



ARCADIS | Design & Consultancy
for natural and
built assets

ACHTERGRONDRAPPORT NUCLEAIRE VEILIGHEID

Project-MER PALLAS

Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor

23 MEI 2022





Contactpersoon

[Redacted]

[Redacted]

Arcadis Nederland B.V.

[Redacted]
[Redacted]
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
1.1	Functie van dit achtergrondrapport	4
1.2	Voorgenomen activiteit	4
1.3	Leeswijzer	4
2	ONDERZOEKSMETHODIEK	5
2.1	Onderzoeksopzet	5
2.1.1	Algemene onderzoeksopzet	5
2.1.2	Deterministische veiligheidsanalyses	5
2.1.3	Probabilistische veiligheidsanalyses	6
2.2	Uitgangspunten	7
3	BEOORDELINGSKADER	8
3.1	Wettelijk- en beleidskader	8
3.2	Beoordelingskader	11
4	HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING	15
4.1	Huidige situatie	15
4.2	Autonome ontwikkeling	17
5	MILIEUEFFECTEN	19
5.1	Effectbeschrijving	19
5.1.1	Radiologische eisen bij gepostuleerde ongevallen	19
5.1.2	Kernschadefrequentie en toelaatbaar risico	21
5.1.3	Grensoverschrijdende effecten	21
5.2	Effectbeoordeling	21
5.2.1	Bouwfase	21
5.2.2	Overgangsfase	22
5.2.3	Exploitatiefase	23
6	MITIGERENDE MAATREGELEN	24
7	LEEMTEN IN KENNIS	25
8	LITERATUURLIJST	26
	COLOFON	27

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

2.1.1 Algemene onderzoeksopzet

Als gevolg van het bedrijven van een nucleaire installatie, kan stralingsbelasting op de omgeving, de omwonenden en de medewerkers optreden als gevolg van normaal bedrijf en incidenten. De Nucleaire Veiligheid is een aspect dat van belang is voor de omgeving en de omwonenden van de PALLAS-reactor. Vooral omdat op de Energy and Health Campus (EHC) ook andere nucleaire installaties aanwezig zijn, zoals de Hoge Flux Reactor (HFR) en de Hot-Cell Laboratories (HCL), is het van belang om de gezamenlijk milieueffecten van deze installaties te beschouwen.

Voor de beoordeling van de Nucleaire Veiligheid zijn de mogelijke gevolgen voor de omgeving beschouwd die veroorzaakt kunnen worden door incidenten en ongevallen bij een nucleaire installatie. Voor deze gevolgen gelden wettelijke criteria die zijn vastgelegd in regelgeving. In hoofdstuk 3 (Beoordelingskader) zijn deze criteria nader omschreven. Ongevallen kunnen zowel het gevolg zijn van interne gebeurtenissen, zoals lekkage van een koelsysteem of brand, als van calamiteiten met een externe oorzaak, zoals overstroming of aardbeving. Met betrekking tot calamiteiten met een externe oorzaak is vastgesteld dat de locatie waar de PALLAS-reactor zal worden gebouwd hiervoor geschikt is en niet leidt tot ontoelaatbare risico's als gevolg van dergelijke calamiteiten.

Als gevolg van een ongeval is het mogelijk dat radioactieve stoffen vrijkomen en worden afgegeven aan de lucht of het oppervlaktewater. Door middel van het uitvoeren van deterministische veiligheidsanalyses is bepaald of en in welke mate radioactieve stoffen kunnen vrijkomen en wat de gevolgen van het vrijkomen van radioactieve stoffen voor de omgeving zijn (zie paragraaf 2.1.2). Daarnaast is met een probabilistische analyse de kans op en gevolgen van ongevallen waarbij kernsmelten optreedt bepaald, op basis waarvan het risico van de installatie is vastgesteld (zie paragraaf 2.1.3). De resultaten van deze analyses dienen aan te tonen dat de gevolgen voor de omgeving van alle redelijkerwijs te veronderstellen ongevallen voldoen aan de wettelijke criteria. Met het voldoen aan de criteria wordt aangetoond dat de effecten van de nucleaire installatie toelaatbaar zijn, oftewel dat de kans op een gezondheidseffect zeer klein (niet significant) is.

De hierboven genoemde kwantitatieve analyses (mogelijke gevolgen voor de omgeving, de omwonenden en de medewerkers als gevolg van zowel normaal bedrijf als gepostuleerde incidenten) zijn uitgevoerd en vastgelegd in het Veiligheidsrapport van de PALLAS-reactor [1] dat onderdeel uitmaakt van de vergunningsaanvraag en in het kader van de vergunningverlening met betrekking tot de Kernenergiewet (Kew) [2] wordt beoordeeld. De hierbij van belang zijnde onderdelen zijn:

- De stralingsbelasting als gevolg van ongevallen voor omwonenden. Dit betreft zowel directe straling als de gevolgen van radioactieve lozingen.
- De kans op een ongeval waarbij de reactorkern smelt.
- Het plaatsgebonden risico voor omwonenden.
- Het groepsrisico in de omgeving.

Op basis van de uitkomsten van de veiligheidsanalyses en in relatie tot de afstand tot de landgrenzen wordt de mogelijkheid van grensoverschrijdende effecten beoordeeld.

2.1.2 Deterministische veiligheidsanalyses

Bij de deterministische veiligheidsanalyses wordt er van uit gegaan dat een gebeurtenis plaatsvindt, waarbij vervolgens het gedrag van de installatie op een zo realistisch mogelijke wijze wordt beschreven. In het algemeen zijn deze analyses afdekkend van aard en bedoeld als bevestiging van de ontwerpbasis van de installatie.

Hoewel in het ontwerp van de PALLAS-reactor maatregelen zijn opgenomen ter voorkoming van ongevallen, dient de installatie in staat te zijn een aantal gepostuleerde gebeurtenissen, die eventueel tot een ongeval zouden kunnen leiden, te beheersen. Met de veiligheidsanalyse is nagegaan of tijdens de beheersing van de gevolgen van een gebeurtenis aan de acceptatiecriteria wordt voldaan.

Als onderdeel van de veiligheidsanalyse zijn alle potentiële gebeurtenissen die een gevaar kunnen vormen voor de reactor geïdentificeerd. Vervolgens zijn deze ingedeeld in de volgende groepen, overeenkomstig de belangrijkste effecten die kunnen leiden tot een degradatie van de veiligheidssystemen (zie Veiligheidsrapport van de PALLAS-reactor [1]):

- interne gebeurtenissen:
 - Verlies van koelwater.
 - Verlies van koeldebiet.
 - Verlies van de warmteafvoer.
 - Toename van de reactiviteit.
 - Foutieve hantering of falen van apparatuur/onderdelen.
 - Foutieve reactorbenutting.
 - Verlies van zwaar water.
 - Verlies van elektriciteitsvoorziening.
 - Gebeurtenissen waarbij het eerste reactorafschakelsysteem faalt (ATWS).
- interne gevaren:
 - Interne brand.
 - Interne overstroming.
 - Falen van componenten met mogelijke invloed voor veiligheidsrelevante systemen of componenten.
 - Val van een zware last.
 - Elektromagnetische storingen.
 - Botsing van voertuigen.
 - Interne explosies.
- externe gevaren:
 - Vliegtuigongeval.
 - Externe explosies.
 - Aardbeving.
 - Externe overstroming.
 - Extreme meteorologische omstandigheden.
 - Elektromagnetische interferentie.
 - Blokkering van koelwaterinlaat/-uitlaat.

