



**ARCADIS** | Design & Consultancy  
for natural and  
built assets

# ACHTERGRONDRAPPORT STRALINGSBESCHERMING

Project-MER PALLAS

Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor

23 MEI 2022





## Contactpersoon

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

Nederland

# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>4</b>
1.1	Functie van dit achtergrondrapport	4
1.2	Voorgenomen activiteit	4
1.3	Leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>ONDERZOEKSMETHODIEK</b>	<b>5</b>
2.1	Onderzoeksopzet	5
2.2	Uitgangspunten	5
<b>3</b>	<b>BEOORDELINGSKADER</b>	<b>6</b>
3.1	Wettelijk- en beleidskader	6
3.2	Beoordelingscriteria	7
<b>4</b>	<b>HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING</b>	<b>9</b>
4.1	Huidige situatie	9
4.1.1	Installaties EHC met een Kew-vergunning	9
4.1.2	Milieueffecten van de bestaande installaties	11
4.2	Autonome ontwikkeling	12
<b>5</b>	<b>MILIEUEFFECTEN</b>	<b>14</b>
5.1	Effectbeschrijving	14
5.1.1	Stralingsbescherming in het ontwerp van de PALLAS-reactor	14
5.1.2	Beoordelingsaspecten	15
5.2	Effectbeoordeling	20
5.2.1	Bouwfase	20
5.2.2	Overgangsfase	20
5.2.3	Exploitatiefase	21
<b>6</b>	<b>MITIGERENDE MAATREGELEN</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>LEEMTEN IN KENNIS</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>LITERATUURLIJST</b>	<b>25</b>
	<b>COLOFON</b>	<b>26</b>

# 1 INLEIDING

## 1.1 Functie van dit achtergrondrapport

De Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor, verder PALLAS genoemd, heeft het voornemen om een multifunctionele nucleaire reactor te bouwen, die geschikt is voor het produceren van medische isotopen, industriële isotopen en het uitvoeren van nucleair technologisch onderzoek. Bij het bestemmingsplan PALLAS-plot is een plan-MER (milieueffectrapport) gevoegd ter onderbouwing.

Als belangrijke volgende stap in de procedures worden de vergunningen georganiseerd onder de Kernenergiewet en de Waterwet. Dit achtergrondrapport is opgesteld ten behoeve van het project-MER dat deze vergunningen moet onderbouwen. In het project-MER zelf is op hoofdlijnen de informatie uit dit achtergrondrapport overgenomen. Dit achtergrondrapport is gebaseerd op het Ontwerpkader, dat ook deel uitmaakt van het project-MER.

## 1.2 Voorgenomen activiteit

De voorgenomen activiteit voor dit achtergrondrapport is de aanleg en het exploiteren van de PALLAS-reactor. De informatie die nodig is op project-MER niveau is te vinden in het rapport Ontwerpkader, welke als bijlage is toegevoegd aan het project-MER. De hoofdpunten uit het Ontwerpkader zijn:

1. Het PALLAS-project kent een bouwfase, een overgangsfase en een exploitatiefase.
2. De bouwfase is opgedeeld in vijf clusters van bouwactiviteiten, te weten (a) Inrichting Lay Down Area (LDA) en tijdelijke toegangsweg, (b) Constructie secundaire koeling, (c) Bouwkuip, fundering en constructie reactorgebouw, (d) Constructie gebouwen, installatie en infrastructuur en (e) Afronding LDA en inrichting terrein. De bouwfase duurt in totaal ongeveer zes jaar.
3. In de overgangsfase zijn er twee reactoren in bedrijf op de Energy & Health Campus (EHC): de nieuwe PALLAS-reactor en de bestaande Hoge Flux Reactor (HFR).
4. In de exploitatiefase is de PALLAS-reactor in bedrijf en is de HFR buiten bedrijf gesteld.

## 1.3 Leeswijzer

Na dit eerste hoofdstuk:

- Beschrijft hoofdstuk 2 de gehanteerde onderzoeksmethodiek.
- Geeft hoofdstuk 3 het beoordelingskader.
- Zet hoofdstuk 4 de referentiesituatie uiteen, die bestaat uit de huidige situatie en relevante autonome ontwikkelingen.
- Staan in hoofdstuk 5 de milieueffecten beschreven.
- Somt hoofdstuk 6 op welke mitigerende maatregelen mogelijk zijn om negatieve milieueffecten te verminderen of op te heffen.
- Presenteert hoofdstuk 7 de geconstateerde leemten in kennis.
- Geeft hoofdstuk 8 inzicht in de bronnen voor dit achtergrondrapport.

## 2 ONDERZOEKSMETHODIEK

### 2.1 Onderzoeksopzet

Als gevolg van het bedrijven van een nucleaire installatie, kan stralingsbelasting op de omgeving, de bevolking en de medewerkers optreden als gevolg van normaal bedrijf en incidenten. Dit rapport beschouwt de stralingsbelasting bij normaal bedrijf. De stralingsbelasting als gevolg van potentiële storingen en ongevallen wordt beschouwd in het achtergrondrapport Nucleaire Veiligheid. Voor de beoordeling van de radiologische impact op de omgeving en op de bevolking als gevolg van normaal bedrijf van de PALLAS-reactor is gekeken naar de mogelijke blootstellingspaden:

- Externe straling vanuit een bron naar de omgeving.
- Lozing van radioactiviteit naar de lucht.
- Lozing van radioactiviteit in oppervlaktewater.

Het studiegebied voor elk van de blootstellingspaden wordt bepaald door de locatie waar de stralingsbelasting het grootst zal zijn. Voor externe straling zal dit meestal direct aan de inrichtingsgrens zijn. Voor radioactieve lozingen naar lucht en water is dit afhankelijk van de optredende verspreiding, bijvoorbeeld als gevolg van weersinvloeden. In de modellen waarmee de stralingsbelasting als gevolg van lozingen wordt berekend, wordt normaal uitgegaan van een gebied van 25 km rond een reactor [1]. Lozingen naar de bodem worden niet beoordeeld, dit is wettelijk verboden.

De radiologische impact van de verwerking en opslag van radioactieve afval is meegenomen bij de hierboven genoemde effecten.

Bij de beoordeling van de stralingsbelasting van de PALLAS-reactor wordt de autonome ontwikkeling van de stralingsbelasting van de huidige nucleaire faciliteiten op de EHC meegenomen.

Voor de stralingsbescherming worden ook de transporten van nucleair materiaal van en naar de PALLAS-reactor beschouwd.

Naast het MER maakt ook het Veiligheidsrapport [2] onderdeel uit van de aanvraag om de oprichtingsvergunning in het kader van de Kernenergiewet [3]. Het Veiligheidsrapport kwantificeert de mogelijke gevolgen voor de omgeving, de omwonenden en de medewerkers als gevolg van zowel normaal bedrijf en gepostuleerde incidenten.

### 2.2 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

Tabel 1 Uitgangspunten achtergrondrapport stralingsbescherming

Type informatie	Uitgangspunten
Installatie specificaties	Ontwerpkader PALLAS
	Veiligheidsrapport PALLAS-reactor

### 3 BEOORDELINGSKADER

#### 3.1 Wettelijk- en beleidskader

Het beleidskader voor stralingsbescherming wordt gevormd door:

- Kernenergiewet (Kew) [3].
- Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) [4].
- Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs) en bijbehorende regelingen en ANVS-verordening [5].
- Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig bedrijven van kernreactoren (VOBK), ANVS Oktober 2015 [6].

##### Kernenergiewet (Kew)

In Nederland vallen alle handelingen met ioniserende straling onder het stelsel van de Kew [3], welke de basis legt voor de bescherming van de bevolking, het milieu, werknemers en patiënten tegen de nadelige gevolgen van ioniserende straling. De Kew doet dit onder meer door een vergunning te verplichten voor de meeste handelingen met bronnen van ioniserende straling. De wet is nader uitgewerkt in het Bkse, het Bbs en de bijbehorende regelingen.

Voor de PALLAS-reactor is een vergunning nodig op grond van de Kew voor het oprichten, in werking brengen en in werking houden van een inrichting waarin kernenergie kon worden vrijgemaakt (artikel 15, onder b), het voorhanden hebben van splijtstoffen (artikel 15, onder a), het voorhanden hebben, toepassen en zich ontdoen van radioactieve stoffen (artikel 29, eerste lid) en het verrichten van handelingen met toestellen (artikel 34).

##### Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse)

Het Bkse bevat onder meer algemene regels met betrekking tot de gegevensverstrekking bij het aanvragen van een Kew-vergunning en criteria op grond waarvan een aanvraag kan worden geweigerd, zoals wanneer de stralingsbelasting niet voldoet aan de wettelijke limieten.

##### Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs)

Het Bbs stelt regels ter bescherming van de bevolking, het milieu, werknemers en patiënten tegen de schadelijke gevolgen van ioniserende straling. Het Bbs is gebaseerd op de Europese richtlijn 2013/59/EURATOM, waarin de aanbevelingen van de Internationale Commissie Radiologische Bescherming (ICRP) zijn doorgevoerd. Hierdoor voldoet de regelgeving aan de laatste wetenschappelijke inzichten.

##### Handreiking Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren (VOBK)

De Handreiking VOBK [6] geeft inzicht in de huidige stand der techniek voor het ontwerp en bedrijfsvoering van (nieuwe) reactoren, waarbij het doel is de kernreactoren zo veilig mogelijk te maken. De specifieke randvoorwaarden van de Handreiking VOBK sluiten aan bij de actuele inzichten van met name de Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA) en de Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). Hoewel de Handreiking geen wettelijke status heeft, zal deze door het Bevoegd Gezag worden gebruikt als onderdeel van het toetsingskader voor de PALLAS-reactor

Tabel 2 Beleid, wet- en regelgeving aspect Stralingsbescherming

Beleidsplan, wet, regel	Beschrijving van relevantie voor PALLAS
<b>Kernenergiewet (Kew)</b>	Wet op basis waarvan een oprichtingsvergunning en een operationele vergunning nodig zijn voor de PALLAS-reactor
<b>Besluit kerninstallaties, ertsen en splijtstoffen (Bkse)</b>	Uitwerking van de Kew en als zodanig relevant als toetsingskader voor de vergunningsverlening
<b>Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs)</b>	Uitwerking van de Kew en als zodanig relevant als toetsingskader voor de vergunningsverlening
<b>Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig bedrijven van kernreactoren VOBK – Dutch Safety Requirements DSR</b>	Geen wettelijk kader, maar zal door het Bevoegd Gezag worden gehanteerd als onderdeel van het toetsingskader voor PALLAS.

### 3.2 Beoordelingscriteria

Het Bkse (art. 18) en het Bbs vereisen dat een ondernemer, voorafgaand aan een handeling, zorg moet dragen dat deze is gerechtvaardigd (§ 2.2 Bbs), geoptimaliseerd (§ 2.3 Bbs) en dat de dosis is gelimiteerd (§ 2.4 Bbs).

Rechtvaardiging borgt dat een handeling alleen kan plaatsvinden indien de individuele of maatschappelijke voordelen van de handeling opwegen tegen de gezondheidsschade die deze kan veroorzaken.

Optimalisatie is erop gericht de grootte van de effectieve of equivalente doses van individuele personen, de kans op het optreden van blootstelling en het aantal blootgestelde personen zo beperkt te houden als redelijkerwijs mogelijk is, rekening houdend met de actuele stand van de techniek en met economische en sociale factoren.

Wanneer een handeling is gerechtvaardigd en de dosis als gevolg ervan is geoptimaliseerd, stelt het Bbs verschillende dosislimieten voor de volgende groepen personen:

- Blootgestelde medewerkers van nucleaire installaties.
- Niet-blootgestelde medewerkers van nucleaire installaties.
- De bevolking.

De dosis aan deze groepen personen, als gevolg van een vergunde handeling, mag de limieten uit Tabel 3 niet overschrijden.

Tabel 3 Beoordelingskader voor Stralingsbescherming (conform Bbs [5])

Beoordelingscriteria	Sub-beoordelingscriteria (per kalenderjaar)
<b>Blootgestelde medewerkers van PALLAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectieve<sup>1</sup> dosis van 20 mSv<sup>2</sup></li> <li>• Equivalente<sup>3</sup> dosis op de ooglenzen van 20 mSv</li> <li>• Equivalente dosis op de huid van 500 mSv gemiddeld over 1 cm<sup>2</sup></li> <li>• Equivalente dosis op handen, onderarmen, voeten en enkels van 500 mSv</li> </ul>
<b>Niet-blootgestelde medewerkers en bezoekers die zich op het PALLAS-terrein bevinden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectieve dosis van 1 mSv</li> <li>• Equivalente dosis van 15 mSv op de ooglenzen</li> <li>• Equivalente dosis van 50 mSv op de huid gemiddeld over 1 cm<sup>2</sup></li> <li>• Equivalente dosis van 50 mSv op de ledematen (handen en voeten)</li> </ul>
<b>Bevolking buiten het PALLAS-terrein</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectieve dosis van 0,1 mSv (buiten locatie<sup>4</sup>)</li> <li>• Effectieve dosis van 1 mSv (binnen locatie)</li> <li>• Equivalente dosis van 15 mSv op de ooglenzen</li> <li>• Equivalente dosis van 50 mSv op de huid gemiddeld over 1 cm<sup>2</sup></li> </ul>

Voor de gevolgen van lozingen en externe straling van een nucleaire installatie is de effectieve dosis buiten de locatie van belang.

De radiologische impact van de verwerking en opslag van radioactieve afval is onderdeel van de beoordeling van de hierboven genoemde dosislimieten. Voor de productie van radioactief afval gelden geen beoordelingscriteria, maar geldt dat het volume en de radioactieve inhoud zo laag als redelijkerwijs mogelijk moet worden gehouden (ALARA).

De radiologische impact van transporten van nucleair materiaal op het terrein van de PALLAS-reactor is eveneens onderdeel van de beoordeling van de hierboven genoemde dosislimieten. Voor de transporten van nucleair materiaal van en naar de PALLAS-reactor zijn separate vergunningen nodig en dit moet voldoen aan het Besluit vervoer splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen [7] en de ADR (Accord européen relatif au transport international de marchandises Dangereuses par Route) regelgeving<sup>5</sup>.

1 De effectieve dosis is een maat voor de dosis die een individu ontvangt, waarbij is gecorrigeerd voor de effecten op verschillende soorten weefsels.

2 De sievert (symbool Sv) is de SI-eenheid voor de dosis ioniserende straling waaraan een mens in een bepaalde periode is blootgesteld en is gelijk aan 1 J/kg. De sievert is afhankelijk van de biologische effecten van straling. De millisievert (mSv) is een duizendste deel van een sievert.

3 De equivalente dosis is een maat voor de dosis die een individu in een weefsel of orgaan ontvangt.

4 De locatie betreft het terrein waarvoor de vergunning geldt.

5 Europese overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de weg.

## Beoordelingsschaal

Tabel 4 Scoretoekenning beoordeling stralingsbescherming

Score	Betekenis	Toelichting
++	Zeer positief effect	Een sterke verbetering van de stralingsbescherming als gevolg van een afname van de stralingsbelasting gedurende normaal bedrijf voor de omgeving.
+	Positief effect	Een beperkte verbetering van de stralingsbescherming als gevolg van een afname van de stralingsbelasting gedurende normaal bedrijf voor de omgeving.
0	Geen effect	Geen verandering van de stralingsbescherming.
-	Negatief effect	Een beperkte verslechtering van de stralingsbescherming als gevolg van een toename van de stralingsbelasting gedurende normaal bedrijf voor de omgeving. Deze gevolgen voldoen aan de wettelijke criteria zoals beschreven in het beoordelingskader.
--	Zeer negatief effect	Een sterke verslechtering van de stralingsbescherming als gevolg van een toename van de stralingsbelasting gedurende normaal bedrijf voor de omgeving. Deze gevolgen overschrijden de wettelijke criteria zoals beschreven in het beoordelingskader.



## 4 HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING

### 4.1 Huidige situatie

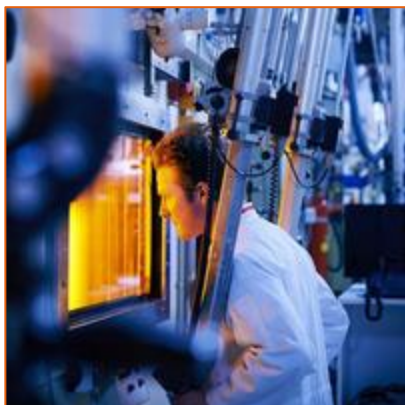
#### 4.1.1 Installaties EHC met een Kew-vergunning

Omdat de gezamenlijke milieueffecten van de installaties op de EHC die onder een Kew-vergunning vallen worden beschouwd en deze installaties elk hun kenmerken hebben met betrekking tot stralingsbescherming, worden zij hieronder kort beschreven. Deze installaties worden bedreven op basis van hun vergunning in het kader van de Kew. Het betreft de volgende installaties.



