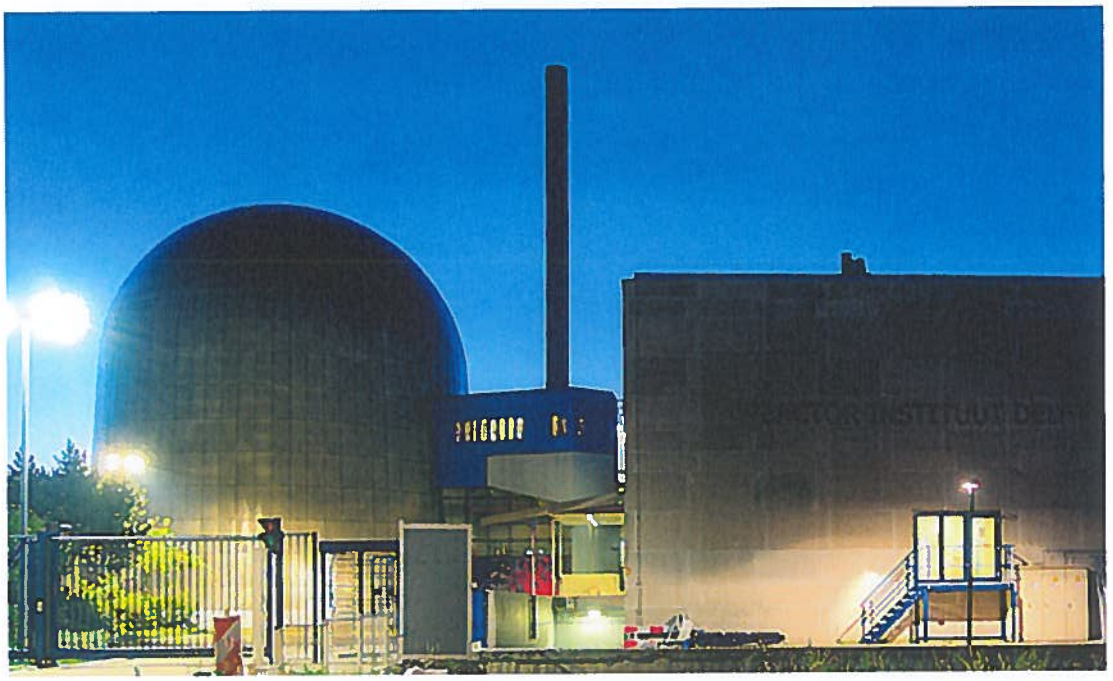
Milieueffectrapportage
OYSTER

Hoger Onderwijsreactor
(HOR-MER)

Augustus 2018



Inhoudsopgave

1 Inleiding 5

2 Achtergrond, beleid en besluiten 7

2.1. Achtergrond 7
2.2. Toetsingskader 9
2.2.1. Wetgeving 10
2.2.2. Geldende vergunningen 13
2.2.3. Beoordelingskader 14
2.2.4. Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS) 18

3 Beschrijving huidige installatie 19

3.1. Algemene beschrijving van de reactor 19
3.2. Organisatorische veiligheidsmaatregelen en voorzieningen 23
3.2.1. Bedrijfsvoeringsorganisatie van de HOR 24
3.2.2. Veiligheidsorganisatie 24
3.3. Technische veiligheidsmaatregelen en voorzieningen 26
3.3.1. Insluiting en afscherming van radioactieve stoffen 26
3.3.2. Koeling van de reactorkern 27
3.3.3. Actieve beveiligingssystemen 27
3.3.4. Brandveiligheidsvoorzieningen 28
3.3.5. HollandPTC 29
3.3.6. Elektronen versneller 29
3.3.7. Laboratoria en werkplaatsen 29
3.3.8. Centrale computerfaciliteit 30

4 Voorgenomen activiteit en alternatieven 31

4.1. Voorgenomen activiteit 31
4.1.1. Algemeen 31
4.1.2. Technische uitvoering van de CNS faciliteit 32
4.1.3. Uitvoering overige aanpassingen 39
4.1.4. Realisatie van de CNS faciliteit 41
4.1.5. Exploitatie met de CNS faciliteit 43
4.2. Beschrijving van de alternatieven 44
4.2.1. Nulalternatief 45

4.2.2. Verhoging reactorvermogen 45
4.2.3. Toepassing van superkritisch waterstof 45
4.2.4. Deuterium als moderator 46
4.2.5. Alternatief voor de heliumkoeling 47
4.2.6. Alternatieve locatie koelinstallatie en traject leidingen 47
4.2.7. Positie van de waterstofbuffertank 48
4.2.8. Resulterende alternatieven 49
5 Bestaande milieusituatie, autonome ontwikkeling en milieugevolgen 50
5.1. Nucleaire veiligheid en stralingsbelasting 50
5.1.1. Normaal bedrijf 50
5.1.2. Nucleaire veiligheid 54
5.2. Conventionele milieugevolgen 58
5.2.1. Geluidshinder 59
5.2.2. Invloed op landschap en natuur 61
5.2.3. Gebruik van gevaarlijke stoffen 62
5.2.4. Energieverbruik 64
5.2.5. Bodem 64
5.2.6. Milieugevolgen tijdens de constructie 65
5.2.7. Archeologie 66
6 Vergelijking van alternatieven 67
7 Leemten in milieu informatie en evaluatie 69
7.1. Leemten in milieu informatie 69
7.2. Evaluatieprogramma 69
Referenties 70
Lijst van tabellen 71
Lijst van figuren 71
Lijst van afkortingen 73
Bijlage A Ligging RID en HOR 75
Bijlage B Overzicht en plattegrond van het RID terrein 77
Bijlage C Figuur CNS installatie 79
Bijlage D KEW-vergunningen RID 80

1 Inleiding

De Technische Universiteit Delft (TUD) maakt gebruik van een onderzoeksreactor, de Hoge Onderwijs Reactor (HOR) op het terrein van het Reactor Instituut Delft (RID). De TUD beschikt voor deze activiteiten over een vergunning op grond van de Kernenergiewet (Kew).

De TUD heeft het voornemen om haar onderzoeksreactor te moderniseren. Dit moet mogelijk worden gemaakt op grond van een nieuwe Kernenergiewet-vergunning. Deze nieuwe vergunning wordt onderbouwd met een Milieueffectrapport (MER) en aanpassingen van het Veiligheidsrapport. De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) is bevoegd gezag in deze procedure.

De aanvraag voor de Kew-vergunning betreft een wijzigingsvergunning, die geldt voor de voorgenomen activiteit van het RID als aanvulling op de eerder verleende vergunningen. Daartoe worden onder meer aanpassingen voor het Veiligheidsrapport [2] opgesteld. Het onderhavige MER betreft in dit kader de te verwachten milieueffecten van de voorgenomen wijzigingen in relatie tot de reeds vergunde milieueffecten van de inrichting.

Op 1 mei 2013 heeft de TUD de "Mededeling Milieueffectrapportage OYSTER" bij het bevoegd gezag ingediend, waarmee de MER procedure officieel van start is gegaan. In deze mededeling is aangegeven dat de modernisering van de reactor, middels het project onder de naam OYSTER, drie onderdelen omvat:

- het verhogen van het continue, nominale (thermische) reactorvermogen van 2 MW naar 3 MW met als doel de verhoging van de neutronenflux (het aantal neutronen per vierkante centimeter)
- het aanbrengen van een koude bron (neutronenkoeler) naast de reactorkern met als doel de neutronen van de reactor te vertragen
- de herconfiguratie van de kern met als doel de cycluslengte van de kern en de neutronenflux voor experimenten te optimaliseren.

Inmiddels is besloten dat van deze drie onderdelen van de voorgenomen activiteit, alleen de tweede (het aanbrengen van een koude bron) zal worden uitgevoerd. Alleen dit onderdeel is daarom behandeld in deze milieueffectrapportage en is onderdeel van de vergunningsaanvraag. Ten behoeve van de koude

bron installatie is recent een gebouw met hulpinstallaties vergund en gebouwd. De vergunning hiervoor betreft het gebruik van de installaties voor een testopstelling van de koude bron buiten het reactorgebouw. Het gebruik ten behoeve van de koude bron installatie in het reactorgebouw is onderdeel van de onderhavige vergunningsaanvraag en MER.

In het Besluit MER (bijlage 1, onderdeel C en D) zijn categorieën van activiteiten benoemd waarbij het opstellen van een Mer-rapportage of een Mer-beoordelingsrapportage noodzakelijk is. Voor de voorgenomen wijzigingen en activiteiten geldt geen Mer(beoordelings)plicht op basis van bijlage 1 van dat besluit. Toch is besloten om voor de onderhavige vergunningswijziging in het kader van de Kew een Mer-rapportage op te stellen. Een beoordeling van de betreffende milieuaspecten en de nucleaire veiligheid maakt hier onderdeel van uit.

De mededeling is ter inzage gelegd en advies is gevraagd aan de Commissie MER. Op 4 juli 2013 heeft de Commissie haar advies over de reikwijdte en het detailniveau van het door TUD op te stellen MER uitgebracht (rapportnummer 2791-18). De mededeling, de wettelijke eisen aan de inhoud van een MER, het advies van de Commissie en alle ingebrachte zienswijzen vormden voor het bevoegd gezag de basis voor de inhoud van haar advies van 31 oktober 2013. Dit advies vormt de basis voor de reikwijdte en het detailniveau van dit MER. Daarbij moet worden opgemerkt dat door het beperken van de scope van het project ten opzichte van het gestelde in de mededeling (zie hierboven) niet alle onderdelen van het advies nog van toepassing zijn. Zo is een deel van de in het advies genoemde alternatieven niet meer van toepassing omdat deze de vervallen onderdelen van de voorgenomen activiteit betreffen.

In dit MER worden de milieugevolgen beschreven van de voorgenomen uitbreiding en aanpassing, en van alternatieven daarvoor. Het MER wordt tezamen met de Kernenergiewet-vergunningaanvraag bij het bevoegd gezag ingediend en dient ertoe om het milieubelang bij de beslissing op die aanvraag een volwaardige plaats te geven.

De initiatiefnemer van deze m.e.r.-procedure voor de uitvoering van het OYSTER project is:

Technische Universiteit Delft

Stevinweg 1

Postbus 5

2600 AA Delft.

2

Achtergrond, beleid en besluiten

2.1. Achtergrond

Het RID is in Nederland het universitair centrum voor straling gerelateerd onderzoek en onderwijs. Het RID is in zijn werkzaamheden partner van nationale en internationale universitaire instellingen en draagt bij aan fundamenteel onderzoek op verschillende terreinen, waaronder duurzame energie en gezondheid. Door een combinatie van expertise, de reactor, de juiste instrumenten en een laagdrempelige toegang is het RID daarnaast ook het aanspreekpunt voor het Nederlandse bedrijfsleven die op zoek is naar innovatieve toepassingen die kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van nieuwe producten.

Straling gerelateerd onderzoek, zoals uitgevoerd bij het RID, maakt het mogelijk allerlei materialen tot in detail te bestuderen. Met de opgedane kennis worden nieuwe materialen en concepten ontwikkeld, die kunnen variëren van nieuwe diagnostische en behandelingstherapieën voor het bestrijden van onder meer kanker tot nieuwe materialen voor efficiënte opslag van energie in bijvoorbeeld batterijen.

Het RID investeert voortdurend in betere methodes en technieken, en de komende jaren zal met het project OYSTER dit in een stroomversnelling gaan plaatsvinden en zullen de toepassingen gekoppeld aan de reactor in korte tijd een stuk preciezer worden en breder inzetbaar voor de wetenschap.

In het OYSTER project wordt naast de reactorkern een reservoir met sterk gekoeld waterstof (de koude bron) geplaatst. Hiermee worden de in de reactor opgewekte neutronen tot een extreem lage temperatuur gekoeld. Bij deze lage temperatuur kunnen de onderzoekers de neutronen beter 'sturen' voor nog betere onderzoeksresultaten. Tevens wordt nieuwe meetapparatuur ontwikkeld die gebruik maakt van de gekoelde neutronen. Met deze nieuwe instrumenten kunnen metingen worden uitgevoerd die nu nog niet mogelijk zijn. Door middel van deze aanpassingen kan het RID circa honderd keer beter metingen uitvoeren dan nu het geval is. Deze verbetering zal bijdragen aan hoogstaand wetenschappelijk onderzoek, versnelde innovatie en daarmee aan onze Nederlandse kenniseconomie.

Zoals in de inleiding aangegeven wordt in het OYSTER project alleen de installatie van de koude bron uitgevoerd en niet de eerder voorziene verhoging van het reactorvermogen en de herconfiguratie van de kern. Met de toepassing van de koude bron wordt vooral de kwaliteit van het onderzoek met de reactor verhoogd terwijl de twee andere wijzigingen met name gericht waren op de verhoging van de efficiëntie van het onderzoek. Vanwege de hoge kosten die met de wijzigingen gemoeid zijn was een keuze tussen de voorziene wijzigingen noodzakelijk waarbij gekozen is voor de verhoging van de kwaliteit van het onderzoek.

Doordat in Delft experimentele en fundamentele onderzoeksprogramma's mogelijk zijn, neemt de Nederlandse onderzoeksreactor een onmisbare plaats in tussen grote internationale instituten. Na OYSTER wordt deze positie sterker: meer onderzoek, grotere precisie en met een grotere spin off naar de samenleving. De nieuwe mogelijkheden na OYSTER zorgen voor:

- continuering van de aansluiting bij internationale topinstituten in de wereld
- een impuls voor het wetenschappelijk onderzoek bij de TU Delft
- een impuls voor productontwikkeling in Nederland en ver daarbuiten
- ontwikkeling van effectievere behandelmethodes in de gezondheidszorg
- ontwikkeling van nieuwe mogelijkheden bij energieopwekking en –opslag.

Zo is het RID onderdeel van een internationaal netwerk van topinstituten dat in Delft kennis en instrumenten betrekt voor eigen onderzoek. In dat kader is het RID gevraagd om bij te dragen aan het te ontwikkelen Europese neutronen-instituut European Spallation Source.

Voor een grote groep (multinationale) bedrijven is het RID van groot belang bij het ontwikkelen van producten in de voedingsmiddelenindustrie, micro-elektronica, staal- en kunststofproductie etc.

In de gezondheidszorg werkt het RID samen met academische ziekenhuizen bij het ontwikkelen van diagnostische en behandeltherapieën voor het bestrijden van onder meer kanker. Het RID beschikt over een programma dat zich grotendeels richt op het gebruik van radioactiviteit binnen de geneeskunde, bijvoorbeeld binnen de radiodiagnostiek en radiotherapie. Er wordt nauw samengewerkt met academische ziekenhuizen bij de ontwikkeling van bijvoorbeeld een nieuwe generatie radio-isotopen of 'nucleaire medicijnen' die heel precies kankercellen bestrijden zonder gezond weefsel te beschadigen. OYSTER zal deze medische ontwikkeling een grote impuls geven.

Voor de energiesector leidt neutronen-onderzoek tot betere methodes voor opslag van energie met waterstof en batterijen. Opslag van energie is essentieel om elektrische mobiliteit mogelijk te maken en duurzame energiebronnen, zoals zonnecellen en windmolens, efficiënter te benutten. Binnen het RID wordt onder andere gewerkt aan de ontwikkeling van nieuwe materialen voor effectieve opslag van energie, bijvoorbeeld in lithiumbatterijen. Bij het RID wordt gezocht naar betere lithiumbatterijen met een

kortere laadtijd en een grotere energie-inhoud. OYSTER zal tot meer kennis over deze batterij-materialen leiden en daarmee de ontwikkeling van een 'super-batterij' bespoedigen.

2.2. Toetsingskader

In deze paragraaf wordt het toetsingskader geschetst waarbij een toelichting wordt gegeven op de voor de besluitvorming meest relevante randvoorwaarden. Het mogelijk van toepassing zijnde toetsingskader betreft:

- wetgeving:
  - Kernenergiewet met bijbehorende uitvoeringsbesluiten, zoals het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs) en het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse)
  - Wet milieubeheer
  - Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo)
  - Besluit omgevingsrecht (BOR)
  - Besluit Milieueffectrapportage
  - Algemene wet bestuursrecht
  - Arbeidsomstandighedenwet (ARBO)
  - Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI en REVI)
  - Besluit risico's zware ongevallen 2015 (BRZO)
  - Grondwaterbescherming
  - Wet Natuurbescherming
  - Wet geluidhinder/Besluit geluidhinder
  - Waterwet
  - Activiteitenbesluit
- geldende vergunningen
- beoordelingskader:
  - wettelijk kader Kernenergiewet
  - risiconormering voor ontwerpongevallen
  - risiconormering voor ernstige ongevallen
  - veiligheidsnormen en –richtlijnen
  - Handreiking VOBK (Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren)
- Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS).

2.2.1. Wetgeving

Kernenergiewet

De Kernenergiewet (Kew) is een raamwet die betrekking heeft op activiteiten waarbij met ioniserende straling wordt gewerkt of waarbij deze straling vrijkomt. Het doel van de wet is volgens de Memorie van Toelichting:

- de bevordering van een goede ontwikkeling betreffende het vrijmaken en het gebruik van radioactieve stoffen en van ioniserende straling uitzendende apparatuur
- bescherming tegen de gevaren die zijn verbonden aan het gebruik van radioactieve stoffen en ioniserende straling.

De wet heeft onder meer betrekking op:

- nucleaire veiligheid
- de volksgezondheid
- de bescherming op de arbeidsplaats tegen de gevaren van radioactieve stoffen en ioniserende straling
- het bevorderen van de milieuhygiëne.

De Kernenergiewet kent meerdere vergunningstelsels die relevant zijn voor de HOR. Zij hebben betrekking op het wijzigen van een inrichting (artikel 15, onder b), het voorhanden hebben van splijtstoffen (artikel 15, onder a) en het voorhanden hebben, toepassen en zich ontdoen van radioactieve stoffen (artikel 29, eerste lid). Eén en ander wordt nader uitgewerkt in het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) en het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs).

Het Bkse bevat onder meer algemene regels met betrekking tot de gegevensverstrekking over de (wijzigingen in) inrichtingen. Het Bbs bevat verder bepalingen met betrekking tot de principes en de normstelling voor stralingsbescherming (zie verder paragraaf 2.2.3).

De Kew en de bovengenoemde besluiten zijn de afgelopen jaren geharmoniseerd met Europese wetgeving. Dit geldt met name de Richtlijn 96/29/Euratom die de basisnormen stelt voor de bescherming van de gezondheid van de bevolking en de werkers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren (PbEG 1996, L 159). In dit kader is ook de Ministeriële Regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties (IENM/BSK-2017/128532), met algemene regels inzake de nucleaire veiligheid van kerninstallaties en gebaseerd op de Richtlijn 2014/87/Euratom, van belang.

Wet milieubeheer

Een aantal onderdelen van de Wet milieubeheer (Wm) zijn van overeenkomstige toepassing op de Kew, bijvoorbeeld de bepalingen betreffende milieueffectrapportage (hoofdstuk 7). De conventionele milieuaspecten van kernreactoren worden aan het toetsingskader van de Wet milieubeheer getoetst. De vergunning in het kader van de Wm is geïntegreerd in de Kernenergiewet-vergunning.

Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo)

De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) regelt de omgevingsvergunning. De omgevingsvergunning is één geïntegreerde vergunning voor bouwen, wonen, monumenten, ruimte, natuur en milieu. Het deel milieu valt voor RID onder de Kernenergiewet en daarom is er geen aanvraag voor milieu in het kader van de Wabo nodig. De bouwvergunning is gekoppeld aan Kew-vergunning.

Besluit omgevingsrecht (BOR)

Het Besluit omgevingsrecht (Bor) is een algemene maatregel van bestuur op grond van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). In het Bor staat onder andere voor welke activiteiten een omgevingsvergunning verplicht is en de algemene voorschriften over de aanvraag omgevingsvergunning

Besluit milieueffectrapportage

Volgens categorie 22.3 van de D-lijst bij het Besluit m.e.r. (milieu-effectrapportage) is de voorgenomen activiteit m.e.r.-beoordelingsplichtig, zoals aangegeven in de mededeling. De m.e.r.-beoordelingsplicht houdt in dat het Bevoegd Gezag dient te beoordelen of een MER dient te worden opgesteld. De TU Delft heeft gemeend dit oordeel van het bevoegd gezag niet te vragen en heeft in overleg besloten om een Milieueffectrapport (MER) te maken. Verder geldt dat door de beperking van de scope ten opzichte van de mededeling (zie hoofdstuk 1) categorie 22.3 van de D-lijst niet meer van toepassing is. Desondanks is een MER met beperkte scope opgesteld.

Algemene wet bestuursrecht

De Algemene wet bestuursrecht (Awb) bevat de procedurele bepalingen voor besluiten ingevolge de Kew. De Wm bevat ten opzichte van de Awb aanvullende procedureregels voor vergunningen en coördinatie bij vergunningaanvragen alsmede voor zienswijzen en beroep tegen besluiten.

Arbeidsomstandighedenwet (ARBO)

De Arbeidsomstandighedenwet (of kortweg Arbowet) is een Nederlandse wet die regels bevat voor werkgevers en werknemers om de gezondheid, de veiligheid en het welzijn van werknemers en zelfstandig ondernemers te bevorderen. Doel is om ongevallen en ziekten, veroorzaakt door het werk, te voorkomen.

Besluit en regeling externe veiligheid inrichtingen (Bevi & Revi)

In het Bevi en het Revi zijn eisen opgenomen ten aanzien van handelingen met gevaarlijke stoffen en de daaruit voortkomende risico's naar de omgeving. Onderhavige inrichting is niet opgenomen in de lijst van type bedrijven waarvoor het Besluit externe veiligheid inrichtingen of de regeling van toepassing is.

Besluit risico's zware ongevallen (Brzo)

Het Brzo stelt eisen aan bedrijven waar wordt gewerkt met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen. In de inrichting vinden geen activiteiten plaats waarbij op grote schaal gevaarlijke stoffen worden op- en overgeslagen. De stoffen waarmee wordt gewerkt vallen niet onder het Besluit risico's zware ongevallen.

Grondwaterbescherming

De inrichting is niet gelegen binnen een grondwaterbeschermingsgebied zoals opgenomen in de provinciale milieuverordening van de provincie Zuid-Holland.

Wet Natuurbescherming

Het RID is gelegen in Delft op het terrein van de TU-Delft. Dit terrein ligt niet aan of in een Natura 2000-gebied of een natuurbeschermingsgebied, en er vinden ook geen emissies plaats die invloed hebben op deze gebieden in de omgeving.

In oktober 2010 is een quick-scan flora en fauna uitgevoerd ten behoeve van de oprichting van het HollandPTC gebouw. Op basis van deze quick-scan heeft de gemeente Delft per beschikking omgevingsvergunning van 18 maart 2013 geconcludeerd dat geen ontheffing nodig is voor de Flora- en faunawet. Aangezien het CNS-Utility gebouw, in tegenstelling tot het HollandPTC gebouw, tussen de bestaande gebouwen op het bebouwde deel van het RID terrein zal worden gebouwd zal dit ook voor het CNS-Utility gebouw gelden.

Een beoordeling en/of vergunning in het kader van de Wet Natuurbescherming zijn daarom niet aan de orde.