Vervolgens is per groep één of meerdere gebeurtenissen geselecteerd die representatief en omhullend zijn ofwel de grootst mogelijk uitdaging voor de acceptatiecriteria zijn. Van deze representatieve gebeurtenissen zijn de gevolgen voor de omgeving in het Veiligheidsrapport [1] geanalyseerd.

Als onderdeel van de externe gevaren (impact van incidenten bij andere bedrijven) is de mogelijke onderlinge invloed als gevolg van een radiologisch ongeval van de nucleaire faciliteiten op de EHC beschouwd.

2.1.3 Probabilistische veiligheidsanalyses

Probabilistische veiligheidsanalyses zijn gericht op het identificeren en kwantificeren van risico's om de evenwichtigheid van het ontwerp van de installatie aan te tonen, om de bijdrage van individuele scenario's aan de totale kans op een ongeval met kernschade te bepalen en om de stralingsrisico's in het geval van ernstige ongevallen te bepalen. Hierbij wordt gekeken naar verschillende interne en externe gebeurtenissen (procesverstoringen) waarbij het falen van (meerdere) bedrijfs- en veiligheidssystemen en/of het falen van menselijk handelen wordt verondersteld. Het probabilistisch karakter van de analyses ligt in het beschouwen van de kans van optreden van de gebeurtenissen en de afzonderlijke faalkansen van systemen en/of menselijk handelen.

In een probabilistische veiligheidsanalyse worden drie niveaus onderscheiden:

- In niveau 1 worden de gebeurtenissen vastgesteld en ontwikkeld tot ongevalsscenario's die tot kernschade kunnen leiden op basis van het ontwerp en het gebruik van de installatie. Het resultaat van dit analyseniveau is de kernschadefrequentie oftewel de kans per jaar dat er grootschalige schade aan de splijtstofelementen in de reactorkern optreedt.

- In niveau 2 wordt, uitgaande van de in niveau 1 bepaalde ongevalsscenario's, de verdere ontwikkeling van deze scenario's tot lozingen vastgesteld. Hierbij worden de mechanismen voor het falen van de veiligheidsomhulling geanalyseerd, evenals de kans hierop. Het resultaat van niveau 2 is voor elk representatief ongevalsscenario een beschrijving van de (eventuele) lozing van activiteit naar de omgeving (lozingscategorie) en de bijbehorende kans.
- Het uit niveau 2 volgende spectrum van mogelijke lozingen naar de omgeving wordt in de niveau 3 analyse gebruikt om de gevolgen voor de omgeving te analyseren, waarbij het individueel en het groepsrisico worden bepaald. Dit gebeurt conform de betreffende ANVS handreiking [3].

De resultaten van deze analyses worden getoetst aan de wettelijke eisen met betrekking tot stralingsrisico's voor ernstige ongevallen, namelijk de kernschadefrequentie en het individueel en groepsrisico zoals vastgelegd in het Beoordelingskader.

2.2 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

Tabel 1 *Uitgangspunten achtergrondrapport Nucleaire Veiligheid*

Type informatie	Uitgangspunten
Installatie specificaties	Ontwerpkader PALLAS Veiligheidsrapport PALLAS-reactor

3 BEOORDELINGSKADER

3.1 Wettelijk- en beleidskader

Het beleidskader voor de Nucleaire Veiligheid wordt gevormd door:

- Kernenergiewet (Kew) [2].
- Besluit Kerninstallaties, ertsen en splijtstoffen (Bkse) [4].
- Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs) en de bijbehorende regelingen [5].
- Regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties (Rnvk) [6].
- Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig bedienen van kernreactoren VOBK – Dutch Safety Requirements DSR, ANVS, oktober 2015 [7].
- Espoo-Verdrag zoals geïmplementeerd in de Wet Milieubeheer (Wm) [8].

Kernenergiewet (Kew)

In Nederland vallen alle handelingen met ioniserende straling onder het stelsel van de Kew [2], 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 en 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 kan 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.

Regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties (Rnvk)

Het Rnvk is een ministeriële regeling op het gebied van de nucleaire veiligheid van kerninstallaties, en hangt onder de Kew. Het Rnvk is een implementatie van Euratom Richtlijn 2014/87/Euratom van 8 juli 2014.

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

De Handreiking VOBK [7] 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).

De wijze waarop in het ontwerp van de reactor invulling wordt gegeven aan de nucleaire veiligheid wordt met name beschreven in de Handreiking VOBK. Hieronder worden een aantal aspecten beschreven uit de VOBK waarmee de nucleaire veiligheid wordt gewaarborgd. De wijze waarop PALLAS hieraan voldoet is beschreven in het Veiligheidsrapport [1], welke de basis vormt voor de toetsing van de nucleaire veiligheid.

Veiligheidsdoel en veiligheidsfuncties

De PALLAS-reactor moet veilig worden bedreven. Dit wil zeggen dat het beschermen van mens en milieu tegen de schadelijke invloed van ioniserende straling gedurende de gehele levensduur van een kernreactor voldoende gewaarborgd is. De levensduur omvat het ontwerp, de bouw, de inbedrijfstelling, de bedrijfsvoering en tenslotte de buitengebruikstelling en ontmanteling. Om aan het doel te kunnen voldoen dient een kernreactor in essentie aan de drie volgende veiligheidsfuncties te voldoen:

- a. Het beheersen van de reactiviteit.
- b. Het koelen van de splijtstoffen.
- c. Het insluiten van de radioactieve stoffen en splijtstoffen.

Deze drie veiligheidsfuncties gelden voor alle fasen van de levensduur van een kernreactor en worden gegarandeerd met het gelaagde veiligheidsconcept. Om de veiligheidsfuncties te garanderen dient een kernreactor, ook de PALLAS-reactor, maatregelen te nemen:

- Ter beheersing van de blootstelling van mensen aan ioniserende straling en het vrijkomen van radioactieve stoffen of (bestraalde) splijtstoffen in het milieu.
- Ter beperking van de waarschijnlijkheid van gebeurtenissen die kunnen leiden tot het verlies van controle op de kern in de kernreactor, op de nucleaire kettingreactie, op radioactieve bronnen of andere bronnen van ioniserende straling.
- Ter mitigatie van de gevolgen van dergelijke gebeurtenissen indien deze zich voordoen.

Het gelaagde veiligheidsconcept

De Nucleaire Veiligheid van kernreactoren is gebaseerd op het concept van gelaagde veiligheid, waarmee ongevallen worden voorkomen dan wel de gevolgen daarvan worden beperkt. Dit concept is een samenspel van bouwkundige, technische en organisatorische voorzieningen. Met een aantal niveaus van beschermende maatregelen wordt de veiligheid van de reactor onder abnormale omstandigheden en ongevalscondities gewaarborgd. Elk veiligheidsniveau heeft als doelstelling om met de beschikbare middelen alle mogelijke vormen van zowel menselijk falen als het falen van apparatuur te voorkomen (preventie) of de radiologische gevolgen van dat falen zoveel mogelijk te beperken (beheersing, mitigatie).