##### **Hoge Flux Reactor (HFR)**

Onderzoeksreactor met een belangrijke maatschappelijke functie in de productie van medische isotopen en in onderzoek naar energievoorziening.



##### **Hot Cell Laboratorium (HCL)**

Dit laboratorium wordt ingezet bij nabestralingsonderzoek. Radioactieve materialen die bestraald zijn in de Hoge Flux Reactor kunnen in dit laboratorium worden verwerkt voor verder onderzoek en productie. De HCL bestaat uit een Research Lab en uit de Molybdeen Productie Faciliteit (zie hieronder).



##### **Molybdeen Productie Faciliteit (MPF)**

Deze faciliteit ligt naast het HCL. Hierin wordt het molybdeen afgescheiden en gezuiverd uit bestraald uranium, wat een belangrijke stap is om het geschikt te maken voor het uiteindelijke gebruik in ziekenhuizen.



**NRG-laboratoria**

NRG beschikt over een aantal laboratoria waarin met radioactieve stoffen wordt gewerkt. Een belangrijke daarvan is het Jaap Goedkoop Laboratorium (JGL, zie foto). Dit moderne laboratorium biedt onderdak voor onderzoek naar levensduurverkorting van radioactief afval en de ontwikkeling van nieuwe isotopen voor de behandeling van patiënten.



**Decontamination & Waste Treatment (DWT)**

Deze faciliteit wordt ingezet voor het reinigen van radioactieve besmette materialen. Materialen worden hier schoongemaakt en het radioactief afval wordt hier gescheiden ingezameld en verpakt om getransporteerd te worden voor opslag. Radioactief besmet water van de HFR en de andere faciliteiten wordt in deze faciliteit gereinigd, waarna het gereinigde water wordt geloosd op de Noordzee.



**Waste Storage Facility (WSF)**

Deze opslagfaciliteit is in gebruik voor de tijdelijke opslag van radioactief afval voordat het naar de COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval) in Borssele gaat.



**Curium**

Curium pharma (voorheen Mallinckrodt Medical) is een leverancier van farmaceutische producten. Voor de productie van radio-isotopen staan in Petten twee cyclotrons en worden grondstoffen bestraald in de HFR.



**Het Instituut voor Energie en Transport (IET)** van het Joint Research Centre (JRC) van de Europese Commissie ondersteunt het communautaire beleid ten aanzien van zowel nucleair als niet-nucleaire energie met het oog op duurzame, veilige en efficiënte energieproductie, distributie en gebruik. JRC voorziet in klantgestuurde, wetenschappelijke en technische ondersteuning voor het uitstippelen, ontwikkelen, uitvoeren en volgen van EU-beleid.

## 4.1.2 Milieueffecten van de bestaande installaties

De nucleaire activiteiten van de bestaande installaties zijn vergund met een Kernenergiewetvergunning. Relevant met betrekking tot stralingsbescherming is dat vanuit de faciliteiten reguliere lozingen met radioactieve stoffen plaatsvinden naar lucht en water. De omgeving van de faciliteiten kan worden blootgesteld aan externe straling. Verder wordt er in de faciliteiten radioactief afval geproduceerd. Deze aspecten worden hieronder verder uitgewerkt.

### Dosis op de terreingrens

In de Kew-vergunningen van NRG is voor zowel de HFR als voor de overige installaties voorgeschreven dat de Actuele Individuele Dosis (AID) de waarde van 0,04 mSv per jaar niet mag overschrijden. Curium mag volgens haar vergunning de waarde van 0,1 mSv per jaar niet overschrijden en voor JRC geldt de waarde van 0,01 mSv per jaar.

Naast de wettelijke dosislimieten en de genoemde limieten in de respectievelijke vergunningen, hebben de Kernenergiewet-vergunninghouders op de EHC een overeenkomst opgesteld om de gezamenlijke effectieve dosis, door blootstelling aan externe straling, te beperken. Voor personen buiten het bedrijfsterrein wordt deze dosis beneden de 0,04 mSv per jaar gehouden [8], en voor personen op het terrein, maar buiten de gebouwen, wordt deze beneden de 0,1 mSv per jaar gehouden. Hierbij wordt rekening gehouden met de verwachte verblijfsduur.

### Radioactieve lozingen naar lucht

De huidige vergunde limiet voor lozing in lucht van de installaties van NRG bedraagt 200  $Re_{inh}^6$  per jaar [8] [9]. De verdeling hiervan over de verschillende installaties staat in Tabel 5. De gemiddelde nominale lozingen bedragen 10-25% [8] [10] van deze vergunde waarden.

Tabel 5 Overzicht van de vergunde NRG limieten voor lozingen in de lucht, de bijbehorende lozingshoogte en de effectieve dosis voor de omgeving per jaar bij lozingen in lucht ter grootte van de lozingslimiet [7] [8]

Installatie	Lozingshoogte (m)	Vergunde lozing ( $Re_{inh}/jr$ )	Eff. dosis omgeving $E_{max}$ (mSv/jr)
HFR	45	100	0,0006
HCL/MPF	45	60	0,0004
WSF	7	20	0,0005
DWT	7	10	0,0003
NRG-laboratoria	45/15	5	0,0003
Field-lab		5	< 0,001
<b>Totaal vergund voor NRG</b>		<b>200</b>	

De in de tabel genoemde effectieve dosis is bepaald aan de hand van een conservatieve hoeveelheid van de karakteristieke geloosde nucliden ter grootte van de vergunde lozingslimiet en de lozingshoogte van de betreffende faciliteit. De totale dosis is echter niet per definitie gelijk aan de som van deze getalwaarden, aangezien de maxima op verschillende plaatsen buiten de EHC worden bereikt.

Curium heeft een vergunning voor luchtlozing van de radioactieve stof jodium-131 met maximaal 300 megabecquerel ( $MBq^7$ ) per jaar, van de radioactieve stof argon-41 met maximaal 4 TBq per jaar en lozing in de lucht van andere radioactieve stoffen tot een maximum van 10  $Re_{inh}$  per jaar [11].

<sup>6</sup> Het radiotoxiciteitsequivalent  $Re$  van een radionuclide is de activiteit die bij volledige directe inname (ingestie of inhalatie) daarvan een effectieve volgdosis van 1 sievert tot gevolg heeft. Door lozingslimieten uit te drukken in het radiotoxiciteitsequivalenten is de begrenzing onafhankelijk van het soort radionuclide. Dit vereist wel dat de lozing nuclide specifiek gemeten wordt.

<sup>7</sup> Bq: Becquerel; SI unit voor radioactiviteit, welke het aantal nucleaire transformaties per seconde weergeeft (1  $MBq=1.10^6$  Bq, 1  $TBq=1.10^{12}$  Bq). Specifieke lozingen worden in Bq uitgedrukt, niet specifieke lozingen in  $Re$  (zie voetnoot 6).

JRC heeft geen vergunning voor het lozen van radioactieve stoffen naar de lucht.

### Radioactieve lozingen naar water

Het afvalwater van de bestaande installaties wordt behandeld bij de DWT-faciliteit voordat het in zee geloosd mag worden. Na het bezinken en het filteren is de concentratie van radioactiviteit in het afvalwater dermate gereduceerd dat mag worden geloosd in de Noordzee. Dit gebeurt via de ruim 4 km lange zeelozingsleiding. De Kew-vergunninglimiet hiervoor bedraagt 2.000 Re<sub>ing</sub> per jaar [8]. De gemiddelde nominale lozing bedraagt 10-25% van deze vergunde waarde. De effectieve dosis voor leden van de bevolking ten gevolge van de vergunde lozing in de Noordzee bedraagt 0,00004 mSv/jr [8].

### Radioactief afval

Radioactief afval van de faciliteiten wordt afgevoerd via de DWT of rechtstreeks naar de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA). Vast afval of afval dat bij de procesbehandeling ontstaat, wordt verwerkt en zoveel mogelijk gerecycled. Het radioactief afval wordt gescheiden van het niet-radioactief afval en vervolgens verwerkt (persen en/of knippen) en verpakt om afgevoerd te worden naar de COVRA.