Wet geluidhinder

De inrichting is niet gelegen op een industrieterrein waarop een geluidzone conform de Wet geluidhinder van toepassing is.

Waterwet

Binnen de inrichting vindt lozing van hemel- en drainagewater op het oppervlaktewater plaats. De kwantiteit van het te lozen hemelwater valt onder de eisen van de Waterwet; de kwaliteit van het te lozen afvalwater valt onder de regels van het Activiteitenbesluit.

Activiteitenbesluit

Het Activiteitenbesluit bevat algemene milieuregels voor bedrijven. Bedrijven die onder het Activiteitenbesluit vallen hebben vaak geen vergunning voor het oprichten of veranderen nodig.

2.2.2. Geldende vergunningen

De vigerende Kernenergiewet-vergunning van het RID van 18 november 1996 met kenmerk E/EE/KK/96056756, laatstelijk gewijzigd bij beschikking met kenmerk ANVS-2017/9323 d.d. 14 augustus 2017, voorziet niet in de toepassing van de koude bron (zie overzicht van Kew-vergunningen in Bijlage D). Daarom doet het RID een aanvraag tot wijziging van deze vergunning. Het onderhavige Milieueffectrapport (MER) onderbouwt de aanvraag voor deze wijziging.

Bij de laatste wijziging van de Kernenergiewet-vergunning is al wel het CNS Utility gebouw en de daarin geplaatste koelinstallatie vergund voor het installeren en gebruiken van een testopstelling met een testversie van de koude neutronenbron aan het CNS-Utility gebouw. Hiermee bestaat de mogelijkheid om het niet-nucleaire deel van de CNS faciliteit (de koude bron installatie) te testen en de operators te trainen in het gebruik van de installatie. Hierdoor kan worden gewaarborgd dat deze installatie goed en veilig functioneert.

De voorgenomen wijziging wordt hierbij aangegrepen om te komen tot een wijzigingsvergunning, die geldt voor de voorgenomen activiteit van het RID als aanvulling op de eerder verleende vergunningen.

Naast de Kew-vergunning beschikt het RID over de volgende vergunningen:

- Waterwet (voorheen Wet verontreiniging oppervlaktewater (Wvo)); deze regelt de lozing van het afvalwater ten aanzien van verontreinigingsparameters en het lozingsvolume
- Gebruikersvergunning; deze regelt de brandveiligheid voor de gebruikers binnen het gebouw. Het RID beschikt over een gebruikersvergunning voor het gehele instituut in het kader van het Besluit brandveilig gebruik bouwwerken (Gebruiksbesluit).

De milieuaspecten die onder het regime van de Wet milieubeheer (Wm) vallen zijn geïntegreerd in de Kernenergiewet-vergunning. Wijziging van de Waterwet- en gebruikersvergunningen is niet voorzien als gevolg van de voorgenomen activiteit.

2.2.3. Beoordelingskader

Wettelijk kader Kernenergiewet

Het wettelijk kader is gebaseerd op de volgende drie principes van stralingsbescherming die zijn neergelegd in het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs):

- Rechtvaardiging (Bbs §2.2)

  Dit principe wil zeggen dat een activiteit pas wordt toegestaan als de sociale, economische en andere voordelen opwegen tegen de gezondheidsschade die er het gevolg van kan zijn. Bij de gezondheidsschade gaat het om de schade voor alle direct betrokkenen: werknemers en overige leden van de bevolking. Hiervoor zijn criteria aangegeven in de ministeriële Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Stcrt. 2018-1349). Hierin staat in bijlage 2.1 van een aantal toepassingen aangegeven dat deze algemeen gerechtvaardigd zijn. De HOR wordt met name genoemd onder categorie I.B.3 "Onderzoek en experimenten". Uit het feit dat Onderzoek en experimenten als een gerechtvaardigde activiteit wordt aangemerkt en dat een bedrijfsvergunning aan het RID is verleend, mag worden afgeleid dat het hier in zijn algemeenheid om een activiteit gaat die is toegestaan binnen de kaders van de van toepassing zijnde wet- en regelgeving. De specifieke rechtvaardiging van de voorgenomen activiteit dient onderdeel van de vergunning te zijn.

- Optimalisatie /ALARA (Bbs §2.3)

  Het ALARA-beginsel (As Low As Reasonably Achievable) is het streven naar zo laag als redelijkerwijs mogelijke emissies en blootstelling aan radioactiviteit. Bij de toepassing van dit beginsel wordt rekening gehouden met maatschappelijke en economische factoren en met zowel milieuhygiënische als arbeidshygiënische aspecten. Bij wijze van een globale invulling van ALARA kunnen door de overheid dosisbeperkingen voor specifieke activiteiten worden gesteld. Dosisbeperkingen zijn dus vooral bedoeld als hulpmiddel om ALARA toe te passen.

- Dosislimieten (Bbs §2.4; art. 18 Bkse)

  In geplande blootstellingsituaties die beroepsmatige blootstelling of blootstelling van leden van de bevolking met zich brengen of kunnen brengen, bedraagt de som van de doses voor één persoon niet meer dan een in artikel 7.3, 7.34, 7.35, 7.36 of 9.1 van de Bbs opgenomen dosislimiet.

  Dit zijn maximaal toegestane doses, die in geen geval overschreden mogen worden om een minimum beschermingsniveau te garanderen. In het Bbs is de dosislimiet bij normaal bedrijf voor

leden van de bevolking op 1 mSv per jaar gesteld (0,1 mSv per bron). Als arbeidslimiet geldt 20 mSv per jaar.

Risiconormering voor ontwerpongevallen

De installatie is ontworpen voor het kunnen beheersen van gepostuleerde ontwerpongevallen. Voor de ontwerpongevallen wordt, afhankelijk van de kans van optreden van het ontwerpongeval, een dosiscriterium vastgesteld via een getrapte schaal: hoe kleiner de kans, hoe groter de toelaatbare dosis. De relatie tussen de kans op optreden van het ontwerpongeval en de toelaatbare dosis ligt vast in Bkse art. 18.2.

In Tabel 2-1 zijn de kansgebieden met de bijbehorende maximale dosiswaarden aangegeven. Het kansgebied $F \geq 10^{-1}$ heeft betrekking op normaal bedrijf. De dosiscriteria zijn bedoeld om de kans op sterfte ten gevolge van lange-termijn effecten te beperken. Met lange-termijn effecten worden ziektes bedoeld, zoals kanker, die zich vele jaren na de bestraling kunnen openbaren. Dit in tegenstelling tot korte-termijn effecten, die het gevolg zijn van een zodanige beschadiging van organen, dat deze niet of verminderd functioneren. Deze effecten treden op binnen enkele uren of weken. Ze worden echter alleen waargenomen indien een hoge drempelwaarde wordt overschreden. Ter vermijding van korte-termijn effecten ten gevolge van jodiumopname door de schildklier is in een aanvullend criterium de maximale schildklierdosis gesteld op 500 mSv.

Tabel 2-1 Dosiscriteria voor ontwerpongevallen [Bron: Bkse art. 18.2][1]

Gebeurtenisfrequentie F per jaar	Maximaal toegestane effectieve dosis	
	personen vanaf 16 jaar	personen tot 16 jaar
$F \geq 10^{-1}$	0,1 mSv	0,04 mSv
$10^{-1} \geq F \geq 10^{-2}$	1 mSv	0,4 mSv
$10^{-2} \geq F \geq 10^{-4}$	10 mSv	4 mSv
$10^{-4} \geq F \geq 10^{-6}$	100 mSv	40 mSv

[1] In de Handreiking VOBK zijn strengere dosiscriteria voor storingen en ongevallen opgenomen. Deze gelden echter niet als toetsingskader voor een bestaande installatie. Voor zover redelijkerwijs mogelijk zal het RID wel proberen aan deze criteria te voldoen.

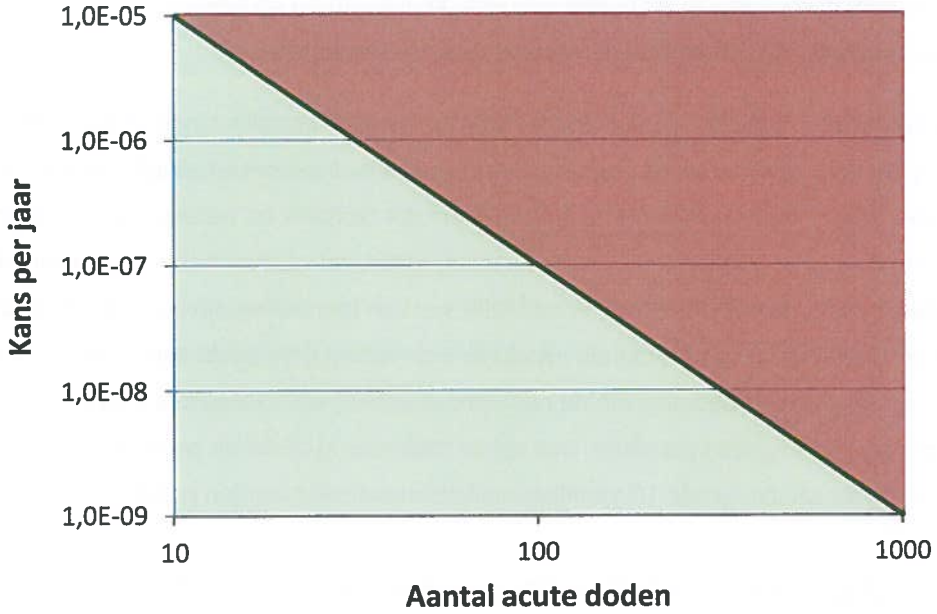
Risiconormering voor ernstige (buiten-ontwerp) ongevallen

Ook bij ongevallen waar in het ontwerp geen rekening mee is gehouden, is het van belang de gevolgen voor de omgeving te beperken. Ontwerpoverschrijdende gebeurtenissen worden doorgaans "buiten-ontwerpongevallen" of "ernstige ongevallen" genoemd. De kansen op dergelijk ongevallen zijn zeer klein. Bij de vergunningverlening wordt getoetst op normen ten aanzien van het zogenaamde Plaatsgebonden Risico en het Groepsrisico [Bron: Bkse art. 18.3][2]:

- Plaatsgebonden risico
  Uitgangspunt voor de bepaling van het Plaatsgebonden Risico (PR) is de multi-functionaliteit van de omgeving van een bron. Een bedrijf mag door zijn aanwezigheid geen extra belemmeringen opleveren voor de realistisch te achten gebruiksmogelijkheden (Stb. 1996-44). Het maximaal toelaatbaar (toegevoegd) Plaatsgebonden Risico voor leden van de bevolking bedraagt voor alle stralingsbronnen tezamen 10^{-5} per jaar en vanwege één bron 10^{-6} per jaar. Deze risico's drukken de kans uit dat een persoon ten gevolge van de ongevalsemissies van een bron direct of op latere leeftijd komt te overlijden. Hierbij wordt steeds de emissie over één jaar beschouwd. De toegevoegde kans op overlijden ten gevolge van dezelfde emissie in de rest van het leven van deze persoon wordt toegerekend aan datzelfde jaar. Zo komt bijvoorbeeld een risico van 10^{-6} overeen met een kans van één op de miljoen. Dat is dus de kans dat een persoon ten gevolge van de jaaremissie van een bron komt te overlijden (direct of op een later moment in zijn verdere leven). Om dit toetsbaar te maken moet de waarde van het plaatsgebonden risico buiten het bedrijfsterrein worden vastgesteld. Dit gebeurt met een risicoanalyse waarvoor de gehanteerde rekenmethode wordt voorgeschreven door het bevoegd gezag.

- Groepsrisico
  Bij grote ongevallen waarbij vele slachtoffers direct tijdens het ongeval of kort daarna kunnen vallen, wordt bovendien rekening gehouden met de maatschappelijke ontwrichting die dit teweeg zou kunnen brengen. Hieraan is vorm gegeven door middel van het zogenaamde groepsrisico. Het criterium voor het groepsrisico beoogt de kans op maatschappelijke ontwrichting te verkleinen door te stellen dat de kans op ongevallen met meer dan 10 acute doden ten hoogste 10^{-5} per jaar mag zijn. Voor meer dan 100 acute doden is de maximaal toelaatbare kans gesteld op 10^{-7} per jaar. Een factor 10 meer acute doden levert dus een toelaatbare kans die een factor 100 lager ligt, enzovoort (zie Figuur 2-1).

[2] De criteria voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico komen overeen met de criteria in de Handreiking VOBK.



Figuur 2-1 Criterium voor het groepsrisico (groen is toelaatbaar op grond van het Nederlandse risicobeleid)

Veiligheidsnormen en -richtlijnen

Het Internationale Atoomenergie Agentschap (IAEA) onderhoudt een stelsel van veiligheidsnormen en richtlijnen voor nucleaire installaties, de zogenaamde Safety Standards. Het IAEA beveelt het gebruik van deze Standards in de lidstaten aan als middel ter verzekering van een veilige toepassing van kernenergie. Door de Nederlandse overheid is een deel van deze voorschriften - deels geamendeerd - vastgesteld en gepubliceerd in de reeks Nucleaire Veiligheidsregels en –richtlijnen (NVR).

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

De Handreiking VOBK 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) en kunnen voor zover van toepassing en noodzakelijk als basis dienen voor de vergunningvoorschriften voor nieuwe reactoren. De algemene eisen aan nucleaire veiligheid en stralingsbescherming zijn zoals hierboven aangegeven vastgelegd in wet- en regelgeving. Daarnaast gelden er voor elk type installatie specifieke veiligheidseisen. Deze specifieke veiligheidseisen worden per installatie in de Kernenergiewetvergunning opgenomen. De Handreiking VOBK is van toepassing op het

ontwerp en de bedrijfsvoering van lichtwater gekoelde kernreactoren en bevat randvoorwaarden voor zowel nieuwe vermogensreactoren als voor nieuwe onderzoeksreactoren.

Een Handreiking heeft in principe geen wettelijke status en is niet wettelijk bindend. Aangezien de handreiking is bedoeld voor nieuwe reactoren geldt deze ook niet als toetsingskader voor de bestaande HOR-installatie. Omdat voor nieuwbouw de laatste stand der techniek en wetenschap als uitgangspunt wordt gehanteerd, zoals is uitgewerkt in de Handreiking VOBK, zal voor de nieuw te bouwen of aan te brengen onderdelen bij de HOR de Handreiking VOBK wel van toepassing zijn als onderdeel van het toetsingskader. Overigens zal de bestaande installatie wel worden gespiegeld aan de Handreiking VOBK in het kader van continue verbetering van de nucleaire veiligheid, en zullen als gevolg hiervan mogelijk additionele maatregelen worden getroffen. Ook zal de Handreiking VOBK als onderdeel van het toetsingskader bij de eerstvolgende 10-jaarlijkse veiligheidsevaluatie worden gebruikt.

2.2.4. Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS)

Het Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS) zet op hoofdlijnen de uitgangspunten uiteen ten aanzien van de beheersing van stralingsincidenten. Hiermee wordt invulling gegeven aan onder meer de KEW (Hoofdstuk VI). Het Responsplan Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding beschrijft de nationale crisisstructuur bij stralingsongevallen en de link naar de regionale crisisstructuur bij stralingsongevallen. De HOR is op grond van het Responsplan NPK aan te merken als zogenaamd categorie A-object, een nucleair object waarbij de gevolgen van ongevallen verder dan de lokale omgeving kunnen reiken. De veiligheidsregio Haaglanden beschikt over een Rampbestrijdingsplan en in aansluiting daarop beschikt het RID over een Bedrijfsnoodplan.

3

Beschrijving huidige installatie

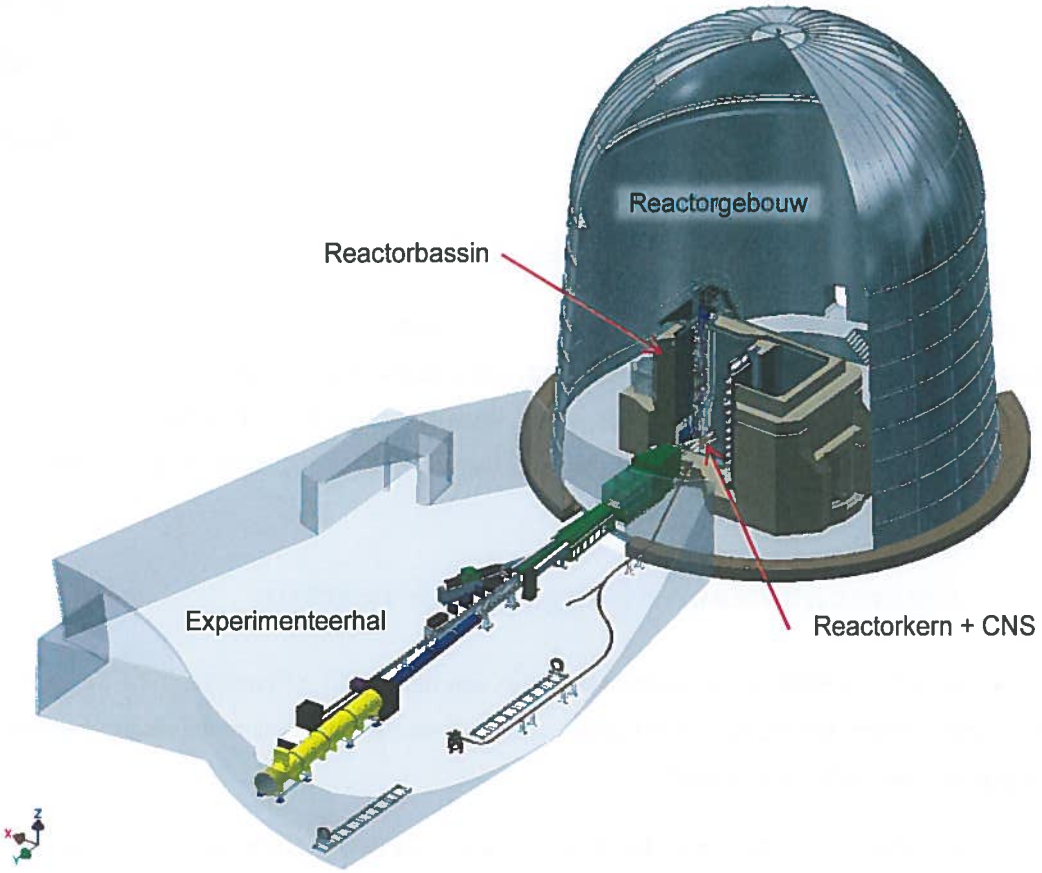
In dit hoofdstuk wordt na een algemene beschrijving van de reactor een beschrijving gegeven van de veiligheidsmaatregelen en -voorzieningen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de organisatorische (personele) en de technische aspecten. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van andere relevante installaties op het RID terrein, namelijk die van HollandPTC en de lineaire versneller.

3.1. Algemene beschrijving van de reactor

De reactor van het RID, de HOR, is een onderzoekreactor van het bassin- of zwembadtype[3]. Er worden zowel bestralingen verricht ten behoeve van fysisch, chemisch en medisch onderzoek als ten behoeve van doeleinden van maatschappelijke aard.

In Bijlage A is de locatie van het RID op de kaart weergegeven. In Bijlage B zijn een foto en een plattegrond weergegeven van het terrein en de gebouwen van het RID. Figuur 3-1 toont een doorsnede van het reactorgebouw met daarin het reactorbassin en de experimenteerhal en Tabel 3-1 geeft enige typerende karakteristieke gegevens van de reactor.

[3] In een kernreactor komt als gevolg van het kernsplijtingsproces in de splijtstof (uranium) energie vrij, deels in de vorm van straling en deels in de vorm van warmte. Bij kerncentrales gaat het om de warmte die wordt omgezet in elektrische energie. Bij een onderzoekreactor, zoals de HOR, wordt juist de straling benut (voor het verrichten van experimenten) hetgeen een wezenlijk andere constructie vereist.



Figuur 3-1 Doorsnede van het reactorgebouw en de experimenteerhal

Kenmerkend voor de HOR is het open bassin gevuld met gedemineraliseerd water, dat gebruikt wordt voor de koeling en afscherming van de reactorkern. Het bassin met daarin de reactor zijn geplaatst in een gasdichte stalen koepel. Deze is bestand tegen een bepaalde over- en onderdruk en dient als insluitsysteem. De betonnen bassinwand en het bassinwater dienen als stralingsafscherming.

Het water wordt bovendien als koelmiddel gebruikt voor de afvoer van gegenereerde warmte en is essentieel voor het modereren (vertragen) van snelle neutronen die vrijkomen bij kernsplijting. De koeling van de reactor kan op twee wijzen geschieden; door middel van natuurlijke circulatiekoeling (vrije convectie van het bassinwater) en door middel van geforceerde koeling met een koelsysteem. Bij natuurlijke koeling wordt de aan het bassinwater afgegeven warmte niet via een hulpsysteem afgevoerd naar de omgeving. De warmte wordt opgenomen door de relatief grote buffervoorraad water in het bassin. Bij geforceerde koeling wordt de warmte met het primaire koelsysteem afgegeven via een

warmtewisselaar aan het secundaire koelsysteem. Dit systeem voert de warmte door middel van verdampingskoelers af naar de buitenlucht.