Daarbij zijn de volgende veiligheidsniveaus met bijbehorende bedrijfstoestanden te onderscheiden (zie Tabel 2):

- Veiligheidsniveau 1: normaal bedrijf.
- Veiligheidsniveau 2: storingen.
- Veiligheidsniveau 3a: gepostuleerde gebeurtenissen met enkelvoudig falen.
- Veiligheidsniveau 3b: gepostuleerde gebeurtenissen met meervoudig falen.
- Veiligheidsniveau 4: gepostuleerde kernsmeltongevallen.
- Veiligheidsniveau 5: vrijkomen van significante hoeveelheden radioactieve stoffen.

Bij normaal bedrijf bevindt de installatie zich op veiligheidsniveau 1. Op dit niveau staat het voorkomen van storingen in de dagelijkse bedrijfsvoering centraal. Bij de volgende niveaus worden voorziene bedrijfsvoorvallen of ook wel afwijkend bedrijf (veiligheidsniveau 2), ongevallen zonder kernsmelt (veiligheidsniveau 3) en ongevallen met kernsmelt (veiligheidsniveau 4) beheerst. Mocht er desondanks sprake zijn van significante lozingen van radioactieve stoffen naar het milieu, dan worden maatregelen genomen gericht op het beperken van de gevolgen voor mensen, dieren, planten en goederen (veiligheidsniveau 5).

Tabel 2 Het gelaagde veiligheidsconcept

Niveaus van gelaagde veiligheid	Bijbehorende bedrijfstoestanden	Doelstelling	Essentiële middelen	Radiologische gevolgen
Veiligheids-niveau 1	Normaal bedrijf	Afwenden van afwijkend bedrijf en falen	Conservatief ontwerp en bouw en bedrijfsvoering van hoge kwaliteit, regeling van voornaamste parameters van de installatie binnen gedefinieerde grenzen	Binnen de voorgeschreven bedrijfslimieten voor lozing
Veiligheids-niveau 2	Voorzienbare bedrijfsvoorvallen	Beheersing van afwijkend bedrijf en falen	Beheersings- en limiterende systemen en voorzieningen voor monitoring	
Veiligheids-niveau 3	Niveau 3a Gepostuleerde gebeurtenissen met enkelvoudig falen	Beheersing van ongevalstoestand ter beperking van het vrijkomen van radioactiviteit en het verhinderen van escalatie naar omstandigheden die tot kernsmelt kunnen leiden	Veiligheidssystemen, ongevalsprocedures	Geen radiologische gevolgen buiten de terreingrenzen of slechts kleine radiologische gevolgen
	Niveau 3b Gepostuleerde gebeurtenissen met meervoudig falen		Additionele structuren, systemen en componenten en ongevalsprocedures	
Veiligheids-niveau 4	Gepostuleerde kernsmeltongevallen	Beheersing van ongevallen met kernsmelt om het vrijkomen van radioactiviteit buiten de terreingrenzen te beperken	Complementaire structuren, systemen en componenten en ongevalsprocedures	Beperkte beschermende maatregelen nodig (gebied en tijd)
Veiligheids-niveau 5	Vrijkomen van significante hoeveelheden radioactieve stoffen	Beperking van radiologische gevolgen	Noodmaatregelen buiten de terreingrenzen Interventieniveaus	Radiologische gevolgen buiten de terreingrenzen waardoor beschermende maatregelen nodig zijn

Barrière-concept

Het barrière-concept maakt onderdeel uit van het concept van gelaagde veiligheid. Het doel van het barrière-concept is het insluiten van radioactieve stoffen en (bestraalde) splijtstoffen in de installatie. Dit concept is gebaseerd op de aanwezigheid van meerdere achtereenvolgende fysieke barrières en retentiefuncties. Bij functieverlies van één barrière zorgt de volgende barrière alsnog voor de insluiting.

Het aantal barrières en de vorm ervan worden bepaald door onder andere het type kernreactor, de configuratie en haar vermogen. Onder barrières wordt onder andere de bekleding van de splijtstofplaten verstaan. Retentiefuncties zijn maatregelen of voorzieningen die getroffen worden om radioactieve stoffen vast te houden. Dit kan bijvoorbeeld door het filteren van lucht, bedekken van radioactief materiaal met water, gerichte (lucht)stroom door het behouden van een onderdruk, gebouwafdichtingen, containers, etc.

Voor de veiligheid is het van belang dat de barrières onafhankelijk van elkaar functioneren. Dit betekent dat in geval van een gevaar of een ongeval een barrière niet mag falen alleen vanwege het feit dat een andere barrière faalt. Mochten er alsnog één of meer barrières falen waardoor radioactieve stoffen vrijkomen, dan zorgen de retentiefuncties voor het ophouden of tijdelijk vasthouden van die stoffen.

Espoo-Verdrag

Het Espoo-Verdrag heeft betrekking op milieueffecten in een grensoverschrijdend verband. Onder het Verdrag zijn partijen verplicht alle passende en doeltreffende maatregelen ter voorkoming, beperking en beheersing van belangrijke nadelige grensoverschrijdende milieueffecten van voorgenomen activiteiten te nemen. Het verdrag van Espoo is in de Wm (par. 7.11) geïmplementeerd.

Tabel 3 *Beleid, wet- en regelgeving aspect Nucleaire Veiligheid*

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

3.2 Beoordelingskader

Studiegebied

Het studiegebied voor het aspect Nucleaire Veiligheid wordt bepaald door de locaties waar de stralingsbelasting als gevolg van ongevallen het grootst is. Voor directe straling zal dit direct aan de inrichtingsgrens zijn. Voor radioactieve lozingen naar lucht en water is dit sterk 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 [9].

Beoordelingskader

In Tabel 4 staan de beoordelingscriteria waarop in dit achtergrondrapport het aspect Nucleaire Veiligheid ten behoeve van het project-MER beoordeeld is. Daarna volgt een toelichting op de criteria.

Tabel 4 *Beoordelingskader voor Nucleaire Veiligheid*

Beoordelingscriteria	Sub-beoordelingscriteria
Radiologische eisen bij veronderstelde ongevallen	<ul style="list-style-type: none"> • Effectieve dosis voor omwonenden • Schildklierdosis
Kernschadefrequentie	
Toelaatbaar risico als gevolg van ongevallen	<ul style="list-style-type: none"> • Individueel risico • Groepsrisico
Grensoverschrijdende effecten	

Radiologische eisen bij gepostuleerde ongevallen

Artikel 18 van het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) bevat een aantal verplichte en mogelijke gronden voor het weigeren van een aanvraag om een vergunning krachtens artikel 15 onder b, van de Kernenergiewet (Kew). De weigeringsgrond in artikel 18, tweede lid, onder a, van het Bkse heeft betrekking op de limietwaarden voor gepostuleerde inleidende gebeurtenissen. Dit betreft ongevallen waarmee in het ontwerp van de installatie rekening is gehouden.

Voor deze gepostuleerde en radiologische relevante gebeurtenissen is een dosislimiet geformuleerd die afhankelijk is van de kans van optreden van de gebeurtenis. Hierbij gaat het om lozingen tijdens normaal bedrijf, voorzienbare storingen en ongevallen.

Veiligheidsniveau 1 en 2 dosislimieten

In het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming is het uitgangspunt dat de blootstelling aan straling ten gevolge van handelingen zo laag als redelijkerwijs mogelijk gehouden moet worden¹. De dosislimieten voor de bevolking en het personeel bij normaal bedrijf en voorziene bedrijfsvoorvallen (tot een gebeurtenisfrequentie van 10^{-2} per jaar, zie Tabel 5) zijn hetzelfde. Voor de stralingsbescherming tijdens normaal bedrijf wordt verder verwezen naar het achtergrondrapport Stralingsbescherming.