### Radiologisch achtergrondniveau

De huidige gemeten activiteitconcentraties in lucht, bodem, grond- en oppervlaktewater zijn zodanig laag dat deze onder het detectieniveau van de meetinstrumenten liggen, met uitzondering van de natuurlijke radionucliden, de resterende activiteit van Cesium-137 veroorzaakt door het nucleaire ongeval in Tsjernobyl in 1986 en een tritiumbesmetting in het grondwater veroorzaakt door de HFR (zie paragraaf 4.2).

Voorafgaand aan de bedrijfsvoering zal tijdig (2 à 3 jaar) en in overleg met ANVS een monitoringsprogramma van start gaan om de jaarlijkse variabiliteit ten aanzien van stralings- en besmettingsniveaus in het plaatselijke milieu te kunnen bestuderen (conform IAEA RS-G-1.8 "Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection"). De omgevingsradioactiviteit zal gedurende ten minste een volledig kalenderjaar worden gemeten om eventuele seizoensgebonden variaties te kunnen opvangen. De te controleren radionucliden zijn met name die welke door andere installaties op het OLP-terrein worden geloosd.

### Stralingsbescherming met betrekking tot de EHC

Volgens het Bbs bedraagt de dosislimiet voor radiologische lozingen, inclusief de bijdrage van externe straling, 0,1 mSv per jaar per vergunninghouder. Daarnaast gelden de limieten voor de stralingsdoses aan de terreingrens waaraan de verschillende installaties zijn gehouden volgens hun Kew-vergunning.

## 4.2 Autonome ontwikkeling

### Energy & Health Campus

Ontwikkelingsbedrijf Noord-Holland Noord zet samen met de EHC bedrijven in op een nieuwe gebiedsontwikkeling van de EHC waarbij innovatie en hoogwaardige werkgelegenheid voorop staan. Het doel is de EHC te laten uitgroeien tot een aantrekkelijke en inspirerende campus op het gebied van duurzame energie en nucleaire geneeskunde. Op de campus wordt een breed scala aan nieuwe faciliteiten gerealiseerd van waaruit campusbedrijven met relevante samenwerkingspartners kunnen werken aan duurzame energiehuishouding en medische isotopen. Tevens is het doel het terrein in de toekomst deels open te stellen voor publiek, zodat de aantrekkingskracht van de locatie vergroot wordt. Er wordt momenteel gewerkt aan een omgevingsplan ter ontwikkeling van de campus.

### Nuclear Health Centre

Een van de nieuwe ontwikkelingen op de EHC is de realisatie van het Nuclear Health Centre (NHC). Het NHC gaat op grote schaal bestraalde grondstoffen tot halfproduct (radiochemicaliën) en medicijnen (radiofarmaca) verwerken en verpakken. Met deze producten kunnen miljoenen patiënten in ziekenhuizen worden behandeld. In de medische wereld is een grote behoefte aan productiefaciliteiten die in opdracht van ziekenhuizen of farmaceutische bedrijven bestraalde materialen kunnen verwerken tot medicijnen. Het NHC wordt gebouwd op de EHC, in de nabijheid van de huidige HFR en de toekomstige PALLAS-reactor. De productiefaciliteit is complementair aan het FIELD-LAB van NRG en andere faciliteiten op de EHC.



Dit alles heeft als voordeel dat een geïntegreerde supply chain aanwezig is. Daardoor kan efficiënt worden omgegaan met materialen, is het vervalverlies van bestraalde producten te beperken, wordt radioactief transport beperkt, is het afval beter te managen en wordt de nucleaire kennis en ervaring van de verschillende nucleaire bedrijven op de EHC optimaal benut.

De ontwikkeling van de EHC en het NHC zijn afzonderlijk en op zichzelf staand. Deze ontwikkelingen en de ontwikkeling van de PALLAS-reactor zijn complementair en versterken elkaar.

### **FIELD-LAB**

Het FIELD-LAB betreft een nieuw te bouwen faciliteit op de EHC waarbinnen op laboratoriumschaal radio-isotopen worden ontwikkeld en gereedgemaakt voor medische toepassingen. Binnen het FIELD-LAB worden radioactieve stoffen gezuiverd en omgezet in radiofarmaceutische producten of halffabricaten hiervan ten behoeve van klinische studies. De activiteiten worden gedeeltelijk uitgevoerd onder zogeheten GMP-omstandigheden ('Good Manufacturing Practice'), een randvoorwaarde voor de vervaardiging van farmaceutische producten. De werkzaamheden die in het FIELD-LAB worden verricht zullen voornamelijk ten behoeve van ontwikkeling van productiemethoden en kleinschalige producties voor klinische studies zijn.

Voor het FIELD-LAB zijn radioactieve lozingen naar de lucht vergund zoals opgenomen in Tabel 5.

### **Historisch radioactief afval**

Bij de aanvang van de voorgenomen activiteit zal een belangrijk deel van het historisch radioactief afval, dat ligt opgeslagen in de WSF, zijn afgevoerd naar de COVRA.

Het scheiden en verpakken van het historisch radioactief afval geeft tijdelijk een beperkte toename van de reguliere lozingen van radioactieve stoffen naar lucht en water, de gevolgen hiervan blijven binnen de vergunningswaarden en de wettelijke limieten. Uiteindelijk heeft de afvoer een beperkte positieve invloed op de stralingsbelasting op en rond de EHC.

Op de EHC is een bodemverontreiniging aanwezig met radioactief tritium. Deze verontreiniging is een gevolg van een lekkage in een afvoerleiding van de HFR naar de DWT. Sinds enige jaren loopt er een sanering waarbij een groot deel van deze verontreiniging is verwijderd. Op basis van de afname en de verplaatsing van de verontreiniging is het zeer onwaarschijnlijk dat de tritiumconcentratie in de bodem van het PALLAS-terrein boven de toegestane limiet (100 Bq/l) uitkomt. De tritiumconcentratie in de bodem wordt gemonitord.

### **Bevolkingsgroei**

In het kader van het karakteriseren van de locatie voor de PALLAS-reactor is de bevolkingsdichtheid en de ontwikkeling daarvan rond de EHC geïnventariseerd [12]. De verwachte bevolkingsgroei in de provincie Noord-Holland (in vergelijking met 2015) bedraagt 6% in 2025 en 10% in 2040. Omdat de beschouwde effecten voor de bevolking (de effectieve dosis) individueel worden vastgesteld, maakt het niet uit of op een bepaalde plek veel of weinig mensen wonen.

Of een specifieke plek wel of niet bewoond is kan wel verschil maken, daarom wordt voor PALLAS-reactor aangenomen dat de plaats met de maximale effectieve dosis bewoond zal zijn.

### **Conclusie**

Samenvattend kan worden gesteld dat de verschillende invloeden van de bovengenoemde autonome ontwikkelingen op de stralingsbelasting van het milieu beperkt zullen zijn en binnen de geldende vergunningswaarden en de wettelijke criteria zullen vallen. In totaal zal dit niet tot een grote verandering ten opzichte van de huidige situatie leiden.

## 5 MILIEUEFFECTEN

### 5.1 Effectbeschrijving

#### 5.1.1 Stralingsbescherming in het ontwerp van de PALLAS-reactor

Stralingsbescherming heeft tot doel ervoor te zorgen dat de PALLAS-reactor voldoet aan de fundamentele veiligheidsdoelstelling: bescherming van het publiek, de medewerkers en het milieu tegen schadelijke effecten van de ioniserende straling tijdens alle fasen van het reactorbedrijf, van ontwerp tot en met de ontmanteling. Het Veiligheidsrapport [2] is de aangewezen plaats voor het beschrijven op welke wijze stralingsbescherming in het ontwerp is meegenomen en te onderbouwen dat aan de stralingsbeschermingscriteria (conform Bbs, VOBK) wordt voldaan.

Het stralingsbeschermingsbeleid is gebaseerd op de volgende principes:

- Rechtvaardiging van elke activiteit op basis van een specifieke beoordeling.
- Optimalisatie van de stralingsbescherming.
- Voldoen aan dosislimieten.

De belangrijkste geïdentificeerde stralingsbronnen bij de PALLAS-reactor zijn [2]:

- De reactorkern en bestralingsprojecten.
- De verbruikte splijtstofelementen die zijn opgeslagen in de bassins.
- Het bestraalde materiaal in de hotcells en in de transportverpakkingen.
- Het primaire koelwater in de bassins en de koelsystemen.
- Het zwaar water in de reflectortank rond de reactorkern.
- De ionenwisselharsen (in bedrijf en verbruikt).
- Het radioactief afval.