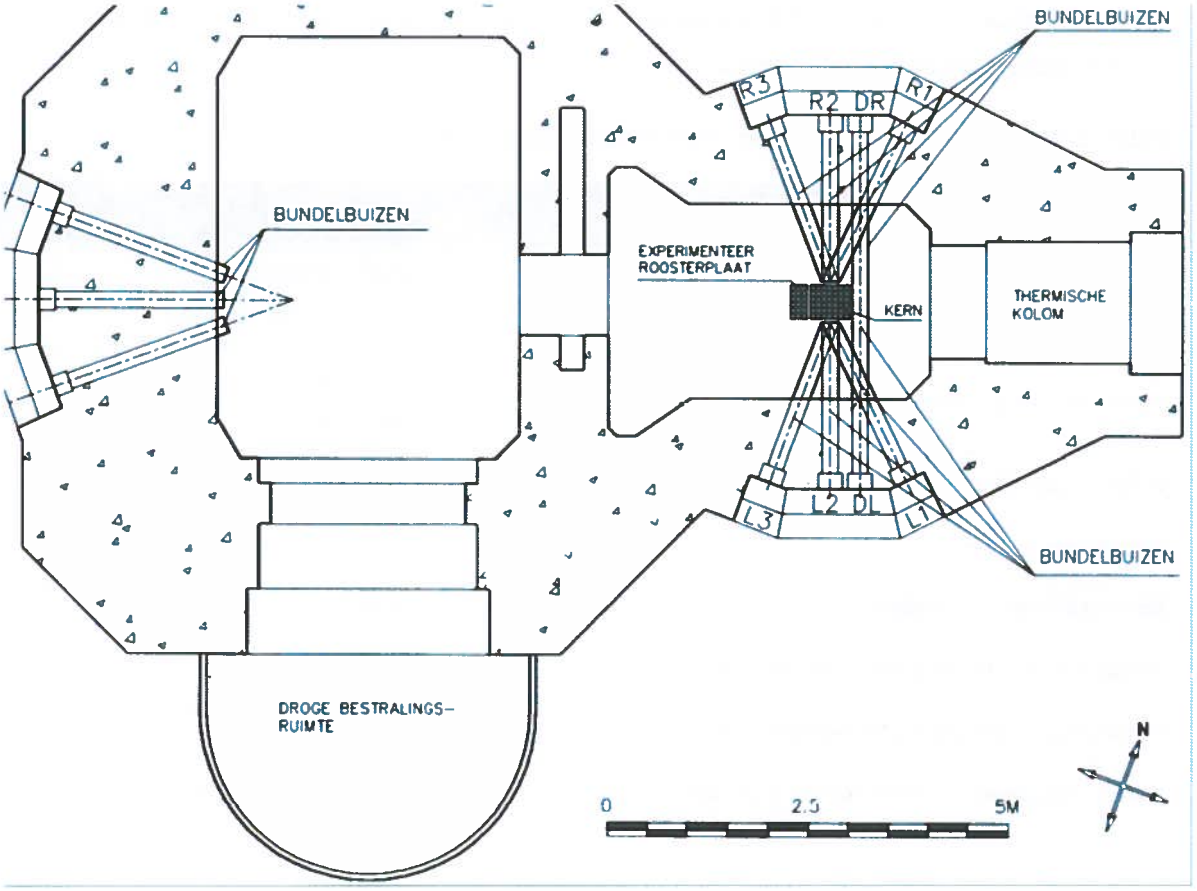
Tabel 3-1 Typerende karakteristieke reactorgegevens

Kenmerk	Beschrijving
Vermogen bij natuurlijke koeling	max. 750 kW nom. 500 kW
Vermogen bij geforceerde koeling	max. 3 MW nom. 2,5 MW
Volume bassin	circa 250m^3
Wanddikte bassin	circa 1 tot 2,5 m
Nominaal koelwaterdebiet	288 m^3/h
Aantal splijtstofelementen in de reactorkern	16
Aantal regelelementen met regelstaven	4
Verrijkingsgraad splijtstof (gehalte U-235)	< 20% (Low Enriched Uranium – LEU)

Het reactorbassin is onderverdeeld in twee secties, welke door middel van een bassindeur waterdicht van elkaar gescheiden kunnen worden (zie Figuur 3-2). Het reactorbassin is opgebouwd uit gewapend beton (gedeeltelijk normaal, gedeeltelijk bariet beton). Om een betere lekdichtheid van het bassin te verkrijgen is de binnenkant bekleed met roestvast staal.

Ten behoeve van de experimenteerfaciliteiten kent het bassin doorvoeringen in de vorm van bundelbuizen, die neutronenbundels vanuit de reactorkern naar de experimenteeropstellingen voeren. De experimenten staan zowel in de reactorhal als in een naastgelegen experimenteerhal. Verder heeft het bassin een thermische kolom en een droge bestralingsruimte.

Op de bovenrand van het reactorbassin zijn rails aangebracht waarop de verrijdbare reactorbrug is geplaatst. Aan de reactorbrug is een hanger bevestigd die de reactorkern draagt. Door deze constructie is het mogelijk de reactorkern binnen het bassin te verplaatsen.



Figuur 3-2 Horizontale doorsnede van het reactorbassin

De reactorkern bestaat uit een roosterplaat, splijtstof- en reflectorelementen en regelelementen met regelstaven. In de roosterplaat zijn gaten aangebracht waarin de voeten van de kerncomponenten, zoals de splijtstofelementen, passen. Als splijtstof (brandstof) wordt laag verrijkt uranium (Low Enriched Uranium – LEU) gebruikt. Een aantal van de in de kern geplaatste splijtstofelementen zijn uitgevoerd als regelelement. In het hart van elk regelelement is een kanaal uitgespaard waarin een regelstaaf kan worden bewogen voor regeling van het reactorvermogen en voor afschakeling van de reactor. Bij een reactorsnelafschakeling vallen de regelstaven onder invloed van de zwaartekracht geheel terug in de kern waardoor het zichzelf onderhoudende kernsplijtingsproces wordt beëindigd. In dat geval is de reactor binnen één seconde in een veilige, afgeschakelde conditie.

Tegen de onderzijde van de roosterplaat is een trechter geplaatst. Bij natuurlijke koeling rust deze trechter op enige afstand van de onderzijde van de roosterplaat, zodat het bassinwater onbelemmerd via de onderzijde de kern kan instromen. Bij geforceerde koeling wordt de trechter tegen de onderzijde van de roosterplaat gezogen. Een hefboommechanisme met contragewicht zorgt ervoor dat na het stoppen van de geforceerde koeling de trechter na enige tijd weer van het rooster afvalt.

De installatie wordt bestuurd en gecontroleerd vanuit de aan de reactorhal grenzende regelkamer.

3.2. Organisatorische veiligheidsmaatregelen en voorzieningen

Voor het HOR-Bedrijf gelden de volgende uitgangspunten:

- veiligheid, waarbij de door de overheid gestelde voorwaarden en andere in nationaal en internationaal verband ontwikkelde criteria als randvoorwaarden gelden
- optimale beschikbaarheid van de HOR als experimenteerfaciliteit en bron van neutronen voor het wetenschappelijk onderzoek en onderwijs.

Het beleid van het instituut is gericht op doorlopende aandacht voor nucleaire veiligheid en voor ARBO- en milieuzorg. Het beleid met betrekking tot nucleaire veiligheid gaat uit van:

- het steeds zo veilig mogelijk bedrijven van de HOR, rekening houdend met opgedane ervaringen en veiligheidsontwikkelingen
- het binnen de wettelijke en in de vergunning vastgestelde grenzen houden van de stralingsniveaus
- het zo laag mogelijk houden van de stralingsniveaus
- de voorbeeldfunctie van het RID als opleidingsinstituut
- het vastleggen van alles wat er met radioactieve stoffen gebeurt.

Teneinde deze uitgangspunten te realiseren, heeft het RID een organisatiesysteem ingericht gebaseerd op kwaliteitszorg.

De organisatie van de HOR maakt onderdeel uit van het RID. Het RID valt onder de Faculteit Technische Natuur Wetenschappen (TNW), echter het nucleaire deel, de HOR, valt direct onder het College van Bestuur van de TU Delft, conform de Kernenergiewet vereisten. Het RID is hiërarchisch georganiseerd en kent een geïntegreerde beheers- en bestuurslijn. De directeur RID is gemandateerd vanuit het College van Bestuur en is algemeen eindverantwoordelijke voor de HOR. De leiding van het RID ligt in handen van de Directeur RID. Voor het nucleaire bedrijf voert hij zijn taken uit direct in opdracht van het College van Bestuur van de TU Delft. Hierbij gelden de wettelijke voorwaarden zoals vastgelegd in de aan de TU Delft verleende vergunning uit hoofde van de Kernenergiewet.

3.2.1. Bedrijfsvoeringsorganisatie van de HOR

Het dagelijkse beheer en onderhoud van installaties die direct samenhangen met het reactorbedrijf worden uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van Hoofd HOR bedrijf. Het Hoofd HOR-Bedrijf rapporteert aan de Directeur RID. Hij/zij heeft de gemandateerde verantwoordelijkheid voor de bedrijfsvoering, het onderhoud en de veiligheid van de reactor op korte en lange termijn conform de wettelijke eisen en wordt hierin bijgestaan door het Hoofd HOR-Ontwikkeling die het ontwerp en wijzigingen aan het ontwerp van de reactor beheert. De medewerkers van de dienst HOR-Ontwikkeling verrichten onder meer werkzaamheden om de veiligheid en de bedrijfsvoering van de HOR te optimaliseren.

Over het algemeen is de HOR ongeveer 70% van de totale werktijd op vermogen. Deskundige medewerkers van HOR-Bedrijf en van de Stralingsbeschermingsdienst (SBD) zijn te allen tijde in piketdienst oproepbaar.

3.2.2. Veiligheidsorganisatie

In de veiligheidsorganisatie, waaronder ook begrepen de ARBO- en milieuzorg alsmede bewaking en beveiliging, zijn met betrekking tot de HOR de volgende onderdelen te onderscheiden:

1. Reactorveiligheidscommissie (RVC)

   De RVC beoordeelt en verifieert het reactorbedrijf en adviseert de directeur van het RID met betrekking tot de veiligheid van het reactorbedrijf. De RVC is samengesteld uit personeelsleden van het RID, die op de volgende gebieden deskundigheid dienen in te brengen: Kerntechniek, reactorfysica, reactorbedrijf, chemie en radiochemie, instrumentatie en regeling, mechanische en elektrische systemen en stralingsbescherming. De taken, samenstelling en werkwijze van de RVC zijn door de directeur RID schriftelijk vastgelegd.

2. Commissie Veiligheid, Gezondheid, Welzijn en Milieu (VGWM)

   De commissie VGWM adviseert inzake conventionele veiligheid aan de decaan van TNW. Arboaangelegenheden maken onderdeel uit van de directie P&O. Specifieke taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden van de Arbomedewerkers zijn vastgelegd in de Arbeidsomstandighedenwet (ARBO), Arbobesluiten en -regelingen.

3. Stralingsbeschermingsdienst (SBD)

De SBD ziet toe op de naleving van de wettelijke voorschriften bij het werken met stralingsbronnen bij de TU Delft in het algemeen en bij het RID in het bijzonder. Het hoofd Stralingsbeschermingsdienst is tevens als Algemeen Stralingsdeskundige (ASD) door het College van Bestuur van de TU Delft aangewezen. Hij is de verantwoordelijke stralingsdeskundige in de vergunningen die krachtens de kernenergiewet aan de TU Delft zijn verleend en hij adviseert de directie van het RID en het College van Bestuur. De medewerkers van de SBD voeren regelmatig inspecties uit en houden toezicht met betrekking tot de werkzaamheden en stralingsniveaus bij de HOR, de daaraan verbonden hulpinstallaties en bij de verdere stralingstoepassingen in het RID en de TU Delft. De dienst ziet binnen het RID tevens toe op de chemische en biologische veiligheid. De SBD-wacht is te allen tijde oproepbaar, zodat ook buiten kantoortijd over minimaal niveau 3 deskundigheid beschikt kan worden. Stralingscontroles worden uitgevoerd in overeenstemming met de van kracht zijnde Nederlandse wetgeving.

4. Bedrijfshulpverleningsorganisatie (BHV)
De BHV-organisatie die in werking treedt bij alarm bestaat uit de volgende onderdelen:

- Het beleidsteam; hierin laat de Directeur als eindverantwoordelijke zich adviseren door een aantal functionarissen die uit hoofde van hun functies verantwoording dragen voor de HOR, de reactorveiligheid, de stralingshygiëne, de bedrijfshulpverlening, de conventionele veiligheid en de beveiliging
- De bedrijfshulpverleners, waaronder de bedrijfsbrandweer, de EHBO en de verzamelposthoofden.

Voor het beleidsteam en de bedrijfshulpverleners zijn voorzieningen aangebracht en beschikbaar die het mogelijk maken de eerste taak, het redden van mens, dier en goederen, het beperken van de uit een ontstane noodsituatie voortkomende gevolgen en het verlenen van bijstand bij het opheffen van de noodsituatie, uit te voeren. Overige diensten met bijzondere taken in noodsituaties zijn de Stralingsbeschermingsdienst, de Technische Dienst en de bedrijfsbeveiligingsdienst, ieder voor het eigen gebied van competentie. De taken worden beschreven in het bedrijfsnoodplan.

5. Bedrijfsbeveiligingsorganisatie
De organisatie is verantwoordelijk voor het treffen van beveiligingsmaatregelen die tegengaan dat processen, materialen en apparatuur van de gehele inrichting onbevoegd kunnen worden beïnvloed. De beveiligingsmaatregelen worden onder instemming van de beveiligingsambtenaar van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) getroffen.

3.3. Technische veiligheidsmaatregelen en voorzieningen

Tijdens de werking van de reactor ontstaan in de splijtstof, ten gevolge van het splijtingsproces, radioactieve splijtingsproducten. De splijtingsproducten, die binnen de splijtstofbekleding opgesloten blijven, leveren de grootste bijdrage aan de totale hoeveelheid radioactiviteit die in de kernreactor aanwezig is. Ook buiten de splijtstofbekleding ontstaan radioactieve activeringsproducten. Dit wordt veroorzaakt door de absorptie van neutronen in de materialen die de reactorkern omringen.

In de constructie van de reactorhal en bijbehorende voorzieningen zijn de nodige veiligheids- en controlemaatregelen getroffen. Hiermee wordt met name beoogd het vrijkomen van radioactieve stoffen in het milieu te minimaliseren, zowel tijdens normaal bedrijf als bij storingen. Verder is het van belang de brandveiligheid te waarborgen.

Bij de HOR hebben zich gedurende de bedrijfstijd geen belangrijke gebeurtenissen voorgedaan waarbij de conventionele veiligheid of de stralingshygiëne in het geding was.

De veiligheidsmaatregelen en -voorzieningen zijn globaal te onderscheiden in:

- insluiting en afscherming van radioactieve stoffen (barrières)
- koeling van de reactorkern
- actieve beveiligingssystemen (onder andere reactorafschakeling)
- brandveiligheidsvoorzieningen.

3.3.1. Insluiting en afscherming van radioactieve stoffen

De ioniserende straling die tijdens bedrijf vrijkomt in de reactorkern wordt afgeschermd naar de omgeving door de grote hoeveelheid bassinwater en door de dikke betonnen wanden van het reactorbassin.

De splijtingsproducten die in de reactorkern worden gevormd, worden ingesloten door diverse, zogenaamde passieve barrières, met als doel het vrijkomen van radioactieve stoffen in het externe milieu te voorkomen. Deze barrières zijn achtereenvolgens de splijtstofmatrix en -omhulling, het bassinwater en het reactorinsluitsysteem met de stalen koepel als buitenste barrière.

De reactorhal vormt, samen met de gasdichte isolatie-afsluiters in de ventilatiekanalen en het luchtbehandelingssysteem, het reactorinsluitsysteem. Alle leidingen en kabels die nodig zijn voor het reactorbedrijf en de experimenteeropstellingen in de reactorhal worden geleid via gasdichte doorvoeringen. Grote installatiedelen kunnen worden aan- en afgevoerd via een vrachtwagendeur die normaal gasdicht is afgesloten.

Tijdens normaal reactorbedrijf heerst binnen het reactorinsluitsysteem een onderdruk ten opzichte van de omgeving. Wanneer de radioactiviteit in de lucht van de hal of in het koelwater bepaalde referentiewaarden overschrijdt wordt de ruimte binnen het reactorinsluitsysteem automatisch gasdicht van de omgeving geïsoleerd.

3.3.2. Koeling van de reactorkern

Ter vermijding van een te hoge temperatuur van de splijtstof in de kern zijn de procescondities zodanig gekozen dat onder normale omstandigheden kookverschijnselen van het koelwater in de kern zijn uitgesloten.

De in de kern ontwikkelde warmte kan op twee manieren aan het water worden afgestaan. Bij een afgeschakelde reactor en bij een relatief laag vermogen gebeurt dit door middel van natuurlijke koeling (vrije convectie) en bij een hoger vermogen door middel van geforceerde koeling. Bij geforceerde koeling is het primair koelsysteem, waarvan het reactorbassin onderdeel uitmaakt, door middel van een warmtewisselaar gescheiden van het secundair koelsysteem. Het primair koelsysteem bevat een open bassinsysteem met pomp, warmtewisselaar en transportleidingen met afsluiters.

In de warmtewisselaar wordt warmte uit het primair koelsysteem afgestaan aan het koelwater van het secundair koelsysteem. Het opgewarmde secundaire koelwater wordt door de secundaire pomp naar de verdampingskoelers getransporteerd. In de verdampingskoelers wordt het secundaire water door verdamping en door geforceerde convectie aan de lucht gekoeld. Het koelsysteem van de reactor is geheel uitgevoerd in roestvast staal, teneinde de kans op lekkage te verkleinen.

3.3.3. Actieve beveiligingssystemen

Bij het bedrijven van de reactor en het in werking treden van de veiligheidsvoorzieningen, spelen het reactorbesturingssysteem en het reactorbeveiligingssysteem een belangrijke rol.

1. Reactorbesturingssysteem

   Om de reactor te kunnen opstarten en bedrijven moet voldaan zijn aan een aantal voorwaarden. Hiertoe dienen een aantal vergrendelingsfuncties die ingrijpen op het besturingssysteem. Tevens zorgt het besturingssysteem ervoor dat bepaalde parameters van het reactorbedrijf binnen vooraf bepaalde marges blijven.

2. Reactorbeveiligingssysteem

Het reactorbeveiligingssysteem komt automatisch in actie bij overschrijding van bepaalde grenswaarden, en dient te voorkomen dat de reactor in een onveilige toestand komt. Het reactorbeveiligingssysteem kent een drietal acties:

- Reactorsnelafschakeling (RSA); hierdoor vallen de regelstaven onder invloed van de zwaartekracht tegelijkertijd in de reactorkern waardoor de reactor onmiddellijk stopt
- Bassinisolatie (BIS); dit resulteert in het sluiten van de bassinisolatie-hoofdafsluiters en bassinisolatie-hulpafsluiters waardoor een eventuele lekkage en verspreiding van radioactiviteit worden voorkomen.
- Reactorhalisolatie (RIS); dit resulteert in het sluiten van de gasdichte hoofdisolatiekleppen bij de in- en uitlaat van het ventilatiesysteem van de reactorhal waardoor een eventuele verspreiding van radioactiviteit wordt voorkomen.

Naast het reactorbesturingssysteem en het reactorbeveiligingssysteem heeft de HOR ook een aantal indirect met de veiligheid samenhangende hulpsystemen. De belangrijkste zijn het zuiveringssysteem voor bassinwater, het aanmaaksysteem voor gedemineraliseerd water, het ventilatie- en luchtbehandelingssysteem, het afvalbehandelingssysteem en het splijtstofopslagsysteem.

3.3.4. Brandveiligheidsvoorzieningen

In verband met de brandveiligheid zijn eisen gesteld aan het ontwerp. Deze komen tot uiting in de keuze van materialen, indeling en zonering van ruimten, en in passieve vormen van bescherming zoals de toepassing van isolatie, ruimtelijke scheiding, brandbarrières en brandvertraging.

Met betrekking tot brandpreventie en brandbestrijding en de voorzieningen die in het kader hiervan zijn getroffen, zijn de volgende doelstellingen als uitgangspunt gehanteerd:

- zeker stellen dat indien brand ontstaat de reactor onder alle omstandigheden kan worden afgeschakeld en de reactorkern voldoende wordt gekoeld
- zeker stellen dat indien brand ontstaat de isolatiefunctie van het insluitsysteem behouden blijft, zodat eventuele lozing van gassen, dampen of vloeistoffen (bluswater) die mogelijk radioactieve stoffen bevatten onder alle omstandigheden beheersbaar blijft en wordt beperkt
- zeker stellen dat op een systematische wijze blijvende aandacht aan brandpreventie wordt gegeven
- zeker stellen dat de arbeidsveiligheid bij brand niet in het geding is.

Genoemde voorzieningen, inclusief de organisatorische maatregelen die hiermee zijn verbonden, zijn tot stand gekomen in overleg met en getoetst door de professionele regionale brandweerkorpsen en de bedrijfsbrandweer van de TU Delft. De maatregelen en voorzieningen worden periodiek geëvalueerd op adequaatheid, in de opleidingsplannen zijn periodieke brandinstructies aan het personeel geïncorporeerd en er wordt volgens schema geoefend op paraatheid en bekwaamheid in het gebruik en de toepassing van deze voorzieningen.

3.3.5. HollandPTC

HollandPTC staat voor Holland Protonen Therapie Centrum. Het betreft een samenwerking tussen de TU Delft, het Leids Universitair Medisch Centrum en het Erasmus Medisch Centrum. Het doel van HolandPTC is het bestralen van kankerpatiënten met protonenstraling. Daartoe beschikt de faciliteit over een protonencyclotron en drie bestralingsbunkers. Verder beschikt de faciliteit onder meer over vier CT-scanners, een aantal röntgentoestellen en een radionuclidenlaboratorium met daarin een aantal radioactieve bronnen. Ten behoeve van de stralingsbescherming is het gebouw uitgevoerd met dikke betonnen wanden.

3.3.6. Elektronen versneller

De elektronenversneller betreft het gebruik van een versnellerfaciliteit in het 'Advanced Picosecond Pulsed Electron Accelerator Laboratory' (APPEAL). De elektronenversneller is geplaatst in een daarvoor ontworpen ruimte met voldoende afscherming, die zich gedeeltelijk onder het maaiveld bevindt aan het einde van de 'Oostvleugel'. In deze vleugel staat ook de Van de Graaff versneller van de sectie Opto-electronic Materials.

3.3.7. Laboratoria en werkplaatsen

Het RID beschikt over een aantal radiologische en standaard laboratoria ruimtes. De laboratoria zijn ingericht voor wetenschappelijk onderzoek. De laboratoria verschillen van elkaar, maar zijn voorzien van diverse basisvoorzieningen zoals labtafels, zuurkasten, luchtbehandeling, gassen, labapparatuur en brandblustoestellen.

Verder beschikt het RID over een tomografie laboratorium inclusief meetruimte. Het betreft een B-laboratorium met open bron en Nano-deeltjes. In de ruimte is een inloop zuurkast opgesteld, welke voorzien is van een absoluut filter. Er is een afzuiginstallatie geïnstalleerd welke aangesloten is op de centrale afzuiginstallatie, waardoor in deze ruimte sprake is van onderdruk.

Verder is er een onderzoeksfaciliteit voor chemische analyse waar stoffen worden blootgesteld aan een krachtig magnetisch veld met een NMR installatie (Nuclear Magnetic Resonance, met daarin een supergeleidende magneet). Het RID beschikt over vier NMR installaties, die worden gekoeld met behulp van vloeibaar stikstof en helium.

De Dienst Elektronische en Mechanische Ontwikkeling (DEMO) beschikt over technische werkplaatsen in de westelijke zijde van vleugel 00 van het RID ter plaatse van de kelder, begane grond en eerste verdieping. De werkplaatsen zijn voorzien van een machinepark waarmee (grove en fijne) mechanische en elektrotechnische bewerkingen mogelijk zijn. Hiermee worden onderdelen vervaardigd voor proefopstellingen.

3.3.8. Centrale computerfaciliteit

Dit betreft een gebouw waarin de centrale computerfaciliteiten van de TUD, waaronder die van het RID, zijn ondergebracht. Omdat een dergelijk gebouw moet voldoen aan hoge eisen van betrouwbaarheid, veiligheid en beveiliging is gekozen om deze op het terrein van het RID te situeren.

4

Voorgenomen activiteit en alternatieven

4.1. Voorgenomen activiteit

4.1.1. Algemeen

De voorgenomen activiteit betreft het aanpassen van de Hoger Onderwijs Reactor (HOR) van het Reactor Instituut Delft (RID) in het kader van het OYSTER project, waardoor de reactor preciezer en breder inzetbaar wordt en daarmee nog beter kan voldoen aan vragen vanuit de wetenschappelijke wereld en vanuit de markt.

Deze aanpassing van de reactor betreft:

- het aanbrengen van een koude bron (neutronenkoeler) naast de reactorkern met als doel om een deel van de uit de reactor vrijkomende neutronen te vertragen.