Veiligheidsniveau 3 dosislimieten

Ongevallen zonder kernsmelt mogen geen of slechts geringe radiologische gevolgen voor de omgeving hebben. Dit houdt in dat er geen behoefte moet zijn aan beschermingsmaatregelen zoals het uitdelen van jodiumprofylaxe, schuilen of evacuatie.

Dosislimieten worden gekoppeld aan de frequentie waarmee ongevallen zonder kernsmelt kunnen plaatsvinden. Hoe groter de kans op een ongeval zonder kernsmelt, hoe lager de door het ongeval veroorzaakte dosis mag zijn.

In Tabel 5 zijn de wettelijke dosislimieten voor ongevallen van het Bkse (art. 18, lid 2) [4]. Daarnaast geeft het Bkse (art. 18, lid 2) een criterium voor de maximale schildklierdosis van 500 mSv.

Tabel 5 Gebeurtenisfrequenties en dosislimieten voor ongevallen (Bkse)

Gebeurtenisfrequentie F per jaar ²	Maximaal toegestane effectieve dosis per persoon	
	Personen vanaf 16 jaar	Personen tot 16 jaar
$F \geq 10^{-1}$	0,1 mSv ³	0,04 mSv
$10^{-1} > F \geq 10^{-2}$	1 mSv	0,4 mSv
$10^{-2} > F \geq 10^{-4}$	10 mSv	4 mSv
$F < 10^{-4}$	100 mSv	40 mSv
Schildklierdosis \leq 500 mSv		

Veiligheidsniveau 4 dosislimieten

De randvoorwaarden voor veiligheidsniveau 4 vereisen dat kernsmeltongevallen die tot vroegtijdige en/of grootschalige lozingen kunnen leiden praktisch uitgesloten zijn. Het doel hierachter is dat indien een kernsmeltongeval optreedt, alleen beschermingsmaatregelen hoeven te worden getroffen die beperkt zijn in tijd en in omvang en dat voldoende tijd aanwezig is om deze te implementeren. Alle redelijkerwijs mogelijke oplossingen die de potentiële blootstellingen van werknemers, burgers en milieu kunnen verminderen moeten geïmplementeerd worden.

Bij een kernsmeltongeval is het containment (het omhullende, dichte gebouw) de belangrijkste barrière voor het beschermen van de omgeving tegen radioactief materiaal. Om deze reden is het essentieel om het containment intact te houden. In verband daarmee moet de installatie zodanig zijn ontworpen dat eventuele lozingen tijdens een kernsmeltverloop zo klein als redelijkerwijs mogelijk zijn. Hierbij moet aan de randvoorwaarden zoals samengevat in Tabel 6, worden voldaan.

¹ Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming art. 9.1, lid 2 onder a.

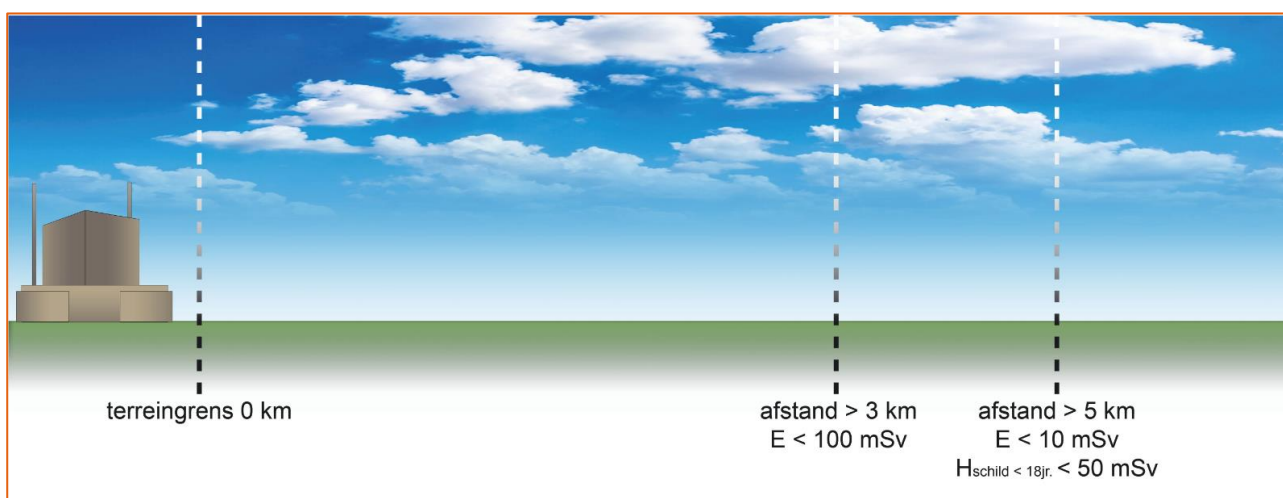
² 10^{-2} betekent eens in de 100 jaar, 10^{-3} betekent eens in de 1000 jaar. $F \geq 10^{-2}$ betekent dat de gebeurtenisfrequentie groter is dan of gelijk is aan eens in de 100 jaar.

³ De sievert (symbool Sv) is de eenheid voor de equivalente 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.

Tabel 6 Randvoorwaarden voor gepostuleerde kernsmeltongevallen [7]

Beschermingsmaatregel	Evacuatiezone (< 3 km)	Schuilzone (< 5 km)	Buiten de Schuilzone	Interventiewaarde
Permanente evacuatie	Nee	Nee	Nee	-
Evacuatie	Kan nodig zijn	Nee	Nee	$E \geq 100 \text{ mSv}$
Schuilen	Kan nodig zijn	Kan nodig zijn	Nee	$E \geq 10 \text{ mSv}$
Jodiumprofylaxe	Kan nodig zijn	Kan nodig zijn	Nee	$H_{\text{Schild}, <18\text{jr}} \geq 50 \text{ mSv}$ $H_{\text{Schild}, \geq 18\text{jr}} \geq 100 \text{ mSv}$

De zones dienen als randvoorwaarde gecombineerd te worden met de Nederlandse interventiewaarden (zie Tabel 6 en Figuur 1): voor schuilen en evacuatie geldt een interventiewaarde voor de effectieve dosis (E) en voor het uitdelen van jodiumprofylaxe⁴ geldt een interventiewaarde voor de schildklierdosis (H_{Schild}) voor kinderen (<18 jr) en voor volwassenen ($\geq 18 \text{ jr}$).



Figuur 1 Schematische weergaven van zones en interventiewaarden bij gepostuleerde kernsmeltongevallen [7]

Kernschadefrequentie

De totale kans op ongevallen waarbij schade aan de reactorkern optreedt, dient zo laag als redelijkerwijs mogelijk te zijn, maar mag niet meer bedragen dan 10^{-6} per jaar (zie Tabel 7).

Tabel 7 Kernschadefrequentie [7]

Type risico	Toelaatbare frequentie
Kernschade	$\leq 10^{-6}$ per jaar

⁴ Jodiumprofylaxe bestaat uit het toedienen van een jodiumtablet om schildklierkanker te voorkomen, wanneer er radioactief jodium vrijkomt uit een kernreactor. Inname van radioactief jodium verhoogt de kans op het krijgen van schildklierkanker bij kinderen en jongeren. De toename van de kans is het grootst bij kinderen, die ten tijde van het binnenkrijgen van radioactief jodium jonger dan circa 10 jaar zijn. Bij volwassenen is de toename van de kans op schildklierkanker zeer gering en bij mensen boven 40 jaar is er geen verhoogd risico op schildklierkanker aangetoond [13].

