

Veiligheidsrapport

Kernenergiewetvergunning

NRG-Petten

*Deel 4a Hot Cell Laboratories -
Research Laboratory*

L.P. Roobol

Petten

31 augustus 2007

21872/07.81371

Company profile

NRG is the Dutch expertise centre for nuclear technology, an independent market-oriented organisation servicing both nuclear and non-nuclear customers worldwide. NRG develops knowledge, products and processes for safe applications of nuclear technology on behalf of energy, environment and health. Over 300 highly educated and professional employees are ready to meet your demands.

NRG Petten

Westerduinweg 3
P.O. Box 25
1755 ZG Petten
The Netherlands

phone

+31 224 56 40 80

fax

+31 224 56 89 12

e-mail

info@nrg-nl.com

NRG Arnhem

Utrechtseweg 310
P.O. Box 9034
6800 ES Arnhem
The Netherlands

phone

+31 26 356 85 85

fax

+31 26 351 80 92

internet

www.nrg-nl.com

Veiligheidsrapport
Kernenergiewetvergunning
NRG-Petten

*Deel 4a Hot Cell Laboratories -
Research Laboratory*

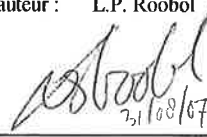
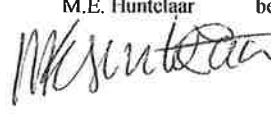
L.P. Roobol

Petten, 31 augustus 2007

21872/07.81371

In opdracht van Directie NRG

versie	datum	omschrijving
2	2007/08/31	wijziging i.v.m. voorgenomen herindeling en uitbreidingen
1	2000/07/14	aanvraag integrale Kernenergiewetvergunning

auteur :	L.P. Roobol	gecontroleerd:	M.E. Huntelaar	beoordeeld:	J.P. Boogaard	
	 21/08/07				F.S. Draaisma	
59 blz	IS/LPR/NO			goedgekeurd :	E.J. de Widt	
vr 4a 31-08-07.doc						

© NRG 2007

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt en is NRG niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.

Voorwoord

Op 2 augustus 2001 is aan NRG-Petten een Kernenergiewetvergunning verleend met kenmerk DGM/SAS/2001049111. Een uitbreiding van deze vergunning is ingediend voor de HoogActief Vast Afval - VerpakkingsUnit (HAVA-VU). De aanvraag heeft betrekking op de handelingen die binnen de HAVA-VU worden verricht en de toestellen die daarin worden gebruikt en waarvoor een vergunning als gevolg van de Kernenergiewet is vereist.

Dit rapport maakt als deel 4a onderdeel uit van het "Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten" van de vergunningsaanvraag. De *Molybdenum Production Facility* is, als onderdeel van de *Hot Cell Laboratories*, beschreven in deel 4b van deze serie. De HAVA-VU wordt beschreven in deel 4c van dit Veiligheidsrapport.

Belangrijke wijzigingen in deze revisie zijn:

- De installatie van een nieuw brandblussysteem (op basis van Novec) in de HA-cellen
- De ontmanteling en afvoer van de zgn. H-cel
- De installatie van een handschoenkastenlijn voor onderzoek aan bestraald grafiet naast de G-cellenlijn.
- De voorgenomen herindeling c.q. uitbreiding van de HCL.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Doel en structuur van het Veiligheidsrapport	5
1.2	Voorkomen en beheersen van ongevallen	7
1.3	Inhoud van het Veiligheidsrapport HCL	8
2	Inrichting en installaties	9
2.1	Inrichting	9
2.2	Installaties	13
2.2.1	Het ventilatiesysteem	13
2.2.2	Alarmsystemen	14
2.2.3	Gas- en persluchtvoorziening	15
2.2.4	Telemanipulatoren	16
2.2.5	Hijsvoorzieningen	16
2.2.6	Sluissystemen van de cellen	16
2.3	Algemene voorzieningen	16
2.3.1	Elektro-technische voorzieningen	16
2.3.2	Afvalwatersystemen	17
2.3.3	Beveiliging	17
3	Bedrijfservaring en rechtvaardiging	19
3.1	Historisch overzicht	19
3.2	Onderzoeksprogramma	19
3.3	Bedrijfservaring	19
3.4	Rechtvaardiging	21
4	Radioactieve stoffen, Splijtstoffen en Toestellen	23
4.1	Aard van de radioactieve stoffen, splijtstoffen en type toestellen	23
4.2	De hoeveelheid radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen	23
4.3	Registratie, inspectie en administratie	25
4.4	Gebruik van radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen	26
4.5	Afvoer radioactieve stoffen en splijtstoffen	27
5	Radioactief afval	29
5.1	Ontstaan/behandeling van radioactief afval	29
5.2	Afvoer van radioactief afval naar de opslagfaciliteit	31
5.3	Radiologische gevolgen van lozingen vanuit de HCL	31
6	Veiligheidsevaluatie	33
6.1	Veiligheidsmaatregelen binnen de HCL	33
6.1.1	Materiële maatregelen	33
6.1.2	Organisatorische maatregelen	34
6.1.3	Brandpreventie, -detectie en -bestrijding	36
6.1.4	Ongevalbestrijding en noodplannen	37
6.2	Ongeval situaties en gevolgenanalyses	38
6.2.1	Ongevalsituaties	38
6.2.2	Ongevalconsequenties	43
7	Stralingsbescherming	47
7.1	Stralingshygiënische voorzieningen	47
7.2	Maatregelen met betrekking tot stralingsbescherming	48
7.2.1	Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval	48
7.2.2	Afscherming	48

7.2.3	Ventilatie	48
7.2.4	Meetapparatuur	48
7.2.5	Persoonlijke beschermingsmiddelen	49
7.2.6	Toegangscontrole	49
7.3	Registratie van de persoonsdoses	50
7.4	Opleiding en instructie met betrekking tot stralingsbescherming	50

Lijst van tabellen

tabel 1	Veilige splijtstofmassa per zone uitgedrukt in gram ^{235}U -equivalent	25
tabel 2	Ontwerpongevallen bij het RL	39
tabel 3	Buiten-ontwerpongevallen bij het RL	43
tabel 4	Doses bij het ontwerpongeval 'beschadiging splijtstofbus in opslagbassin'	44
tabel 5	Doses bij het ontwerpongeval 'celbrand in de HCL-RL'	44
tabel 6	Maximum MIR voor volwassenen ^{a)} bij buitenontwerpongevallen.	45
tabel 7	Overige stralingsmeetapparatuur binnen het RL	49

Lijst van figuren

figuur 1	Structuur Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten	6
figuur 2	Terreinsituering HCL	51
figuur 3	Gevelaanzicht noord/west HCL	52
figuur 4	Plattegrond HCL, overzicht cellenaanduiding RL en splijtstofzones HCL, en doorgang naar HAVA-VU.	53
figuur 5	Vooraanzicht HA-cellenfront	54
figuur 6	Principeschema van het ventilatiesysteem van het RL	55
figuur 7	Schema vast radioactief afval RL	56
figuur 8	Schema vloeibaar radioactief afval RL	57
figuur 9	Schema gasvormige emissies RL	58
figuur 10:	Toekomstige wijzigingen aan de HCL (zie paragraaf 2.1).	59

1 Inleiding

Op de Onderzoekslocatie Petten (OLP) worden door NRG activiteiten uitgevoerd op het gebied van nucleaire technologie, met name voor medische doeleinden, veilige opwekking van kernenergie, radioactief afvalverwerking en stralingshygiëne. Het verkrijgen en instandhouden van kennis op nucleair gebied en de voortdurende innovatie van de nucleaire technologie is een belangrijke taak voor NRG. Uitgangspunt hierbij is dat de nucleaire technologie veilig, ecologisch verantwoord en efficiënt dient te worden aangewend. Ten behoeve van bovenstaande activiteiten worden de nucleaire installaties en laboratoria door NRG bedreven en geëxploiteerd.

De randvoorwaarden voor het hanteren van radioactieve stoffen, splijtstoffen en ioniserende stralen uitzendende toestellen is op grond van de Kernenergiewet (KEW) geregeld. De KEW heeft betrekking op:

- de bescherming van de volksgezondheid;
- de bescherming op de arbeidsplaats tegen gevaren van de radioactieve stoffen en ioniserende stralen uitzendende toestellen;
- de bescherming van mensen, planten, dieren en goederen.

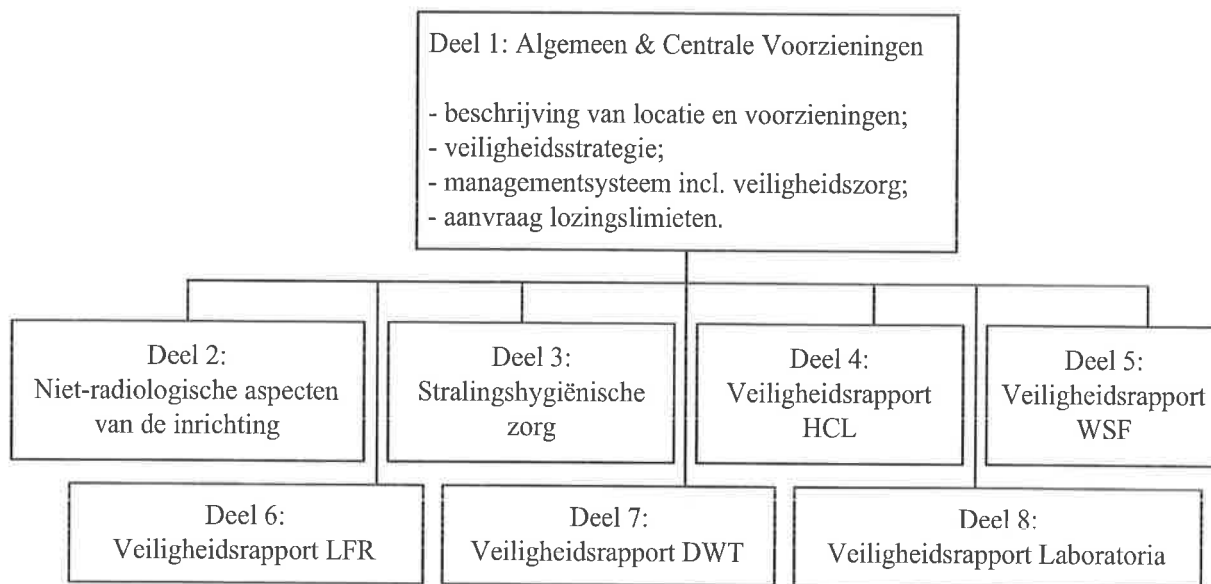
De beschreven activiteiten zijn op dit moment vergund in de NRG KEW-vergunning met kenmerk DGM/SAS/2001049111 van 2 augustus 2001, laatstelijk gewijzigd op 11 juli 2007 met kenmerk SAS/2007066689.

De relevante wijzigingen in dit document zijn vet gedrukt en staan in de kantlijn gemarkeerd.

1.1 Doel en structuur van het Veiligheidsrapport

Het “veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten” is opgesteld ten behoeve van de vergunningsverlening op basis van de Kernenergiewet. Het ‘integrale’ Veiligheidsrapport levert een beschrijving van de constructie en bedrijfsvoering van de nucleaire faciliteiten, waarbij bijzondere aandacht wordt gegeven aan de maatregelen ter voorkoming van gevaar, schade of hinder tijdens normaal bedrijf, alsmede aan de beschermende maatregelen tegen gevaren die voortvloeien uit redelijkerwijs mogelijk te achten omstandigheden. Het integrale veiligheidsrapport is daardoor een document dat de basis vormt voor de vergunningsverlening door het Bevoegd Gezag.

Het veiligheidsrapport bevat acht delen, onderverdeeld in drie delen met een algemeen karakter en vijf delen die speciale faciliteiten of inrichtingen betreffen. De delen staan weergegeven in figuur 1.



figuur 1 Structuur Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten

Het voorliggende deel, dat gesplitst is in deel 4a “*Research Laboratory*”, deel 4b “*Molybdenum Production Facility*”, en deel 4c “HAVA-VU” (HoogActief Vast Afval - VerpakkingsUnit) beschrijft de installaties, de bedrijfsactiviteiten, de organisatie en de wijze waarop de veiligheid wordt gewaarborgd bij storingen en ongevallen. Tevens wordt het veiligheidsniveau beschreven dat bij de bedrijfsvoering van de *Hot Cell Laboratories* (HCL) wordt gerealiseerd.

Als basis voor het opstellen en beoordelen van veiligheidstechnische gronden zijn de IAEA eisen en richtlijnen voor onderzoeksreactoren gehanteerd. Het betreft onder andere NS-R-4: *Safety of Research Reactors*; SS 35-G1: *Safety Assessment of Research Reactors and Preparation of the Safety Analysis Report*; DS 261: *Draft Safety Guide Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for Research Reactor*. Daarnaast zijn, voor zover van toepassing, de regels uit de algemene voorschriften uit de Nucleaire Veiligheidsregels voor Kwaliteitsborging van Kerncentrales (NVR-1.3) en de Beveiligingsrichtlijnen Kerninstallaties gehanteerd. De Nucleaire Veiligheidsregels bestaan voor de Nederlandse situatie uit de geamendeerde versies van de *International Atomic Energy Agency* (IAEA) codes en guides.

Voor de principes van het veiligheidszorgsysteem en de ‘*defence in depth*’ wordt verwezen naar deel 1 van het Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten. Tevens is hier de inhoud van de technische specificaties en de decommissioningstrategie opgenomen. De niet radiologische aspecten van de inrichting zijn in deel 2 gegroepeerd, terwijl de organisatie van de stralingshygiënische zorg en de bijbehorende verantwoordelijkheden in deel 3 zijn beschreven.

1.2 Voorkomen en beheersen van ongevallen

De veiligheidsfilosofie van NRG is gericht op het voorkomen en beheersen van ongevallen, waarbij veiligheidsmaatregelen op verschillende niveaus worden genomen. Volgens deze filosofie, kort aangeduid als '*defence in depth*', bestaan alle activiteiten die betrekking hebben op de veiligheid van een installatie uit meerdere niveaus, zodat eventueel wegvallen van voorzieningen en maatregelen op een niveau gecompenseerd of gecorrigeerd wordt door voorzieningen of maatregelen op een ander niveau. Hierbij dienen de Nucleaire Veiligheidsregels zoals beschreven in NVR-1.1 als uitgangspunt.

Deze '*defence in depth*' filosofie, zoals in deel 1 van het Veiligheidsrapport nader is toegelicht, ligt ten grondslag aan alle nucleaire veiligheid en daarom ook aan het veiligheidsontwerp van de HCL, waarbij op de volgende wijze invulling is gegeven.

Niveau 1: preventie

Bij het ontwerpen van de HCL is ernaar gestreefd om:

- voldoende afscherming van straling te bieden, zowel voor de medewerkers als voor de bevolking in de omgeving (paragraaf 2.1),
 - verspreiding van radioactieve stoffen te voorkomen (paragraaf 2.2 en paragraaf 7.1),
 - het radioactief materiaal zodanig op te slaan dat dit zo goed mogelijk is beschermd tegen destructieve invloeden (paragraaf 2.1).
 - te voorkomen dat bij de omgang met splijtstoffen kriticiiteit optreedt (paragraaf 4.2 en 6.1).
- Door het in deel 1 beschreven veiligheidszorgsysteem en door procedures voor alle belangrijke handelingen, wordt de veiligheid van de bedrijfsvoering in HCL gewaarborgd.

Niveau 2: beheersing

De randvoorwaarden voor de bedrijfsvoering zijn vastgelegd in procedures en instructies. Hiernaast is de opleiding en ervaring van de medewerkers een extra zekerheid voor de beheersing van de bedrijfsvoering. Het optreden van abnormale situaties, zoals een verhoogd stralingsniveau en de aanwezigheid van luchtgedragen besmetting, wordt gedetecteerd met verschillende type stralingsmeetinstrumenten (zie hoofdstukken 6 en 7).

Door adequaat reageren op de alarmeringen worden situaties voorkomen die tot ongevalsituaties zouden kunnen leiden.

Niveau 3: interventie

Maatregelen ter voorkoming en beheersing van ontwerpongevallen zijn beschreven in hoofdstuk 6. Bij geen van deze ontwerpongevallen wordt vrijkomen van significante hoeveelheden radioactieve stoffen voorzien. Mocht een ongeval toch leiden tot het vrijkomen van radioactief materiaal binnen de HCL, dan zorgen filtersystemen ervoor dat deze stoffen niet in de omgeving verspreid zullen worden (paragraaf 2.2 en paragraaf 7.2.3).

