7 CONCLUSIES

Van oktober 2005 tot en met mei 2006 is de conversie van HEU naar LEU gefaseerd uitgevoerd. In deze periode zijn 6 overgangskernen toegepast. In mei 2006 is de conversie voltooid met de eerste volledig geconverteerde kern (evenwichtskern).

Van de acht in het MER voorgenomen veiligheidsverhogende maatregelen zijn er vier uitgevoerd en één half. Drie maatregelen zijn nog niet uitgevoerd.

MILIEUGEVOLGEN

NRG heeft conform de voorschriften uit de vergunningen de milieubelasting bepaald en bewaakt. Hiervoor heeft zij de noodzakelijke metingen verricht of laten verrichten en hierover gerapporteerd. Hieronder zijn de conclusies ten aanzien van de milieugevolgen voor de evaluatieperiode (2005-2008) weergegeven.

Uit de resultaten van de gemeten activiteitsconcentraties in de afgevoerde lucht blijkt dat de geloosde activiteit niet is gestegen. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 12 tot 16% van de vergunninglimiet. Daarmee liggen de dosisbijdragen ten gevolge van de luchtgedragen activiteit en de depositie hiervan, ruim onder de in het MER berekende maximale bijdragen bij lozing van de vergunninglimiet.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging van de stralingsbelasting van leden van de bevolking ten gevolge van luchtgedragen activiteit door lozingen van de HFR en ten gevolge van depositie hiervan in de omgeving.

Uit de resultaten van de gemeten activiteitsconcentraties in het naar de Noordzee geloosde afvalwater blijkt dat de gemiddelde lozing naar de Noordzee van tritium en andere activeringsproducten nauwelijks is veranderd. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 4 tot 7 % van de vergunninglimiet. Daarmee komen de dosisbijdragen ten gevolge van de lozingen naar de Noordzee overeen met de in het MER berekende jaarlijkse lozing van de vergunninglimiet.

De voorgenomen activiteit heeft, zoals verwacht in het MER, geen invloed op de grootte en samenstelling van de lozing van radioactieve stoffen naar de Noordzee.

Uit de resultaten van de metingen van de stralingsdoses aan de terreingrens ter hoogte van de HFR in 2005-2008 blijkt dat deze, zoals voorspeld in het MER, niet is gestegen. De voorgenomen activiteit heeft geen invloed gehad op de externe stralingsdosis in de omgeving.

Uit het overzicht van de afgevoerde hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval van 2001-2008 is geen trend met betrekking tot de voorgenomen activiteit (HEU-LEU conversie) te halen. De conversie is geen significante bron van extra laag- en middel-radioactief afval. Bepalend voor schommelingen in de hoeveelheden zijn met name de diverse sanerings- en opruimacties.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval.

Uit het overzicht van de productie van hoog-radioactief afval van 2000-2008 blijkt dat de aantallen splijtstofelementen en regelstaven niet zijn gestegen en onder de in het MER voorspelde aantallen zijn gebleven. Wel is de activiteit van het hoog-radioactief afval veranderd met de overgang van HEU naar LEU. Dit is vooral te zien in een stijging van de activiteit door actiniden. De activiteiten blijven onder de in het MER voorspelde waarden.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de aantallen elementen en staven, maar wel op de activiteit van het hoog-radioactief afval, waarbij deze onder de in het MER voorspelde waarden blijft.

Uit de rapportages van de koelwaterlozingen over 2005-2008 blijkt dat het debiet, de temperatuur en de concentratie vrij chloor over het algemeen waarden hebben zoals aangegeven in het MER, te weten respectievelijk maximaal 2.500 m³/uur, maximaal 34 °C en 0,2-0,4 mg/l chloor. In warmere periodes zijn hogere debieten (tot 3.300 m³/uur) en hogere temperaturen (tot iets boven de 40 °C) geloosd. Ook de concentraties vrij chloor kunnen vooral in warmere periodes hoger zijn dan de aangegeven waarden, tot 0,5 mg/l.

De hogere waarden hebben geen relatie met de conversie van HEU naar LEU. Ze zijn veroorzaakt door het ook in warme perioden bedienen van de reactor op een bepaald vermogen, hetgeen mogelijk wordt gemaakt door de verruiming van de Wvo-vergunning sinds 2004 (verhoging maximum debiet) en 2005 (verhoging maximum temperatuur).

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging in de lozingen van koelwater in de Noordzee.

Met betrekking tot de geluidsniveaus kan worden geconcludeerd dat, zoals verwacht in het MER, de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de voorgenomen activiteit, zoals voorspeld in het MER, buiten een beperkte verhoging van de activiteit van het hoog-radioactief afval, geen significante milieugevolgen heeft.

VEILIGHEID

Na iedere splijtstofwisseling wordt, voordat de reactor wordt opgestart, met berekeningen aangetoond dat voldaan wordt aan de reactorfysische en thermodynamische eisen.

Uit de resultaten van deze berekeningen blijkt dat voor iedere beladingscyclus in de overgang tussen HEU- en LEU-kern is aangetoond dat de kernsamenstelling voldoet aan de ontwerpregels. Zoals verwacht in het MER is tijdens de overgangsperiode van HEU- naar LEU-kern met betrekking tot de reactorfysische en thermohydraulische eigenschappen van de kernsamenstelling voldaan aan de veiligheidsvoorschriften.

Van de acht voorgenomen veiligheidsverhogende maatregelen zijn er vier uitgevoerd, één half en drie niet. Doordat slechts een deel van de voorgenomen maatregelen is uitgevoerd, zijn de kans op kernbeschadiging en het individueel risico dus niet gedaald tot de in het MER aangegeven waarden. Wel is reeds 63% veiligheidswinst geboekt.

Het individueel risico voldoet ruim aan het toetsingscriterium van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

De meeste meldingen over bijzondere gebeurtenissen in de periode 2005-2008 hebben geen relatie met de in het MER beschreven voorgenomen activiteiten. De storingen in oktober 2006 en mei 2007 zijn wel het gevolg van een in het MER voorgenomen activiteit en wel van de uitgevoerde veiligheidsmaatregel drukvereffeningsleidingen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat door de uitvoering van de veiligheidsverhogende maatregelen de veiligheid van de HFR is verbeterd. Doordat (nog) niet alle maatregelen zijn uitgevoerd is dit echter (nog) niet in de mate gebeurd zoals aangegeven in het MER.

Zoals aangegeven in het MER is aan de veiligheidscriteria met betrekking tot ontwerpongevallen en aan de risicocriteria met betrekking tot ernstige ongevallen voldaan.

LEEMTEN IN KENNIS

Met betrekking tot de in het MER aangegeven leemte in kennis over de exacte samenstelling van de kern kan worden gesteld dat deze niet relevant is. In het MER zijn conservatieve vooronderstellingen gedaan zodat de berekende samenstelling voor de meest kritische radionucliden de werkelijke samenstelling niet onderschat. Hiermee zijn deze onzekerheden ondervangen. De werkelijke samenstelling (activiteit) valt ruim binnen de in het MER aangegeven samenstelling.

De leemten in kennis met betrekking tot de reikwijdte en de onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses zijn niet veranderd, maar zijn ook niet relevant. Met de uitgevoerde veiligheidsanalyses is voldoende inzicht in de veiligheidsrisico's verkregen en de HFR voldoet aan de gestelde eisen ten aanzien hiervan.

Door de conservatieve aannamen zijn de veiligheidsrisico's lager dan de berekende waarden. De berekende risico's voldoen ruimschoots aan de risicocriteria, waardoor het niet zinvol is de onzekerheden nauwkeuriger in kaart te brengen.