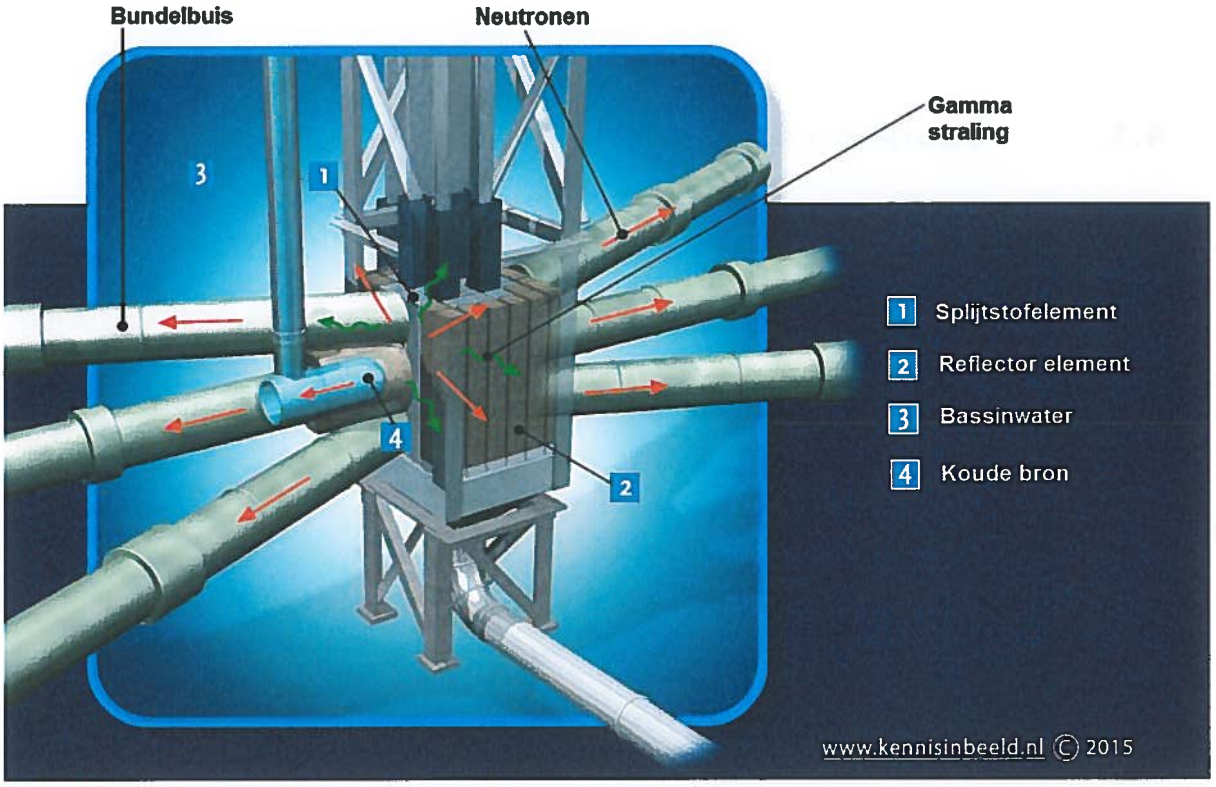
De koude bron betreft een reservoir met sterk gekoeld waterstof welke in een bestaande bundelbuis naast de reactorkern wordt geplaatst (zie Figuur 4-1). De bestaande bundelbuis zal worden aangepast voor het veilig huisvesten en koelen van de koude bron. Koeling gebeurt via aan- en afvoerleidingen die via een warmtewisselaar naar een koelmachine buiten het reactorgebouw (in het CNS Utility gebouw) leiden. Het geheel van de installatie voor de koude neutronen bron (Cold Neutron Source – CNS) heet de CNS faciliteit.

Voor het aanbrengen van de CNS faciliteit zijn ten aanzien van de huidige vergunning de volgende aanpassingen nodig:

1. Aanbrengen en toepassen van de CNS faciliteit in het reactorgebouw
2. Aanpassen van de bundelbuizen R1 en R2 in het reactorbassin

3. Wijzigen van de doorvoeringen door de wand van de reactorhal t.b.v. de CNS utilities, buizenpostsysteem e.d.
4. Uitbreiden van het reactorbeveiligingssysteem met een reactor-vergrendeling met betrekking tot de koude bron
5. Gebruik van de CNS-utilities (met name de koelinstallatie) voor de CNS faciliteit in het reactorgebouw.

De voorgenomen activiteit beperkt zich tot het reactorgebouw van de HOR en de directe omgeving daarvan.



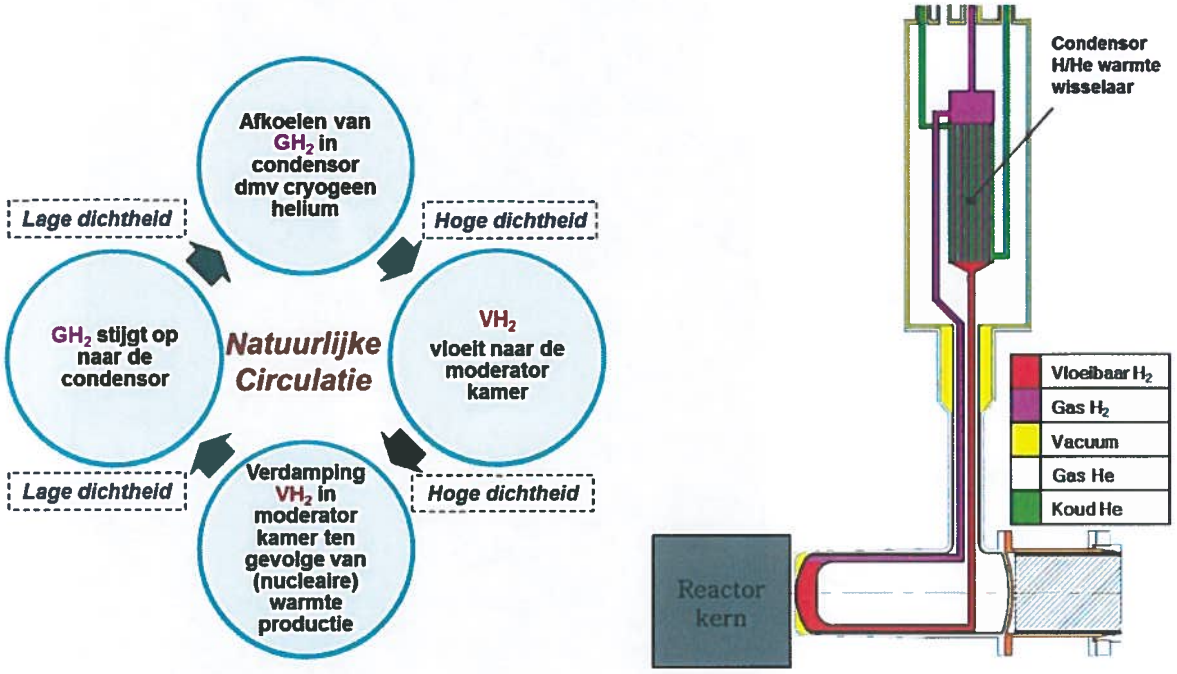
Figuur 4-1 Reactorkern met bundelbuizen en koude bron

4.1.2. Technische uitvoering van de CNS faciliteit

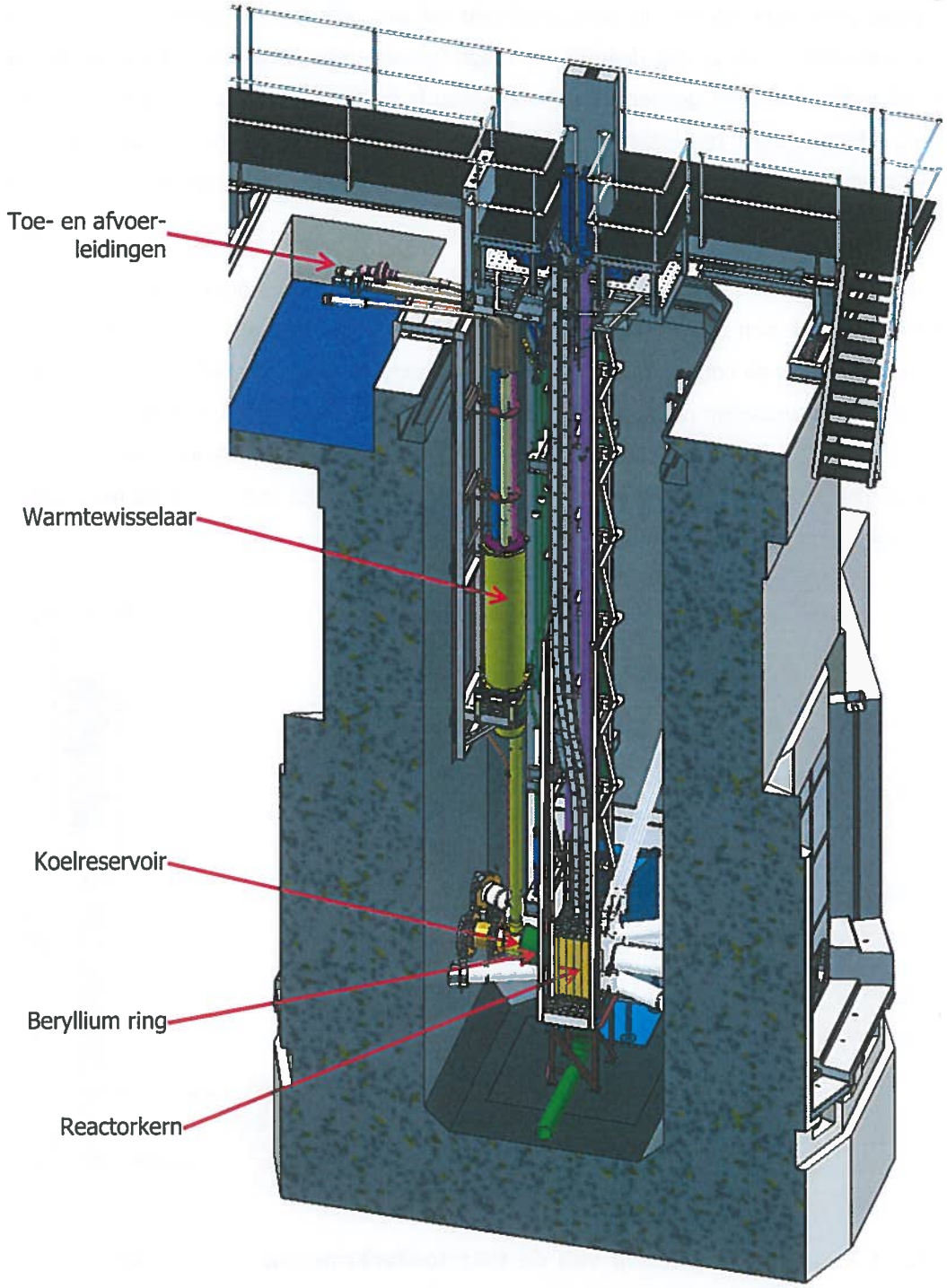
De reactor wordt voorzien van een CNS faciliteit met koude neutronenbron (Cold Neutron Source – CNS). De koude bron, een reservoir met sterk gekoeld waterstof welke naast de (bestaande uit splijtstof- en reflectorelementen) reactorkern in een bestaande bundelbuis in het reactorbassin wordt geplaatst (zie Figuur 4-1).

De reactorkern kan neutronen opwekken die worden gebruikt voor het onderzoek. Een deel van de neutronen vliegen door de bundelbuizen naar de onderzoeksinstrumenten. Wanneer de neutronen door de koude bron gaan worden zij sterk afgekoeld tot een zeer lage temperatuur (ca. -250°C) door de koude waterstof en als gevolg daarvan vertraagd (gemodereerd). Het waterstofreservoir wordt daarom ook wel moderatorkamer genoemd. De koude bron is overigens geen radioactieve bron die additionele straling uitzendt. Door het koelen van de neutronen veranderen de eigenschappen van de neutronen zodanig dat ze beter zijn te bundelen en te geleiden. Vervolgens worden de neutronen buiten de reactor naar de meetopstellingen geleid.

De waterstof wordt toegepast in een zogenaamde thermosifonkringloop (zie Figuur 4-2). Vloeibaar waterstof bevindt zich onderin de CNS faciliteit in de moderatorkamer. Door opname van warmte als gevolg van straling en omgevingswarmte kookt de waterstof. De hierbij ontstane waterstofdamp stijgt op naar een warmtewisselaar die wordt gekoeld met helium. Daardoor wordt de waterstof weer vloeibaar en stroomt terug naar de moderatorkamer. De warmtewisselaar bevindt zich direct boven de moderatorkamer in het reactorbassin. Het helium wordt gekoeld met een heliumkoelsysteem dat zich buiten het reactorgebouw bevindt.



Figuur 4-2 Globale werking van de thermosifonkringloop met natuurlijke circulatie van vloeibaar waterstof (VH_2) en gasvormig waterstof (GH_2)



Figuur 4-3 "In-Pool Assembly" (IPA) van de CNS faciliteit in het reactorbassin

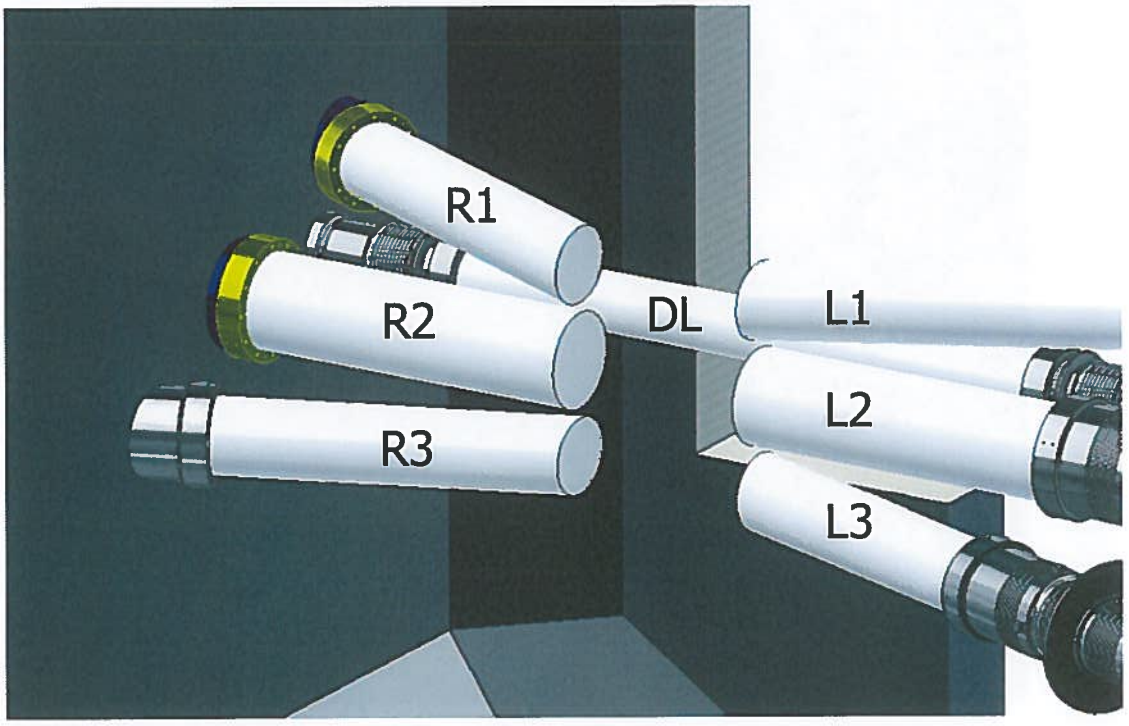
De CNS faciliteit bestaat uit een koelreservoir naast de kern en hulpsystemen die het koelreservoir ondersteunen. Figuur 4-3 geeft een overzicht van het deel dat zich in het reactorbassin bevindt (de "In-Pool Assembly" (IPA)) van de CNS faciliteit.

Aanpassing bundelbuizen

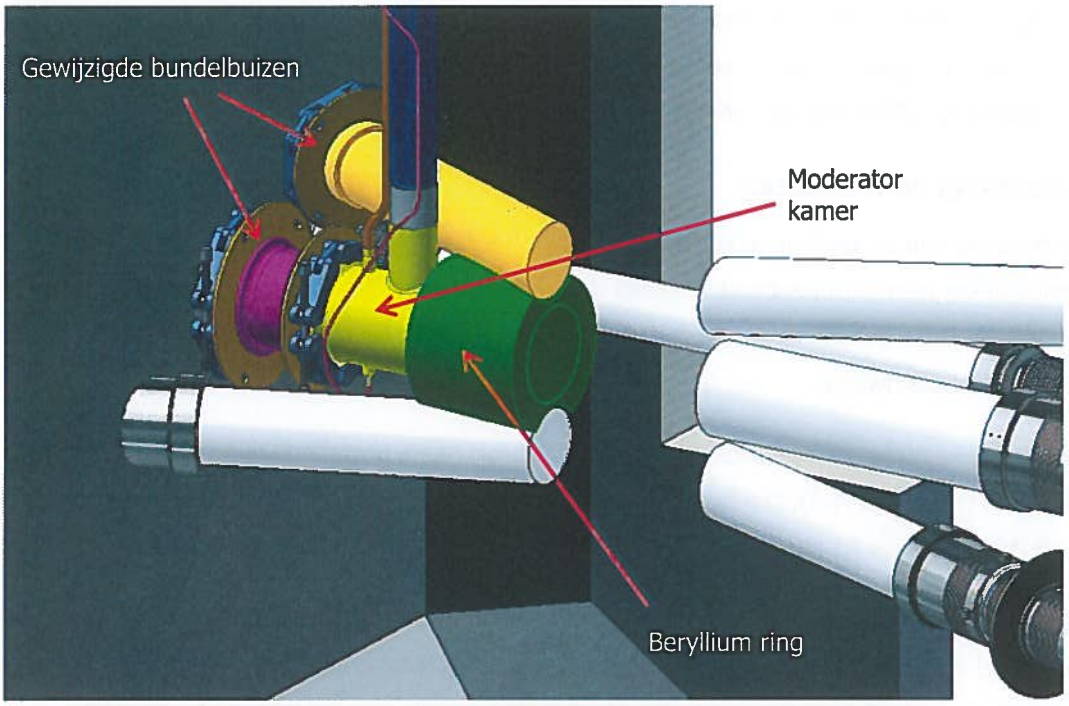
Ten behoeve van de experimenteerfaciliteiten kent het bassin doorvoeringen in de vorm van bundelbuizen, die neutronenbundels vanuit de reactorkern naar de experimenteeropstellingen voeren (zie Figuur 4-4). Deze bundelbuizen zijn zodanig uitgevoerd dat zij elk een dubbele barrière vormen tegen lekkage van bassinwater.

Voor het veilig huisvesten en koelen van de koude bron zal de bestaande bundelbuis R2 worden aangepast (zie Figuur 4-5). Om het plaatsen en later onderhouden van de koude bron mogelijk te maken wordt de bundelbuis R1 aangepast zodat deze demontabel is.

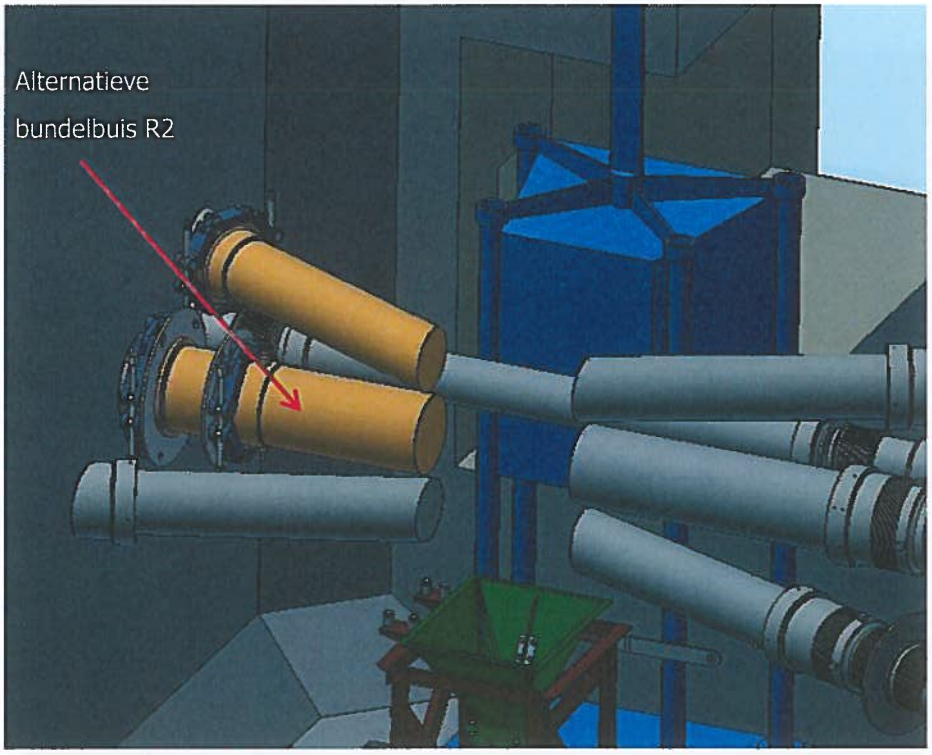
Figuur 4-6 geeft de situatie na modificatie weer voor het geval de IPA niet is geplaatst (bijvoorbeeld voor onderhoud of reparatie) en er een alternatieve bundelbuis R2 is geplaatst. In de drie onderstaande figuren is de reactorkern, die zich normaal tussen de bundelbuizen bevindt, niet getekend.



Figuur 4-4 Bundelbuizen voor modificatie



Figuur 4-5 Bundelbuizen na modificatie met geplaatste IPA



Figuur 4-6 Bundelbuizen na modificatie met alternatieve bundelbuis R2

De CNS faciliteit maakt gebruik van de volgende hulpsystemen, welke hieronder kort worden besproken (zie ook het vereenvoudigde technische schema in Bijlage C, Figuur C-1):

- moderatorkamer (koelreservoir)
- waterstofsysteem
- heliumkoeling
- vacuümsysteem
- gasmantelsysteem
- overige hulpsystemen.

Koelreservoir (moderatorkamer)

Het koelreservoir is bevestigd aan het eind van de bundelbuis. In dit koelreservoir bevindt zich de moderatorkamer met daarin het vloeibare waterstof dat voor de koeling van de neutronen zorgt. Om de moderatorkamer is de vacuümkamer geplaatst die zorgt voor thermische isolatie. Rond de vacuümkamer is een helium containmentvat geplaatst dat onderdeel is van het gasmantelsysteem (zie hieronder). Hier omheen is een beryllium ring geplaatst dat door reflectie van neutronen zorgt voor een optimalere werking van de CNS faciliteit.

Waterstofsysteem

De waterstof wordt gebruikt als moderator om de neutronen te koelen. Het waterstofsysteem bestaat uit de volgende onderdelen:

- de moderatorkamer in het koelreservoir
- de warmtewisselaar in het reactorbassin
- de waterstofbuffertank
- verbindende pijpleidingen.