Niveau 4: mitigatie

Maatregelen op niveau 4 zijn vereist indien tijdens onvoorziene situaties condities optreden waarbij significante hoeveelheden radioactieve stoffen toch in de omgeving kunnen vrijkomen. De maatregelen op dit niveau zijn gericht op het beperken of voorkomen van de gevolgen van het vrijkomen van radioactieve stoffen in de omgeving. Om bij calamiteiten snel en efficiënt te kunnen optreden, worden goedgekeurde noodplannen gehanteerd, waarin ook de interne en externe communicatie is geregeld. Hiernaast zullen door de overheid mitigerende maatregelen worden getroffen.

1.3 Inhoud van het Veiligheidsrapport HCL

In het veiligheidsrapport worden de functionele eisen en de grenswaarden ten aanzien van de veiligheid gegeven alsmede de hoofdkenmerken van de uitvoering daarvan. Het veiligheidsrapport behandelt alle essentiële aspecten die voor een veiligheidstechnische beoordeling van de installatie nodig zijn. Hieronder is een kort overzicht gegeven van de inhoud van deel 4a, zijnde het *Research Laboratory*. In deel 4b is de *Molybdenum Production Facility* beschreven en in deel 4c de HAVA-VU.

Hoofdstuk 2 'Inrichting en Installaties' beschrijft de locatie, het ontwerp van de installatie en de componenten en de systemen die van belang zijn voor de veiligheid.

Hoofdstuk 3 geeft het historisch overzicht van de HCL. Dit hoofdstuk geeft bovendien het onderzoeksprogramma van de HCL.

Hoofdstuk 4 'Radioactieve stoffen, Spleitstoffen en Toestellen' bevat een beschrijving van de soorten en hoeveelheden en de wijze van gebruik van de gehanteerde spleitstoffen. Verder wordt beschreven hoe de beveiliging en administratie van de spleitstoffen geregeld is en op welke manier ze worden afgevoerd.

Hoofdstuk 5 'Radioactief afval' beschrijft de soorten en hoeveelheden, de behandeling en afvoer van radioactief afval (gasvormig, vloeibaar, vast) dat ontstaat bij de werkzaamheden in de HCL.

De veiligheidsfilosofie is beschreven in paragraaf 1.2 en de getroffen veiligheidsmaatregelen (zowel materieel als organisatorisch) worden in hoofdstuk 6 'Veiligheidsevaluatie' beschreven. In dit hoofdstuk komt ook de analyse van mogelijke ongevallen en hun consequenties aan de orde. Tenslotte wordt de noodorganisatie beschreven.

In hoofdstuk 7 'Stralingsbescherming' wordt ingegaan op de stralingsbeschermingsaspecten van de HCL, waarbij als belangrijk richtsnoer het optimalisatie- (ook wel ALARA- '*As Low As Reasonably Achievable*') principe wordt gehanteerd. Er wordt een overzicht gegeven van de aanwezige stralingsbronnen, de toegepaste stralingsbeschermingsmaatregelen en, zover van belang, de regeling van de toegangscontrole.

2 Inrichting en installaties

2.1 Inrichting

De HCL bestaat uit drie zelfstandige gebouwen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het *Research Laboratory (RL)*, de *Molybdenum Production Facility (MPF)* en de *HoogActief Vast Afval Verpakings Unit (HAVA-VU)*. De drie gebouwen zijn onderling verbonden via corridors en een verbindingsgang die als vluchtroute kan worden gebruikt.

Het RL wordt al meer dan 40 jaar gebruikt voor het uitvoeren van uitgebreide onderzoekprogramma's op het gebied van splijtstof en constructiematerialen afkomstig van grafietsgemodereerde reactoren, licht-water reactoren, snelle kweekreactoren en fusie reactortechnologie. Ook worden er (al dan niet medische) radio-isotopen voorbereid, verpakt en transportgereed gemaakt en wordt er hoog- en middelradioactief afval geconditioneerd en verpakt.

Het RL-gebouw is bouwtechnisch een zelfstandige inrichting waarvoor op 27 november 1961 de bouwvergunning is afgegeven; het laboratorium werd op 5 december 1964 in gebruik genomen. De situering van het RL op het NRG-terrein is in figuur 2 aangegeven, terwijl het gevelaanzicht van de HCL in figuur 3 is weergegeven.

Indeling van het gebouw

Het RL-gebouw wordt gekenmerkt door een hoge hal, bestaande uit de zogeheten transporthal en de loodcellenhal. Bij de constructie van het gebouw heeft de brandveiligheid een belangrijke rol gespeeld. Zoveel mogelijk is gebruik gemaakt van brandwerende materialen.

Verder bevinden zich binnen deze hal onder meer de volgende ruimten:

- goederen/overslagsluis;
- ontsmettingsruimte;
- cellaadsluizen;
- afschermende opslagputten.

Rondom deze hal ligt een U-vormige gang, welke aan de zuidzijde de bedieningsruimte van de hoogactieve (HA-)cellen vormt. Deze zijn aangeduid als cel A t/m E.

Het gedeelte aan de buitenzijde van de hal omvat onder meer de volgende ruimten:

- toegangssluis;
- loodcellenhal;
- mechanische werkplaats;
- onderhoudswerkplaats voor telemanipulators;
- actinidenlaboratorium.

De indeling van het gebouw is weergegeven in figuur 4.

De HA-cellenlijn

In deze cellenlijn (cel A t/m E, figuur 4), welke ingericht is voor bewerking van hoog actieve componenten, begint vrijwel al het onderzoek in het RL; karakteristieke werkzaamheden zijn:

- ontmanteling van bestralingscapsules middels mechanische bewerkingen;
- conditionering van radioactief afval;
- aan- en afvoer van radioactief materiaal naar resp. van de cellenlijn;
- niet-destructief onderzoek (NDO) aan splijtstoffen en bestraalde capsules;
- destructief onderzoek van niet-splijtstoffen;
- chemische behandeling van niet-splijtstoffen.

In de 1,20 m dikke afschermingswand van barietbeton grenzend aan de bedieningszijde van de cellenlijn zijn vijf afschermende waarnemingsvensters aangebracht en vijf paren telemanipulatoren.

De waarnemingsvensters hebben een afschermende werking die equivalent is aan die van de frontwand van de cellen. In de bedieningswand, de achterwand en het dak bevinden zich talrijke cilindrische doorvoeringen welke dienen voor het doorvoeren van de telemanipulatoren, van elektrische kabels, van vloeistof- en gasleidingen naar de binnen de cellen opgestelde apparatuur. Al deze voorzieningen zijn zodanig geconstrueerd, dat zij een afschermende werking hebben voor gamma-straling naar de transporthal en de bedieningsruimte.

Binnen de HA-cellenlijn wordt een onderdruk gehandhaafd ten opzichte van de transporthal. Deze voorziening dient ter voorkoming van verspreiding van radioactief materiaal naar de transporthal, zowel bij reguliere werkzaamheden als bij een ongeval. Hiertoe is iedere cel afzonderlijk aangesloten op het centrale cellucht-ventilatiesysteem. Iedere cel is uitgerust met luchttoevoerfilters, welke zich bevinden aan de boven-achterwand in de onderhoudshal en met een afvoerfilterpakket dat is aangebracht in een put onder het vloerniveau van de cel. Al deze afvoerfilterputten zijn verbonden met het in de celkelder gelegen afvoerkanaal. Figuur 5 geeft een vooraanzicht van de HA-cellenlijn. De HA-cellenlijn omvat als annexen:

- de laadsluizen oost en west en met als functie: invoerstations voor zwaar materiaal;
- de afgeschermd gamma-detectorcellen, gelegen achter cel D en cel E;
de radioisotopenverladingscel T en het gereedschapinvoerstation, gesitueerd op het dak van de cellenlijn;
- microgammascan-cel.

De metallografische cellenlijn

Deze cellenlijn is ingericht voor licht- en elektronenmicroscopisch onderzoek van zowel splijtstoffen als niet-splijtstoffen. Hier worden o.a. de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

F1-cel: - mechanische bewerkingen;

- aan- en afvoer radioactief materiaal.

F2 t/m F8: - preparatieve bewerkingen zoals inbedden, slijpen, etsen enz.;

- licht- en elektronenmicroscopie.

De cellenlijn omvat de cel F1, met 2 werkstations en de cellen F2 t/m F8, welke elk één werkstation vormen (figuur 4). De F1-cel is uitgerust met telemanipulatoren, terwijl de cellen F2 t/m F8 voorzien zijn van tang/bol manipulatoren.

Binnen de cellen bevindt het radioactieve materiaal zich in gasdichte opsluitingskasten, welke zijn vervaardigd uit roestvast staal en zijn voorzien van vensters. Binnen de kasten wordt een onderdruk gehandhaafd ten opzichte van de bedieningsruimte door middel van het centrale

celluchtafvoersysteem. De kasten zijn daartoe voorzien van individuele luchttoe- en luchtafvoerfilters.

De cellen kunnen in plaats van met lucht worden gespoeld met droge stikstof uit het stikstofdistributienet. Het werken in een inerte atmosfeer heeft als bijkomend voordeel dat geen brand kan ontstaan.

De chemische cel

In deze cel worden chemische bewerkingen aan splijtstofmonsters uitgevoerd, zoals oplossen, scheiding van radio-isotopen, enzovoort.

Deze cel (G1) is voorzien van een paar telemanipulatoren, een afschermend waarnemingsvenster en een gasdichte opsluitingskast. De achterwand is in zijn geheel naar de achterliggende hal te verwijderen om toegang te hebben tot de opsluitingskast. Hiertoe is een verplaatsbare wagen aangebracht welke met behulp van een kraan bij één van de cellen G1 t/m G6 geplaatst kan worden.

De cel is voorzien van een in/uitlaadsluis aan de achterzijde. Via deze sluis kan verkeer worden onderhouden met de metallografische cellenlijn en met cel C van de HA-cellenlijn. In de opsluitingskast wordt een onderdruk ten opzichte van de omgeving onderhouden door middel van aansluiting op het zogeheten 'off-gas' ventilatie systeem. Middels dit systeem wordt lucht gecontroleerd afgevoerd. De kast is voorzien van individuele luchttoevoer- en luchtafvoerfilters. Als spoelmedium kan zowel lucht als stikstof worden gebruikt.

De middelactieve cellen (MA-cellen)

In deze cellenlijnen worden hoofdzakelijk fysische en mechanische beproevingen aan bestraald niet-splijtbaar materiaal uitgevoerd zoals trekproeven, vermoeiingsproeven, kruipbeproeving, scheurgroeimetingen, enz.

Tot deze groep behoren de cellen G2 t/m G8, L1 en L2, met variërende afschermingsdikten bestaande uit loodblokken. Ze zijn voorzien van telemanipulatie-apparatuur. Deze cellen zijn niet voorzien van opsluitingskasten. Wel wordt een onderdruk ten opzichte van de haldruk gehandhaafd middels aansluiting op het MA-cellen afvoerkanaal.

Het waterbassin

Het bassin is gelegen in de transporthal van het RL en dient voor de bufferopslag van splijtstofpennen en andere splijtstofbussen. Daartoe zijn splijtstofopslagrekken geïnstalleerd, op een zodanige wijze dat geen kriticiet kan ontstaan. Deze rekken dienen tevens als transfermogelijkheid in/uit de AB-cel.

Warmteafvoer vindt plaats op basis van natuurlijke circulatie. Het bassin is uitgerust met een waterreinigingsinstallatie die tot doel heeft de optische kwaliteit van het water te handhaven en de radioactieve besmetting van het water onder een vastgesteld niveau te houden.

Het buizenest

Het buizenest bestaat uit twee kelders en biedt de mogelijkheid tot droge interimopslag van radioactieve objecten. Door middel van een afschermend transportvat met verticale laad- en losmogelijkheid kunnen bussen worden overgebracht van HA-cel C naar en vanuit deze opslagfa-

ciliteit. Het buizennest wordt geventileerd en is verbonden met het cellenluchtafvoerkanaal via een absoluutfilter.

Het buizenpostsysteem

In het RL wordt voor het transport van kleine monsters een tweetal afzonderlijke, onderling vrijwel identieke, buizenpostsystemen A en B toegepast. Als transportmedium wordt stikstofgas gebruikt.

Deze buizenpostinstallaties zijn bestemd voor het verzenden van kleine radioactieve monsters met een dosistempo op het oppervlak van ten hoogste 10 mSv per uur. Deze norm is gesteld om de stralingsbelasting voor de medewerkers te beperken.

De transportcontainers

Door middel van afschermende transportvaten wordt verkeer van radioactieve objecten onderhouden tussen de HA-cellen en NRG-installaties zoals HFR, LFR en DWT en tussen HA-cellen en overige afgeschermden cellen alsmede het buizennest. Voor dit doel beschikt de HCL over een aantal afschermende transportvaten van uiteenlopende typen, geschikt voor belading en ontlading in horizontale en/of verticale zin.

Het actinidenlaboratorium

In dit laboratorium wordt chemisch onderzoek uitgevoerd aan onbestraalde monsters die de elementen technetium, thorium, uranium en transuranen bevatten. Hiertoe zijn in het laboratorium gasdichte handschoenkasten en een zuurkast opgesteld. De handschoenkasten zijn voorzien van een gecontroleerde en gezuiverde atmosfeer van een inert gas. In maximaal 8 van de kasten wordt met waterige oplossingen gewerkt, in de overige kasten wordt met poedervormige monsters gewerkt. De laboratoriumruimte wordt op een onderdruk ten opzichte van de omgeving gehouden door een ventilatiesysteem. In de handschoenkasten heerst de laagste druk zodat ongecontroleerd ontsnappen van radioactiviteit wordt voorkomen.

Er zijn handschoenen aangebracht zodat chemische bewerkingen uitgevoerd kunnen worden en meetapparatuur bediend kan worden. De handschoengaten kunnen worden afgesloten wanneer ze niet worden gebruikt. De afscherming en ventilatie van de kasten is zodanig dat er voldoende bescherming is tegen directe bestraling en inwendige besmetting van de werknemers.

Bewerkingen van thorium kunnen uitgevoerd worden in een zuurkast die eveneens in het actinidenlaboratorium aanwezig is. Deze zuurkast is voorzien van absoluutfilters.

Voorgenomen uitbreidingen

Door de stijging van de productie van isotopen voor medische toepassingen (zoals lutetium en yttrium) en de vraag naar steeds andere typen onderzoek, waarbij gebruik gemaakt dient te worden van de afschermende werking van de speciale voorzieningen in het HCL is er behoefte aan uitbreiding van de productiecapaciteit en een flexibele invulling van de beschikbare onderzoekscapaciteit. NRG is voornemens de volgende wijzigingen in herinrichting c.q. bestemming door te voeren in het *Research Laboratory* van de HCL: De voorgenomen wijzigingen zijn schematisch weergegeven in figuur 10:

- Samenvoeging van de werkplaatsen. In de figuur is dit aangegeven met “4. Algemeen”. De manipulatorwerkplaats (ruimte 60) wordt gecombineerd met de mechanische werkplaats (huidige ruimte 38). Om voldoende ruimte te hebben om beide werkplaatsen te kunnen samenvoegen is een uitbreiding van de huidige mechanische werkplaats naar het oosten voorzien.
- Radionuclidenfaciliteiten. In de figuur is dit aangegeven met “3. Isotopen”. Nieuwe laboratoria voor de productie van medische radionucliden zijn voorzien in de manipulatorwerkplaats (ruimte 60) uitgebreid met het gebied ten zuiden van HCL. Ook wordt laboratoriumruimte in de patio tussen de MPF en het RL voorzien. De patio zal daartoe worden voorzien van een vloer en een dak.
- Uitbreiding onderzoek. In de figuur is dit aangegeven met “2. Energie”. In het gebied ten noord-westen van het HCL-RL zijn faciliteiten voor nabestralingsonderzoek voorzien.

De benodigde veiligheidsvoorzieningen zullen in overeenstemming gebracht worden met de beschreven veiligheidsvoorzieningen. De gevraagde aanpassingen en het uitvoeren van de (eventuele nieuwe) werkzaamheden geschieden geheel binnen de bestaande risicocontouren van de HCL.