Toelaatbaar risico als gevolg van ongevallen

Voor het individueel (plaatsgebonden) risico geldt dat de risicoanalyse moet laten zien dat de kans dat een persoon, die zich permanent en onbeschermd buiten de desbetreffende inrichting zou bevinden, overlijdt als gevolg van een ongeval kleiner is dan 10^{-6} per jaar (zie Tabel 8). Voor het groepsrisico geldt dat deze risicoanalyse moet laten zien dat de kans dat buiten de desbetreffende inrichting een groep van tenminste 10 personen direct dodelijk slachtoffer is van een ongeval, kleiner is dan 10^{-5} per jaar (of voor n maal meer direct dodelijke slachtoffers een kans die n^2 maal kleiner is).

Tabel 8 Toelaatbaar risico als gevolg van ongevallen [7]

Type risico		Toelaatbaar risico
Individueel (plaatsgebonden) risico		$\leq 10^{-6}$ per jaar
Groepsrisico	10 slachtoffers	$\leq 10^{-5}$ per jaar
	100 slachtoffers	$\leq 10^{-7}$ per jaar
	1000 slachtoffers	$\leq 10^{-9}$ per jaar

Samenvattend kan worden gesteld dat als geldende criteria voor het beoordelingskader voor Nucleaire Veiligheid de criteria in Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7 en Tabel 8 van toepassing zijn.

Grensoverschrijdende effecten

Vastgesteld dient te worden of er sprake is van mogelijke belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu in een ander land als gevolg van een voorgenomen activiteit. Indien dit het geval is dienen de voorschriften van de Wm (par. 7.11) te worden ingevuld.

De PALLAS-reactor moet voldoen aan de strikte eisen die gesteld worden vanuit Nucleaire Veiligheid. Met gebruik van de huidige technieken is dit ook haalbaar (en dus realistisch). In de volgende paragrafen zal onderbouwd worden dat aan deze eisen wordt voldaan.

Beoordelingsschaal

Tabel 9 Scoretoekenning beoordeling nucleaire veiligheid

Score	Betekenis	Toelichting
++	Zeer positief effect	Een sterke verbetering van de nucleaire veiligheid als gevolg van een afname van de kans op of de gevolgen van ongevallen met radiologische gevolgen voor de omgeving.
+	Positief effect	Een beperkte verbetering van de nucleaire veiligheid als gevolg van een afname van de kans op of de gevolgen van ongevallen met radiologische gevolgen voor de omgeving.
0	Geen effect	Geen verandering van de nucleaire veiligheid
-	Negatief effect	Een beperkte verslechtering van de nucleaire veiligheid als gevolg van een toename van de kans op of de gevolgen van ongevallen met radiologische gevolgen voor de omgeving. Deze gevolgen voldoen aan de wettelijke criteria zoals beschreven in het beoordelingskader.
--	Zeer negatief effect	Een sterke verslechtering van de nucleaire veiligheid als gevolg van een toename van de kans op of de gevolgen van ongevallen met radiologische gevolgen voor de omgeving. Deze gevolgen overschrijden de wettelijke criteria zoals beschreven in het beoordelingskader.

4 HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING

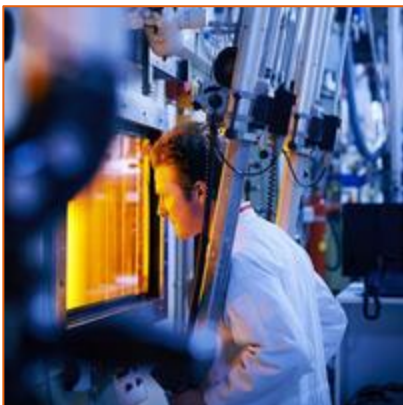
4.1 Huidige situatie

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 Nucleaire Veiligheid, worden zij hieronder kort beschreven. Deze installaties worden bedreven op basis van hun vergunning in het kader van de Kernenergiewet. 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 HFR 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 uiteindelijk 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 heeft Curium 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.

Milieueffecten van de bestaande nucleaire installaties

De nucleaire activiteiten van de hiervoor genoemde bestaande nucleaire installaties zijn vergund met een Kew-vergunning. Bij deze installaties kunnen met een bepaalde kans ongevallen optreden waarbij radioactieve stoffen naar de omgeving kunnen vrijkomen. Hiervoor gelden dosislimieten zoals die zijn opgenomen in het Bkse (art. 18, lid 2), zie Tabel 5.

Tabel 10 geeft de maximale doses en de kans van optreden van de ontwerpgevallen van de verschillende nucleaire faciliteiten op het EHC-terrein aan. Daarnaast is in Tabel 10 ook het individuele risico als gevolg van buiten-ontwerpgevallen weergegeven.

Tabel 10 Maximale doses en kans van optreden van omhullende ontwerpgevallen en het individueel risico als gevolg van ontwerp- en buiten-ontwerpgevallen voor de nucleaire faciliteiten op het EHC terrein [10] [11]⁵

Faciliteit	Ontwerpgeval		(Buiten)-ontwerpgeval
	Max. dosis (mSv)	Kans (/jr)	Individueel risico (/jr)
HFR	0,23	$< 1 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-8}$
MPF	5	$< 1 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-10}$
HCL ⁶	10	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-8}$
WSF	-	-	$1 \cdot 10^{-9}$
DWT	15	$< 1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-8}$

Uit Tabel 10 blijkt dat de omhullende ontwerpgevallen van de faciliteiten voldoen aan de toetsingscriteria van het Bkse zoals weergegeven in Tabel 5.

Eveneens is af te lezen dat het individueel risico van omhullende buiten-ontwerpgevallen, ook bij sommatie over alle installaties, onder het door de overheid gestelde toetsingscriterium van 10^{-6} per jaar ligt (Bkse, art 18 [4]).

Uit de berekeningen voor de bestaande installaties volgt dat de optredende doses in de omgeving als gevolg van ongevallen zodanig beperkt zijn dat er geen acute effecten mogelijk zijn waardoor mensen op korte termijn kunnen overlijden [10] [11]. Er is daarom geen sprake is van groepsrisico.

Uit de veiligheidsrapporten van de verschillende faciliteiten blijkt dat de onderlinge invloed van de faciliteiten als gevolg van een radiologisch ongeval bij één van de faciliteiten beperkt zal zijn tot een mogelijke evacuatie van de faciliteiten. Er zijn voorzieningen aanwezig om in een dergelijk geval zorg te dragen voor het veilig uitbedrijf nemen van de faciliteiten. Een domino-effect leidend tot ongevallen bij meerdere faciliteiten is daarom niet voorzien.

4.2 Autonome ontwikkeling

Met betrekking tot de WSF geldt dat in de afgelopen jaren een belangrijk deel van het hier opgeslagen historisch radioactief afval is afgevoerd naar de COVRA. Naar verwachting zal de afvoer bij aanvang van de voorgenomen activiteit niet volledig zijn afgerond (gepland 2023). De afvoer van het afval heeft uiteindelijk een beperkte positieve invloed op de Nucleaire Veiligheid op en rond de EHC. Voor het verwijderen van dit afval zijn installaties gebouwd voor het scheiden en verpakken van dit afval. Deze installaties en de bijbehorende afvaltransporten zullen mogelijk tijdelijk een beperkte bijdrage leveren aan het risico als gevolg van ongevallen. Deze mogelijke bijdrage zal binnen de vergunningswaarden van deze faciliteiten en de wettelijke criteria vallen en zal geen invloed hebben op de toekomstige vergunningsvoorschriften van PALLAS.