Het gehele waterstofsysteem is een gesloten systeem. De componenten in dit systeem zijn bestand tegen een waterstof-zuurstof-reactie. De waterstofbuffertank, de verbindende leidingen en kleppen zijn ingesloten door een inert gasmantelsysteem, dat helium of stikstof bevat en voorkomt dat waterstof met zuurstof in contact komt. In het systeem is een hypothetische explosiebarrière gedefinieerd die ervoor zorgt dat de reactorkern niet kan beschadigen.

De inhoud van het waterstofsysteem is ca. 2 m^3, de bedrijfsdruk is ca. 2 bar(a) bij lage temperatuur en ca. 4 bar(a) bij kamertemperatuur. De totale massa aan waterstof die in het totale systeem aanwezig is, bedraagt maximaal 1000g.

De waterstof in de thermosifonkringloop (zie Figuur 4-2) zorgt voor de koeling van de neutronen. De waterstof wordt in de condensor gekoeld door helium. De verbindende pijpleidingen zijn altijd geopend om een ongehinderde stroom van de waterstof te kunnen garanderen. Als gevolg van de helium gasmantel is geen enkel gedeelte van het waterstofsysteem in directe verbinding met atmosferische lucht.

Heliumkoeling

De heliumkoeling wordt gebruikt om de waterstof in de condensor af te koelen. De heliumkoeling voert de warmte af die via de thermosifonkringloop aangevoerd wordt door de waterstof.

De heliumkoeling bestaat uit de volgende onderdelen:

- helium koelunits
- helium buffertanks
- warmtewisselaar
- instrumentatie
- pijpleidingen en kleppen.

Het helium wordt gekoeld door een commercieel verkrijgbare helium koelinstallatie.

Vacuümsysteem

De twee voornaamste functies van het vacuümsysteem zijn het isoleren van het cryogene (koude) gedeelte van de IPA en het fungeren als veiligheidsbarrière tegen een waterstof-zuurstof-reactie door zuurstof weg te houden rond de waterstof.

Het vacuümsysteem bestaat uit de vacuümkamer rond de cryogene sectie en onderdrukpompen. Daarnaast bevat het systeem drukmeters, afvoertanks, kleppen, instrumentatie en verbindende pijpleidingen.

De pompen, meters en kleppen zijn in de vacuümbox geplaatst, die gevuld is met stikstof als mantelgas. Ter detectie van eventuele lekkages van waterstof zijn waterstofgasdetectoren geplaatst. Vanaf de vacuümbox tot aan de vacuümkamer wordt het vacuümsysteem omringd met helium als inert mantelgas vanwege de nabijheid van de reactor.

Gasmantelsysteem

Het gasmantelsysteem heeft als doel om te voorkomen dat waterstof in aanraking komt met lucht of water. Hiervoor is er statisch gas aanwezig rond de onderdelen waaruit waterstof zou kunnen lekken. Als inert gas wordt stikstof dan wel helium gebruikt. Lekkages in het systeem worden bewaakt door detectie

van veranderingen in de druk. Door de druk in het gasmantelsysteem hoger te houden dan de omringende druk wordt voorkomen dat lucht bij de grens van het waterstofsysteem kan komen.

Overige hulpsystemen

De overige hulpsystemen zijn de volgende:

- Instrumentatie & controlesystemen
- Elektrische systemen
- Waterkoeling.

De instrumentatie en controlesystemen van de CNS faciliteit verzamelen alle signalen van de hulpsystemen. Een gedigitaliseerd computercontrolesysteem zorgt daarna voor handmatige of automatische controle van de CNS faciliteit.

Het elektrische systeem voorziet hulpsystemen van elektrisch vermogen met een totaal vermogen tot ca. 700 kW.

De waterkoeling is ontworpen om warmte te verwijderen van de CNS faciliteit systemen via koelmachines op het dak van het CNS Utility gebouw. De thermische capaciteit van deze koeling is ca. 400 kW.

4.1.3. Uitvoering overige aanpassingen

Wijziging reactorhal doorvoeringen

Alle leidingen en kabels die nodig zijn voor het reactorbedrijf en de experimenteeropstellingen in de reactorhal worden via gasdichte doorvoeringen door de wand of vloer van de reactorhal geleid. Dit betreft onder meer leidingen voor de koeling van de reactor, voor reiniging van het bassin, voor de stikstofgasvoorziening, pneumatische leidingen, dunne leidingen voor drukmetingen, evenals een deel van de bundelbuizen, de ventilatiekanalen en diverse kabels naar bijvoorbeeld de regelkamer. Daarnaast zijn er nog toegangssluizen die een doorvoering door de wand van de reactorhal vormen. Door de gasdichte uitvoering van deze doorvoeringen en door toepassing van isolatiekleppen kan de reactorhal gasdicht worden afgesloten van de omgeving.

Voor de CNS installatie zijn 6 nieuwe leidingdoorvoeringen door de wand van reactorhal nodig, namelijk voor:

- 2 heliumleidingen (toe- en afvoer)
- 1 waterstofleiding (toe-/afvoer)
- 1 vacuümleiding
- 1 stikstofmantelleiding

- 1 heliummantelleiding.

Vijf van de leidingen worden ondergebracht in een gezamenlijke doorvoerstomp ter hoogte van de brug tussen het CNS Utility gebouw en de reactorhal. De leiding voor het vullen en legen van het waterstof systeem krijgt een separate doorvoerstomp op grondniveau. Er is voor een andere doorvoer gekozen om deze leiding zo kort mogelijk te houden om zodoende geen onnodig waterstof te verliezen tijdens het vullen van het systeem. Tevens wordt hierdoor bereikt dat de leiding met explosieve gassen gescheiden blijft van leidingen waar geen explosieve gassen doorheen gevoerd worden.

Vanuit het nieuwe CNS controle gebouw dienen tevens een aantal kabels doorgevoerd te worden naar de reactorhal. Hiervoor is in de CNS doorvoerstomp een separaat compartiment aangebracht. Deze wordt aan beiden zijden van de doorvoerstomp afgedicht met behulp van ramen en vulblokken. Dit type van kabeldoorvoering is meer toegepast bij vernieuwing van doorvoeringen in de reactorhal.

Daarnaast worden nieuwe doorvoeringen voor de buizenpostleidingen (rabbit-voerende leiding en onderdruk retourleiding met lucht) aangebracht. Dit betreft minimaal 6x2 doorvoeringen. De bestaande doorvoeringen van de buizenpostleidingen worden dichtgemaakt.

De doorvoeringen door de reactorhal voldoen aan de eisen van de Dutch Safety Requirements for Nuclear Reactors (DSR). De leidingen zijn voorzien van een containment-isolatieklep aan de buitenzijde van de reactorhal zodat het altijd mogelijk is om het containment te isoleren (luchtdichte veiligheidsbarrière).

Uitbreiding reactorbeveiligingssysteem

Het bestaande reactorbeveiligingssysteem heeft tot doel om bij overschrijding van bepaalde grenswaarden te voorkomen dat de reactor in een onveilige toestand komt. Het systeem neemt dan automatische acties zoals het afschakelen van de reactor en/of het isoleren van de reactorhal.

De uitbreiding betreft het vergrendelen van de reactor in het geval de helium koelinstallatie van de CNS faciliteit uitvalt, zodat wordt voorkomen dat de koude bron wordt beschadigd door onvoldoende warmteafvoer. Hiervoor wordt in het reactorbeveiligingssysteem een aantal drukmeters opgenomen die de waterstofdruk meten en de reactor vergrendelen voor bedrijf door deze uit te schakelen bij het overschrijden van een vooraf ingestelde grenswaarde. Dit betreft dus een uitbreiding van het bestaande reactorbeveiligingssysteem, welke niet nodig is om de reactor te beschermen maar om de CNS faciliteit te beschermen tegen oververhitting. Andersom geldt dat als de reactor afschakelt, de CNS-koeling gewoon in werking blijft en de koude bron blijft koelen.

Toepassing CNS-utilities voor CNS faciliteit

Het CNS Utility gebouw bevat de koel- en regelinstallaties ten behoeve van de CNS faciliteit. Het gebouw en de installaties zijn al eerder vergund, gebouwd en in werking ten behoeve van het testen van en trainen met de testopstelling van de CNS faciliteit buiten het reactorgebouw. Het aansluiten van de installaties op de uiteindelijke CNS faciliteit in het reactorgebouw en het reguliere gebruik daarvan zijn echter nog niet vergund. Daarvoor wordt in deze aanvraag vergunning aangevraagd.

4.1.4. Realisatie van de CNS faciliteit

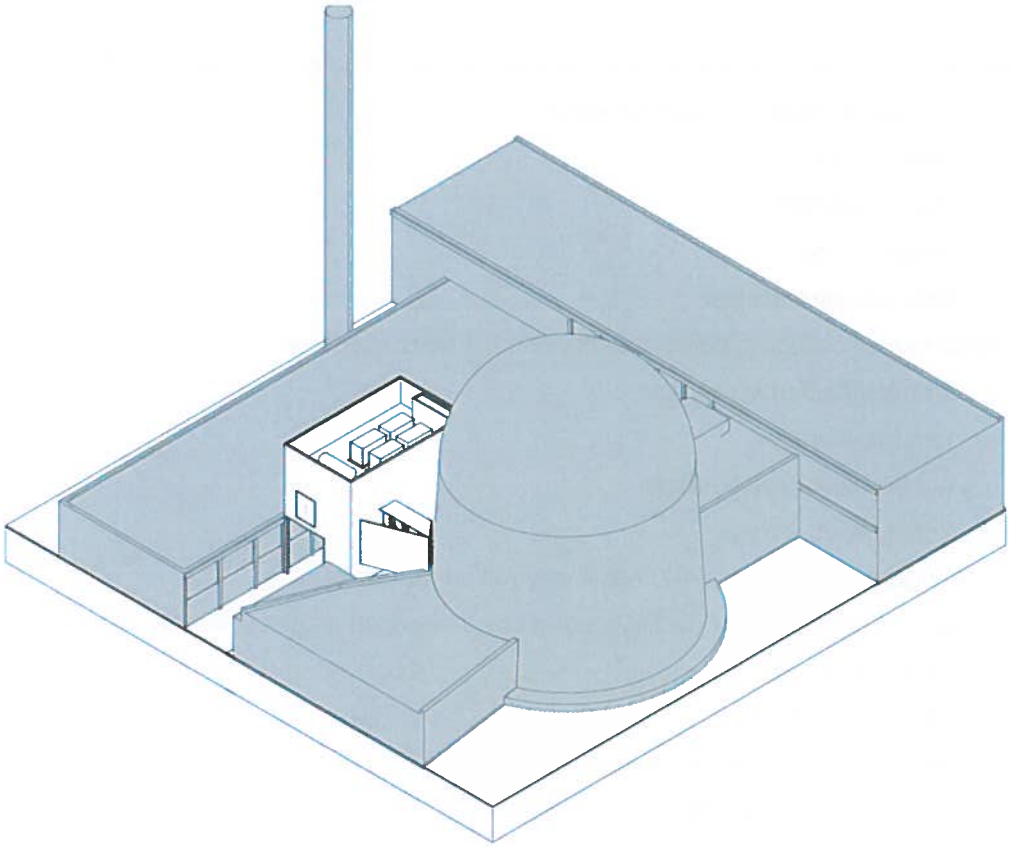
Voor de realisatie van de CNS faciliteit zijn de volgende activiteiten voorzien:

- Installatie van de systeemonderdelen in het reactorbassin ("In-Pool Assembly" (IPA)):
  - Aanpassing bestaande bundelbuizen
  - Koelreservoir
  - Warmtewisselaar
  - Beryllium ring
  - Verbindende leidingen
- Installatie van de overige systeemonderdelen in het reactorgebouw:
  - Waterstofbuffertank en box
  - Heliumbuffertank
  - Containment doorvoeringen
  - Verbindende leidingen
- CNS Utility gebouw (zie Figuur 4-7, reeds vergund en gebouwd)
- Systeemonderdelen in het CNS Utility gebouw (reeds vergund en geïnstalleerd):
  - Helium koelunits
  - Helium buffertank
  - Vacuüm box met vacuümpompen en afsluiters
  - Gasafvoer verzameltank
  - Verbindende leidingen
  - Controle systeem
- Koppeling van de systeemonderdelen in het CNS Utility gebouw met die in het reactorgebouw en in de regelkamer (containment doorvoeringen van leidingen en kabels).

De benodigde werkzaamheden vinden in en rond het reactorgebouw plaats. Dit betreft met name installatiewerkzaamheden zoals hijsen en plaatsen van installaties, lassen van leidingen e.d. Onderdeel van de werkzaamheden is het transport voor aan- en afvoer van materialen en het parkeren van extra

auto's van personeel. De eventuele milieugevolgen van deze aspecten zullen in hoofdstuk 4 van dit MER worden behandeld.

Voor de werkzaamheden in het reactorbassin en in het reactorgebouw zal de reactor voor een bepaalde periode buiten bedrijf worden gesteld om de nucleaire veiligheid te waarborgen en vanwege praktische redenen. Alle werkzaamheden die op enige wijze de nucleaire veiligheid van de reactor en de omliggende installaties negatief zouden kunnen beïnvloeden worden specifiek op dit aspect beoordeeld en voorgelegd aan het Bevoegd Gezag voor goedkeuring.



Figuur 4-7 Overzicht van het CNS Utility gebouw (tussen de bestaande gebouwen in grijs) [bron: KAAN Architecten]

4.1.5. Exploitatie met de CNS faciliteit

Zoals beschreven in paragraaf 4.1.2 is de installatie van de CNS faciliteit voorzien van een aantal technische voorzieningen om ongewenste milieueffecten en calamiteiten te voorkomen. Deze effecten kunnen samenhangen met de volgende aspecten:

- Explosie gevaar van waterstof
- Koelinstallatie met cryogeen helium
- Reactiviteitseffecten voor de reactorkern.

Omdat waterstof onder bepaalde voorwaarden samen met zuurstof een explosief mengsel kan vormen zijn de volgende voorzieningen aangebracht om dit te voorkomen:

- Gesloten waterstofkringloop van beperkte omvang en relatief lage druk (ca. 2 bar(a) bij lage temperatuur, ca. 4 bar(a) bij kamertemperatuur) zonder actieve componenten, waardoor de kans op lekkage gering is.
- Geen pompen waardoor er geen ontstekingsbronnen zijn
- Beperkte hoeveelheid waterstof (max. 1000g) in het systeem. Bij opwarming en expansie van de waterstof wordt dit opgevangen in de waterstofbuffertank.
- Het gasmantelsysteem rond de cryogene sectie fungeert als veiligheidsbarrière tegen een waterstof-zuurstof-reactie door zuurstof weg te houden van de waterstof.
- Het gasmantelsysteem rond het waterstofsysteem voorkomt dat waterstof in aanraking komt met lucht of water doordat de onderdelen waaruit waterstof zou kunnen lekken zijn ingesloten door een inert gas (stikstof of helium). De druk in het gasmantelsysteem is hoger dan de omringende druk zodat wordt voorkomen dat lucht bij het waterstofsysteem kan komen. Lekkages in het systeem worden bewaakt door detectie van veranderingen in de druk.
- De mechanische sterkte van het gasmantelsysteem is zodanig dat deze bij een hypothetische waterstofexplosie intact blijft.
- Bij een te hoge of lage druk van de waterstof in de waterstofkringloop wordt de reactor automatisch afgeschakeld.

De koelinstallatie met cryogeen helium vormt geen bedreiging voor de reactor of omgeving. De volgende technische voorzieningen zijn aangebracht voor een betrouwbaar bedrijf van het systeem:

- Het systeem en de leidingen zijn geïsoleerd door middel van een vacuüm isolatie.
- Bij uitval van de koelinstallatie en daardoor opwarming en expansie van het helium wordt dit opgevangen in heliumbuffertanks binnen en buiten het reactorgebouw.
- Het systeem heeft een eigen automatisch controlesysteem.

De beryllium ring rond de koude bron heeft een reactiviteitseffect op de reactorkern. Dit effect is beperkt en aangetoond is dat dit binnen de randvoorwaarden voor overreactiviteit van het Veiligheidsrapport blijft. Daarmee is aangetoond dat de veilige bedrijfsvoering van de reactor gewaarborgd blijft. Voorzien is dat de beryllium ring de verdere levensduur van de HOR bruikbaar zal blijven, zodat dit niet resulteert in tussentijdse vervanging en afvalstromen.

Internationaal zijn er geen significante ongevallen bekend in verband met de toepassing van een CNS faciliteit in een onderzoeksreactor.

Naast de bovengenoemde mogelijke ongewenste milieugevolgen zijn er de volgende aspecten die invloed op het milieu kunnen hebben:

- Geluid van de koelinstallatie (reeds vergund)
- Aanvoer van benodigde stoffen, zoals waterstof- en heliumgas.

De eventuele milieugevolgen van deze aspecten zullen in hoofdstuk 4 van dit MER worden behandeld.

4.2. Beschrijving van de alternatieven

In het MER dienen ook alternatieven voor de voorgenomen activiteit, die redelijkerwijs in beschouwing kunnen worden genomen, te worden beschreven.

Bij de keuze van de voorgenomen activiteit zijn meerdere alternatieven beschouwd, die echter niet altijd reëel zijn, vanwege praktische haalbaarheid of vanwege te hoge kosten. De volgende alternatieven worden hieronder beschouwd, op basis waarvan de keuze voor de redelijkerwijs in beschouwing te nemen alternatieven is gemaakt:

- Nulalternatief
- Verhoging reactorvermogen
- Toepassing van superkritisch waterstof
- Deuterium als moderator
- Alternatief voor de heliumkoeling
- Alternatieve locatie koelinstallatie en traject leidingen
- Positie van de waterstofbuffertank.

4.2.1. Nulalternatief

Als eerste alternatief is er het zogenaamde Nulalternatief, waarbij de voorgestelde activiteit niet wordt uitgevoerd. Deze situatie komt overeen met de bestaande situatie.

4.2.2. Verhoging reactorvermogen

Een alternatief voor de CNS faciliteit is het verhogen van het reactorvermogen. Door toepassing van de CNS faciliteit worden neutronen met een lage energie verkregen. Ook zonder de CNS faciliteit heeft een klein deel van de vrijkomende neutronen een lage energie. Door verhoging van het reactorvermogen en daarmee van het totale aantal neutronen zal daarom ook het aantal neutronen met een lage energie toenemen. Echter voor een vergelijkbaar effect als bij toepassing van de CNS faciliteit zou het reactorvermogen met ruim een factor 10 moeten worden verhoogd. Dit is niet mogelijk binnen de huidige installatie en zou daarom een nieuwe reactor vereisen. Het kan daarom niet als reëel alternatief worden beschouwd.

4.2.3. Toepassing van superkritisch waterstof

Als alternatief voor de CNS faciliteit kan in plaats van de hierboven beschreven thermosifonkringloop, waarbij de waterstof in twee fasetoestanden (gasvormig en vloeibaar) wordt gebruikt, gebruik worden gemaakt van superkritisch waterstof. Hierbij wordt de waterstof onder een hogere druk gehouden om het in de superkritische fase te houden, en wordt voor de koeling gebruik gemaakt van actieve circulatie met ventilatoren. Zoals aangegeven in Tabel 4-1 worden beide types CNS faciliteiten internationaal toegepast, waarbij de tendens richting de toepassing van het thermosifon type is.

Tabel 4-1 Voorbeelden van onderzoeksreactoren met een CNS faciliteit

Reactornaam	Land	Vermogen [MW_{th}]	Moderator	Type koude bron
KUR	Japan	5	Vloeibaar D_2	Thermosifon
BER-II	Duitsland	10	Superkritisch H_2	Actieve circulatie
ORPHEE	Frankrijk	14	Vloeibaar H_2	Thermosifon
NBSR	USA (NIST)	14	Vloeibaar H_2	Thermosifon
OPAL	Australië	20	Vloeibaar D_2	Thermosifon
FRM-II	Duitsland	20	Vloeibaar D_2	Thermosifon
JRR-3M	Japan	20	Vloeibaar H_2	Thermosifon
HANARO	Korea	30	Vloeibaar H_2	Thermosifon
CARR	China	60	Vloeibaar H_2	Thermosifon
HFIR	USA (ORNL)	100	Superkritisch H_2	Actieve circulatie

De belangrijkste verschillen tussen een CNS faciliteit met superkritisch waterstof in vergelijking met die met de thermosifon werking zijn:

- Eénfasig waterstof: voordeel met betrekking tot gelijkmatige flux van laag energetische neutronen
- Grotere waterstof inventaris: grotere potentiële gevaarzetting
- Hogere druk in het waterstofsysteem: hogere eisen aan het ontwerp
- Actieve componenten in de waterstofkringloop: nadeel met betrekking tot betrouwbaarheid, onderhoud en vereiste stroomvoorziening
- Onafhankelijk van de positie van de koude bron (horizontaal, verticaal of onder een hoek): voordeel vanwege meer ontwerpvrijheid.

4.2.4. Deuterium als moderator

Internationaal wordt als moderator (stof die de neutronen vertraagt) voor een CNS faciliteit waterstof (H_2) of deuterium (D_2) gebruikt (zie Tabel 4-1). Deuterium is een stabiele isotoop van waterstof met een additioneel neutron in de atoomkern. Omdat deuterium slechts zeer beperkt in de natuur voorkomt (ongeveer 0,015% van alle waterstofatomen is deuterium) is de toepassing ervan duurder. Voor een

moderatorkamer met een klein volume (zoals voorgesteld voor RID) resulteert de toepassing van waterstof in een hogere opbrengst voor koude neutronen dan de toepassing van deuterium. Bij de toepassing van deuterium dient voor eenzelfde koude neutronenopbrengst de moderatorkamer daarom groter te zijn waarvoor onvoldoende ruimte dicht bij de kern beschikbaar is. Ook is hierbij meer deuterium nodig.

Er is geen verschil in milieugevolgen bij de toepassing van normaal waterstof of deuterium in de CNS faciliteit omdat de chemische eigenschappen gelijk zijn. Omdat de productie van deuterium bewerkelijker is en er meer van nodig is, zullen hierbij meer milieugevolgen aan de orde zijn.

Conclusie is dat de toepassing van waterstof als moderator effectiever, praktischer en goedkoper is, waarbij de milieugevolgen beperkter zijn dan bij de toepassing van deuterium. De toepassing van deuterium kan daarom niet als zinvol alternatief worden beschouwd.

4.2.5. Alternatief voor de heliumkoeling

De reden voor het toepassen van heliumkoeling is dat helium het laagste smelt- en kookpunt heeft van alle elementen en het daardoor een zeer geschikt koelmiddel is voor toepassingen die extreem lage temperaturen behoeven, zoals het koelen van waterstof tot de vloeibare fase. Om die reden wordt voor deze toepassing in principe altijd heliumkoeling gebruikt. Omdat helium een inerte stof is die normaal niet chemisch met andere stoffen reageert, is het ook een veilige stof zonder directe milieugevolgen.

Voor de toepassing van heliumkoeling ten behoeve van de CNS faciliteit is daarom geen geschikt alternatief met mogelijk geringere milieugevolgen beschikbaar.