In de onderbouwende documenten bij dit veiligheidsrapport, met name het inventarisrapport en de radiologische analyse, is al rekening gehouden met de voorgenomen wijzigingen, die hiermee binnen de omhullende inventaris van dit veiligheidsrapport zullen blijven.

2.2 Installaties

2.2.1 Het ventilatiesysteem

Het primaire doel van het ventilatiesysteem is het gecontroleerd afvoeren van mogelijk radioactief besmette lucht. Er wordt continu een onderdrukverdeling in het gebouw en in alle cellen onderhouden. De laagste druk heerst in die ruimten waar de meeste kans op vrijkomen van radioactieve stoffen aanwezig is.

Zo wordt zowel bij normaal bedrijf als in ongevalsituaties de verspreiding van radioactief materiaal naar de omgeving beheerst. Daarnaast dient het ventilatiesysteem voor de klimaatbeheersing van het gebouw en de cellen.

De belangrijke ventilatoren en filters zijn redundant uitgevoerd. Hierdoor is de aanwezigheid van een noodventilatiesysteem niet nodig. In het elektro-pneumatische regelsysteem is een beveiliging aangebracht om te voorkomen dat bij algehele uitval van de celluchtventilatoren of de ventilatoren van de luchtafvoerinstallatie ('off-gas') de hierop aangesloten cellen worden leeggezogen via een gebouwluchtafvoerventilator.

Het principe is aangegeven in figuur 6. Het centrale ventilatiesysteem omvat de volgende ventilatoren:

1. de gebouwluchttoevoerventilator
2. twee gebouwluchtafvoerventilatoren
3. twee celluchtafvoerventilatoren
4. een celluchtboosterventilator, deel uitmakend van de actieve-koolfilterbatterij
5. twee stuks kleine boosterventilatoren op de handschoenkast in laadsluis west
6. drie stuks ventilatoren ten behoeve van het 'off-gas' systeem
7. een ventilator ten behoeve van de zuurkast in het actinidenlaboratorium.

De ventilatie van de cellen geschiedt door groepsgewijze aansluiting op afvoerkanalen waarin een onderdruk wordt gehandhaafd. Onderscheiden worden:

1. het HA-cellenluchtafvoerkanaal, gelegen in de kelder onder de HA-cellenlijn
2. het MA-cellenluchtafvoerkanaal, gelegen tegen de zuidwand van loodcelhal I.
3. het 'off-gas' kanaal, bestaande uit twee strangen, respectievelijk langs celfront HA-cellen en celfront MA-cellen.

Stroomafwaarts in het HA-cellenluchtafvoerkanaal wordt de via het MA-cellenluchtafvoerkanaal onttrokken lucht ingevoerd. De totale stroom wordt gevoerd door een kast met absoluutfilters. Hierna volgt intrede in de parallel werkende celluchtafvoerventilatoren. Het 'off-gas' kanaal komt onder tussenschakeling van een absoluutfilter uit op de 'off-gas' ventilatorengroep.

De perszijden van de gebouwluchtafvoerventilatoren en die van de celluchtventilatoren worden verenigd en monden uit via een isolatieafsluiter op de zogeheten verzamelkast. Deze vormt het begin van het kanaal naar de voet van de schoorsteen, waarvan de uitmonding is gelegen op 45 m boven NAP.

De toevoer en -afvoerlucht van het actinidenlaboratorium zijn voorzien van een brandklep, de ruimteluchtafvoer tevens van een vonkenvanger en een absoluutfilter.

De afgevoerde lucht uit de handschoenkasten in deze laboratoria is aangesloten op het off-gas systeem. De luchtafvoerkanalen van de handschoenkasten zijn ieder voorzien van twee absoluutfilters, een vonkenvanger en een brandklep, die buiten de laboratoriumruimte zijn opgesteld.

De functie van de toevoerfilters is om alleen schone lucht tot het ventilatiesysteem toe te laten; de afvoerfilters hebben tot doel verontreinigingen af te vangen en lozingen te reduceren. De isolatieafsluiters hebben tot doel de strangen af te sluiten bij uitvallen van de ventilatoren, teneinde luchtstroming in omgekeerde richting te voorkomen.

2.2.2 Alarmsystemen

- De cellen in het gehele RL zijn alle voorzien van onderdrukmeters; overschrijding van de ingestelde waarden leidt tot een optische signalering op het paneel in de noordgang en tot een continue 'groot alarm'-toon via het intercomsysteem.
- Alle ruimten in het RL zijn uitgerust met brandmelders. De HA-cellen zijn ten behoeve van branddetectie voorzien van een temperatuuropnemer. De branddetectie berust op het meten van een snelle temperatuurstijging of overschrijding van een ingestelde temperatuurwaarde van de ventilatielucht.

De temperatuuropnemers in de HA-cellen zijn gemonteerd boven het celvenster.

- Het aanspreken wordt gemeld:
 - door een discontinue toon op de intercom;
 - voor de HA-cellen op het paneel in de noordgang,
 - op het controle alarmpaneel;
 - bij de centrale meldpost;
 - door een optische signalering aan het HA-cellenfront.
- De handschoenkasten van het actinidenlaboratorium zijn voorzien van luchttemperatuurvoelers die een alarmeringsfunctie hebben en de spanning van de kast kunnen afschakelen wanneer de cellucht overmatig opgewarmd wordt. Hierdoor wordt voorkomen dat de in de kasten aanwezige ovens oververhit raken.
- In de metallografische cellen is geen automatisch branddetectiesysteem aangebracht. Detectie dient hier in eerste instantie visueel te gebeuren; doorgaans zal de brand in een vroeg stadium waargenomen worden, zodat deze nog eenvoudig te blussen is. Wordt de brand niet waargenomen, dan geschiedt de brandmelding indirect: ten gevolge van brand ontstaat expansie van lucht en in een later stadium beschadiging van de kunststof omhulling van de manipulators. Het resulterend dalen van de onderdruk wordt gedetecteerd.
- Voor de emissiebewaking en de stralingshygiënische alarmsystemen, zoals stralings- en stofmonitoren, wordt verwezen naar hoofdstuk 7.
- Een groot aantal parameters van diverse voorzieningen zoals:
 - elektriciteit
 - noodstroom
 - water
 - ventilatie
 - monitoren
 - gasvoorzieningen
 - verwarming/koelingwordt continu door het centrale gebouwen-beheersysteem getoetst aan ingestelde waarden. Afwijkingen worden direct gealarmeerd, terwijl buiten werktijd automatisch de dienstdoende consignatiemedewerker opgeroepen wordt.
- Afhankelijk van de locatie en aard van de storing vindt melding hiervan plaats op diverse besturings- en alarmpanelen. Daarnaast wordt in een aantal gevallen een akoestisch alarm geactiveerd.
- Het brandmeldingssignaal wordt automatisch doorgegeven aan de centrale meldpost.

2.2.3 Gas- en persluchtvoorziening

Aardgas, stikstof, argon, helium en perslucht wordt centraal toegevoerd en via een intern leidingnet gedistribueerd. Aardgas wordt slechts toegepast als medium in stralingsmeetinstrumenten.

2.2.4 Telemanipulatoren

Manipulatoren worden gebruikt in de HA- en MA-cellen van het RL. De telemanipulatoren zijn zodanig geconstrueerd dat de medewerker bij een aanvaardbaar stralingsniveau radioactief materiaal kan manipuleren.

2.2.5 Hijsvoorzieningen

Diverse hijsvoorzieningen zowel in de cellen als daarbuiten zijn aanwezig. De hijsvoorzieningen zijn veilig-falend uitgevoerd. Dit betekent dat bij stroomuitval een last niet ongecontroleerd naar beneden zal vallen.

2.2.6 Sluissystemen van de cellen

Er wordt in alle cellen van het RL gebruikt gemaakt van sluizen voor de aan- en afvoer van materialen. Het transport vindt plaats middels afgesloten bussen zodat geen radioactief materiaal naar buiten kan ontsnappen. Er wordt gebruik gemaakt van afschermdende containers die aan de sluisopeningen worden gekoppeld om de afscherming te waarborgen. De containers worden op heftafels geplaatst waarmee de container precies voor de sluisopening kan worden gebracht. De sluisystemen zijn zodanig geconstrueerd dat geen besmetting aan de buitenzijde van de afgesloten bussen plaats kan vinden ten gevolge van de operatie.

2.3 Algemene voorzieningen

Op de onderzoekslocatie Petten (OLP) bevinden zich diverse bedrijven. Een aantal voorzieningen die voor meerdere bedrijven relevant zijn, zijn centraal (voor de gehele OLP) georganiseerd. De volgende veiligheidsrelevante centrale voorzieningen zijn van belang voor deze installatie:

- bedrijfsbrandweer,
- gebouwbeheersysteem,
- elektro-technische voorzieningen,
- afvalwatersystemen,
- perslucht,
- beveiliging,
- bedrijfsnoodplan,
- voorzieningen voor reductie van gevolgen van ongevallen.

Behalve van de in de HCL aanwezige voorzieningen, wordt gebruik gemaakt van algemene voorzieningen. Voor het gehele overzicht van de algemene voorzieningen wordt verwezen naar Deel 1: Algemeen & Centrale Voorzieningen. Het volgende geeft een overzicht van in het RL aanwezige specifieke voorzieningen.

2.3.1 Elektro-technische voorzieningen

Bij de elektro-technische voorzieningen kan onderscheid worden gemaakt tussen de voorzieningen voor normaal bedrijf en de noodstroom-voorzieningen.

NRG heeft een noodstroomcentrale die bij uitvallen van de externe stroomtoevoer binnen 10 seconden de belangrijkste installaties van stroom voorziet. Op de centrale zijn de nucleaire installaties, beveiligingssysteem en enkele duurproeven aangesloten.

De installatie bestaat uit drie dieselaggregaten die elk 450 kVA kunnen leveren. Deze worden zo geschakeld dat ze als elkaars back-up functioneren. De installatie werkt volautomatisch.

De volgende installaties zijn aangesloten op de noodstroomvoorziening:

- manipulators;
- verlichting begane grond;
- wandcontactdozen cellenpanelen;
- pompen, ventilatoren ventilatiesysteem;
- compressor;
- bedieningspanelen cellen;
- lozingscontrole-apparatuur;
- computersysteem NDO.

2.3.2 Afvalwatersystemen

Sanitair afvalwater, bedrijfsafvalwater en laboratoriumafvalwater, alsmede aftapwater van de verwarmings- en koelsystemen, wordt verzameld in vier buiten het gebouw opgestelde tanks. Deze tanks zijn opgesteld in grotendeels ondergrondse betonnen bakken en worden terreinputten of wastetanks genoemd. Het in de putten opgeslagen afvalwater wordt voor verdere behandeling afgevoerd naar de centrale faciliteit voor het behandelen van (mogelijk) met radioactieve stoffen besmet afvalwater, de DWT (Decontamination and Waste Treatment).

2.3.3 Beveiliging

Naast de centrale beveiligingsvoorziening wordt voor de HCL objectbeveiliging toegepast en is de toegang met behulp elektronische autorisatie verder beperkt tot een klein aantal medewerkers. De gebouwen worden buiten kantooruren afgesloten. Buiten de kantooruren wordt er gesurveilleerd.

3 Bedrijfservaring en rechtvaardiging

3.1 Historisch overzicht

Het RL, gebouwd in het begin van de zestiger jaren als Laboratorium voor Sterk-radioactieve Objecten (LSO), is bestemd voor het onderzoek aan radioactieve materialen. Het laboratorium is destijds opgezet als verlengstuk van de HFR. Materiaal dat in de HFR werd bestraald kon in het LSO worden onderzocht.

In 1995 is het laboratorium uitgebreid met een faciliteit voor de productie van molybdeen-99. Dit radionuclide wordt gebruikt om technetium-99m te produceren, dat het meest gebruikte isotoop ter wereld is voor medisch diagnostische toepassingen. Hiertoe is destijds een KEW-vergunning aangevraagd en verleend.

Ten behoeve van onderzoek naar transmutatie van actiniden en langlevende splijttingsproducten is begin 1997 het actinidenlaboratorium in gebruik genomen.

3.2 Onderzoeksprogramma

Gedurende de laatste 40 jaar zijn zijn uitgebreide onderzoeksprogramma's uitgevoerd op het gebied van splijtstof en constructiematerialen afkomstig van licht-waterreactoren, snelle kweekreactoren en fusiereactortechnologie.

De laatste jaren is met name gewerkt aan onderzoek naar nieuwe innovatieve productiemethoden voor nucleair-medische toepassingen.

3.3 Bedrijfservaring

Het RL heeft sedert de start in 1964 tal van veranderingen en aanpassingen ondergaan om de bedrijfsoperaties steeds naar de meest recente inzichten te kunnen uitvoeren. De wijzigingen en aanpassingen betroffen zowel technische, organisatorische als bedrijfsmatige zaken, alsmede de arbeidsomstandigheden.

De belangrijkste wijzigingen en aanpassingen zijn:

- het aanbrengen van branddetectie- en brandbestrijdingsapparatuur in de cellen;
- de installatie van een buizenpostsysteem tussen diverse locaties;
- de bouw van een grote handschoenkast aan de westzijde van de HA-cellen die gebruikt wordt bij het onderhoud van radioactief besmette voorwerpen uit de cellenlijn;
- installatie van nieuwe laad- en lospoorten aan de achterzijde van diverse cellen, de zogenaamde shuttersystemen, ter verhoging van de veiligheid bij het be- en ontladen van radioactieve voorwerpen;
- de bouw van twee mini-cellen op het dak van HA-cel B en E ten behoeve van het in- en uitposten van gereedschap, isotopencapsules en dergelijke;
- de aanschaf van heftafels om de containers goed voor de shutterpoort te kunnen positioneren;

- de installatie van een zuiveringsinstallatie in het waterbassin inclusief de beveiliging tegen leegpompen van het bassin en een alarmering bij onder- of overschrijding van het waterniveau;
- de realisatie van een gebouwbeheersysteem dat er onder meer voor zorgt dat bij overschrijding van een alarmwaarde automatisch de semafoon van de geconsigneerde wordt geactiveerd;
- vernieuwing van het ventilatie-onderdrukregelsysteem;
- de opzet van een gecomputeriseerd administratieprogramma voor zowel het splijtstofbeheer als het beheer van overig radioactief materiaal;
- ter verhoging van de veiligheid en het bedieningsgemak bij het transport van de manipulatoren, is een plafondrailsysteem geïnstalleerd, waarmee de manipulatoren van het werkstation naar de manipulatorwerkplaats en vice versa getransporteerd kunnen worden;
- uitbreiding en modernisering van stralingsmeetapparatuur, zoals besmettingsmeters en hand-/voetmonitoren;
- om na het uitvoeren van drukpakwerkzaamheden in de cellen besmetting te voorkomen is een douche-installatie geïnstalleerd;
- in de uitgaande ventilatieleiding van de HA-cellen is een jodiumfilter geïnstalleerd;
- ter verbetering van de energie-efficiëntie is in het gebouwventilatiesysteem een warmte-terugwininstallatie aangebracht;
- in het gehele RL is een nieuw brandmeldsysteem geïnstalleerd.
- **de zgn. H-cel is ontmanteld en afgevoerd.**

Belangrijke bouwkundige uitbreidingen zijn, de werkplaats ten behoeve van het onderhoud aan de manipulatoren, de *Molybdenum Production Facility*, de nieuwe kantoorvleugel, de inrichting van het *Actinides Laboratory* en de bouw van een overkapping voor het stationeren van lege COVRA-containers.

In het kader van een Risico-Inventarisatie en Evaluatie, tezamen met het project Bedrijfsinterne Milieuzorg, is een lijst van meer dan 100 verbeterpunten opgesteld. Deze punten zijn inmiddels gerealiseerd.

In het kader van het afvalbeheer is het scheiden van hoog- en laagactief afval bij de bron consequent doorgevoerd. Omdat door radiolyse van PVC zoutzuur ontstaat dat de afvalbussen aantast, is het gebruik van PVC in de cellen beëindigd.

Ernstige bedrijfsongevallen met persoonlijk letsel hebben zich niet voorgedaan sedert de inbedrijfname van het RL. De gemiddelde jaardosis per medewerker is in de loop der jaren verminderd en bedraagt minder dan 1 mSv.