⁵ Er is onvoldoende informatie beschikbaar over Curium en JRC om in deze tabel weer te geven.

⁶ De laboratoria zoals het JGL zijn hierin meegenomen.

In het kader van het karakteriseren van de locatie voor de PALLAS-reactor is de bevolkingsdichtheid en de ontwikkeling daarvan rond de EHC geïnterpreteerd [12]. Geconcludeerd is dat de verwachte bevolkingsgroei in de provincie Noord-Holland (in vergelijking met 2015) 6% in 2025 en 10% in 2040 bedraagt. De beschouwde effecten voor omwonenden (effectieve dosis en individueel risico) worden individueel vastgesteld. Omdat dit per individu wordt berekend heeft de bevolkingsgroei hierop geen invloed. Alleen op het groepsrisico is een effect van de bevolkingsgroei mogelijk omdat dit voor alle omwonenden geldt.

In de buurt van de EHC kunnen in de nabije toekomst mogelijk meer toeristen aanwezig zijn als gevolg van de autonome ontwikkelingen in de recreatiesector (bijvoorbeeld de appartementen in hotel Sint Maartenszee en het Bohemian Estate project). Deze autonome ontwikkelingen zijn uitgebreid beschreven in het achtergrondrapport Recreatie en Toerisme.

Samenvattend kan worden gesteld dat de verschillende invloeden van de bovengenoemde autonome ontwikkelingen op de Nucleaire Veiligheid 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

Voor het vaststellen van de mogelijke milieueffecten van de PALLAS-reactor met betrekking tot nucleaire veiligheid zijn potentiële ongevallen beschouwd die het gevolg kunnen zijn van interne gebeurtenissen of gevaren (zoals lekkage van een koelsysteem respectievelijk een interne brand) en van externe gevaren (zoals overstroming of aardbeving).

Diverse onderzoeken zijn uitgevoerd om de potentiële externe gevaren voor de locatie van de PALLAS-reactor te identificeren en kwantificeren (zie het Veiligheidsrapport [1]). Daarnaast zijn op basis van het ontwerp analyses uitgevoerd om interne gebeurtenissen en gevaren te kwantificeren. Deze onderzoeken zijn gebruikt om eisen en acceptatiecriteria voor het ontwerp van de PALLAS-reactor op te stellen. Het reactorgebouw zorgt voor de insluiting van radioactief materiaal met het containment en beschermt de (veiligheids)systemen daarbinnen tegen de potentiële externe gevaren. Daarnaast is het reactorgebouw dusdanig ontworpen dat de gevolgen van interne gevaren beperkt blijven.

De milieueffecten met betrekking tot de nucleaire veiligheid zijn onderzocht met de deterministische en probabilistische veiligheidsanalyses. Daarnaast is de mogelijkheid van grensoverschrijdende effecten beschouwd.

Voor meer detail wordt verwezen naar het Veiligheidsrapport, waarin de gepostuleerde gebeurtenissen en de reactie van de installatie (met andere woorden het ongevalsverloop) worden beschreven en waarin wordt aangetoond dat de veiligheid gewaarborgd is binnen de criteria zoals benoemt in het Beoordelingskader (zie hoofdstuk 3).

5.1 Effectbeschrijving

5.1.1 Radiologische eisen bij gepostuleerde ongevallen

In het Veiligheidsrapport van de PALLAS-reactor [1] zijn in hoofdstuk 16 de resultaten gerapporteerd van de deterministische veiligheidsanalyses voor 28 representatieve interne gebeurtenissen. Deze gebeurtenissen zijn omhullende interne gebeurtenissen per groep (zie paragraaf 2.1.2). Aangetoond is dat de drie fundamentele veiligheidsfuncties (beheersing van reactiviteit, afvoer van warmte en insluiting van radioactief materiaal) zijn gegarandeerd en dat voldaan wordt aan de acceptatiecriteria.

Uit de veiligheidsanalyse is gebleken dat voor drie gebeurtenissen radiologische gevolgen voor de bewoners in de omgeving mogelijk zijn, als gevolg van de mogelijke vrijgave van radioactieve stoffen. Voor deze gebeurtenissen zijn de maximale effectieve doses en schildklierdoses voor de omgeving bepaald, zoals aangegeven in Tabel 11 en Tabel 12.

Tabel 11 Begingeburtenissen met mogelijke radiologische gevolgen voor de omgeving – Effectieve dosis

Begin-gebeurtenis	Omschrijving	Effectieve dosis omgeving	Kans van optreden	Criterium effectieve dosis omgeving
PIE-045	Vroegtijdige blootstelling aan luchtkoeling van een Mo-99 targethouder	0,8 mSv	$1 \cdot 10^{-3}$ /jr	4 mSv
PIE-047-055	Beschadiging van een splijtstofelement na het raken van een andere structuur	0,02 mSv	10^{-2} – 10^{-4} /jr	4 mSv
PIE-077	Grote lekkage in het primaire koelsysteem	0,02 mSv	$3 \cdot 10^{-4}$ /jr	4 mSv

Tabel 12 Begingebourtenissen met mogelijke radiologische gevolgen voor de omgeving – Schildklierdosis

Begin-gebeurtenis	Omschrijving	Schildklierdosis omgeving	Criterium schildklierdosis omgeving
PIE-045	Vroegtijdige blootstelling aan luchtkoeling van een Mo-99 targethouder	2 mSv	
PIE-047-055	Beschadiging van een splijtstofelement na het raken van een andere structuur	0,01 mSv	500 mSv
PIE-077	Grote lekkage in het primaire koelsysteem	0,01 mSv	

Uit Tabel 11 en Tabel 12 blijkt dat de mogelijke doses voor omwonenden in de omgeving voldoen aan de radiologische acceptatiecriteria.

Bij de berekeningen ter bepaling van de stralingsdoses zijn meteorologische data gebruikt over de jaren 1981-2010 van het KNMI-meteorstation 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 [1]. Dit model is gebaseerd op internationale regels en internationaal geaccepteerde modellen. Aangevoond is dat dit model conservatieve resultaten geeft in vergelijking met het Nieuw Nationaal Model (NNM) en DOVIS-A.

Voor elk van de interne gevaren (zie paragraaf 2.1.2) is gekeken naar de impact op de reactorveiligheid, de prestaties van de veiligheidssystemen en zekerstelling van de drie fundamentele veiligheidsfuncties. Zoals gerapporteerd in het Veiligheidsrapport [1] is gebleken dat de interne gevaren worden beheerst door het conservatieve ontwerp van de systemen van de PALLAS-reactor, zoals ruimtelijke scheiding van redundante (dubbel uitgevoerde) systeemonderdelen.