De volgende beginselen met betrekking tot stralingsbescherming zijn gehanteerd bij het ontwerp, rekening houdend met de geïdentificeerde stralingsbronnen:

- Toepassing van dosisbeperking bij het ontwerp.
- Insluiting van radioactieve stoffen.
- Radiologische zonering en ventilatie.
- Installatie- en component lay-out om de blootstelling tijdens bedrijf en bij onderhoudstaken te verminderen.
- Minimalisatie van activering en besmetting.
- Voorzieningen voor stralingsbescherming.
- Afscherming van bronnen van ioniserende straling.
- Stralingsmonitoring en -controle.

De insluiting van radioactieve stoffen is één van de fundamentele veiligheidsfuncties en wordt gewaarborgd door fysieke barrières en/of retentiefuncties die het vrijkomen van deze radioactieve stoffen voorkomen en/of verminderen. De structuren, systemen en componenten van de PALLAS-reactor verzorgen de insluiting van de vaste en vloeibare radioactieve bronnen. Voor de radioactieve gassen en aerosolen is de insluiting gebaseerd op:

- Achtereenvolgende barrières en retentiefuncties.
- Gecontroleerde omgevingscondities om de integriteit van de barrières te borgen.
- Drukverschillen tussen ruimtes en met de buitenlucht.
- Controle van lekpaden en bijbehorende insluitvoorzieningen.
- Gefilterde lozingen, uitsluitend via de ventilatieschacht.

Tijdens normaal bedrijf kunnen medewerkers en de bevolking blootgesteld worden aan externe straling en via radioactieve lozingen naar lucht en water. Zoals in het beoordelingskader is aangegeven dient de sommatie van deze aspecten voor elke groep te voldoen aan de beoordelingscriteria (zie paragraaf 3.2). Hieronder worden deze drie beoordelingsaspecten behandeld.

## 5.1.2 Beoordelingsaspecten

### Externe straling

De externe straling buiten het reactorgebouw wordt zoveel mogelijk beperkt door technische voorzieningen in het ontwerp. De technische voorzieningen betreffen onder andere het gebruik van afschermbare materialen, het compartimenteren van ruimtes, het beperken en voorkomen van verspreiding van radioactieve gassen en aerosolen door filtersystemen en het handhaven van drukverschillen. De mate van activering en besmetting van structuren, systemen en componenten wordt geminimaliseerd door de materiaalkeuze. Zo wordt onder andere gebruik gemaakt van materialen die minimaal activeren, die corrosiebestendig zijn en die goed reinigbaar zijn.

De dosis voor omwonenden als gevolg van externe straling is vastgesteld voor de relevante stralingsbronnen op basis van de duur van de straling, de afstand tot de terreingrens en de aanwezige afscherming. Dit betreft voornamelijk de volgende stralingsbronnen:

- Reactorkern onder in het betreffende waterbassin (de *Reactor Pool*);
- Gebruikte splijtstof die is opgeslagen in het betreffende waterbassin (de *Service Pool*);
- Afvoer van bestraalde targets;
- Afvoer van radioactief afval.

Conservatieve berekeningen van de externe straling laten zien dat de individuele effectieve dosis (ID) lager ligt dan 2,5  $\mu\text{Sv}$  per jaar. Dit is de maximale dosis die een lid van de bevolking kan oplopen wanneer deze zich 24 uur per dag en 365 dagen per jaar bevindt op meest ongunstige positie ten opzichte van de bronnen.

Binnen het reactorgebouw wordt een deel van de medewerkers tijdens normaal bedrijf beroepsmatig blootgesteld aan ioniserende straling. De ruimten in het reactorgebouw waar potentiële blootstelling van medewerkers kan plaatsvinden, zijn radiologisch gezoneerd, te weten een gecontroleerde of bewaakte zone, conform Bbs [5]. De toegang van radiologische werkers tot een bewaakte zone verloopt via de Radiological Control Room. De gecontroleerde zone is alleen toegankelijk via de bewaakte zone. Er zijn specifieke vereisten voor elke radiologische zone en de te gebruiken middelen, zoals persoonlijke beschermingsmiddelen. Sommige ruimten binnen de gecontroleerde zone zijn volgens de procedures beperkt of niet toegankelijk tijdens normaal bedrijf vanwege de daar te verwachten hoge straling- of besmettingsniveaus.

De bedrijfs-, productie- en onderhoudstaken bij de reactor leiden tot beroepsmatige blootstelling aan ioniserende straling. De evaluatie van deze blootstelling bestaat uit berekeningen waarmee wordt aangetoond dat de ontworpen afscherming effectief is en berekeningen van de individuele dosis van operators als gevolg van verschillende werkzaamheden [2].

Conservatieve berekeningen tonen aan dat de ontworpen afscherming geschikt is om de relevante bronnen af te schermen, en dat het dosistempo in naastgelegen ruimtes voldoende laag is. Hierbij is getoetst aan het ontwerp dosistempo van 1  $\mu\text{Sv}/\text{uur}$  bij volledige bezetting. Op bepaalde plaatsen binnen de gecontroleerde zone wordt een hoger dosistempo geaccepteerd bij beperkte aanwezigheid van een operator.

Voor de berekening van de individuele effectieve jaar dosis als gevolg van beroepsmatige blootstelling, zijn de taken geïventariseerd die vaak voorkomen en die een relatieve hoge bijdrage leveren aan de dosis. Voor het berekenen van de dosis is het personeel in de reactor verdeeld in twee hoofdgroepen, te weten operators voor de normale bedrijfsvoering (inclusief onderhoud en afvalbeheer) en operators voor de productie van radio-isotopen.

De conservatief berekende gemiddelde individuele dosis als gevolg van bedienings- en onderhoudstaken binnen het Reactor Containment, ligt beneden de ontwerpdoelstelling van 2 mSv/j. Ook hieruit blijkt dat de afscherming van de bronnen in het Reactor Containment zeer effectief zijn.

Vanwege de voorziene hoge productie van radio-isotopen zal afstand tot de stralingsbronnen worden gerealiseerd via automatisering, robotisering of bediening op afstand. Met deze afstand blijft de individuele dosis voor het grootste deel van het productiepersoneel beneden de ontwerpdoelstelling van 2 mSv/j met uitzondering van enkele individuen waarvoor verdere maatregelen nodig zijn. Desalniettemin zal de individuele effectieve dosis van al het personeel beneden de wettelijke limiet van 20 mSv/j liggen.

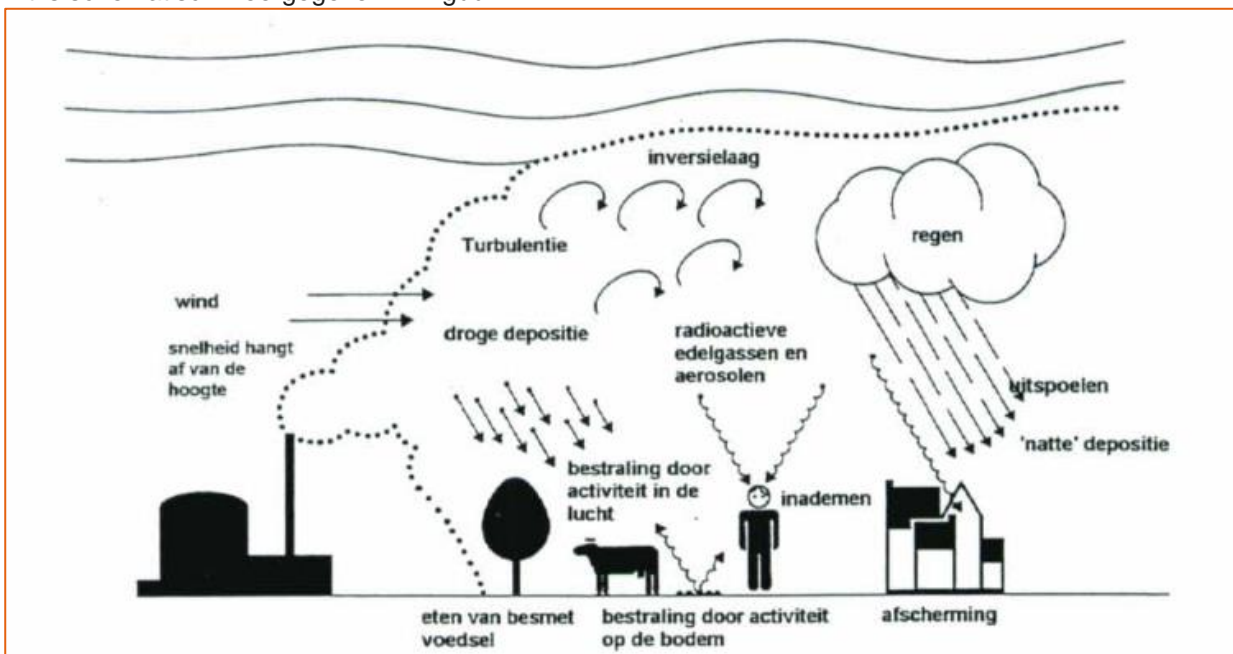
Tijdens detailontwerp zal het ontwerp verder worden geoptimaliseerd. De evaluatie van de beroepsmatige blootstelling heeft een goed inzicht gegeven in de bijdrage van elk van de taken aan de individuele effectieve dosis van de verschillende operators en maakt duidelijk waar verdere optimalisatie het meest nodig is. Ook tijdens de bedrijfsvoering van de reactor zal worden doorgegaan met het optimaliseren van de stralingsdoses van medewerkers.