3.4 Rechtvaardiging

De twee belangrijkste activiteiten die in HCL plaats vinden zijn nucleair wetenschappelijk onderzoek en productie van stoffen die gebruikt worden in de nucleaire geneeskunde, dit hetzij ter bevordering van de kennis en ter verbetering van de volksgezondheid.

Het wetenschappelijk onderzoek in HCL ondersteunt de ontwikkeling van veilige reactoren, betere nucleaire brandstof en de reductie van de levensduur van radioactief afval.

De MPF als onderdeel van HCL levert een grote bijdrage aan de wereldwijde beschikbaarheid van technetium-99m, de meest gebruikte stof in de nucleaire geneeskunde. Ook andere stoffen in dit toepassingsgebied kunnen in HCL worden geproduceerd.

Middels de bovengenoemde activiteiten levert HCL een essentiële maatschappelijke bijdrage aan de ontwikkeling en de instandhouding van de competentie op nucleair wetenschappelijk en nucleair geneeskundig gebied.

4 Radioactieve stoffen, Splijtstoffen en Toestellen

4.1 Aard van de radioactieve stoffen, splijtstoffen en type toestellen

De splijtstoffen in het RL kunnen naar aard worden onderscheiden in de volgende categorieën:

- Afzonderlijke splijtstofpennen of -platen of delen daarvan, afkomstig van vermogensreactoren en van onderzoeksreactoren.
- Splijtstofmonsters in afwijkende vorm voor chemische bewerkingen.
- Poedervormige chemische verbindingen.

Het gehanteerde uranium is in te delen in vier categorieën:

- verarmd uranium (het percentage ^{235}U is kleiner dan 0,7%);
- natuurlijk uranium (het percentage ^{235}U is 0,7%);
- laagverrijkt uranium (percentage ^{235}U tussen 0,7 en 20%);
(in het Engels: *Low Enriched Uranium*, LEU);
- hoogverrijkt uranium (percentage ^{235}U groter dan 20%);
(in het Engels: *High Enriched Uranium*, HEU).

Verder worden in het actinidenlab onder andere ook technetium, americium, cerium, curium, neptunium, plutonium, uranium en thorium gehanteerd. In het algemeen technisch laboratorium wordt onder andere omgegaan met strontium, yttrium en jodium in de vorm van jodide.

Overige radioactieve stoffen betreffen diverse typen bestraalde isotopen en bestraalde staalsoorten ten behoeve van mechanische beproeving.

Een röntgendiffractometer, met een buisspanning kleiner dan 300 kV, wordt onder andere gebruikt voor fysische chemische karakterisering ten behoeve van:

- onderzoek aan splijtstoffen,;
- transmutatieonderzoek;
- onderzoek aan diverse andere actieve en niet-actieve materialen.

Het betreft hier uitsluitend niet-medische toepassingen ter ondersteuning van research en industriële toepassingen aan radioactieve en niet-radioactieve materialen. De apparatuur is opgesteld in een handschoenkast, die continu wordt doorspoeld met stikstof. De apparatuur wordt uitsluitend bediend door daarvoor gekwalificeerde personen.

Ten behoeve van het materiaalkundig onderzoek zijn drie röntgenbuizen aanwezig binnen het RL, alle met een buisspanning kleiner dan 300 kV.

4.2 De hoeveelheid radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen

De hoeveelheid splijtstof wordt begrensd door de gehanteerde veiligheidsvoorwaarden met betrekking tot de criticiteitsbeheersing. In de HCL is een fysieke en administratieve zonering

aangebracht met betrekking tot de hoeveelheid toelaatbare splijtstof (zie figuur 4). Hierbij worden twee uitgangspunten gehanteerd, namelijk met betrekking tot veilige hoeveelheden en veilige geometrie.

veilige hoeveelheden

De maximaal toelaatbare hoeveelheid splijtstof in een ruimte wordt zoveel mogelijk gebaseerd op veilige waarden, dit wil zeggen dat de maximale hoeveelheid ook in de voor criticiteit meest optimale geometrie en omstandigheden (namelijk een bolvorm in water) geen kritieke massa kan vormen. Deze waarden zijn opgenomen in tabel 1, uitgedrukt in gram ^{235}U -equivalent (massa ^{235}U + massa $^{101}\text{Pu} \times 1,75$). Genoemde waarden zijn gebaseerd op theoretische beschouwingen, waarbij de splijtstof zich in de optimale geometrische vorm bevindt (bolvorm), de neutronen optimaal gemodereerd zijn en het geheel optimaal gereflecteerd is. De 'veilige waarden' die op deze wijze verkregen worden zijn laag en uiterst conservatief. De verschillende 'zones' waarin veilige hoeveelheden worden gehanteerd, zijn volledig ontkoppeld ten aanzien van reactiviteitseffecten. Door strikte administratieve procedures en onafhankelijke toetsing wordt het beperken van de hoeveelheden zekergesteld.

veilige geometrie

Een veilige geometrie is een dusdanige configuratie van de meest 'reactieve' splijtstof waarvoor door berekening is zekergesteld dat bepaalde configuratie nooit kritiek kan worden.

Berekeningen hebben aangetoond dat bij een maximale vulling van het waterbassin geen criticiteit kan ontstaan. Bij de berekeningen is er van uit gegaan dat alle potentiële situaties, die zich tijdens het manoeuvreren met de in opslag zijnde materialen kunnen voordoen, tegelijkertijd optreden. Als conservatieve aannamen zijn hierbij onder meer gesteld dat:

- de volledige opslagcapaciteit benut is;
- al het splijtbaar materiaal in de splijtstofpennen uit ^{241}Pu bestaat;
- de HFR-elementen 10% meer ^{235}U bevatten dan normaal, waarbij tevens de neutronenabsorbers zijn weggelaten;
- per opslagbus 6 kg ^{235}U aanwezig is in plaats van de actuele 300 gram;
- het uranium de verrijking bezit van voor de bestraling.

Bovendien zijn alle neutronen absorberende constructiematerialen die zich in het bassin bevinden, vervangen door een moderator. Ook is de situatie beschouwd dat het waterbassin zonder water zou komen te staan. Onder al deze omstandigheden is aangetoond dat het veiligheids criterium niet wordt overschreden.

Uit analyses met betrekking tot de veilige geometrie in de cellen is gebleken dat vier splijtstofpennen in een willekeurige geometrie geplaatst kunnen worden zonder dat criticiteit kan optreden. (De berekeningen zijn gebaseerd op fictieve pennen met een diameter van 1,6 cm, een lengte van 2 m en metallisch ^{241}Pu als splijtstof.) Indien in een praktijksituatie sprake is van een andere pengeometrie, moeten de 'veilige waarden' gehanteerd worden. Als deze te beperkend zouden zijn, moeten ten minste specifieke criticiteitsberekeningen worden uitgevoerd.

Binnen een zone kunnen hoeveelheden splijtstof gehanteerd, verwerkt en vervoerd worden zonder specifiek goedgekeurd werkplan, mits de hoeveelheid splijtbaar materiaal in de desbetreffende zone de in tabel 1 vermelde 'veilige waarden' niet overschrijdt of er niet meer dan de voornoemde vier pennen in een cel aanwezig zijn.

Bij het ontwerp van de installaties en de voorschriften van het RL is het *double-contingency*-principe gehanteerd. Dit betekent dat er tenminste twee onafhankelijke gebeurtenissen moeten optreden, die allen op zichzelf onwaarschijnlijk zijn., voordat er sprake kan zijn van kriticiiteit. In de cellen is nooit meer dan de kritieke massa splijtstof aanwezig (dit wil zeggen nooit meer dan de veilige waarden ^{235}U -equivalent of de voornoemde 4 pennen). In het waterbassin kunnen wel meer dan 4 pennen en meer dan de veilige waarden uit tabel 1 opgeslagen worden, maar daar kan in de opslagposities geen geometrie bewerkstelligd worden die nodig is voor het optreden van kriticiiteit.

tabel 1 Veilige splijtstofmassa per zone uitgedrukt in gram ^{235}U -equivalent

hoogst voorkomend ^{235}U -splijtstofequivalent					
^{235}U -splijtstof equivalent (%)	<1%	1-2%	2-3%	3-5%	>5% of onbekend
massa ^{235}U -equivalent (g)	10.000	1400	1000	800	700

De hoeveelheid radioactieve stoffen wordt beperkt door de afscherming van de HA-cellen. De maximale hoeveelheid bedraagt per cel 3,7 PBq. **Binnen de HCL zijn cellen en handschoenkasten voorzien voor het bewerken van medische radio-isotopen.**

Het aantal aanwezige toestellen is vermeld in paragraaf 4.1. De in het laboratorium aanwezige bronnen en toestellen zijn allen aangemeld bij de Algemeen Stralingsdeskundige.

4.3 Registratie, inspectie en administratie

De gegevens over de in het RL aanwezige splijtstof (hoeveelheden, locatie, hoedanigheid etc.) worden per zone geadmineistreerd en in een computersysteem opgeslagen. De administratie van splijtbaar materiaal geschiedt conform internationale regels en is nader vastgelegd in procedures. Jaarlijks vindt tevens inspectie plaats onder verantwoordelijkheid van Euratom en de IAEA.

4.4 Gebruik van radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen

Het gebruik van de aanwezige toestellen is vermeld in paragraaf 4.1.

De werkzaamheden welke met de splijtstofbevattende objecten worden verricht, zijn te verdelen in verschillende categorieën:

A. Niet-destructief onderzoek (NDO)

Wezenlijk hierbij is dat de omhulling van de splijtstof, die bij aanvoer in het RL altijd aanwezig is, in principe intact wordt gelaten. Het NDO wordt uitgevoerd in de HA-cellenlijn.

B. Destructief onderzoek (DO)

Bij DO wordt de integriteit van het splijtstofomhullende materiaal wel verbroken en hebben we dus te maken met zogeheten 'open splijtstof'. Het DO wordt uitgevoerd in de metallografische cellenlijn die is opgebouwd uit loodwanden met daarin gasdichte, roestvaststalen binnen-boxen.

C. Chemische bewerkingen

Deze bewerkingen worden uitgevoerd in de chemische cel, daartoe voorzien van roestvast stalen, gasdichte binnen-boxen, aangesloten op het corrosiebestendige 'off-gas' systeem.

Splijtstoffen worden in het RL behandeld met inachtnaam van alle bepalingen en beperkingen die gelden voor radioactieve stoffen in het algemeen. Vanzelfsprekend wordt hierbij ook rekening gehouden met kriticiiteitspreventie.

D. Actinidenonderzoek

In het actinidenlaboratorium worden chemische verbindingen van actiniden en ook van technetium bereid en worden fysisch-chemische metingen verricht. Al deze handelingen worden in gasdichte handschoenkasten uitgevoerd, met uitzondering van verbindingen van thorium die eveneens in een zuurkast bewerkt kunnen worden.

E. Isotopenproductie

De productie van isotopen wordt uitgevoerd in loodcellen voorzien van roestvast stalen, gasdichte binnenboxen en eigen filterunits, aangesloten op het cellenventilatiesysteem. Voor het zuiveren van isotopen worden ook chemische bewerkingen uitgevoerd.

F. Opslag van transportcontainers met verarmd uranium

Verarmd uranium wordt in bepaalde typen transportcontainers toegepast vanwege de goede afschermende werking. Deze containers worden in de HCL beladen of opgeslagen. Omdat kriticiiteit bij deze containers uitgesloten kan worden, wordt het uranium-235 gehalte van deze containers buiten beschouwing gelaten voor wat betreft het gestelde in paragraaf 4.2.

4.5 Afvoer radioactieve stoffen en splijtstoffen

Na bewerking en/of onderzoek wordt het materiaal afgevoerd naar de opdrachtgever of wordt opgeslagen in afwachting van afvoertransport naar de COVRA.

5 Radioactief afval

5.1 Ontstaan/behandeling van radioactief afval

Ten gevolge van handelingen met splijtstoffen en andere radioactieve materialen ontstaat in het RL radioactief afval. Het vast en vloeibaar afval bestaat uit laag/middelactief afval (dosistempo kleiner dan 10 mSv/h op het oppervlak van de verpakking) en hoogactief afval (groter dan 10 mSv/h).

Het uit de cellen en het actinidenlaboratorium van het RL afkomstige vaste afval dat tijdens bedrijf ontstaat, is meestal hoogactief. Dit geldt ook voor vloeibaar afval, met uitzondering van het reinigingswater ten behoeve van de nareiniging van bestralingsobjecten; dit wordt deels als middelactief afgevoerd. Afval dat in andere dan de HA-cellen ontstaat, wordt overgebracht naar de HA-cellen, waar de uiteindelijke verpakking in een HCL-standaardvat plaatsvindt.

Algemeen

Radioactief afval ontstaat in vaste, vloeibare of gasvorm. Daar de aard van het afval afhangt van de bewerkingen die worden uitgevoerd met de radioactieve objecten, verschilt de aard van het afval per cel(lenlijn). In deze paragraaf wordt per cel(lenlijn) weergegeven welk afval ontstaat en welke behandelingen het ondergaat.

In de figuren 7 t/m 9 is schematisch weergegeven welke de bronnen van vast, vloeibaar en gasvormig radioactief afval zijn en welke behandeling het afval ondergaat alvorens te worden opgeslagen, afgevoerd of geloosd.

Radioactief afval uit de HA-cellenlijn

Vast afval

Het vast afval bestaat uit het in vermiculiet (vochtabsorberende korrels) geïmmobiliseerd alcoholaat dat ontstaat bij het laten reageren van natrium of natrium/kaliumlegeringen met methanol. Bovendien ontstaat vast afval in de vorm van papier, tissues, plastic, roestvast staal, aluminium, glas en afval ten gevolge van verspanende bewerkingen aan niet-splijtstof.

Gasvormig afval

Ten gevolge van bepaalde onderzoekstechnieken komen gasvormige splijtingsproducten vrij, die gecontroleerd via de schoorsteen worden geloosd. Het betreft vrijwel uitsluitend de edelgassen krypton en xenon.

Radioactief afval uit de metallografische cellenlijn

Vast radioactief afval

Het vaste afval bestaat voornamelijk uit het papier, metaal en glas dat tijdens de bewerkingen in de cel is gebruikt. Dit afval wordt verpakt in een syntacs-bus, via de HA-cellen in een HCL-standaardvat gebracht.

Gasvormig afval

Bij de handelingen in de metallografische cellen kunnen kleine hoeveelheden radioactief edelgas vrijkomen, die geloosd worden via het ventilatiesysteem.

De chemische cel G1

Vloeibaar afval

Vloeibaar afval dat in deze cel ontstaat, wordt vastgemaakt en vervolgens als vast afval behandeld.

Vast afval

Besmette, zure oplossingen worden eerst binnen de cel geneutraliseerd, waarna zij geïmmobiliseerd worden in een geschikte matrix. De aldus ontstane vaste stof wordt verder behandeld als vast hoogactief afval. Tevens ontstaat ook hier het gebruikelijke papier-, plastic- en metaalafval.

Gasvormig afval

Bij het oplossen van splijtstof kunnen radioactieve edelgassen vrijkomen en in bepaalde bestraalde objecten kan ook tritium voorkomen; deze radioactieve gassen worden gecontroleerd geëmitteerd via het 'off-gas' systeem.

De MA-cellen

Vast afval

Naast het gebruikelijke papier-, plastic- en metaalafval, blijven hier ook testmonsters als afval over.

Het actinidenlaboratorium

Vast en vloeibaar afval

In dit laboratorium ontstaat vast en vloeibaar afval. Het vaste afval bestaat uit het gebruikelijke besmette papier, glas, plastic en metaal. Ook zullen monsters die niet langer gebruikt worden als radioactief afval afgevoerd worden. Bij het oplossen van monsters ontstaan radioactieve vloeistoffen die zonodig tot vast afval verwerkt worden door ze te immobiliseren in een geschikte matrix.

Het chemisch laboratorium

Vloeibaar afval

Er ontstaat vloeibaar afval dat als laag-actief kan worden afgevoerd. Waar noodzakelijk zal het geïmmobiliseerd worden.

Vast afval

Het vast afval bestaat voornamelijk uit ionenwisselaarkolommen, die na een periode van drie maanden kunnen worden afgevoerd. Het vaste afval wordt in gasdichte bussen afgevoerd.

Gasvormig afval

Gasvormig jodium wordt afgevangen in koolfilters. Edelgassen worden gecontroleerd geloosd via het ventilatiesysteem.