Voor de locatie van de PALLAS-reactor zijn de relevante menselijke en natuurlijke externe gevaren geïdentificeerd (zie paragraaf 2.1.2). Het uitgangspunt van het ontwerp van de PALLAS-reactor is dat voldoende bescherming tegen deze externe gevaren geboden wordt, zodat de veiligheidssystemen, die zich in de gebouwen bevinden, geen nadelige gevolgen van deze gevaren ondervinden. Hierbij wordt voorkomen dat een extern gevaar zich op enigerlei wijze kan verspreiden en daarmee andere storingen van systemen kan veroorzaken die tot interne gebeurtenissen of gevaren kunnen leiden. In het Veiligheidsrapport [1] is aangevoond dat het reactorgebouw en de daarin opgenomen bescherming tegen een neerstortend vliegtuig bestand zijn tegen de gevolgen van de externe gevaren vliegtuigongeval, explosie, aardbeving, extreme weersomstandigheden en brand.

De onderlinge invloed van de PALLAS-reactor en de bestaande nucleaire faciliteiten op de EHC als gevolg van een radiologisch ongeval is beperkt tot een mogelijke evacuatie van de faciliteiten als gevolg van radioactieve lozingen bij een ongeval van een van de faciliteiten. Uit de Veiligheidsrapporten van de bestaande faciliteiten zijn geen ongevallen bekend, die kunnen leiden tot een ongeval bij de PALLAS-reactor. Er zijn voorzieningen aanwezig om bij een radiologisch ongeval waarbij evacuatie noodzakelijk is, zorg te dragen voor het veilig uit bedrijf nemen van de faciliteiten. Voor de PALLAS-reactor zal dit ook het geval zijn. Een domino-effect leidend tot ongevallen bij meerdere faciliteiten tegelijkertijd is daarom niet voorzien.

Concluderend geldt dat met de veiligheidsanalyses zoals gerapporteerd in het Veiligheidsrapport [1] is aangevoond dat, als gevolg van de gepostuleerde gebeurtenissen, de acceptatiecriteria voor de radiologische gevolgen voor het reactorpersoneel of de bewoners (effectieve dosis en schildklierdosis) in de omgeving niet worden overschreden.

5.1.2 Kernschadefrequentie en toelaatbaar risico

De resultaten van de uitgevoerde probabilistische veiligheidsanalyse (zie paragraaf 2.1.3) zijn behandeld in hoofdstuk 16 van het Veiligheidsrapport van de PALLAS-reactor [1]. Deze resultaten tonen aan dat het ontwerp van de PALLAS-reactor voldoet aan de gestelde risicocriteria:

- De kernschadefrequentie voor interne gebeurtenissen is 9×10^{-9} per jaar. Deze waarde is ruim een factor 100 maal kleiner dan de limiet van 1×10^{-6} per jaar uit de ANVS Handreiking VOBK.
- Het individuele risico voor de meest kritische groep (kinderen), voldoet met een waarde van 2×10^{-10} per jaar ruimschoots aan de limiet van het Bkse van 10^{-6} per jaar.
- Aan het criterium voor het groepsrisico van het Bkse wordt voldaan. Het groepsrisico blijft ruim onder de criteria van het Bkse.

5.1.3 Grensoverschrijdende effecten

Met betrekking tot eventuele grensoverschrijdende effecten in het kader van het Espoo-verdrag geldt dat zowel de dichtstbijzijnde landgrens van Duitsland als die van België op ongeveer 140 km van de geplande locatie voor de PALLAS-reactor ligt. Zoals aangegeven in het beoordelingskader zijn in de handreiking VOBK-zones en interventiewaarden voor gepostuleerde kernsmeltongevallen beschreven. Als ontwerpvoorwaarde voor dergelijke ongevallen geldt dat buiten de schuilzone, tot maximaal 5 km van de terreingrens, de maximale gevolgen voor de bevolking zodanig beperkt moeten zijn dat geen schuilen, evacuatie of het uitdelen van de jodiumprofylaxe nodig is. De afstand tot de landgrenzen is ruim meer dan 5 km, zodat er zelfs als gevolg van de ernstigste aan te nemen ongevallen geen grensoverschrijdende beschermingsmaatregelen nodig zullen zijn.

De maximale stralingsbelasting als gevolg van radioactieve lozingen die vrijkomen tijdens een ongeval dient te voldoen aan de wettelijke criteria (zie beoordelingskader). De maximale stralingsbelasting treedt op aan of op een beperkte afstand van de terreingrens. Gezien de grote afstand tot de dichtstbijzijnde landgrenzen zal de stralingsbelasting daar als gevolg van radioactieve lozingen en de daarbij optredende milieueffecten ordes van grootte lager zijn dan de wettelijke criteria en daarom niet significant zijn. Een vergelijkbare redenering geldt overigens ook voor de reguliere lozingen tijdens normaal bedrijf, waarvan de stralingsbelasting vele malen lager is.

Geconcludeerd kan worden dat er ten aanzien van nucleaire veiligheid geen rekening hoeft te worden gehouden met grensoverschrijdende effecten.

5.2 Effectbeoordeling

5.2.1 Bouwfase

Met betrekking tot de projectfasen geldt dat de bouwfase van de PALLAS-reactor voor het grootste deel niet relevant is voor de nucleaire veiligheid, aangezien er voor het grootste deel van de bouwfase⁷ nog geen splijtstoffen of andere radioactieve stoffen in de installatie aanwezig zijn. Aan het einde van de bouwfase en voorafgaand aan de eerste belading van de kern, zullen de splijtstofelementen voor de eerste kern in een daarvoor geschikte opslagruimte worden opgeslagen. Hetzelfde geldt voor de opstartbron en eventueel voor benodigde kalibratiebronnen. De opslag is zodanig geconfigureerd dat de insluiting van de radioactieve stoffen en de onderkritikaliteit van de splijtstofelementen in alle voorziene gevallen is gewaarborgd (zie verder het Veiligheidsrapport).

De bouwfase kan invloed hebben op de direct naastgelegen nucleaire faciliteiten, het Hot Cell Laboratorium (HCL) en de Molybdeen Productie Faciliteit (MPF). De realisatie van de bouwput voor het reactorgebouw brengt een tweetal risico's met zich mee voor de nucleaire veiligheid van de reeds aanwezige nucleaire installaties.

⁷ 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

Ten eerste kan het aanbrengen van de bouwputwanden gepaard gaan met trillingen, die tot schade aan naast liggende gebouwen kan leiden. Gezien de mogelijke gevoeligheid voor trillingen van de naast liggende metselwerk gebouwen wordt voor een trillingsarme bouwmethodiek gekozen. Door de keuze van diepwanden (sleuven in de grond die wordt gevuld met beton) als bouwputwand en boorpalen worden de trillingen voorkomen.

Ten tweede leidt het ontgraven van de bouwput tot zettingen in de omgeving. Het invloedsgebied van deze zettingen bedraagt 1,5x de diepte van de ontgraving (circa 30m) waarbij vlak naast de bouwput de grootste zettingen optreden. In het ontwerprapport van de bouwput is berekend dat de gekozen wanden leiden tot een zettingsinvloed op maximaal 21 m afstand. De afstand tot de bestaande gebouwen is meer dan 50m, dus die liggen niet in het invloed gebied. De overige nucleaire faciliteiten, waaronder de HFR, ondervinden geen risico, aangezien deze ver buiten de invloedsfeer liggen.

In de bouwfase zijn er dus twee oorzaken met mogelijke effecten op de nucleaire veiligheid:

1. Het optreden van calamiteiten door het opslaan van radioactieve stoffen door PALLAS.
2. Het veroorzaken van trillingen en zettingen met effect naar andere nucleaire activiteiten op de EHC.