### Radioactieve lozingen naar lucht

Bij normaal bedrijf van de PALLAS-reactor komen er radioactieve gasen en aerosolen vrij. Deze komen, na filtering in het ventilatiesysteem, vrij in de buitenlucht via de ventilatieschacht (48,5 m hoogte) en zullen zich verspreiden in het milieu [2]. De medewerkers en de bevolking rond het PALLAS-terrein kunnen hieraan blootgesteld worden. Voor de berekening van de effectieve dosis zijn de volgende blootstellingsroutes beschouwd:

- Cloudshine: externe straling van radioactiviteit in de lucht.
- Groundshine: externe straling van radioactiviteit op de grond.
- Inhalatie: inwendige stralingsblootstelling ten gevolge van inademen van radioactiviteit.
- Ingestie: inwendige stralingsblootstelling als gevolg van inslikken van radioactiviteit.

Dit is schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Schematische weergave van de blootstellingsroutes voor radioactieve lozingen naar de lucht

Bij de berekeningen ter bepaling van de stralingsdoses zijn meteorologische data gebruikt over de jaren 1981-2010 van het KNMI-meteostation De Kooy op 17 km afstand van de PALLAS-locatie. De stralingsdoses voor omwonenden is bepaald met een analytisch atmosferisch transport model voor verspreiding van radioactieve stoffen [2]. Dit model is gebaseerd op internationale regels en internationaal geaccepteerde modellen. Aangetoond is dat dit model conservatieve resultaten geeft in vergelijking met het Nieuw Nationaal Model (NNM) en DOVIS-A.

De maximale individuele effectieve dosis en de bijbehorende locatie, als gevolg van de combinatie van de genoemde blootstellingswegen, zijn bepaald voor de PALLAS-reactor. Deze dosis voor het publiek, die het gevolg is van lozing via de lucht, is per locatie verschillend en is afhankelijk van de emissiehoogte en de meteorologische omstandigheden. De berekende dosis op de locatie waar deze maximaal is bedraagt minder dan 0,2  $\mu$ Sv per jaar. Deze waarde wordt conservatief verondersteld als de effectieve dosis voor de bevolking en niet-blootgestelde medewerkers van PALLAS [2].



## Radioactieve lozingen naar water

Tijdens normaal bedrijf zijn er geen lozingen naar water vanuit de PALLAS-reactor, en daarmee levert dit geen bijdrage aan de maximale dosis per kalenderjaar voor de omgeving.

Er ontstaat wel een geringe stroom radioactief vloeibaar afval tijdens de normale bedrijfsvoering van de PALLAS-reactor. Dit afvalwater wordt opgevangen door verschillende netwerken en wordt tijdelijk opgeslagen waarna het gerecycled of gecontroleerd afgevoerd wordt naar een externe dienstverlener voor verdere verwerking [2]. De verzamelnetwerken en tijdelijke opslag van radioactief afvalwater zijn bronnen binnen het reactorgebouw die zijn meegenomen bij het bepalen van de externe straling.

De verwerking bij DWT als externe dienstverlener kan leiden tot lozing van radioactief vloeibaar afval op de Noordzee. Dergelijke lozingen vallen dan niet onder de vergunning van PALLAS maar onder de bestaande vergunning van DWT. Gedetailleerde gegevens over het afvalwater van de PALLAS-reactor zijn nog niet bekend, maar er zijn geen redenen om aan te nemen dat de PALLAS-reactor voor meer afvalwater of afvalwater van slechtere kwaliteit zal zorgen dan dat van de huidige HFR (zie voor hoeveelheden Tabel 6).

## Radioactief afval

Binnen PALLAS ontstaan de volgende radioactieve afvalstromen [2]:

- Vast radioactief afval.
- Verbruikte splijtstof.
- Verbruikte radioactieve harsen.
- Vloeibaar radioactief afval.
- Luchtgedragen radioactiviteit.

In het ontwerp van de PALLAS-reactor is het ontstaan van radioactief afval geminimaliseerd door het ontwerp van de afvalbeheerssystemen, beperking van de zones waarin met radioactieve stoffen wordt gewerkt alsook de beperking van radioactieve verontreiniging in elke zone.

Ook tijdens bedrijf wordt de hoeveelheid geproduceerd radioactief afval beperkt, bijvoorbeeld door decontaminatie van radioactief besmet materiaal, door zuivering en vervolgens hergebruik van water en volumereductie van radioactief afval. Het afval wordt op basis van herkomst en kenmerken verzameld totdat er voldoende is om veilig en efficiënt te verwerken. Het afval blijft altijd korter opgeslagen dan de daarvoor maximaal toegestane tijdsduur (2 jaar). De verbruikte splijtstof moet eerst voldoende afkoelen en wordt maximaal 5 jaar opgeslagen. De kenmerken van het afval zoals oorsprong, hoeveelheid, nuclide-inventaris, activiteit en dosistempo worden vastgelegd. Afhankelijk van de kenmerken wordt het door PALLAS verwerkt volgens de eisen van COVRA of naar een dienstverlener getransporteerd voor verdere volumereductie (bijv. persen of verbranding) en/of conditionering (bijv. herverpakken of cementeren). PALLAS neemt haar verantwoordelijkheid als eigenaar van het radioactief afval tot aan de overdracht aan COVRA.

Het is de verwachting dat er met de PALLAS-reactor een grotere productie van bestraalde targets zal zijn. Hierdoor zal het radioactief afval bij de MPF, dat overblijft na verwerking van de targets, toenemen.

De hoeveelheid radioactief afval per jaar als gevolg van de bedrijfsvoering bij de PALLAS-reactor is weergegeven in De hoeveelheid radioactief afval per jaar als gevolg van de bedrijfsvoering is weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Geschatte gemiddelde hoeveelheid radioactief afval per jaar als gevolg van de bedrijfsvoering

Type afval	Bestanddelen	Geschatte gemiddelde hoeveelheid per jaar	Bestemming
<b>Verbruikte splijtstof</b>	Splijtstofelementen	35 stuks	COVRA
<b>Mogelijk besmet vast afval (persbaar)</b>	Papier (tissue e.d.), plastic handschoenen, kleding, gebruiksmaterialen, e.d.	12 m <sup>3</sup>	COVRA
<b>Besmet vast afval (persbaar)</b>	Papier (tissue e.d.), plastic handschoenen, kleding, gebruiksmaterialen, e.d. uit de Hot Cells Bestraalde targetbussen	0,5 m <sup>3</sup> 500 stuks (3 liter na persen)	COVRA
<b>Besmet en geactiveerd vast afval (niet persbaar)</b>	Besmette en geactiveerde onderdelen als gevolg van onderhoud Experiment houders Bestraalde targethouders Eindstukken van bestraalde splijtstofelementen Geactiveerde metalen componenten Gebruikte regelstaven Geleidebuizen Diverse neutronen instrumentatie Filters	1,2 m <sup>3</sup> 400 kg 2 stuks 35 stuks 0,1 m <sup>3</sup> 0,6 stuks 0,1 stuks 2 kg 35 stuks	COVRA
<b>Verbruikte harsen</b>	Verbruikte harsen voor reiniging van watersystemen	4,5 m <sup>3</sup>	COVRA
<b>Mogelijk radioactief vloeibaar afval</b>	Water van systemen die niet verbonden zijn met de reactorinstallatie, water van schoonmaakactiviteiten en van wastafels en de nooddouche	43 m <sup>3</sup>	DWT (of andere dienstverlener)
<b>Laagradioactief vloeibaar afval</b>	Waterafvoer van onderhoudstaken, reiniging en lekkages van systemen verbonden met de reactorinstallatie en bemonstering	24 m <sup>3</sup>	DWT (of andere dienstverlener)

De luchtgedragen radioactieve stoffen worden behandeld door het Reactor Building Ventilation System en komen vervolgens voor een beperkt deel via de ventilatieschacht in de buitenlucht vrij. Deze behandeling omvat meerdere filters zoals HEPA-filters en actiefkoolfilters. Op diverse locaties in het ventilatiesysteem is meetapparatuur geïnstalleerd waarmee continu de samenstelling en activiteitconcentratie van aerosolen, jodium, edelgassen en tritium in de luchtstroom gemonitord kunnen worden. Bij eventuele overschrijding van ingestelde alarmwaarden worden aanvullende maatregelen genomen waarmee de lozing binnen de limieten wordt gehouden.