5.2 Afvoer van radioactief afval naar de opslagfaciliteit

Het laagactieve vaste afval wordt in vaten verzameld die worden opgeslagen bij de transportsluis en periodiek opgehaald door de daartoe aangewezen NRG-dienst. Vervolgens vindt afvoer naar COVRA plaats.

Het waswater dat ontstaat bij de reiniging van bestralingsobjecten, wordt direct na het ontstaan overgepompt in vaten en afgevoerd naar de waterreinigingsinstallatie. Na behandeling wordt het deels als vast afval afgevoerd naar COVRA en deels als gereinigde vloeistof in de Noordzee geloosd.

Het hoogactieve afval, afkomstig uit de cellen, wordt vergaard in de HA-cellen en in een standaard afvalvat gedaan. Tot het moment van afvoer wordt het opgeslagen in de opslagbuizenfaciliteit in de transporthal. De standaard afvalvaten worden in afschermende transportcontainers afgevoerd naar COVRA of naar de Opslagloods zolang COVRA dit afval nog niet kan ontvangen.

5.3 Radiologische gevolgen van lozingen vanuit de HCL

De ervaring heeft aangetoond dat ^3H , ^{85}Kr , ^{131}I en ^{133}Xe , de karakteristieke lozing vanuit het HCL bepalen. De nominale lozing bedraagt 5 Re, wat overeenkomt met een dosis van ca. $0,03 \mu\text{Sv}$. In deel I is een overzicht opgenomen van de gevraagde limieten en de bijbehorende effectieve dosis.

6 Veiligheidsevaluatie

6.1 Veiligheidsmaatregelen binnen de HCL

Maatregelen ter verhoging van de veiligheid kunnen onderscheiden worden in materiële en organisatorische maatregelen. Deze beide groepen kunnen elk weer worden onderverdeeld naar hun doel:

- beperking van de hoeveelheden radioactief materiaal binnen de eisen van de bedrijfsvoering;
- adequate afscherming van radioactieve bronnen;
- adequate opsluiting van radioactief materiaal;
- het vermijden van kriticiiteit;
- andere, meer algemene doelen.

6.1.1 Materiële maatregelen

Maatregelen HCL

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- De afschermwaarde van de celinstallaties is ontworpen in overeenstemming met de hoogst verwachte radioactieve bronsterkten. Er is als ontwerpwaarde van uit gegaan dat buiten de radiologische zones geen persoonsdosis wordt veroorzaakt groter dan 1 mSv/jaar.
- De werkzaamheden in de cellen kunnen door middel van telemanipulators vanaf het bedieningspaneel worden uitgevoerd.

Adequate opsluiting van radioactieve bronnen

- Doelmatige drukverschillen worden onderhouden tussen de delen van het gebouw onderling en tussen het gebouw en de buitenatmosfeer.
- Het handhaven van de voornoemde drukverschillen wordt gerealiseerd door middel van een ventilatiesysteem (zie hoofdstuk 2); dit systeem onderhoudt een luchtstroom in het gehele gebouw en de installaties met een uiteindelijke gecontroleerde afvoer naar de atmosfeer. Het RL en de MPF hebben elk een eigen ventilatiesysteem.
- Mede ter handhaving van de integriteit van de opsluitingskasten en ter voorkoming van grote hoeveelheden besmet water, worden de in de cellen noodzakelijke vloeistofkoelsystemen altijd in gesloten kringlopen met een geringe inhoud uitgevoerd.
- De bedrijfszekere toestand van het ventilatiesysteem wordt bereikt door redundante uitvoering van de ventilatoren, een noodstroomvoorziening en een noodpersluchtvoorziening (perslucht wordt gebruikt voor de regeling van het ventilatiesysteem).
- Telemanipulators zijn voorzien van een besmettingswerende kunststof omhulling (de zgn. booting).
- Aan- en afvoer van radionucliden geschiedt met behulp van gesloten containers.

Algemeen

- Teneinde uit een oogpunt van veiligheid ongewenste situaties te voorkomen, is een noodstroomvoorziening aangebracht voor de verlichting van vluchtroutes, het ventilatie-

annex onderdrukstelsysteem van de cellen, de voeding van de manipulators en de interieurverlichting van de cellen.

- Instrumentatie in vaste opstelling is aanwezig voor het detecteren en alarmeren in de volgende situaties:
 - excessieve plaatselijke stralingsniveaus;
 - geheel of gedeeltelijk wegvallen van de onderdruk in opsluitingskasten en gebouwruimten;
 - optreden van luchtbesmetting in zowel cellucht- als gebouwluftafvoerleidingen;
 - optreden van verhoogde emissies van edelgassen of tritium via de HCL-schoorsteen;
 - optreden van brand in opsluitingskasten en gebouwruimten.
- Adequate besmettingscontrolepunten en kledingwisselpunten zijn ingericht tussen ruimten van het gebouw onderling en tussen het gebouw en de buitenomgeving.
- Aanvullende stralings- en besmettingsmeetapparatuur is beschikbaar.
- Er is apparatuur beschikbaar voor het in-situ testen van filters.

Maatregelen binnen het RL

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- Het waterniveau in het waterbassin wordt op de juiste hoogte gehouden; bij een te hoog of te laag niveau wordt een alarm geactiveerd.

Adequate opsluiting van radioactieve bronnen

- De cellen waarin wel met open splijtstof wordt gewerkt, zijn opgebouwd uit lood en bevatten gasdichte opsluitingskasten.
- Alle radioactieve stoffen in het actinidenlaboratorium zullen buiten werktijden in principe zoveel mogelijk in brandwerende kluizen opgeslagen worden. Hierin worden ook de voorraad en de niet in bewerking zijnde monsters opgeslagen. Uitzonderingen zijn de radioactieve stoffen die in duurproeven worden gebruikt. In die situatie wordt de bedrijfsbrandweer op de hoogte gesteld.

Het vermijden van kriticiiteit

- Voor alle zones waar splijtstof kan worden gehanteerd zijn veilige maximum waarden vastgesteld voor de aanwezige hoeveelheid ^{235}U -equivalent, of wordt uitgegaan van veilige geometrie (zie paragraaf 4.2).

6.1.2 Organisatorische maatregelen

Maatregelen HCL

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- Alvorens radioactieve bronnen binnen de HCL worden gebracht of de HCL verlaten, worden een dosismeting en een besmettingscontrole aan het oppervlak van de verpakking verricht. Het dosistempo aan het oppervlak mag het niveau van 2 mSv/h niet overschrijden.

Adequate opsluiting van radioactieve bronnen

- De absoluutfilters van het centrale ventilatiesysteem van het RL en de MPF worden tenminste één maal per jaar, in-situ getest en zonodig vervangen. De resultaten en vervangingen worden in een logboek geregistreerd.

Algemeen

- Veiligheidsgerelateerde wijzigingen aan installaties mogen conform vastgelegde procedures slechts met schriftelijke goedkeuring van de manager HCL tot stand worden gebracht.
- Alle radioactieve objecten en de voorgenomen werkwijzen aan deze objecten worden beoordeeld aan de hand van door de opdrachtgever verstrekte gegevens en getoetst aan de operationele waarden. Zonodig zal de manager HCL terzake advies vragen van deskundigen binnen NRG en/of de Reactor VeiligheidsCommissie.
- Het verbreken van afschermingen en van opsluitingen, het uitvoeren van materiaaltransfers tussen de installaties en het uitvoeren van transporthandelingen met gemotoriseerde werktuigen is uitsluitend toegestaan aan daartoe door de manager HCL bevoegd verklaarde medewerkers.
- Verantwoordelijkheden ten aanzien van de veiligheid en het optreden in normale en noodsituaties, zijn vastgelegd in het “Algemeen Voorschrift Veiligheid, Gezondheid, Welzijn en Milieu” en de Interne Noodgevallen Organisatie”.
- Periodiek wordt de bedrijfsvoering van de HCL en de hieraan gekoppelde veiligheid beoordeeld. Deze beoordeling wordt onder andere gebaseerd op de resultaten van interne audits, veiligheidsregistraties, verbetervoorstellen, stralingsregistraties, etc.
- Naast de hierboven genoemde organisatorische maatregelen, bevorderen alle onder het management systeem vallende regelingen een veilig bedrijf van de HCL.

Maatregelen binnen het RL

Beperking van de hoeveelheden radioactief materiaal

- De hoeveelheden splijtbaar materiaal en splijttingsproducten in de installaties worden beperkt met het oog op (zie ook hoofdstuk 4):
 - het optreden van kriticiëit;
 - de warmteproductie door radioactief verval (de oppervlaktetemperatuur van splijststof-objecten in een HA-cel dient niet hoger te zijn dan 140°C);
 - het dosistempo: de hoeveelheid radioactief materiaal mag geen aanleiding geven tot ontoelaatbare stralingsdoses;
 - de inhoud aan ¹³¹I.
- Voor eenrichtingverkeer voor het transport van materialen tussen cellen met een verschillend niveau van mogelijke radioactieve besmetting dient toestemming door de manager HCL te worden verleend.

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- Het verkeer van goederen en personen tussen zones in het gebouw en tussen het gebouw en de buitenomgeving is onderworpen aan speciale voorschriften terzake van besmettings- en stralingscontrole en preventie.

Adequate opsluiting van radioactieve bronnen

- Door een voldoende lange wachttijd in acht te nemen, wordt het door radioactief verval opgewekte vermogen van integrale experimenten beperkt tot waarden welke leiden tot voor de omhulling veilige temperaturen. De warmteafvoer wordt hierbij verondersteld plaats te vinden door natuurlijke convectie en straling in stilstaande lucht bij 25°C.
- Open splijtstoffen worden niet toegelaten tot de HA-cellenlijn.

Het vermijden van kriticititeit

- Voor alle zones waar splijtstof kan worden gehanteerd zijn veilige maximum waarden vastgesteld voor de aanwezige hoeveelheid ²³⁵U-equivalent.
- Indien in verband met de exploitatie deze voorgeschreven hoeveelheid voor bepaalde tijd moet worden overschreden, dient een werkplan opgesteld te worden dat de goedkeuring behoeft van de Reactor Veiligheids Commissie. Essentieel in een dergelijk werkplan zijn de maatregelen ter voorkoming van kriticititeit, zoals geometrische beperkingen (opslagconfiguratie) en de afwezigheid van specifieke moderatoren.
- De aan- en afvoer van splijtstof is aan regels onderhevig.

Algemeen

- Hijswerkzaamheden boven het waterbassin en in een gebied van 1 meter buiten de randen zijn verboden.

6.1.3 Brandpreventie, -detectie en -bestrijding

Brandpreventie, -detectie en -bestrijding in de werkruimten zijn essentiële aandachtspunten in de inrichting en installaties bij NRG, daar brand kan leiden tot een verlies van opsluiting van radioactieve stoffen en verspreiding van radioactiviteit. Op het terrein is een bedrijfsbrandweer aanwezig.

In essentie berust het omgaan met brand bij NRG op drie pijlers, namelijk:

- Brandpreventie door minimaal gebruik van brandbare materialen en minimaliseren van ontstekingsbronnen.
- Vroegtijdige detectie van een eventuele brand.
- Blussen van de brand, variërend van handmatig te activeren blussystemen tot de inzet van de (bedrijfs)brandweer.

Brandpreventie

Ter preventie van brand zijn de volgende basisregels van kracht:

- Er wordt in de cellen niet met open vuur gewerkt.

- Het toepassen van organische vloeistoffen met een vlampunt lager dan 30°C in cellen welke zijn voorzien van opsluitingskasten is niet toegestaan. Hiervan kan worden afgeweken uitsluitend ten behoeve van bijzondere werkzaamheden, van beperkte duur, op door de manager HCL schriftelijk vast te stellen voorwaarden, waartoe tenminste behoort de vervanging van luchtventilatie van de kast door spoeling met een inert gas en automatische afsluiting van de energietoevoer bij te hoge zuurstofconcentratie.
- Het toevoeren van brandbare gassen naar alle installaties is verboden, tenzij onder speciale, nader te bepalen voorwaarden.
- Indien gebruik van brandbaar materiaal toch vereist is, wordt eerst zoveel mogelijk ander brandbaar materiaal dat niet gebruikt hoeft worden, zoals tissues e.d., uit de betreffende cel verwijderd.
- De gasatmosfeer van de handschoenkasten van het actiniden-laboratorium is inert waardoor het brandgevaar zeer wordt beperkt. Ook is er slechts weinig brandbaar materiaal aanwezig.

Branddetectie

Alle ruimten zijn voorzien van brandmelders, zie paragraaf 2.2.2.

Brandbestrijding

- Bij brandmelding via Centrale Meldingspost is de Bedrijfsbrandweer binnen zes minuten ter plaatse.
- Iedere medewerker kan via het alarmnummer een brandmelding doorgeven aan de Centrale Meldingspost.
- Er staan draagbare brandbestrijdingsmiddelen opgesteld op diverse plaatsen in de werkruimten; minstens één per werkruimte.
- De brandblusmiddelen worden jaarlijks gecontroleerd door de bedrijfsbrandweer.
- Bij de installaties zijn hogedruk-brandhaspels aanwezig.
- Voor alle gebouwen zijn 'aanvalsplannen' en 'loop-routes' vastgelegd, aanwezig in de entree.

De HA-cellen zijn uitgerust met een Novec-blussysteem (een halonvervangend blussysteem). Het systeem wordt niet automatisch in werking gesteld, doch handmatig door middel van een drukknop (achter glas) die naast ieder celvenster is geplaatst. In geval van in werking stellen wordt het Novec alleen geïnjecteerd in de cel waar de brand is. Voor de bestrijding van kleinere branden is iedere HA-cel tevens uitgerust met een CO₂-systeem, dat eveneens handmatig bediend wordt. **De overige cellen in het RL zijn alle voorzien van door de bedrijfsbrandweer gecontroleerde, handmatig bediende blussystemen.**

6.1.4 Ongevalbestrijding en noodplannen

Verantwoordelijkheden

De verantwoordelijkheden voor het opzetten van noodplannen en de verantwoordelijkheden en bevoegdheden bij de ongevalbestrijding, zijn in hoofdlijnen vastgelegd in het 'Algemeen Voorschrift Veiligheid, Welzijn, Gezondheid en Milieu (AV VGWM)'. De verdere detaillering van

de Interne Noodgevallen Organisatie (INO) is uitgewerkt in een uitvoeringsregeling, welke een integraal onderdeel van het Management Systeem uitmaakt

Voorschriften

De voorschriften met betrekking tot het opstellen van noodplannen en de ongevalbestrijding vallen uiteen in een algemene procedure en algemene uitvoeringsvoorschriften en regelingen, welke gelden voor het gehele NRG, en plaatselijke voorschriften, welke niet afwijken van de algemene voorschriften, maar aanvullende aanwijzingen geven die specifiek zijn voor die locatie.

Plaatselijke uitvoeringsregeling

Gebaseerd op de *Interne Noodgevallen Organisatie* (INO) zijn voor de HCL uitvoeringsregelingen opgesteld, waarin de locatiespecifieke verantwoordelijkheden, de bevoegdheden en de te nemen acties in geval van alarm en ongeval zijn vastgelegd. Dit noodplan is tevens een opgave van beschikbare ruimtes en middelen.

Het optreden van de brandweer binnen de HCL bij 'brand- en sluitrondes' en bij brand, is aan regels gebonden betreffende de toegang tot gebieden met een potentieel verhoogd stralingsniveau en de te gebruiken brandbestrijdingsmiddelen.

Melding en alarmering

De melding van een (bijna)-ongeval en een noodsituatie, de eventuele opschaling van het alarmniveau en de activering van de Interne Noodgevallen Organisatie en bijbehorende meldings- en rapportagelijnen, zijn in een algemene procedure vastgelegd en verankerd in het Management Systeem.

6.2 Ongeval situaties en gevolganalyses

In dit onderdeel van het rapport zijn de kansen op en gevolgen van de belangrijkste ontwerp- en buiten-ontwerpongevallen van het RL beschreven. Uit de analyse blijkt dat het individueel risico als gevolg van ongevallen met de HCL-RL voldoet aan de door de overheid gestelde eisen.

Ten aanzien van gebeurtenissen met extern geweld, zoals aardbevingen, dient de integriteit van de hot cells en het bassin gehandhaafd te blijven.