4.2.6. Alternatieve locatie koelinstallatie en traject leidingen

Voor de koelinstallatie is het gunstig om de koelleidingen zo kort mogelijk te maken waardoor transportverliezen door warmteoverdracht zo beperkt mogelijk zijn. De huidige plaatsing van de koelinstallatie direct naast het reactorgebouw voldoet daaraan. Een nog geringere afstand zou worden verkregen door de koelinstallatie binnen het reactorgebouw te plaatsen. Om praktische redenen (beperkte ruimte, afvoer van warmte) en veiligheidstechnische redenen (zoals minimalisatie van het aantal doorvoeren door het containment die nodig zijn voor de benodigde voorzieningen (stroomtoevoer, aansturing, condenswaterafvoer, heliumtoevoer, e.d.)) is dit echter niet haalbaar.

Daarnaast is het van belang om de hoeveelheid waterstof in de CNS faciliteit zo klein mogelijk te houden en daarom de warmtewisselaar tussen de waterstofkringloop en de heliumkringloop zo dicht mogelijk bij

de koude bron te plaatsen. De locatie van deze warmtewisselaar als onderdeel van de IPA ("In-Pool Assembly") in het reactorbassin is daarom ook het meest geschikt.

Door de locatie van de koelinstallatie en van de waterstof/helium warmtewisselaar in combinatie met praktische overwegingen wordt het traject van de koelmiddelleidingen en locatie van overige systeemonderdelen in grote lijnen bepaald.

Op grond van bovenstaande geldt dat er geen realistische alternatieve locatie voor de koelinstallatie en de leidingen aanwezig is die als zinvol alternatief beschouwd zou kunnen worden.

4.2.7. Positie van de waterstofbuffertank

De waterstofbuffertank heeft tot doel om de waterstof van de koude bron op te vangen indien dit verdampt en expandeert als gevolg van opwarming. Als dit gebeurt, bevindt een groot deel van de waterstof zich in gasvormige toestand in de waterstofbuffertank. De waterstofbuffertank bevindt zich in de reactorhal. Een alternatief kan zijn om de waterstofbuffertank buiten de reactorhal te plaatsen om zo een eventueel explosierisico binnen de reactorhal te vermijden.

Om de volgend redenen is ervoor gekozen om de waterstofbuffertank in de reactorhal te plaatsen:

- Indien de waterstofbuffertank buiten de reactorhal is geplaatst dan dienen de waterstofleidingen tussen de waterstofbuffertank en de koude bron voorzien te zijn van isolatieafsluiters ten behoeve van reactorhalisolatie gedurende ongevallen met de reactor. Hierdoor is het mogelijk dat de veiligheidsfunctie van de waterstofbuffertank, namelijk het verlagen van de waterstofdruk bij verdamping en expansie van het vloeibare waterstof, niet functioneert.
- Het explosierisico van het waterstofsysteem binnen de reactorhal is beperkt door de diverse voorzieningen zoals beschreven in paragraaf 4.1.5, namelijk:
    - beperkte hoeveelheid waterstof
    - gesloten waterstofsysteem
    - gasmantelsysteem met hogere inerte gasdruk en lekkagebewaking
    - geen ontstekingsbronnen
    - bestendigheid van het systeem tegen een hypothetische waterstofexplosie.

Door deze voorzieningen bestaat er praktisch geen mogelijkheid tot een explosie, en zijn er daarnaast geen ernstige gevolgen van een gepostuleerde explosie. Vanwege het eerste punt zou plaatsing van de waterstofbuffertank buiten de reactorhal juist veiligheidsrisico's voor het systeem opleveren. Omdat dit alternatief dus leidt tot grotere mogelijke milieugevolgen wordt het als niet reëel beschouwd.

4.2.8. Resulterende alternatieven

In het advies reikwijdte en het detailniveau van de MER staan een aantal alternatieven genoemd die niet in bovenstaande paragrafen zijn beschouwd. De reden hiervoor is dat dit advies de drie onderdelen van de eerder voorziene voorgenomen activiteit betreft. Omdat slechts één van deze onderdelen tot de huidige voorgenomen activiteit behoort (zie hoofdstuk 1 en paragraaf 2.1) zijn een aantal van deze alternatieven niet meer van toepassing.

Verder geldt dat het toepassen van een CNS faciliteit een zeer specialistische installatie betreft waarvoor maar heel beperkt alternatieven beschikbaar zijn.

Concluderend zijn de volgende alternatieven relevant:

- Nulalternatief
- Toepassing van superkritisch waterstof.

Deze alternatieven zullen daarom in dit MER verder worden beschouwd.

5 Bestaande milieusituatie, autonome ontwikkeling en milieugevolgen

In dit hoofdstuk wordt een globale aanduiding gegeven van de gevolgen voor het milieu die de realisatie en het bedrijven van de aangepaste reactor kunnen opleveren. Daarbij wordt eerst de bestaande toestand van het milieu en de autonome ontwikkeling beschreven, voor zover deze relevant is voor de voorspelling van de gevolgen voor het milieu bij uitvoering van de voorgenomen wijzigingen of één van de alternatieven. Vervolgens worden de milieugevolgen van de voorgenomen activiteit en van de alternatieven beschouwd.

Het gaat hierbij enerzijds om een indicatie van de stralingsrisico's die verbonden zijn aan het bedrijven van de installatie (externe straling en emissies in lucht en water bij normaal bedrijf en ongevallen) en anderzijds om de conventionele (niet-nucleaire) milieugevolgen, zoals geluid en invloed op natuur en landschap.

5.1. Nucleaire veiligheid en stralingsbelasting

5.1.1. Normaal bedrijf

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

Met betrekking tot de stralingsbelasting als gevolg van het normale bedrijf van de HOR zijn de volgende onderdelen van belang die kunnen leiden tot stralingsbelasting voor de omgeving:

- Directe straling vanuit het reactorgebouw
- Lozingen van radioactieve stoffen naar de lucht en het rioolwater
- Afvoer van gebruikte splijtstofelementen naar de COVRA
- Productie van radioactief afval dat wordt afgevoerd naar de COVRA.

In de Kew-vergunning van het RID zijn met betrekking tot deze onderdelen voorschriften opgenomen.

Directe straling

De voornaamste stralingsbron bij het RID is de HOR. In 2013 zijn metingen uitgevoerd door het RIVM waarin geconcludeerd wordt dat ten gevolge van het reactorbedrijf op 50 meter afstand van de reactorkern, binnen de terreingrens en richting Mekelweg, een jaardosis van 47 µSv te verwachten is. Aan de terreingrens wijkt het stralingsniveau niet direct meetbaar af van natuurlijke achtergrond (landelijk gemiddelde circa 2 mSv/jaar, bij het RID wat lager).

Uit berekeningen van het RID blijkt dat de hoogste dosisverwachting buiten de locatie optreedt op de terreingrens aan de Mekelweg, ter hoogte van de reactorkern. In dit punt geldt een equivalente volgdosis van 29 µSv per jaar. Volgens de vergunning mag deze dosis niet meer van 40 µSv per jaar bedragen. Geconcludeerd mag worden dat het extra stralingsniveau aan de terreingrens ten gevolge van het reactorbedrijf voldoet aan de vergunningsnormen.

Lozingen van radioactieve stoffen

De verschillende afvalstromen uit de radiologische ruimten werden gemeten op besmetting. Vloeibaar afval waarbij geen lozingslimieten worden overschreden worden op het riool geloosd. Het overige vloeibare afval wordt als radioactief afval afgevoerd naar de COVRA. De geloosde volumina en activiteit zijn hieronder weergegeven.

Tabel 5-1 Jaarlijkse hoeveelheden vloeibaar afval zoals geloosd op het riool

Vloeibare afval stroom	2013	2014	2015	2016	2017	Vergund
Hoeveelheid (m^3)	**554**	**557**	**478**	**555**	**521**	**nvt**
Geloosde activiteit (Re_{ing})	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	**20**

De geloosde ventilatielucht uit de radiologische ruimten wordt continu gemeten. De gedetecteerde stofvormige activiteit is normaal niet significant groter dan die van de natuurlijke achtergrond. Voor deze lozing is het RID vergund om 100 Re_{inh} te lozen. De concentratie van de gasvormige (^{41}Ar) activiteit kwam in 2014 niet boven de detectiegrens van 2 $kBq.m^{-3}$ en was steeds veel minder dan vergunde 37 $kBq.m^{-3}$ (gemiddeld over 8 uur).

De vergunningsvoorwaarden voor wat betreft de aan het milieu toegevoegde stralingsdosis wordt door het RID gezekerd door het dosistempo van een extern opgestelde detector continue te monitoren. Op basis hiervan wordt de integrale totale dosis (inclusief natuurlijke achtergrond) per kalenderjaar bepaald. De onderstaande tabel geeft de geëxtrapoleerde jaarwaarden van de afgelopen jaren weer.

Tabel 5-2 Jaarlijkse jaardosis (inclusief natuurlijke achtergrond)

Omgevingsdosimetrie	2013	2014	2015	2016	2017
Jaardosis (geëxtrapoleerd, µSv)	723	711	710	715	705

Gedurende het jaar is aan het reactorbedrijf een niet significante jaardosis van 8 µSv (waarde 2017) toe te schrijven.

Gebruikte splijtstofelementen

Gebruikte splijtstofelementen worden, na verwijdering uit de reactorkern, geruime tijd diep onder water in het reactorbassin opgeslagen zodat deze elementen kunnen afkoelen. Bij normaal bedrijf van de HOR worden er per jaar 2 tot 4 LEU splijtstofelementen verbruikt. De afvoer geschiedt naar de speciale opslaginrichting HABOG bij de COVRA. Transport vindt plaats in een speciaal daarvoor bestemde, goedgekeurde transportcontainer.

Transporten geschieden volgens vergunning, overeenkomstig de internationaal aanvaarde regelgeving en conform IAEA-richtlijnen, aangevuld met specifieke voorschriften van de betrokken landen. In de periode 2004 tot en met 2017 zijn vier afvoertransporten gerealiseerd, namelijk tweemaal in 2004 (HEU elementen), eenmaal in 2011 (laatste HEU elementen) en eenmaal in 2017 (LEU elementen).

Radioactief afval

De hoeveelheden radioactief afval zoals die in de afgelopen jaren zijn afgevoerd naar de COVRA zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-3 Jaarlijkse hoeveelheden radioactief afval zoals afgevoerd naar de COVRA

Radioactief afval	2013	2014	2015	2016	2017
Vast (100 l)	-	12	29	-	12
Vloeibaar (60 l)	-	42	1	-	-
Telpotjes	-	1	5	-	2
Hars	-	17	2	-	-
Bronnen	-	-	-	-	2
Slib	-	-	-	-	-

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

Na de plaatsing van de CNS-installatie zal er bij het bedrijven van de reactor in combinatie met de CNS geen invloed zijn op deze milieueffecten met betrekking tot stralingsbelasting bij normaal bedrijf.

Directe straling

De huidige, zeer beperkte, directe straling vanuit het reactorgebouw verandert niet als gevolg van de voorgenomen activiteit omdat de CNS-installatie geen radioactieve bron is en dus ook geen directe straling toevoegt. Indien er door de verandering van de neutronenbundel toch locaties in de installatie zijn (b.v. rond de bundelbuizen of in de experimenteerhal) waar een grotere stralingsbelasting optreedt, dan wordt door toepassing van extra afscherming deze stralingsbelasting teruggebracht.

Lozingen van radioactieve stoffen

De huidige lozing van radioactieve stoffen naar de lucht en het rioolwater verandert niet als gevolg van de voorgenomen activiteit omdat er bij de CNS-installatie geen radioactieve stoffen vrijkomen die geloosd moeten worden.

Gebruikte splijtstofelementen

Omdat het vermogen van de reactor gelijk blijft na doorvoering van de voorgenomen activiteit treedt er geen verandering op in het aantal gebruikte splijtstofelementen.

Radioactief afval

De productie van radioactief afval gedurende regulier bedrijf zal in principe niet wijzigen als gevolg van de voorgenomen activiteit omdat door de CNS-installatie en de toepassing daarvan geen radioactief afval wordt geproduceerd.

Er kan sprake zijn van een beperkte additionele hoeveelheid radioactief afval als gevolg van de plaatsing van de CNS-installatie. Dit additionele radioactieve afval zal bestaan uit:

- Materiaal van de ingekorte bundelbuizen en spiegelfilter
- Beschermende kleding, handschoenen
- Diverse werkmaterialen.

De afgezaagde delen van de bundelbuizen en spiegelfilter zijn besmet en geactiveerd. Deze worden eerst opgeslagen in het bassin om uiteindelijk op reguliere wijze te worden afgevoerd naar de COVRA. Dit betreft in principe geen extra radioactief afval aangezien het anders bij de uiteindelijke ontmanteling was vrijgekomen. De overige (besmette) materialen worden bij de normale radioactieve afvalstromen gevoegd en regulier afgevoerd naar de COVRA.

Naast het radioactieve afval als gevolg van de realisatie zal er aan het eind van de bedrijfsduur van de HOR additioneel radioactief afval beschikbaar komen bij de ontmanteling van de installatie. Dit betreft het dan geactiveerde deel van de CNS faciliteit dat zich dicht bij de reactorkern bevindt, waaronder het beryllium-deel daarvan. De hoeveelheid radioactief afval bij de ontmanteling zal als gevolg van geactiveerde of gecontamineerde materialen van de CNS-faciliteit met ongeveer 1.500 kg of 2 m^3 toenemen. Op het geheel van de ontmanteling van de installatie zal dit slechts een kleine bijdrage (<1%) betreffen.

Door toepassing van de CNS faciliteit zal er meer neutronenstraling met een lage energie (koude flux) aanwezig zijn dan nu het geval is. Omdat deze flux ordes van grootte lager is dan de huidige neutronenstraling zal dit geen extra bijdrage leveren in de activering van de installatie, en dus ook niet in de hoeveelheid radioactief afval.

Milieugevolgen van de alternatieven

Met betrekking tot de stralingsbelasting als gevolg van het normale bedrijf van de HOR komt het nulalternatief overeen met de bestaande toestand met de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof zou tot een vergelijkbaar installatie rond de reactorkern leiden en daarmee tot gelijke stralingsbelasting als gevolg van normaal bedrijf als bij de voorgenomen activiteit.

5.1.2. Nucleaire veiligheid

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

De HOR is zodanig ontworpen, gebouwd en bedreven dat de veiligheid optimaal gewaarborgd is. Ten einde de gevolgen van ongevallen zo veel mogelijk te beperken zijn technische veiligheidsvoorzieningen aanwezig (zie paragraaf 3.3). Het veiligheidsniveau van een kernreactor wordt bepaald door de veiligheidseisen die aan het ontwerp ten grondslag hebben gelegen (de zogenaamde ontwerpbasis) en de wijze van bedrijfsvoering. Vanwege het specifieke karakter van een kernreactor moet aan het ontwerp de eis worden gesteld dat de veiligheid voor de omgeving onder alle redelijkerwijs denkbare omstandigheden gewaarborgd moet zijn.

Ontwerpongevallen

In de nucleaire praktijk betekent dit, dat een aantal 'begingebeurtenissen' worden verondersteld, bijvoorbeeld het breken van een leiding of het uitvallen van de koeling, die met een bepaalde kans van optreden bij de installatie op zouden kunnen treden. Vervolgens wordt (via ongevalsanalyses)

aangetoond of met het ontwerp van de installatie de gevolgen van de veronderstelde begingebeurtenissen worden beheerst. Beheersen betekent het halen van essentiële veiligheidsdoelen:

- afschakelen en afgeschakeld houden van de reactor
- koelen van de reactor
- handhaven van de insluitfunctie voor de radioactieve stoffen.

Met een ongeval worden afwijkingen van normaal bedrijf of storingen bedoeld waarna het bedrijven van de installatie uit veiligheidstechnisch oogpunt niet zonder meer voortgezet kan worden. Een ontwerpongeval is een ongeval waartegen de kernreactor is ontworpen, overeenkomstig bepaalde ontwerpcriteria. Voor de ontwerpongevallen geldt dat deze beheerst worden binnen de in het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (BKSE-art. 18.2) gestelde voorwaarden ten aanzien van o.a. doses bij bepaalde ongevalskansen (zie Tabel 2-1).

Het Veiligheidsrapport is de aangewezen plaats voor het beschrijven van de veronderstelde begingebeurtenissen en de gevolgen daarvan. In het Veiligheidsrapport staan de bijbehorende uitgangspunten en randvoorwaarden, de reactie van de installatie (met andere woorden het ongevalsverloop) en de bewijsvoering dat de veiligheid inderdaad gewaarborgd is. In het Veiligheidsrapport-1995 [1], die de basis vormt voor de vigerende Kew-vergunning, is met ongevalsanalyses aangetoond dat de ontwerpongevallen worden beheerst binnen de genoemde criteria van de BKSE.

Buiten-ontwerpongevallen

Naast beheersing van de ontwerpongevallen is het van belang in kaart te brengen in hoeverre de gevolgen voor de omgeving van ontwerp-overschrijdende gebeurtenissen (buiten-ontwerpongevallen) kunnen worden beperkt. Bij de buiten-ontwerpongevallen moet worden voldaan aan de in het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (BKSE-art. 18.3) gestelde voorwaarden ten aanzien van risico's voor individuen buiten de centrale (zie paragraaf 2.2.3). In het Veiligheidsrapport-1995 [1], die de basis vormt voor de vigerende Kew-vergunning, is een risicobeschouwing van een ernstig buiten-ontwerpongeval (neerstortend vliegtuig) opgenomen. Daarvan is aangetoond dat de overlijdensrisico's voor personen buiten het bedrijfsterrein van het RID voldoen aan de norm voor het individueel (plaatsgebonden) risico en het groepsrisico.

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

Ontwerpongevallen

In de nieuwe Nederlandse regelgeving voor nieuw te bouwen nucleaire kernreactoren (Handreiking VOBK, zie paragraaf 2.2.3) is een uitgebreide lijst opgenomen van ongevallen die voor een kernreactor

beschouwd dienen te worden. Onderdeel van deze set zijn een aantal specifieke begingebeurtenissen met betrekking tot de CNS faciliteit (zie Tabel 5-4).

Tabel 5-4 Gepostuleerde begingebeurtenissen voor de CNS faciliteit

Nr.	Omschrijving van de gepostuleerde begingebeurtenis
R2-10	Falen van het koelsysteem van experimenteertoestellen, zoals de koude bron
R2-16	Reactiviteitsveranderingen als gevolg van het bedrijven van de koude bron
R3a-24	Ontwrichting van de barrières van de koude bron

In de bij de onderhavige vergunningsaanvraag ingediende aanpassingen van het Veiligheidsrapport [2] zijn de gevolgen van deze begingebeurtenissen voor de CNS-faciliteit en voor de reactor beschouwd. Hieronder volgt een beschrijving van deze gevolgen.

Falen van het koelsysteem van de koude bron

Wanneer een deel van de koeling van de CNS-installatie wegvalt, kan de koelmachine overschakelen naar een andere koelmachine om de CNS op bedrijfstemperatuur te houden. Wanneer te veel koelcapaciteit wegvalt, zal de helium koeling echter niet genoeg koelvermogen beschikbaar hebben om de moderatorkamer op bedrijfstemperatuur te houden. Hierdoor zal de druk in het waterstofsysteem oplopen en zal de reactor uiteindelijk worden vergrendeld voor verder reactorbedrijf (afschakelen) op het drukalarm "hoog" (drie druksignalen in een 2 uit 3 schakeling). Hierdoor worden de druk en temperatuur in de moderatorkamer beperkt om thermische overbelasting van de moderatorkamer te voorkomen zodat de mechanische integriteit van de CNS-installatie niet in gevaar komt. De afschakeling van de reactor op de waterstofdruk in de CNS-installatie wordt aangebracht ter bescherming van de CNS, maar is vanuit het oogpunt van reactorveiligheid niet van belang vanwege de drukbestendigheid van de buitenste schil van de IPA. Er is geen effect op de integriteit van reactorkern.

Reactiviteitsveranderingen als gevolg van het bedrijven van de koude bron

De beryllium ring om de IPA geeft een positieve reactiviteitsbijdrage aan de reactorkern van circa 0,5 %. Deze extra reactiviteit draagt bij aan de totale reactiviteit binnen de toegestane maximum overreactiviteit van de reactorkern van 6 %. Hiermee wordt rekening gehouden in de berekening voor nieuwe reactorkernen en dit wordt gemeten voordat een reactorkern in bedrijf wordt genomen zodat de toegestane maximale overreactiviteit van de reactorkern en daarmee de reactorveiligheid gewaarborgd blijft. Omdat dit een statische reactiviteitsbijdrage betreft leidt dit niet tot reactiviteitsveranderingen. Verder is de reactiviteitsbijdrage van de waterstof in de CNS-faciliteit in gasvorm of vloeibaar nihil vanwege de beperkte hoeveelheid.

Ontwrichting van de barrières van de koude bron

In de CNS installatie bevindt zich een kleine hoeveelheid waterstof (max. 1.000 gram). Het hypothetisch maximaal denkbare ongeval met dit waterstof is een explosie in de moderatorkamer met een stoichiometrische hoeveelheid zuurstof (verhouding waterstof/zuurstof is 2:1). Dit wordt voorkomen door een zorgvuldig ontwerp met 3 barrières om het koude deel van de IPA waardoor uitgesloten wordt dat er zuurstof bij het waterstofmengsel kan komen. Ook is er geen ontstekingsbron aanwezig in het waterstofcircuit. Om na te gaan wat er gebeurt indien er, ondanks deze voorzorgsmaatregelen, toch een explosie zou plaatsvinden is het potentiële effect van een stoichiometrische waterstof zuurstof explosie in de CNS faciliteit berekend. Hieruit blijkt dat de maximaal optredende drukken op de buitenste barrière ruim binnen de toegestane mechanische belasting van de buitenste schil blijven. Hierdoor wordt gegarandeerd dat bij een hypothetische explosie de buitenste schil van de CNS intact blijft en er geen effect op de integriteit van reactorkern optreedt.

Hiermee is aangetoond dat het ontwerp van de CNS faciliteit zodanig is uitgevoerd dat de te veronderstellen begingebeurtenissen geen negatieve invloed hebben op de veiligheid en de radiologische milieugevolgen van de reactor.

Buiten-ontwerpongevallen

De hierboven beschouwde waterstofexplosie is het hypothetisch maximaal denkbare ongeval met de CNS faciliteit. Omdat dit ongeval geen effect heeft op de integriteit van reactorkern is er geen buiten-ontwerpongeval met de CNS faciliteit mogelijk die invloed heeft op het overlijdensrisico voor personen buiten het bedrijfsterrein van het RID ten aanzien van de norm voor het individueel (plaatsgebonden) risico en het groepsrisico.

Milieugevolgen van de alternatieven

Met betrekking tot de nucleaire veiligheid komt het nulalternatief overeen met de bestaande toestand en de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof leidt tot een grotere waterstofinventaris met een hogere druk en daarmee theoretisch tot een grotere gevaarzetting ten aanzien van een mogelijke explosie dan bij de voorgenomen activiteit. De gevolgen voor de nucleaire veiligheid zouden bij dit alternatief dus in principe groter kunnen zijn dan bij de voorgenomen activiteit.