Zoals hierboven aangegeven geven beide op alle beoordelingscriteria die zijn beschouwd geen effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 13 Effectbeoordeling nucleaire veiligheid in de bouwfase

Beoordelingscriteria	Score
Radiologische eisen bij veronderstelde ongevallen: <ul style="list-style-type: none"> • Effectieve dosis voor omwonenden • Schildklierdosis 	0
Kernschadefrequentie	0
Toelaatbaar risico als gevolg van ongevallen: <ul style="list-style-type: none"> • Individueel risico • Groepsrisico 	0
Grensoverschrijdende effecten	0

5.2.2 Overgangsfase

In de referentiesituatie zijn zowel de PALLAS-reactor als de HFR tijdens de overgangsfase in bedrijf en moet rekening gehouden worden met de som van de risico's voor de omgeving. Omdat beide reactoren elk over een eigen Kernenergiewetvergunning (zullen) beschikken, is in eerste instantie het wettelijk kader bepalend voor het toegestane risico.

In de overgangsfase zal onverminderd worden voldaan aan de radiologische eisen bij veronderstelde ongevallen en aan de maximaal toelaatbare kernschadefrequentie. Ten aanzien van het toelaatbaar risico als gevolg van ongevallen geldt dat het effect van de voorgenoemde activiteit ten opzichte van de referentiesituatie zeer beperkt zal zijn waarbij onverminderd zal worden voldaan aan de betreffende eisen.

In de overgangsfase kunnen beide reactoren tegelijkertijd in bedrijf zijn waarvoor in totaal meer koelwater nodig is. De koelcapaciteit voor normaal bedrijf zou dan in principe in gevaar kunnen komen bij een lage waterstand in het kanaal (zie het achtergrondrapport Oppervlaktewater). Aangezien de benodigde hoeveelheid koelwater na afschakeling van de reactoren veel kleiner is dan tijdens normaal bedrijf zal dit geen probleem opleveren. De benodigde koelcapaciteit van twee zojuist afgeschakelde reactoren ligt namelijk ruimschoots onder de benodigde koelcapaciteit voor één reactor op vol vermogen. Daarbij is het koelwater niet strikt noodzakelijk voor het waarborgen van de veiligheid. Indien in een extreem geval de waterstand toch dermate laag zou zijn dat voldoende koelwater voor de veiligheid een probleem zou kunnen zijn dan kan het in bedrijf zijn van de reactoren voor die periode gestaakt worden. Voor de veiligheid zal dit daarom geen probleem vormen.

Voor de beoordelingscriteria die zijn beschouwd in de overgangsfase geldt geen effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 14 Effectbeoordeling nucleaire veiligheid in de overgangsfase

Beoordelingscriterium	Score
Radiologische eisen bij veronderstelde ongevallen: <ul style="list-style-type: none"> • Effectieve dosis voor omwonenden • Schildklierdosis 	0
Kernschadefrequentie	0
Toelaatbaar risico als gevolg van ongevallen: <ul style="list-style-type: none"> • Individueel risico • Groepsrisico 	0
Grensoverschrijdende effecten	0

5.2.3 Exploitatiefase

Zoals hierboven aangegeven zullen de mogelijke radiologische gevolgen en het risico voor omwonenden als gevolg van de PALLAS-reactor lager zijn dan van de HFR, door toepassing van verbeterde technieken en het voldoen aan strengere eisen. Er zal voldaan worden aan de wettelijke dosis- en risicocriteria zoals beschreven in het beoordelingskader.

De exploitatiefase zal daarmee leiden tot een beperkte verbetering van de nucleaire veiligheid van de EHC. Deze scoort daarom ten aanzien van de beoordelingscriteria als volgt:

- Radiologische eisen bij ongevallen: positief (+) ten opzichte van de referentiesituatie.
- Kernschadefrequentie: positief (+) ten opzichte van de referentiesituatie.
- Toelaatbaar risico: positief (+) ten opzichte van de referentiesituatie.
- Grensoverschrijdende effecten: geen effect (0), aangezien deze effecten ook bij de HFR niet aanwezig zijn.

Tabel 15 Effectbeoordeling nucleaire veiligheid in de exploitatiefase

Beoordelingscriterium	Score
Radiologische eisen bij veronderstelde ongevallen: <ul style="list-style-type: none"> • Effectieve dosis voor omwonenden • Schildklierdosis 	+
Kernschadefrequentie	+
Toelaatbaar risico als gevolg van ongevallen: <ul style="list-style-type: none"> • Individueel risico • Groepsrisico 	+
Grensoverschrijdende effecten	0

6 MITIGERENDE MAATREGELEN

Zoals aangegeven in het voorgaande hoofdstuk voldoet de PALLAS-reactor met betrekking tot de Nucleaire Veiligheid aan dosislimieten en risicocriteria voor ongevallen zoals vastgesteld in het beoordelingskader. Hiertoe is de PALLAS-reactor voorzien van diverse veiligheidsvoorzieningen en een noodorganisatie zoals deze zijn beschreven in het Veiligheidsrapport [1].

Ten aanzien van de eventueel mogelijke invloed tijdens de bouwphase als het gevolg van zettingen op andere gebouwen, geldt dat er maatregelen mogelijk zijn die de zettingen sterk verminderen en binnen acceptabele grenzen brengen. Dit betreft het kiezen van zwaardere diepwanden, het toepassen van extra stempellagen en het voorspannen van stempels. Deze laatste maatregelen zullen altijd in combinatie met voorspellende berekeningen worden bepaald en bewaakt in de uitvoeringsperiode met een intensief monitoringsprogramma.



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. Dit kan op detailpunten invloed hebben op de hiervoor beschreven aspecten van de nucleaire veiligheid, maar zal geen afbreuk doen aan het voldoen aan veiligheidscriteria.

8 LITERATUURLIJST

- [1] PALLAS, Veiligheidsrapport PALLAS-reactor, 2022.
- [2] Kernenergiewet (Kew).
- [3] ANVS, „ANVS Handreiking Niveau-3 PSA,” maart 2020.
- [4] Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse).
- [5] Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs), geldend op 01-07-2020.
- [6] Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties.
- [7] ANVS, „Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig bedienen van kernreactoren VOBK – Dutch Safety Requirements DSR,” ANVS, Den Haag, Oktober 2015.
- [8] Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Wet milieubeheer.
- [9] „Dosisberekening voor de Omgeving bij Vergunningsverlening Ioniserende straling, A. Lozingen in lucht en water (DOVIS-A),” RIVM, 2002.
- [10] NRG, „Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten, Part 1 “Algemeen & Centrale voorzieningen”,” NRG, Petten, 18 maart 2019.
- [11] NRG, „Veiligheidsrapport HFR, Veiligheidsanalyses (Hoofdstuk 16), NO NV HFR OD 0047,” NRG, Petten, 2003.
- [12] LEOPS (ARCADIS/NRG), „Population distribution and use of land and water - PALLAS Site Characterisation,” Arnhem, 2016.
- [13] Y. K. H. R. e. C. Z. M. Leenders, Jodiumprofylaxe bij kernongevallen, 348804004/2004, RIVM, 2004.



COLOFON

ACHTERGRONDRAPPORT NUCLEAIRE VEILIGHEID
PROJECT-MER PALLAS

KLANT

[REDACTED]

AUTEUR

[REDACTED]

PROJECTNUMMER

C05011.000642

ONZE REFERENTIE

D10008766 V2

DATUM

23 mei 2022

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

[REDACTED]

[REDACTED]

Arcadis Nederland B.V.

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

www.arcadis.com