De mogelijke uitwerking van de in deel 1 omschreven ontwerpaardbeving met maximale intensiteit, is nader beschouwd overeenkomstig de IAEA-criteria voor gesimplificeerde evaluatie van het aardbevingsrisico van het RL. Hierbij is gebleken dat onder de beschouwde condities de integriteit van de hot cells en het bassin behouden blijft.

6.2.1 Ongevalsituaties

In deze paragraaf de ongevalsituaties beschreven die zich in het RL kunnen voordoen.

De schatting van de in deze paragraaf genoemde kansen en gevolgen (in paragraaf 6.2.2) is niet gebaseerd op een probabilistische risicoanalyse. Echter, door de kans van optreden op een systematische wijze te schatten, wordt inzicht verkregen welk ongeval een grotere waarschijnlijkheid van optreden heeft. De opzet en het wettelijke kader van de ongevalanalyses is in deel 1 nader beschreven.

De hier omschreven ongevallen zijn onder te verdelen in twee categorieën:

- ontwerp-ongevallen: in het ontwerp van het RL zijn voorzieningen getroffen om deze ongevallen te voorkomen en om de gevolgen ervan te beperken;
- buiten-ontwerp-ongevallen: in het ontwerp van het RL is geen rekening gehouden met het optreden hiervan, omdat de zeer kleine kans van optreden van deze ongevallen dit rechtvaardigt.

In de tabellen 2 en 3 zijn de potentiële ongevallen onderverdeeld in deze twee groepen.

Ontwerp-ongevallen

De grootste hoeveelheden radioactief materiaal bevinden zich in het opslagbassin en in de verschillende cellenlijnen. Inleidende gebeurtenissen met interne oorzaak die tot het vrijkomen van radioactieve stoffen vanuit het opslagbassin en de cellijnen kunnen leiden, zijn:

- (1) Een foutieve handeling ('menselijk falen') gevolgd door het falen van de hijsinstallatie waardoor een zwaar transportvat in het bassin valt.
- (2) Het ontstaan van een brand in een van de cellen van de cellijnen waarin splijtstof wordt onderzocht, in combinatie met het falen van de brandblusinstallatie.

Bij ongevalsscenario (1) leidt de val van het transportvat in het bassin tot het verbreken van de insluiting van radioactieve stoffen in de RVS-bussen die onder water in het opslagbassin zijn opgeslagen. Bij het falen van een RVS-bus kunnen radioactieve stoffen direct in de bedrijfsruimte (de 'transporthal') vrijkomen. Dit ongeval zal als ontwerp-ongeval nader worden beschouwd.

Bij ongevalsscenario (2) leidt brand in een van de cellen, met name als hierin de brandblusinstallatie faalt, tot een zodanig hoge temperatuur dat hierbij grote hoeveelheden radioactieve stoffen uit de te onderzoeken splijtstof in de cel vrijkomen. De brand leidt tenslotte tot het falen van de celinsluiting. Omdat van alle in de RL aanwezige cellenlijnen, de HA-cellenlijn procedureel de grootste hoeveelheid radioactieve stoffen mag bevatten, is een brand binnen een HA-cel het maatgevend ongeval. Dit ongeval zal als ontwerp-ongeval nader worden beschouwd. In paragraaf 6.2.2 worden de doses als gevolg van deze ontwerp-ongevallen berekend.

tabel 2 Ontwerp-ongevallen bij het RL

Nr.	Omschrijving	kans per jaar
1.	Beschadiging van een splijtstofelement door het vallen van een afschermend transportvat	$8 \cdot 10^{-5}$
2.	Brand binnen de HA-cellen met functionerende filters	$1 \cdot 10^{-5}$

Beschadiging van een splijtstofelement door het vallen van een afschermend transportvat

Verondersteld wordt dat door het overtreden van een werkvoorschrift een zwaar transportvat boven het opslagbassin wordt gehesen. Als gevolg van deze menselijke fout zou in combinatie met een falen van de hijsinstallatie, dit vat in het opslagbassin kunnen vallen. Hierbij kan één van de bussen met splijtstof zodanig worden beschadigd, dat een fractie van de activiteit van het in de bus opgeslagen splijtstofelement vrij zou kunnen komen. Beschadiging van een splijtstofelement met metallisch hoogverrijkt uranium is bij deze veronderstelling het maatgevende ongeval.

Bij beschadiging van metallische splijtstof kunnen alleen de radioactieve materialen vrijkomen die niet gebonden zijn in het metaalrooster. Het is echter niet bekend welke fractie van de edelgassen en het jodium niet gebonden zijn. Bij gebrek aan gegevens wordt vrijzetting van 100% verondersteld. Het jodium zal oplossen in het water, zodat alleen de edelgassen via het water de lucht boven het wateroppervlak bereiken en vervolgens via het ventilatiesysteem de buitenlucht bereiken. De kans van optreden van dit ontwerpongeval wordt geschat op $8 \cdot 10^{-5}$ per jaar.

Brand binnen de HA-cellen met functionerende filters

Bij deze gebeurtenis wordt verondersteld dat brand is ontstaan in een van de HA-cellen en dat deze brand aanhoudt door het falen van de brandblusinstallatie. De filters in de cel blijven functioneren en de radioactieve edelgassen komen na het filteren van de rookgassen, via de ventilatieschacht vrij in de omgeving. Een HA-cel kan een splijtstofelement of splijtstofpen bevatten. Tevens wordt verondersteld dat in de cel houders met ^{192}Ir aanwezig zijn, welke falen.

De kans op het ontstaan van brand in deze HA-cellen is zeer klein. In de cellen wordt niet met open vuur gewerkt, en het gebruik van brandbare stoffen is niet toegestaan, behalve ten behoeve van bijzondere werkzaamheden. In dat laatste geval moet er een speciale toestemming voor verleend worden, en moeten additionele voorzieningen getroffen worden om brand te voorkomen.

De brand kan tot een emissie leiden, wanneer de temperatuur van de splijtstof oploopt tot $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bij normaal functioneren van de veiligheidsvoorzieningen wordt de brand binnen enkele minuten geblust zodat de temperatuur beneden dit niveau blijft, en er geen emissie zal optreden. De kans dat een brand niet snel geblust wordt, is klein. Daarom is de kans op een brand die langer dan een half uur duurt klein: 10^{-5} per jaar.

Bij een aanhoudende brand kan de temperatuur zo hoog oplopen ($600\text{ }^{\circ}\text{C}$ of meer), dat een deel van de nucliden uit de te onderzoeken splijtstof, en een deel van de activiteit uit de houders met ^{192}Ir vrijkomt in de cel.

De lucht uit de cellen en de lucht uit de bedieningsruimte wordt door de ventilatie afgezogen, en via filtersystemen in een ander gedeelte van het gebouw en de ventilatieschacht afgevoerd naar de buitenlucht. Deze filters zullen het radioactief materiaal opvangen, behalve eventuele radioactieve edelgassen in de rookgassen. Deze laatste komen vrij bij een brand in de HA-cellen.

De lucht uit de cellen wordt door drie opeenvolgende filtersystemen geleid:

- Het eerste filtersysteem bevindt zich vlak bij de cel, en bestaat uit een metalen voorfilter (o.a. om vonken op te vangen) en een absoluutfilter. Vanwege de kleine afstand tussen de brand in de cel en het filter kan een goede werking van dit filter niet gegarandeerd worden. Daarom wordt aangenomen dat de rookgassen dit filter kunnen passeren.
- Het tweede filtersysteem, een koolfiltersysteem, staat meer dan 10 m van de cellenlijn. Er is een kans van 99% dat dit systeem (en het derde filtersysteem) naar verwachting functioneert bij een brand. Dit zgn. ketelfilter is bedoeld om dampvormige (jodium)verbindingen te absorberen. Bij de analyses is er van uitgegaan dat de vangstfactor van dit filter daalt van ruim 99% tot zo'n 90% door veroudering van het kool in het filter. Het filter vangt geen gassen of aerosolen in.
- Het derde filtersysteem is een absoluutfilter, dat aerosolen invangt (0.01 μm tot 10 μm). De vangstfactor is bij normaal bedrijf ruim 99.9%. Er is een kans van 99% dat het systeem naar verwachting functioneert. Bij de analyses is een vangstfactor van minstens 99% gehanteerd.

Een complicatie is dat bij een aanhoudende brand in de cel, de manchetten van de telemanipulatoren het kunnen begeven, waardoor rookgassen uit de cel in de bedieningsruimtes komen, of lucht (met zuurstof) vanuit de bedieningsruimte de cel binnendringt. De ventilatie houdt de cellen op onderdruk, zodat alleen lucht uit de bedieningsruimte de cellen binnendringt. Dit heeft geen effect op de grootte van de emissie. Wanneer de cel niet op onderdruk zou blijven, zal een deel van de rookgassen in de bedieningsruimte komen. Deze rookgassen worden dan afgevoerd via de gebouwventilatie. Deze loopt echter niet via de 'ketelfilters', maar alleen via de absoluutfilters. Het jodium dat via dit pad de buitenlucht bereikt wordt dan netto niet gefilterd. Echter, omdat slechts een deel van de rookgassen via dit pad de buitenlucht bereikt, zal de emissie van het jodium niet groter zijn dan 10% van de inventaris in de splijstof.

Het maatgevend ongeval wat betreft vrijgekomen activiteit, is verhitting van een metallisch HEU splijstofelement.

Buitenontwerpongevallen

Er is een aantal veronderstelde buitenontwerpongevallen geanalyseerd. Vier van deze ongevallen blijken maatgevend te zijn voor wat betreft de risico's van buitenontwerpongevallen, zie tabel 3. In paragraaf 6.2.2 worden de radiologische gevolgen en risico's van deze ongevallen berekend.

Brand binnen de HA-cellen zonder functionerende filters

Dit ongeval treedt op als gelijktijdig met het eerder genoemde ontwerpongeval 'brand binnen de HA-cellen' de filters van het ventilatiesysteem niet functioneren.

Er is een kleine kans dat deze filters niet operationeel zijn tijdens het ongeval. Een klein gedeelte van de tijd (naar schatting maximaal 1%) zijn de filters niet beschikbaar, bijvoorbeeld vanwege reparaties of onderhoud. Overigens zullen er in zo'n periode geen werkzaamheden in de cellen plaatsvinden, zodat 1% een overschatting is van de kans dat de filters niet werken tijdens een brand in de cellen.

Een andere mogelijkheid (met een vergelijkbare kans van 1%) is dat het ventilatiesysteem uitvalt of uitgeschakeld wordt wanneer rookgassen de bedieningsruimte binnendringen. Na enige tijd verdwijnt de onderdruk uit het gebouw, waardoor de rookgassen (en daarin radioactieve stoffen) door bijvoorbeeld kieren van deuren en ramen naar buiten kunnen lekken. In dit geval is de emissie kleiner dan wanneer de ventilatoren blijven werken. Daar de kans ongeveer gelijk is, is het ongeval met werkende ventilatoren maatgevend.

Vanwege het falen van de filters zal in vergelijking met het eerder genoemde ontwerp ongeval 'brand binnen de HA-cellen met functionerende filters', de ontsnappingsfracties van jodium en de overige niet gasvormige radionucliden naar de buitenlucht, een factor 10, respectievelijk, een factor 100 groter zijn. De kans op een langdurige brand binnen de HA-cellen is 10^{-5} per jaar. Het falen van het filtersysteem is kleiner dan 10^{-2} . De kans op deze ongevalsemissie vanuit de HA-cellen naar de buitenlucht is dus kleiner dan 10^{-7} per jaar.

Brand bij toekomstige isotopenproductie

In de toekomst worden mogelijk enkele isotopenproductielijnen gebouwd, o.a. in de transporthal van het HCL-RL. Om het maximale risico voor de omgeving te bepalen zijn de gevolgen van een verwoestende brand berekend. Hierbij wordt verondersteld dat 45 TBq I-131 en 20 TBq Sr-90, in evenwicht met de dochter Y-90, in de omgeving vrijkomt.

Zolang nog niet bekend is hoe deze productielijn zal worden uitgevoerd, is het niet mogelijk de kans op een brand in de isotopenproductielijn te bepalen. De kans op een verwoestende brand is onbekend, maar wordt voor de analyses gelijk gesteld aan de kans op een ongeval met brand en falende filters, welke kleiner is dan 10^{-7} per jaar.

Neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op de installatie

Het neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op de HCL-RL zal leiden tot vrijzetting van een groot deel van de radioactieve stoffen uit de cellen. De kans op dit ongeval is ongeveer $2 \cdot 10^{-8}$ per jaar. Andere ongevallen die leiden tot vrijzetting van radioactief materiaal, met uitzondering van de celbrand in combinatie met het falen van de filters, zijn minder waarschijnlijk en zullen niet tot significant grotere emissies leiden.

Verondersteld wordt dat door het neerstorten van het jachtvliegtuig de cellen in het RL zwaar beschadigd worden. Er breekt brand uit waardoor radioactieve materialen uit de splijtstofelementen vrijkomen. Tevens is verondersteld dat de inventaris uit de toekomstige isotopenproductie in het RL vrijkomt.

Inslag van één van de turbines van het vliegtuig in het opslagbassin zal ook leiden tot een emissie. Er wordt hierbij van uitgegaan dat het splijtstofbassin de maximale toegestane hoeveelheid splijtstof bevat. Echter, de splijtstof in het bassin is verpakt in RVS-bussen, waarvan slechts een deel beschadigd zal worden door de inslag. De (maximale) vrijzetting uit de HA-cellenlijn zal dan ook maatgevend zijn.

Bij de analyse van de gevolgen van het neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig zijn twee varianten onderscheiden: het neerstorten van een vliegtuig gevolgd door een 'kleine brand', vergelijkbaar met de celbrand (5a), of gevolgd door een 'grote brand' (5b). In dat laatste geval wordt verondersteld dat de volledige inventaris van de metallische splijtstof vrijkomt. Zowel bij een grote als de kleine brand treden bij verhitting van metallische splijtstof grotere emissies op dan bij oxidische splijtstof, van een Licht Water Reactor.

tabel 3 Buiten-ontwerpongevallen bij het RL

	Omschrijving	kans per jaar
3.	Brand binnen de HA-cellen zonder functionerende filters	1.10^{-7}
4.	Brand bij toekomstige isotopenproductie	$< 1.10^{-7}$
5a	Neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op het RL: gevolgd door een 'kleine brand'	2.10^{-8}
5b	Neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op het RL: gevolgd door een 'grote brand'	2.10^{-8}

6.2.2 Ongevalconsequenties

Het berekeningsmodel

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het computermodel NUDOS. Dit model is, tezamen met een aantal aanbevelingen voor parameterkeuze, een verbijzondering van het Nationaal Model, een in Nederland algemeen toegepaste voorspellingsmethode voor de verspreiding van luchtverontreiniging, gebaseerd op het gaussisch pluimmodel.

Bij de berekeningen zijn de volgende blootstellingswegen beschouwd:

- straling vanuit de wolk met radioactieve stoffen tijdens het overtrekken;
- inademing van verontreinigde lucht tijdens de passage van de wolk;
- straling vanaf de door depositie besmette bodem tot 50 jaar na het ongeval;
- ingestie van direct besmette groenten en fruit;
- ingestie van groenten en fruit geteeld op door depositie verontreinigde bodem, waarbij door opname via de wortels de eetbare delen eveneens verontreinigd raken.

De doses voor ingestie zijn berekend voor personen die uitsluitend voedsel gebruiken uit het besmette gebied.

Ontwerpongevallen

Het ontwerp van de opslagbassin in het HCL-RL is berekend op het beschadigen van de RVS-bussen waarin splijtstof opgeslagen wordt. De hoeveelheid radioactieve edelgassen per bus is zodanig klein dat bij de analyse van ongeval gebleken is bij de beschadiging van een RVS-bus, de in de buitenlucht vrijkomende edelgassen slechts tot een geringe doses zal leiden. Tabel 4 geeft de 95-percentiel dosis bij dit veronderstelde ongeval.

tabel 4 Doses bij het ontwerp ongeval 'beschadiging splijtstofbus in opslagbassin'

	Berekeningsresultaat	norm bij 10^{-4} tot 10^{-6} per jaar
95-percentiel dosis voor volwassenen	$3 \cdot 10^{-5}$ mSv	100 mSv
95-percentiel dosis voor kinderen	$5 \cdot 10^{-5}$ mSv	40 mSv

Bij het tweede ongevals scenario is uitgegaan van een brand van circa 30 minuten in de HA-cellen. De kans op een dergelijk ongeval is geschat op 10^{-5} per jaar. Tabel 5 geeft het resultaat van de dosisberekening en de norm voor dit ontwerp ongeval, waarbij er van uitgegaan is dat de filters in de gebouwventilatie normaal blijven functioneren.

tabel 5 Doses bij het ontwerp ongeval 'celbrand in de HCL-RL'

	Berekeningsresultaat	Norm bij 10^{-4} tot 10^{-6} per jaar
95-percentiel dosis voor volwassenen	10 mSv	100 mSv
95-percentiel dosis voor kinderen	9 mSv	40 mSv

De berekende doses bij de beschouwde ontwerpgevallen voldoen aan de door de overheid gestelde eisen.