5.2. Conventionele milieugevolgen

Conventionele milieueffecten betreffen de niet-nucleaire gevolgen. Hieronder vallen bijvoorbeeld emissie van geluid en invloed op flora, fauna en landschap. Deze effecten zullen beperkt zijn omdat de voorgenomen activiteit zich afspeelt binnen de gebouwen en op het terrein van de HOR.

In de KEW-vergunning van RID zijn voorschriften opgenomen voor het aanwezig zijn en het gebruiken van instrumenten, goederen en stoffen in de inrichting, welke aanleiding kunnen geven tot nadelige gevolgen voor het milieu die niet direct voortvloeien uit het nucleaire karakter van de inrichting. Dit betreft met name:

- Afvalstoffen (niet-radioactief)
- Emissies van stoffen, geur en koolwaterstoffen
- Uitgeworpen gassen van noodstroomaggregaten
- Voorkomen van verontreiniging van de bodem en het grondwater onder de inrichting (d.m.v. lekbakconstructies, vloeren van vloeistofdicht materiaal, dubbelwandige leidingen, e.d.).
- Het geluidsniveau veroorzaakt door geluid afkomstig uit de inrichting
- De opslag, het transport en het gebruik van gecomprimeerde gassen in gasflessen alsmede de opstelling van flessenbatterijen
- De opslag van vloeistoffen in tanks.

De nieuw te bouwen installatie zal aspecten bevatten die onder deze voorschriften vallen. Zo zal er sprake zijn van smeermiddelen voor bijvoorbeeld pompen en zal er gebruik worden gemaakt van gecomprimeerde gassen in gasflessen. Dergelijke aspecten welke aanleiding kunnen geven tot nadelige gevolgen voor het milieu die niet direct voortvloeien uit het nucleaire karakter van de inrichting zijn van beperkte omvang en vallen binnen het kader van de huidige vergunning. Deze worden hier daarom niet apart beschouwd.

Aspecten met betrekking waartoe mogelijk wel een uitbreiding van eventuele nadelige gevolgen voor het milieu kunnen ontstaan zijn de volgende:

- Geluid
- Invloed op landschap en natuur, bijvoorbeeld als gevolg van het nieuwe gebouw voor de CNS-installatie
- Gebruik van koelstoffen in vloeibare en gasvormige vorm
- Additioneel energieverbruik
- Verontreiniging van de bodem
- Constructie van de installatie

- Archeologie.

Deze aspecten worden in de volgende paragrafen behandeld.

5.2.1. Geluidshinder

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

Geluid is in de huidige situatie nauwelijks een milieueffect van de inrichting, het complex blijft ruim onder de toegestane geluidsbelasting van het RID zoals vastgelegd in de Kew-vergunning. Dit geldt voor de combinatie van de verschillende geluidsbronnen van het RID zoals de verdampingskoelers van de HOR, de koelers van de computerfaciliteit en koelmachines van HollandPTC. De noodstroomaggregaten zijn hierbij uitgezonderd omdat deze alleen in geval van een calamiteit worden gebruikt en incidenteel worden getest. Zij vormen daarom geen onderdeel van de representatieve bedrijfssituatie.

De randvoorwaarden voor de geldende toegestane geluidsbelasting van het RID en de berekende geluidsbelasting zijn weergegeven in Tabel 5-5.

Het meten en berekenen van de geluidsniveaus en de beoordeling van de meetresultaten dienen te gebeuren overeenkomstig de "Handleiding meten en rekenen Industrielawaai".

Tabel 5-5 Toegestane geluidsbelasting van het RID conform de Kew-vergunning en berekende geluidsbelasting [3]

Locatie	Referentiegeluidsniveau op 50m afstand en 5m hoogte L_{Aeq} [dB(A)]		Periode
	Vergund	Berekend	
Zijde Mekelweg	50	50	07.00 en 19.00 uur
	48	48	19.00 en 23.00 uur
	48	48	23.00 en 07.00 uur
Zijde Watermanweg	50	45	07.00 en 19.00 uur
	45	45	19.00 en 23.00 uur
	45	45	23.00 en 07.00 uur
Andere zijden	50	40	07.00 en 19.00 uur
	45	40	19.00 en 23.00 uur
	40	40	23.00 en 07.00 uur
	Maximaal geluidsniveau LMax, gemeten in stand f (conform IEC 651, 1979) [dB(A)]		Periode
	Vergund	Berekend	
Zijde Mekelweg	60	63	07.00 en 19.00 uur
	55	49	19.00 en 23.00 uur
	55	49	23.00 en 07.00 uur
Zijde Watermanweg	60	51	07.00 en 19.00 uur
	55	39	19.00 en 23.00 uur
	55	39	23.00 en 07.00 uur
Andere zijden	60	45	07.00 en 19.00 uur
	55	39	19.00 en 23.00 uur
	55	39	23.00 en 07.00 uur

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

Er zal sprake zijn van enige geluidsbelasting als gevolg van de koelmachines voor de CNS faciliteit. Deze koelmachines bevinden zich op het dak van het CNS Utility gebouw. Om die reden is in 2016 een akoestisch onderzoek uitgevoerd [3]. Het akoestisch rapport geeft aan dat tijdens het normale bedrijf van de installatie de geluidslimiet niet overschreden wordt (zie Tabel 5-5). Wel kan incidenteel een overschrijding plaatsvinden van het maximale vergunde geluidsniveau (zijde Mekelweg, van 60 naar 63 dB(A)) als gevolg van rijbewegingen van een vrachtwagen met stikstof, al blijft deze ruim onder de richtwaarde van 70 dB(A) voor de dagperiode zoals genoemd in de Handreiking industrielawaai en vergunningverlening. Deze overschrijding is in de huidige vergunning maximaal 12 maal in een kalenderjaar toegestaan, voor zover dit plaatsvindt tussen 07.00 uur en 19.00 uur. Hieraan wordt door het RID voldaan.

Voor wat betreft geluid zal in de nieuwe situatie onveranderd aan de voorschriften in de vigerende vergunning worden voldaan. Overigens is de geluidsbelasting van de koelmachines ten behoeve van de testopstelling al vergund in het kader van de laatste vergunningswijziging.

De beoordeling van de geluidsniveaus heeft plaats gevonden volgens de Handleiding meten en rekenen industrielawaai.

Milieugevolgen van de alternatieven

De geluidsbelasting van het nulalternatief komt overeen met die van de bestaande toestand met de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof leidt tot een hogere druk in het waterstofsysteem waarvoor een compressie-installatie nodig is en actieve componenten in de waterstofkringloop. Daarnaast zal ook een koelinstallatie nodig zijn vergelijkbaar als bij de voorgenomen activiteit. Afhankelijk van het specifieke ontwerp van de installatie zal vanwege het grotere aantal actieve componenten de geluidsbelasting van dit alternatief groter of gelijk zijn aan die van de voorgenomen activiteit.

5.2.2. Invloed op landschap en natuur

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

Het RID is gelegen in Delft op het terrein van de TU-Delft. Het RID terrein ligt in het westelijk deel van de "Zuidpolder van Delfgauw" op het bedrijventerrein "Technopolis" met kennisintensieve bedrijvigheid, hoofdzakelijk gericht op R&D, laboratoria, testfaciliteiten en startende bedrijven. Het RID-terrein beslaat circa 4,5 ha en is omgeven door een gracht. Op het terrein bevinden zich een aantal gebouwen en voorzieningen ten behoeve van de werkzaamheden van het Instituut.

In de directe omgeving bevinden zich sportaccommodaties, twee tot het RID behorende dienstwoningen, enkele gebouwen van de TU Delft, een instituut voor Hoger en Middelbaar Laboratoriumonderwijs en industriële vestigingen.

Direct ten westen van het RID-terrein is de faculteit Technische Natuurwetenschappen (TNW) van de TUD gesitueerd, met daarin kantoren, laboratoria en studiefaciliteiten voor ca. 500 medewerkers en 800 studenten.

Voor de ingang van het RID-terrein langs de Mekelweg is een tramlijn in aanleg die het station met de TU-wijk verbindt. De start van de tramexploitatie is niet bekend.

De Rijksweg A13 en een spoorweg doorkruisen het gebied waarin het RID is gevestigd. Tevens loopt ongeveer 800 m westelijk van het instituut de Delftse Schie, een kanaal dat Delft met Rotterdam en Den Haag verbindt.

Het bedrijventerrein en de direct omliggende gebieden betreffen geen beschermd Natura 2000 gebied of natuurbeschermingsgebieden, en er vinden ook geen emissies plaats die invloed hebben op deze gebieden in de omgeving. Een beoordeling in het kader van de Natuurbeschermingswet is daarom niet aan de orde.

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

Voor de CNS-installatie is een nieuw gebouw geplaatst tussen de bestaande gebouwen (zie Figuur 4-7). Het grondoppervlak van dit gebouw (ca. 9 x 15m) is vele malen kleiner dan dat van de overige bestaande gebouwen. De hoogte van het nieuwe gebouw (ca. 15m) is ruimschoots geringer dan die van het reactorgebouw (ca. 28m), waar het nieuwe gebouw direct naast is geplaatst. Verder bevindt de inrichting zich in een bebouwde omgeving waar meerdere grotere en hogere gebouwen staan. Van enige relevante landschappelijk beïnvloeding van het nieuwe gebouw is daarom geen sprake.

Milieugevolgen van de alternatieven

De landschappelijke beïnvloeding van het nulalternatief komt overeen met die van de bestaande toestand met de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof zou tot een vergelijkbaar gebouw leiden en daarmee tot gelijke landschappelijk beïnvloeding als bij de voorgenomen activiteit.

5.2.3. Gebruik van gevaarlijke stoffen

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

Het RID beschikt over een systeem voor de registratie van gevaarlijke stoffen. Hierdoor is te allen tijde (o.a. voor de brandweer) bekend welke gevaarlijke stoffen voorradig zijn. De aard en de hoeveelheden van aanwezige gevaarlijke stoffen zijn zodanig beperkt dat deze niet onder het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO) valt.

In de huidige vergunning is de opslag, het transport en het gebruik van gecomprimeerde gassen in gasflessen alsmede de opstelling van flessenbatterijen toegestaan voor zover deze voldoen aan de relevante daartoe opgestelde publicatiebladen van de Arbeidsinspectie.

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

De CNS-installatie maakt gebruik van een tweetal koelstoffen, namelijk waterstof en helium, en verder stikstof als mantelgas (zie paragraaf 4.1.2). Daarnaast worden beperkte hoeveelheden smeer- en reinigingsmiddelen gebruikt.

Waterstof kan samen met lucht een explosief mengsel vormen en kan daarom een risico zijn voor de omgeving. De CNS-installatie heeft echter diverse voorzieningen om het vrijkomen van waterstof en de vorming van een explosief mengsel te voorkomen en om een eventuele explosie te beheersen (zie paragraaf 4.1.5). Daarnaast is de hoeveelheid waterstof in de installatie zeer beperkt (max. 1000g) waardoor zelfs in geval van een explosie de gevolgen hiervan niet tot een gevaar voor mens of milieu buiten de inrichting kunnen leiden. Eventuele veiligheidsrelevante gevolgen voor de reactor worden behandeld in paragraaf 5.1.

Helium is een inerte stof is die onder de betreffende omstandigheden niet chemisch met andere stoffen reageert. Om die reden is helium een ongevaarlijke stof en zullen er zelfs bij het vrijkomen van het helium uit de koelinstallatie geen milieugevolgen zijn.

Stikstofgas maakt een belangrijk onderdeel uit van de ons omringende lucht. Het stikstof dat als mantelgas wordt gebruikt zal daarom geen significante milieu-invloed hebben. Wel zal in besloten ruimtes rekening moeten worden gehouden met verstikkingsgevaar voor het personeel. Dit wordt onder meer gedaan door de toepassing van detectieapparatuur.

De opslag, het transport en het gebruik van gecomprimeerd waterstof, helium en stikstof in gasflessen past binnen de huidige vergunning van het RID. Dit leidt daarmee niet tot additionele milieugevolgen.

Milieugevolgen van de alternatieven

Het gebruik van gevaarlijke stoffen bij het nulalternatief komt overeen met die van de bestaande toestand met de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof zou tot een grotere waterstofinventaris leiden en daarmee tot mogelijk grotere hoeveelheden aanwezige koelstoffen. Afhankelijk van het specifieke ontwerp van de installatie zal als gevolg hiervan de eventuele milieubelasting groter of gelijk zijn aan die van de voorgenomen activiteit.

5.2.4. Energieverbruik

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

Met betrekking tot de voorgenomen activiteit is alleen het stroomverbruik van belang. Het huidige stroomverbruik van het RID bedraagt ca. 3.300 MWh/jr. Daarbij komt het voorziene stroomverbruik van HollandPTC van 7.400 MWh/jr en van de elektronen versneller van ca. 250 MWh/jr. In totaal bedraagt het RID-stroomverbruik daarmee ca. 11.000 MWh/jr.

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

Het elektrische systeem van de CNS-installatie voorziet de verschillende hulpsystemen van elektrisch vermogen met een maximaal totaal vermogen tot ca. 650 kW. Dit elektrisch vermogen wordt betrokken van het externe net via de bestaande transformatoren van het RID. Bij continu gebruik van de CNS-installatie resulteert dit in ca. 6.000 MWh/jr, wat een significante toename van het stroomverbruik betekent ten opzicht van het gebruik van het RID inclusief de autonome ontwikkeling.

Milieugevolgen van de alternatieven

Het energiegebruik bij het nulalternatief komt overeen met die van de bestaande toestand met de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof zou tot meer actieve componenten met een groter elektrisch vermogen leiden en daarmee tot een groter energieverbruik dan bij de voorgenomen activiteit.

5.2.5. Bodem

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

De bodem van het terreindeel waar de nieuwbouw van het OYSTER-project (het CNS Utility gebouw) heeft plaatsgevonden, is onderzocht volgens de richtlijnen uit de NEN 5740 met als doel het, middels een steekproef, vaststellen van de kwaliteit van de bodem. Aan de hand van het onderzoek is nagegaan of op de locatie redelijkerwijs geen verontreinigende stoffen in de grond of in het freatisch grondwater boven de streef- of achtergrondwaarden aanwezig zijn.

Met het geheel aan onderzoeksresultaten (o.a. veldwaarnemingen, aanvullende historische informatie en analyseresultaten getoetst aan het desbetreffende kader) is in de boven- en ondergrond geen verhoogde gehalten aan onderzochte stoffen aangetoond. Het grondwater is echter licht verontreinigd met molybdeen, naftaleen en dichloorethenen. Het criterium voor nader onderzoek wordt voor de genoemde parameters echter niet overschreden, en nader onderzoek wordt derhalve niet noodzakelijk geacht.

Resumerend kan bij beoordeling van het geheel aan onderzoeksresultaten gesteld worden dat de aangetroffen bodemkwaliteit aanvaardbaar wordt geacht en zodoende geen belemmering vormt voor de geplande nieuwbouw.

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

Conform de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming 2012 (NRB) dienen voorzieningen getroffen te worden om bodemverontreiniging te voorkomen, dan wel zo veel mogelijk te beperken. Omdat de activiteiten van de CNS-installatie inpandig plaats vinden betreft dit, naast het voorkomen, beperken en wegnemen van lekkages, het voorzien in een vloeistof kerende voorziening (betonvloer).

Milieugevolgen van de alternatieven

De milieugevolgen van het nulalternatief komen overeen met die van de bestaande toestand met de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof zou tot een vergelijkbaar gebouw met installaties leiden en daarmee tot gelijke milieugevolgen met betrekking tot de bodem als bij de voorgenomen activiteit.

5.2.6. Milieugevolgen tijdens de constructie

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

Niet van toepassing.

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

De constructie van de CNS-installatie betreft installatiewerkzaamheden zoals hijsen en plaatsen van installaties, lassen van leidingen e.d. Er vinden geen grotere bouwwerkzaamheden plaats aangezien het CNS Utility gebouw al vergund en gebouwd is.

Bij de werkzaamheden zal aandacht gegeven worden aan werknemersbescherming. Stralingshygiëne en conventionele persoonsbescherming spelen hierbij een rol. Standaard worden er maatregelen getroffen om radiologische en conventionele risico's te beperken. De werkzaamheden voor het aanbrengen van de wijzigingen zullen geen significant effect op het milieu hebben.

Onderdeel van de werkzaamheden is het transport voor aan- en afvoer van materialen en het parkeren van extra auto's van personeel. Hiervoor zijn geen dusdanig grote aantallen vervoersbewegingen voorzien dat deze niet op normale wijze kunnen worden geaccommodeerd door de bestaande infrastructuur. Als gevolg van deze vervoersbewegingen zal er sprake zijn van een slechts zeer geringe toename van de emissie zodat van significante toename van stikstofdepositie geen sprake zal zijn.

Milieugevolgen van de alternatieven

De milieugevolgen van het nulalternatief komen overeen met die van de bestaande toestand met de autonome ontwikkeling.

Het alternatief met de toepassing van superkritisch waterstof zou tot een vergelijkbaar gebouw met installaties leiden en daarmee tot gelijke milieugevolgen tijdens de constructie als bij de voorgenomen activiteit.

5.2.7. Archeologie

Bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkeling

Binnen het gebied Technopolis heeft Archeologie Delft vanaf 2004 intensief archeologisch bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek (grondboringen en proefsleuven) uitgevoerd. Hieruit bleek dat grote delen van de bodem reeds verstoord waren, maar werd ook een verkavelingssysteem uit de Romeinse tijd aangetroffen. Daarnaast zijn ook resten uit de Late Middeleeuwen/Nieuwe tijd gevonden. Voor de bodem tussen de reactorhal en de overige RID-gebouwen geldt dat de bodem verstoord was tijdens de bouw van het RID.

Milieugevolgen van de voorgenomen activiteit

Voor de bodem tussen de reactorhal en het RID-hoofdgebouw, de locatie van het CNS-Utility gebouw, geldt dat de bodem al verstoord was tijdens de bouw van het RID zodat archeologisch onderzoek niet zinvol was. Omdat het CNS Utility gebouw al vergund en gebouwd is vinden er geen grotere bouwwerkzaamheden plaats en is daarom geen nader archeologisch onderzoek nodig.

Milieugevolgen van de alternatieven

Evenals de voorgenomen activiteit zullen de alternatieven geen invloed hebben ten aanzien van archeologie.

6

Vergelijking van alternatieven

In dit hoofdstuk wordt de milieu-invloed van de in paragraaf 4.2 beschreven en in hoofdstuk 5 behandelde alternatieven onderling vergeleken. De volgende alternatieven worden beschouwd:

1. Nulalternatief
2. Voorgenomen activiteit: het aanbrengen van een CNS faciliteit op basis van een thermosifonkringloop met waterstof in twee fasetoestanden (gasvormig en vloeibaar), en de bijbehorende koelinstallatie
3. Het aanbrengen van een CNS faciliteit op basis van een koelkring met superkritisch waterstof.

In Tabel 6-1 is de milieu-invloed van de alternatieven, zoals beschreven in hoofdstuk 5, kwalitatief op een rijtje gezet. De alternatieven 2 en 3 zijn daarbij vergeleken met het Nulalternatief. Daarnaast is in de laatste kolom de milieu-invloed van alternatief afgewogen tegen die van de voorgenomen activiteit (alternatief 2).

Ten aanzien van de nucleaire milieugevolgen is geen significante invloed van de aanpassingen voorzien. Er zal een beperkte hoeveelheid additioneel radioactief afval beschikbaar komen als gevolg van de realisatie en op langere termijn zal bij de ontmanteling van de HOR additioneel radioactief afval beschikbaar komen. Deze hoeveelheden zijn echter beperkt en vormen geen significante toename ten aanzien van de normale afvalstroom.

Vanwege het aanwezige waterstofgas is er theoretisch een zeer geringe potentiële toename van het risico van de installatie, maar vanwege de geringe hoeveelheid waterstofgas en vanwege de technische voorzieningen is de potentiële gevaarzetting en het resulterende risico hiervan verwaarloosbaar.

Uit de tabel blijkt dat van de conventionele milieugevolgen alleen de toename van het stroomverbruik significant is.

Tabel 6-1 Vergelijking van de milieu-invloed van de alternatieven

Milieuaspect	Invloed van alternatieven			
	1	2	3	3 t.o.v. 2
Nucleaire milieugevolgen				
Directe straling	0	0	0	=
Lozing lucht/water	0	0	0	=
Afvoer gebruikte splijtstof	0	0	0	=
Radioactief afval	0	+	+	=
Beheersing ongevallen	0	0	0	=
Conventionele milieugevolgen				
Geluidshinder	0	+	+	≥
Landschappelijke beïnvloeding	0	+	+	=
Gebruik van gevaarlijke stoffen	0	+	+	≥
Energieverbruik	0	++	++	>
Bodem	0	0	0	=
Constructie (excl. geluid)	0	+	+	=
Archeologie	0	0	0	=

0	Geen of verwaarloosbare invloed op het milieuaspect	=	Gelijke milieu-invloed
+	Niet significante toename van de gevolgen van het milieuaspect	≥	Grotere of gelijke milieu-invloed
++	Significante toename van de gevolgen van het milieuaspect	>	Grotere milieu-invloed
-	Niet significante afname van de gevolgen van het milieuaspect	≤	Kleinere of gelijke milieu-invloed
--	Significante afname van de gevolgen van het milieuaspect	<	Kleinere milieu-invloed

1. Nulalternatief
2. Voorgenomen activiteit: het aanbrengen van een CNS faciliteit op basis van een thermosifonkringloop met waterstof in twee fasetoestanden (gasvormig en vloeibaar), en de bijbehorende koelinstallatie
3. Het aanbrengen van een CNS faciliteit op basis van een koelkring met superkritisch waterstof.

7

Leemten in milieu informatie en evaluatie

7.1. Leemten in milieu informatie

Er zijn geen leemten in informatie bekend ten aanzien van de onderwerpen en de scope van deze MER.

7.2. Evaluatieprogramma

Het bevoegd gezag zal een evaluatie uitvoeren nadat de voorgenomen activiteit waarover het milieueffectrapport is geschreven is uitgevoerd. De initiatiefnemer moet daaraan medewerking verlenen. Het doel van de evaluatie is de daadwerkelijk optredende milieueffecten te vergelijken met de in het MER voorspelde effecten.