Op bovengenoemde wijze wordt het volume en de radioactieve inhoud van het radioactieve afval zo laag als redelijkerwijs mogelijk gehouden (ALARA).

## Transport

Bij het transport van verbruikte splijtstofelementen, bestraald materiaal en radioactief afval kunnen medeweggebruikers worden blootgesteld aan ioniserende straling. Transportcontainers zijn gecertificeerd en ontworpen conform stringente, internationaal aanvaarde eisen en zijn daarmee bestand tegen externe belastingen als gevolg van ongevallen tijdens transport. Door middel van testen, waaronder botsproeven en langdurige blootstelling aan brand, is aangetoond dat dergelijke externe belastingen niet leiden tot het vrijkomen van stoffen uit de containers. Het ontwerp van de transportcontainers voorkomt daarmee emissies van radioactieve en andere toxische stoffen. Bij regulier transport zal de stralingsdosis die personen ontvangen voldoen aan de wettelijk maximaal toegestane dosistempo criteria voor transport van radioactieve stoffen conform het Besluit vervoer splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen [7]. Binnen Europa zijn specifieke eisen in de ADR-regelgeving vastgelegd. Conform ADR mag het dosistempo van transportverpakkingen (type A) niet meer bedragen dan 0,1 mSv/h op een afstand van 1 meter en 2 mSv/h op het buitenoppervlak van de verpakking. Afhankelijk van het type te transporteren radioactief materiaal zijn de gebruikte transportverpakkingen voorzien van afscherming om aan deze eisen te voldoen. Voor het transport van splijtstoffen en radioactieve stoffen van en naar de PALLAS-reactor zijn separate vergunningen nodig waarin deze dosis wordt getoetst aan de criteria. Tijdens de operationele fase van de PALLAS-reactor zullen dergelijke vergunningen worden aangevraagd. Dit zal op vergelijkbare wijze plaatsvinden als nu regulier voor de HFR gebeurt.

Het transport van radioactieve stoffen en splijtstoffen binnen de EHC zal zoveel mogelijk aansluiten bij de wettelijke eisen voor de openbare weg. De EHC is echter niet vrij toegankelijk en voorzien van toegangscontrole. De diverse wegen op de EHC zijn dan ook geen openbare weg zodat het transport binnen de EHC op het gebied van randvoorwaarden, verantwoordelijkheden en toezicht enigszins kan afwijken.

### Overzicht van de beoordelingsaspecten

Zoals in paragraaf 3.2 is aangegeven zijn er drie groepen, waar beoordelingscriteria tijdens normaal bedrijf voor zijn vastgelegd. Voor elke groep geldt dat de sommatie van de belastingspaden externe straling en radioactieve lozingen naar lucht en water moet voldoen aan het beoordelingscriteria. In Tabel 7 is per groep voor de te beschouwen aspecten de effectieve dosis als gevolg van normaal bedrijf van de PALLAS-reactor weergegeven.

Tabel 7 Overzicht van de resultaten voor de effectieve dosis bij normaal bedrijf [2]

Betreffende groep	Effectieve dosis a.g.v. externe straling	Effectieve dosis a.g.v. radioactieve lozingen lucht	Effectieve dosis a.g.v. radioactieve lozingen water	Maximale totale effectieve dosis	Dosislimiet volgens Nederlandse regelgeving
<b>Bevolking buiten het PALLAS-terrein</b>	0,0025 mSv/jaar	0,0002 mSv/jaar	0	0,0027 mSv/jaar	0,1 mSv/jaar
<b>Niet-blootgestelde werknemers en bezoekers op het PALLAS terrein</b>	0,0025 mSv/jaar	0,0002 mSv/jaar	0	0,0027 mSv/jaar	1 mSv/jaar
<b>Blootgestelde werknemers van PALLAS</b>				2 mSv/jaar*)	20 mSv/jaar

\*) Voor enkele individuele werknemers kan vanwege specifieke werkzaamheden de effectieve dosis hoger liggen, maar zeker beneden de wettelijke limiet van 20 mSv/jaar.

## 5.2 Effectbeoordeling

### 5.2.1 Bouwfase

De bouwfase<sup>8</sup> van de PALLAS-reactor is voor het grootste deel niet relevant voor stralingsbescherming, aangezien er voor het grootste deel nog geen splijtstoffen of andere radioactieve stoffen aanwezig zijn. Wel zal er soms een heel beperkte stralingsbelasting zijn als gevolg van niet-destructief onderzoek (NDO) met behulp van stralingsbronnen voor het controleren van bijvoorbeeld lasnaden.

Tegen het einde van de bouwfase, enige tijd voorafgaand aan de eerste belading van de reactorkern, zullen de verse splijtstofelementen voor de eerste kern in de daarvoor bestemde opslagruimte worden opgeslagen. Hetzelfde geldt voor de opstartbron en voor de eventueel benodigde kalibratiebronnen.

Verse splijtstofelementen bevatten licht verrijkt uranium. Omdat deze nog niet bestraald zijn, is de stralingsbelasting zeer beperkt voor blootgestelde werknemers en verwaarloosbaar klein voor niet-blootgestelde werknemers en de bevolking rond het PALLAS-terrein.

De opstartbron en kalibratiebronnen zijn gesloten bronnen die respectievelijk worden gebruikt bij het opstarten van de reactor en het kalibreren van meetapparatuur. Deze bronnen zijn in tegenstelling tot verse splijtstofelementen relevant voor stralingsbescherming. In de bouwfase zijn deze opgeslagen in een daarvoor bestemde opslag met voldoende afscherming. Dankzij deze afscherming is de stralingsbelasting voor blootgestelde werknemers beperkt en voor niet-blootgestelde werknemers, bezoekers en de bevolking rond het PALLAS-terrein verwaarloosbaar. Zowel de verse splijtstofelementen als de opstart- en kalibratiebronnen zijn volledig ingesloten en leiden niet tot enige lozing van radioactieve stoffen.

Tijdens de bouwfase wordt derhalve ruimschoots voldaan aan de beoordelingscriteria voor de blootgestelde medewerkers, niet-blootgestelde medewerkers, bezoekers op het PALLAS-terrein en de bevolking rond het PALLAS-terrein. De bouwfase heeft daarmee de volgende effecten (zie ook Tabel 8) met betrekking tot de beoordelingscriteria ten opzichte van de referentiesituatie, waarin de HFR nog operationeel is:

- Effectieve dosis voor blootgestelde werknemers: geen effect (0).
- Effectieve dosis voor niet-blootgestelde werknemers en bezoekers: geen effect (0).
- Effectieve dosis voor de bevolking rond het PALLAS-terrein: geen effect (0).

Tabel 8 Effectbeoordeling Stralingsbescherming in de bouwfase

Beoordelingscriteria	Score
Blootgestelde medewerkers van PALLAS	0
Niet-blootgestelde medewerkers en bezoekers die zich op het PALLAS-terrein bevinden	0
Bevolking buiten het PALLAS-terrein	0

### 5.2.2 Overgangsfase

In de referentiesituatie zijn beide onderzoeksreactoren tijdens de overgangsfase in bedrijf en moet rekening gehouden worden met de som van de lozingen en externe straling. Omdat beide reactoren over een eigen Kernenergiewetvergunning zullen beschikken, is in eerste instantie het wettelijk kader bepalend voor de toegestane lozingen. Het betreffende voorschrift uit het Bbs luidt, dat van elke afzonderlijke installatie de maximaal vergunbare terreingrensdosis 0,1 mSv per jaar bedraagt.