Buitenontwerpgevallen

Bij de beschouwde buitenontwerpgevallen, zoals in tabel 3 aangegeven, zijn twee potentiële bronnen van radioactief materiaal geïdentificeerd.

- De splijtstof in de HA-cellen, tezamen met de houders met ^{192}Ir .
- De radionucliden van de toekomstige isotopenproductie.

Bij de berekening van het risico van een brand binnen de HA-cellen en brand tijdens isotopenproductie, beide zonder functionerende filters, is uitgegaan van een kans van optreden van $1 \cdot 10^{-7}$ per jaar. Verder is net als bij de andere buiten-ontwerpgevallen, gerekend met een risicogetal van een 5% per Sv effectieve dosis met betrekking tot sterfte in 50 jaar na een ongeval

Bij de berekening van de risico's van de vliegtuigongevallen is uitgegaan van een kans van optreden van $2 \cdot 10^{-8}$ per jaar voor een vliegtuigcrash op de RL. Verder is er rekening mee gehouden, dat bij het vliegtuigongeval zowel de inventaris in de HA-cellen als die van de toekomstige isotopenproductie vrijkomt. Het multifunctionele individuele risico bij een grote brand is over het algemeen minder ernstig dan het gevolg van een ongeval met een kleine brand. Bij een grote brand worden de radioactieve stoffen hoger in de atmosfeer gebracht, waardoor ze over een groter oppervlak verspreid worden.

In tabel 6 zijn de maxima van de multifunctionele individuele risico's gegeven van de beschouwde ongevallen. In deze risico's zijn alle doses bij voortdurend verblijf verwerkt. De maximum ontvangen dosis wordt gedomineerd door de ingestiedosis, welke geheel vermeden kan worden.

tabel 6 Maximum MIR voor volwassenen^{a)} bij buitenontwerpongevallen.

Scenario	Maximum	Maximum per jaar	Bijdrage ingestie
3: Celbrand zonder filters	600 m ten noordoosten (NNO)	$7 \cdot 10^{-11}$	89 %
4: Celbrand tijdens isotopenproductie met met falende filters ^{b)}	150 m ten noordoosten (ONO)	$< 4 \cdot 10^{-9}$	96 %
5a: Vliegtuigongeval gevolgd door kleine brand	150 m ten noordoosten (ONO)	$1 \cdot 10^{-9}$	93 %
5b: Vliegtuigongeval gevolgd door grote brand	2000 m ten noordoosten (NNO)	$2 \cdot 10^{-11}$	86 %

- a) De waarden van het maximum risico voor kinderen wordt conservatief geschat op een factor 12 groter dan het maximum risico voor volwassenen.
- b) Hierbij is een kans van optreden van een celbrand tijdens isotopenproductie met falende filters kleiner dan $1 \cdot 10^{-7}$ verondersteld.

Het maximale risico is kleiner dan 10^{-8} , waarmee het voldoet aan de door de overheid gestelde eisen.

7 Stralingsbescherming

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de specifieke implementatiekenmerken voor de HCL. Voor toelichting op de algemene wijze van implementatie van de stralingshygiënische zorg en over de waarborging van het ALARA-beginsel binnen NRG, wordt verwezen naar deel 1: Algemeen & Centrale Voorzieningen van het Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten.

7.1 Stralingshygiënische voorzieningen

Ontwerpvoorzieningen

Bij de HCL wordt de stralingsbelasting beperkt door:

- het toepassen van voldoende afscherming tegen directe straling;
- het voorkomen van radioactieve besmetting van personen;
- het minimaliseren van verblijftijden in ruimten met een verhoogd stralingsniveau;
- het handhaven van een zo groot mogelijke afstand tot een stralend object.

Hierbij is het ALARA-beginsel in acht genomen.

Ontwerp apparatuur

Bij het ontwerpen van apparatuur staat het ALARA-beginsel centraal. De apparatuur moet optimaal bruikbaar zijn, doch dient tevens voldoende bescherming te bieden tegen straling en besmetting.

Voor elk apparaat geldt dat het geen aanleiding mag geven tot verminderde afscherming, langere verblijftijden voor de medewerkers of contact met radioactief materiaal. Hiermee wordt bij het ontwerp rekening gehouden door faalgevoelige componenten zo mogelijk buiten de cel te positioneren.

Indeling van gebouw in stralingszones

Het HCL-gebouw is onderverdeeld in vier zones waar verschillende regels betreffende stralingsbescherming gelden, te weten (in volgorde van toenemend besmettings-potentieel):

- niet-radiologische zone;
- gecontroleerde zone;
- gecontroleerde zone met extra toegangsbeperking;
- gecontroleerde zone met toegangsverbod. In speciale gevallen, bijvoorbeeld schoonmaken van de cellen, kan een dergelijke zone, na toestemming van de manager HCL, worden betreden.

De indeling van de stralingszones is vastgelegd in overleg met de algemeen stralingsdeskundige.

7.2 Maatregelen met betrekking tot stralingsbescherming

7.2.1 Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval

Het laagactieve afval, in standaardvaten, geeft in het algemeen geen aanleiding tot een verhoogde persoonsdosis. Bij de behandeling van het overige radioactief afval vindt geen significante blootstelling aan straling plaats omdat het afval zich slechts òf in een cel òf in een afschermend vat kan bevinden.

7.2.2 Afscherming

De afscherming van de stralingsbronnen in het RL is van primair belang bij het toepassen van het ALARA-beginsel. De bedrijfservaring heeft geleerd dat buiten de radiologische zones de ontvangen dosis kleiner is dan 1 mSv per jaar.

Daar waar de afscherming geopend kan worden, is deze voorzien van een 'shutter' met een slot waarvan de sleutels in het bezit zijn van enkele bevoegde personen. De afscherming kan daardoor niet abusievelijk worden geopend.

7.2.3 Ventilatie

De ventilatie is een middel om de accumulatie van zwevende radioactieve stoffen in het gebouw te verminderen; hiermee wordt ook het ALARA-beginsel nageleefd. In zowel de cellenventilatie als in de gebouwventilatie zijn monitoren ingebouwd, zodat de hoeveelheid radioactieve stoffen die het gebouw via de ventilatie verlaat wordt gecontroleerd.

Alle HA-cellen hebben een filterpakket, bestaande uit

- een vonkenvanger, om verspreiding van vuur via het ventilatiesysteem tegen te gaan;
- een voorfilter, dat de meeste stofdeeltjes vangt;
- een absoluutfilter, om de fijnere deeltjes die niet door het voorfilter gevangen zijn, alsnog tegen te houden.

Vóór de ventilatoren bevindt zich een tweede absoluutfilter-batterij.

7.2.4 Meetapparatuur

In tabel 7 is weergegeven welke tellers en monitoren ten behoeve van stralings- en radioactiviteitsmetingen in het RL aanwezig zijn en welke een alarmeringsfunctie hebben in het gebouwalarmsysteem.

Naast genoemde instrumenten is een groot aantal draagbare meetapparaten aanwezig voor het bepalen van lokale stralingsniveaus en besmettingen. Verder zijn alle medewerkers uitgerust met ambtelijke persoonsdosimeters, die maandelijks worden uitgelezen.

tabel 7 Overige stralingsmeetapparatuur binnen het RL

omschrijving	locatie	alarmfunctie	frequentie
gamma-monitor	vele	ja	continu
portaalmonitor	uitgang	ja	op aanspraak
continue luchtstofmonitor (2x) (cellen/gebouwen)	leidinggang	ja	continu
hand/voet monitor	gang bij act. lab	ja	op aanspraak

7.2.5 Persoonlijke beschermingsmiddelen

In de HCL worden de volgende persoonlijke beschermingsmiddelen gebruikt.

- Verse-luchtpakken: bij werkzaamheden in de cellen draagt de medewerker een verse-luchtpak teneinde in- en uitwendige besmetting te voorkomen;
- Handschoenen: bij handelingen met potentieel besmette objecten worden rubber handschoenen gedragen, teneinde besmetting te voorkomen;
- Overschoenen: juist gebruik hiervan is noodzakelijk om verspreiding van besmetting te voorkomen;
- Filtermaskers;
- Persluchtmaskers;
- Verse-luchtkappen, bestaande uit een transparante kunststof kap met een systeem om een lichte overdruk ten opzichte van de omgeving te handhaven;
- Diverse kledingstukken, zoals witte jassen, overalls, etc.

7.2.6 Toegangscontrole

De toegangssluis tot het bewaakte gebied heeft een slot dat met behulp van een elektronische autorisatie geopend kan worden. De vaste medewerkers beschikken over een dergelijke kaart.

Toestemming tot het betreden van het bewaakte gebied wordt verkregen van de manager HCL of van daartoe door de manager HCL gemachtigde personen.

Indien iemand het bewaakte gebied voor het eerst betreedt, krijgt hij instructie inzake kleding, consumptie, vluchtroutes, alarm, etc.

In het aanwezigheidsregister wordt geregistreerd wie op welk moment het bewaakte gebied in/uit is gegaan en welke dosismeter is gebruikt.

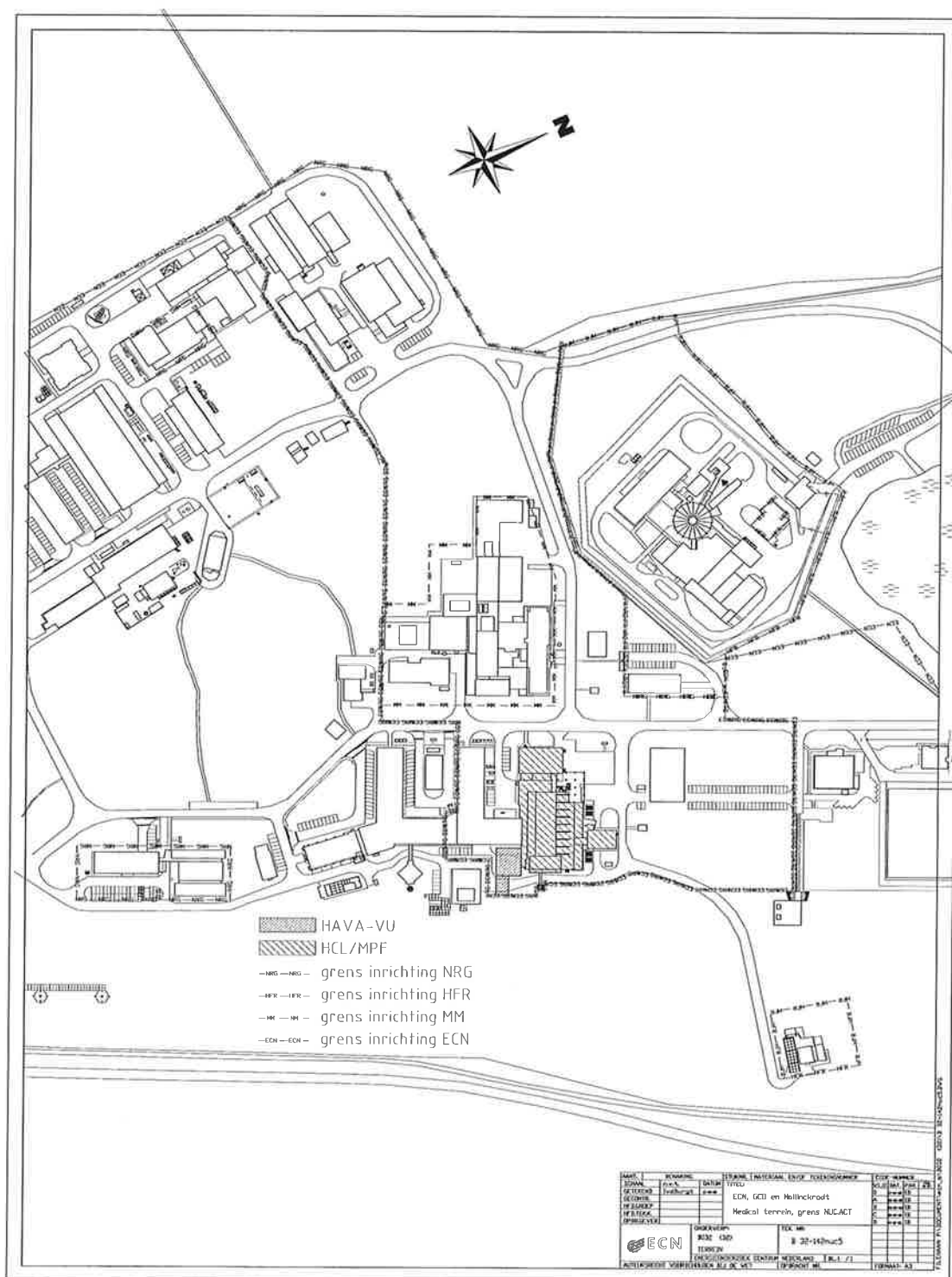
7.3 Registratie van de persoonsdoses

De dosis die personen ontvangen wordt op verschillende manieren gemeten. In de radiologische zones dienen personen een dosimeter te dragen. Deze wordt geanalyseerd, waarna de gemeten waarde wordt geregistreerd en bewaard. Indien een te hoge dosis is geconstateerd, wordt een onderzoek ingesteld en worden maatregelen genomen.

7.4 Opleiding en instructie met betrekking tot stralingsbescherming

Alle nieuwe werknemers van de HCL worden opgeleid conform vastgelegde voorschriften. De inhoud van deze opleiding, waarbij de stralingshygiënische aspecten van de werkzaamheden een prominente plaats innemen, is afhankelijk van de functie en opleiding van de deelnemer. Tevens vinden regelmatig herhalingscursussen plaats om de kennis van de medewerkers op peil te houden. Centraal wordt geregistreerd wie welke opleiding heeft gevolgd.