Referenties

[1] Veiligheidsrapport Hoger Onderwijsreactor, IRI/TU Delft, IRI/HOR-130-95-01, 1995

[2] Aanpassing "Veiligheidsrapport Hoger Onderwijsreactor" (1995) ten behoeve van de OYSTER wijzigingsvergunning, RID, 2018

[3] Rapport Akoestisch onderzoek, Antea Group, 0412652.00, 5 december 2016

Lijst van tabellen

Tabel 2-1 Dosiscriteria voor ontwerpongevallen [Bron: Bkse art. 18.2] . 15

Tabel 3-1 Typerende karakteristieke reactorgegevens 21

Tabel 4-1 Voorbeelden van onderzoeksreactoren met een CNS faciliteit 46

Tabel 5-1 Jaarlijkse hoeveelheden vloeibaar afval zoals geloosd op het riool 51

Tabel 5-2 Jaarlijkse jaardosis (inclusief natuurlijke achtergrond) 52

Tabel 5-3 Jaarlijkse hoeveelheden radioactief afval zoals afgevoerd naar de COVRA..... 52

Tabel 5-4 Gepostuleerde begingebeurtenissen voor de CNS faciliteit..... 56

Tabel 5-5 Toegestane geluidsbelasting van het RID conform de Kew-vergunning en berekende geluidsbelasting [3] 60

Tabel 6-1 Vergelijking van de milieu-invloed van de alternatieven 68

Lijst van figuren

Figuur 2-1 Criterium voor het groepsrisico (groen is toelaatbaar op grond van het Nederlandse risicobeleid) 17

Figuur 3-1 Doorsnede van het reactorgebouw en de experimenteerhal ... 20

Figuur 3-2 Horizontale doorsnede van het reactorbassin 22

Figuur 4-1 Reactorkern met bundelbuizen en koude bron..... 32

Figuur 4-2 Globale werking van de thermosifonkringloop met natuurlijke circulatie van vloeibaar waterstof (VH_2) en gasvormig waterstof (GH_2) 33

Figuur 4-3 "In-Pool Assembly" (IPA) van de CNS faciliteit in het reactorbassin 34

Figuur 4-4 Bundelbuizen voor modificatie 35

Figuur 4-5 Bundelbuizen na modificatie met geplaatste IPA 36

Figuur 4-6 Bundelbuizen na modificatie met alternatieve bundelbuis R2 36

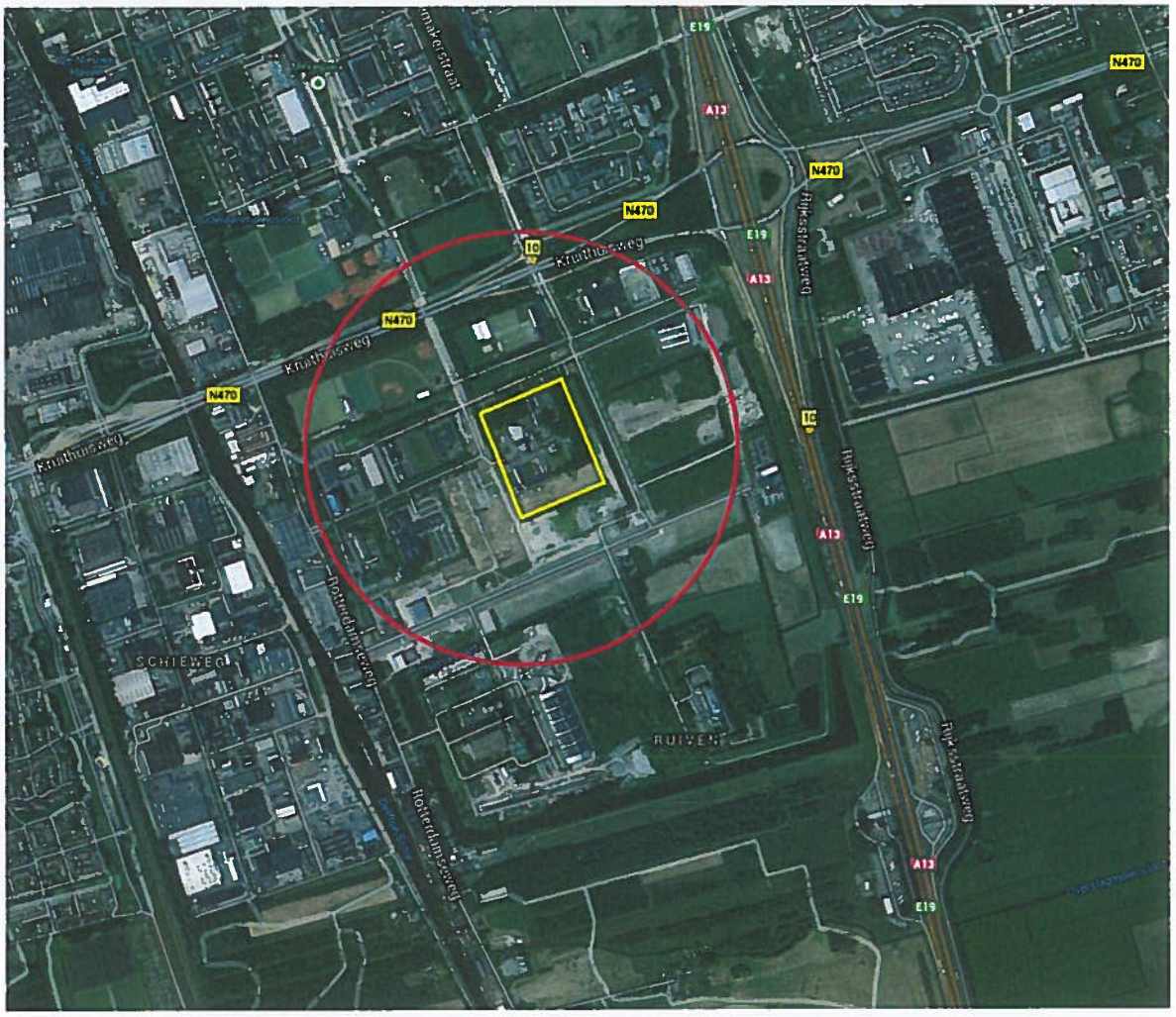
Figuur 4-7 Overzicht van het CNS Utility gebouw (tussen de bestaande gebouwen in grijs) [bron: KAAN Architecten] 42

Lijst van afkortingen

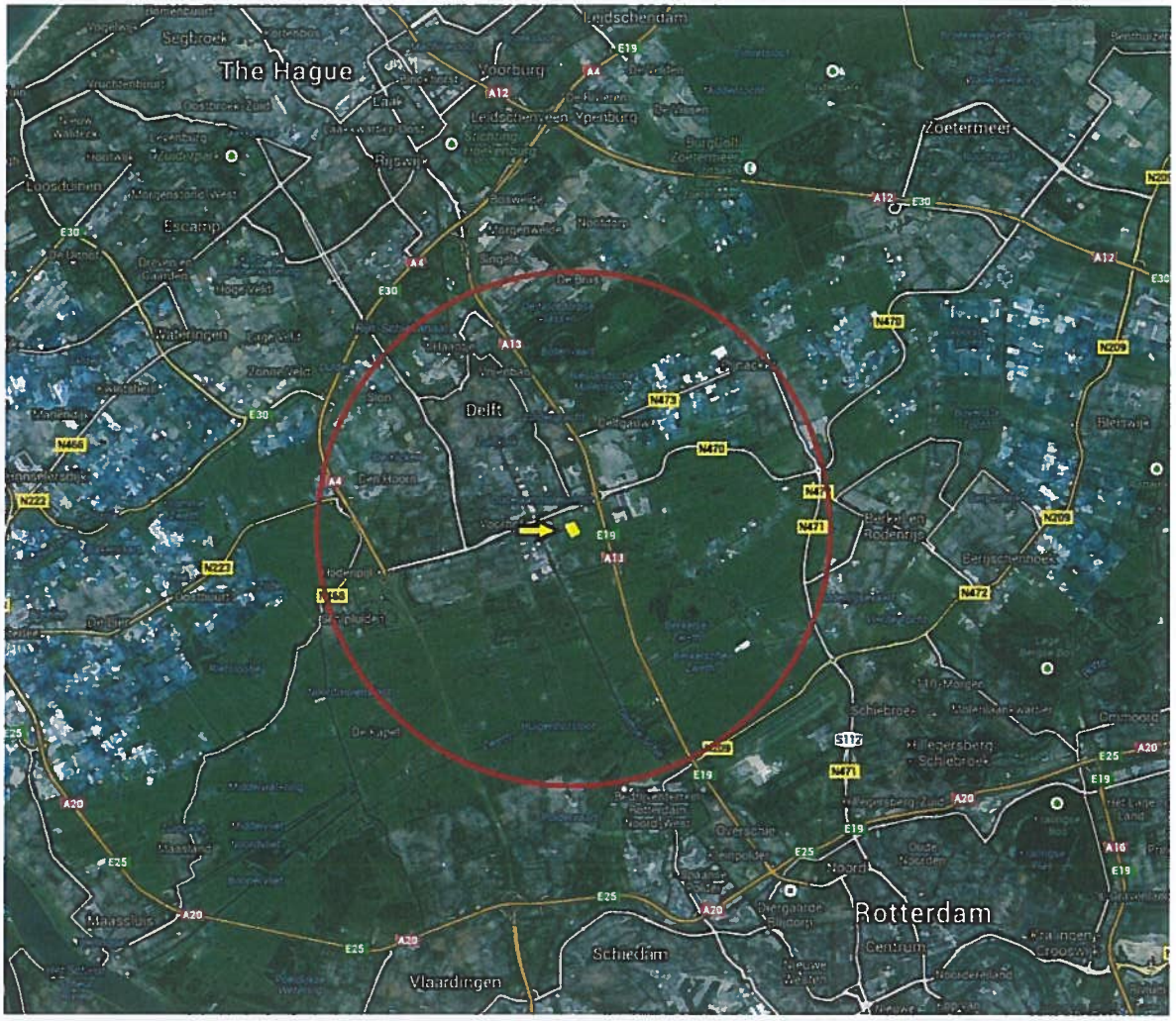
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ANVS	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming
ARBO	Arbeidsomstandigheden
ASD	Algemeen Stralingsdeskundige
ASME	American Society of Mechanical Engineers
Awb	Algemene wet bestuursrecht
BHV	Bedrijfshulpverlening
BIS	Bassinisolatie
Bkse	Besluit Kerninstallaties, Splijtstoffen en Ertsen
Bbs	Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming
CNS	Cold Neutron Source
COVRA	Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval
DSR	Dutch Safety Requirements
HollandPTC	Holland Protonen Therapie Centrum
HOR	Hoger Onderwijs Reactor
IAEA	International Atomic Energy Agency
IPA	In-Pool Assembly
Kew	Kernenergiewet
LEU	Low Enriched Uranium
MER	Milieueffectrapport
NCS	Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten
NMR	Nuclear Magnetic Resonance
NRG	Nuclear Research and Consultancy Group
NVR	Nucleaire Veiligheidsregel
OYSTER	Optimized Yield – for Science, Technology & Education – of Radiation
PIE	Postulated Initiating Event
PSA	Probabilistic Safety Assessment
P&O	Personeel en organisatie
RID	Reactor Instituut Delft
RIS	Reactorhalisolatie
RSA	Reactorsnelafschakeling
RVC	Reactorveiligheidscommissie
SBD	Stralingsbeschermingsdienst

SSC	Systemen, Structuren en Componenten
TNW	Faculteit Technische Natuur Wetenschappen van de TU Delft
TU	Technische Universiteit
VGWM	Veiligheid, Gezondheid, Welzijn en Milieu
VOBK	Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren (Handreiking)
VR	Veiligheidsrapport
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
Wm	Wet milieubeheer

Bijlage A Ligging RID en HOR



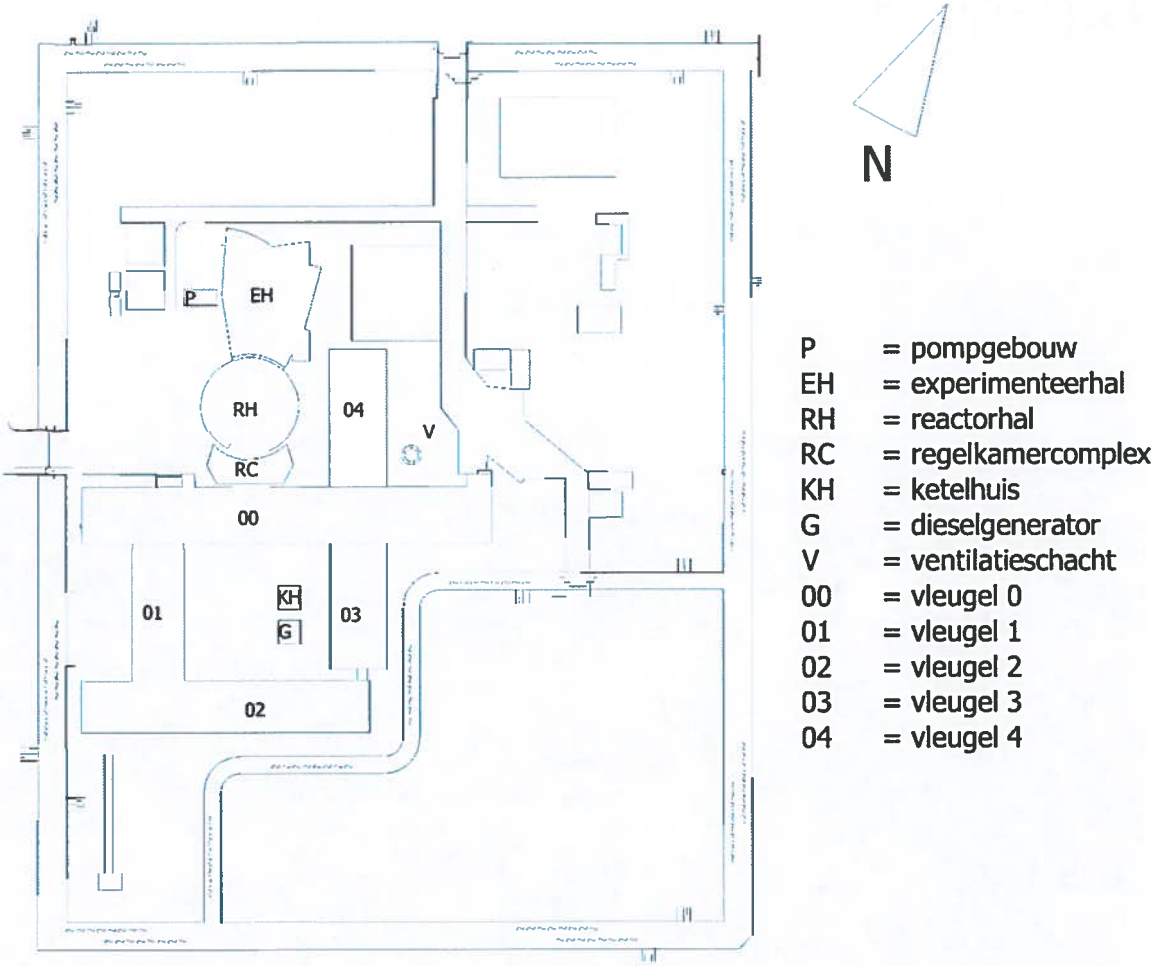
Figuur A-1 **Ligging van de HOR, met de terreingrens van het RID in geel, en in rood het gebied binnen een straal van 500m van de reactor**



Figuur A-2 Ligging van de HOR (in geel) met in rood het gebied binnen een straal van 5km

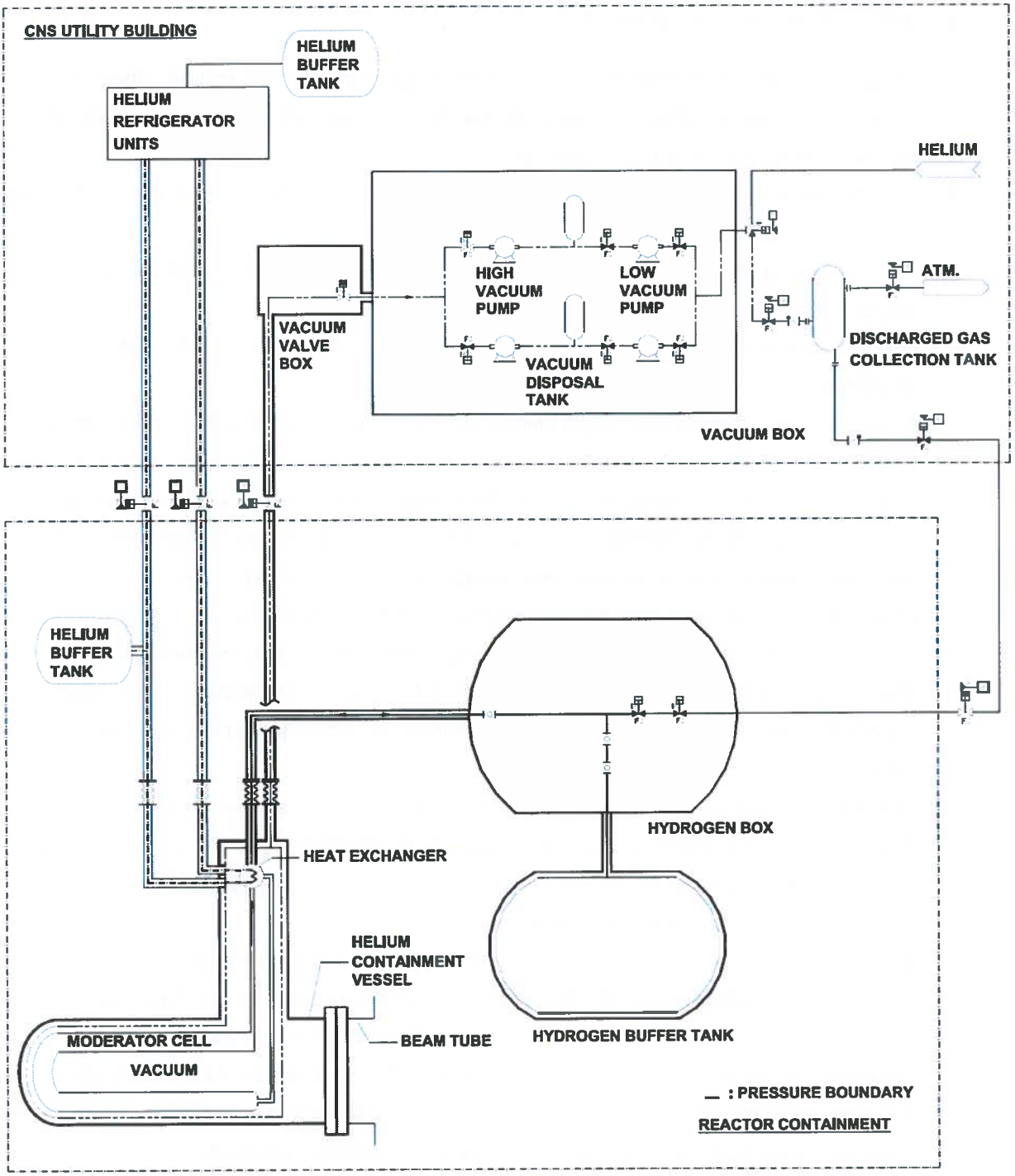
Bijlage B Overzicht en plattegrond van het RID terrein

Figuur B-1 **Overzicht van het RID terrein (ter plaatse van het parkeerterrein aan de voorzijde bevindt zich nu het nieuwe gebouw van de de faculteit Technische Natuurwetenschappen (TNW) van de TUD (zie paragraaf 5.2.2)**



Figuur B-2 Plattegrond RID, situatie 1-1-2015

Bijlage C Figuur CNS installatie



Figuur C-1 Vereenvoudigd schema van de CNS-installatie

Bijlage D KEW-vergunningen RID

Kernenergiewetvergunningen van het RID:

1. Besluit van Onderzoek en beproeving voor het insluitingsvat van de HOR te Delft, afgegeven d.d. 7-2-1963, reg. kenmerk 74059, door het Hoofd van de Dienst voor het Stoomwezen, met bijbehorende lijst van voorwaarden en lijst van tekeningen
2. Hinderwetvergunningen d.d. 21-2-1966 (200 kW), 31-3-1967 (500 kW) en 19-2-1969 (3MW). vanaf 1-1-1970 geacht te zijn verleend op grond van de KEW
3. KEW-vergunning voor het voorhanden hebben van splijtstof (400 elementen met 3,8 % verrijkt U-oxyde). na. 373/724/EEK, d.d 3-4-1973
4. KEW-vergunning voor het voorhanden hebben van splijtstof (onder andere HOR-splijtstof), no. 374/540/EEK, d.d. 9-4-1974 (verleend voor onbepaalde tijd)
5. Aanvullende voorschriften KEW-vergunningen HOR (na. 24 en 25 betreffende beveiligingsrichtlijnen), beschikking na. 378/11/527/EEK, d.d. 4-8-1978 van het Ministerie van Economische Zaken
6. KEW-vergunning voor wijziging van de HOR (bouw regelkamer en vernieuwing instrumentatie), beschikking no. 380/11/1448/EEK d.d. 31-12-1980 van het Ministerie van Economische Zaken
7. Aanvullende voorschriften KEW-vergunningen HOR (na. A en B betreffende toepassing arbeidsbeschermingsregels Besluit Stralenbescherming KEW). beschikking no. 2537040 MHS, d.d. 27-3-1987 van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
8. Beschikking nr. E/EK/387/II/1046 796488, d.d. 31-8-1987 van het Ministerie van Economische Zaken betreffende wijziging tenaamstelling KEW-vergunningen ex. artikel 15 onder a) en 15 onder b) (TU Delft wordt in plaats van IRI vergunninghouder)
9. Beschikking nr. E/EE/KK/96056756, d.d. 18-11-1996 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, betreffende o.a. toepassing LEU en bouw van de experimenteerhal
10. Beschikking nr. E/EE/KK/97079053, d.d. 6-2-1998 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende het voorhanden hebben van thorium
11. Beschikking nr. E/EE/KK/99006307, d.d. 18-3-1999 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende het plaatsen van tijdelijke portocabins
12. Beschikking nr. DGM/SVS/2000136563, d.d. 1 januari 2000 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie

van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende de nieuwbouw van laboratorium- en kantoorruimten

13. Beschikking nr. DGM/SAS/2001140812, d.d. 17 december 2001 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende de verlenging tijdelijke opslag van de Delphi-splijtstof
14. Beschikking nr. SAS/2002079182, d.d. 5 november 2002 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende het gebruik van neutronengeneratoren
15. Beschikking nr. SAS/2003016465, d.d. 8 april 2003 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende het gebruik van een sub-kritisch ensemble ("DELPHI")
16. Verklaring nr. SAS/2005196009, d.d. 27-10-2005 van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, het Ministerie van Economische Zaken en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende de plaatsing nissenhut RID
17. Verklaring nr. SAS/2007025597, d.d. 15-03-2007 van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, het Ministerie van Economische Zaken en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende de centrale computerfaciliteit/container
18. Beschikking nr. ETM/ED / 10167481, d.d. 29 maart 2011 van het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, betreffende het toedienen van radioactieve stoffen aan dieren
19. Beschikking nr. DGETM-PDNIV / 1409494016, d.d. 16 juni 2014 van het Ministerie van Economische Zaken, Wijziging van de kernenergiewet-vergunning verleend aan de Technische Universiteit Delft (TUD) ten behoeve van het Reactor Instituut Delft (RID) in verband met Holland Particle Therapy Centre BV (HollandPTC)
20. Beschikking nr. ANVS-2015/922, d.d. 29 juni 2015 van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kernenergiewetvergunning verleend aan de technische universiteit delft (TUD) ten behoeve van het reactor instituut delft (RID) in verband met wijziging protonenversneller Holland Particle Therapy Centre BV (wijziging protonenversneller HollandPTC).
21. Beschikking nr. ANVS-2017/9323, d.d. 14 augustus 2017 van de ANVS verleend aan de technische universiteit delft (TUD) ten behoeve van het reactor instituut delft (RID) in verband met CNS-utility gebouw en versneller.