Zoals uit de eerdere beschouwing blijkt, is de maximale dosis voor de bevolking rond het PALLAS-terrein bij normaal bedrijf ruimschoots kleiner dan 0,1 mSv per jaar. Bij het gelijktijdig bedrijven van de HFR en de PALLAS-reactor, samen met de overige installaties op de EHC, zal de dosisbijdrage van de PALLAS-reactor aan de terreingrens zeer beperkt zijn (namelijk ruim onder 0,04 mSv/jaar).

<sup>8</sup> In het laatste deel van de bouwfase worden de splijtstofelementen voor de eerste belading van de reactorkern in de daarvoor geschikte en bestemde opslagruimte geplaatst. Hetzelfde geldt voor de opstartbron en de eventueel benodigde kalibratiebronnen.

Aldus zal ook aan de gezamenlijke terreingrens van de EHC – waarvoor, zoals reeds opgemerkt, geen gezamenlijke vergunning van kracht is – aan de dosislimiet uit het Bbs worden voldaan. De bijdrage van de PALLAS-reactor kan hierbij als niet significant worden gezien. Een vergelijkbare situatie zal gelden voor medewerkers in de overige installaties op de EHC.

Voor de blootgestelde werknemers geldt dat zij in één van beide onderzoeksreactoren zullen werken. Dat er elders op het terrein een tweede reactor in bedrijf is, zal voor deze medewerkers geen significant effect op hun stralingsbelasting hebben. Wel betekent het gelijktijdig in bedrijf zijn van twee reactoren een toename van het aantal aan straling blootgestelde werknemers. Voor andere blootgestelde werknemers op het terrein die de bestraalde targets verwerken en het afval verwerken (HCL, MPF en DWT) geldt dat de dosis waarschijnlijk zal toenemen als beide reactoren in bedrijf zijn en er mogelijk een grotere productie van bestraalde targets zal zijn. De andere blootgestelden moeten voldoen aan de vereisten uit hun Kew-vergunning en de geldende wettelijke dosiscriteria.

De overgangsfase heeft daarmee de volgende effecten (zie ook Tabel 9) met betrekking tot de beoordelingscriteria ten opzichte van de referentiesituatie:

- Effectieve dosis voor blootgestelde werknemers: negatief effect (-).
- Effectieve dosis voor niet-blootgestelde werknemers en bezoekers: geen (significant) effect (0).
- Effectieve dosis voor de bevolking rond het PALLAS-terrein: geen (significant) effect (0).

Tabel 9 Effectbeoordeling Stralingsbescherming in de overgangsfase

Beoordelingscriteria	Score
Blootgestelde medewerkers van PALLAS	-
Niet-blootgestelde medewerkers en bezoekers die zich op het PALLAS-terrein bevinden	0
Bevolking buiten het PALLAS-terrein	0

### 5.2.3 Exploitatiefase

De PALLAS-reactor heeft een lager vermogen dan de HFR en is ontworpen volgens de nieuwste stand der techniek. Als gevolg hiervan zijn de externe straling buiten het reactorgebouw en de lozingen naar de lucht lager dan die van de HFR, en zal de effectieve dosis als gevolg hiervan ruim onder 0,04 mSv/jaar liggen. Het effect zal positief zijn.

PALLAS-reactor zal naar verwachting een hogere productie van medische isotopen hebben dan de HFR. Als gevolg hiervan zullen er meer handelingen plaatsvinden met bestraald materiaal, wat potentieel een hogere effectieve dosis voor de medewerkers veroorzaakt. Er worden verdere maatregelen voor optimalisatie van de dosis genomen, met als doel de waarschijnlijkheid van blootstelling, het aantal blootgestelde personen en de omvang van hun individuele blootstelling zo laag als redelijkerwijs mogelijk te krijgen, rekening houdend met economische en maatschappelijke factoren. Aangevoerd is dat de individuele dosis voor het grootste deel van het productiepersoneel beneden de ontwerpdoelstelling van 2 mSv/j ligt met uitzondering van enkele individuen waarvoor verdere maatregelen nodig zijn. De individuele effectieve dosis van al het personeel zal ver beneden de wettelijke limiet van 20 mSv/j liggen. Omdat deze blootstelling de huidige blootstelling voor de HFR-medewerkers vervangt zal het totale effect niet significant zijn.

Voor andere blootgestelde werknemers op het terrein die de bestraalde targets verwerken en het afval verwerken (HCL, MPF en DWT) geldt dat de dosis mogelijk zal toenemen als de PALLAS-reactor een hogere productie van medische isotopen zal hebben dan de HFR. De andere blootgestelden moeten voldoen aan de vereisten uit hun Kew-vergunning en de geldende wettelijke dosiscriteria.

De exploitatiefase heeft daarmee de volgende effecten (zie ook Tabel 10) met betrekking tot de beoordelingscriteria ten opzichte van de referentiesituatie:

- Effectieve dosis voor blootgestelde werknemers: geen (significant) effect (0).
- Effectieve dosis voor niet-blootgestelde werknemers en bezoekers: geen (significant) effect (0).
- Effectieve dosis voor de bevolking buiten het PALLAS-terrein: positief effect (+).



Tabel 10 Effectbeoordeling Stralingsbescherming in de exploitatiefase

Beoordelingscriteria	Score
Blootgestelde medewerkers van PALLAS	0
Niet-blootgestelde medewerkers en bezoekers die zich op het PALLAS-terrein bevinden	0
Bevolking buiten het PALLAS-terrein	+



## 6 MITIGERENDE MAATREGELEN

Zoals aangegeven in het voorgaande hoofdstuk voldoet de PALLAS-reactor met betrekking tot de stralingsbescherming aan de dosislimieten zoals vastgesteld in het beoordelingskader. Additionele mitigerende maatregelen zijn daarom niet nodig vanuit het project-MER.

De voorzieningen in het ontwerp van de PALLAS-reactor ten behoeve van stralingsbescherming zijn nader beschreven in het Veiligheidsrapport [2].



## 7 LEEMTEN IN KENNIS

Het ontwerp en de organisatie van de PALLAS-reactor worden verder uitgewerkt als onderdeel van de detail-engineering fase en ten behoeve van de vergunningsaanvraag voor de operationele Kew-vergunning. Zoals eerder aangegeven, zal in de detail-engineering fase aanvullende maatregelen worden genomen om de stralingsbelasting van medewerkers verder te optimaliseren. Deze volgende ontwerpfase zal naar verwachting een positief effect hebben op de hiervoor beschreven aspecten van de stralingsbescherming.



## 8 LITERATUURLIJST

- [1] „Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningsverlening Ioniserende straling, A. Lozingen in lucht en water (DOVIS-A),” RIVM, 2002.
- [2] PALLAS, Veiligheidsrapport PALLAS-reactor, 2022.
- [3] Kernenergiewet (Kew).
- [4] Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse).
- [5] Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs).
- [6] ANVS, „Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig bedienen van kernreactoren VOBK – Dutch Safety Requirements DSR,” ANVS, Den Haag, Oktober 2015.
- [7] Ministeries van Economische Zaken, van Sociale Zaken en Volksgezondheid en van Verkeer en Waterstaat , „Besluit vervoer splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen,” 1969.
- [8] NRG, „Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten, Part 1 “Algemeen & Centrale voorzieningen”,” NRG, Petten, 18 maart 2019.
- [9] „Kernenergiewet-vergunning NRG voor het wijzigen en in werking houden van de HFR,” SAS, Den Haag, 2005.
- [10] NRG, „Veiligheidsrapport HFR, Stralingsbescherming en radioactief afval (Hoofdstuk 12),” NRG, Petten, 2003.
- [11] „Kernenergiewetvergunning Mallinckrodt Medical B.V., No. 2013/0859-04,” Min. van Economische Zaken, 27 september 2013.
- [12] LEOPS (ARCADIS/NRG), „Population distribution and use of land and water - PALLAS Site Characterisation,” Arnhem, 2016.



## COLOFON

ACHTERGRONDRAPPORT STRALINGSBESCHERMING  
PROJECT-MER PALLAS

KLANT

[REDACTED]

AUTEUR

[REDACTED]

PROJECTNUMMER

C05011.000642

ONZE REFERENTIE

D10008766 V2

DATUM

23 mei 2022

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

[REDACTED]

VRIJGEGEVEN DOOR

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)