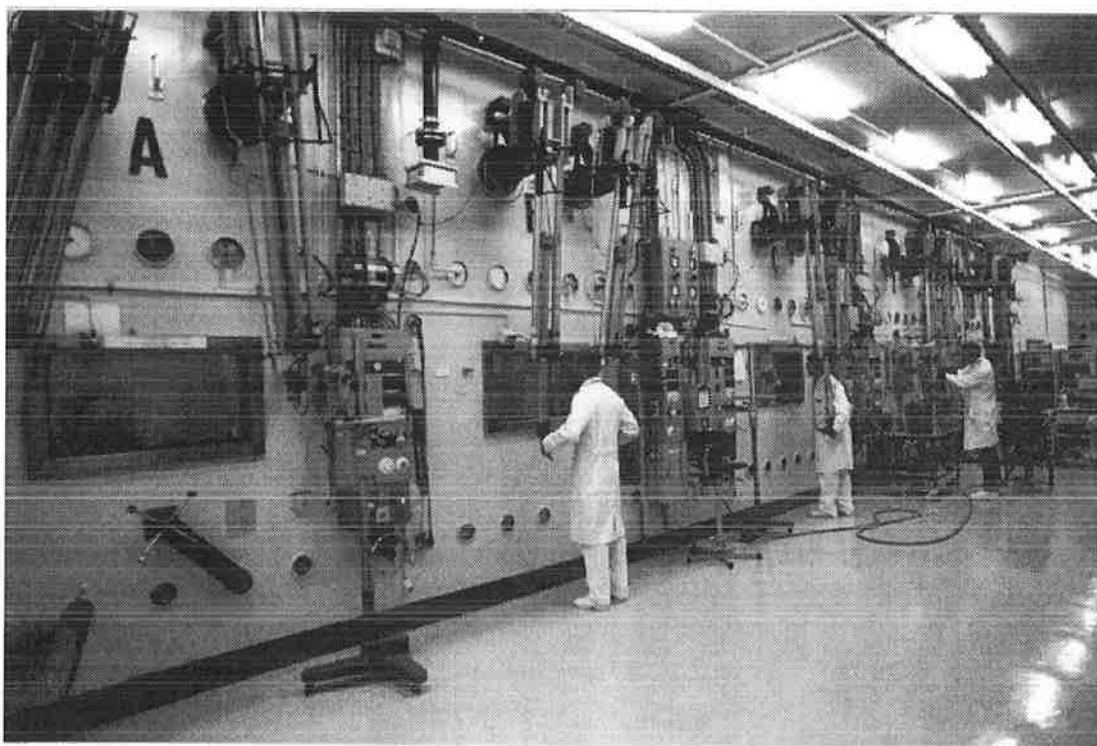
Figuren



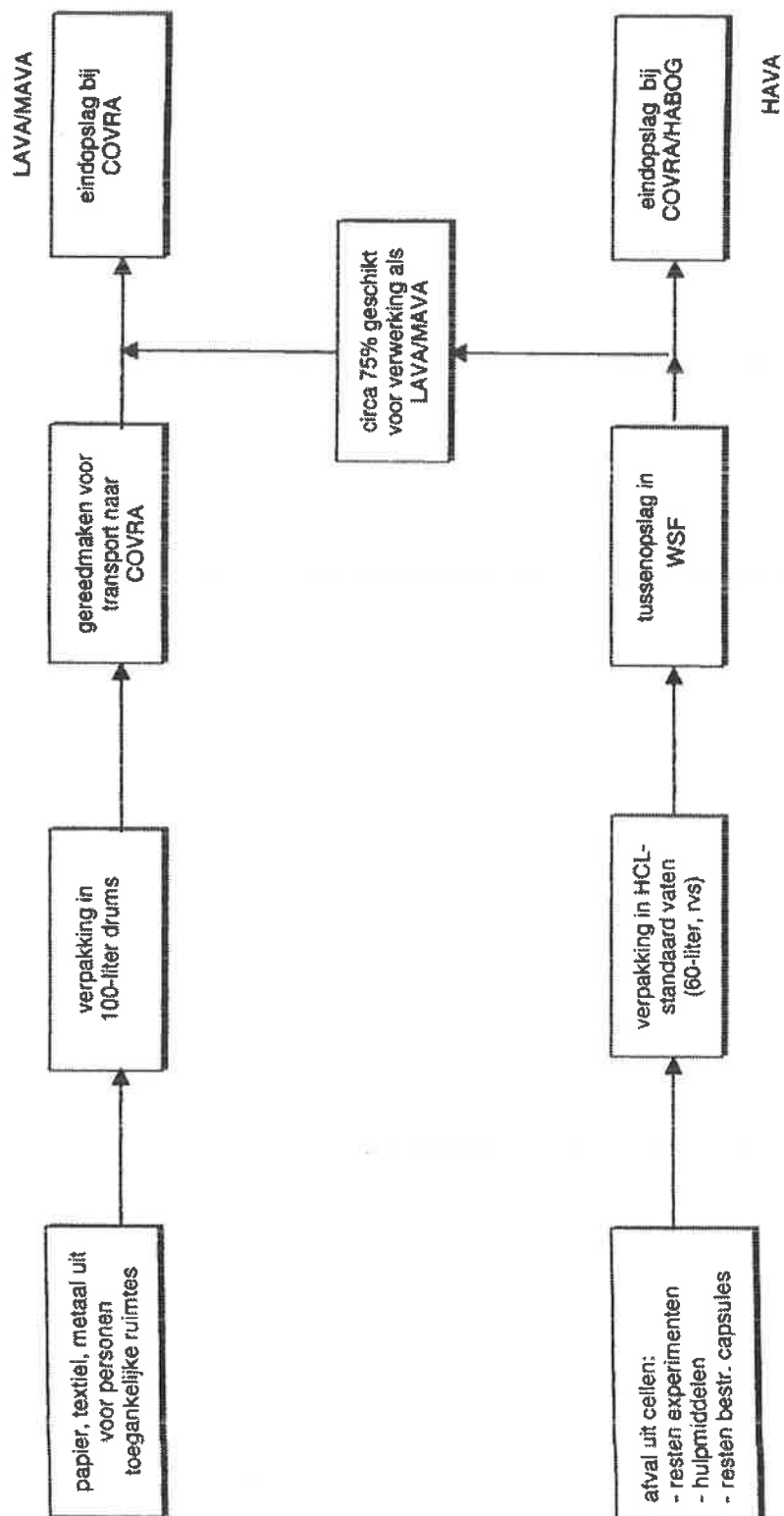
figuur 2 Terreinsituering HCL



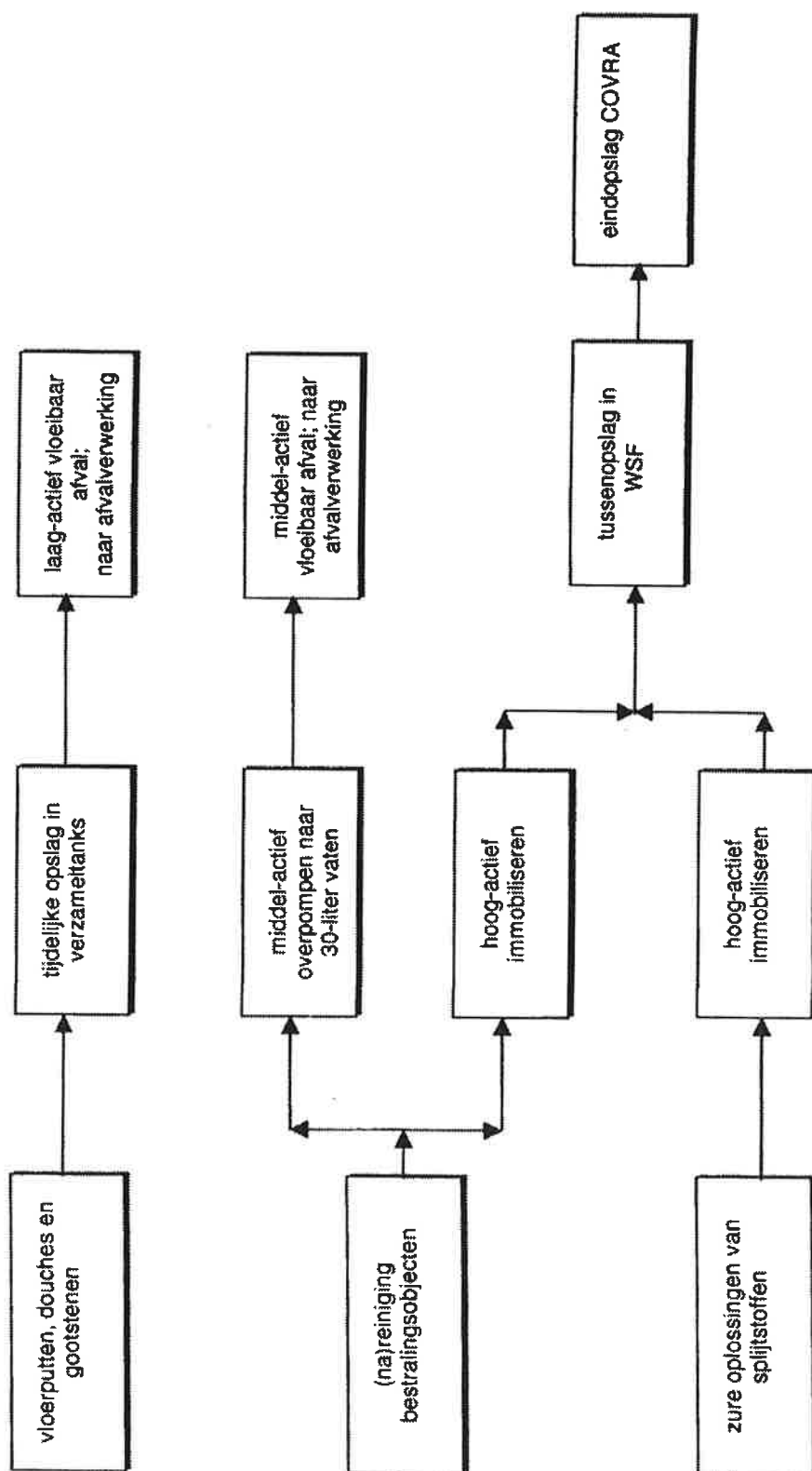
figuur 3 Gevelaanzicht noord/west HCL



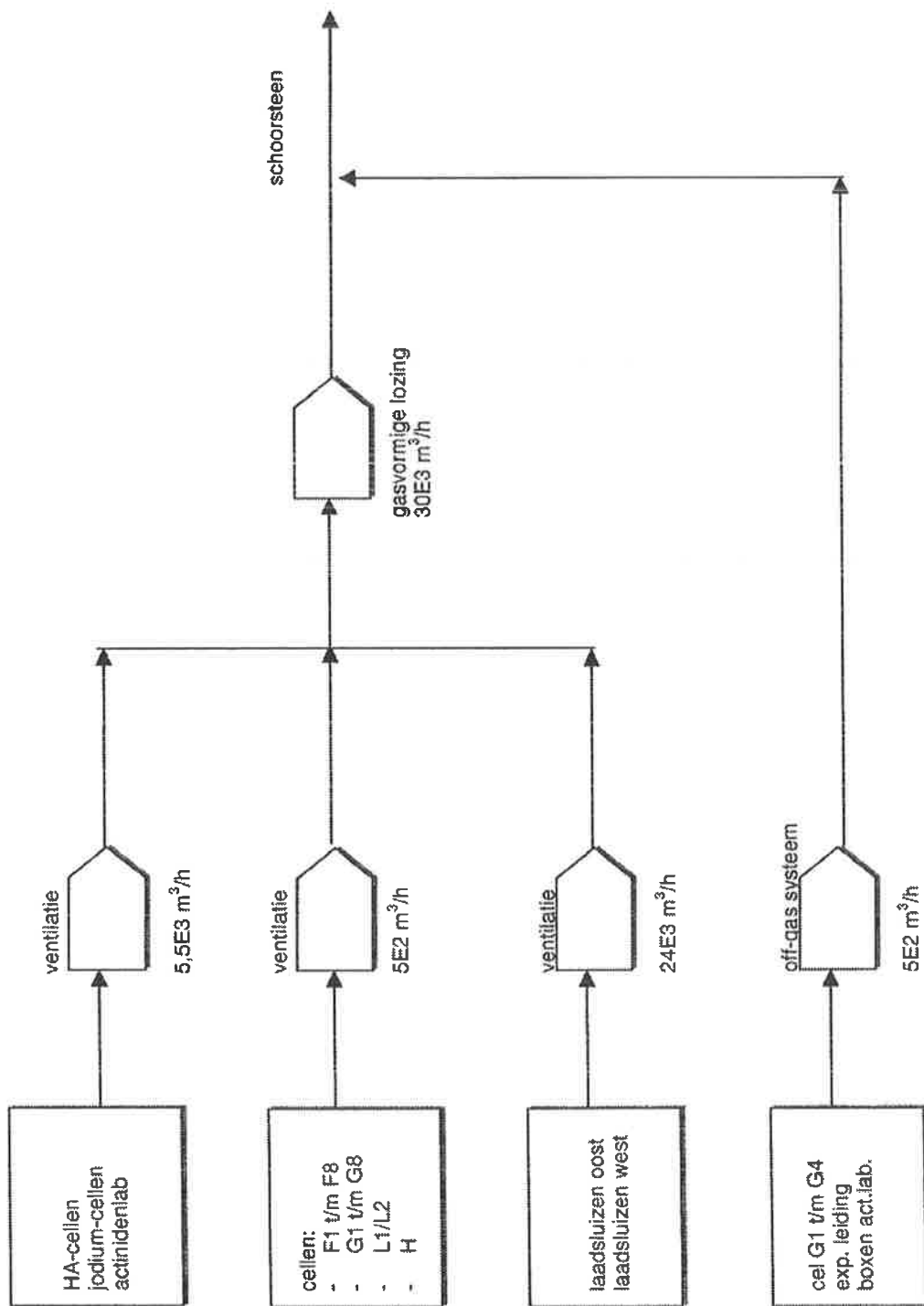
figuur 5 Vooraanzicht HA-cellenfront



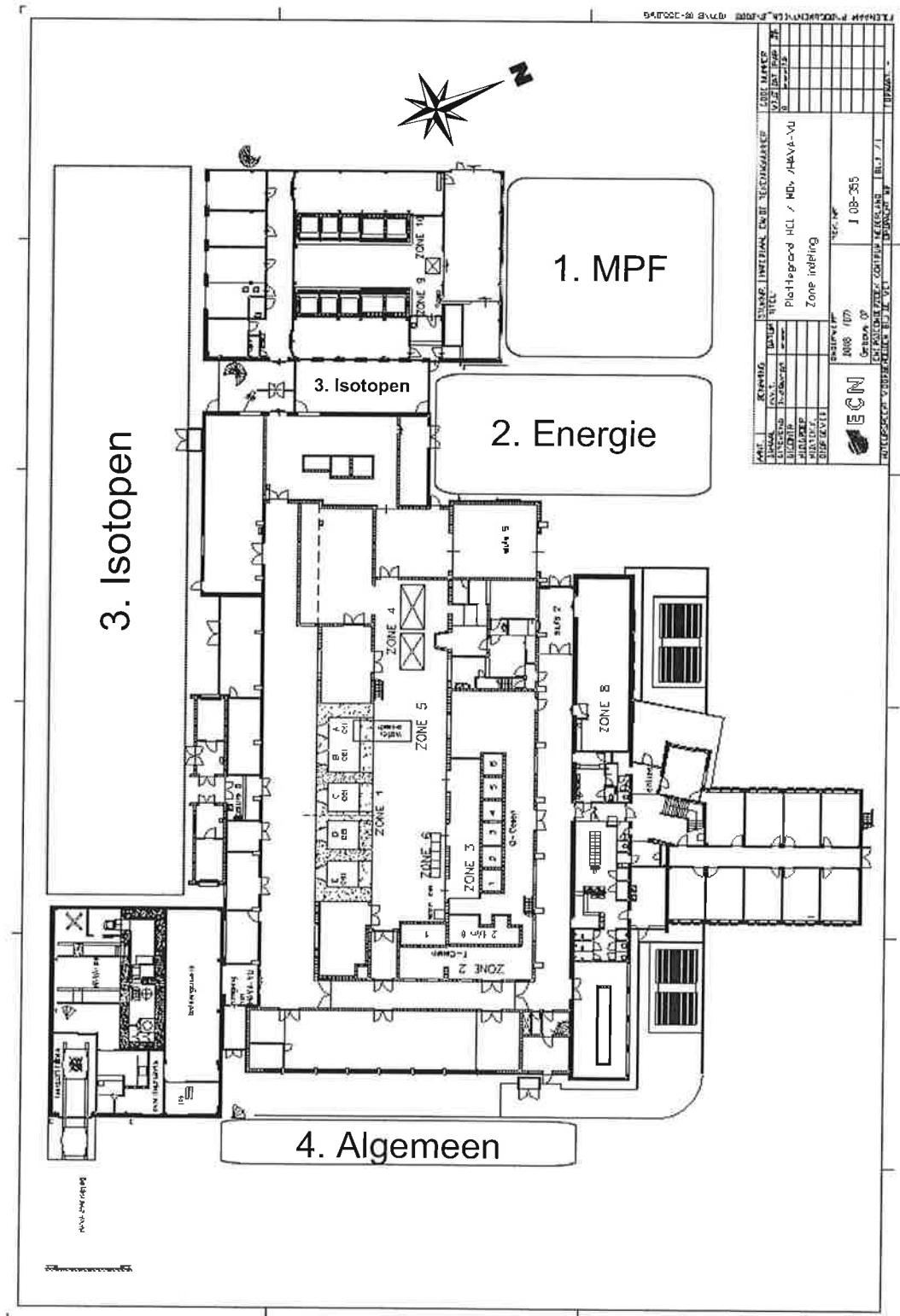
figuur 7 Schema vast radioactief afval RL



figuur 8 Schema vloeibaar radioactief afval RL



figuur 9 Schema gasvormige emissies RL



figuur 10 Toekomstige wijzigingen aan de HCL (zie paragraaf 2.1)

